



Republique Algérienne Democratique Et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi – Tébessa –

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie

Département de Biologie Appliquée

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

MEMOIRE MASTER LMD

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Toxicologie

Thème :

Etude de la toxicité d'un insecticide
deltaméthrine au niveau de
L'hépatopancréas des escargots
« *Helix aspersa* »

Présenté par : DJABRI Lilia, MESBAHI Khouloud et DIB Aya

Devant le jury composé de :

Mme. HAMEL Mahdia
Mme. BEN-AMARA Amel
Mme. BOUADILA Soulef

M.A.A Université de Tébessa
M.A.A Université de Tébessa
M.A. A Université de Tébessa

Présidente
Rapporteur
Examinatrice

le 07 / 06 / 2023

Promotion : 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT

Je glorifie Allah le tout puissant de m'avoir donné courage et puissance qui m'ont permis d'accomplir ce travail.

L'occasion m'est donnée ici pour remercier mon encadreur Madame BENAMMARA amel pour Votre encadrement attentif et vos conseils éclairés m'ont permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine de la toxicologie et de développer des compétences essentielles en recherche. Votre patience et votre capacité à répondre à mes questions ont été d'une grande aide pour surmonter les obstacles rencontrés tout au long du processus.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury qui ont évalué mon mémoire. Leur expertise et leur impartialité ont été d'une valeur inestimable pour évaluer la qualité de mon travail et pour me permettre de progresser dans ma compréhension du sujet.

Je voudrais remercier le département de toxicologie pour avoir fourni un environnement stimulant et propice à l'apprentissage. Les ressources et les opportunités offertes par le département ont été essentielles pour mener à bien ce mémoire.

Je n'oublie pas de remercier toute l'équipe des laboratoires du département de biologie pour son aide et son attention. Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, sans oublier mes collègues de promotion.

Dédicace

Avec l'aide d'Allah, le tout puissant, ce travail est achevé Je dédie particulier à mon cher Papa MOHAMED, ta sagesse, ton amour et tes conseils éclairés ont été d'une importance capitale dans mon cheminement universitaire Je t'exprime ma profonde reconnaissance pour ta confiance indéfectible en mes capacités et pour ton soutien indéfectible tout au long de cette aventure.

A ma chère Mère , tu as été ma source inépuisable de soutien et d'encouragement tout au long de mon parcours académique. Ta présence bienveillante, tes mots d'encouragement et tes sacrifices ont été ma force motrice dans les moments les plus difficiles.

À mes soeurs sabrina Ta patience et ton soutien constant ont été une source de motivation et de réconfort narimane cirine et chiraz vous avez toujours été mes plus grandes alliées et mes compagnes de voyage votre amour inconditionnel m'ont apporté une force inestimable.

A tous les membres de ma famille surtout à ma grand-mère bien-aimée liliane, et fayza à mes oncles et à mes tantes ,et aux femmes des oncles .et mon frère moussa a noussayba, amira ,wissale, rahima ,sara ,salwa

A mon binome khoulood et Aya merci pour votre contribution active, votre idées pertinentes et vos dévouements ont été essentiels pour la réussite de notre travail

A mes amies : khoulood, djihen, salsabil, taima, nesrine, douaa . A tous les moments qu'on a passés ensemble, à tous nos souvenirs.

Merci pour les moments formidables qu'on a partagés.

Mes camarades de la promotion de la classe de 2^{ème} année Master toxicologie. A toutes les personnes que j'aime y.

Lilya

*freedom is in peril
defend it
with all
your might*

Dédicace

Avec l'aide de Dieu Tout-Puissant, ce travail est achevé et je le dédie tout particulièrement à ma chère Maman Fatiha, votre sagesse, votre amour et vos conseils éclairés ont été d'une importance primordiale dans mon parcours universitaire et je vous exprime ma profonde gratitude pour votre confiance indéfectible. Dans mes capacités et votre soutien indéfectible tout au long de cette aventure.

A mon cher père Lakhdar, que Dieu ait pitié de toi, ta fille a aujourd'hui exaucé ton souhait

Pour mon frère Ayman, ta patience et ton soutien continu ont été une source de motivation et de réconfort. Tu as toujours été mon plus grand allié et compagnon de route, et ton amour inconditionnel m'a donné une force inestimable.

À tous les membres de ma famille, en particulier mon grand-père bien-aimé Youssef

A Lilia Kholoud Dima, Leur collaboration, leur soutien et leur travail acharné ont contribué de

manière significative à la réussite de cette recherche

A mes amis Hanin, Houda, Salsabil, Saif. Sihem à tous les moments passés ensemble, à tous

nos souvenirs. Merci pour les bons moments partagés.

Mes copains font la promotion d'un deuxième cours de toxicologie en toxicologie. À tous les

gens que j'aime là-bas

Aya

*freedom is in peril
defend it
with all
your might*





Dédicace

- Merci **Allah** de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience
d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire " Ya Kayom"
- À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, **mon père KAMEL MESBAHI**
- **A ma mère YAKOUTA·M·** Ma raison de réussite, l'exemple parfait de la femme idéale, le symbole de l'amour, la tendresse, la sympathie et le sacrifice, qui m'a toujours orienté pour acquérir le bonheur dans cette vie. Qu'Allah, tout puissant, te donne santé, bonheur afin que je puisse te combler à mon tour.
- **Et A mon unique frère: CHOUAIB**
- **A mon cher grand-père** Abdelhamid , AHMED Rabi yarhmou
- **A mes chères sœurs: OUISSAM, FATMA**
- **A mon binôme : LILIA** Avec elle qui j'ai partagé les bons et les durs moments, en témoignage de l'amitié et des souvenirs que nous avons passés ensemble, je te souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.
- **A mon binôme : AYA**
- **A mes chères proches amies : AMEL, RADIA, BOUTHAINA, MALIKA**
- **À toute ma famille**
- **À tous ceux qui m'aiment...**

KHOULOU

Résumé

Résumé :

Le but de ce travail est d'étudier l'effet d'un insecticide à base de deltaméthrine : Deltacal sur une espèce bioindicatrice en écotoxicologie, l'escargot *Helix aspersa*.

Dans notre expérimentation les escargots adultes ont été exposés à des concentrations croissantes de deltaméthrine (deltacal) par voie digestive pendant 5 semaines. Un dosage biochimique des métabolites et une analyse histologique ont été effectués au niveau de la glande digestive (hépatopancréas).

Les résultats obtenus montrent des perturbations au niveau de la composition biochimique de l'hépatopancréas qui se traduit par une diminution significative des taux de protéines, de glucides et de lipides chez les escargots exposés à la deltaméthrine par rapport aux témoins.

Cependant l'examen histologique de l'hépatopancréas mis en évidence des lésions à des degrés variables qui se manifestent par une dégénérescence des cellules sécrétoires, un rétrécissement des lumières des acini, un discret infiltrat inflammatoire et quelques foyers de nécrose.

Mots clés : Pesticide ,deltaméthrine ,escargots *Helix Aspersa*, protéines, glucides et lipides.

Abstract

Abstract:

The purpose of this study is to investigate the effect of an insecticide based on deltamethrin, called Deltacal, on a bioindicator species in ecotoxicology, the snail *Helix aspersa*. In our experiment, adult snails were exposed to increasing concentrations of deltamethrin (Deltacal) through the digestive route for 5 weeks. Biochemical metabolite assays and histological analysis were conducted on the digestive gland (hepatopancreas).

The results obtained show disturbances in the biochemical composition of the hepatopancreas, characterized by a significant decrease in protein, carbohydrate, and lipid levels in the snails exposed to deltamethrin compared to the controls.

However, histological examination of the hepatopancreas revealed lesions of varying degrees, including degeneration of secretory cells, narrowing of acinus lumens, discreet inflammatory infiltration, and some areas of necrosis.

Keywords: Pesticide, deltamethrin, *Helix aspersa* snails, proteins, carbohydrates, lipids.

الملخص

الملخص:

الغرض من هذا العمل هو دراسة تأثير المبيد الحشري القائم على Deltacal: deltaméthrine على نوع من المؤثرات الحيوية في علم السموم البيئية الحلزون *Helix aspersa*. في تجربتنا تعرضت القواقع البالغة لمستويات متزايدة من دلتامثرين (Deltacal) عبر الجهاز الهضمي لمدة 5 أسابيع. تم إجراء فحص كيميائي حيوي للمستقبلات و تحليل نسيجي على مستوى الغدة الهضمية (البنكرياس الكبدي).

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها في اضطرابات التركيب الكيميائي الحيوي لبنكرياس الكبد مما يؤدي إلى انخفاض كبير في مستويات البروتين والكربوهيدرات والدهون عند القواقع المعرضة للدلتامثرين مقارنة بالضوابط.

مع ذلك كشف الفحص النسيجي لبنكرياس الكبد عن آفات بدرجات متفاوتة تظهر في تنكس الخلايا الإفرازية وتضييق أضواء الأسيني وتسلل الهابي منفصل وبعض بؤر النخر.

الكلمات المفتاحية: مبيد ، آفات ، مبيدات حشرية ، دلتامثرين ، حلزون ، بروتينات ، الكربوهيدرات ، الدهون.

Liste des tableaux :

Tableau 1: propriété physico-chimique de la deltaméthrine (Poorni Iyer et,al.,March 2013)	15
Tableau 2: Concentration de deltaméthrine delta cal dans les différents lots.....	35
Tableau 3: Dosage des protéines : réalisation de gamme d'étalonnage.....	39
Tableau 4: Dosage des glucides : réalisation de la gamme d'étalonnage	39
Tableau 5: Dosage des lipides : réalisation de gamme d'étalonnage.....	40
Tableau 6: Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage.....	45
Tableau 7: Dosage des glucides : réalisation de la gamme d'étalonnage	47
Tableau 8: Dosage des lipides : réalisation de gamme d'étalonnage.....	49

Liste des figures :

Figure 1: Modes d'exposition de l'homme aux Pesticides (cpp. 2002).	9
Figure 2: formule chimique de deltaméthrine (https://www.inrs.fr/).....	14
Figure 3: Structure moléculaire de deltaméthrine (http://npic.orst.edu)	14
Figure 4: escargot Helix aspersa (https://www.shutterstock.com/fr/).....	21
Figure 5: morphologie de l'escargot Helix aspersa (Beaumont A., Cassier P., 1970)	23
Figure 6: anatomie de l'escargot helix aspersa (Meyer C., ed. Sc., 2023)	24
Figure 7: Escargot Helix aspersa pondent dans le sol pendant la nuit (https://www.alamyimages.fr/)	27
Figure 8: Croissance de helix aspersa (https://www.shutterstock.com/fr-)	29
Figure 9: Estivation d'escargot Helix aspersa (www.alamyimages.fr.).....	30
Figure 10: Hibernation des escargots Helix aspersa (www.gireaud.net).....	31
Figure 11: Delta-Cal deltaméthrine.....	32
Figure 12: Structure chimique de deltaméthrine (https://echa.europa.eu/).....	32
Figure 13: Elevage des escargots dans laboratoire	33
Figure 14: Méthode de contamination des escargots par la deltaméthrine	35
Figure 15: Dissection des escargots Helix aspersa et prélèvement de l'hépatopancréas	36
Figure 16: Protocol d'extraction et des dosages des métabolites (Shibko et al.,1966)	

.....	38
Figure 17: Machine des coupes histologique.....	41
Figure 18: Coloration des coupes histologique.....	42
Figure 19: Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité l'albumine (μ l) (R carré coefficient de détermination	45
Figure 20: Variation du taux des protéines totales au niveau de l'hépatopancréas des escargot <i>Helix aspersa</i> après 5 semaines d'exposition à la deltaméthrine administré par ingestion ($m \pm s, n=3$). *pour ($p < 0.05$), *** pour ($p < 0.001$).....	46
Figure 21: Dosage des glucides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la en glucose (μ l) (R carré coefficient de détermination)	47
Figure 22: Variation du taux des glucides totaux au niveau de l'hépatopancréas des escargots <i>Helix aspersa</i> après 5 semaines d'exposition à la deltaméthrine administré par ingestion ($m \pm s, n=3$).pour ***($p=0.001$).....	48
Figure 23: Dosages des lipides gamme d'étalonnage : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de solution mère (μ l) (R carré coefficient de détermination).....	49
Figure 24: Variation du taux des lipides totaux au niveau de l'hépatopancréas des escargots <i>Helix aspersa</i> après 5 semaines d'exposition à la deltaméthrine administré par ingestion ($m \pm s, n=3$). **pour ($p \leq 0,01$).	50
Figure 25: Observations au microscope optique de coupes transversales d'une partie de l'hépatopancréas d'un escargot témoin <i>Helix aspersa</i> (1), des escargots Traités par différentes doses, (2) DOSE 1 escargots traités avec la deltaméthrine 0.25ml/L, (3) DOSE 2 escargots traités avec la deltaméthrine 0,50 ml/L, (4) DOSE 3 escargots traités avec la deltaméthrine 0,75ml/L par ingestion (grossissement $\times 10$).....	51

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

DM : La deltaméthrine.

FAO: Food and Agriculture Organization.

DL50: dose létale médiane.

ITA : toxicité aiguë.

ITC: toxicité chronique.

CDC: Centers for Disease Control and Prevention.

ANSES: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation.

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane.

BPC: Biphényles polychlorés.

OMS: Organisation mondiale de la santé.

Nipc: National Information Pesticide Center.

° C: Le degré Celsius.

EPA : Environmental Protection Agency.

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature.

ECHA: Agence européenne des produits chimiques.

SDS: safety data sheet.

± : plus ou moins.

% : Pourcentage.

TCA : acide trichloracétique.

BBC : le bleu brillant de Coomassie.

BSA : l'albumine de sérum de bœuf.

µl : microlitres.

L : litre.

ml : millilitre.

Mn: minute.

G : gramme.

T : test student.

< ; : inférieur.

> ; : supérieur.

Liste des abréviations

P : la probabilité.

N : numéro des échantillons.

μg : microgramme.

Mg : milligramme.

= : égal.

≤ : inférieur ou éga

Table des matières

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I :	
1. Etude bibliographique sur les pesticides	4
1.1. Définition des pesticides :	4
1.1.1. Produits phytopharmaceutiques :.....	4
1.1.2. Biocides :	5
1.2. Différentes formes des pesticides :.....	5
1.2.1. Formulations liquides :	5
1.2.2. Préparations solides :	5
1.2.3. Pesticides gazeux :	5
1.3. Composition des pesticides :	6
1.3.1. Matière active :	6
1.3.2. Adjuvant :.....	6
1.4. Propriétés des pesticides :	6
1.4.1. Propriétés physico-chimiques des pesticides :	6
1.4.2. Propriétés biologiques des pesticides :.....	6
1.4.3. Propriétés toxicologiques des pesticides :.....	7
1.5. Intérêt de l'utilisation des pesticides :.....	7
1.5.1. Agriculture :	7
1.5.2. Médecine :	7
1.5.3. Industrie :.....	7
1.5.4. Domestique :	8
1.6. Devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement :	8

Table des matières

1.7. Possibles modes d'expositions de l'homme aux pesticides :.....	8
1.7.1. Exposition professionnelle :.....	9
1.7.2. Exposition non professionnelle :	9
1.8. Pesticides en Algérie :	10
2. Classification des insecticides et choix des insecticides étudiés.....	11
2.1. Définition de l'insecticide :.....	11
2.2. Différentes familles :.....	11
2.2.1. Organophosphorés :.....	11
2.2.2. Organochlorés :	11
2.2.3. Carbamates :.....	12
2.2.4. Pyréthri-noïdes :	12
2.2.5. Néonicotinoïdes :.....	12
2.2.6. Phénylpyrazoles :.....	13
2.2.7. Régulateur de croissance des insectes :	13
2.3. Insecticide étudié :	13
2.3.1. Deltaméthrine :.....	13
2.3.1.2. Structure moléculaire :.....	14
2.3.1.3. Propriétés physico-chimiques :.....	15
2.3.1.4. Utilisations de deltaméthrine :.....	15
2.3.1.5. Toxicologie de deltaméthrine :	16
2.3.1.5.1. Toxicocinétique :	16
2.3.1.5.1.1. Absorption :.....	17
2.3.1.5.1.2. Distribution :	17
2.3.1.5.1.3. Métabolisme :	17
2.3.1.5.1.4. Élimination :.....	17
2.3.1.5.2. Toxicodynamie :.....	18

Table des matières

2.3.1.5.3. Toxicité :	18
2.3.1.5.3.1. Toxicité aiguë :	18
2.3.1.5.3.2. Toxicité chronique :	19
CHAPITRE II :	
Matériel et Méthodes :	21
I.1. Matériel :	21
I.1.1. Matériel biologique :	21
I.1.1.1. <i>Helix aspersa</i> :	21
I.1.1.2 Morphologie de <i>Helix aspersa</i> :	23
I.1.1.2.1. Coquille :	23
I.1.1.2.2 Pied :	23
I.1.1.2.3. Tentacules :	24
I.1.1.2.4. Radula :	24
I.1.1.3. Anatomie de <i>Helix aspersa</i> :	24
I.1.1.3.1. Tête :	24
I.1.1.3.2. Système digestif :	25
I.1.1.3.3. Système circulatoire :	25
I.1.1.3.4. Système reproducteur :	25
I.1.1.4. Rythme d'activité :	25
I.1.1.5. Mode de déplacement :	26
I.1.1.6. Mode de vie :	26
I.1.1.6.1. Habitat et répartition géographique :	27
I.1.1.6.2. Régime alimentaire :	27
I.1.1.6.3. Reproduction :	27
I.1.1.6.4. Activité et comportement :	28
I.1.1.7. Croissance :	28

Table des matières

I.1.1.8. Longévité :.....	29
I.1.1.9. Estivation et hibernation :	30
I.1.2. Matériel chimique :.....	31
I.1.2.1. Delta-cal :	31
I.1.2.2. Structure chimique :.....	32
.....	32
I.1.2.2.1. Propriété physico-chimique :.....	33
I.2. Méthodes :.....	33
I.2.1. Condition d'élevage :	33
I.2.2. Mode de traitement :	34
I.2.3. Dissection et prélèvement de l'hépatopancreas :	36
I.2.4. Analyse biochimique :.....	36
I.2.4.1. Extraction des métabolites.....	37
I.2.4.2. Dosage des protéines totales	39
I.2.4.3. Dosage des glucides totaux :	39
I.2.4.4. Dosage des lipides totaux :.....	40
I.2.5. Analyse histologique :	40
I.2.5.1. Fixation.....	40
I.2.5.2. Déshydratation :	40
I.2.5.3. Inclusion :	40
I.2.5.4. Coupe :.....	41
I.2.5.5. Montage :.....	41
I.2.5.6. Coloration,.....	41
I.2.5.7. Observation :.....	42
I.2.6. Traitement statistique des résultats :	43

CHAPITRE III :

Table des matières

I. Résultats :	45
I.1. Effets de deltaméthrine (deltacal) sur la composition biochimique de l'hépatopancréas :	45
I.1.1. Effets de deltaméthrine (deltacal) sur le taux des protéines totaux :	45
I.1.1.1. Evaluation du taux des protéines hépatopancréatiques des escargots <i>Helix aspersa</i> témoins et traités par la deltaméthrine (deltacal) :	46
I.1.2. Effet de deltaméthrine (deltacal) sur les taux des glucides totaux : ..	47
I.1.2.1. Evaluation du taux des glucides hépatopancréatiques des escargots <i>Helix aspersa</i> témoins et traités par la deltaméthrine (deltacal) :	48
I.1.3. Effet de DELTACAL sur le taux des lipides totaux :	49
I.1.3.1. Evaluation du taux des lipides hépatopancréatiques des escargots <i>Helix aspersa</i> témoins et traités par la deltaméthrine (deltacal) :	50
I.1.4. Effets de deltaméthrines (deltacal) sur les coupes histologiques :	51
Discussion :	53
➤ Effets Deltacal sur la composition biochimique de l'hépatopancréas (taux des métabolites) d'<i>Helix aspersa</i> :	53
Effets sur le taux des protéines :	53
Effets sur le taux des glucides :	54
Effets sur le taux des lipides :	55
➤ Effet sur l'histologie de l'hépatopancréas :	56
Conclusion et Perspective	58
Références Bibliographiques :	60
Références webographie :	67

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis le début du siècle, l'environnement a subi une pression croissante des activités industrielles et humaines, ce qui a rapidement eu des conséquences perceptibles. En Algérie, l'utilisation de pesticides à des fins agricoles est devenue indispensable pour atteindre des niveaux de production maximum et répondre à une demande croissante des consommateurs en produits alimentaires. **(Zaouani, M., 2010).**

Cette situation a conduit à l'importation annuelle de 8827 tonnes de pesticides en Algérie, pour un coût estimé à près de quatre milliards de dinars **(Anonyme., 2006).** Cependant, ces substances chimiques ne sont pas sans conséquences. Elles ont des effets directs sur l'environnement et ont un impact sanitaire à long terme en raison de l'infiltration de molécules non dégradables dans les sols, les nappes phréatiques, les écosystèmes, les végétaux, les animaux et, par conséquent, les êtres humains **(Aït hamlet et al., 2019).**

Face à la résistance des ravageurs, l'utilisation des pesticides a été restreinte, ce qui a incité les fabricants à se tourner vers la synthèse chimique de nouveaux groupes de pesticides plus efficaces et moins toxiques pour l'environnement et les mammifères. Cette transition a donné naissance à une nouvelle gamme de pesticides contenant des pyréthrinoïdes et des néonicotinoïdes, qui présentent une forte efficacité pesticide et une faible toxicité pour l'environnement **(Wozniak et al., 1990 ; Masoumi., 2009).**

La deltaméthrine (DM) est l'un de ces pyréthrinoïdes, un composé fortement lipophile utilisé comme insecticide qui cible principalement les canaux sodiques **(Rodríguez et al., 2016).**

Dans ce contexte, il est essentiel de disposer d'indicateurs de perturbation de l'environnement, tels que des organismes sentinelles, pour étudier les modifications physiologiques, biochimiques et écologiques qui les affectent. Ces organismes vivants,

Très sensibles aux contaminants, sont plus adaptés aux études sur les effets des polluants que les êtres humains, et permettent de mettre en évidence des pollutions Chroniques ou soudaines **(Bouaricha., 2013).**

INTRODUCTION

L'escargot *Helix aspersa*, un mollusque gastéropode pulmoné, a démontré sa sensibilité aux contaminants courants dans son environnement (ISO., 2006). Il est considéré comme un bioindicateur important de divers polluants provenant du sol, des végétaux et de l'atmosphère, par le biais de multiples voies d'exposition (Garar., 2015), (Zouaghi., 2015).

Dans notre étude nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la toxicité de l'insecticide deltaméthrine sur un bio indicateur de pollution *Helix aspersa*. Ce document est organisé en trois chapiters:

- Le premier chapitre présente une revue bibliographique sur les pesticides, en mettant l'accent sur l'insecticide deltaméthrine.
- Le deuxième chapitre décrit le modèle biologique choisi, la méthodologie et les protocoles de dosage utilisés pour évaluer la toxicité de deltaméthrine.
- Le troisième chapitre présente une discussion des résultats basée sur une analyse statistique.

CHAPITRE I :

« Synthèse Bibliographique »

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1. Etude bibliographique sur les pesticides

1.1. Définition des pesticides :

Selon la FAO, on désigne par Pesticide: «toute substance ou association de substances, ou micro-organismes y compris les virus, destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales, les ravageurs nuisibles, les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, du bois et des produits ligneux, ou des aliments pour animaux, ou qui peut être administrée aux animaux pour combattre les insectes , les arachnides et les autres endo- ou ecto-parasites. Le terme inclut les substances destinées à être utilisées comme régulateur de croissance d'insectes ou de plantes, comme défoliant, comme agent de dessiccation, comme agent d'éclaircissage des fruits ou pour empêcher la chute prématurée de ceux-ci, ainsi que les substances appliquées sur les cultures, avant ou après la récolte, pour protéger les produits contre la détérioration durant l'entreposage et le transport. Ce terme inclut aussi les produits synergistes et détoxifiants des pesticides quand ils sont essentiels pour obtenir une prestation satisfaisante du pesticide. (Mebdoua, S., 2017).

Les pesticides regroupent l'ensemble des substances (molécules) ou produits (préparations) utilisés dans le secteur agricole ou dans d'autres applications pour éliminer les organismes nuisibles. On distingue deux types de pesticides : les produits phytopharmaceutiques ou produits phytosanitaires et les biocides. (Druart, C., 2011).

1.1.1. Produits phytopharmaceutiques :

Les pesticides à usages agricole et non agricole (parcs et Jardins, entretien des abords d'axes de transport...) pour la protection des plantes. Les phytosanitaires sont des substances actives et des préparations contenant une ou plusieurs

Substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et qui sont destinées à protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action,

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (Il s'agit par exemple des régulateurs de croissance), assurer la conservation des produits végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières du Conseil ou de la Commission concernant les agents conservateurs et enfin détruire les végétaux indésirables, détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux. **(Druart, C., 2011).**

1.1.2. Biocides :

Les pesticides destinés à tous les usages non agricoles hormis ceux voués à la protection des végétaux (désinfectants, insecticides ménagers, traitement des charpentes, produits antisalissure...). **(Pflieger, M., 2009).**

1.2. Différentes formes des pesticides :

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

1.2.1. Formulations liquides :

Incluent les suspensions (suspensions concentrée), les solutions, les concentrés émulsifiables, les suspensions en micro-capsules et les aérosols.

1.2.2. 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.

1.2.3. Pesticides gazeux :

Sont généralement des fumigeants (ils peuvent être vendus sous forme de liquide ou de gaz).

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. **(MEGUELLETI, N. E. H., et ZAIDI, Z., 2020).**

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1.3. Composition des pesticides :

Un pesticide est composé de deux substances :

1.3.1. Matière active :

Est la substance 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).

1.3.2. 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. (Mairif, S., 2014).

1.4. Propriétés des pesticides :

1.4.1. Propriétés physico-chimiques des pesticides :

Les Pesticides sont des substances chimiques utilisées pour éliminer les organismes considérés comme nuisibles pour la culture. Les propriétés physico-chimiques des pesticides, telles que leur solubilité, leur polarité, leur volatilité et leur persistance, ont une influence importante sur leur comportement dans l'environnement. Ces propriétés déterminent la manière dont les pesticides sont absorbés par les plantes, leur mobilité dans le sol, leur capacité à se volatiliser dans l'air, leur degré de biodégradation et leur persistance dans l'environnement. (Tomlin, C., 2003).

1.4.2. Propriétés biologiques des pesticides :

Les Pesticides peuvent agir de différentes manières sur les organismes cibles, en inhibant leur croissance, en perturbant leur système nerveux ou en interférant avec leur système hormonal. Les propriétés biologiques des pesticides, telles que leur spectre d'activité, leur mode d'action et leur sélectivité, déterminent leur efficacité dans la lutte contre les ravageurs, ainsi que leur impact sur les organismes non cibles.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Les pesticides peuvent être classés en fonction de leur mode d'action, par exemple, les insecticides, les fongicides, les herbicides et les nématicides. (**Casida, J. E., et Quistad, G. B., 2004**).

1.4.3. Propriétés toxicologiques des pesticides :

Les pesticides peuvent avoir des effets toxiques sur les organismes non cibles, y compris les humains. Les propriétés toxicologiques des pesticides, telles que leur dose létale médiane (DL50), leur indice de toxicité aiguë (ITA) et leur indice de toxicité chronique (ITC), déterminent leur toxicité pour les organismes vivants. La toxicité des pesticides peut être influencée par de nombreux facteurs, tels que la dose, la voie d'exposition, la durée d'exposition et l'âge des individus exposés. (**Eddleston, M.,et al., 2008**).

1.5. Intérêt de l'utilisation des pesticides :

1.5.1. Agriculture :

Les pesticides peuvent être utiles pour réduire les pertes de récolte causées par les insectes, les maladies et les mauvaises herbes. Cela peut aider à augmenter la production agricole et à maintenir la sécurité alimentaire. (**Hillocks, R. J. 2001**).

1.5.2. Médecine :

Les pesticides sont utilisés pour produire des médicaments et des produits pharmaceutiques, tels que des analgésiques, des antibiotiques et des anticancéreux. (**Levine, B., 2005**).

1.5.3. Industrie :

Les pesticides peuvent être utilisés dans l'industrie pour la production de produits chimiques, de peintures, de textiles et d'autres matériaux. (**Kim, K., and J. Y. Kim., 2007**).

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1.5.4. Domestique :

Les pesticides peuvent être utilisés dans les maisons pour éliminer les insectes et les rongeurs. Cependant, leur utilisation doit être prudente pour éviter les risques pour la santé humaine. (CDC., 2017).

1.6. Devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement :

Malgré un souci croissant de protection de l'environnement, lors de l'utilisation des produits phytosanitaires, une certaine quantité de ces substances se retrouve dans l'environnement, principalement dans l'air par dérive sous forme de gouttelettes ou sur le sol. Ils peuvent alors être soumis à différents processus :

La photo-dégradation.

La dégradation par le phénomène d'hydrolyse aqueuse ou de biodégradation grâce aux micro-organismes présents dans le sol. La rétention dans le sol jusqu'à la formation de résidus liés (adsorption) (par exemple l'accumulation des fongicides à base de cuivre dans les sols).

Le transport vers d'autres compartiments environnementaux par des processus physicochimiques (volatilisation) ou via un vecteur, l'eau par lixiviation ou Ruissellement ou les particules de sol (désorption). (BOURBIAAIT HAMLET, S., 2013).

1.7. Possibles modes d'expositions 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, les vins, etc., sont aussi mis en évidence. 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.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

La figure 1 résume les possibles modes d'exposition de l'environnement et de l'homme aux pesticides. (Merhi, M., 2008).

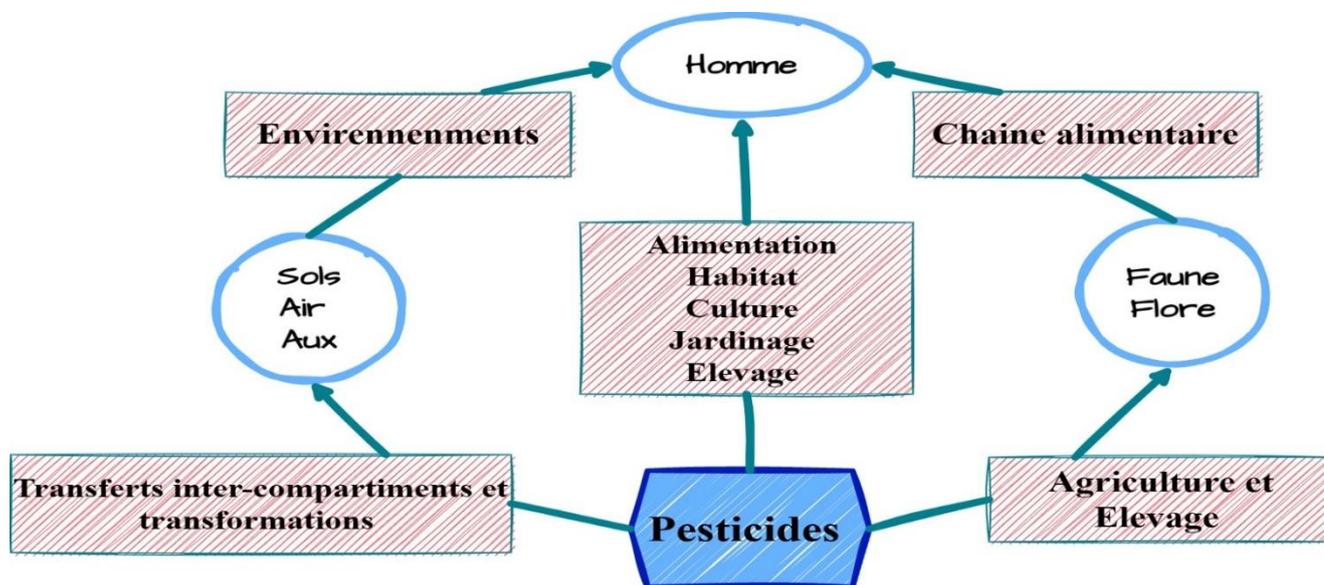


Figure 1: Modes d'exposition de l'homme aux Pesticides (cpp., 2002).

1.7.1. Exposition professionnelle :

L'exposition professionnelle concerne les personnes manipulant les produits, au Moment de la préparation, de l'application et du nettoyage des appareils de traitement. Les agriculteurs constituent une population particulièrement exposée qui forme un groupe sentinelle pour l'observation d'éventuels effets des pesticides. L'absorption des pesticides par la peau est révélée comme la voie d'exposition la plus significative en milieu agricole. Par ailleurs, bien que les équipements de protection individuelle (gants, masques, combinaisons) constituent les principales mesures de prévention mises en œuvre afin de réduire l'exposition des professionnels, une étude menée en France, a mis en évidence une insuffisance de l'efficacité de ces équipements. (Yahia, E., 2016).

1.7.2. Exposition non professionnelle :

L'exposition non professionnelle aux pesticides peut se produire par l'utilisation de pesticides dans les jardins domestiques, les parcs publics, les terrains de jeux et les terrains de sport.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Les enfants peuvent être particulièrement vulnérables en raison de leur comportement de jeu et de leur tendance à porter des objets à leur bouche. **(Lu, C., et Knutson, D. E., 2003).**

Les effets de l'exposition aux pesticides sur la santé humaine peuvent inclure des problèmes neurologiques, des problèmes respiratoires, des problèmes de fertilité et un risque accru de cancer. Les femmes enceintes peuvent également être exposées aux pesticides à travers l'alimentation et l'eau, ce qui peut avoir des effets négatifs sur la santé de leur enfant à naître. **(Bouchard, et al.,2011).**

Des mesures ont été mises en place pour réduire l'exposition non professionnelle aux pesticides, telles que la réglementation de l'utilisation de pesticides résidentiels et la promotion de méthodes alternatives de lutte antiparasitaire. Des études ont montré que ces mesures peuvent réduire l'exposition aux pesticides et améliorer la qualité de l'air intérieur. **(Curl, C. L et al.,2003).**

1.8. Pesticides en Algérie :

- L'utilisation des pesticides en Algérie est courante dans l'agriculture, avec environ 1500 tonnes de pesticides utilisées chaque année. Cependant, des problèmes liés à l'utilisation de pesticides ont été identifiés, notamment l'utilisation de pesticides interdits ou périmés qui peuvent entraîner des risques pour la santé humaine et l'environnement. **(Abderrahmani, K., Boulahdid, M., Bendou, N., & Aissani, A. 2020)**
- De plus, les pratiques agricoles durables et la gestion intégrée des parasites ne sont pas encore largement mises en œuvre en Algérie. Bien que le gouvernement algérien ait pris des mesures pour réglementer l'utilisation des pesticides, leur application effective reste un défi. Des études ont également montré des préoccupations concernant la contamination des eaux souterraines et la présence de résidus de pesticides dans les légumes. **(Water, Air, and Soil Pollution., 2019).**

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

- Il est donc important de sensibiliser les agriculteurs et le public aux risques liés à l'utilisation des pesticides et de mettre en place des mesures pour réduire leur impact sur la santé humaine et l'environnement. (Mebdoua S, *et al.*, 2017).

2. Classification des insecticides et choix des insecticides étudiés

2.1. Définition de l'insecticide :

L'insecticide est un produit chimique ou biologique utilisé pour lutter contre les insectes nuisibles. Selon l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) en France, un insecticide est une substance active ou une préparation destinée à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les insectes, à prévenir leur action nuisible ou à combattre leur propagation. Les insecticides peuvent être utilisés dans différents secteurs, tels que l'agriculture, la santé publique, la lutte antiparasitaire et la protection des cultures. Il est important de suivre les instructions de sécurité sur l'étiquette du produit et de manipuler les insecticides Avec précaution pour éviter les risques pour la santé humaine et l'environnement.

2.2. Différentes familles :

L'insecticides sont des substances chimiques utilisées pour tuer ou éloigner les insectes considérés comme nuisibles. Il existe plusieurs familles d'insecticides, chacune ayant un mode d'action et une efficacité spécifique. Les principales familles d'insecticides sont :

2.2.1. Organophosphorés :

L'insecticides organophosphorés sont des composés à base de phosphore qui inhibent l'activité de l'enzyme acétylcholinestérase dans le système nerveux des insectes. Exemples : Malathion, Chlorpyrifos. (Soltaninejad, K., Abdollahi, M., 2009)

2.2.2. Organochlorés :

Les organochlorés sont une classe de composés organiques qui ont été largement utilisés dans diverses applications industrielles, agricoles et domestiques.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Ils sont connus pour leur stabilité et leur résistance à la dégradation, mais des préoccupations ont été soulevées quant à leur impact sur l'environnement et la santé humaine.

Ces composés peuvent persister dans l'environnement et s'accumuler dans les organismes vivants, ce qui peut avoir des effets nocifs. Par exemple, des études ont montré que certains organochlorés, comme le DDT et les BPC, peuvent perturber les systèmes endocriniens, avoir des effets neurotoxiques et même contribuer au développement de certaines Maladies.

Les effets néfastes des organochlorés ont conduit à des réglementations et des interdictions sur leur utilisation dans de nombreux pays. **(OMS., 2019).**

2.2.3. Carbamates :

Les insecticides carbamates sont également des inhibiteurs de l'acétylcholinestérase, mais leur effet est généralement moins persistant que celui des organophosphorés. Exemples : Carbofuran, Propoxur. **(Jurewicz, J., Hanke, W.,2008).**

2.2.4. Pyréthriñoïdes :

Les pyréthriñoïdes sont des composés synthétiques dérivés des pyréthrines, qui sont des insecticides naturels extraits des fleurs de chrysanthèmes. Ils agissent en perturbant les canaux sodiques des membranes cellulaires des insectes, provoquant ainsi leur mort. Exemples : Deltaméthrine, Cyperméthrine. **(Bradberry, S.et al., 2005).**

2.2.5. Néonicotinoïdes :

Les néonicotinoïdes agissent en se liant aux récepteurs nicotiques de l'acétylcholine dans le système nerveux des insectes, provoquant ainsi leur mort. Exemples : Imidaclopride, Clothianidine. **(Goulson, D., 2013).**

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

2.2.6. Phénylpyrazoles :

Les phénylpyrazoles sont des insecticides qui agissent en bloquant les canaux chlorure des membranes cellulaires des insectes, provoquant une paralysie et une mort rapide. Exemples : Fipronil, Ethiprole. (Casida, J. E., Durkin, K. A., 2013).

2.2.7. Régulateur de croissance des insectes :

Les régulateurs de croissance sont une classe d'insecticides qui perturbent le développement normal des insectes en ciblant leur cycle de vie et leur reproduction.

Les inhibiteurs d'ecdysone, tels que le tébufénozide, le diflubenzuron et le méthoprène.

Les analogues de l'hormone juvénile, tels que le pyriproxifène et le méthoxyfénozide.

Les inhibiteurs de la chitine synthase, tels que le flufénacine et le lu fénuron.

Les analogues de la molécule d'action de l'hormone de croissance des insectes, tels que le diflubenzuron et le chlorfluazuron.

Les inhibiteurs de la synthèse des eicosanoïdes, tels que le fénoxycarbe et le téflubenzuron. (Ishaaya I, et al., 2014).

2.3. Insecticide étudié :

Dans notre travail, nous avons choisis un insecticide de la famille pyréthrinoïdes

2.3.1. Deltaméthrine :

La deltaméthrine est un insecticide appartenant à la famille des pyréthrinoïdes. Les pyréthrinoïdes sont les versions synthétiques des pyréthrines, des insecticides naturels extraits des fleurs de chrysanthème. La deltaméthrine est utilisée à l'extérieur sur les pelouses, les jardins ornementaux, les terrains de golf et à l'intérieur comme traitement localisé ou des fissures et crevasses. Dans sa forme la plus pure, la deltaméthrine est constituée de cristaux incolores ou blancs à beige clair qui n'ont pas

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

d'odeur. La deltaméthrine a été décrite pour la première fois en 1974 et est entrée sur le marché en 1978 (nipc., 2010).

2.3.1.1. Formule Chimique :

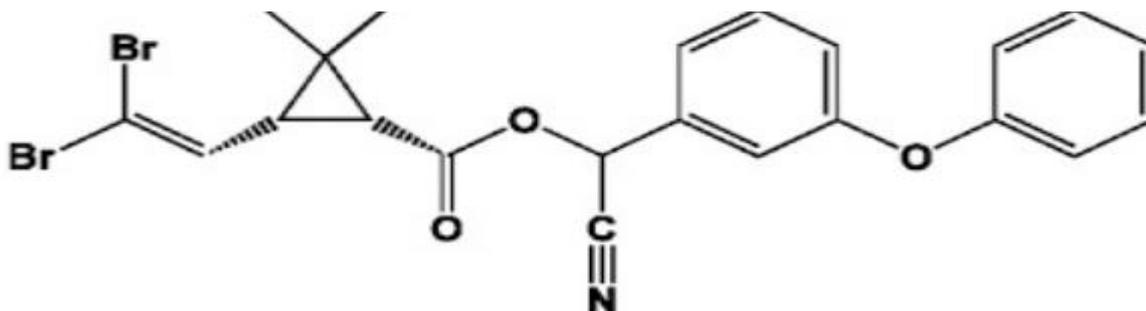


Figure 2: formule chimique de deltaméthrine (<https://www.inrs.fr/>,2007)

2.3.1.2. Structure moléculaire :

La deltaméthrine est un pyréthrianoïde synthétique, composé de deux stéréoisomères qui ont une activité insecticide différente. Elle appartient à la famille des Pyréthrianoïdes de type II, caractérisée par la présence de deux groupements acide alpha-cyano en position terminale de la chaîne carbonée. Elle est composée de deux énantiomères, le (1R,3R) -deltaméthrine et le (1S,3S) -deltaméthrine, qui ont des propriétés physico-chimiques similaires mais des activités biologiques différentes. (Tomlin, C.D.S., 2003).

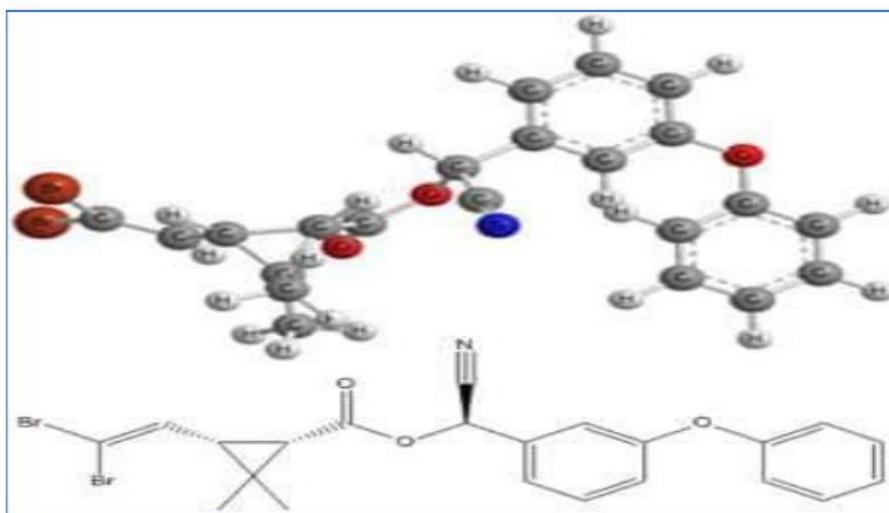


Figure 3: Structure moléculaire de deltaméthrine (<http://npic.orst.edu>)

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

2.3.1.3. Propriétés physico-chimiques :

La deltaméthrine est un solide cristallin blanc, insoluble dans l'eau et soluble dans les solvants organiques.

Tableau 1: propriété physico-chimique de la deltaméthrine (**Poorni Iyer et,al.,March., 2013**)

Aspect	Poudre cristalline blanche à légèrement beige (California Département of Pesticide Régulation, 2000)
Poids moléculaire	505,24
Formule moléculaire	C ₂₂ H ₁₉ Br ₂ NO ₃
Solubilité dans l'eau	La deltaméthrine est presque insoluble avec une solubilité de 0,002 mg/l à 20 °C
Solubilité dans d'autres solvants	Soluble dans l'acétone, le diméthylformamide, le dioxane, l'acétate d'éthyle et le toluène (California Department of Pesticide Regulation, 2000).
Coefficient de partage octanol-eau (log KOW)	6,1 (Centre national d'information sur les pesticides, 2012)
Point de fusion	98-101 degrés C
Point d'ébullition	Se décompose lors de la distillation
Pression de vapeur	1,5 à 2 x 10 ⁻⁸ mm Hg à 25 degrés C
Constante de la loi de Henry	5,0 x 10 ⁻⁵ à 1,2 x 10 ⁻⁴ atm·m ³ /mol à 25 °C, selon la technique utilisée (National Pesticide Information Center, 2012).

2.3.1.4. Utilisations de deltaméthrine :

La deltaméthrine est largement utilisée en agriculture pour lutter contre les Insectes nuisibles aux cultures, ainsi que dans la lutte contre les parasites des animaux domestique et dans la protection des bâtiments contre les insectes. (**EPA**)

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

La deltaméthrine intervient comme matière active (famille des pyréthriinoïdes pour la préparation d'insecticides à usages agricole, vétérinaire et ménager. En France, les cultures traitées à la deltaméthrine sont principalement :

Les céréales ; La vigne ; l'arboriculture ; Les cultures légumières ; La pomme de terre. **(The Royal Society of Chemistry., 1999).**

La deltaméthrine est utilisée pour lutter contre les moustiques adultes : la lutte adulticide qui est la plus largement pratiquée est conduite afin d'interrompre le cycle de développement des vecteurs des grandes endémies.

Les produits commerciaux peuvent se présenter sous les différentes formes suivantes :

Solutions.

Concentrés émulsionnables.

Poudres et poudres mouillables.

Granulés.

Suspensions concentrées. **(INRS)**

2.3.1.5. Toxicologie de deltaméthrine :

La deltaméthrine est un insecticide neurotoxique qui agit en bloquant les canaux ioniques du sodium dans les cellules nerveuses des insectes. Cependant, elle peut également affecter les mammifères, y compris les humains, En perturbant le fonctionnement du système nerveux (www.fao.org,**2017**).

2.3.1.5.1. Toxicocinétique :

La deltaméthrine est une molécule lipophile, peu soluble dans l'eau, qui peut être absorbée par les différentes voies d'exposition. Elle est éliminée dans les urines et les fèces sous forme de métabolites résultant de son hydrolyse et de son oxydation dans l'organisme.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

2.3.1.5.1.1. Absorption :

La deltaméthrine est rapidement absorbée par voie orale, cutanée et respiratoire chez les mammifères. Après une exposition orale, elle est rapidement absorbée dans le tractus gastro-intestinal et est distribuée dans tout l'organisme.

Elle peut également être absorbée à travers la peau et les muqueuses respiratoires. **(V. Stuper-Szablewska., 2005).**

2.3.1.5.1.2. Distribution :

La deltaméthrine est largement distribuée dans l'organisme, en particulier dans les tissus adipeux, le foie et les reins. Elle traverse la barrière hémato-encéphalique et peut donc affecter le système nerveux central. Elle est également distribuée dans le lait maternel chez les animaux qui allaitent. **(D.A. Ross et al.,2012).**

2.3.1.5.1.3. Métabolisme :

La deltaméthrine est principalement métabolisée par le foie en plusieurs métabolites, dont les principaux sont la 3-phénoxybenzoate, l'acide 3-(4'-hydroxyphénoxy) benzoïque et l'acide 3-(2',2'-dibromovinyl) -2,2-diméthylcyclopropanecarboxylique. Ces métabolites sont ensuite éliminés par voie rénale. **(H. Jinno et al., 2005)**

2.3.1.5.1.4. Élimination :

La deltaméthrine et ses métabolites sont principalement excrétés dans l'urine chez les mammifères. Une petite quantité peut également être excrétée dans les selles et le lait maternel. L'élimination de la deltaméthrine est relativement lente, avec une demi-vie d'élimination allant de quelques heures à quelques jours, en fonction de la dose et de la voie d'administration. **(K.C. Donnelly et al.,1987).**

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

2.3.1.5.2. Toxicodynamie :

La deltaméthrine est un insecticide de la famille des pyréthrinoïdes, qui est largement utilisé pour contrôler les insectes nuisibles dans l'agriculture, les maisons et les jardins. Elle agit en se liant aux canaux ioniques sodiques des membranes des neurones, ce qui provoque une dépolarisation prolongée des cellules nerveuses et finalement la mort des insectes cibles (**Kwok and Juurlink., 2006**). La deltaméthrine peut également affecter les canaux calciques et les récepteurs GABA dans le système nerveux central des animaux (**Tomizawa and Casida., 2005**).

Les pyréthrinoïdes, y compris la deltaméthrine, ont une affinité élevée pour les tissus adipeux, ce qui peut conduire à une accumulation dans les graisses corporelles et une libération lente dans le sang et les tissus cibles (**Bradberry et al., 2005**). La deltaméthrine peut avoir des effets toxiques sur les animaux non cibles tels que les mammifères, les poissons et les Oiseaux, qui peuvent être exposés par contact cutané, ingestion ou inhalation (**Garcia et al., 2012**). Les symptômes d'intoxication aiguë à la deltaméthrine chez les humains comprennent des maux de tête, des nausées, des vomissements, des tremblements et des convulsions (**Turgut et al., 2012**).

2.3.1.5.3. Toxicité :

Deltaméthrine est considérée comme ayant une toxicité modérée à élever pour les mammifères et est classée comme potentiellement cancérigène pour l'homme (**www.fao.org.,2017**).

2.3.1.5.3.1. Toxicité aiguë :

Exposition aiguë à la deltaméthrine peut provoquer des symptômes tels que des nausées, des vomissements, des douleurs abdominales, des tremblements, des convulsions, une insuffisance respiratoire et un coma (**Bradberry et al., 2005**). La plupart de ces symptômes sont liés à l'effet de la deltaméthrine sur le système nerveux central. Les convulsions peuvent être dues à une hyperexcitabilité neuronale causée par la deltaméthrine. L'insuffisance respiratoire peut survenir en raison d'une paralysie des

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

muscles respiratoires ou d'une altération de la fonction respiratoire liée à une stimulation excessive du système nerveux central.

2.3.1.5.3.2. Toxicité chronique :

La deltaméthrine peut également provoquer des effets indésirables à long terme chez les humains, tels que des troubles du système nerveux central, des troubles hormonaux et des cancers.

Les troubles du système nerveux central comprennent des symptômes tels que des maux de tête, des étourdissements, des tremblements, des troubles de la mémoire et de la concentration. Les troubles hormonaux peuvent inclure des altérations de la production de testostérone, de la thyroïde et d'autres hormones.

Les études épidémiologiques ont également associé l'exposition à la deltaméthrine à un risque accru de cancer du poumon, de leucémie et de lymphome. **(EPA., 2011).**

CHAPITRE II :
« Matériel et Méthodes »

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

Matériel et Méthodes :

Notre expérience a été menée conjointement au laboratoire de toxicologie de l'Université Larbi Tebessi et au laboratoire privé d'anatomie pathologique El Azhar.

I.1. Matériel :

I.1.1. Matériel biologique :

Le modèle biologique utilisé dans notre travail est l'escargot *Helix aspersa* appelé Petit-Gris, est un Mollusque Pulmoné, terrestre, hermaphrodite et herbivore vivant dans la région méditerranéenne et dans la région atlantique européenne (Figure 04). Certaines espèces d'escargots sont comestibles (Chevallier., 1977 ; Corbeil., 2009)

I.1.1.1. *Helix aspersa* :

Helix aspersa, également connu sous le nom d'escargot de Bourgogne, est une espèce d'escargot terrestre appartenant à la famille des Helicidae. Cette espèce est originaire d'Europe occidentale et centrale, mais elle a été introduite dans de nombreuses régions du monde pour l'élevage et la consommation alimentaire. (IUCN., 1774.)



Figure4: Escargot *Helix aspersa* (<https://www.shutterstock.com>)

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

Les escargots *Helix aspersa* sont des mollusques gastéropodes terrestres qui mesurent environ 3 à 4 centimètres de diamètre et 2 centimètres de hauteur. Ils ont une coquille globuleuse de couleur brun clair avec des rayures plus foncées, et leur corps est mou et visqueux. Ces escargots sont hermaphrodites, ce qui signifie qu'ils possèdent à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles. (IUCN., 1774).

Les escargots *Helix aspersa* se nourrissent principalement de végétaux tels que les feuilles, les tiges et les fruits. Ils sont également connus pour manger de la terre pour aider à la digestion. Ces escargots ont une durée de vie d'environ 2 à 3 ans. (Animal Diversity Web).

Helix aspersa est souvent élevé pour sa chair qui est utilisée en gastronomie. Les escargots sont élevés en captivité dans des conditions contrôlées pour assurer leur croissance et leur santé ils sont nourris avec des aliments spécifiques pour maintenir leur croissance et leur reproduction. (IUCN., 1774).

Les escargots *Helix aspersa* sont également étudiés pour leur potentiel médicinal. Des études ont montré que les sécrétions de leur glande digestive peuvent avoir des propriétés antibactériennes et antitumorales. (Animal Diversity Web)

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.1.1.2 Morphologie de *Helix aspersa* :

La morphologie de *Helix aspersa*, communément appelé escargot de jardin ou escargot brun, comprend plusieurs caractéristiques distinctives qui sont caractéristiques de l'espèce.

I.1.1.2.1. Coquille :

La coquille de *H. Aspersa* est héliciforme ou enroulée, avec un sommet arrondi ou une flèche, et une base aplatie. La coquille est généralement brune ou jaune, avec des bandes ou des rayures plus foncées, et mesure entre 30 et 45 mm de diamètre (Fretter et Graham., 1994).

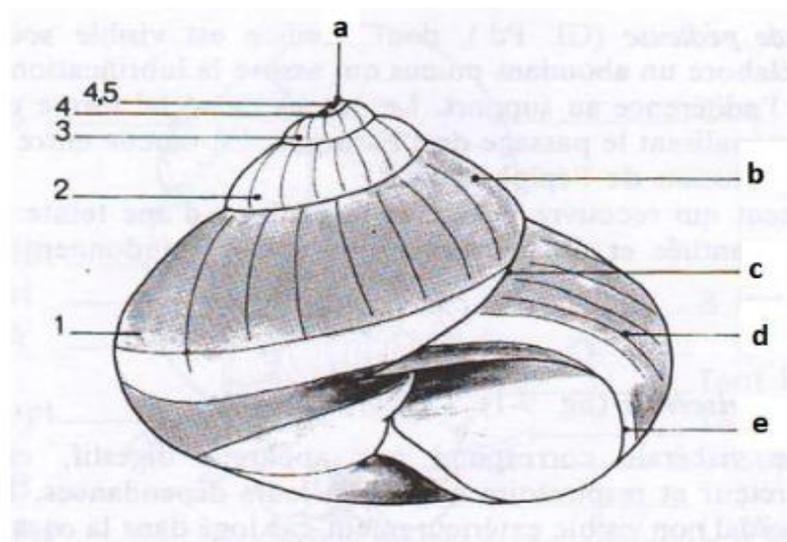


Figure 5: Coquille de l'escargot *Helix aspersa* (Beaumont A., Cassier P., 1970)

1, 2, 3, 4, 4.5: numéros des tours de la coquille adulte, a : sommet, b : bande pigmentaire, c : ligne de suture, d : strie d'accroissement, e : péristome

I.1.1.2.2 Pied :

Le pied de *H. Aspersa* est grand et musclé et sert d'organe principal de locomotion. Il est large et plat et est couvert d'un épithélium mince sécrétant du mucus qui facilite le mouvement et protège contre la dessiccation (Chase., 2002).

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.1.1.2.3. Tentacules :

Helix. Aspersa a deux paires de tentacules, situés sur la tête. Les paires supérieures sont plus longues et plus fines, et sont utilisées pour détecter la lumière et les odeurs. La paire inférieure est plus courte et plus épaisse et est utilisée pour la sensation tactile (Chase., 2002).

I.1.1.2.4. Radula :

La radula de *H. Aspersa* est une structure en forme de ruban située dans la bouche et est utilisée pour l'alimentation. Il se compose de rangées de petites dents chitineuses qui sont utilisées pour gratter et déchirer la nourriture (Korniushin et Korniushina., 2006).

I.1.1.3. Anatomie de *Helix aspersa* :

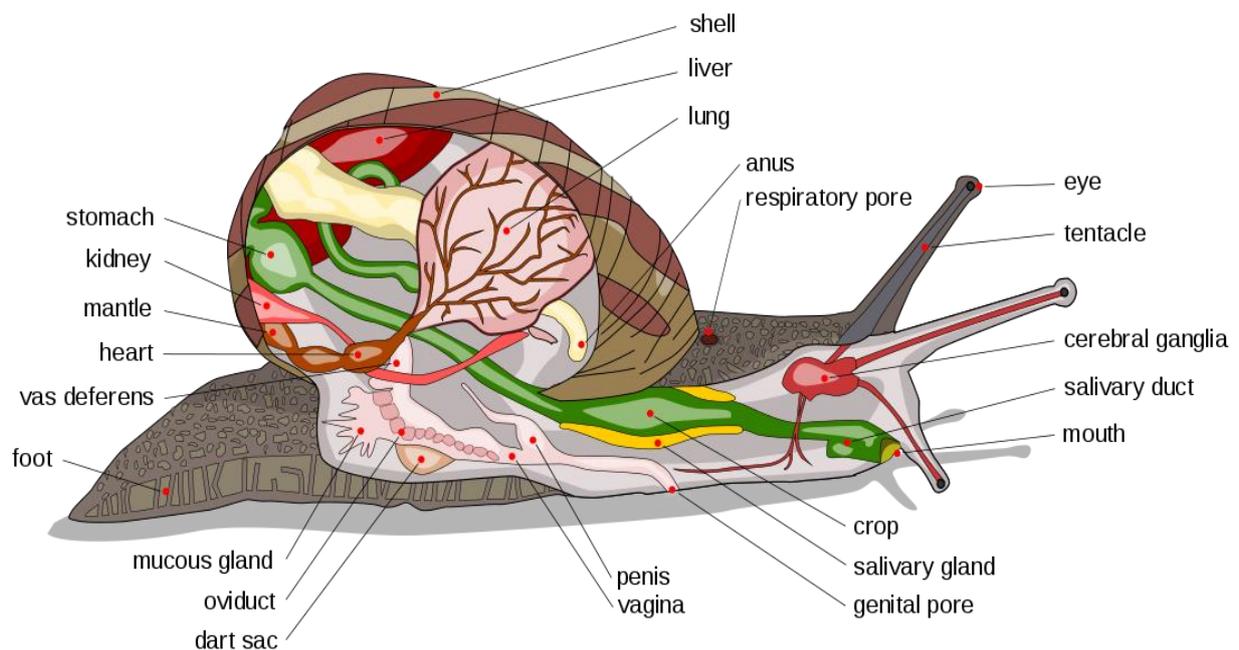


Figure 6: anatomie de l'escargot *helix aspersa* (Meyer C., ed. Sc., 2023)

I.1.1.3.1. Tête :

La tête de *Helix aspersa* contient les organes sensoriels, tels que les yeux, les tentacules et la bouche. Les yeux de l'escargot sont situés sur les tentacules supérieurs

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

et inférieurs et sont capables de détecter la lumière et les mouvements. Les tentacules sont également utilisés pour détecter les odeurs et les saveurs. La bouche contient une langue râpeuse appelée radula qui est utilisée pour racler les aliments. (**Chase, R., 2002**).

I.1.1.3.2. Système digestif :

Le système digestif de *Helix aspersa* est composé de plusieurs organes, y compris le pharynx, l'œsophage, l'estomac, l'intestin et l'anus. Les escargots sont herbivores et se nourrissent principalement de feuilles, de tiges et de fruits. Ils sont également connus pour manger de la terre pour aider à la digestion. (**Himmelweit, F., 1968**).

I.1.1.3.3. Système circulatoire :

Le système circulatoire de *Helix aspersa* est ouvert, ce qui signifie que le sang est pompé par un cœur dans des vaisseaux sanguins qui se mélangent avec les fluides corporels. Le sang contient des pigments respiratoires qui aident à transporter l'oxygène dans tout le corps. (**Saleuddin A. S. M., 2005**).

I.1.1.3.4. Système reproducteur :

Les escargots *Helix aspersa* sont hermaphrodites, ce qui signifie qu'ils possèdent à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles. Les organes reproducteurs mâles sont situés près de la tête, tandis que les organes reproducteurs femelles sont situés près de l'ouverture de la coquille. Les escargots s'accouplent en échangeant du sperme et en fécondant les œufs. (**Stevens, P. M., 1974**).

I.1.1.4. Rythme d'activité :

Les escargots *Helix aspersa* sont connus pour leur comportement nocturne, qui est influencé par divers facteurs environnementaux. Selon une étude de (**Gittenberger., 1991**), ces escargots sont plus actifs la nuit et peuvent se replier dans leurs coquilles le jour pour conserver l'humidité et éviter les prédateurs. L'étude a également révélé que les escargots exposés à des conditions de lumière ou d'obscurité continues présentaient

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

des schémas d'activité modifiés, suggérant que la lumière est un indice important pour réguler leur comportement.

Une autre étude de (**Kokko et Kaitala., 1997**) a étudié les effets de la température et de l'humidité sur les rythmes d'activité des escargots *Helix aspersa*. Ils ont constaté que les escargots exposés à des températures élevées et à une faible humidité étaient moins actifs, tandis que ceux qui vivaient dans des environnements plus froids et humides étaient plus actifs. L'étude a également noté que les escargots peuvent devenir moins actifs pendant les périodes de faible disponibilité alimentaire.

I.1.1.5. Mode de déplacement :

Helix aspersa, se déplace principalement en rampant sur une surface. Pour se déplacer, elle utilise des contractions musculaires dans son pied musclé, ce qui lui permet de créer une pression sur le substrat pour avancer. Les contractions musculaires sont coordonnées par le système nerveux de l'escargot. En plus de ramper, *Helix aspersa* est également capable de se déplacer en se suspendant à une surface verticale ou en descendant d'une surface sur laquelle elle est suspendue. (**Chase., 2002**)

L'escargot de jardin est également connu pour produire du mucus, qui agit comme un lubrifiant et facilite son déplacement sur une surface. Le mucus contient également des phéromones qui peuvent aider *Helix aspersa* à trouver un partenaire sexuel ou à se diriger vers de la nourriture. (**Chase., 2002**).

Une étude publiée dans la revue "Journal of Experimental Biology" en 2000 a examiné les mouvements de *Helix aspersa* à l'aide de caméras vidéo haute vitesse.

Les chercheurs ont constaté que l'escargot se déplaçait à une vitesse moyenne de 0,6 centimètres par seconde et que son mouvement était principalement dû aux contractions musculaires de son pied. (**Adam C.et al.,2000**)

I.1.1.6. Mode de vie :

Helix aspersa, également connue sous le nom d'escargot de jardin commun, est une espèce d'escargot terrestre qui est originaire d'Europe occidentale. Elle est souvent élevée comme escargot comestible dans de nombreuses parties du monde.

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.1.1.6.1. Habitat et répartition géographique :

Helix aspersa est une espèce qui se trouve principalement dans les zones tempérées d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Asie de l'Ouest. Ils vivent dans les zones humides et les forêts, mais ils peuvent également être trouvés dans les jardins et les parcs. (R. F. Cowie., 1999).

I.1.1.6.2. Régime alimentaire :

Les escargots de jardin se nourrissent principalement de végétaux, tels que les feuilles, les tiges et les fleurs. Ils ont une préférence pour les légumes verts et les plantes à haute teneur en calcium. (T. L. Slavens., 1996)

I.1.1.6.3. Reproduction :

Les escargots de jardin sont hermaphrodites, ce qui signifie qu'ils ont des organes mâles et femelles. Ils se reproduisent en s'accouplant et pondant des œufs. Les œufs sont déposés dans un petit trou creusé dans le sol. (E. V. Voronezhskaya et al., 2003).



Figure 7: Escargot *Helix aspersa* pondent dans le sol pendant la nuit

(<https://www.alamyimages.fr/>)

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.1.1.6.4. Activité et comportement :

Les escargots de jardin sont plus actifs la nuit et les jours de pluie. Pendant la journée, ils se cachent dans des endroits sombres et humides, comme sous les feuilles ou les pierres. Ils sont capables de se déplacer lentement grâce à leur pied musculaire. (J. G. Walls., 1985).

I.1.1.7. Croissance :

Le taux de croissance des escargots *Helix aspersa* peut varier en fonction de divers facteurs tels que la température, l'humidité, l'alimentation et la génétique. Cependant, en moyenne, ces escargots peuvent atteindre la maturité vers l'âge de 6 à 12 mois. (Slavens, T. L., 1996).

Au cours de leur phase de croissance initiale, qui dure environ 6 mois, les escargots *Helix aspersa* peuvent atteindre 1 à 1,5 cm par mois, mais les taux de croissance peuvent ralentir à mesure que les escargots arrivent à maturité. En général, les escargots *Helix aspersa* adultes peuvent atteindre une taille maximale d'environ 2,5 à 4 cm. (Cowie, R. F., 1999).

Plusieurs facteurs peuvent influencer le taux de croissance des escargots *Helix aspersa*. Par exemple, une étude publiée dans la revue "Comparative Biochemistry and Physiology" a constaté que les escargots *Helix aspersa* qui ont été nourris un régime riche en protéines a augmenté plus rapidement que ceux qui suivent un régime pauvre en protéines.

L'étude a également révélé que le taux de croissance des escargots augmentait avec l'augmentation de la température jusqu'à un certain point, au-delà de laquelle le taux de croissance diminuait. (Gómez-Consarnau, Let al.,2006).

Une autre étude publiée dans la revue "Aquaculture Research" a constaté que *Helix aspersa* escargots qui ont reçu un régime alimentaire enrichi de calcium a grandi plus rapidement et a une meilleure qualité de coquille que ceux qui suivent un régime régulier. (Manafi, M. et Takami, G. A., 2014)

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES



Figure 8: Croissance de *helix aspersa*
(<https://www.shutterstock.com/fr->)

I.1.1.8. Longévité :

L'escargots *Helix aspersa* vivent généralement entre deux et cinq ans à l'état sauvage. En captivité, ils peuvent vivre jusqu'à dix ans avec des soins appropriés. Leur durée de vie dépend également de leur environnement et de la disponibilité de leur nourriture, ainsi que des prédateurs qui pourraient les manger. (Mahedi Hasan.,2023).

Plusieurs facteurs peuvent affecter la longévité des escargots *Helix aspersa*, notamment leur alimentation, leur environnement et leur génétique. Une alimentation équilibrée est importante pour leur santé et leur longévité, avec une variété de fruits et légumes, des aliments riches en calcium et des sources de protéines. De plus, leur environnement doit être adéquat, avec une humidité et des températures appropriées pour favoriser leur bien-être et leur prospérité (JM EKWEALOR).

Des études ont révélé que la durée de vie des escargots *Helix aspersa* peut varier selon les conditions environnementales. Par exemple, une étude publiée dans le Journal of Zoology a révélé que la durée de vie moyenne des escargots *Helix aspersa* en

Laboratoire était d'environ 2,5 ans, mais que la durée de vie pouvait être prolongée si les conditions environnementales étaient améliorées. (Jordaens k).

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.1.1.9. Estivation et hibernation :

L'estivation est un état de dormance caractérisé par une réduction importante de l'activité métabolique, de la consommation d'oxygène et de la perte d'eau. Elle se produit généralement en réponse à une période de chaleur et de sécheresse. Les escargots *Helix aspersa* peuvent se retirer dans leur coquille et produire une membrane épaisse et résistante appelée opercule, qui aide à préserver l'humidité corporelle et à réduire la perte d'eau par évaporation. (Ansart, A., Vernon, P., & Daguzan, J. (2001).



Figure 9: Estivation d'escargot Helix aspersa
([www.alamyimages.fr.](http://www.alamyimages.fr))

L'hibernation est un état de dormance similaire à l'estivation, mais qui se produit en réponse à des températures froides et des conditions météorologiques défavorables.

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

Pendant l'hibernation, les escargots *Helix aspersa* peuvent se retirer dans leur coquille et réduire leur métabolisme, leur consommation d'oxygène et leur activité. (Ansart, A., Vernon, P., & Daguzan, J. 2002).



Figure 10: Hibernation des escargots *Helix aspersa*
(www.gireaud.net)

Il est important de noter que les escargots *Helix aspersa* peuvent entrer en estivation ou en hibernation naturellement, mais ils peuvent également être induits à le faire en laboratoire pour des études scientifiques. (Ansart, A., Vernon, P., & Daguzan, J. 2002).

I.1.2. Matériel chimique :

I.1.2.1. Delta-cal :

Delta-cal est en effet un insecticide de la famille des pyréthrinoïdes. Cette famille d'insecticides est dérivée des pyréthrines, des composés naturels extraits de certaines variétés de chrysanthèmes. Les pyréthrinoïdes sont utilisés pour leur efficacité contre les insectes et leur faible toxicité pour les mammifères. Ils agissent en perturbant le système nerveux des insectes, provoquant la paralysie et la mort. Le delta-cal est un pyréthrinoïde synthétique qui a une structure chimique similaire à celle des pyréthrines naturelles, mais qui est plus stable et persiste plus longtemps dans l'environnement. (Bayer Environmental Science., 2020) .

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.1.2.2.1. Propriété physico-chimique :

Le Delta-cal Deltaméthrine EC 2,5 est une formulation commerciale d'insecticide contenant 2,5 % de deltaméthrine en poids. Ses propriétés physico-chimiques :

- Forme : liquide bleu pale
- Odeur: légèrement aromatique
- Point de fusion: $-12,5^{\circ}\text{C}$
- Point d'ébullition : 300°C à 760 mmhg
- Densité: $1,05 \text{ g/cm}^3$ à 20°C
- Solubilité : soluble dans les solvants organiques tels que l'éthanol, l'acétone, le toluène, le dichlorométhane, le chloroforme, l'hexane et le méthanol. Elle est peu soluble dans l'eau ($0,0026 \text{ mg/L}$ à 25°C).
- Coefficient de partage octanol/eau ($\log K_{ow}$) : 6,01 à 25°C (SDS.,2022).

I.2. Méthodes :

I.2.1. Condition d'élevage :

Les escargots utilisés dans notre expérimentation sont des adultes leurs poids moyen est de $(7.96 \pm 0.07\text{g})$, collectés dans une région considérée comme peu/pas polluée. Quinze jours avant le début du traitement, les escargots sont répartis dans des boîtes en plastique transparentes avec couvercle perforé, l'humidité est maintenue à un niveau élevé à l'aide d'une éponge mouillée, Les escargots sont élevés dans des



Figure 13: Elevage des escargots dans laboratoire

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

conditions d'environnement suivantes : photopériode de 18h de lumière/24h, température 20°C et 80-90% d'humidité. L'alimentation (feuilles de laitue fraîche) est fournie dans les boîtes. Les boîtes sont nettoyées régulièrement jour après jour.

I.2.2. Mode de traitement :

Nous avons retenu trois doses d'insecticide deltaméthrine delta cal dans l'alimentation et un milieu témoin. Les escargots sont répartis en 4 lots de 4 escargots pour chaque traitement. La période du traitement est : 37 jours (5 semaines). Les différentes doses de deltaméthrines sont ajoutées à la nourriture par pulvérisation. Dans tous les cas, la nourriture apportée est renouvelée, qu'elle soit contaminée ou non, jour par jour au moment du nettoyage des boîtes. Ce nettoyage est fait, autant que possible, à heure fixe.

Il comprend un lavage des parois des boîtes à l'eau distillée, un changement de l'éponge absorbante au fond des boîtes ou un ramassage des fèces des escargots déposés sur l'alimentation. Ensuite, l'ensemble des boîtes sont humidifiés à l'eau distillée.

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

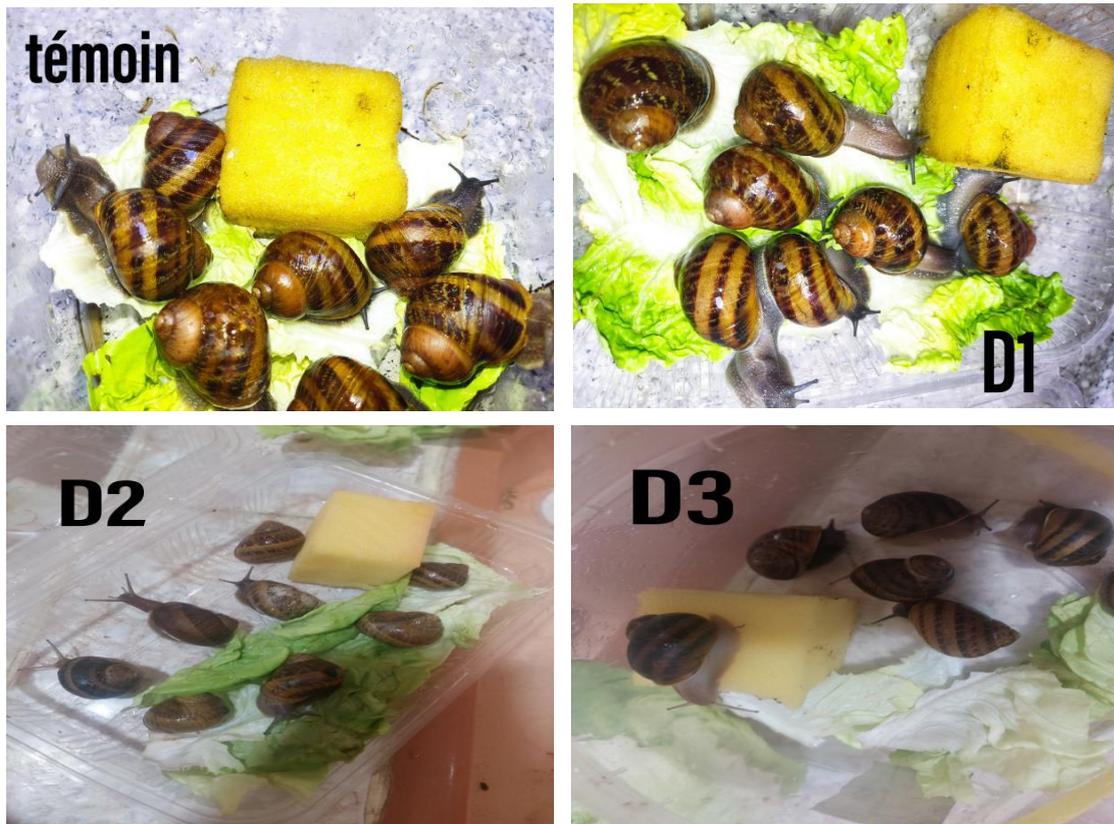


Figure 14: Méthode de contamination des escargots par la deltaméthrine

Tableau 2: Concentration de deltaméthrine delta cal dans les différents lots

Les lots	Nombres des escargots	Concentration de l'insectides Deltaméthrine
Témoin	04	0
Dose 1	04	0,25 ml/l
Dose 2	04	0,5ml /l
Dose 3	04	0,75 ml/l

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.2.3. Dissection et prélèvement de l'hépatopancréas :

A la fin de la 5^{ème} semaine de traitement, les escargots mis à jeun pendant 48 heures pour vider le tube digestif avant de procéder à sa dissection, car cela permet d'obtenir une vue plus claire et précise des organes internes de l'escargot. Le tube digestif de l'escargot est souvent rempli de matières fécales, de restes alimentaires et d'autres débris qui peuvent gêner la vue et compliquer l'identification des organes. En suite mettez les escargots au congélateur une nuit a - 20°C.



Figure 15: Dissection des escargots *Helix aspersa* et prélèvement de l'hépatopancréas

Les escargots sont décoquillés, après la dissection l'hépatopancréas est prélevé, pesé et conservé pour l'analyse biochimique et histologique.

I.2.4. Analyse biochimique :

Les paramètres biochimiques mesurés dans cette étude sont les teneurs en métabolites (protéines totales, lipides totaux et glucides totaux).

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.2.4.1. Extraction des métabolites.

Après avoir procédé à la dissection, les différents métabolites (glucides totaux, protéines totales et lipides totaux) ont été extraits selon la méthode décrite par Schibko et al. (1966) à partir d'un fragment de 100 mg de l'hépatopancréas conservé dans 1 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 20 %. Le fragment a été broyé en suivant les principales étapes décrites dans la figure. Après une première centrifugation à 5000 tours/mn à 4°C pendant 10 minutes. Le surnageant I obtenu sert au dosage des glucides totaux selon la méthode de Duchateau et florkin (1959), Le culot I a été mélangé avec 1 ml du mélange éther/chloroforme (1V/1V) et soumis à une seconde centrifugation à 5000 tours/mn pendant 10 minutes. Cette étape a permis d'obtenir le surnageant II et le culot II. Le surnageant II a été utilisé pour doser les lipides totaux selon la méthode de Goldsworthy et al. (1972), tandis que le culot II a été utilisé pour doser les protéines selon la méthode de Bradford (1976). Les dosages ont été effectués sur des fractions aliquotes de 100 µl et les taux de chaque métabolite ont été quantifiés à l'aide des équations des droites de régression établies à partir des courbes de référence.

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

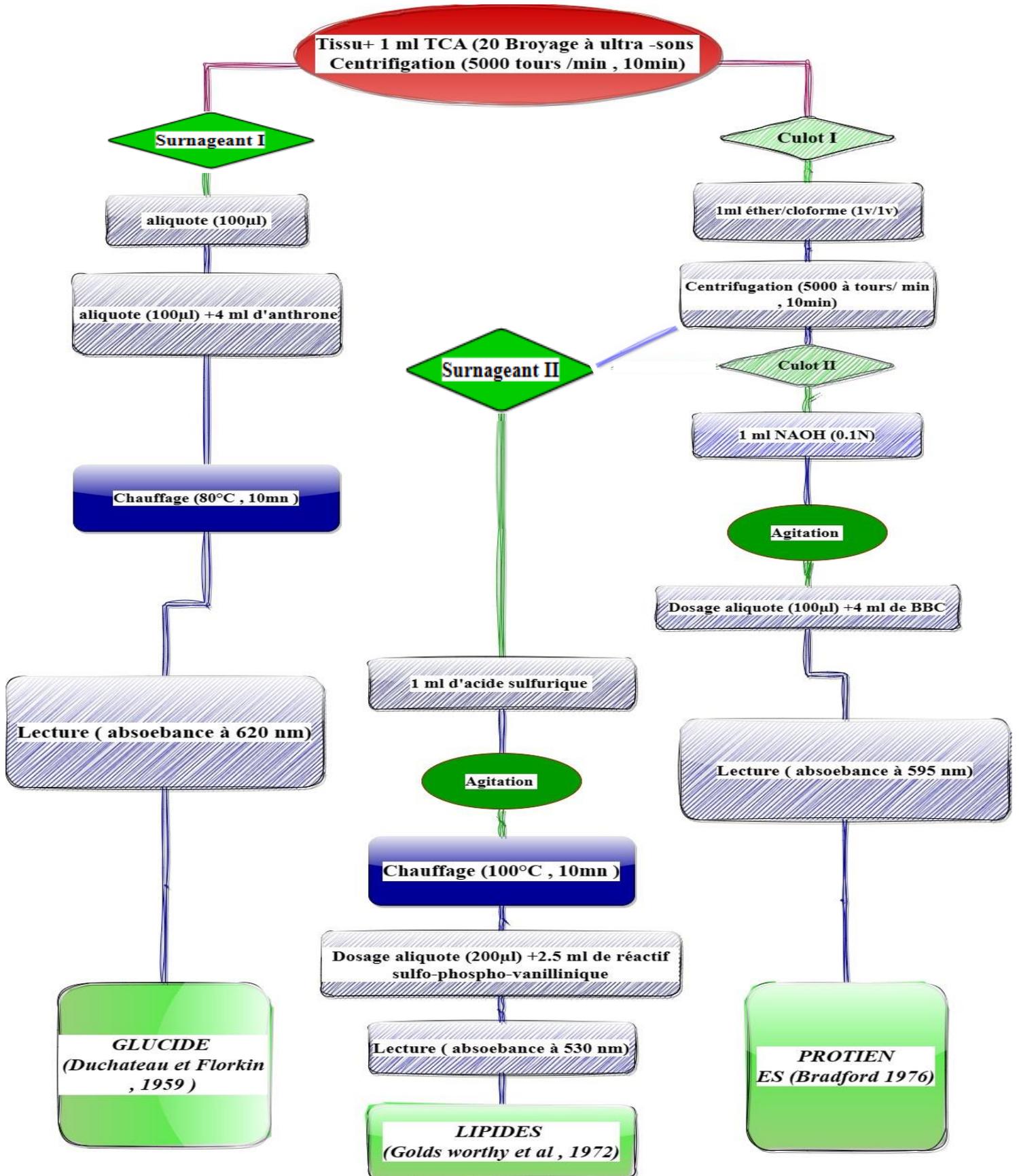


Figure 16: Protocol d'extraction et des dosages des métabolites (Shibko *et al.*, 1966)

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.2.4.2. Dosage des protéines totales

La teneur en protéines totales a été quantifiée selon la méthode de Bradford (1976) qui utilise le bleu brillant de Coomassie (BBC) comme réactif (100mg de BBC+50ml d'éthanol, agitation pendant deux heures + 100ml d'acide orthophosphorique et compléter à 1L avec de l'eau distillée) et l'albumine de sérum de bœuf (BSA) comme standard. Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorants en bleu, la gamme d'étalonnage a été réalisé à partir d'une solution mère de BSA. La lecture des absorbances est réalisée à une longueur d'onde de 595 nm.

Tableau 3: Dosage des protéines : réalisation de gamme d'étalonnage

Tubes	01	02	03	04	05	06
B S A (μ l)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (μ l)	100	80	60	40	20	0
BBC (ml)	4	4	4	4	4	4

I.2.4.3. Dosage des glucides totaux :

Le dosage des glucides totaux de de l'hépatopancréas est réalisé selon Duchateau et Florkin (1959). Cette méthode utilise l'antrone comme réactif (150 mg d'antrone. 75 ml d'acide sulfurique et 25 ml d'eau distillée) et une solution mère de glucose (1g/L) Après l'addition du réactif, un chauffage au bain marie à 80° pendant 10 mn permet l'obtention d'une coloration verte. Le dosage des glucides a été effectué dans une fraction aliquote (100 μ l). La lecture des absorbances est réalisée à 620 nm.

Tableau 4: Dosage des glucides : réalisation de la gamme d'étalonnage

Tubes	1	2	3	4	5	6
Eau distillée (μ l)	0	20	40	60	80	100
Glucose (μ l)	100	80	60	40	20	100
Anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.2.4.4. Dosage des lipides totaux :

Le dosage des lipides de la glande digestive est effectué selon la méthode de Goldsworthy et al. (1972) utilisant la vanilline comme réactif (0.38 g vanilline, 55 ml eau distillée et 195 ml d'acide orthophosphorique à 85%) et une solution mère de lipides. Les absorbances sont obtenues, après 30 mn d'obscurité, à une longueur d'onde de 530 nm.

Tableau 5: Dosage des lipides : réalisation de gamme d'étalonnage

Tubes	1	2	3	4	5	6
Ether/chloroform (μ l)	100	80	60	40	20	0
Solution mère (μ l)	0	20	40	60	80	100
Réactif vanilline (ml)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

I.2.5. Analyse histologique :

I.2.5.1. Fixation

Les échantillons sont fixés pour préserver leur structure et empêcher la dégradation des tissus. Différentes méthodes de fixation peuvent être utilisées, telles que la fixation par immersion ou la fixation par perfusion. Les échantillons sont généralement placés (**Carson, F. L., et Hladik, C., 2009**).

Au formol, de durée 48 Heures ; les prélèvements étiquetés et mis dans des cassettes perforées.

I.2.5.2. Déshydratation :

Les échantillons sont déshydratés en les plaçant dans une série de solutions alcooliques de concentrations croissantes. Cela élimine l'eau des tissus et les prépare pour l'inclusion ultérieure dans un matériau solide. (**Bancroft, J. D., et Gamble, M., 2008**).

I.2.5.3. Inclusion :

Les échantillons sont inclus dans un matériau de support solide, généralement de la paraffine ou de la résine, pour faciliter la coupe des sections minces.

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

Les échantillons sont immergés dans le matériau fondu, qui se solidifie en refroidissant.

(Suvarna, S. K., Layton, C., et Bancroft, J. D., 2013).

I.2.5.4. Coupe :

Les échantillons inclus sont coupés en sections minces à l'aide d'un microtome.

Les sections sont généralement d'une épaisseur de quelques micromètres. (Kiernan, J.

A.,2008).



Figure 17: Machine des coupes histologique

I.2.5.5. Montage :

Les sections sont récupérées sur des lames de microscope et placées dans un bain d'eau tiède pour aplanir les plis éventuels. Ensuite, les sections sont montées sur les lames et laissées sécher à l'air. (Bancroft, J. D, et Gamble, M., 2008)

I.2.5.6. Coloration,

Passages dans des bains successifs de xylène, pour dissoudre la paraffine puis déshydraté et réhydraté colorer les noyaux par l'Hématoxyline, et le cytoplasme ou les fibres interstitielles par l'éosine. Une nouvelle déshydratation effectuée puis une nouvelle clarification par le xylène avant la pose d'une fine lamelle de verre sur la préparation, à l'aide de la résine

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES



Figure 18: Coloration des coupes histologique

I.2.5.7. Observation :

Les lames sont ensuite observées au microscope, généralement à l'aide d'un microscope optique, pour examiner les structures tissulaires et les modifications éventuelles. **(Kiernan, J. A.,(2008).**

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

I.2.6. Traitement statistique des résultats :

L'analyse statistique des données est effectuée par le test T de student qui sert à comparer les moyennes entre deux échantillons grâce à un logiciel MINITAB version 17.

Chapitre III : Résultats et Discussion

CHAPITRE III : **« Résultats et Discussion »**

Chapitre III : Résultats et Discussion

I. Résultats :

I.1. Effets de deltaméthrine (deltacal) sur la composition biochimique de l'hépatopancréas :

I.1.1. Effets de deltaméthrine (deltacal) sur le taux des protéines totaux :

L'équation de la droite de régression a été déterminée comme suit :

$$Y = 0.003579X + 0.03093$$

Avec un coefficient de détermination : R carré = 92.5 %

Tableau 6: Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage

Quantité de BSA(μ l)	0	20	40	60	80	100
Absorbance	0	0.1139	0.1829	0.2883	0.3147	0.3595

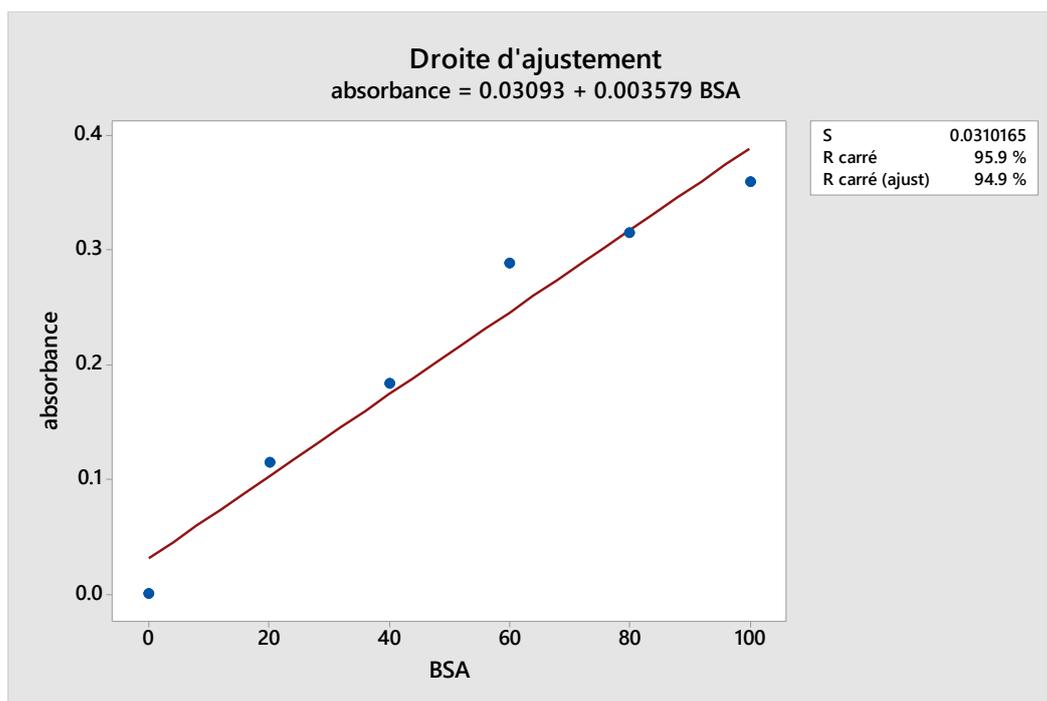


Figure 19: Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité l'albumine (μ l) (R carré coefficient de détermination

Chapitre III : Résultats et Discussion

I.1.1.1. Evaluation du taux des protéines hépatopancréatiques des escargots *Helix aspersa* témoins et traités par la deltaméthrine (deltacal) :

D'après la figure 20 nous remarquons que le traitement des escargots avec la deltaméthrine entraîne une diminution du taux de protéines totales chez les escargots traités par rapport aux témoins.

Par exemple, chez les escargots traités avec la Concentration la plus élevée (dose 3), le taux de protéines ne dépasse pas 0,135 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu analysé, tandis que chez les témoins, il est d'environ 0,255 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu. L'analyse statistique révèle une augmentation non significative ($p>0,05$) chez les escargots traités par la dose 1 par rapport aux témoins, tandis que le taux des protéines tend à diminuer de façon significative ($p<0,05$) chez les traités par la 2 dose est très hautement significative ($p<0,001$) chez les traités par la 3 doses de deltaméthrine par rapport aux escargots témoins.

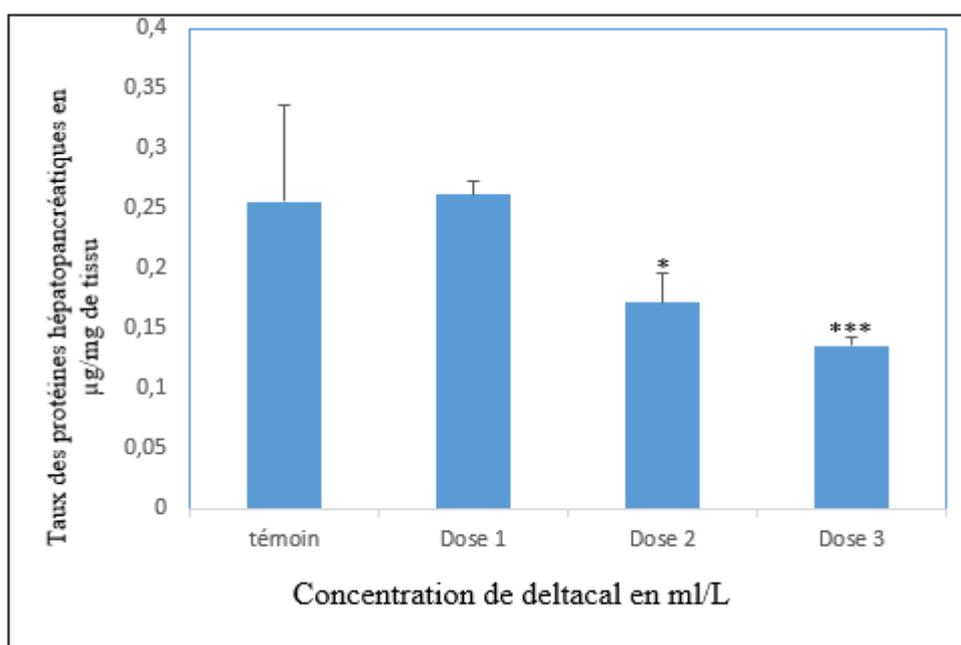


Figure 20: Variation du taux des protéines totales au niveau de l'hépatopancréas des escargot *Helix aspersa* après 5 semaines d'exposition à la deltaméthrine administré par ingestion ($m \pm s, n=3$). *pour ($p<0.05$), *** pour ($p<0.001$)

Chapitre III : Résultats et Discussion

I.1.2. Effet de deltaméthrine (deltacal) sur les taux des glucides totaux :

L'équation de la droite de régression a été déterminée comme suit :

$$Y = 0.003964 X + 0.05762$$

Avec un coefficient de détermination : R carré = 92.5 %

Tableau 7: Dosage des glucides : réalisation de la gamme d'étalonnage

Quantité de glucose (µl)	0	20	40	60	80	100
Absorbance (DO)	0	0.183	0.222	0.343	0.366	0.421

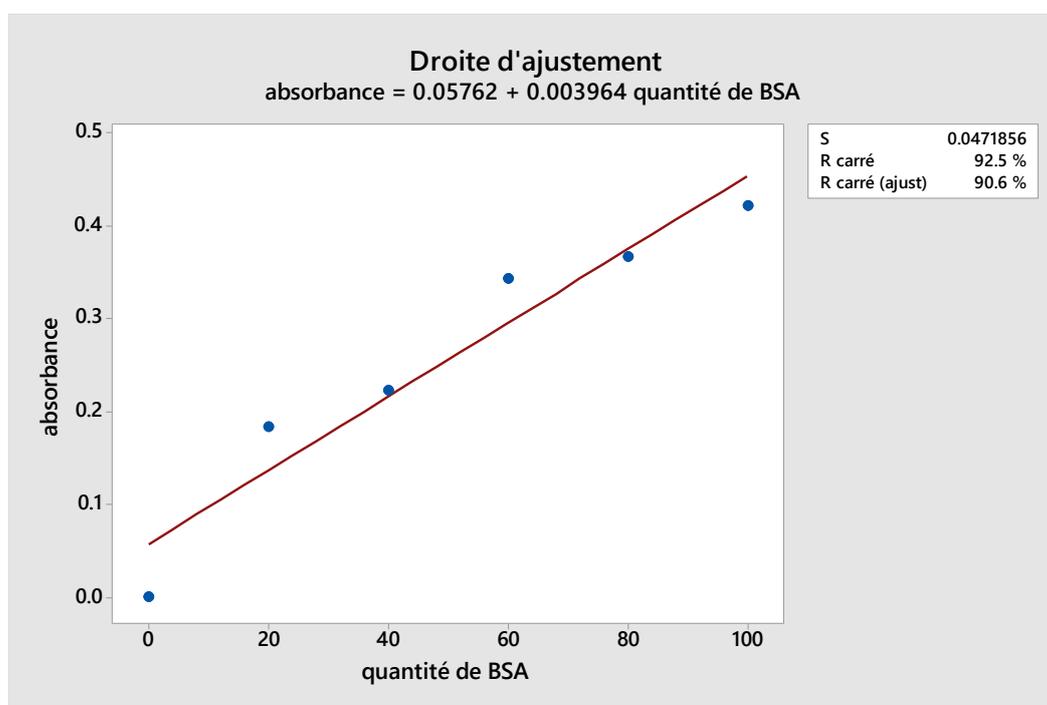


Figure 21: Dosage des glucides : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de glucose (µl) (R carré coefficient de détermination)

Chapitre III : Résultats et Discussion

I.1.2.1. Evaluation du taux des glucides hépatopancréatiques des escargots *Helix aspersa* témoins et traités par la deltaméthrine (deltacal) :

D'après les données présentées dans la **figure 22**, nous constatons que chez les escargots témoins la concentration des glucides dans l'hépatopancréas atteint la valeur de 5,61 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu mais cette valeur tend à diminuer chez les traités par la dose 2 et la dose 3 varient respectivement de 0,55 à 0,59 $\mu\text{g}/\text{mg}$.

L'analyse statistique révèle une variation non significative ($p > 0,05$) dans le lot traité avec la dose 1 par rapport au lot témoin, et une diminution très hautement significative ($p = 0,001$) est observée dans les groupes traités avec les doses 2 et 3 par rapport au groupe témoin.

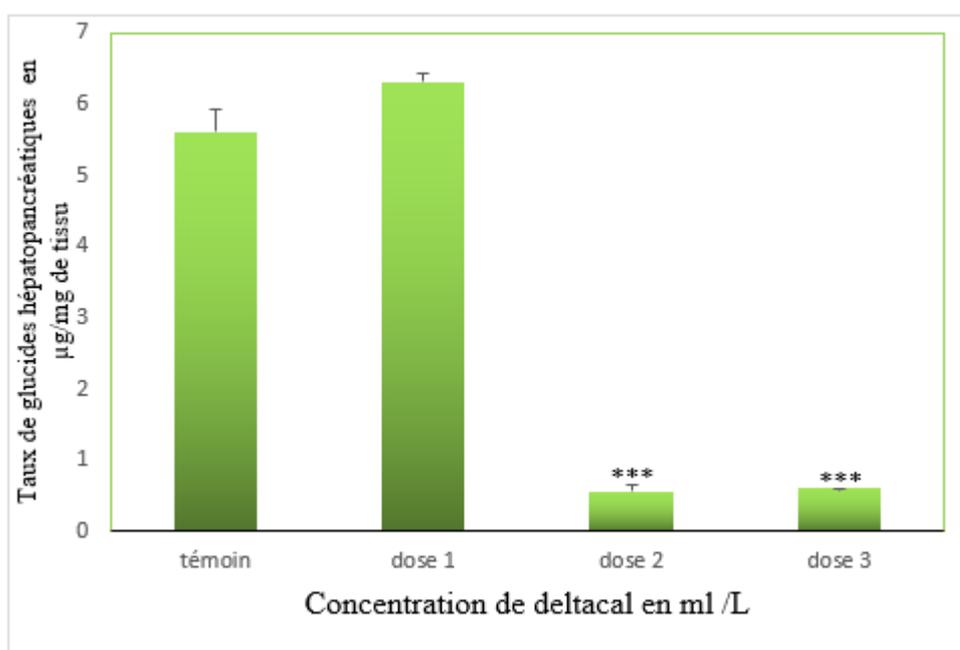


Figure 22: Variation du taux des glucides totaux au niveau de l'hépatopancréas des escargots *Helix aspersa* après 5 semaines d'exposition à la deltaméthrine administrée par ingestion ($m \pm s, n=3$). pour *** ($p=0.001$)

Chapitre III : Résultats et Discussion

I.1.3. Effet de DELTACAL sur le taux des lipides totaux :

L'équation de la droite de régression a été déterminée comme suit :

$$Y = 0.02388 x + 0.3537.$$

Avec un coefficient de détermination : R carré = 91.1 %

Tableau 8: Dosage des lipides : réalisation de gamme d'étalonnage

Solution mère (µl)	0	20	40	60	80	100
Absorbance (DO)	0	0.950	1.706	1.956	2.027	2.647

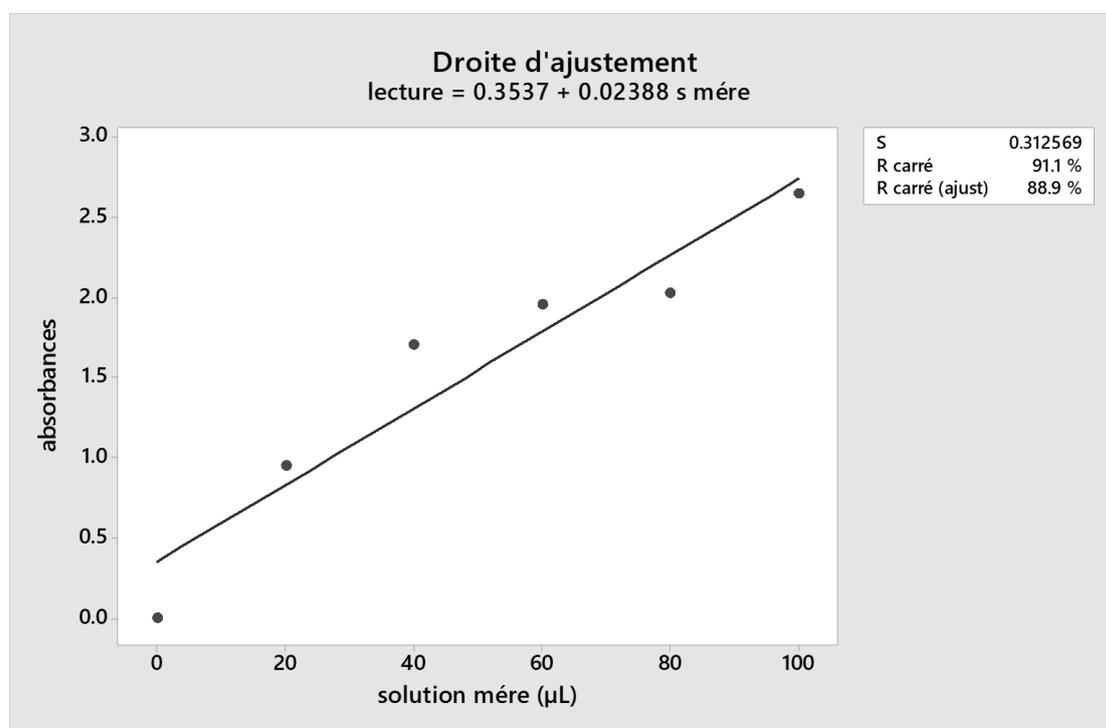


Figure 23: Dosages des lipides gamme d'étalonnage : droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de solution mère (µl) (R carré coefficient de détermination)

Chapitre III : Résultats et Discussion

I.1.3.1. Evaluation du taux des lipides hépatopancréatiques des escargots *Helix aspersa* témoins et traités par la deltaméthrine (deltacal) :

D'après les observations faites sur la figure 24 nous remarquons que la concentration des lipides chez les escargots témoins atteint une valeur 0,231 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu mais chez les escargots traités avec la concentration la plus élevée dose 3, Le taux de lipides ne dépasse pas 0,149 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu.

Les résultats de l'analyse statistique révèlent qu'il y a une variation non significative ($p > 0,05$) entre les témoins et le groupe traité avec la dose 1. Cependant, une diminution hautement significative ($p \leq 0,01$) est observée chez les escargots traités avec la dose 2 et la dose 3 par rapport aux témoins.

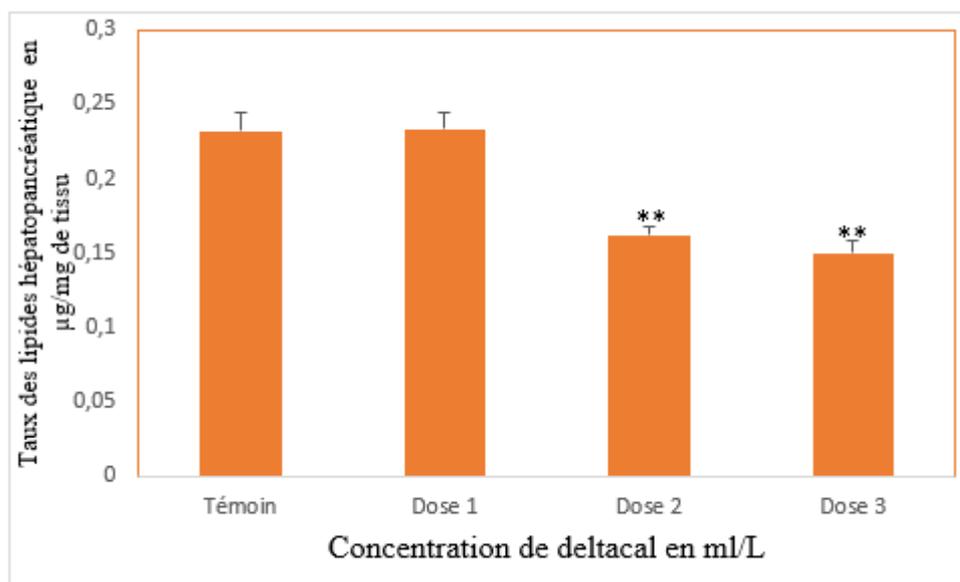


Figure 24: Variation du taux des lipides totaux au niveau de l'hépatopancréas des escargots *Helix aspersa* après 5 semaines d'exposition à la deltaméthrine administré par ingestion ($m \pm s, n=3$). **pour ($p \leq 0,01$).

Chapitre III : Résultats et Discussion

I.1.4. Effets de deltaméthrines (deltacal) sur les coupes histologiques :

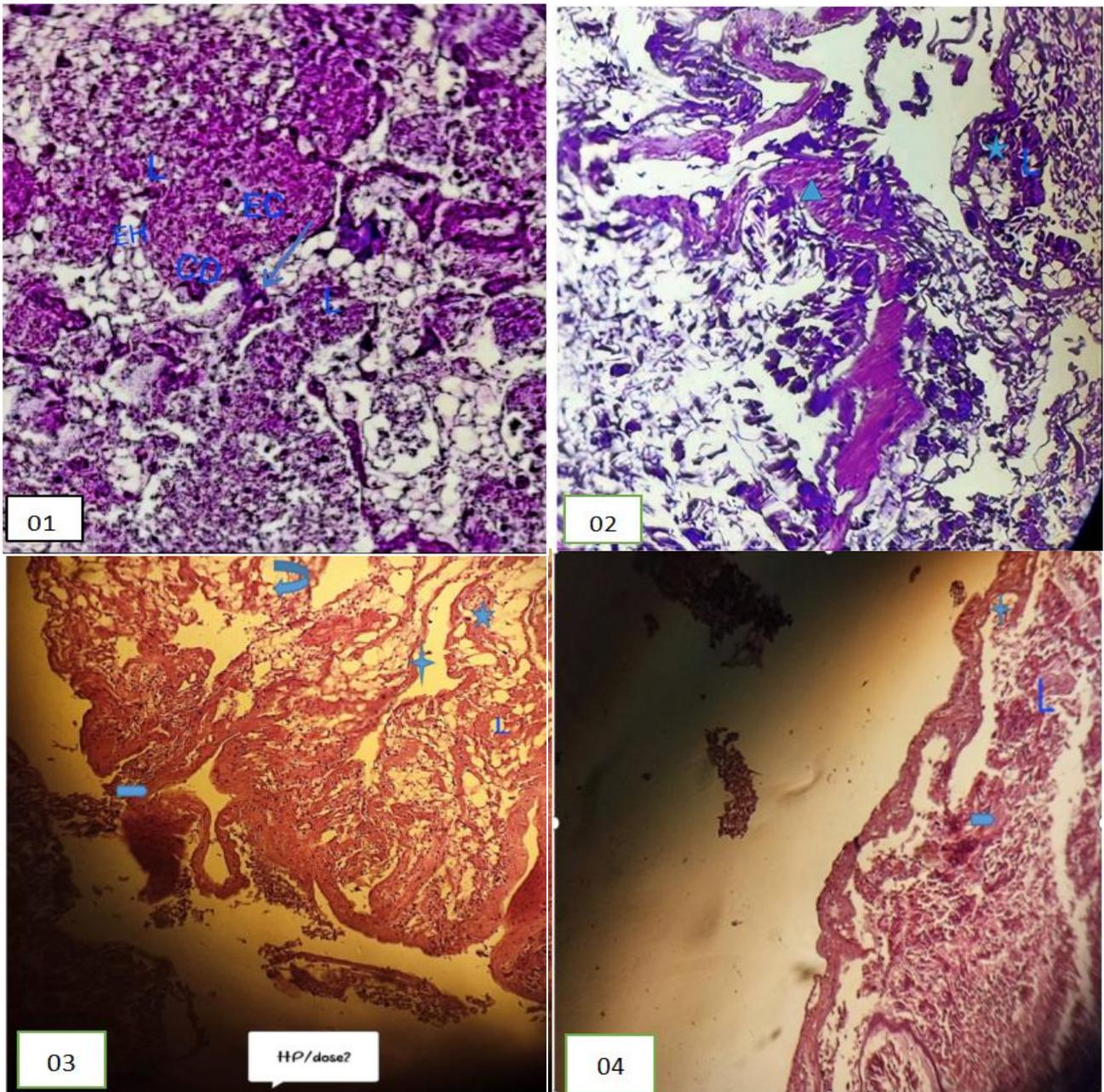
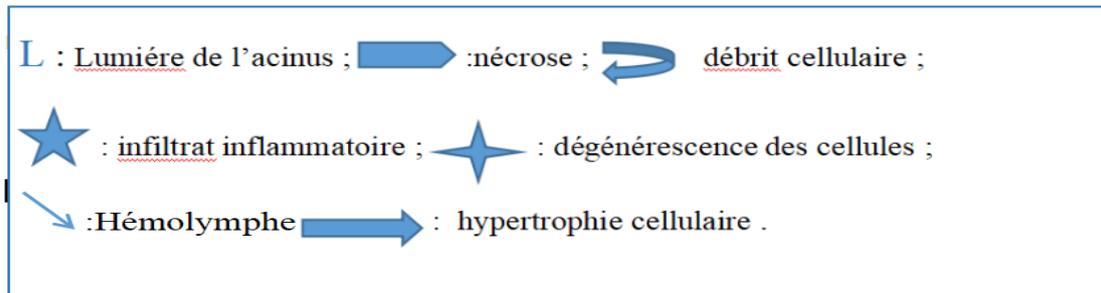


Figure 25: Observations au microscope optique de coupes transversales d'une partie de l'hétopancreas d'un escargot témoin *Helix aspersa* (1), des escargots traités par différentes doses, (2) DOSE 1 escargots traités avec la deltaméthrine 0.25ml/L, (3) DOSE 2 escargots traités avec la deltaméthrine 0,50 ml/L, (4) DOSE 3 escargots traités avec la deltaméthrine 0,75ml/L par ingestion (grossissement $\times 10$)

Chapitre III : Résultats et Discussion

L : lumière de l'acinus ; les cellules digestives (CD) ; les cellules excrétoires (CE);(EH) espace hémolympatique, (1) Escargots témoins, (2) escargots traités avec la deltaméthrine 0.25ml/L, (3) escargots traités avec la deltaméthrine 0,50 ml/L, (4) escargots traités avec la deltaméthrine 0,75ml/L.

Légendes :



La Figure 25 illustre les coupes histologiques effectués au niveau de l'hépatopancréas chez les escargots témoins et traités. Dans le groupe témoin (1), Les cellules digestives et les cellules excrétoires de tissu hépatopancréatique présentent une morphologie et une organisation typiques ainsi que l'espace hémolympatique est bien défini, sans anomalies particulières et l'hémolymphe ne montre aucune modification ou altération visible.

Cependant, dans les groupes traités avec différentes doses de deltaméthrine, des altérations significatives sont observées. Dans la dose 1(2), on observe une réduction de la lumière de l'acini, indiquant un rétrécissement de la zone de digestion. De plus, la présence d'un infiltrat inflammatoire suggère une réaction inflammatoire dans les tissus de l'hépatopancréas. On observe également un regroupement de la masse tubulaire. Concernant la dose 2 (3), on observe une hypertrophie cellulaire, accompagnée de foyers de nécrose et de débris cellulaires. Un discret infiltrat inflammatoire est également présent, associé à une dégénérescence des cellules sécrétoires et enfin dans la dose 3 (4), on observe des signes de dégénérescence des cellules sécrétoires, ainsi que des foyers de nécrose et un discret infiltrat inflammatoire.

Chapitre III : Résultats et Discussion

Discussion :

Les pesticides peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement, notamment la pollution des sols, de l'eau et de l'air. Ils peuvent également affecter la biodiversité, en tuant non seulement les organismes nuisibles, mais aussi des espèces non ciblées telles que les pollinisateurs et les prédateurs naturels. Il est important de prendre en compte les impacts environnementaux lors de l'utilisation des pesticides. (Pretty, J., et al.,2013)

Les escargots, y compris *Helix aspersa*, sont sensibles aux variations de leur environnement et peuvent réagir aux contaminants présents dans l'air, le sol et l'eau. Leur présence, leur densité ou leurs réponses comportementales peuvent fournir des informations sur la pollution environnementale et la qualité de l'écosystème. (Owojori, O. J., et Nwosu, L. C.,2014)

Les paramètres biochimiques des espèces exposées aux substances toxiques sont de bons biomarqueurs et peuvent constituer un outil de diagnostic important pour évaluer l'exposition et les effets des xénobiotiques (. Forbes V A, et al.,1997) (McLoughlin N, et al.,2000)

➤ **Effets Deltacal sur la composition biochimique de l'hépatopancréas (taux des métabolites) d'*Helix aspersa* :**

• **Effets sur le taux des protéines :**

Nos résultats ont mis en évidence une diminution significative des taux de protéines totales au niveau l'hépatopancréas des escargots traités avec la deltaméthrine par rapport aux témoins. Cette diminution peut s'expliquer par la perturbation de la synthèse des protéines dans l'organisme suite à une exposition à des substances toxiques telles que les pesticides, les métaux lourds ou les produits chimiques,. En effet (Naqvi GZ.,2017) ont rapporté que la diminution des protéines est liée aux effets des pesticides en provoquant: l'augmentation de la protéolyse, la réduction de la synthèse des protéines, endommagement de l'ADN, la destruction ou la nécrose des cellules et altération des activités enzymatiques. Nos observations sont en accord avec plusieurs études antérieures qui ont examiné les effets des insecticides sur les hépatopancréas d'organismes non-cibles. Le même effet a été constaté dans une étude similaire réalisée chez le mollusque terrestre *Achatina fulica* après une exposition à la deltaméthrine

Chapitre III : Résultats et Discussion

(Wang F et al.,2018). Ces constatations concordantes renforcent la compréhension des effets néfastes des insecticides sur la santé des escargots et soulignent l'importance de prendre des mesures de gestion appropriées pour minimiser leurs impacts sur les organismes non-cibles dans les écosystèmes.

Nos résultats ne concordent pas les travaux de (Radwan et Mohamed.,2013) qui ont trouvé une augmentation significative des protéines totales chez *Helix aspersa* après une exposition à la DL50 (0,2) d'imidaclopride pendant 1, 3 et 7jours.

- **Effets sur le taux des glucides :**

La diminution significative du taux de glucides totaux au niveau de l'hépatopancréas des escargots traités par la dose 2 et la dose 3 en comparaison avec le témoin peut être expliquée par l'augmentation du métabolisme des glucides due à certains facteurs environnementaux ou à des situations stressantes. Cette situation peut entraîner une utilisation accrue des réserves de glucides stockées dans l'hépatopancréas afin de répondre aux besoins énergétiques accrus et par conséquent une diminution du taux de glucides dans cet organe.

Nos résultats sont en accord avec des études antérieures qui ont montré des perturbations du métabolisme glucidique chez les animaux exposés à des substances toxiques. Par exemple, (Sangeetha et Deepa.,2016) expliquent la diminution de la teneur en glucides (hydrates de carbone) dans le cas de stress par la glycogénolyse rapide et l'inhibition de la glycogénèse par l'activation du glycogène phosphorylase. De plus, plusieurs études ont également mis en évidence des perturbations similaires du métabolisme des glucides chez d'autres organismes non-cibles exposés à des substances toxiques, telles que (Neeraja et Giridhar.,2014) qui ont observé des effets similaires. Ainsi que l'étude de Smith et al. (2017) montre aussi une diminution des taux de glucides dans un organe cible chez un autre organisme invertébré après une exposition à la deltaméthrine. De même, (Gamil et al.,2011) ont démontré les mêmes effets après l'exposition des insectes à un insecticide.

Chapitre III : Résultats et Discussion

Nos résultats sont en contradiction avec ceux rapportés par **(Thiam et al.,2017)** sur des abeilles exposées à des néonicotinoïdes, une augmentation des taux de glucose a été observée dans l'hémolymphe des abeilles exposées par rapport au groupe témoin. Les auteurs ont suggéré que cette augmentation pouvait être une réponse adaptative pour soutenir le métabolisme énergétique des abeilles exposées aux pesticides

- **Effets sur le taux des lipides :**

Au cours de notre étude, nous avons observé une diminution significative du taux de lipides dans l'hépatopancréas des escargots traités avec du deltaméthrine, et cette diminution était corrélée à la dose administrée. Ces résultats suggèrent que certains stades de développement ou certaines activités biologiques, tels que la reproduction ou l'hibernation, peuvent entraîner des ajustements métaboliques chez les escargots. Ces ajustements métaboliques peuvent augmenter l'utilisation des lipides stockés dans l'hépatopancréas pour répondre à des besoins énergétiques spécifiques, entraînant ainsi une diminution du taux de lipides observé. Ces résultats concordent avec d'autres études antérieures qui ont également montré une diminution significative des lipides chez les escargots exposés à des insecticides. Par exemple, **(Bourbia.,2013)** a constaté une diminution dose-dépendante des lipides chez *Helix aspersa* après l'application d'insecticides commerciaux à base de thiaméthoxame. Cette diminution des lipides chez *Helix aspersa* exposés aux insecticides suggère que cela pourrait être dû au stress chimique induit par les composés testés. De même, **(Martin et al.,2018)** ont étudié les effets d'un insecticide organophosphoré sur les lipides chez les escargots terrestres et ont observé une diminution dose-dépendante des lipides dans les tissus des escargots traités par rapport aux témoins. Cependant, nos résultats diffèrent de ceux rapportés par **(Araújo et al.,2016)**, qui ont montré une augmentation significative des lipides dans les tissus hépatiques chez des escargots exposés à des herbicides. Les auteurs ont suggéré que cette augmentation pouvait être liée à des mécanismes de régulation du métabolisme lipidique en réponse au stress induit par les herbicides.

Chapitre III : Résultats et Discussion

➤ Effet sur l'histologie de l'hépatopancréas :

Dans notre étude, nous avons observé différentes altérations histologiques de l'hépatopancréas chez les escargots exposés à la deltaméthrine (Deltacal) par rapport aux témoins. Ces altérations comprenaient une dégénérescence des cellules sécrétoires, un rétrécissement des lumières des acinus, la présence de débris cellulaires, un infiltrat inflammatoire discret, une hyperplasie, hypertrophie et quelques foyers de nécrose. Ces résultats suggèrent que certains pesticides peuvent induire un stress oxydatif dans les cellules de l'hépatopancréas. Le stress oxydatif survient lorsque l'équilibre entre la production de radicaux libres et la capacité des cellules à les neutraliser est perturbé. Cette perturbation peut entraîner des dommages cellulaires, une inflammation et des altérations histologiques au niveau de l'hépatopancréas. Ces observations histologiques sont cohérentes avec les résultats de l'étude de **(Dupont et ses collègues., 2019)**. Dans cette étude, ils ont examiné les effets d'un insecticide sur l'histologie des glandes sécrétoires chez les escargots et ont également observé des altérations similaires, telles qu'une dégénérescence des cellules sécrétoires, un rétrécissement des lumières, la présence de débris cellulaires, un discret infiltrat inflammatoire, hyperplasie, hypertrophie et des foyers de nécrose. Ces constatations renforcent l'idée que l'exposition à des insecticides peut induire des altérations histologiques dans les glandes sécrétoires des escargots, compromettant ainsi leur fonctionnement normal.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Conclusion et Perspective

Les pesticides, ont également un impact néfaste sur l'environnement. Ils dégradent les sols et peuvent entraîner une perte de biodiversité. Les effets des pesticides sur l'environnement soulignent la nécessité d'une gestion plus durable et d'alternatives respectueuses de l'environnement pour préserver la santé des écosystèmes.

L'objectif de notre étude était d'évaluer la toxicité de la deltaméthrine sur un modèle biologique, l'escargot *Helix aspersa*, en tant qu'organisme bioindicateur de pollution. Les résultats de ce travail confirment que l'escargot *Helix aspersa* est un excellent bioindicateur de la dégradation de l'environnement car il est capable de réagir de manière sensible et mesurable à la pollution. Cette sensibilité est exprimée d'un côté par la modification de la composition biochimique de l'hépatopancréas des escargots exposés à la deltaméthrine qui est marqué à travers la diminution significative des concentrations des métabolites (glucides, protéines et lipides). Ces perturbations métaboliques peuvent avoir des conséquences néfastes sur la croissance, la reproduction et le fonctionnement global de l'escargot.

D'un autre côté, les analyses histologiques de l'hépatopancréas ont montrés aussi des altérations structurelles chez les escargots exposés à la deltaméthrine avec l'observation des lésions à des degrés variables, témoignant les effets néfastes de cet insecticide sur l'intégrité de l'organe.

Finalement nos résultats soulignent l'importance de promouvoir des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et de mettre en œuvre des mesures de réglementation adéquates pour minimiser l'utilisation des insecticides et préserver la biodiversité.

En perspective, il serait effectivement intéressant de mener des études sur :

- Biomarqueur enzymatiques, tels que la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), la glutathion peroxydase (gpx) et les cytochromes P450.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

- La géotoxicité, telles que le test des micronoyaux, le test du comet assay et le test des aberrations chromosomiques.

La reprotoxicité évalueraient les effets de la deltaméthrine sur la fertilité, la survie des œufs, le développement embryonnaire et la santé des juvéniles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Références Bibliographiques :

Abderrahmani, K., Boulahdid, M., Bendou, N., & Aissani, A. 2020. Seasonal distribution of cadmium, lead, nickel, and magnesium in several tissues of mussels from the Algerian coasts. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 22547-22567.

Adam C. Roberts, Andrew A. Vodopich, Thomas A. McMahon., 2000 "Helix aspersa crawling: how do snails produce forward locomotion; *Journal of Experimental Biology*, volume 203, numéro 1, pages 145-156.

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 *Helix aspersa*. *Revue Agrobiologia*. Algérie, (1491-1498) P

Ansart, A., Vernon, P., & Daguzan, J. 2001 Freezing tolerance versus freezing susceptibility in the land snail *Helix aspersa* (Gastropoda: Helicidae). *Cryo letters*, 22(3), 183–190. 74..

Ansart, A., Vernon, P., & Daguzan, J. 2002 Effects of a freezing event during hibernation on further survival, reproduction and growth in the partially freezing tolerant land snail *Helix aspersa muller* (Gastropoda: helicidae). *Cryo letters*, 23(4),269–2

Araújo, D., et Davids, K., 2016 Team synergies in sport: theory and measures. *Frontiers in psychology*, 7, 1449.

Bancroft, J. D., et Gamble, M., 2008 *Theory and practice of histological techniques* (6th ed.). Churchill Livingstone.

Bancroft, J. D., et Gamble, M., 2008 *Theory and practice of histological techniques* (6th ed.). Churchill Livingstone.

Barker, G. M., 2001 *Gastropods on land: phylogeny, diversity and adaptive morphology*. In *Advances in marine biology* (Vol. 39, pp. 1-146). Academic Press.

Beaumont A., Cassier P., 1970 *Travaux pratiques de biologie animale : zoologie, embryologie, histologie*, Dunod, PARIS, pp : 472.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Bouaricha., 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.

Bouchard, M. F., Chevrier, J., Harley, K. G., Kogut, K., Vedar, M., Calderon, N., ... et Eskenazi, B., 2011 Prenatal exposure to organophosphate pesticides and IQ in 7-year-old children. *Environmental Health Perspectives*, 119(8), 1189-1195.)

BOURBIA AIT HAMLET, S., 2013 Évaluation de la toxicité de mixtures de pesticides sur un bioindicateur de la pollution des sols *Helix aspersa* (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).

Bradberry, S. M., Cage, S. A., Proudfoot, A. T., et Vale, J. A., 2005 Poisoning due to pyrethroids. *Toxicological reviews*, 24(2), 93-106.

Bradberry, S. M., Cage, S. A., Proudfoot, A. T., Vale, J. A., 2005 Poisoning due to pyrethroids. *Toxicol Rev.*:24(2):93-106.

Carson, F. L., et Hladik, C., 2009 Histotechnology: A Self-Instructional Text (3rd ed.). American Society for Clinical Pathology Press.

Casida, J. E., Durkin, K. A., 2013 Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu Rev Entomol.*; 58:99-117.

Casida, J. E., et Quistad, G. B., 2004 Organophosphate toxicology: safety aspects of nonacetylcholinesterase secondary targets. *Chemical research in toxicology*, 17(8), 983-998.)

CDC., 2017 Centers for Disease Control and Prevention (CDC). "Pesticides in the home."

Chase., 2002 Snails: biology, behavior, and conservation. Firefly Books. Pp. 29-30.

Chase., 2002 Structure and Function in Snail Feeding: A Physiological Analysis. *Biology of the Land Snails*, p. 53-82.

Chevallier H., 1977 La variabilité de l'Escargot Petit-Gris : *Hélix aspersa* Muller, bulletin du muséum national d'histoire naturelle, 3 e série, n° 448, Zoologie 311, pp: 425- 442.

Cowie, R. F., 1999 Escargots. Cambridge University Press.

Cowie, R. F., 1999 La phase de croissance initiale des escargots *Helix aspersa* : Escargots. Cambridge University Press.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

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

Curl, C. L., Fenske, R. A., et Elgethun, K., 2003 Organophosphorus pesticide exposure of urban and suburban preschool children with organic and conventional diets. *Environmental Health Perspectives*, 111(3), 377-382.)

D.A. Ross et al., 2012 Mechanisms of Toxicity, Systemic Toxicity, and Metabolism" publié dans la revue "Current Topics in Toxicology"

Druart, C., 2011 Effets des pesticides de la vigne sur le cycle biologique de l'escargot dans divers contextes d'exposition (Doctoral dissertation, Université de Franche-Comté).-

Dupont, A., et al., 2019 Effects of an insecticide on the histology of secretory glands in land snails. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 38(3), 225-231.).

Eddleston, M., et al., Buckley, N. A., Eyer, P., Dawson, A. H., et Mohamed, F., 2008 Management of acute organophosphorus pesticide poisoning. *The Lancet*, 371(9612), 597-607.)

Mebdoua S, Lazali M, Ounane SM, Tellah S, Nabi F, Ounane G. 2017 Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from Algeria. *Food Addit Contam Part B Surveill*.

Forbes V A, Forbes T L, Rivière J L., 1997 Écotoxicologie : théorie et applications. Editions Quae, Paris, 424 p.

Fretter et Graham., 1994 British Prosobranch Molluscs: Their Functional Anatomy and Ecology, Field Studies Council.

Gamil WE., Mariy FM., Youssef LA., Abdel Halim SM., 2011. Effect of Indoxacarb on some biological and biochemical aspects of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) Larvae, *Annals of Agricultural Science*, Vol 56(2) pp: 121–126.

Garcia., S. J., Seidler., F. J., Crumpton., T. L., et Slotkin., T. A., 2012 Does deltamethrin pose a risk for developmental neurotoxicity? Studies on PC12 cells. *Environmental health perspectives*, 120(8), 1113-1119.

Gittenberger., 1991 Adaptations of *Helix* species to Mediterranean conditions. Dans *The Biological Bulletin of the Marine Biological Laboratory* (Vol. 180, No. 2, pp. 192-204).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Gómez-Consarnau, L., González, J. M., et Río, E. F. D., 2006 Effect of temperature and diet on growth and survival of hatchling *Helix aspersa* Müller snails. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular et Integrative Physiology, 145(2), 188-193.

Goulson, D. REVIEW., 2013 An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. J Appl Ecol. ;50(4):977-87.

Grara, B. K., 2015 Caractérisation Morphophysologique de la Toxicité du zno (Nanoparticule manufacturée) sur l'escargot *l'Helix aspersa* bio indicateur de pollution de l'environnement, J. Mater.Environ.

H. Jinno et al., 2005 Metabolic Pathways of Synthetic Pyrethroids in Mammals" publié dans la revue "Journal of Health Science" .

Hillocks, R. J., 2001 "Farmers' decision-making and pest control practices." Crop Protection 20, no. 9: 821-828.)

Himmelweit, F., 1968 Digestion in the snail *Helix aspersa*. Journal of Experimental Biology, 49(3), 615-622.

Ishaaya I, et al., 2014 Insecticides with novel modes of action: mechanisms and application. Springer Science et Business Media.

ISO., 2006 Qualité du sol - Effets des polluants vis-à-vis des escargots juvéniles (Helicidae) -Détermination des effets sur la croissance par contamination du sol Genève, pp : 31.

J. G. Walls., 1985 Terrestrial gastropod biology. Springer Science et Business Media.

JM EKWEALOR "Snail Farming: An Introduction to Heliciculture».

Jordaens K, Van Nieuland S, Fischer S, De Meyer M, Backeljau T., 2005 "Environmental factors affecting lifespan in *Helix aspersa* Müller (Gastropoda: Pulmonata)". Journal of Zoology, vol. 266, no 3, pp. 277-282.

Jurewicz, J., Hanke, W., 2008 Prenatal and childhood exposure to pesticides and neurobehavioral development: review of epidemiological studies. Int J Occup Med Environ Health. ;21(2):121-32.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

K.C. Donnelly et al., 1987 Elimination Kinetics of Deltamethrin and Esfenvalerate in the Rat" publié dans la revue "Toxicology and Applied Pharmacology».

Kiernan, J. A., 2008 Histological and histochemical methods: Theory and practice (4th ed.). Scion Publishing.

Kim, K., and J. Y. Kim., 2007 Experimental and numerical analyses of train-induced unsteady tunnel flow in subway. Tunnelling and Underground Space Technology, 22(2), 166-172.

Kokko et Kaitala., 1997 « Ecology of a land snail, *Helix aspersa*, in an unpredictable environment », Journal of Animal Ecology, 66(2), p. 275 à 286.

Korniushin et Korniushina., 2006 Comparative morphology and functional role of the radula in selected Helicidae (Gastropoda, Pulmonata). Ruthenica, 16(1), 29-41.

Kwok and Juurlink., 2006 Respiratory depression with deltamethrin ingestion. Canadian Medical Association Journal, 175(9), 1043-1045.

Levine, B., 2005 "Pesticides in medicine." Journal of Agricultural and Food Chemistry 53, no. 6: 1940-1945

Lu, C., et Knutson, D. E., 2003 Assessment of children's exposure to pesticides in the United States. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 13(6), 403-418.)

Mahedi Hasan,2023 Foliar garden consulté sur How Long Do Common Garden Snails Live – Foliar Garden .

Mairif, S., 2014 Contribution à l'étude de l'effet toxique des pesticides à usage domestique utilisé en Algérie (Doctoral dissertation).

Manafi, M., et Takami, G. A., 2014 Effects of calcium-enriched diets on the growth and shell quality of juvenile *Helix aspersa*. Aquaculture Research, 45(5), 877-884. "*Helix aspersa* (Common Garden Snail)" sur Animal Diversity Web, University of Michigan Museum of Zoology).

Mcloughlin N, Yin D, Maltby L, Wood R M, Yu H., 2000 Evaluation of sensitivity and specificity of two crustacean biochemical biomarkers. Environmental Toxicology and Chemistry. 19, ,2085-2092.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Mebdoua, S., 2017** Recherche des résidus de pesticides dans quelques cultures stratégiques en Algérie (Doctoral dissertation).
- MEGUELLETI, N. E. H., et ZAIDI, Z., 2020** Contribution à l'étude des effets des pesticides sur un modèle biologique:(cas de l'escargot terrestre *Helix aspersa*).
- Merhi, M., 2008.** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin (Doctoral dissertation).
- Meyer C., ed. Sc., 2023** Dictionnaire des Sciences Animales. [On line]. Montpellier, France, Cirad. [28/03/2023]. <URL : <https://dico-sciences-animales.cirad.fr/> >.
- Neeraja SRK, et Giridhar P., 2014**
- Organisation mondiale de la Santé (OMS), 2019.** Impact sur la santé publique de l'exposition aux produits chimiques : <http://npic.orst.edu/factsheets/deltagen.html>
- Owojori, O. J., et Nwosu, L. C., 2014** Snail as a bioindicator of heavy metal contamination in the Niger Delta, Nigeria. Springerplus, 3(1), 537.).
- Pflieger, M., 2009** Etude de la dégradation photochimique des pesticides adsorbés à la surface de particules atmosphériques (Doctoral dissertation, Université de Provence-Aix-Marseille I).
- Pretty, J., Bharucha, Z. P., et Philipps, D., 2013** Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 112(9), 1571-1596.
- Radwan et Mohamed., 2013** Imidacloprid induced alterations in enzyme activities and energy reserves of the land snail, *Helix aspersa*. *Ecotoxicol. Environm. Saf.* 95:91-97.
- Rodríguez J.L., Ares I.V., Castellano M., Martínez M.R, Martínez A., Anadónn MA., 2016** Effects of exposure to pyrethroid cyfluthrin on serotonin and dopamine levels in brain regions of male rats. *Envi Research Environmental Research.* 146(7): 388-394
- Saleuddin A. S. M., 2005** *Physiology of Mollusca.* Springer Science et Business Media.
- Sangeetha et Deepa., 2016** Histological and Biochemical Changes Caused by the Pesticides Endosulfan, Chlorpyrifos and Carbaryl on the Gonads of Fiddler Crab, *Uca triangularis*, *World Journal of Environmental Pollution*, Vol 6 (1), pp: 07-14.
- SDS. Safety data sheet., 2022** deltamethrin 2,5% formulation consulté le 20 mai 2023 sur.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Shibko S., Koivistoinen P., Tratnyek C. A., Newhall A.R., Freidman L., 1966.** A method for sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, Lipid and Glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. *Analytic Biochemistry*. 19: 415-429.
- Slavens, T. L. 1996.** Le taux de croissance des escargots *Helix aspersa* : The biology of terrestrial molluscs. CABI Publishing.
- Smith A et al., 2017** Effects of deltamethrin exposure on carbohydrate metabolism in an invertebrate model. *Ecotoxicology*. 26(5): 658-665.
- Soltaninejad, K., Abdollahi, M., 2009** Current opinion on the science of organophosphate pesticides and toxic stress: a systematic review. *Med Sci Monit*. Aug ;15(8): RA75-90.
- Stevens, P. M., 1974** Observations on the reproductive system of *Helix aspersa* Müller. *Journal of Molluscan Studies*, 41(4), 423-435.
- Suvarna, S. K., Layton, C., et Bancroft, J. D., 2013** Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques (7th ed.). Churchill Livingstone.
- T. L. Slavens., 1996** The biology of terrestrial molluscs. CABI Publishing.
- The Dictionary of Substances and Their Effects, The Royal Society of Chemistry, 1999**"Deltaméthrine».
- Thiam, A. R., et Beller, M., 2017** The why, when and how of lipid droplet diversity. *Journal of cell science*, 130(2), 315-324.
- Tomizawa, M., et Casida, J. E., 2005** Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual review of pharmacology and toxicology*, 45, 247-268.
- Tomlin, C., 2003** The pesticide manual: a world compendium. British Crop Protection Council.
- Turgut, H., Basaran, A., Atmaca, N., Degerli, S., et Aydin, M., 2012** Acute deltamethrin poisoning in a family. *Journal of emergency nursing*, 38(5), 468-469.
- V. Stuper-Szablewska., (2005)** Toxicology and Pharmacology of Synthetic Pyrethroids" de publié dans la revue "Current Medicinal Chemistry ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Wang F et al., 2018 Effects of cypermethrin exposure on the immune response and glutathione S-transferase activity of the land snail *Achatina fulica*. *Ecotoxicol Environ Saf.* 163: 462-468.

Water, Air, and Soil Pollution., 2019"Assessment of Pesticide Use and Risk of Groundwater Contamination in the Soummam Valley in Northeast Algeria", Current opinion on the science of organophosphate pesticides and toxic stress: a systematic review. *Med Sci Monit.* Aug;15(8):RA75-90.

Wozniak D., Olney J.W., Kettinger L., Priece M., Miller JP., 1990 Behavioral of the rat. *Psychopharmacology.* 47-56

Yahia, E., 2016 Effet de certains perturbateurs endocriniens (pesticide) sur la reproduction chez le rat Wistar (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, université de Badji Mokhtar-Annaba, Algérie).

Zaouani,M., 2019 Contribution à l'évaluation de la toxicité aiguë et subchronique d'un produit phytosanitaire (Proclaim) chez le rat wistar. Thèse de Doctorat de l'université Annaba.97, p.47-48

Zouaghi., 2015 Study of thebehavior/adaptation of non-target biological models exposed to multiple pollution, *J. Bio. et Env.*

Références webographie :

Andrew Darrington. Alamy Banque D'Images ,consulté sur le site :www.alamyimages.fr.

ECHA, Européenne des substances chimiques, Delta cal, consulté le 17 avril 2023 sur :<https://echa.europa.eu/> .

INRS.,2007 Consulté le 16 juin 2023 depuis le site : <https://www.inrs.fr/> .

National Pesticide Information Center (NPIC) "Deltamethrin" -, United States. Site web : <http://npic.orst.edu> .

(SDS.,2022) Safety data sheet., 2022 deltamethrin 2,5% formulation consulté le 20 mail 2023 sur <https://www.msd.com>.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Animal Diversity Web"*Helix aspersa*." . University of Michigan Museum of Zoology.
Consulté. <https://animaldiversity.org> .

Bayer Environmental Science., 2020 "deltagard G Insecticide Product Information."
www.environmentalscience.bayer.us/ .

Consulté sur le site :<https://www.fao.org/>.

Environmental Protection Agency EPA.,2011 "Deltamethrin Petition and Response"
- États-Unis. Site web : <https://www.epa.gov/> .

Fao (food and agriculture organization of the united nation),, 2017 consulté sur le
site: www.fao.org

INRS (Institut national de recherche et de sécurité)"Deltaméthrine" -, France. Site
web :<https://www.inrs.fr/>

Kalyanby, , Shutterstock, <https://www.shutterstock.com/fr->

Macronatura.es, shutterstock, consulté sur le site : <https://www.shutterstock.com/fr/>

Papilio. Alamy Banque D'Images <https://www.alamyimages.fr/>

The International Union for Conservation of Nature (IUCN),, 1774"*Helix aspersa*
Müller, " Global Invasive Species Database. Invasive Species Specialist Group (ISSG)
of. Consulté <https://www.iucngisd.or>.