

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA**  
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences**  
**Agronomiques**  
**Département d'agronomie**



**Mémoire de fin d'études**

**En vu de l'obtention du diplôme de master en sciences agronomiques**

**Spécialité : Protection des végétaux**

**Thème**

**Effet de l'insecticide Deltaméthrine sur  
l'escargot adulte mourguéta *Eobania*  
*vermiculata* (O.F. Müller 1774).**

**Présenter par :**

- ❖ Bousaad Massina
- ❖ Tamazirt Katia

**La date : /06/2025**

**Soutenance Devant le jury :**

Présidente	Medjdoub-Bensaad F.	Professeur	à UMMTO
Encadrant	Ramdini R.	MCB	à UMMTO
Examineur	Mezani S.	MCA	à UMMTO

**Année universitaire : 2024/2025**

## *Remerciements*

Avant toute chose, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Dieu, qui nous a donné la force et la persévérance pour mener à bien ce travail.

Un merci immense à notre encadreur, Monsieur RAMDINI R. MCB à l'UMMTO, pour son soutien précieux, ses conseils éclairés et sa patience sans faille. Votre accompagnement nous a permis d'approfondir nos connaissances et de grandir dans cette démarche de recherche. Merci d'avoir été là à chaque étape.

C'est avec une grande émotion que nous nous adressons à vous, membres du jury. Votre présence aujourd'hui est pour nous un honneur et une marque de confiance que nous ne prenons pas à la légère.

Nous remercions chaleureusement Mme MEDJDOUB-BENSAAD F. Professeur à l'UMMTO, présidente de ce jury, d'avoir accepté de diriger cette soutenance. Votre expertise et votre rigueur sont pour nous une véritable inspiration.

Un grand merci également à Monsieur MEZANI S. MCA à l'UMMTO, pour le temps consacré à la lecture de notre mémoire et pour ses remarques constructives. Vos conseils ont été d'une grande valeur et ont permis d'enrichir notre travail.

Enfin, nous tenons à remercier le laboratoire des recherches écologiques des invertébrés terrestres (Département des sciences biologiques) pour nous avoir offert les ressources nécessaires à la réalisation de cette étude.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

### *Mes parents*

*Je ne peux trouver les mots justes pour dire toute ma reconnaissance à mes parents, qui ont toujours été là pour moi. Leur amour, leurs sacrifices et leurs prières m'ont portée tout au long de mes études. Merci maman, merci papa, ce mémoire est avant tout le vôtre.*

### *Mes sœurs et mon frère*

*À mes sœurs Samira, Amelia, Lynda, Malika et Wissam, et à mon frère Abed El-Ghani, merci pour votre amour, vos encouragements et votre présence constante dans ma vie. Vous m'avez toujours soutenue, même dans les moments les plus durs, et je vous en suis profondément reconnaissante.*

### *Mes amies*

*Un merci très spécial à Massina, ma binôme et amie. Merci pour ton soutien, ta patience, ta gentillesse et tous les moments partagés ensemble pendant ce parcours. Ta présence a été précieuse et a rendu cette aventure plus légère et plus belle.*

*Un grand merci à mes amies pour votre soutien, vos encouragements et votre présence précieuse tout au long de ce parcours.*

*Katia T.*

## *Dédicaces*

*À ma chère maman,*

*À mon cher papa,*

*Il n'y a pas de mots assez forts pour exprimer toute ma reconnaissance et mon amour pour vous.*

*Vous avez été les piliers de ma vie, les lumières qui ont guidé chacun de mes pas, même dans les moments d'incertitude merci pour vos sacrifices silencieux, votre patience infinie, votre foi inébranlable en moi, ce travail est le fruit de votre amour, de votre éducation, de vos prières.*

*Je vous le dédie, avec tout mon cœur.*

*À mes frères, Boussad, Meriem et Mhana*

*Merci pour votre présence, votre soutien et vos encouragements.*

*Vous avez été là, chacun à votre façon, pour m'accompagner dans ce parcours.*

*À toute ma famille,*

*À toutes mes amies, Katia, Thafrara, Aziza, Thafath*

*À ceux qui m'entourent de leur amour et de leurs prières, merci pour votre affection sincère, vos encouragements et votre présence*

*À ma binôme et chère amie, Katia*

*Il est rare de croiser quelqu'un avec qui l'on peut partager à la fois les efforts, les doutes, les rires et les victoires, Merci du fond du cœur pour tout ce que tu es, et tout ce que tu as été pour moi ce travail je ne l'imagine pas sans toi.*

*Massina B*

## Listes des abréviations

- ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)
- ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (États-Unis)
- Bayer : Entreprise multinationale spécialisée dans les sciences de la vie (pharmacie, agrochimie)
- CDC : Centers for Disease Control and Prevention (États-Unis)
- ECHA : European Chemicals Agency (Agence européenne des produits chimiques)
- EFSA : European Food Safety Authority (Autorité européenne de sécurité des aliments)
- EPA : Environmental Protection Agency (Agence de protection de l'environnement, États-Unis)
- FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
- IBMA : International Biocontrol Manufacturers Association
- INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (France)
- IOBC : International Organization for Biological Control
- IPM : Integrated Pest Management (Lutte intégrée contre les ravageurs)
- IRAC : Insecticide Resistance Action Committee
- INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (France)
- OSHA : Occupational Safety and Health Administration (États-Unis)
- PAN Europe : Pesticide Action Network Europe (Réseau d'ONG contre les pesticides)
- PNPP : Plan national de réduction des produits phytopharmaceutiques (France) Si certains acronymes nécessitent plus de précisions, n'hésitez pas à demander

## Table de matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction ..... 1**

### Chapitre I : Présentation de modèle biologique

1	Généralités sur le modèle biologique .....	4
1.1	Présentation de <i>Eobania vermiculata</i> .....	4
1.2	Classification de <i>Eobania vermiculata</i> .....	4
1.3	Description morphologique .....	4
1.4	Anatomie interne de l'escargot.....	6
1.4.1	Tégument .....	7
1.4.2	Appareil digestif.....	7
1.4.3	Appareil circulatoire .....	8
1.4.4	Appareil respiratoire .....	8
1.4.5	Appareil excréteur.....	8
1.4.6	Système nerveux .....	9
1.4.7	Appareil génital.....	9
1.5	Cycle de vie et reproduction.....	11
1.5.1	Accouplement et reproduction.....	11
1.5.2	Ponte et incubation.....	11
1.5.3	Cycle de vie.....	12
1.5.4	Longévité et Mortalité L'escargot.....	12
1.5.5	Facteurs influençant la reproduction.....	13
1.6	Habitat et Distribution .....	10
1.7	Intérêt de l'escargot .....	13

### Chapitre II : Présentation du pesticide

1.	Généralité sur l'insecticide « Deltaméthrine » .....	15
1.1	Définition.....	15
1.2	Composition chimique.....	15
1.3	Propriétés physico-chimiques de la deltaméthrine .....	16
1.4	Classifications toxicologiques .....	16
1.5	Mode d'action de deltaméthrine .....	17

1.6	Avantages .....	17
1.7	Inconvénients.....	17
1.8	Effets de la deltaméthrine sur la faune auxiliaire .....	18
1.9	Effets de la deltaméthrine sur la santé humaine .....	18
1.9.1	Exposition chronique (agriculteurs, applicateurs professionnels) .....	18
1.9.2	Effets sur le système nerveux.....	19
1.9.3	Risques pour les populations vulnérables.....	19
1.10	Mesures de prévention contre les dangers de la deltaméthrine .....	20

### **Chapitre III : Matériels et Méthodes**

<b>1.</b>	<b>Matériels utilisés .....</b>	<b>22</b>
1.1	<i>Matériels biologiques</i> .....	22
1.2	<i>Matériel chimique</i> .....	23
<b>2.</b>	<b>Méthodologie .....</b>	<b>23</b>
2.1	<i>Récolte des individus</i> .....	24
2.2	<i>Conditions de l'expérimentation</i> .....	24
2.3	<i>Numérotation et répartition des individus</i> .....	25
<b>3.</b>	<b>Mode de traitement .....</b>	<b>25</b>
3.1	<i>Préparation des doses utilisées</i> .....	26

### **Chapitre IV : Résultats et Discussion**

1.1.	Effet de la Deltaméthrine sur l'évolution de poids chez <i>Eobania vermiculata</i> .....	28
1.2.	Évolution du poids corporel des individus d'escargots témoins.....	28
3.1.1	Évolution du poids corporel d'individus d'escargots exposés à la dose 1.....	29
3.1.2	Évolution du poids corporel d'individus d'escargots exposés à la dose 2.....	30
3.1.3	Évolution du poids corporel d'individus d'escargots exposés à la dose 3.....	31
<b>4.</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>32</b>
	<b>Conclusion.....</b>	<b>35</b>
	<b>Références Bibliographiques .....</b>	<b>38</b>

Résumé

Abstract

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : <i>Eobania vermiculata</i> (Aiboud et Belkacemi, 2024).....	6
<b>Figure 2</b> : Anatomie interne d'un escargot (Zylberberg, 2021). ....	6
<b>Figure 3</b> : Appareil digestif d'un gastéropode terrestre (Boué et Chanton, 1958). ....	7
<b>Figure 4</b> : Appareil respiratoire de l'escargot ( <a href="https://www.maxicours.comcours/differents-appareils-respiratoires-pour-le-meme-air">https://www.maxicours.comcours/differents-appareils-respiratoires-pour-le-meme-air</a> ).....	8
<b>Figure 5</b> : Système nerveux d'un escargot (Meglitsch, 1974).....	9
<b>Figure 6</b> : Système de reproduction d' <i>Eobania vermiculata</i> (Dedov et al., 2022).....	10
<b>Figure 7</b> : Accouplement de l'escargot terrestre (Pol, 2006). ....	11
<b>Figure 8</b> : Ponte des œufs d' <i>E. vermiculata</i> (Anonyme).....	12
<b>Figure 9</b> : Structure chimique de la Delthamthrine (ANSES, 2010).....	15
<b>Figure 10</b> : Matériaux utilisés lors de l'expérimentation (Originelle, 2024). ....	22
<b>Figure 11</b> : <i>Eobania vermiculata</i> (Originelle, 2025).....	23
<b>Figure 12</b> : Localisation de l'université Tamda (Google earth, 2025). ....	23
<b>Figure 13</b> : Collecte d' <i>Eobania vermiculata</i> (Originelle, 2024).....	24
<b>Figure 14</b> : Prise du poids et les mensurations de la coquille (Originelle, 2024).....	24
<b>Figure 15</b> : Numérotation et répartition des escargots (Originelle, 2024) .....	25
<b>Figure 16</b> : Mise en lots des spécimens d'escargots.....	25
<b>Figure 17</b> : Répartition des escargots dans des boîtes (Originelle, 2024). ....	26
<b>Figure 18</b> : Préparation de la nourriture (Originelle, 2024). ....	26
<b>Figure 19</b> Préparation de solution, l'eau distillée + insecticide ( Originale, 2024).....	27
<b>Figure 20</b> : Évolution du poids relatif d' <i>Eobania vermiculata</i> exposé aux différentes concentrations de la Deltaméthrine. ....	28
<b>Figure 21</b> : Évolution du poids relatif des individus d' <i>E. vermiculata</i> du groupe Témoins...	29
<b>Figure 22</b> : Évolution du poids relatif des individus d' <i>E. vermiculata</i> du Lot 01.....	29
<b>Figure 23</b> : Évolution du poids relatif des individus d' <i>E. vermiculata</i> du Lot 02.....	30
<b>Figure 24</b> : Évolution du poids relatif des individus d' <i>E. vermiculata</i> du Lot 03.....	31

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Caractéristiques physico-chimiques de la deltaméthrine .....	16
<b>Tableau 2</b> : Répartition des concentrations croissantes.....	27
<b>Tableau 3</b> : Mesures de la coquille des individus de <i>E. vermiculata</i> pris dans l'expérience ...	32

# *Introduction*

---

L'agriculture : entre innovations et défis environnementaux Depuis ses débuts il y a plus de 10 000 ans, l'agriculture a profondément transformé les sociétés et les écosystèmes. La révolution néolithique, marquée par l'émergence des premières cultures, a initié la sédentarisation des populations (Diamond, 1997). Si les innovations techniques (araire, rotation des cultures, mécanisation, etc.) ont permis d'accroître la productivité, elles ont aussi engendré des problèmes majeurs tels que l'épuisement des sols, la déforestation et la dépendance aux intrants chimiques (FAO, 2021).

Dès l'Antiquité, les agriculteurs ont eu recours à des méthodes empiriques, comme l'utilisation de cendres ou de soufre, pour limiter les dégâts causés par les ravageurs (Smith et Secoy, 1975). Les bases scientifiques de la lutte biologique se sont développées au XVIIIe siècle avec l'étude des prédateurs naturels, puis concrétisées au XIXe siècle par l'introduction réussie de la coccinelle *Rodolia cardinalis* contre la cochenille *Icerya purchasi* en Californie (DeBach et Rosen, 1991). Parallèlement, la lutte chimique s'est imposée, d'abord avec des substances minérales comme le sulfate de cuivre, puis avec les pesticides de synthèse au XXe siècle, tels que le DDT (Matthews, 2018). Cependant, les effets néfastes de ces produits, révélés notamment par *Silent Spring* (Carson, 1962), ont favorisé l'émergence de méthodes alternatives comme la lutte intégrée et l'agriculture biologique.

Aujourd'hui, les stratégies de protection des cultures privilégient des approches durables, combinant prévention, surveillance, moyens biologiques (prédateurs naturels, bactéries, phéromones) et utilisation raisonnée des pesticides (FAO, 2023 ; Van Lenteren *et al.*, 2018). Les nouvelles technologies, comme l'agriculture de précision et la technique de l'insecte stérile (TIS), offrent des solutions innovantes pour réduire la dépendance aux produits chimiques (Dyck *et al.*, 2021). Néanmoins, la lutte chimique reste largement utilisée en raison de son efficacité immédiate, malgré ses limites : développement de résistances, pollution des écosystèmes et risques sanitaires (Bass et Field, 2018 ; Pimentel et Burgess, 2014).

Parmi les ravageurs, *Eobania vermiculata* (escargot chocolat), originaire du bassin méditerranéen, s'est naturalisée dans plusieurs régions, causant d'importants dégâts dans les cultures, notamment les agrumes et les productions maraîchères (Barker, 2002 ; Cowie *et al.*, 2009). Bien que consommée dans certaines zones méditerranéennes (Perea *et al.*, 2007), son caractère invasif en fait un organisme de quarantaine dans de nombreux pays (EFSA, 2014).

La deltaméthrine, un pyréthrianoïde de synthèse, est fréquemment employée contre cet escargot en raison de son action neurotoxique rapide (Soderlund, 2012). Des études ont montré une

efficacité de 80 à 95 % (El-Okda *et al.*, 1983), mais son utilisation soulève des préoccupations environnementales : toxicité pour les organismes aquatiques (LC50 = 0,1 µg/L pour *Oncorhynchus mykiss*) et effets sublétaux sur les pollinisateurs (EFSA, 2019 ; Pisa *et al.*, 2017). Une application ciblée et le respect des réglementations (dose maximale de 50 g/ha/an, évitement des périodes de floraison) sont donc essentiels pour concilier efficacité et durabilité (Bank *et al.*, 2021).

Cette étude a pour objectif d'évaluer les effets toxiques de l'insecticide Decis Expert, à base de deltaméthrine, sur *Eobania vermiculata*, dans le but d'optimiser son utilisation tout en minimisant ses impacts environnementaux. Pour ce faire, le manuscrit s'articule en quatre parties principales. La première partie présente une synthèse des caractéristiques biologiques et écologiques de *E. vermiculata*, ainsi que son statut d'espèce invasive. La deuxième partie examine en détail l'insecticide Decis Expert, en abordant sa composition chimique, son mécanisme d'action et ses applications agricoles. La troisième partie décrit la méthodologie expérimentale mise en œuvre, incluant les protocoles suivis et les paramètres mesurés. Enfin, la quatrième partie analyse et interprète les résultats obtenus, tout en discutant leurs implications pour une gestion durable des ravageurs en agriculture. Cette démarche s'inscrit dans une perspective plus large visant à concilier efficacité agronomique et préservation des écosystèmes.

# *Chapitre I : Présentation de modèle biologique*

---

## 1 Généralités sur le modèle biologique

### 1.1 Présentation de *Eobania vermiculata*

*Eobania vermiculata* est un escargot terrestre méditerranéen largement étudié pour son écologie et ses interactions avec les activités humaines. Sa coquille globuleuse, ornée de bandes brunes spiralées caractéristiques, mesure généralement 20 à 30 mm de diamètre (Welter-Schultes, 2012). Cette espèce, hermaphrodite, mais nécessitant une fécondation croisée, joue un rôle écologique important en tant qu'herbivore et détritivore, influençant la dynamique des sols et de la végétation (Giusti *et al.*, 1995). Selon plusieurs études récentes *Eobania vermiculata* est particulièrement abondant dans le nord de l'Algérie (Bouaziz-Yahiatene *et al.*, 2017 ; Ramdini *et al.*, 2021 ; Sadouk *et al.*, 2022).

### 1.2 Classification de *Eobania vermiculata*

MolluscaBase (2025) rappelle que la classification d'*E. vermiculata* est la suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Mollusca
Classe	Gastropoda
Sous-classe	Heterobranchia
Ordre	Stylomatophora
Super-famille	Helicoidea
Famille	Helicidae
Sous-famille	Helicinae
Genre	<i>Eobania</i>
Espèce	<i>E. vermiculata</i> (O. F. Müller, 1774)

### 1.3 Description morphologique de *Eobania vermiculata*

Les gastéropodes terrestres sont protégés par une coquille unique, enroulée en spirale à partir d'un cône allongé. Cette coquille présente une ouverture bordée par le péristome et un sommet pointu appelé l'apex (Boué et Chanton, 1971), la coquille est un élément clé pour l'identification de nombreuses espèces de gastéropodes, grâce à des caractéristiques distinctives telles que le nombre de bandes spirales, la couleur et la forme (Karas, 2009), la coquille est robuste et de forme globuleuse aplatie, arborant 4 à 5 bandes brun foncé, parfois fragmentées ou entrelacées (Muller, 1774). La coquille, dont le diamètre peut atteindre environ 30 mm (Chevalier, 1983), est constituée de trois couches distinctes : une couche lamelleuse recouvrant

la surface interne, une couche externe cornée et incassable, et une couche moyenne à base de calcaire pur (Bonnet, 1990).

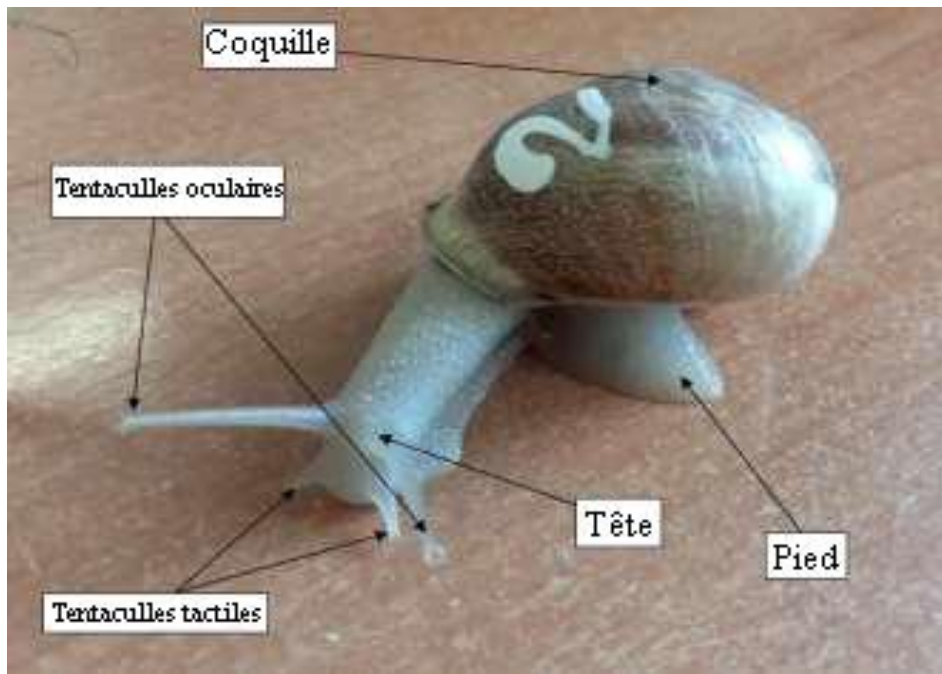
Les mollusques sont des animaux au corps mou, non segmenté, qui se compose d'une tête, d'un pied et d'une masse viscérale. Cette dernière est protégée par un manteau qui sécrète une coquille (Maissiat *et al.*, 2011).

La tête de l'escargot bien développée et intégrée à son corps. Elle porte une bouche pourvue d'une radula, une sorte de langue râpeuse munie de petites dents dont le nombre varie avec l'âge et l'espèce (Lévêque, 1971). Il porte deux paires de tentacules, les tentacules inférieurs, dédiés au toucher, sont orientés vers le bas. Les tentacules supérieurs, portant des yeux et des organes olfactifs, sont dirigés vers le haut. L'orifice génital s'ouvre sur le côté droit, un peu en arrière de la bouche (Daguzan, 1983 ; Barker, 2001).

Le pied représente une masse musculaire importante et bien développée, il se présente sous la forme d'une sole aplatie, utilisée pour le déplacement. Il est séparé du reste du corps par un sillon (Kerney *et* Cameron, 2006). Essentiel à la fois pour le soutien et la locomotion, le pied d'*E. vermiculata* sécrète un mucus continu qui forme une traînée transparente et brillante. Ce mucus, produit par des glandes situées dans la partie inférieure du pied, permet à l'escargot de se déplacer par reptation et de surmonter les obstacles (Baurand *et al.*, 2014). Les sécrétions des glandes muqueuses de l'escargot, qui varient en composition, sont exploitées dans l'industrie pharmaceutique et la production de compléments alimentaires (Tachapuripunya *et al.*, 2021).

Masse viscérale constituée d'un système digestif, circulatoire, respiratoire et excréteur, intégrés de manière complémentaire, constituent la masse viscérale de l'escargot. Cette masse est contenue dans une coquille en spirale (Beaumont *et* Cassier, 1974).

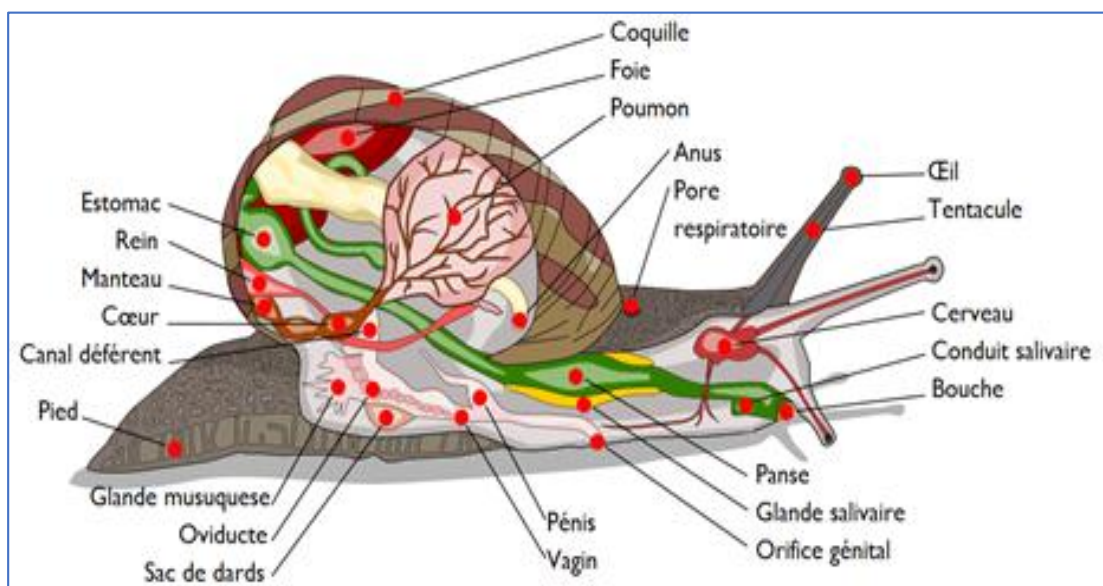
La cavité palléale, délimitée par le bord du manteau fusionné avec la masse viscérale, fonctionne comme un poumon. Elle communique avec l'extérieur via le pneumostome, un orifice situé sur le côté droit de l'animal. À travers le tégument transparent, le cœur, également situé à droite, est visible (André, 1968).



**Figure 1 :** *Eobania vermiculata* (Aiboud & Belkacemi, 2024).

#### 1.4 Anatomie interne de l'escargot

L'escargot, loin de l'image simpliste que l'on s'en fait, il possède une anatomie interne complexe et essentielle à sa survie. Sous sa coquille protectrice, il abrite un véritable réseau d'organes sophistiqués, essentiels à sa survie et à son adaptation à une multitude variations de l'environnement, son fonctionnement, de sa digestion à sa reproduction, en passant par sa respiration et sa circulation (Fig 2).



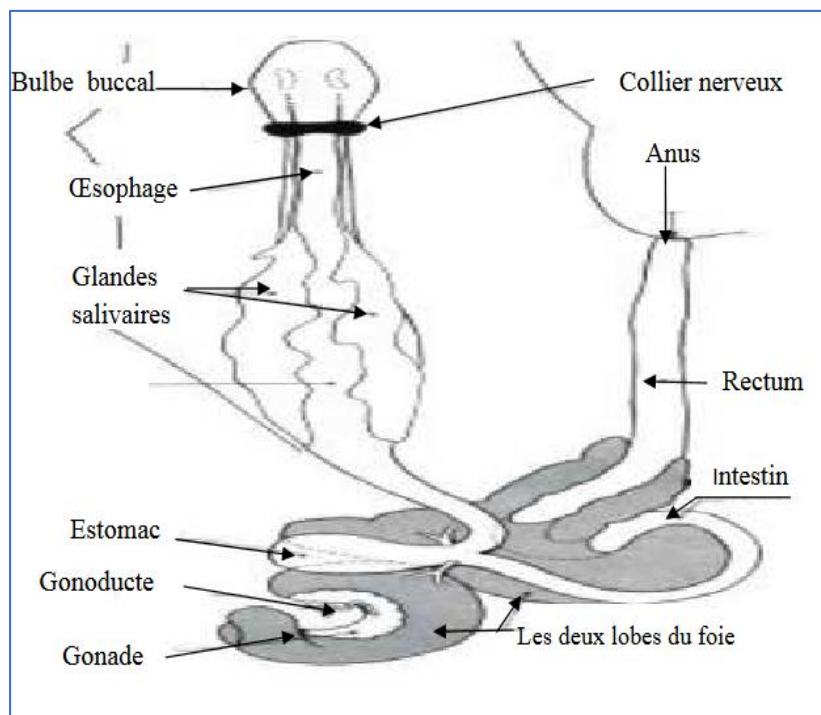
**Figure 2 :** Anatomie interne d'un escargot (Zylberberg, 2021).

### 1.4.1 Tégument

La surface externe de l'escargot est recouverte d'un épiderme simple, riche en glandes produisant du mucus. Cet épiderme repose sur un derme contenant des muscles, notamment ceux responsables de la rétraction de l'animal dans sa coquille. Le muscle columellaire, en particulier, joue un rôle crucial dans ce processus : attaché à la columelle, il s'étend vers la tête et le pied, permettant leur retrait rapide en cas de danger (Heusser et Dupuy, 2011). Par ailleurs, des glandes calcaires sont présentes, se manifestant sous forme de petites granules composées de carbonate et de phosphate de calcium. Ces glandes se situent sur le bourrelet palléal et la partie dorsale du corps, mais sont absentes de la sole pédieuse (Andre, 1968).

### 1.4.2 Appareil digestif

La torsion à 180 ° du corps de l'escargot entraîne une configuration particulière de son système digestif ; le tube digestif forme une boucle qui ramène l'anus vers l'avant de l'animal. La bouche s'ouvre sur un bulbe buccal contenant la radula, une langue musculaire recouverte d'une lame cornée, qui sert à broyer les aliments (Hickman *et al.*, 2008). Deux glandes salivaires sont situées à l'arrière de ce bulbe. L'œsophage fait suite au bulbe buccal et se prolonge par l'estomac. L'intestin, qui forme deux circonvolutions autour de l'hépatopancréas, termine le système digestif en s'ouvrant sur l'anus (Sandrine *et al.*, 2003) (Fig 3).



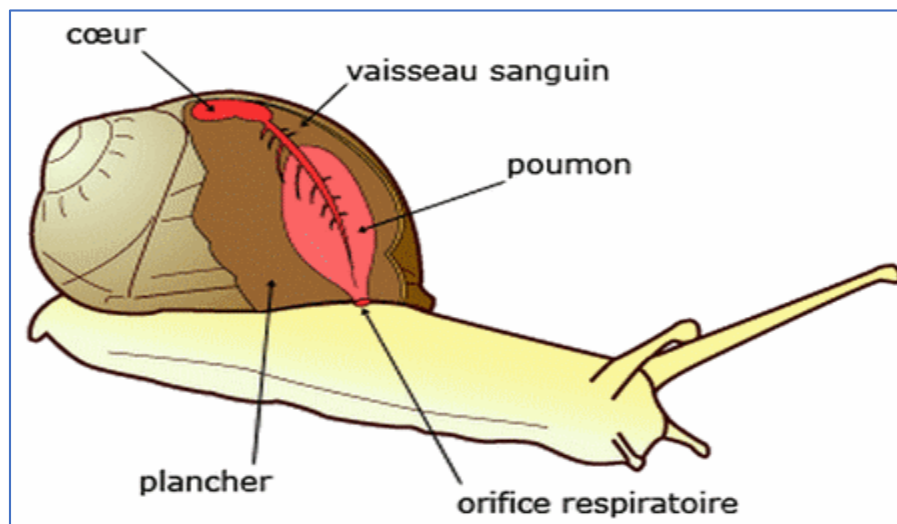
**Figure 3 :** Appareil digestif d'un gastéropode terrestre (Boué et Chanton, 1958).

### 1.4.3 Appareil circulatoire

Le système circulatoire de cet organisme, caractérisé comme ouvert, est centré autour d'un cœur composé d'une oreillette et d'un ventricule, le tout protégé par le péricarde. Ce cœur a pour fonction de propulser l'hémolymphe à travers l'artère aortique et les vaisseaux (Heusser et Dupuy, 1998). La circulation de l'hémolymphe dans le corps est assurée par des contractions musculaires (Beneden, 1937).

### 1.4.4 Appareil respiratoire

L'appareil respiratoire des gastéropodes terrestres repose sur la cavité palléale, qui communique avec l'extérieur par le seul pneumostome (Boué et Chanton, 1971). Le cycle respiratoire typique implique l'ouverture du pneumostome, suivie de l'abaissement du plancher de la cavité palléale pour permettre l'entrée d'air, puis la fermeture du pneumostome pour retenir cet air (Meglish, 1974). L'efficacité des échanges gazeux est optimale lorsque l'air au sein de la cavité palléale est suffisamment humidifié. En conditions de sécheresse, l'animal se rétracte dans sa coquille afin de limiter l'évaporation de la fine couche d'eau pulmonaire (Heusser et Dupuy, 2011) (Fig 4).



**Figure 4 :** Appareil respiratoire de l'escargot

### 1.4.5 Appareil excréteur

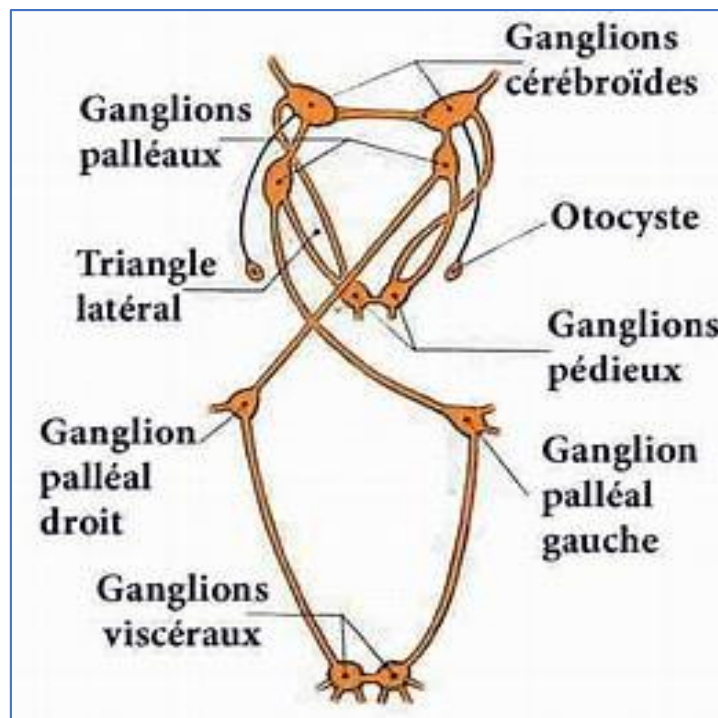
Selon André (1968), l'appareil excréteur des gastéropodes terrestres présente une asymétrie caractéristique. Cette asymétrie résulte du déplacement de la masse viscérale, ne laissant qu'un appendice proche du péricarde et entraînant la perte du rein. Le système débute dans la cavité péricardique, d'où un canal fortement plissé et glandulaire, richement vascularisé par des sinus veineux, prend naissance. L'orifice excréteur se situe à proximité de l'anus et du péristome. Le canal excréteur se dirige vers l'avant, suivant le trajet du rectum (Guyard, 2009).

### 1.4.6 Système nerveux

Le système nerveux de ces gastéropodes se compose de trois types de ganglions (Fig.5) :

- Les ganglions cérébroïdes : situés au-dessus de l'œsophage et reliés par une courte commissure, ils innervent les yeux et les tentacules tactiles.
- Les ganglions pédieux : situés sous l'œsophage et connectés aux cérébroïdes par deux connectifs, ils innervent le pied. Ils sont également reliés par une commissure et forment le premier collier œsophagien.

Les ganglions viscéraux : Au nombre de trois à cinq, ils se trouvent également sous l'œsophage, mais plus en arrière. Ils sont reliés aux cérébroïdes par deux longs connectifs, formant ainsi un second collier œsophagien, plus étendu que le premier (Meglitsch, 1974).



**Figure 5** : Système nerveux d'un escargot (Meglitsch, 1974).

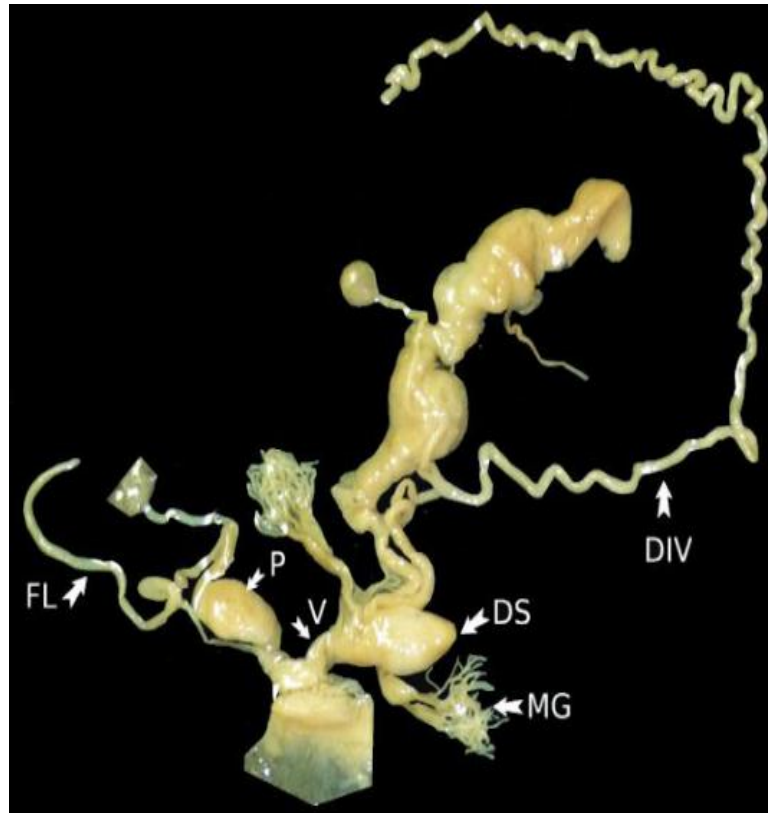
### 1.4.7 Appareil génital

Appareil génital des gastéropodes terrestres est complexe et présente une partie hermaphrodite (ovotestis), située après l'apex du tortillon, suivi d'un canal hermaphrodite (Fig 6).. Ce canal débouche sur un carrefour où se trouve la glande de l'albumine, d'où partent un spermiducte et un oviducte partiellement séparé.

La partie femelle comprend la terminaison de l'oviducte, qui se différencie en vagin, glandes multifides et réceptacle séminale, communiquant avec la poche de dard. La partie mâle inclut

l'extrémité du spermiducte, la vésicule séminale ou le flagellum mâle, ainsi qu'un pénis rétracté dans une gaine au repos.

Le vagin et le pénis s'ouvrent dans un vestibule génital commun, doté d'un unique orifice. La reproduction implique un accouplement, au cours duquel les spermatozoïdes sont échangés, assurant ainsi une fécondation croisée (Heusser et Dupuy, 2008).



**Figure 6 :** Système de reproduction d'*Eobania vermiculata* (Dedov *et al.*, 2022).

**FL :** flagelle ; **P :** pénis ; **V :** vagin ; **DS :** sac de dard ; **MG :** Glande à mucus ; **DIV :** diverticulum.

### 1.5 Habitat et Distribution

*Eobania vermiculata*, un escargot commun du pourtour méditerranéen vit naturellement dans les garrigues, les jardins et les zones cultivées où il trouve sa nourriture et l'humidité (Daguzan, 1985 ; Welter-Schultes, 2012). Pour survivre aux étés secs, il se met en "sommeil estival" en se collant aux surfaces avec un opercule muqueux (Barker, 2001). Bien qu'originaire des régions méditerranéennes d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, il a été introduit accidentellement dans d'autres continents où il peut devenir envahissant et menacer les cultures (Cowie *et al.*, 2009). Malgré sa robustesse, certaines populations diminuent à cause de l'urbanisation et des pesticides (Guiller et Madec, 2010).

## 1.6 Cycle de vie et reproduction

### 1.6.1 Accouplement et reproduction

L'accouplement chez *Eobania vermiculata* est précédé d'une parade nuptiale élaborée. Les individus se tournent l'un autour de l'autre, se caressant mutuellement avec leurs tentacules pendant plusieurs heures. Cette parade sert à la fois à la reconnaissance de l'espèce et à la stimulation des partenaires. Avant l'échange de spermatozoïdes, les escargots s'échangent des calcaires, structures pointues insérées dans le corps de l'autre escargot, stimulant ainsi les organes reproducteurs et augmentant les chances de fécondation. L'accouplement implique un échange réciproque de spermatozoïdes, chaque individu agissant à la fois comme mâle et femelle, assurant ainsi la diversité génétique de la progéniture (Gomez, 2001) (Fig 7).



**Figure 7 :** Accouplement de l'escargot terrestre (Pol, 2006).

### 1.6.2 Ponte et incubation

Après l'accouplement, l'escargot cherche un endroit approprié dans le sol humide pour pondre ses œufs. Il creuse un petit trou et y dépose ses œufs, petits, ronds et blanchâtres. La durée d'incubation varie en fonction des conditions environnementales, notamment la température et l'humidité (Fig 8).



**Figure 8 :** Ponte des œufs d'*E. vermiculata*

### 1.6.3 Cycle de vie

Dans des conditions environnementales optimales, caractérisées par une photopériode de 18 heures de lumière par jour, une température constante de 20 °C et un taux d'humidité maintenu entre 80 et 90 %, *Eobania vermiculata* présente une croissance significative. Cette croissance se traduit par une augmentation de poids pouvant atteindre 14 grammes, ainsi qu'un développement notable de la coquille, tant en longueur qu'en épaisseur (Gomot De Vaufleury, 2001).

Le processus de croissance de cet escargot se divise en trois phases distinctes : la phase 1, où les individus sont classés comme jeunes éclos jusqu'à atteindre environ 1 gramme de poids ; la phase 2, où ils sont considérés comme juvéniles jusqu'à environ 5 grammes ; et la phase 3, marquant l'atteinte de la taille adulte après environ quatre mois de croissance dans les conditions favorables mentionnées. Cette dernière phase est caractérisée par la formation du bord du manteau, un indicateur de la fin de la maturation sexuelle et du début de la capacité de l'escargot à se reproduire (Gomot De Vaufleury, 2001).

### 1.6.4 Longévité et Mortalité

*Eobania vermiculata* atteint sa maturité sexuelle vers l'âge de 2 ans.

En milieu naturel, la durée de vie de cette espèce est généralement de 2 à 3 ans, bien qu'elle puisse potentiellement dépasser 5 ans (Lazaridou-Dimitriadou, 1991). Les principales causes de mortalité dans ces conditions sont la prédation et les parasites (Smida et Toulbia, 2016). En revanche, en captivité, sa longévité est considérablement accrue, pouvant atteindre 10 à 15 ans (Zaafour, 2014). Il convient toutefois de noter que certaines sources mentionnent une longévité maximale d'environ 6 ans, indiquant des variations possibles selon les conditions d'élevage ou les spécimens étudiés.

### 1.6.5 Facteurs influençant la reproduction

La température et l'humidité du sol jouent un rôle crucial dans le succès de la reproduction. Les escargots ont besoin d'un environnement humide pour que les œufs ne se dessèchent pas. La période de reproduction est généralement saisonnière, liée aux conditions climatiques favorables (Damerdji et Benyoucef, 2006).

### 1.7 Régime alimentaire

Chez les escargots se trouve une large gamme de comportements alimentaires : ils peuvent être phytophages (mangeurs de plantes), détritivores (mangeurs de débris), nécrophages (mangeurs de cadavres), prédateurs ou même cannibales. Les escargots herbivores entretiennent une relation symbiotique avec des bactéries intestinales, qui les aident à digérer les végétaux. Pendant les périodes de dormance, ces bactéries survivent en consommant le mucus produit par l'intestin de l'escargot (Cappuccio, 2011). Pour se nourrir, il utilise une langue spéciale, la radula, qui est recouverte de petites dents (Pirame, 2003). Grâce à son alimentation flexible, l'escargot s'adapte facilement à son milieu, consommant des feuilles, notamment de la laitue, ainsi que des fruits et légumes (Pol, 2003 ; Druart, 2011). Selon Mandangi (2010), les préférences alimentaires de cette espèce évoluent en fonction de l'âge et de la taille.

### 1.7 Intérêt de l'escargot

Les escargots jouent un rôle écologique clé, servant de lien entre le sol, la végétation et l'atmosphère (Gimbert, 2006). Leur importance dans les chaînes alimentaires est considérable (Zaafour, 2014), et se manifeste par les points suivants :

- ✓ Selon De Vaufleury et al. (2009), les escargots représentent une part significative de la biomasse des invertébrés du sol.
- ✓ Ce taxon est aisément identifiable, largement répandu et abondant (Bouaricha, 2014).
- ✓ Ils assurent le transfert de matière organique et d'énergie des producteurs primaires vers les niveaux trophiques supérieurs (Zaafour, 2014).
- ✓ Ils agissent comme vecteurs, transférant les polluants présents dans le sol ou les plantes vers les prédateurs (Smida et Toualbia, 2016).
- ✓ Ils contribuent activement à la dégradation des matières organiques végétales, comme les feuilles mortes, participant ainsi à la formation de l'humus et à l'amélioration de la qualité du sol (Belhaouchet, 2013).

Les escargots comestibles sont également appréciés dans la médecine traditionnelle. Par exemple, pour soulager les infections respiratoires chez les jeunes enfants, on prépare un mélange d'huile d'argan, de thym et d'escargots cuits, administré par voie orale (Radi, 2003).

La sédentarité des mollusques et leur forte dépendance aux conditions microclimatiques les rendent particulièrement utiles pour retracer l'histoire et l'évolution d'un environnement (Karas, 2009). L'étude de Gimbert (2006) a démontré l'efficacité de leur utilisation comme bio-indicateurs, en particulier pour évaluer la pollution des sols par les métaux.

Le commerce international des escargots est florissant en Europe et en Amérique du Nord, témoignant de l'importance de cette pratique culinaire à l'échelle mondiale (Cobbinah *et al.*, 2008).

Les escargots jouent un rôle crucial dans le recyclage de la matière organique en participant à la décomposition des végétaux et en servant de proie pour de nombreux prédateurs, tels que les oiseaux et les mammifères (Barker, 2001). Ils sont utilisés en cosmétique pour leurs sécrétions riches en allantoïne et en collagène, qui possèdent des propriétés régénératrices et cicatrisantes pour la peau (Milella *et al.*, 2011).

## *Chapitre II : Présentation du pesticide*

---

## 1 Généralité sur l'insecticide « Deltaméthrine »

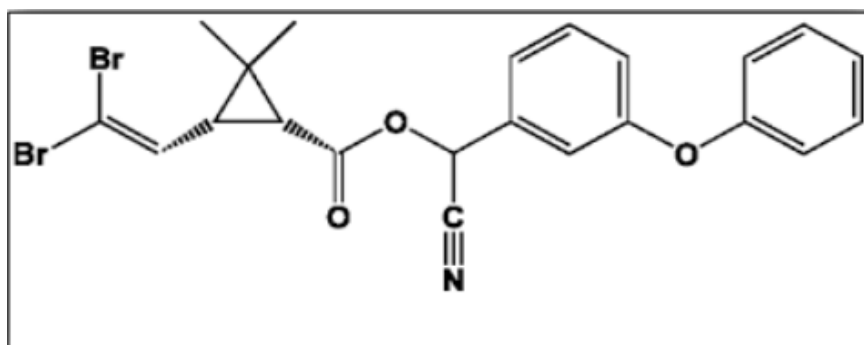
### 1.1 Définition

Les pesticides désignent de manière générale l'ensemble des substances (molécules) ou produits (formulations) destinés à éliminer les organismes nuisibles. Ils sont principalement utilisés en agriculture pour augmenter les rendements et améliorer la qualité des productions, mais trouvent aussi d'autres applications (Medjdoub, 2013). Cependant, leur dispersion dans l'environnement (air, sol, eau, aliments) expose les êtres vivants à des risques toxiques, pouvant causer diverses maladies (Toumi, 2013 ; Pandey et Mohanty, 2015).

La deltaméthrine est un insecticide synthétique de la famille des pyréthrinoïdes, fréquemment utilisée pour éliminer divers insectes nuisibles dans les cultures. Elle fonctionne en perturbant le système nerveux des insectes, causant leur paralysie et leur mort (Tomlin, 2000).

### 1.2 Composition chimique

La deltaméthrine (C<sub>22</sub>H<sub>19</sub>Br<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>) connue commercialement sous le nom de DECIS EC 25 et chimiquement sous l'appellation (1R, 3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-diméthyl-cyclopropane carboxylate de (S)- $\alpha$ -cyano-3-phénoxybenzyle. C'est un pyréthrinoïde synthétisé en 1974 et disponible sur le marché depuis 1977 (Leahey, 1985). Elle est considérée comme la plus toxique de sa famille, car elle ne se dégrade pas complètement en s'accumulant ainsi dans les lipides (Sayeed et al., 2003).



**Figure 9 :** Structure chimique de la Delthamthrine (ANSES, 2010).

La deltaméthrine se caractérise par une apparence poudre cristalline, variant de l'incolore au blanc, avec une solubilité très faible dans l'eau, mais élevée dans les solvants organiques tels que l'acétone et le toluène (Tomlin, 2003). Bien que relativement stable à la lumière et à la chaleur, elle subit une dégradation accélérée sous l'action des rayons ultraviolets et en présence de milieux alcalins, ce qui affecte directement sa durée de vie dans l'environnement (Laskowski, 2002).

### 1.3 Propriétés physico-chimiques de la deltaméthrine

La deltaméthrine est un insecticide pyréthrinoïde de synthèse dont l'efficacité et le comportement environnemental dépendent fortement de ses propriétés physico-chimiques, telles que sa solubilité, sa stabilité et sa volatilité.

**Tableau 1** Caractéristiques physico-chimiques de la deltaméthrine (INRS, 2007 ; Toumi, 2013).

Aspect	Poudre cristalline blanche à légèrement beige (California Department of Pesticide Regulation, 2000).
Nom chimique	(1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-diméthyl-cyclopropane carboxylate de (S) - $\alpha$ -cyano-3 phénoxybenzyle
Formule chimique	C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Br <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>
Type de pesticide	Insecticide et ectoparasiticide
Groupe chimique	Pyréthrinoïde
Masse molaire (g/mole)	505,20
Point de fusion (°C)	90 °C
Solubilité dans l'eau (mg.L <sup>-1</sup> )	<0,000 2 à 25 °C
Point d'ébullition (°C)	Se décompose à partir de 270 ° C (avant le point d'ébullition)
État physique	Cristaux blancs
Solubilité aqueuse (mg.L <sup>-1</sup> )	≤0.002 à 25 °C
Pression de vapeur (mm.Hg)	9.3.10-11 (25 °C)
Constante d'adsorption (koc)	204 000 à 577 000
Coefficient de partage octanol-eau log kow	6,20
Constante de Henry (Pa m <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup> )	4.99 10-6 à 25 °C

### 1.4 Classifications toxicologiques

Selon Word Health Organisation (WHO) (2020), cette substance est classée dans la catégorie II, ce qui signifie qu'elle est modérément dangereuse en cas d'ingestion. En effet, Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), ce produit est toxique pour les humains par inhalation (FAO, 2017).

Enfin, selon les réglementations de l'Union Européenne, cette substance est suspectée d'être un perturbateur endocrinien et est actuellement en cours d'évaluation par l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA, 2023).

### 1.5 Mode d'action de deltaméthrine

La deltaméthrine agit principalement au niveau du système nerveux central des insectes, en particulier dans les centres supérieurs du cerveau. Si l'empoisonnement dure plusieurs heures, les dommages au système nerveux deviennent irréversibles, entraînant la mort de l'insecte (Hasibur *et al.*, 2014).

### 1.6 Avantages

Les avantages de la deltaméthrine se caractérisent par :

- Une haute efficacité contre les insectes ravageurs cibles, démontrée par des essais en conditions réelles (ANSES, 2022).
- Une action rapide, permettant une réduction significative des populations nuisibles dès les premières applications (Alavanja *et al.*, 2004)
- Une compatibilité avec les stratégies de lutte intégrée (IPM), favorisant une approche durable de la protection des cultures (INRAE, 2020).
- Une polyvalence d'utilisation, adaptée à diverses cultures (céréales, légumes) et plantes ornementales (Bayer, 2023).

### 1.7 Inconvénients

La deltaméthrine, un insecticide pyréthrinoïde largement utilisé, soulève plusieurs enjeux environnementaux majeurs, notamment :

- Impact sur les organismes non-cibles : principe actif de la deltaméthrine présente une toxicité élevée pour les abeilles et autres pollinisateurs, même à faible dose (ANSES, 2019 ; EFSA, 2013). Des études recommandent une application en dehors des périodes de floraison pour limiter les risques (PNPP, 2021).
- Risque de résistance aux pyréthrinoïdes : Certaines populations d'insectes cibles (pucerons, lépidoptères) développent une résistance accrue à la deltaméthrine, réduisant son efficacité à long terme (INRAE, 2020 ; IRAC, 2022). Une rotation avec d'autres modes d'action est préconisée.
- Contamination des écosystèmes aquatiques : La deltaméthrine est hautement toxique pour les poissons et invertébrés aquatiques (EPA, 2021). Sa persistance dans les sols et son lessivage vers les cours d'eau exigent des mesures de mitigation (zones tampons, respect des doses).

## 1.8 Effets de la deltaméthrine sur la faune auxiliaire

Les insecticides à base de deltaméthrine peuvent avoir des impacts négatifs sur la faune auxiliaire, essentielle à la régulation naturelle des ravageurs et à la pollinisation. Cette catégorie inclut les prédateurs naturels (coccinelles, chrysopes, carabes), elles présentent une toxicité aiguë pour ces espèces en réduisant leur capacité à contrôler les populations de pucerons et d'acariens (Biondi *et al.*, 2012). Une étude en conditions réelles montre une diminution de 40 à 60 % des populations de coccinelles après traitement (Gontijo *et al.*, 2018).

Les insectes parasitoïdes, tels que les guêpes parasitoïdes et les microhyménoptères, jouent un rôle essentiel dans la régulation naturelle des populations de ravageur (Desneux *et al.*, 2007). Cependant, les pyréthriinoïdes comme la deltaméthrine perturbent significativement leur développement larvaire en réduisant leur taux d'émergence et altèrent leur capacité de parasitisme, même à des doses sublétales, en affectant leur comportement de recherche d'hôtes (Desneux *et al.*, 2007).

Ces impacts entraînent une diminution de l'efficacité de ces auxiliaires biologiques, favorisant ainsi la recrudescence des ravageurs et créant un cercle vicieux nécessitant des traitements insecticides supplémentaires, ce qui compromet la durabilité des agroécosystèmes (Desneux *et al.*, 2007 ; Biondi *et al.*, 2012).

## 1.9 Effets de la deltaméthrine sur la santé humaine

L'expression désigne une exposition ponctuelle et intense à une substance chimique (ici, un insecticide comme la deltaméthrine), elle peut être réalisée par trois voies principales :

- Contact cutané : La substance entre en contact avec la peau, par exemple lors de la manipulation sans protection (gants).
- Inhalation : Respiration de particules ou vapeurs du produit (pulvérisation sans masque).
- Ingestion accidentelle : Absorption par la bouche (erreur d'étiquetage, contamination alimentaire).

### 1.9.1 Exposition chronique (agriculteurs, applicateurs professionnels)

L'exposition aiguë aux pyréthriinoïdes de synthèse, comme la deltaméthrine, peut provoquer divers symptômes neurologiques. Au niveau cutané, elle se manifeste souvent par des fourmillements et des démangeaisons (paresthésie), particulièrement sur les zones exposées (WHO, 2020).

En cas d'inhalation, les effets incluent des vertiges, des maux de tête et des nausées (EPA, 2017). Dans les cas les plus sévères, on observe des tremblements musculaires, voire des convulsions, signes d'une intoxication aiguë (ATSDR, 2019). Par ailleurs, ces composés

chimiques peuvent causer une irritation locale en cas de contact direct. Une projection oculaire entraîne typiquement une conjonctivite, accompagnée de rougeurs et de sensations de brûlure, tandis que le contact cutané provoque des érythèmes et des irritations (EFSA, 2015). Ces symptômes, bien que généralement temporaires, nécessitent un rinçage immédiat et, dans certains cas, une prise en charge médicale.

### **1.9.2 Effets sur le système nerveux**

Plusieurs études soulignent les effets neurotoxiques à long terme liés à une exposition prolongée aux pyréthriinoïdes, notamment chez les travailleurs agricoles. Une étude épidémiologique menée par Baldi *et al.*, 2014 a mis en évidence des troubles cognitifs, incluant une altération de la mémoire et des difficultés de concentration, chez ces populations fortement exposées. Ces observations sont corroborées par les travaux de Chen *et al.* (2016), qui rapportent un risque accru de symptômes neurotoxiques, tel que des engourdissements et une fatigue chronique, chez les personnes régulièrement en contact avec ces substances.

Par ailleurs, des recherches en laboratoire suggèrent un impact potentiel de la deltaméthrine sur le système endocrinien. Des essais *in vitro* indiquent que ce pyréthriinoïde pourrait interférer avec certains récepteurs hormonaux, notamment ceux liés aux estrogènes et aux androgènes (PAN Europe, 2021). Ces observations sont corroborées par des études animales montrant des altérations de la fonction thyroïdienne chez le zebrafish (Jin *et al.*, 2020) et des perturbations de la stéroïdogenèse dans les cellules de Leydig murines (Zhao *et al.*, 2021). Bien que ces résultats expérimentaux soulèvent des préoccupations, les données épidémiologiques chez l'homme demeurent insuffisantes pour établir un lien causal, comme la note un récent rapport de l'EFSA (2019) qui recommande des investigations complémentaires pour évaluer l'ampleur réelle de ces effets en conditions réelles d'exposition.

### **1.9.3 Risques pour les populations vulnérables.**

#### **- Risques pour les femmes enceintes et les enfants**

Les études épidémiologiques révèlent des préoccupations particulières concernant l'exposition aux pyréthriinoïdes pendant la grossesse. Viel *et al.* (2017) ont démontré qu'une exposition prénatale à ces composés était associée à des retards de développement chez l'enfant. Ces observations sont complétées par les travaux de Richardson *et al.*, (2019), qui évoquent des effets potentiels sur le développement cérébral, suggérant une sensibilité accrue du système nerveux en formation à ces substances neurotoxiques.

#### **- Toxicité hépatique et rénale**

Au-delà des effets neurologiques, une exposition chronique aux pyréthriinoïdes peut entraîner des complications systémiques. Jaga et Dharmani (2006) ont observé chez des agriculteurs régulièrement exposés une élévation significative des enzymes hépatiques, marqueur biologique d'un stress hépatique. Bien que les mécanismes exacts restent à élucider, ces données soulignent l'impact potentiel sur les fonctions de détoxification de l'organisme.

### 1.10 Mesures de prévention contre les dangers de la deltaméthrine

La deltaméthrine présente des risques pour la santé humaine et l'environnement. Certaines mesures de prévention approuvées, basées sur les recommandations des autorités sanitaires et agronomiques. Ces recommandations consistent en :

#### a. Protection des Applicateurs (Agriculteurs, Professionnels)

- ❖ Équipement de Protection Individuelle (EPI) obligatoire.
- ❖ Masque respiratoire (type FFP2 ou masque à cartouche pour éviter l'inhalation) (OSHA, 2022).
- ❖ Gants nitrile ou néoprène (résistants aux produits chimiques) (ANSES, 2023).
- ❖ Lunettes étanches pour éviter les projections oculaires (INRS, 2021).
- ❖ Combinaison imperméable à manches longues (EPA, 2020).

#### b. Bonnes Pratiques d'Application

- ❖ Éviter les pulvérisations par vent fort (> 15 km/h) pour limiter la dérive (FAO, 2019).
- ❖ Ne pas fumer, boire ou manger pendant la manipulation (WHO, 2021).
- ❖ Laver immédiatement après utilisation (eau + savon) (CDC, 2020).
- ❖ Prévention de l'Exposition des Populations Vulnérables
- ❖ Protection des Riverains et Bystanders
- ❖ Délimiter des zones tampons (5 à 20 m selon les cultures) près des habitations (EC Régulation 1107/2009).
- ❖ Avertir les voisins avant traitement (ANSES, 2022).

#### c. Protection des Enfants et Femmes Enceintes

- ❖ Interdire l'accès aux champs traités pendant 24 à 48 h (EFSA, 2021).
- ❖ Éviter l'exposition domestique (stockage sécurisé hors de portée) (PAN Europe, 2023).

#### d. Réduction des Risques Environnementaux

- ❖ Prévention de la contamination des eaux

- ❖ Ne pas traiter près des cours d'eau (respecter une zone non traitée de 5 m minimum) (Water Framework Directive, 2020).
- ❖ Éviter les sols drainants pour limiter la lixiviation (INRAE, 2021).

#### **e. Protection de la Biodiversité**

- ❖ Pas d'application en floraison (pour protéger les abeilles) (EFSA 2023).
- ❖ Alternier avec des méthodes non chimiques (biocontrôle, pièges à phéromones) (FAO 2022).

#### **f. Gestion des Intoxications Accidentelles**

##### **Premiers Secours en cas d'Exposition Contact cutanée**

- ❖ Laver immédiatement à l'eau et au savon (WHO, 2020).
- ❖ Projection oculaire : Rincer 15 min sous l'eau claire (Poison Control Centers, 2023).
- ❖ Ingestion : Ne pas faire vomir, appeler un centre antipoison (EPA, 2021).

##### **Alternatives Recommandées pour une Utilisation Plus Sûre**

- ❖ Rotation avec d'autres familles chimiques (éviter la résistance) (IRAC, 2023).
- ❖ Utilisation de biopesticides (exemple : *Beauveria bassiana*) (IBMA, 2022).
- ❖ Agriculture intégrée (pièges, prédateurs naturels) (IOBC, 2021).

## *Chapitre III : Matériels et Méthode*

---

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence l'effet de l'utilisation des pesticides sur la biodiversité en général. En particulier, l'impact de la deltaméthrine sur un escargot terrestre *Eobania vermiculata*, qui présente une espèce non cible par cet insecticide.

Nous avons mené nos recherches au sein du Laboratoire de Recherche Écologie des Invertébrés Terrestres, une structure du Département de Biologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

## 1 Matériels utilisés

Pour réaliser cette expérimentation, nous avons utilisé les matériaux et équipements suivants :

- **Balance de précision** pour mesurer le poids (escargots et laitue, 20 g), tandis qu'un pied à coulisse a servi à déterminer la hauteur et le diamètre.
- **Une pipette** pour la solution (pesticide + eau distillée).
- Des pinces pour la manipulation de la laitue traitée, et de l'eau distillée pour la dilution.
- **Boîtes de Pétri** pour peser la laitue et un flacon filtrant en verre pour la solution (DL50).
- **Une éponge** pour maintenir l'humidité.



**Figure 10** : Matériaux utilisés lors de l'expérimentation (Originelle, 2024).

### 1.1 Matériels biologiques

Notre choix s'est porté sur une espèce d'escargot terrestre qui est *Eobania vermiculata*, en raison de sa présence et sa grande abondance dans les écosystèmes agricoles, de sa vaste répartition géographique dans le bassin méditerranéen, de sa sensibilité aux changements environnementaux et de sa capacité à accumuler les pesticides et métaux lourds et de son importance dans le recyclage de la matière organique (Dupont *et al.*, 2023 ; Larba *et al.*, 2023).



**Figure 11 :** *Eobania vermiculata* (Originelle, 2025).

## 1.2 Matériel chimique

Dans cette étude, notre choix s'est porté sur un insecticide couramment utilisé en agriculture, avec la molécule active qui est la Deltaméthrine. Cet insecticide est fréquemment employé pour contrôler une variété de ravageurs en agriculture.

## 2 Méthodologie

Vingt spécimens de *Eobania vermiculata* sont utilisés durant l'expérimentation. Ces individus sont prélevés en mois Décembre 2024, au niveau du campus Tamda de l'Université Mouloud Mammeri à Tizi-Ouzou (Fig. 12).

L'identification de l'espèce a été réalisée par le Dr RAMDINI R., enseignant-chercheur à la Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.



**Figure 12 :** Localisation de l'université Tamda (Google earth, 2025).

## 2.1 Récolte des individus

Les escargots ont été récoltés par une méthode directe, impliquant une collecte manuelle dans leur habitat naturel (Cucherat et Dumyunc, 2008), puis transférés au laboratoire dans des boîtes transparentes perforée, permettant ainsi la respiration des escargots.

Les spécimens collectés ont été maintenus une semaine au laboratoire avant tout traitement afin de s'acclimater aux conditions expérimentales (Fig. 13).



**Figure 13 :** Collecte d'*Eobania vermiculata* (Originelle, 2024).

## 2.2 Conditions de l'expérimentation

L'étude a porté sur une population de 20 escargots adultes dont le poids variait de 3,33 g à 5,35 g, un diamètre de 25,47 mm à 30,10 mm, et la hauteur de la coquille de 19,11 mm à 22,24 mm. Les mesures ont été prise en utilisant une balance de précision et un pied à coulisse électroniques (Fig. 14).



**Figure 14:** Prise du poids et les mensurations de la coquille (Originelle, 2024).

### 2.3 Numérotation et répartition des individus

Pour faciliter leur identification, les escargots ont été numérotés individuellement, de 1 à 5 dans des boîtes .chaque lot (Fig. 15). Les expériences ont été conduites dans les conditions ambiantes du laboratoire. Les spécimens ont été répartis dans quatre contenants en plastique transparent, équipés de couvercles perforés afin de garantir une oxygénation optimale.



**Figure 15** : Numérotation et répartition des escargots (Originelle, 2024)

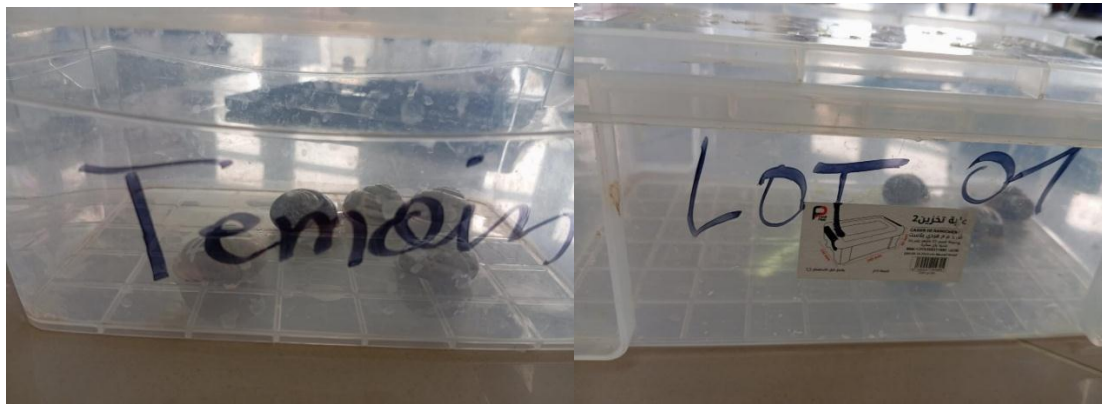
### 3 Mode de traitement

Les boîtes utilisées mesurent 20 cm de longueur, 15 cm de largeur et 15 cm de hauteur, correspondant à un volume total de 1 litre. Afin de préserver des conditions optimales, chaque contenant est équipé d'une éponge humidifiée, permettant de maintenir un taux d'humidité adapté aux besoins des escargots (Fig. 16).



**Figure 16** Mise en lots des spécimens d'escargots

Après une semaine, correspondant à une phase d'acclimatation aux conditions du laboratoire, les escargots ont été répartis d'une manière homogène en quatre groupes expérimentaux, chacun composé de 5 individus (Fig. 17) et (Fig 18).



**Figure 17 :** Répartition des escargots dans des boîtes (Originelle, 2024).



**Figure 18 :** Préparation de la nourriture (Originelle, 2024).

### 3.1 Préparation des doses utilisées

Dans le cadre de cette étude, trois groupes expérimentaux ont été exposés à différentes concentrations de DL50, tandis qu'un groupe témoin n'a reçu aucun traitement.

Le premier groupe a été traité avec la dose létale médiane standard (DL50 pure), appliquée par pulvérisation de 5 ml prélevés à l'aide d'une pipette dans un flacon en verre.

Le deuxième groupe a reçu une solution diluée à 80 %, obtenue en mélangeant 10 ml de DL50 avec 5 ml d'eau distillée avant application.

Enfin, le troisième groupe a été exposé à une solution plus fortement diluée (66 %), préparée en combinant 5 ml de DL50 avec 10 ml d'eau distillée. Pour chaque condition expérimentale.

**Tableau 2** : Répartition des concentrations croissantes

Lots	Dose appliquée
Témoin	/
Lot 1	5 ml de DL50
Lot 2	10 ml DL50 + 5ml d'eau distillée
Lot 3	5 ml DL50 + 10ml d'eau distillée

Les solutions ont été soigneusement homogénéisées dans des flacons en verre puis uniformément pulvérisées sur les feuilles de laitue à l'aide d'une seringue, garantissant ainsi une distribution homogène du traitement (Fig. 19).

**Figure 19** Préparation de solution, l'eau distillée + insecticide (Originale, 2024).

Un protocole rigoureux d'entretien a été mis en place tout au long de l'expérimentation, impliquant un nettoyage complet des boîtes trois fois par semaine. Cette procédure consistait en l'élimination méticuleuse des déjections et au nettoyage des parois internes à l'aide de papier absorbant humide, suivi systématiquement du renouvellement de la nourriture potentiellement contaminée. Parallèlement, un suivi journalier a été réalisé pour évaluer les effets des différents traitements sur les escargots. Ce monitoring incluait des observations précises portant sur plusieurs paramètres : taux de mortalité, modifications comportementales, activité locomotrice et évolution pondérale, permettant ainsi une analyse complète de la réponse des organismes aux différentes conditions expérimentales.

## 6. Traitement des données

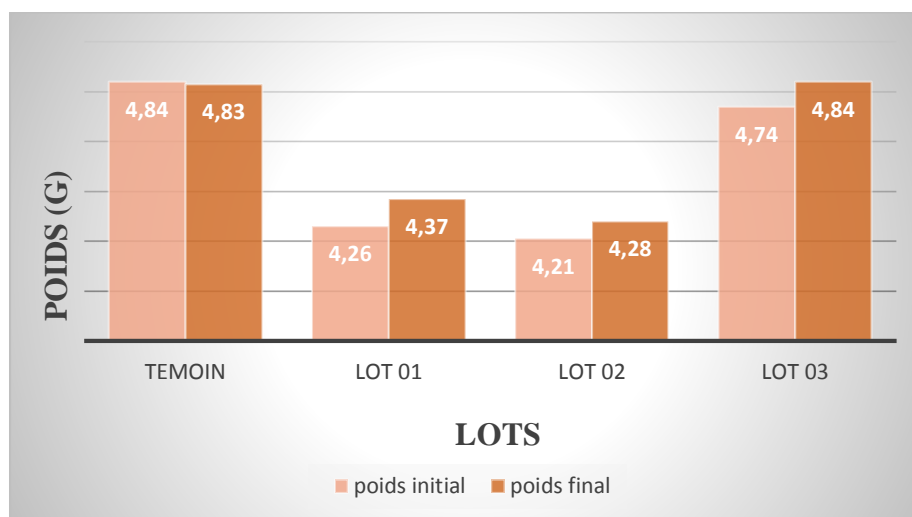
Pour comparer les moyennes de deux échantillons indépendants, l'analyse statistique par le test t de Student a été appliquée aux valeurs moyennes des poids corporel des individus de *E. vermiculata* des différents lots et ce, conformément aux méthodes préconisées par Dagnelie (2006). Ce test a été réalisé à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données R Version 4.2.2. (R Core Team, 2022).

## *Chapitre IV : Résultats et Discussion*

---

### 1.1.Effet de la Deltaméthrine sur l'évolution de poids chez *Eobania vermiculata*

La figure 1 illustre l'évolution de poids des escargots, en début et en fin d'expérimentation, en fonction des différentes doses d'insecticide.



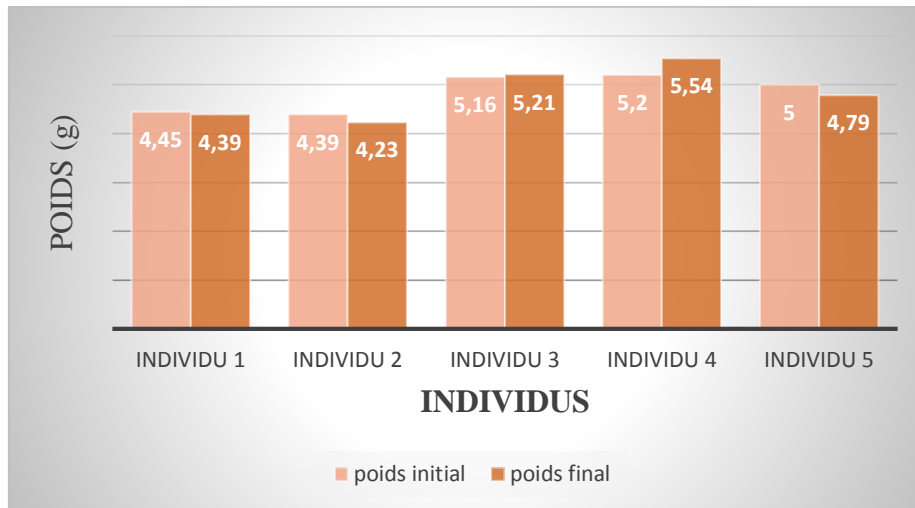
**Figure 20 :** Évolution du poids relatif d'*Eobania vermiculata* exposé aux différentes concentrations de la Deltaméthrine.

L'étude de l'évolution du poids relatif d'*E. vermiculata* exposé à différentes concentrations de Deltaméthrine révèle des tendances contrastées. Le groupe témoin non exposé à cet insecticide reste stable avec un poids initial de 4,84 g et un poids final de 4,83 g avec une perte négligeable de -0,2 %. Cette légère variation reflète des fluctuations naturelles, confirmant que sans pesticide, leur métabolisme n'est pas perturbé, ou peut-être dû au défaut de matériel de mesure.

Le Lot 1 qui a été exposé à une dose faible de la Deltaméthrine a marqué une prise de poids notable de poids avec un gain de 2,58% (de 4,26 g à 4,37 g). Le deuxième lot, exposé à une concentration plus élevée que le lot précédent qui est la DL50, a enregistré un gain de poids de 1,7 % du poids total du groupe. Le Lot 3 qui a reçu la dose la plus élevée enregistre une prise de poids de 2,10 % (de 4,74 g à 4,84 g) est comparable au Lot 1, confirmant que certaines concentrations n'ont pas d'impact négatif et pourraient même induire des réponses similaires.

### 1.2.Évolution du poids corporel des individus d'escargots témoins

Les poids corporels initiaux et finaux de chaque individu d'*E. vermiculata* appartenant au groupe témoin sont représentés dans la figure 21.

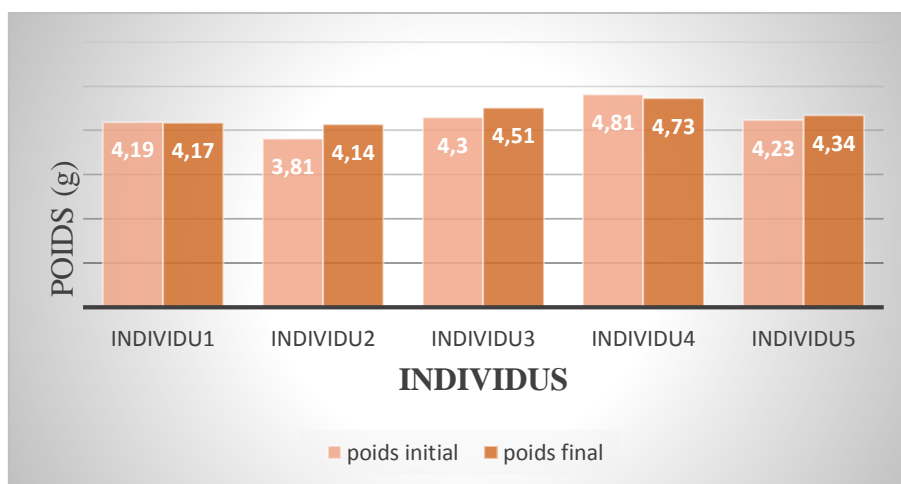


**Figure 21** Évolution du poids relatif des individus d'*E. vermiculata* du groupe Témoins.

L'analyse révèle des tendances pondérales opposées au sein du groupe témoin. Parmi les cinq escargots étudiés, trois ont subi une perte de poids variant de -1,34 % (individu 1) à -3,64 % et -3,40 % (individus 2 et 5 respectivement), tandis que deux ont présenté une augmentation, allant d'une légère progression de +0,96 % (individu 3) à une croissance remarquable de +6,54 % (individu 4). Cette répartition inégale (60 % en perte contre 40 % en gain) met en évidence une variabilité individuelle significative face aux mêmes conditions expérimentales. Le test de student ( $t = 0,082$ ) révèle une différence non significative des poids relatifs entre le début et la fin de l'expérimentation des individus du lot témoin au seuil  $\alpha = 5\%$  avec une  $p\text{-value} = 0,9387$ .

### 3.1.1 Évolution du poids corporel d'individus d'escargots exposés à la dose 1

La figure 22 compare les poids initiaux et finaux de cinq individus exposés à la dose 1 de la deltaméthrine.



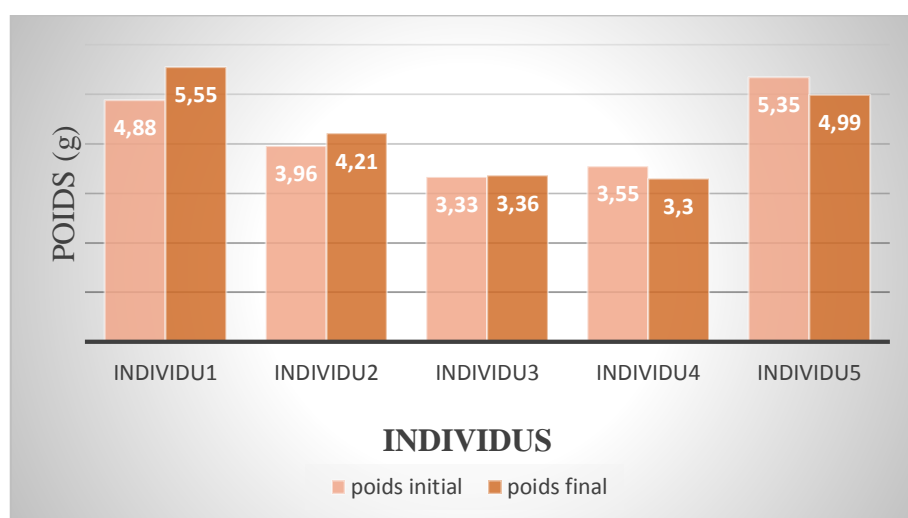
**Figure 22** Évolution du poids relatif des individus d'*E. vermiculata* du Lot 01.

Le Lot 1 présente des évolutions de poids variées parmi ses individus. Alors que la majorité des individus ont pris du poids (individus 2, 3 et 5). Deux d'entre eux (individus 1, 4) ont perdu légèrement (0,47% pour l'individu 1 et 1,66% pour l'individu 4). L'individu 2 se distingue par la plus forte prise de poids (0,33 g), tandis que l'individu 4, bien qu'ayant commencé avec le poids le plus élevé (4,81g), a subi la plus forte diminution (-0,08g).

Le test t de student ( $t = -1,47$ ) révèle une différence non significative des poids relatifs entre le début et la fin de l'expérimentation des individus du lot 1 au seuil  $\alpha = 5\%$  avec une p-value = 0,214.

### 3.1.2 Évolution du poids corporel d'individus d'escargots exposés à la dose 2

La figure 23 illustre l'évolution du poids corporel d'individus du lot 2 exposés à la dose 2 de la Deltaméthrine.



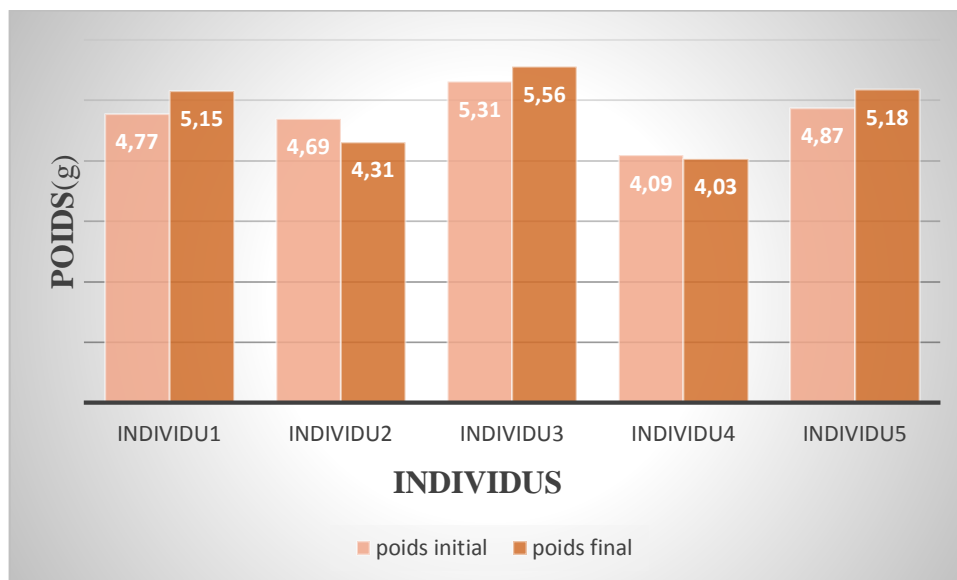
**Figure 23** Évolution du poids relatif des individus d'*E. vermiculata* du Lot 02.

L'analyse des cinq individus du Lot 2, exposés à la dose 2 de la Deltaméthrine, révèle une variation pondérale moyenne de 1,4 %. L'individu 3 a montré le plus faible gain 0,9 %, correspondant à 0,03 g, suggérant un effet minimal du pesticide à cette dose. À l'opposé, l'individu 1 a présenté la variation la plus importante de 13,7 %, soit 0,67 g. Les autres individus présentent des variations intermédiaires de 6,3 % pour l'individu 2, 7,0 % de diminution pour l'individu 4 et 6,7 % de diminution pour l'individu 5, démontrant ainsi toute la gamme des réponses possibles, depuis une adaptation jusqu'à une sensibilité notable au traitement. Cette diversité de réponses souligne la complexité des effets à cette concentration particulière de pesticide.

Le test de student ( $t = -0,578$ ) révèle une différence non significative des poids relatifs entre le début et la fin de l'expérimentation des individus du lot 1 au seuil  $\alpha=5\%$  avec une p-value = 0,594.

### 3.1.3 Évolution du poids corporel d'individus d'escargots exposés à la dose 3

La figure 24 illustre l'évolution du poids corporel d'individus du lot 3, exposés au Deltaméthrine à la dose 3.



**Figure 24.** Évolution du poids relatif des individus d'*E. vermiculata* du Lot 03.

L'ensemble des individus exposés à la dose 3 de la Deltaméthrine présente une augmentation pondérale moyenne de +1,9 %.

La perte la plus modeste revient à l'individu 4 avec une diminution de 1,5 % de sa masse initiale, tandis que la croissance la plus marquée est observée chez l'individu 1, atteignant 7,9 %. Entre ces extrêmes, les individus 3 et 5 affichent respectivement des hausses de 4,7 % et 6,4 %, contrebalançant partiellement la baisse prononcée de 8,1 % enregistrée chez l'individu 2. Ces données mettent en évidence une réponse différentielle au traitement, où certains organismes manifestent une résistance marquée alors que d'autres subissent un impact négatif significatif.

Le test de student ( $t = -0,368$ ) révèle une différence non significative des poids relatifs entre le début et la fin de l'expérimentation des individus du lot 1 au seuil  $\alpha = 5\%$  avec une p-value = 0,731.

### 1.3.Effet de Deltaméthrine sur les dimensions des coquilles d'*E. vermiculata*

**Tableau 03** résume les mesures (diamètre et hauteur) de la coquille des individus de *E. vermiculata* pris dans l'expérience.

**Tableau 3 :** Mesures de la coquille des individus de *E. vermiculata* pris dans l'expérience

Mesure (mm) Dose	Diamètre initial	Diamètre final	Différence	Hauteur initiale	Hauteur finale	Différence
<b>Témoin</b>	28,62	28,62	0	20,60	20,6	0,00
<b>D1</b>	27,39	27,40	0,01	20,42	20,43	0,01
<b>D2</b>	27,44	27,45	0,01	20,91	20,92	0,01
<b>D3</b>	27,72	27,73	0,01	21,01	21,03	0,02

Le tableau montre que les variations sont minimales, le groupe témoin ne montre aucune variation avec des différences nulles en diamètre et en hauteur, pour les escargots traités présentent une légère augmentation le diamètre augmente de 0,01 mm pour toutes les doses, la hauteur montre une légère augmentation, la différence la plus notable apparaît à la dose D3, où la hauteur augmente de 0,02 mm contre 0,01 mm pour les autres doses. Les changements de taille sont très faibles (quelques centièmes de millimètre), mais ils sont systématiques chez les escargots exposés, contrairement au groupe témoin qui ne montre aucune modification.

## 4 Discussion

### 4.1.Réponse comportementale

Les doses de deltaméthrine appliquées inhibent le comportement locomoteur et nutritif des individus d'*E. vermiculata*, un effet probablement dû à une altération de la chimioréception, particulièrement marquée chez les spécimens exposés à la forte dose (DL50). Cette observation rejoint les résultats d'études similaires, comme l'effet inhibiteur du thiaméthoxam sur la locomotion des insectes (Bingham *et al.*, 2008), des abeilles (Aliouane *et al.*, 2009) ou même sur le comportement des rats (Rodrigues *et al.*, 2010). De même, des effets comparables ont été documentés pour la téfluthrine chez les rats (Righi et Palermo-Neto, 2005).

Les néonicotinoïdes et les pyréthriinoïdes, reconnus pour leur neurotoxicité, exercent des effets délétères principalement sur le système nerveux, bien que d'autres systèmes physiologiques puissent également être impactés (Glickman et Lech, 1982 ; Palermo-Neto *et al.*, 2003 ; Datta et Kaviraj, 2003). Par ailleurs, des effets léthargiques induits par des organophosphorés comme

le diméthoate ont été documentés chez les gastéropodes, affectant tant les juvéniles que les adultes d'*Helix aspersa* (Schuytema *et al.*, 1994 ; Coeurdassier *et al.*, 2001).

#### 4.2.Mortalité

L'exposition des organismes vivants à des modifications environnementales provoque invariablement un stress physiologique important. Lorsque les systèmes enzymatiques de détoxification sont altérés, ce stress peut conduire à la mort sans possibilité de réponse adaptative. À l'inverse, lorsque l'intensité du stress est modérée, les organismes sont capables de mobiliser divers mécanismes de défense, notamment via l'activation de voies de détoxification, leur permettant ainsi de survivre et, dans certains cas, de s'adapter à ces nouvelles conditions environnementales (Lagadic *et al.*, 1997).

Au cours de notre étude, un seul individu du lot 02 est mort le dernier jour de l'expérimentation. Ce taux de mortalité 5% correspond avec les données rapportées dans la littérature, où les valeurs varient selon les études : 5 % (Gomot, 1997), 4,3 % (Scheiffler *et al.*, 2006), 3 à 7 % (Viard *et al.*, 2004) et 19,05 % (Bourbia et Ait Hamlat, 2013).

L'étude de Schuytema *et al.* (1994) a révélé un taux de mortalité de 13% chez *Helix aspersa* exposé à 5 mg/kg de carbaryl pendant 14 jours. Cependant, ces mêmes chercheurs n'ont observé aucun effet létal sur cette même espèce lorsqu'elle était exposée par voie alimentaire à des concentrations de glyphosate atteignant 5000 mg/kg.

Ces résultats démontrent clairement que la mortalité des escargots varie significativement en fonction de l'espèce concernée et de sa sensibilité spécifique aux différents composés chimiques testés.

#### 4.3.Effet sur la croissance

Les escargots ont montré une sensibilité moyenne à la Deltaméthrine en laboratoire, nos résultats montrent une certaine variation de perte et de gain du poids corporel durant la durée d'expérimentation. Néanmoins, les tests statistiques n'ont montré aucun effet significatif.

Attia *et al.* (2021) ont constaté que l'utilisation du fongicide Zoom, de l'insecticide Decis et de l'engrais Weatfert inhibait la croissance des juvéniles d'*E. vermiculata*, se manifestant par une réduction du poids corporel et du diamètre de la coquille.

En effet, une augmentation du poids a été observée pour les 3 lots exposés à la Deltaméthrine, le groupe témoin présente une perte minime correspondant à des variations naturelles cette

---

observation confirme l'absence d'impact significatif sur leur métabolisme en l'absence de pesticide.

Contrairement à nos résultats, Schuytema *et al.* (1994) ont observé une réduction significative du poids corporel des escargots exposés à l'Aminocarbe, au Leméthyle Parathion et au Paraquat, un effet dépendant à la fois de la nature et de la concentration du pesticide utilisé.

De même, Coeurdassier *et al.* (2001) ont mis en évidence une réduction dose-dépendante de la croissance et de la survie des escargots sous l'effet du diméthoate. L'exposition épithéliale présentant la toxicité la plus marquée.

Dans le même contexte, Gomot De Vaufleury et Bispo (2000) ont étudié les effets de l'ingestion de pentachlorophénol, de trichlorophénol et de naphthalène dans un sol contaminé, ainsi que de la pulvérisation de leurs lixiviats, sur la croissance de *Helix aspersa aspersa* et *Helix aspersa maxima* durant 28 jours. Leurs résultats révèlent une forte inhibition de croissance chez *H. aspersa aspersa*, alors que cet effet n'apparaît qu'aux concentrations les plus élevées chez *H. aspersa maxima*. Les deux sous-espèces se montrent moins sensibles à l'exposition cutanée, avec une absence totale d'effet sur la croissance de *H. aspersa maxima*. Par ailleurs, El-Wakil et Attia (1999) ont démontré que l'ingestion de dédimiline n'entraîne pas d'effet létal sur les adultes de *Theba pisana*, même à la dose élevée de 10 000 µg. En revanche, une exposition des juvéniles à 1000 µg de dimiline pendant 35 jours provoque une inhibition de croissance significativement plus importante

Nous avons comparé la croissance de la coquille entre escargots traités à la deltaméthrine et escargots non-traités. Nos résultats montrent que cet insecticide n'affecte pas le diamètre et la hauteur de la coquille. Une explication possible est que la deltaméthrine, contrairement à d'autres produits comme le Decis, n'interfère pas avec l'utilisation du calcium par l'escargot. Or, le calcium est essentiel pour la formation de la coquille, comme l'ont déjà démontré des études sur d'autres espèces d'escargots (Gomot *et al.*, 1989 ; Irlande, 1991).

## *Conclusion*

---

## Conclusion

---

Notre étude a permis de mettre en lumière les effets de l'exposition à la Deltaméthrine sur la croissance, la mortalité et le comportement locomoteur et nutritif chez l'escargot terrestre *E. vermiculata*. Les escargots ont été exposés au pesticide par ingestion, celui-ci étant incorporé à leur nourriture à différentes doses pendant trois semaines.

Les résultats ont montré une réduction significative du poids corporel des escargots traités, proportionnelle à la quantité de Deltaméthrine administrée. Cette perte de poids suggère des perturbations métaboliques induites par le pesticide, renforçant ainsi le rôle des escargots terrestres comme bioindicateurs et bioaccumulateurs de la qualité des écosystèmes. Nos observations ont également souligné la mortalité d'un individu au dernier jour de l'expérimentation. En revanche, l'analyse des dimensions des coquilles n'a pas révélé de différences significatives entre le début et la fin de l'expérience.

Au-delà des impacts directs sur la croissance et la mortalité, nos observations ont également souligné des modifications comportementales, notamment des périodes d'inactivité plus fréquentes chez les escargots exposés. Bien que ces changements puissent être attribués à l'effet du pesticide, ils pourraient également être influencés par les variations climatiques, coïncidant avec une hausse des températures durant la période expérimentale.

## *Références Bibliographiques*

---

1. Aiboud, F. & Belkacemi, M. (2024). Évaluation de la sensibilité d'*Eobania vermiculata* (Gastropoda, Helecidae) au Glyphosate. Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 48p.
2. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2022).
3. Aliouane, Y., El Hassani, A. K., Gary, V., Armengaud, C., Lambin, M., & Gauthier, M. (2009). Exposition subchronique des abeilles à des doses sublétales de pesticides : effets sur le comportement. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(1), 113-122.
4. André, F. (1968). *Zoologie des invertébrés (Tome 1)*. Masson et Cie. (P. 2-39).
5. ANSES. (2010). Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Co-exposition des professionnels de la lutte anti-vectorielle au DEET et aux insecticides. Rapport d'expertise collective.
6. Attia L., Tine S., Tine-Djebbar F. et Soltani N., 2021. Potential hazards of an inorganic fertilizer (Weatfert) for the brown garden snail (*Eobania vermiculata* Müller, 1774): Growth, Histological and Biochemical changes and biomarkers. *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(3):1719-1734.
7. Bajjot, S., Deconinck, N., Slama, H., Söderlund, G., Dan, B., & Colin, C. (2012). Adapter l'environnement, un moyen alternatif pour aider les enfants TDAH.
8. Barker, G. M. (2001). *The biology of terrestrial molluscs*. CAB International, Oxon, Wallingford, UK. 558p.
9. Barker, G. M. (Ed.). (2002). *Molluscs as crop pests*. CABI Pub. 468p.
10. Barriuso, E., Calvet, R., Schiavon, M., & Soulas, G. (1996). Les pesticides et les polluants organiques des sols. *Etude et gestion des sols*, 3(4) : 279-296.
11. Bass, C., Denholm, I., Williamson, M. S., & Nauen, R. (2015). Statut mondial de la résistance aux insecticides néonicotinoïdes chez les insectes. *Pesticide Biochemistry and Physiology*
12. Baurand, P.E., Capelli, N., Scheifler, R., & de Vaufleury, A. (1-2 Juillet 2014). Effets du cadmium chez l'embryon d'escargot terrestre *Cantareus aspersus*. Communication présentée à la Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée, Besançon, France. DOI: 10.13140/2.1.2593.7605.
13. Beaumont, A., & Cassier, P. (1970). *Travaux pratiques de biologie animale : zoologie, embryologie, histologie*, Dunod, PARIS. 472p.

14. Belhouchet L., Mulazzani, S. & Jeddi Z. (2013). Les techno-complexes lithiques de SHM-1. In: Mulazzani S. (Ed.), *Le Cap-sien de Hergla (Tunisie). Culture, environnement et économie*. Reports in African Archaeology, 4, Frankfurt: Africa Magna Verlag, p. 156-220.
15. Beneden, P. J. (1837). Anatomie du pneumodermon (pp. 5-10).
16. Bonnet, J.-C., Aupinel, P., & Vrillon, J.-L. (1990). L'escargot *Helix aspersa* : biologie, élevage. Du labo au terrain. INRA. 1-5.
17. Bouaricha, H. (2014). Évaluation du stress oxydatif induit par le Proclaim : essai comparatif sur deux modèles biologiques (*Helix aspersa* et *Paramecium* sp.). Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar. 131p.
18. Boué, H., & Chanton, R. (1971). Biologie animale zoologie I : invertébrés. Éditions Doin, Paris, 376p.
19. Bourbia Ait Hamlet S., 2013. Évaluation de la toxicité de mélanges de pesticides sur un bioindicateur de la pollution des sols *Helix aspersa*. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Algérie. 177p.
20. Casida, J. E., & Durkin, K. A. (2013). Neuroactive insecticides: Targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*, 58 : 99-117.
21. Chevalier, H. (1983). Les escargots comestibles commercialisés en Europe occidentale. *Informatique technique des services vétérinaires : l'escargot et l'héliciculture*, 31p.
22. Cho, Y.S. and Laskowski, J.S. (2002) Effect of flotation frothers on bubble size and foam stability. *International Journal of Mineral Processing*, 64, 69-80.
23. Cobbinah, J. C., Vink, A., & Onwuka, B. (2008). L'élevage d'escargots : production, transformation et commercialisation. Ed. Fondation Agromisa, Wageningen, 84p.
24. Coeurdassier M., Saint-Denis M., Gomot De Vaufleury A., Ribera D. et Badot P. M, 2001. The garden snail (*Helix aspersa*) as a bioindicator of organophosphorus exposure: effects of dimethoate on survival, growth, and acetylcholinesterase activity. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20 (9) : 1951-1957.
25. Cooper, J., & Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Protection*, 26(9) : 1337-1348.
26. Comité d'Action pour la Résistance aux Insecticides (IRAC). (2023). Classification des modes d'action des insecticides et stratégies de gestion de la résistance.
27. Daguzan, J. (1983). Principales caractéristiques biologiques et écophysologiques de l'escargot. Dans J. Daguzan (Éd.), *L'escargot et l'héliciculture*. Informations techniques des services vétérinaires. Paris, 207p.

28. Damerdjji, A., & Benyoucef, B. (2006). Impact des différents facteurs physiques et du rayonnement solaire sur la diversité malacologique dans la région de Tlemcen (Algérie). Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'escargot du Puget *Cryptomastix devia* au Canada, 23p.
29. De Vaufleury, A., Fritsch, C., Gimbert, F., Pauget, B., Coeurdassier, M., Crini, N., & Scheifler, R. (2009). Utilisation et intérêt des escargots et des micromammifères pour la bio-indication de la qualité des sols. *Etude et gestion des sols*, 16 (3/4) :203-217.
30. DeBach, P., & Rosen, D. (1991). Biological control by natural enemies. CUP Archive.
31. Dupont, J. (2023). Le souffle polymétallique de la fonderie Horne : caractérisation des dépôts atmosphériques à l'aide d'approches passives et de biosurveillance, PhD thesis, Université du Québec à Montréal.
32. Datta, S., & Kaviraj, A. (2003). Toxicité aiguë de la deltaméthrine, un pyréthrianoïde synthétique, sur le poisson-chat d'eau douce *Clarias batrachus* (Linn.). *Bulletin de Toxicologie Environnementale et Contamination*, 70(2), 296-299.
33. Ehrhardt, N. (2006). Étude de l'activité d'une formulation à 50% de deltaméthrine sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion : résistance et rémanence [Thèse de doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Toulouse].
34. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges.
35. Gimbert, F. (2006). Cinétiques de transfert de polluants métalliques du sol à l'escargot [Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté], 172p.
36. Giusti, F., Manganelli, G., & Schembri, P. J. (1995). The non-marine molluscs of the Maltese Islands (Monografie Museo Regionale di Scienze Naturali Vol. 15, p. 1-607.
37. Glickman, A. H., & Lech, J. J. (1982). Toxicité différentielle de la trans-perméthrine chez la truite arc-en-ciel et les souris : II. Rôle de la sensibilité des organes cibles. *Toxicologie et Pharmacologie Appliquée*, 66(1), 162-171.
38. Gomot A., 1997. Dose-dependent effects of cadmium on the growth of snails in toxicity bioassays. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 33 : 209-216.
39. Gomot, A., Gomot, L., Boukraa, S., Bruckert, S., 1989. Influence of soil on the growth on the land snail *Elicia aspersa*. An experimental study of absorption route for the stimulating factors. *J. Moll. Stud*, 55, 1-7.
40. Gomot de Vaufleury A. et Bispo A., 2000. Methods for toxicity assessment of contaminated soil by oral or dermal uptake in land snails. 1. Sublethaleffects on growth. *Environmental science & Technology*, 34(9): 1865-1870.

41. Grassé, P.P., & Doumenc, D. (1995). Zoologie I : invertébrés. Ed. Masson, Paris. 263p.
42. Guyard, A. (2009). Étude de la différenciation de l'ovotestis et des facteurs contrôlant l'orientation sexuelle des gonocytes de l'escargot *Helix aspersa* Müller. Thèse de doctorat en sciences naturelles, Université de Besançon. 156p.
43. Heusser, S., & Dupuy, H. G. (1998). Atlas biologie animale 1 : les grands plans d'organisation. Ed. Dunod, Paris, France. 135p.
44. Heusser, S., & Dupuy, H. G. (2011). Synthèse de la structure tissulaire à la réalisation des fonctions chez les gastéropodes pulmonés (I) : éléments d'histologie et de physiologie des espèces *Helix aspersa* et *Helix pomatia*. *Folia Conchyliologica*, p 10-26.
45. Hickman, C. P., Roberts, L. S., & Keen, S. L. (2008). Integrated principles of zoology. McGraw-Hill Higher Education.
46. <https://www.maxicours.comcours/differents-appareils-respiratoires-pour-le-meme-air>.
47. Karas, F. (2009). Gastéropodes terrestres, invertébrés continentaux des pays de la Loire. *Gretia*, p 379-387.
48. Kerney, M. P., & Cameron, R. A. D. (2006). Guide des escargots et limaces d'Europe : identification et biologie de plus de 300 espèces. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris. 370p.
49. Lagadic, L., Caquet, T., & Ramade, F. (1997). Les biomarqueurs en écotoxicologie : principes et définitions. In *Biomarqueurs en écotoxicologie : aspects fondamentaux* (pp. 1-9).
50. Larba, R., Zeraib, A. and Soltani, N. (2023). Assessment of soil metallic contamination in several sites from Northeast Algeria by use of terrestrial gastropod: *Cornu aspersum* (O.F. Müller, 1774) (Helicidae), *Biodiversity Journal*, 14: 373–383, <https://doi.org/10.31396/biodiv.jour.2023.14.2.373.383>.
51. Lévêque, C. (1971). Étude bibliographique des mollusques p. 285-300.
52. Maissiat, J., Baehler, J. C., & Picaud, J. L. (2011). Biologie animale. Ed. DUNOD, 239p.
53. Matthews, G. A. (2018). A history of pesticides. Cabi.
54. Medjdoub, H. (2013). Contribution à la recherche d'éventuelles activités biologiques de *Zygophyllum geslini* Coss. Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 127 p.
55. Meglitsch, P. A. (1974). Zoologie des invertébrés : des vers aux arthropodes (annélides, mollusques, chélicérates) (Tome 2). Ed. Dion, Paris, 306p.

56. Müller, O. F. (1774). *Vermium terrestrium et fluviatilium, seu animalium infusiorum, helminthicorum, et testaceorum, non marinorum, succincta historia*. Testacea—Heineck et Faber, Havnie et Lipsiae. Vol 2.
57. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2022). *Protection respiratoire en milieu professionnel : Normes et bonnes pratiques*
58. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2022). *Directives pour la gestion intégrée des ravageurs (GIP) : Stratégies d'alternance des méthodes de contrôle*.
59. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO]. (2023). *La lutte intégrée contre les ravageurs : Principes et applications pratiques [Integrated pest management: Principles and field practices]*.
60. Palermo-Neto, J., Florio, J. C., Sakate, M., & Bernardi, M. M. (2003). Effets comportementaux du pyréthrianoïde de type II cyhalothrine chez le rat. *Toxicologie et Pharmacologie Appliquée*, 191(2), 167-176.
61. Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). Coûts environnementaux et économiques de l'utilisation des pesticides principalement aux États-Unis. *Environnement, Développement et Durabilité*, 16(1), 19-34.
62. Pol, D. (2006). *Élevage de l'escargot. La main à la pâte*. Fondation pour l'éducation à la science, Académie des sciences, France.
63. R Core Team. (2022). *A language and environment for statistical computing*.
64. Radi, N. (2003). *L'arganier, arbre du Sud-Ouest marocain : en péril, à protéger [Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Nantes, Faculté de pharmacie]*, 59 p.
65. Ramdini, R., Ali, R. F., Sadouk, G., & Medjdoub-Bensaad, F. (2021). Diversity of terrestrial gastropods in Kabylia region (Tizi-Ouzou, northern Algeria). *Folia Malacologica*, 29(4), 212–221.
66. Rašković, B., Poleksić, V., Jarić, I., Skorić, S., Topisirović, G., & Stojnić, B. (2023). Accumulation of metal trace elements in different body parts of terrestrial Roman snail *Helix pomatia* L., 1758 on three polluted sites in Serbia. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(8) : 21853-21862.
67. Rodrigues, M. R. C., Rondina, D., Araujo, A. de A., Arruda, I. J., Silva, L. M., Nunes-Pinheiro, D. C., & Fernandes, A. A. O. (2010). Effets comportementaux chez le rat d'une exposition chronique à des composés neurotoxiques. *Toxicologie Appliquée et Pharmacologie*, 215(3), 245-256.

68. Righi, D. A., & Palermo-Neto, J. (2005). Effets comportementaux de la téfluthrine, un pyréthrianoïde de type II, chez le rat. *Annales de Toxicologie Analytique*, 17(2), 89-97.
69. Sandrine., Sylie., & Louissette, P. (2003). Contribution à l'étude de la pathologie estivale de l'escargot petit-gris (*Helix aspersa*) : reproduction expérimentale.
70. Sayeed, I., Parvez, S., Pandey, S., Bin-Hafeez, B., Haque, R., & Raisuddin, S. (2003). Oxidative stress biomarkers of exposure to deltamethrin in freshwater fish, *Channa punctatus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(1), 1-8.
71. Scheifler R., De Vaufleury A., Cœurduassier M., Crini N. et Badot P. M., 2006. Transfer of Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn in a soil-plant-invertebrate food chain: A microcosm study. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 25(3): 815-822.
72. Smida, R., & Toualbia, K. (2016). L'étude de l'hépatotoxicité de deux molécules nanométriques chez un bioindicateur de pollution *Helix aspersa*. Mémoire de master : Toxicologie Xén-biotiques et Risque Toxicologique. Université de Larbi Tébessi Tébessa, Algérie. 100p.
73. Smith, A. E., & Secoy, D. M. (1975). Forerunners of pesticides in classical Greece and Rome. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23(6) ; 1050-1055.
74. Tachapuripunya, V., Roytrakul, S., Chumnanpuen, P., & E-kobon, T. (2021). Unveiling putative functions of mucus proteins and their tryptic peptides in seven gastropod species using comparative proteomics and machine learning-based bioinformatics predictions. *Molecules*, 26(11), 3475.
75. Toumi, H. (2013). Écotoxicité de la deltaméthrine et du malathion sur différentes souches de *Daphnia magna* [Thèse de doctorat en cotutelle entre l'université Université de Lorraine et Université de Carthage]. 208p.
76. Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., & Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: Plenty of new opportunities. *BioControl*, 63(1), 39-59.
77. Welter-Schultes, F. (2012). European non-marine molluscs: A guide for species identification. Ed. Planet Poster, Germany.
78. World Health Organization. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
79. Zaafour, M. (2014). Étude écophysiological de la reproduction de l'escargot terrestre Petit Gris (*Helix aspersa aspersa*, Gastropoda : Stylommatophora, Helicidae) dans la région Nord-Est d'Annaba, Algérie [Thèse de doctorat en sciences, Université Badji Mokhtar Annaba]. 109.

## **Résumé**

Ce mémoire étudie les effets toxiques de l'insecticide Decis Expert (à base de deltaméthrine) sur l'escargot terrestre *Eobania vermiculata*, une espèce non cible fréquente en milieux agricoles. À travers une approche expérimentale, l'étude analyse l'impact de différentes concentrations de cet insecticide (DL50 pure et solution diluée à 80 %) sur la croissance (poids et dimensions de la coquille), le comportement (activité locomotrice et alimentaire) et la survie des individus. Les résultats révèlent une réduction significative du poids corporel chez les escargots exposés, suggérant des perturbations métaboliques, ainsi que des modifications comportementales, bien que la croissance de la coquille ne soit pas affectée de manière notable. Ces observations confirment le rôle potentiel des gastéropodes terrestres comme bioindicateurs de la pollution aux pesticides, tout en soulignant les risques écologiques liés à l'utilisation intensive d'insecticides en agriculture, même pour des espèces non ciblées. L'étude fournit ainsi des données utiles pour une meilleure évaluation des impacts environnementaux des pratiques phytosanitaires.

**Mots clés** : Deltaméthrine, *Eobania vermiculata*, toxicité, Mortalité.

## **Abstract**

This study examines the toxic effects of the insecticide Decis Expert (based on deltamethrin) on the land snail *Eobania vermiculata*, a non-target species commonly found in agricultural environments. Using an experimental approach, the research analyzes the impact of different concentrations of this insecticide (pure LD50 and an 80% diluted solution) on growth (weight and shell dimensions), behavior (locomotor and feeding activity), and survival. The results reveal a significant reduction in body weight among exposed snails, suggesting metabolic disruptions, as well as behavioral changes, although shell growth was not notably affected. These findings confirm the potential role of terrestrial gastropods as bioindicators of pesticide pollution, while highlighting the ecological risks associated with the intensive use of insecticides in agriculture, even for non-target species. The study thus provides valuable data for a better assessment of the environmental impacts of phytosanitary practices.

**Key Words** : Deltamethrine, *Eobania vermiculata*, toxicity, Mortality.