

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

جامعة 20 اوت 1955- سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecotoxicologie Animale

Intitulé :

**Impact des deux insecticides Deltaméthrine et
Imidaclopride sur la décomposition cadavérique et le
développement larvaire de l'espèce *Lucilia sericata*
(MEIGEN ,1826)**

Présenté par : CHITOUR Naila

CHOUGUI Rania

HADI Mohamed Lotfi

Membre de Jury :

Mr. DJERROU. Z	Professeur	Président	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Mr. BOULKENAFET. F	MCA	Promoteur	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Mr. BOUHAYENE. S	MCA	Examineur	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à terme ce présent travail.*

*Nos remerciements s'adressent au : Promoteur de ce mémoire, le Docteur **Fouzi Boulkenafet** pour avoir assuré la direction de ce travail, qu'il trouve l'expression de toute notre gratitude pour ses conseils, ses suggestions avisées et pour la confiance qu'il nous a accordé tout au long de cette année.*

*Nous tenons à remercier tous les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail ; le Président du jury Professeur **Zouhir Djerrou** pour Siéger dans ce jury en y apportant sa compétence et son expertise, ainsi que l'examineur Docteur **Salah Bouhayene** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous voudrions remercier particulièrement Docteur M^{me} **Samia Benzazia** de sa précieuse collaboration pour compléter ce travail.*

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude envers tous nos enseignants du département de science de la nature et de la vie pour leur enseignement et leur accompagnement tout au long de notre parcours académique, toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie humblement ce travail à mes chers parents, qui ont été à mes côtés tout au long de mon cursus, chaque mot écrit ici est un témoignage de votre dévouement et de vos efforts constants, à mon papa chéri pour tout l'amour et le soutien moral et financier qu'il m'apporte et à la lumière de mes jours, ma maman ma source de force, d'amour et d'inspiration,

À mes adorables sœurs et mon petit frère [Katia, Nihed et Nazim] pour vos encouragements, votre soutien et tout l'amour et la joie que vous m'avez apportés durant toute cette année, merci d'avoir été mon refuge dans les moments de doute et ma source de joie dans les moments de réussite.

À mes chers grands-parents et ma douce tante pour leurs douaas, et à mes chers cousins [Doucha Dina et Dodi] pour vos conseils sages et votre soutien morale.

À mes sœurs de cœur [Hana, Imene, Manar et Racha] pour votre réconfort qui m'a offert la force nécessaire pour surmonter les défis et dépasser les moments difficiles.

À tous ceux qui ont cru en moi,

Ce mémoire est le fruit de nombreux efforts collectifs. À chacun d'entre vous, je vous dédie ce travail avec toute ma gratitude. Votre soutien a fait toute la différence, je vous aime.

Je dédie également ce mémoire à moi-même, en reconnaissance des efforts, de la persévérance et du dévouement que j'ai investis tout au long de ce parcours. Ce travail est la preuve de nombreuses heures de travail, de nuits blanches et de sacrifices personnels. Qu'il soit le symbole de ma détermination et de ma capacité à atteindre les objectifs que je me fixe.

Je me souhaite de continuer sur ce chemin de l'apprentissage et du développement personnel, avec la même passion et le même engagement.

Naila

Dédicace

A ma très chère maman : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté, la source de la tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon père, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde pour nous papa.

A mes très chers frères : Oussama et Hani.

Je souhaite ici exprimer ma profonde gratitude à ma cousine Balaska Nawal pour ces précieux conseils.

Enfin, je dédie ce modeste travail, à toute ma famille et à mes amies.

Rania

Dédicace

Je dédie ce travail à la mémoire de mon défunt père parti trop tôt. J'espère que, de là où il est maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'accueillir en son vaste paradis.

À ma chère maman, pour ton soutien indéfectible et ta sagesse. Ton courage et ta détermination ont toujours été une lumière dans les moments difficiles, sans toi, rien de tout cela n'aurait été possible.

À mon petit frère, pour ton énergie positive et ton soutien réconfortant m'ont été indispensables tout au long de ce parcours.

À toute ma famille et mes amis, pour votre soutien constant et votre présence à chaque étape de ce mon cursus. Vos encouragements et votre confiance en moi ont été essentiels dans la réalisation de ce travail.

À tous ceux qui ont été là, de près ou de loin, je vous dédie ce mémoire avec toute ma gratitude et mon affection

Lotfi

Table des matières

Résumés

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1 Présentation générale de l'entomologie médico-légale3

I.1.1 Généralités l'entomologie médico-légale3

I.1.2 Histoire et concept de l'entomologie médico-légale.....3

I.1.3 Rôle de l'entomologie médico-légale dans les enquêtes criminelles.....4

I.2 Stades de décomposition cadavérique à l'air libre4

I.2.1 Stade frais.....4

I.2.2 Stade de gonflement5

I.2.3 Stade de décomposition (active/avancée)5

I.2.4 Stade de squelettisation.....5

I.3 L'entomofaune impliquée dans le processus de décomposition cadavérique5

I.3.1 Espèces nécrophages6

I.3.2 Espèces nécrophiles.....6

I.3.3 Espèces omnivores6

I.3.4 Espèces opportunistes.....6

I.4 Insectes a importance médico légale7

I.4.1 Ordre des diptères nécrophages7

I.4.2 Biologie des diptères nécrophages	7
I.5 Entomotoxicologie	8
I.5.1 Pesticides	8
I.5.2 Insecticides.....	9
I.6 Intervalle Post Mortem	9
I.6.1 importance de l'entomologie médico-légale dans la détermination de l'intervalle post-mortem.....	9
I.6.2 Perturbation de l'intervalle post-mortem par les insecticides	9

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1 Présentation du site d'étude	11
II.2 Période d'étude	11
II.3 Modèle animal	11
II.4 Substances utilisées.....	13
II.4.1 Deltaméthrine	13
II.4.2 Imidaclopride	13
II.5 Traitement des lapins	14
II.6. Dissection	15
II. 7. Prélèvement des tissus	16
II. 8. Prélèvement sur terrain	16
II.9. Matériel utilisé pour l'échantillonnage	16
II.10. Techniques d'élevages	17
II.11. Traitement des prélèvements au laboratoire	19
II.11.1. Montage et identification.....	19
II.11.1. Préparation et montage des adultes	19
II.11.2. Montage des larves.....	20
II.12. Identification des spécimens.....	21

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1 Stades de décomposition cadavérique	23
III.2 Résultat du prélèvement et identification des spécimens.....	24
III.3 Etude des stades de développement des larves	26
III.3.1 Analyse des résultats d'élevage des mouches nécrophage.....	26
III.3.2 Analyse statistique des résultats	31
III.4 Discussion	33
Conclusion et Perspectives	35
Références bibliographiques	36
Annexe 1.....	43

Résumé

Les cadavres attirent de nombreux insectes, certains parcourant de grandes distances pour y pondre leurs œufs. Cette entomofaune nécrophage, colonise rapidement tout animal mort. Bien que les corps humains soient moins fréquents que ceux des autres animaux, ils ne sont pas à l'abri de cette attraction fatale.

L'étude des substances toxiques au niveau des tissus entomologique est connu par l'entomotoxicologie qui est une branche de l'entomologie médico-légale.

Afin d'approfondir et élargir notre compréhension en entomologie et en toxicologie des diptères nécrophages, nous avons procédé à l'évaluation de l'impact de deux insecticides (Deltaméthrine et Imidaclopride) sur le cycle de développement larvaire des insectes nécrophages dans les cadavres et les tissus cadavériques des lapins ainsi que son influence sur la décomposition de ces cadavres.

Nous avons donc entrepris d'effectuer une série d'expériences sur trois lapins ayant le même sexe et poids dont un témoin, prenant en compte les doses appropriées aux poids de ces derniers. L'analyse de l'impact des insecticides sur le cycle de de développement vise à identifier l'existence ou non de perturbations susceptibles d'influencer l'estimation d'un élément essentiel dans les enquêtes judiciaires : l'intervalle post mortem (IPM).

Les résultats de notre étude ont montré que la deltaméthrine n'a aucun effet significatif sur le cycle de développement de *Lucilia sericata*. En revanche, la substance a provoqué une prolongation de la décomposition cadavérique du lapin traité.

Mots clés : entomofaune, entomologie médico-légale, l'entomo-toxicologie, insecticide, deltaméthrine, Imidaclopride, IPM.

Abstract

The corpses attract many insects, some traveling great distances to lay their eggs. This necrophagous entomofauna, quickly colonizes any dead animal. Although human bodies are less common than those of other animals, they are not immune to this fatal attraction.

The study of toxic substances in entomological tissues is known by entomo-toxicology which is a branch of forensic entomology.

In order to deepen and broaden our understanding of entomology and toxicology of necrophagous Diptera, we conducted an impact assessment of two insecticides (Deltamethrin and Imidacloprid) on the larval development cycle of necrophagous insects in cadaveric bodies and tissues of rabbits as well as their influence on the decomposition of these corps.

We therefore undertook a series of experiments on three rabbits with the same gender and weight including a witness, taking into account the appropriate doses based on their weights.

The analysis of the impact of insecticides on the development cycle aims to identify the existence or not of disturbances likely to influence the estimation of an essential element in judicial investigations: the post-mortem interval (PMI).

The results of our study showed that deltamethrin had no significant effect on the development cycle of *Lucilia sericata*. However, the substance did prolong cadaveric decomposition in treated rabbits.

Key words: necrophagous entomofauna, forensic entomology, insecticides, Deltamethrin, Imidacloprid, PMI.

ملخص

تجذب الجثث العديد من الحشرات التي يقطع بعضها مسافات طويلة لوضع بيوضها. تستعمر هذه الحشرات بسرعة أي حيوان ميت. وعلى الرغم من أن جثث البشر أقل شيوعًا من جثث الحيوانات الأخرى، إلا أنها ليست محصنة ضد هذا الانجذاب القاتل.

وتُعرف دراسة المواد السامة في أنسجة الحشرات باسم علم السموم الحشرية، وهو فرع من فروع علم الحشرات الجنائي. ومن أجل تعميق وتوسيع فهمنا لعلم الحشرات وعلم السموم لدى الحشرات الرمية، قمنا بتقييم تأثير مبيدين حشريين (Imidaclopride وDeltaméthrine) على دورة نمو يرقات هذه الأخيرة في جثث وأنسجة الأرناب. قمنا بإجراء سلسلة من التجارب على ثلاثة أرناب من نفس الجنس و لهم نفس الوزن من بينهم أرناب شاهد، مع مراعاة الجرعات المناسبة لأوزان كل منهم.

الهدف من تحليل تأثير المبيدات الحشرية على دورة تطور اليرقات هو تحديد ما إذا كان هناك أي تأثير على تقدير الفترة الفاصلة بعد الوفاة (PMI) والذي يعتبر عنصرا أساسيا في التحقيقات الجنائية . أظهرت نتائج دراستنا أن مادة Deltaméthrine لم يكن لها أي تأثير على دورة نمو *Lucilia sericata*. على الرغم من ذلك فقد أطالت المادة فترة تحلل الجثة في الأرناب المعالج.

الكلمات المفتاحية:

علم السموم الحشرية , علم الحشرات الجنائي, الفترة الفاصلة بعد الوفاة, تحلل الجثة, المبيدات الحشرية, الحشرات الرمية .

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
INCC	Institut National de la Criminalistique et de Criminologie
IPM	Intervalle Post Mortem
L1	Stade larvaire 1
L2	Stade larvaire 2
L3	Stade larvaire 3
DL	Dose Létal
NaOH	La soude caustique
T _{eff}	Température effective
$\sum T_{eff}$	Somme des températures effectives
K	Constante de chaleur
T _{th}	Le seuil minimal ou (Lower threshold)
T°moy	la température moyenne journalière

Liste des Figures

Numéro de la figure	Titre	Page
1	Cycle de développement des Calliphoridae (DEKEIRSSCHIETER, 2007).	8
2	Images satellitaires de l'emplacement des sites d'étude (Google maps).	11
3	Modèle animal <i>Oryctolagus cuniculus</i> (Photo originale).	12
4	Mise en place des cadavres en cages (Photo originale)	12
5	Les substances utilisées pour le traitement toxicologique (Photos originales)	13
6	Traitement par gavage (photo originale)	14
7	La dissection des lapins (photo originale)	15
8	Les organes prélevés d'un lapin après la dissection (photo originale)	15
9	Conservation des organes (photo originale)	15
10	Collecte de la température du corps des cadavres (photo originale)	16
11	Processus de prélèvement des échantillons (photos originales)	17
12	Prélèvement et dépôt de larves sur les organes destinés à l'élevage (photo originale)	18
13	Boîtes d'élevage (photo originale)	18
14	Adulte monté avec aiguille entomologique	19
15	Boite de collection des différentes espèces d'adultes récoltées	19
16	Zones de dissections de la larve	20
17	Les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (GENNARD, 2007)	21
18	les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (AMENDT et al., 2010)	22
19	Les quatre stades de décomposition cadavérique	23
20	Durée des différents stades de décomposition observée chez les deux lapins	24

21	Identification des adultes de <i>Lucilia sericata</i>	24
22	Larve de diptère calliphoridae et détail des deux structures circulaires (partie postérieure de la larve à droite) avec les sclérites qui entourent les stigmates. Dans ce cas 3 stigmates donc stade larvaire 3	25
23	Observation microscopique du postérieur d'une larve au stade 2 et 3 (Photos originales)	25
24	Caractères morphologiques utilisés pour l'identification de l'espèce <i>Lucilia Sericata</i>	26
25	Durée de chaque stade de développement des larves chez les deux lapins	31

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre	Page
1	Classification du lapin domestique	12
2	Les différentes doses administrées dans chaque lapin	14
3	Les températures moyennes et effectives correspondantes aux différents stades de développement larvaire du lapin témoin	27
4	Les températures moyennes et effectives environnementales correspondantes aux différents stades de développement larvaire du lapin témoin	28
5	Relevé des températures du cadavre traité par l'imidaclopride et Les différents stades de développement larvaire	29
6	Les températures moyennes et effectives correspondantes aux différents stades de développement larvaire du cadavre traité par la Deltaméthrine	29
7	Les températures moyennes et effectives environnementales correspondantes à chaque stade de développement larvaire du cadavre traité par la Deltaméthrine.	30
8	Statistiques descriptives de la somme des températures effectives des deux cadavres témoin et traité.	31
9	Test statistique de la somme des températures effectives des deux cadavres	32
10	Statistiques descriptives de la somme des températures effectives des organes des deux cadavres	32
11	Test statistique de la somme des températures effectives des organes des deux cadavres	33

Introduction

Introduction

L'entomologie forensique se base sur la présence des insectes sur un corps pour estimer l'intervalle post mortem (BYRD ET CASTNER, 2010). Grâce à l'étude des caractéristiques du corps et de son état de décomposition, la médecine légale peut généralement fournir cette information. Ainsi, la présence de rigidités cadavériques, l'étude des lividités ou la mesure de la température rectale sont autant de méthodes permettant d'estimer précisément l'heure du décès.

Cependant, ces méthodes ne sont efficaces qu'à court terme : quelques jours après la mort, l'évaluation de l'intervalle post mortem (IPM) par les critères thanatologiques classiques devient délicate et imprécise. L'entomologie médico-légale reste l'unique méthode fiable pour dater le décès. Ce domaine de l'entomologie, dépendant des sciences criminelles, se concentre sur l'étude des insectes nécrophages afin d'évaluer le temps écoulé depuis la mort (CHARABIDZE, 2008).

L'utilisation des insectes nécrophages dans la résolution d'enquêtes judiciaires se focalise à l'heure actuelle essentiellement sur une portion de la nécrofaune : les Calliphoridae (blowflies). En effet, leur arrivée précoce sur le cadavre, dans les minutes qui suivent la mort (voire même au moment de l'agonie) en font de redoutables bioindicateurs quant à la date de décès (DEKEIRSSCHIETER, 2007).

Les études sur l'utilisation des arthropodes nécrophages comme spécimens toxicologiques et de l'impact que les toxiques des tissus et des contaminants ont un effet sur le développement des larves qui se nourrissent de ces substances, représentent actuellement les principales voies de prospection dans le domaine émergent de l'entomotoxicologie (BOULAKNAFET, 2016).

Pour notre série d'expériences entomo-toxicologiques sur les lapins nous avons utilisé deux insecticides, Deltaméthrine et Imidaclopride.

Le but de cette étude est de mettre en évidence le lien entre la présence des substances chimiques dans les larves et les tissus du cadavre ainsi que l'impact de ces substances sur le cycle de développement des insectes nécrophages.

Pour atteindre notre objectif nous avons structuré notre travail autour de trois chapitres :

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique qui retrace les différents stades de décomposition, l'ordre des diptères nécrophages, leurs biologies, leurs cycle de développement ainsi que l'importance de l'IPM et sa perturbation par les insecticides.

Le deuxième chapitre, intitulé matériel et méthodes comporte la présentation du site d'étude, le modèle animale et les substances chimiques utilisées dans notre expérimentation, ainsi que leurs traitements et les analyses toxicologiques effectuées.

Le troisième chapitre concerne les résultats obtenus et leur discussion par rapport aux études précédemment réalisées par plusieurs auteurs.

Enfin on clôture cette étude par une conclusion générale et des perspectives qui pourraient mener à d'autres nouvelles études.

Chapitre I

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I.1 Présentation générale de l'entomologie médico-légale :

I.1.1 Généralités l'entomologie médico-légale :

L'entomologie médico-légale est un sous-ensemble des sciences médico-légales dans lequel des informations et des échantillons d'insectes et d'arthropodes associés sont rassemblés et analysés pour aider à tirer des conclusions sur des questions juridiques à partir d'une scène de crime (CATTS et GOFF, 1992 ; AMENDT et al., 2004 ; GENNARD, 2007). Selon l'ordre d'arrivée des insectes et leurs étapes de développement sur le cadavre, il est possible d'en tirer des indices afin de déterminer certaines conditions du décès (transport du cadavre, temps d'immersion du corps, temps de décapitation ou de démembrement, utilisation de substances, marques d'agressions, etc..) ainsi que de déterminer la date de la mort (AMENDT et al., 2004).

I.1.2 Histoire et concept de l'entomologie médico-légale :

L'utilisation de l'entomologie à des fins médico-légales n'est pas récente. Selon la littérature, la première affaire criminelle résolue avec l'aide des insectes remonte au 13^{ème} siècle en Chine, Lorsqu'un agriculteur a été retrouvé assassiné dans un champ avec une arme tranchante, tous les suspects ont été invités à poser leurs faucilles par terre. Une seule faucille a attiré les mouches à viande jusqu'à la trace de sang cachée à l'œil nu qui a abouti à la confession du meurtrier (CATS et GOFF, 1992 ; BENECK, 2001 ; GENNARD, 2007 ; FREDERICKX et al., 2011 ; WYSS et CHERIX, 2006).

En Europe, À partir du 17^{ème} siècle, plusieurs entomologistes, dont Mathieu Leclercq avec son livre intitulé : ' Entomologie et médecine légale : Datation de la mort', ont étudié la colonisation de la viande par les mouches et leurs larves, contribuant ainsi à l'amélioration des connaissances sur la biologie des insectes nécrophages (FREDERICKX et al., 2011 ; WYSS et CHERIX, 2006). En revanche, la première application de l'entomologie médico-légale a eu lieu en France au 18^{ème} siècle, où les données entomologiques ont été admises comme preuve pour acquitter les occupants actuels de la résidence où les restes squelettés d'un enfant ont été trouvés (AMENDT et al., 2004).

En Algérie, l'Institut National de la Criminalistique et de Criminologie (INCC/GN) a officiellement lancé l'entomologie médico-légale en 2010. En 2012, l'INCC/GN a renforcé ses liens avec les universités nationales, offrant aux étudiants la chance de faire des stages pratiques dans leurs laboratoires ou de réaliser des projets de fin d'études en collaboration avec eux.

I.1.3 Rôle de l'entomologie médico-légale dans les enquêtes criminelles :

La pratique de l'entomologie médico-légale permet de déterminer les circonstances du décès ou les événements qui l'ont suivi (CHARABIDZE, 2021). Il est par exemple envisageable d'analyser les larves (asticots) afin de détecter et mesurer les drogues ou les poisons consommés par la personne avant sa mort (GOSSELIN et al., 2011).

I.2 Stades de décomposition cadavérique à l'air libre :

La décomposition est un processus naturel qui débute au niveau cellulaire après la mort de tout organisme. Initialement invisible à l'œil nu, elle évolue progressivement vers des changements macroscopiques, engendrant des altérations post-mortem. Même après que les restes deviennent secs, la décomposition persiste mais à un rythme plus lent, affectant les os (FENOGLIO et al., 2010 ; TIBBETT et CARTER ,2009). Généralement, plus le délai écoulé depuis le décès est long, moins précise sera l'estimation de l'IPM. Une fois que le corps a atteint le stade des restes secs, estimer l'IPM peut devenir difficile en raison de l'influence de divers facteurs environnementaux (DAUTARTAS, 2009 ; KALISZAN et al., 2009).

La décomposition cadavérique nécessite du temps, et sa durée est principalement déterminée par des facteurs internes (âge, taille du cadavre...) et externes (variations de température environnante, les conditions météorologiques, la présence d'arthropodes...), cette dégradation peut être évaluée par diverses méthodes telles que la perte de masse de la carcasse, l'évolution du dioxyde de carbone-carbone, le schéma de succession faunique etc... (CARTER et al., 2008 ; SPICKA et al., 2011). Ces méthodes sont cruciales pour indiquer l'étendue de la dégradation des tissus, ce qui permet ensuite d'estimer l'IPM (intervalle post-mortem).

I.2.1 Stade frais :

La première phase de la décomposition est le stade frais, qui se caractérise par l'arrêt du cœur et la baisse du taux d'oxygène dans le corps (CARTER et al., 2007). Peu de temps après la mort, divers changements physiques, chimiques et biologiques se produisent, entraînant des altérations

dans l'apparence du corps, ainsi qu'un refroidissement général. (DEKEIRSSCHIETER et al., 2014).

I.2.2 Stade de gonflement :

Ce stade débute lorsque les gaz résultant de la putréfaction des sucres, lipides et des protéines s'accumulent dans la cavité abdominale du corps provoquant ainsi son gonflement (ANDERSON, 1996). En effet, dès le décès de l'individu, la diminution en oxygène s'intensifie, transformant progressivement le corps en un environnement favorable à la prolifération des micro-organismes anaérobies (CARTER et al., 2007). La ventilation de l'organisme persiste en raison de l'activité bactérienne, ce qui peut être la phase la plus reconnaissable. Dans un premier temps, l'abdomen se gonfle, mais par la suite, tout le corps prend l'aspect d'un ballon gonflé d'air (GENNARD, 2007).

I.2.3 Stade de décomposition (active/avancée) :

Cette phase se caractérise par la dégradation des muscles et la production d'acides gras volatils tel que l'indole, la scatole, la putrescine et la cadavérine (VASS, 2001 ; DEKEIRSSCHIETER et al., 2008). Les gaz se libèrent par les voies naturelles, ce qui entraîne la rupture de l'abdomen, marquant ainsi le début de la putréfaction active. L'interaction entre la putréfaction du cadavre et l'activité des insectes entraîne une diminution rapide de la masse du corps (CARTER et al., 2007). À la fin de cette phase de décomposition, seuls, la peau, le cartilage et les os subsistent, avec quelques traces de chair, notamment les intestins. Le principal signe de cette étape est une augmentation de la présence de coléoptères et une diminution de la dominance des mouches (Diptères) sur le corps (GENNARD, 2007).

I.2.4 Stade de squelettisation :

Ce stade est caractérisé par la disparition d'une grande partie des chairs (ANDERSON, 1996). La décomposition des tissus mous est terminée, il ne reste plus que les os (GUNN, 2006). Cette phase se termine une fois les os sont dépourvus de toute matière organique. Ce processus peut prendre plusieurs années, mais il est accéléré par l'action du climat (CHARABIDZE, 2008).

I.3 L'entomofaune impliquée dans le processus de décomposition cadavérique :

Les insectes sont généralement les premiers organismes à arriver sur le corps peu après la mort et le colonisent selon une séquence plus ou moins prédictible (SMITH, 1986 ; ANDERSON, 2001).

Les insectes utilisent le micro-habitat créé par le cadavre comme un Substrat nourricier, un site de pontes (reproduction), un refuge ou encore comme un territoire de chasse. En fonction de leurs caractéristiques écologiques, on distingue quatre groupes écologiques autour d'un cadavre (LECLERCQ, 1978 ; SMITH, 1986 ; WYSS et CHERIX, 2006).

I.3.1 Espèces nécrophages :

Se nourrissent des tissus cadavériques et plus spécifiquement des liquides. On peut citer parmi cette catégorie, les Diptères appartenant aux familles des Calliphoridae et des Sarcophagidae, mais également des Coléoptères des familles des Silphidae et des Dermestidae (DEKEIRSSCHIETER, 2012).

I.3.2 Espèces nécrophiles :

Ce sont des prédateurs ou parasites des espèces nécrophages, principalement des larves et des pupes de Diptères. On rencontre régulièrement des Coléoptères (Silphidae, Histeridae, Staphylinidae), des Diptères (Calliphoridae et Stratiomyidae) ainsi que des Hyménoptères (CAMPOBASSO et al., 2001 ; WYSS et CHERIX, 2006). Les larves de certains Diptères peuvent devenir prédatrices à partir d'un certain stade de développement. C'est le cas, par exemple, des larves de stade III appartenant au genre *Muscina* (Diptère, Muscidae) (GAUDRY, 2002) et de certaines *Chrysomya* (Diptère, Calliphoridae) (LECLERCQ, 1978).

I.3.3 Espèces omnivores :

Comme les guêpes, les fourmis et certains coléoptères peuvent se nourrir à la fois de restes en décomposition et d'arthropodes associés. De grandes populations de ces insectes peuvent retarder le taux d'élimination des carcasses en réduisant les populations d'espèces nécrophages (EARLY et GOFF, 1986).

I.3.4 Espèces opportunistes :

Perçoivent la présence du cadavre comme une extension de leur habitat. Elles utilisent le cadavre comme une annexe de leur biotope afin de s'abriter, se réchauffer, hiberner et parfois même pour se nourrir (LECLERCQ et VESTRAETEN, 1992). Elles sont originaires de la végétation environnante ou de la pédofaune et peuvent exceptionnellement être prédateur des espèces nécrophages (CAMPOBASSO et al., 2001). On y dénombre des collemboles, des araignées, des

mille-pattes, des Lépidoptères mais aussi des acariens qui se nourrissent des moisissures et champignons qui peuvent se développer sur le corps en décomposition (CAMPOBASSO et al., 2001 ; WYSS et CHERIX, 2006).

I.4 Insectes a importance médico légale :

Il existe environ 86 000 espèces de mouches décrites dans le monde (BYRD et CASTNER, 2009). Ces espèces appartiennent à quatre principaux ordres qui sont les Diptères, les Coléoptères, les Hyménoptères et les Lépidoptères.

Les espèces les plus représentées sont des Diptères appartenant aux familles des Calliphoridae, des Muscidae et des Sarcophagidae (WYSS et CHERIX, 2006).

I.4.1 Ordre des diptères nécrophages :

L'ordre des Diptères compte à ce jour, environ 150 000 espèces réparties à travers le monde. C'est le quatrième ordre après celui des Coléoptères, des Hyménoptères et des Lépidoptères. Parmi les Diptères, seules les mouches ont aujourd'hui un intérêt en entomologie médico-légale. Les mouches nécrophages sont recensées dans plusieurs familles de Diptères (26 familles sont fréquemment citées dans la littérature), mais seules six familles sont couramment rencontrées sur les cadavres humains et y effectuent leur cycle de développement. Il s'agit des Calliphoridae, des Sarcophagidae, des Fanniidae, des Muscidae, des Piophilidae et des Phoridae (BYRD et CASTNER, 2001 ; WYSS et CHERIX, 2006).

I.4.2 Biologie des diptères nécrophages :

Les diptères sont des insectes holométaboles : leur développement est dit à métamorphose complète. Le cycle de développement est composé de 4 phases (œuf, larve, puppe et adulte) dont trois stades larvaires (Figure 1). La durée de ce cycle dépend des conditions environnementales (hygrométrie, température, etc...) ainsi que de l'espèce. Les œufs sont pondus en masse d'environ 200 unités (oviposition), préférentiellement au niveau des orifices naturels. La phase larvaire est un stade actif durant lequel les individus se nourrissent et se développent. Les larves (asticots) passent par trois stades (L1, L2 et L3) entrecoupés de mues. L'insecte croît se libérant de sa vieille cuticule (exuvie), ce qui lui permet d'augmenter considérablement sa taille. Hormis la taille, la forme des crochets buccaux ainsi que le nombre de stigmates postérieurs permettent de différencier les stades larvaires.

Une fois mature, l'asticot entre en phase pré-pupe et cesse de s'alimenter pour débiter sa métamorphose. La larve achève de consommer les ressources stockées dans son jabot, perd peu à peu de sa masse et sa cuticule commence à se rigidifier. La plupart des diptères nécrophages vont également changer de comportement et quitter le cadavre pour se nymphoser. Elles recherchent alors un endroit abrité dans le sol ou sous un objet afin de se protéger des prédateurs. (AUBERNON et al., 2014)

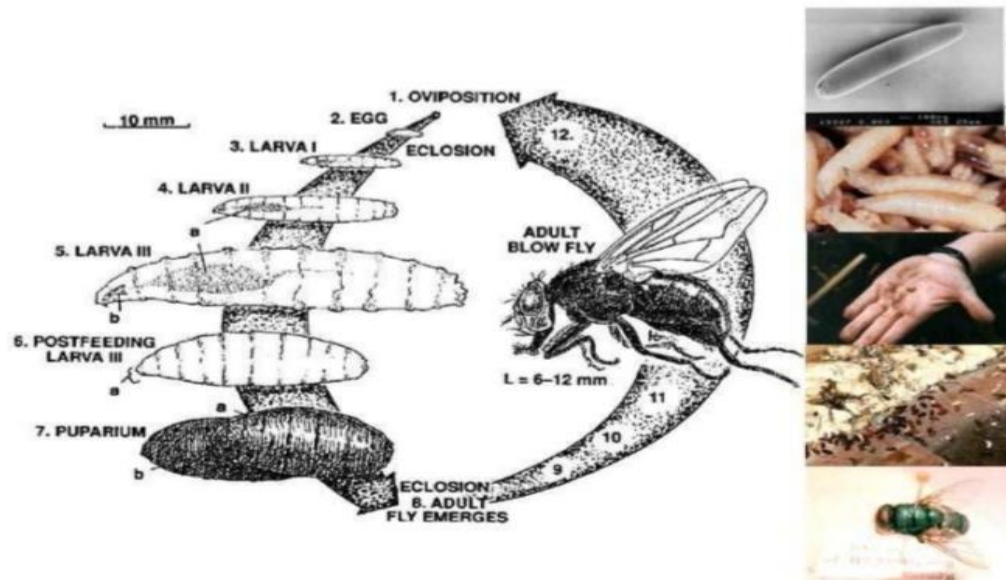


Figure 1 : Cycle de développement des Calliphoridae (DEKEIRSSCHIETER, 2007).

I.5 Entomotoxicologie :

L'entomotoxicologie est l'étude de la bioaccumulation des xénobiotiques chez les insectes ou d'autres arthropodes en vue de déterminer la présence éventuelle de ces mêmes xénobiotiques au niveau du cadavre (INTRONA et al., 2001).

I.5.1 Pesticides :

Toute substance naturelle, de synthèse, capable de contrôler, de repousser ou de détruire des organismes vivants (microorganismes, animaux ou végétaux) ou de s'opposer à leur développement. Le mot pesticide regroupe à la fois les produits phytopharmaceutiques destinés à un usage agricole et les biocides auparavant dénommés pesticides à usage non agricole (VIGOUROUX- VILLARD, 2006).

I.5.2 Insecticides :

Sont utilisés pour la protection des plantes contre les insectes. Ils interviennent en éliminant ou en empêchant leur reproduction. Différents types existent : les neurotoxiques, les régulateurs de croissances et ceux agissant sur la respiration cellulaire (MAIRIF, 2015).

I.6 Intervalle Post Mortem :

L'intervalle post mortem (IPM) est la durée entre le moment du décès d'une personne ou d'un animal et le moment où le corps est découvert. Il est très important de pouvoir estimer précisément cet IPM, notamment dans le cadre d'enquêtes médico-légales ou épidémiologiques. L'estimation de l'IPM est cruciale mais complexe, et nécessite une analyse détaillée du corps et de son environnement par des experts médico-légaux (BEAUTHIER, 2011).

I.6.1 Importance de l'entomologie médico-légale dans la détermination de l'intervalle post-mortem :

L'entomologie médico-légale joue un rôle crucial dans la détermination de l'intervalle post-mortem (IPM) en utilisant les insectes nécrophages pour estimer le moment du décès. Cette discipline permet d'apporter des informations précieuses pour évaluer le délai entre la mort et la découverte du corps, en se basant sur la succession des insectes colonisant le corps. Les insectes, en particulier les larves de mouches, sont sensibles à des facteurs comme la température, ce qui permet d'établir des estimations fiables de l'IPM à court et à long terme (CHARABIDZE et BOUREL, 2007). En combinant les connaissances entomologiques avec les données sur le développement des insectes et les conditions environnementales, les experts en entomologie médico-légale peuvent fournir des indications précises sur le moment du décès, ce qui est essentiel dans les enquêtes médico-légales et criminelles (AUBERNON et al., 2014).

I.6.2 Perturbation de l'intervalle post-mortem par les insecticides :

Les insecticides peuvent perturber l'estimation de l'intervalle post-mortem (IPM) en entomologie médico-légale en affectant le développement des insectes nécrophages utilisés pour déterminer le moment du décès. L'exposition à des insecticides peut altérer le cycle de développement des larves de mouches et donc fausser les estimations de l'IPM. Cette perturbation peut rendre difficile la datation précise du décès en se basant sur la succession des espèces d'insectes colonisant le corps.

Ainsi, l'utilisation d'insecticides à proximité d'un corps peut compromettre la fiabilité des estimations de l'IPM basées sur l'entomologie médico-légale (CHARABIDZE, 2017).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1 Présentation du site d'étude :

Notre étude a été effectuée dans deux sites différents situés dans la Wilaya de Skikda dans le nord-est de l'Algérie ($36^{\circ} 52' N.$, $6^{\circ} 54' E$) à une altitude de 18m.

Le premier site se situe au sein des laboratoires de biologie à l'ancienne école d'agriculture de l'université 20 août 1955 Skikda ($36^{\circ}50'59"N$ $6^{\circ}53'39"E$), (Figure 2A).

Le deuxième est situé dans la cité Larbi Ben Mhidi (Ex Jeanne D'arc) camps Caravaning Skikda ($36^{\circ}52'58"N.$, $6^{\circ}58'52"E$), (Figure 2B).



Figure 2 : Images satellitaires de l'emplacement des sites d'étude (Google maps).

A : Laboratoire de biologie à l'ancienne école d'agriculture de l'université 20 août 1955 Skikda.
B : La cité Larbi Ben Mhidi (Ex Jeanne D'arc) camps Caravaning Skikda

II.2 Période d'étude :

Les trois cadavres (Lapins) ont été mis en cages le 24 avril 2024, l'échantillonnage et le suivi des différents stades de décomposition cadavérique ont commencé le 25 avril 2024. L'étude a duré 26 Jours, du 25 avril au 20 mai 2024.

II.3 Modèle animal :

Pour réaliser notre étude on a utilisé trois lapins mâles *Oryctolagus cuniculus* (LINNAEUS, 1758) (Figure 3), ayant un poids qui varie entre (2.05 kg et 2.25kg).

Après traitement par les pesticides (Deltaméthrine, Imidaclopride) les cadavres ont été déplacés du premier au deuxième site d'expertise et ont été placés dans des cages métalliques grillagées à mailles afin de permettre aux insectes d'accéder tout en protégeant le cadavre (Figure 4).



Figure 3 : Modèle animal *Oryctolagus cuniculus* (Photo originale).

Tableau 1 : Classification du lapin domestique

Règne	Animale
Embranchement	Chordé vertébré
Classe	Mammifère placentaire
Ordre	Lagomorphe
Famille	Léporidé
Genre	<i>Oryctolagus</i>
Espèce	<i>Oryctolagus cuniculus</i>



Figure 4 : Mise en place des cadavres en cages (Photo originale)

II.4 Substances utilisées :

II.4.1 Deltaméthrine :

La Deltaméthrine est un insecticide pyréthroïde synthétique utilisé pour contrôler divers types d'insectes, tels que les moustiques, les mouches, les fourmis et les ravageurs agricoles. Sa formule chimique est (C₂₂H₁₉Br₂NO₃) et est stable aux pH 5 et 7, avec une demi-vie de 31 jours, mais se dégrade plus rapidement aux pH 8 et 9.

En tant que pyréthroïde synthétique, elle agit en modulant les canaux ioniques sodium, ce qui entraîne une hyperexcitation, puis une perte de coordination et finalement la mort de l'insecte ciblé. Cette substance est un lipophile qui peut être absorbé par diverses voies d'exposition et éliminé dans l'urine et les selles sous forme de métabolites en raison de l'hydrolyse et de l'oxydation dans l'organisme, La toxicocinétique de la deltaméthrine fait référence à l'absorption, la distribution, le métabolisme et l'élimination de cette substance dans l'organisme (INRS,2007) (Figure 5A).

II.4.2 Imidaclopride :

Imidaclopride est une substance phytosanitaire utilisée comme insecticide systémique qui appartient à la famille des néonicotinoïdes et agit sur le système nerveux des insectes en perturbant les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine (TOMLIN, 1994).

Cette substance est un solide blanc d'une masse moléculaire de 255,66 g/mol, son point d'ébullition est de 144°C, sa solubilité dans l'eau est très faible (INRS, 2015). Son mécanisme d'action consiste à la neurotransmission en antagonisant les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine au niveau post-synaptique, perturbant ainsi le système nerveux des insectes (O'MALLEY, 2010).

Lorsqu'il est absorbé par un organisme, l'imidaclopride est rapidement et largement distribué, principalement dans des organes tels que le foie, les reins, les poumons et la peau (INRS, 2015) (Figure 5B).



Figure 5 : Les substances utilisées pour le traitement toxicologique (Photos originales)

A : Deltaméthrine, B : Imidaclopride

II.5 Traitement des lapins :

Durant le traitement, nous avons sélectionné deux lapins pour l'administration d'une dose létale. Ces doses sont calculées en fonction de leurs poids (Tableau2). Les deux substances sont diluées dans l'eau distillée pour faciliter l'administration par voie orale.

Les deux lapins (1) et (2) sont traités respectivement par Deltaméthrine et Imidaclopride, la solution obtenue est administrée par gavage (Figure 6).

Pour le gavage nous avons utilisé :

- Seringue graduée.
- Sonde.

Tableau 2 : Les différentes doses administrées pour chaque lapin.

	Lapin 01	Lapin 02	Lapin témoin
Substance de traitement	Deltaméthrine	Imidaclopride	Non traité
La DL50 (mg/kg)	130	500	/
La dose administrée (mg/jour)	292 ,5	1100	/
Poids (kg)	2,250	2,200	2,05
Voie d'administration	Orale	Orale	/
Durée de traitement (Jour)	1 jour	2 jours	/



Figure 6 : Traitement par gavage (photo originale)

II.6. Dissection :

Après traitement, les lapins sont disséqués (Figure 7) afin de prélever leurs organes (le foie, les reins, le cœur, l'estomac, les intestins, les poumons et les testicules) (Figure 8), qui sont ensuite conservés dans des boîtes étiquetées (Figure 9).



Figure 7 : La dissection des lapins (photo originale)

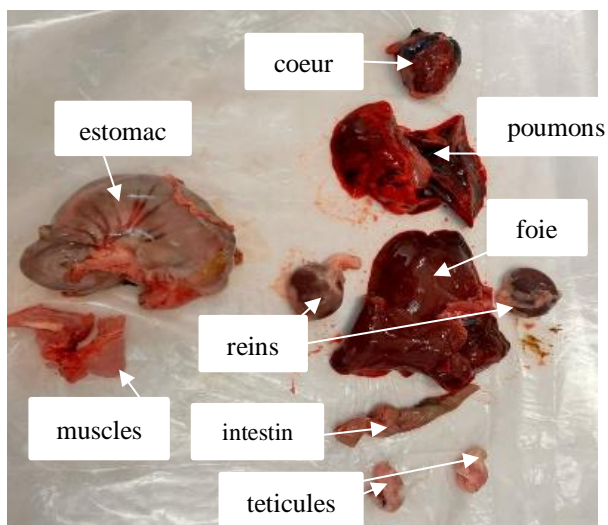


Figure 8 : Les organes prélevés d'un lapin après la dissection (photo originale)



Figure 9 : Conservation des organes (photo originale)

II. 7. Prélèvement des tissus :

Les échantillons prélevés sont séparés en deux groupes :

- Une partie de chacun des organes est destinée à l'élevage des larves, placée dans des boîtes en plastique perforées pour permettre l'entrée d'air.
- La deuxième partie est conservée dans le congélateur pour une éventuelle analyse toxicologique au laboratoire.

II. 8. Prélèvement sur terrain :

Les échantillons des larves sont prélevés une fois par jour (11h 30) jusqu'au stade de squelettisation des cadavres.

II.9. Matériel utilisé pour l'échantillonnage :

Les différentes expériences sur terrain et au laboratoire ont été effectuées sur les larves et les adultes des espèces ainsi que sur les tissus cadavériques.

Pour la manipulation des cadavres nous avons utilisé :

- Des paires de gants.
- Des masques.
- Thermomètre à sonde numérique pour la prise de température du corps des cadavres (Figure10).
- Les données de la température et l'humidité ont été recueilli de la station météorologique de SKIKDA.(Annexe 1)



Figure 10 : Prise de température du corps des cadavres (photo originale)

Pour le prélèvement des tissus nous avons utilisé :

- Une cuillère à café.
- Des pinces métalliques.
- Des paires de gants.
- Des lames de bistouri.
- Des boîtes en plastique.
- Une loupe pour l'observation des pontes et des larves premier stade (Figure 11).
- Des pièges pour capturer les adultes.



Figure 11 : Processus de prélèvement des échantillons (photos originales)

II.10. Techniques d'élevages :

Afin de suivre les cycles de développement de quelques espèces de Diptères nécrophages, nous avons effectué un élevage des larves L1 de différentes espèces trouvées sur les cadavres placés en cages. L'élevage a été réalisé au deuxième site d'expertise.

La technique consiste à suivre les pontes d'œufs des espèces nécrophages. Après l'éclosion des œufs, les larves premier stade (L1) sont récupérées, divisées en quantités égales et déposées sur les parties d'organes destinées à l'élevage qui ont été précédemment prélevées (30 larves/organe) (Figure 12). Ces échantillons sont ensuite placés dans des boîtes individuelles fermées avec le tulle, évitant ainsi la sortie des larves tout en permettant l'entrée de l'oxygène (Figure 13).

Les boîtes sont par la suite placées dans le même environnement pour assurer les mêmes conditions de température journalière, d'humidité et de luminosité a tous les échantillons.



Figure 12 : Prélèvement et dépôt de larves sur les organes destinés à l'élevage (photo originale)



Figure 13 : Boîtes d'élevage (photo originale)

II.11. Traitement des prélèvements au laboratoire :

II.11.1. Montage et identification :

II.11.1. Préparation et montage des adultes :

Les adultes capturés sont d'abord tués dans un récipient contenant de l'acétate d'éthyle. Ensuite, ils sont transférés dans un autre récipient avec un fond de sable fin humidifié et additionné d'un peu d'alcool à 70°. Pour empêcher le développement des moisissures, les insectes y sont conservés pendant environ 48 heures.

Ces mouches nécrophages sont par la suite séchées et épinglées par le thorax à l'aide d'aiguilles entomologiques sur une planche de polystyrène, pour ensuite les identifier à l'aide de diverses clés d'identification sous une loupe binoculaire. Chaque spécimen doit être accompagné d'une étiquette indiquant le nom de l'espèce, le lieu, la date de découverte et le nom de l'identificateur (Figure 14). Les mouches étiquetées sont ensuite placées dans des boîtes de collection, où un peu de créosote de hêtre est ajouté pour l'observation des échantillons (Figure 15).



Figure 14 : Adulte monté avec aiguille entomologique

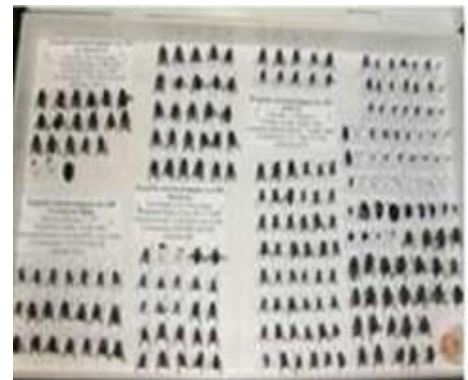


Figure 15 : Boîte de collection des différentes espèces d'adultes récoltées

II.11.2. Montage des larves :

Le montage se fait sur des larves du troisième stade (L3), bouillie et fixé au préalable dans de l'alcool 70° :

1. Pour commencer, on effectue des fissures longitudinales et transversales sur la cuticule (Figure 16). Cette opération permet à la solution dans laquelle l'échantillon est ensuite immergé de pénétrer plus facilement, et facilite également la phase finale de l'analyse de la préparation.



Figure 16 : Zones de dissections de la larve

2. L'échantillon est plongé dans une solution de NaOH à 5% et de savon liquide pendant quelques minutes, cette solution a été chauffée sans arriver à l'ébullition.
La soude caustique ou NaOH, est une base minérale forte utilisée pour dégrader les tissus internes des larves tout en préservant la cuticule et le céphalo-squelette, qui contiennent des caractéristiques morphologiques utiles pour l'identification des espèces. Cette étape est très délicate car la solution agit rapidement. Par conséquent, il est essentiel de surveiller constamment l'échantillon pour éviter une dégradation excessive pouvant compromettre l'intégrité des spécimens. Le savon agit comme une substance tensio-active, favorisant la désintégration interne.
3. Après avoir retiré l'échantillon de la solution, nous procédons à un rinçage à l'eau distillée. Il est recommandé d'effectuer plusieurs rinçages afin de garantir l'élimination totale de toute trace de soude et de savon qui pourrait affecter la visualisation microscopique.
4. Avant d'être montés sur la lame, les échantillons doivent être déshydratés pour éliminer l'eau des tissus. Cette opération consiste à immerger l'échantillon pendant 3 minutes dans quatre récipients différents, contenant chacun de l'éthanol à des concentrations croissantes (80°, 95° et 100°).
5. L'échantillon est ensuite immergé dans du xylène pendant quelques minutes afin d'éliminer toutes traces d'alcool des tissus et préparer l'échantillon à être monté entre lame et lamelle.

6. Les spécimens sont prêts à être montés entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada.

Avant l'analyse microscopique, nous devons laisser l'échantillon sécher pendant quelques heures dans une étuve.

II.12. Identification des spécimens :

Les adultes sont généralement plus simples à identifier en raison de leurs traits physiques particuliers (Figure 17). Il est également possible de distinguer les larves de certaines espèces.

L'identification des larves repose principalement sur l'examen de certaines parties du corps, notamment les formes du spiracle antérieur et postérieur, la structure du céphalo-squelette, ainsi que la présence de bandes d'épines au niveau des segments thoraciques et abdominaux (BOULKENAFET., 2016) (Figure 18).

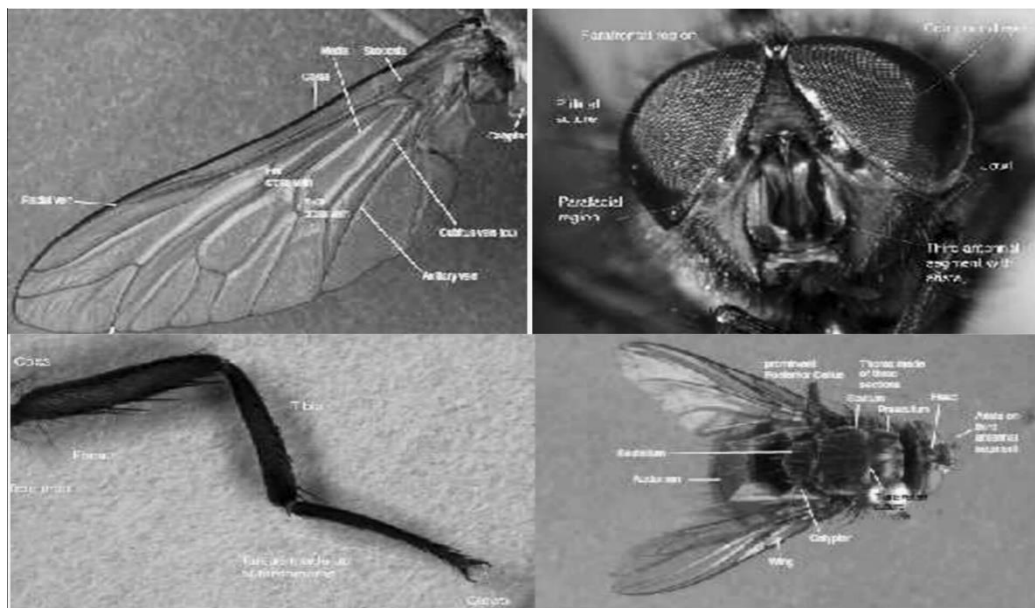


Figure 17 : Les principales structures utilisées dans l'identification des larves de diptères nécrophages (GENNARD, 2007)

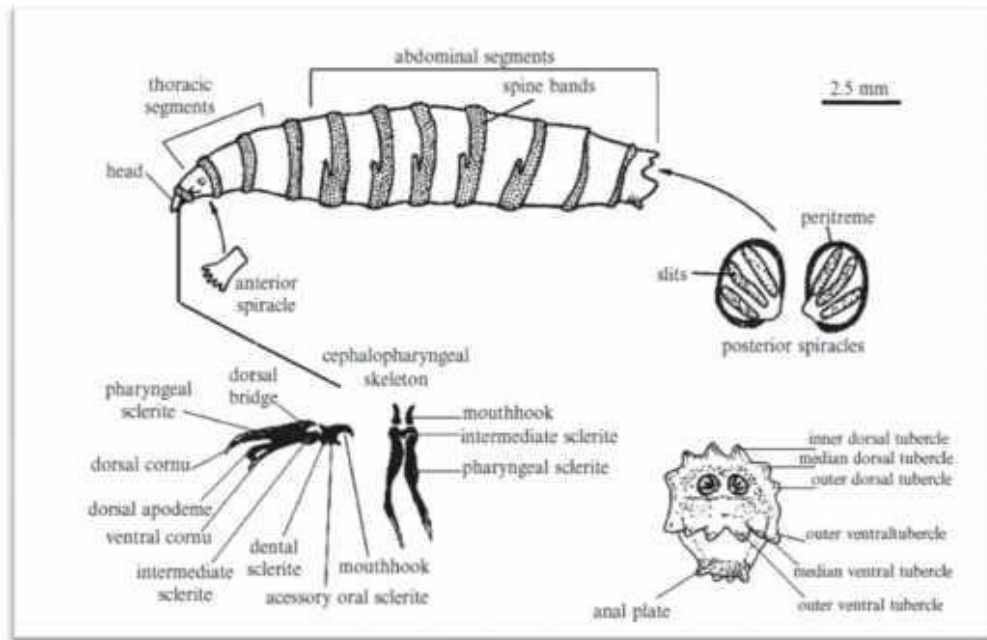


Figure 18 : les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (AMENDT et al., 2010)

Chapitre III

Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1 Stades de décomposition cadavérique :

La décomposition d'un corps comporte une série de processus dynamiques qui vont entraîner des changements biologiques, chimiques et physiques au niveau du cadavre (ANDERSON, 2001). Hormis la décomposition biologique du corps par des microorganismes (bactéries, champignons saprophytes), des Arthropodes (dont les insectes) et sa destruction par les vertébrés (mammifères, oiseaux) (MARCHENKO, 2001), le corps subit une thanatomorphose. Après la mort, les processus de décomposition s'enclenchent plus ou moins rapidement selon les conditions environnantes (température et humidité principalement) (ANDERSON, 2001). Durant notre période d'étude quatre stades de décomposition cadavérique ont été observés (stade frais, stade de gonflement, stade de décomposition et le stade de squelettisation) (Figure 19). La durée de chaque stade observé chez le cadavre témoin par rapport aux traités est représentée dans le (Tableau3). On note un décalage de 192 heures (8 jours) en ce qui concerne le début du stade de décomposition entre le lapin témoin et le lapin traité par le Deltaméthrine. Autrement dit, le stade de décomposition est plus long chez le lapin traité par le Deltaméthrine par rapport au lapin témoin. En revanche, le lapin traité par l'imidaclopride n'a montré aucun développement (Figure 20).



Figure 19 : Les quatre stades de décomposition cadavérique, A : stade frais, B : stade de gonflement, C : stade de décomposition, D : stade de squelettisation.

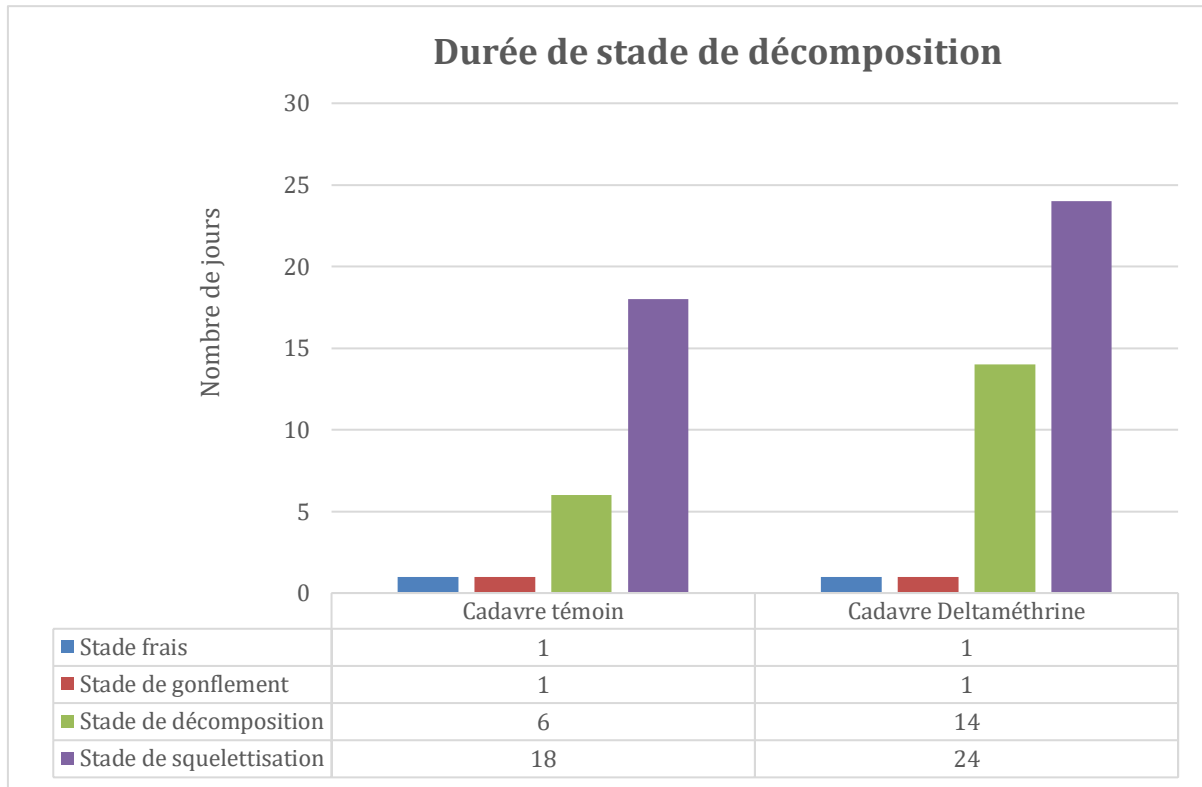


Figure 20 : Durée des différents stades de décomposition observé chez les deux lapins.

III.2 Résultat du prélèvement et identification des spécimens :

Durant notre période d'étude, des diptères nécrophages adultes ont été capturés par des pièges à appâts, L'identification des échantillons a révélé la présence de plusieurs espèces parmi lesquelles on a identifié *Lucilia sericata* (MEIGEN ,1826) appartenant à la famille des calliphoridae et qui a été l'objet de notre travail (Figure 21).



Figure 21 : Identification des adultes de *Lucilia sericata*

Pour l'identification des larves on s'est basé essentiellement sur la clé de (SZPILA et al.,2013) qui vise certaines parties du corps telle que la partie postérieure de la larve où se trouve deux structures circulaires (sclérite annulaire qui entoure le ou les stigmates) (Figure 22), à l'intérieur desquelles, on compte un, deux ou trois stigmates respiratoires correspondant aux stades larvaires 1, 2 ou 3 (Figure 22A, 22B) (Figure 23).

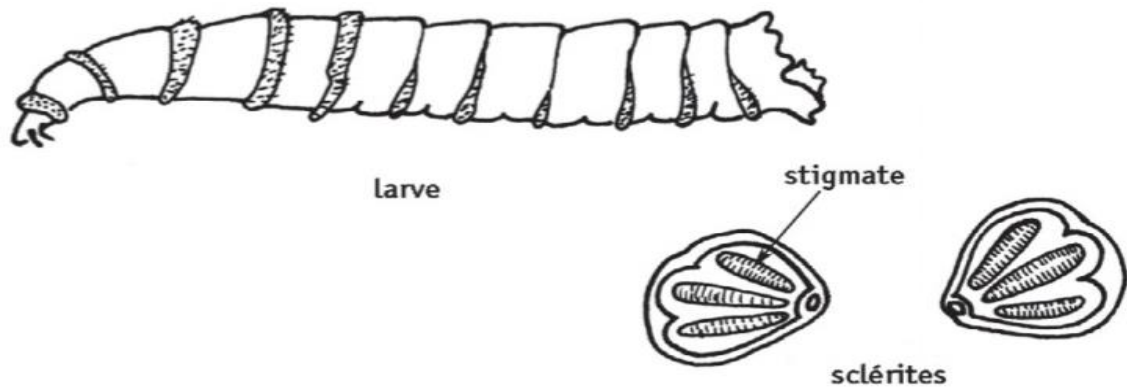


Figure 22 : Larve de diptère calliphoridae et détail des deux structures circulaires (partie postérieure de la larve à droite) avec les sclérites qui entourent les stigmates. Dans ce cas 3 stigmates donc stade larvaire 3.

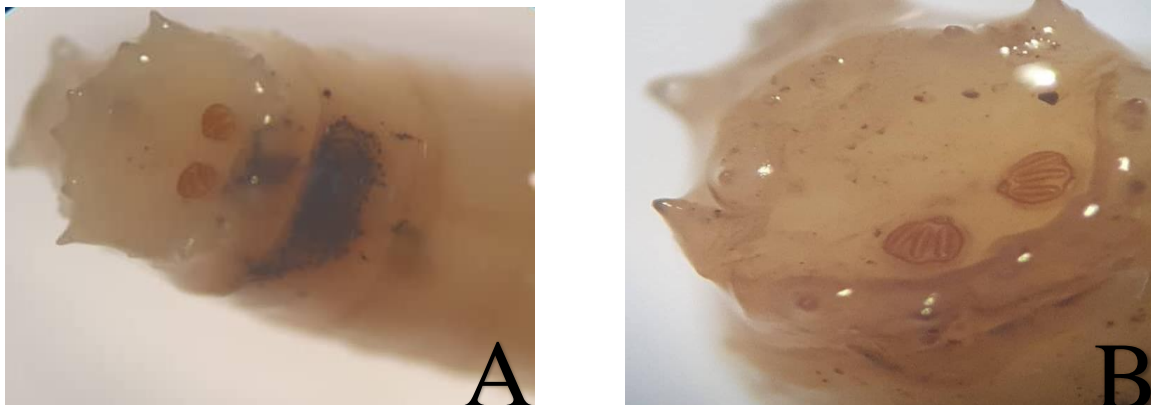


Figure 23 : Observation microscopique du postérieur d'une larve au stade 2 et 3 (Photos originales), A : larve au stade 2, B : larve au stade 3

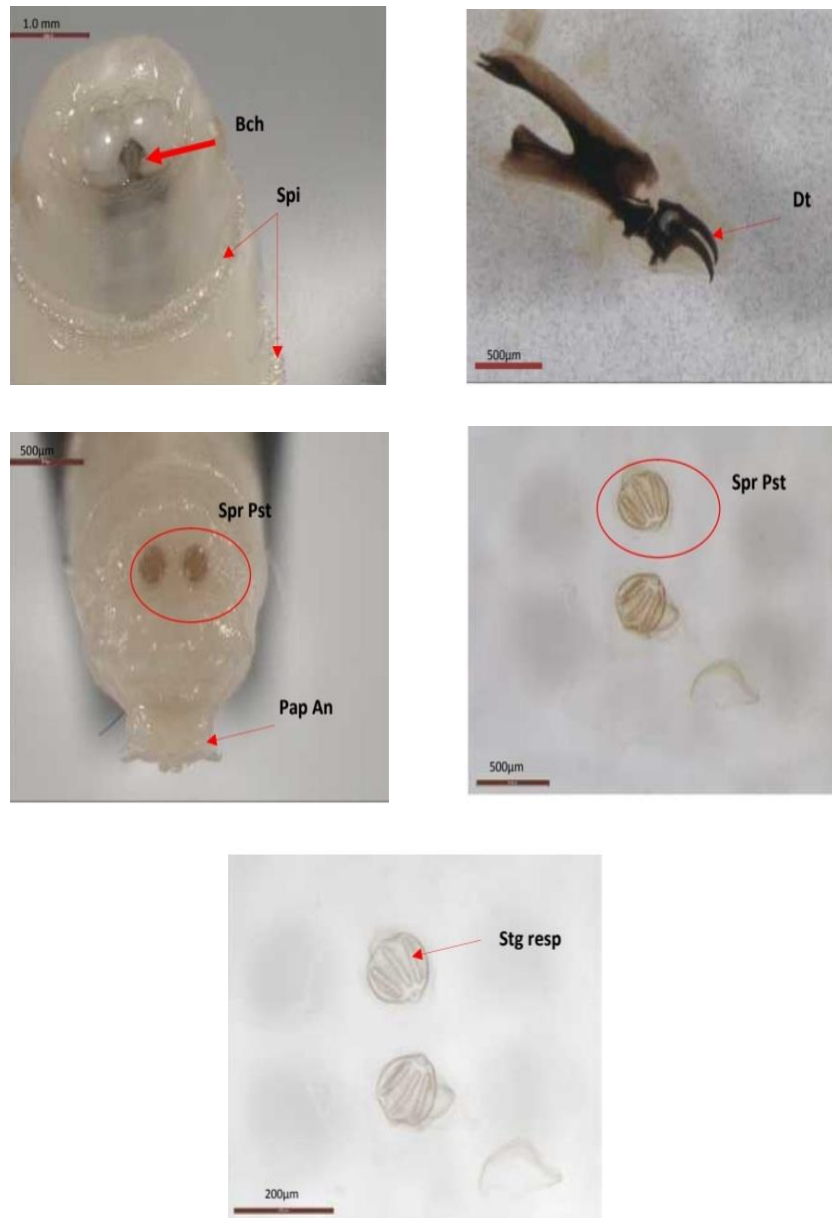


Figure 24 : Caractères morphologiques utilisés pour l'identification de l'espèce

L. Sericata

Stg.res : stigmate respiratoire ; **Bch** : Bouche ; **Spi** : Spinulation ; **Spr.Post** : Spiracle Postérieur ; **Pap.An** : Papille anale ; **Dt** : Dent

III.3 Etude des stades de développement des larves :

III.3.1 Analyse des résultats d'élevage des mouches nécrophage :

La prise des températures est effectuée trois fois par jour au niveau du site d'étude, pour calculer enfin la somme effective subie par chaque stade de développement avec les différentes substances

et déterminer l'existence ou non d'une différence sur le développement du cycle et les différents stades larvaires de : *L. sericata* (Tableau 3).

Le seuil inférieur de développement de cette espèce est égale à 9 C° (MARCHENKO, 2001).

La température effective est calculée à partir de la température moyenne journalière cadavérique et le seuil inférieure de développement de L'espèce est égale à 9°C selon la formule suivante :

$$T_{\text{eff}} = T_{\text{moy}} - T_{\text{th}}$$

Tableau 3 : Les températures moyennes et effectives correspondantes aux différents stades de développement larvaire du lapin témoin.

Jour	Stade de développement	T° moy Cadavre	T° eff	Σ T° eff
1	Œuf	23.26	14.26	14.26
2	L1	24.46	15.46	29.72
3	L2	26.86	17.86	47.58
4	L3	25.63	16.63	64.21
5	L3	21.73	12.73	76.94
6	L3	20.83	11.83	88.77
7	L3	21°	12	100.77
8	Pupe	23°	14	114.77
9	Pupe	25°	16	130.77
10	Pupe	26°	17	147.77
11	Pupe	26°	17	164.77
12	Pupe	27°	18	182.77
13	Pupe	21°	12	194.77
14	Pupe	18°	9	203.77
15	Adulte	22°	13	216.77

Le tableau ci-dessus représente les températures moyennes journalière cadavérique lors du cycle développement de l'espèce *L.sericata* à partir de œuf jusqu'à l'émergence des adultes. Lors du suivi du cycle on a noté que le développement des larves du stade (L1) de cette espèce a consommé une $\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$ égale à 29.72 °C, le passage au stade (L2) a nécessité une ΣT_{eff} égale à 47.58°C, pour atteindre le stade (L3) les larves ont consommé 64.21°C, puis le stade pupes qui a consommé 114.77°C et enfin pour atteindre le stade adulte *L.sericata* a consommé une $\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$ égale à 216.77°C.

Tableau 4 : Les températures moyennes et effectives environnementales correspondantes aux différents stades de développement larvaire du lapin témoin

Jour	Stade de développement	T° _{moy Env}	T° _{eff}	Σ T° _{eff}
1	Œuf	20°	11	11
2	L1	23°	14	25
3	L2	28°	19	44
4	L3	22°	13	57
5	L3	21°	12	69
6	L3	20°	11	80
7	L3	21°	12	92
8	Pupe	23°	14	106
9	Pupe	25°	16	122
10	Pupe	26°	17	139
11	Pupe	26°	17	156
12	Pupe	27°	18	174
13	Pupe	21°	12	186
14	Pupe	18°	9	195
15	Adulte	22°	13	208

Le tableau 4 représente les températures moyennes journalières environnementales lors du cycle développement de l'espèce *L.sericata* à partir de œuf jusqu'à l'émergence des adultes.

Lors du suivi du cycle de développement des larves de l'espèce mentionnée, il a été observé que l'évolution du stade (L1) nécessitait une température effective ($\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$) de 25 °C. Le passage au stade (L2) demandait quant à lui une température effective de 44 °C. Pour parvenir au stade (L3), les larves ont consommé 57°C, puis les pupes ont nécessité 106°C. Enfin, pour atteindre le stade adulte une température effective totale de 208°C a été consommé.

Tableau 5 : Relevé des températures du cadavre traité par l'imidaclopride et les différents stades de développement larvaire

Jour	T ^o _{Moy} cadavre	Stade de Développement
1	18.43	Œuf
2	18.76	Arrêt de développement
3	20.4	
4	19.83	
5	Arrêt de suivi	

Le tableau ci-dessus concerne le lapin traité par l'Imidaclopride, sur lequel les œufs n'ont montré aucun signe de développement (pas d'éclosion). Toutes les mouches ayant pondus des œufs sont mortes quelques instants après.

Pour confirmer ceci, le 2-ème jour on a déposé un échantillon de larves L1 prélevé du lapin témoin sur ce cadavre, 4mins après toutes les larves sont mortes.

Le suivi a été arrêté au bout du 5-ème jours après avoir constaté aucune activité au niveau de ce cadavre.

Tableau 6 : Les températures moyennes et effectives correspondantes aux différents stades de développement larvaire du cadavre traité par la Deltaméthrine.

Jour	Stade de développement	T ^o _{moy} cadavre	T ^o _{eff}	Σ T ^o _{eff}
1	Œuf	24.4	15.4	15.4
2	L1	24.06	15.06	30.46
3	L2	25.63	16.63	47.09
4	L3	27.4	18.4	65.49
5	L3	26.16	17.16	82.65
6	L3	24.7	15.7	98.35
7	L3	24.1	15.1	113.45
8	L3	21.13	12.13	125.58
9	Pupe	22°	13	138.58
10	Pupe	23°	14	152.58
11	Pupe	24°	15	167.58
12	Pupe	25°	16	183.58
13	Pupe	24°	15	198.58
14	Pupe	23°	14	212.58
15	Adulte	24°	15	227.58

Le tableau 6 montre les températures moyennes cadavérique à chaque stade de développement des larves sur le lapin traité par la Deltaméthrine depuis le jour de ponte ainsi que les températures effectives calculées à partir des T°_{moy} . Lors de l'observation du cycle de développement des larves de l'espèce mentionnée, il a été noté que chaque stade nécessite des températures cumulatives spécifiques pour progresser. Le stade L1 nécessitait une température cumulative de 30.46°C, tandis que le passage au stade L2 nécessitait 47,09°C. Les larves ont consommé 65.49°C pour parvenir au stade L3, puis 138.58°C pour atteindre le stade de pupes. Enfin, pour atteindre le stade *L.sericata*, elles ont nécessité une température cumulative totale de 227.58°C. Ces données mettent en lumière l'importance des températures dans le développement des larves de cette espèce.

Tableau 7 : Les températures moyennes et effectives environnementales correspondantes à chaque stade de développement larvaire du cadavre traité par la Deltaméthrine.

Jour	Stade de développement	$T^{\circ}_{\text{moy Env}}$	T°_{eff}	$\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$
1	Œuf	21°	12	12
2	L1	23°	14	26
3	L2	25°	16	42
4	L3	26°	17	59
5	L3	26°	17	76
6	L3	27°	18	94
7	L3	21°	12	106
8	L3	18°	9	115
9	Pupe	22°	13	128
10	Pupe	23°	14	142
11	Pupe	24°	15	157
12	Pupe	25°	16	173
13	Pupe	24°	15	188
14	Pupe	23°	14	202
15	Adulte	24°	15	217

Ce tableau montre les températures moyennes de l'environnement notées à chaque stade de développement des larves du lapin traité par la Deltaméthrine depuis le jour de ponte, ainsi que les températures effectives calculées. Lors de l'observation du cycle de développement des larves de *L.sericata*, il a été constaté que chaque stade exigeait des températures cumulatives spécifiques pour évoluer. 26°C Pour passer du stade L1 et pour stade L2, il fallait atteindre une température cumulative de 42°C, tandis que le passage au stade L3 nécessitait 59°C. Les larves ont alors consommé 128°C pour accéder au stade de pupes et en fin 217°C pour parvenir au stade final.

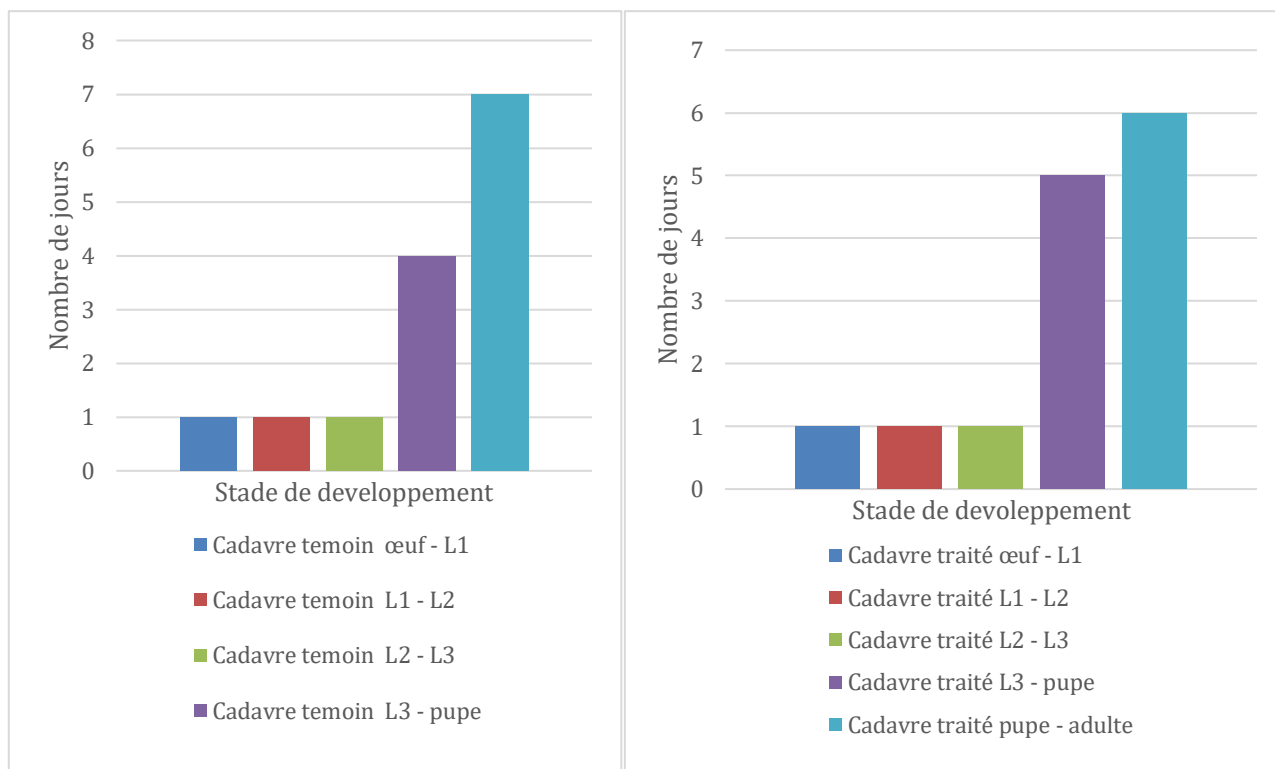


Figure 25 : Durée de chaque stade de développement des larves chez les deux lapins.

La figure ci-dessus représente la durée de chaque stade de développement des larves du lapin témoin et du traité par la deltaméthrine. On remarque une différence d’un jour au niveau de la durée du stade L3 (4 jours chez le témoin et 5 jours chez le traité), ainsi qu’une différence d’un jour au niveau de stade pupe (7 jours sur le témoin et 6 jours sur le traité). La durée du cycle entier (d’œuf à adulte) est la même sur les deux lapins.

III.3.2 Analyse statistique des résultats :

Test de Kruskal-Wallis

Le tableau suivant représente la somme des températures effective des deux cadavres témoin et traité.

Tableau 8 : Statistiques descriptives de la somme des températures effectives des deux cadavres témoin et traité.

Statistiques descriptives					
	N	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Somme de températures	60	117.3157	63.68057	11.00	227.58
Somme de températures par groupe	60	2,5000	1,12747	1,00	4,00

Tableau 9 : Test statistique de la somme des températures effectives des deux cadavres

Test statistique	
	Somme de températures
Chi-Square	0,345
Df	3
Asymp. Sig.	0,951

Les résultats issus de l'analyse de Kruskal-Wallis montrent qu'il n'y a pas une différence significative, $p = 0,951$ qui est $> \alpha = 0,05$, entre la somme de T_{eff} du cadavre témoin et du cadavre traité.

Le tableau suivant représente la somme des températures effective des organes des deux cadavres.

Tableau 10 : statistiques descriptives de la somme des températures effectives des organes des deux cadavres

Descriptive Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
POUMON/FOIE/MUSCLE	51	139,2941	73,64979	12,00	272,00
GROUPE/PFM	51	1,9216	,82081	1,00	3,00

Ranks			
	GROUPE/PFM	N	Mean Rank
POUMON/FOIE/MUSCLE	POUMON	19	26,58
	FOIE	17	29,44
	MUSCLE	15	21,37
	Total	51	

Tableau 11 : Test statistique de la somme des températures effectives des organes des deux cadavres

Test Statistics ^{a,b}	
	POUMON/FOIE/MUSCLE
Chi-Square	2,397
Df	2
Asymp. Sig.	0,302
P>0.05	
a. Kruskal Wallis Test	
b. Grouping Variable: GROUPE/PFM	

Les résultats issus de l'analyse de Kruskal-Wallis montrent qu'il n'y a pas une différence significative, $p = 0,302$ qui est $> \alpha = 0.05$, entre la somme T_{eff} des organes traités.

III.4 Discussion :

Durant notre période d'expérimentation sur les trois cadavres de lapins déposés dans le site d'étude, on a obtenu une série de résultats qui révèlent que les premières espèces visitant le cadavre appartiennent principalement à l'ordre des Diptères, ce qui est confirmé par les travaux de TABOR (2004) et BENMIRA (2010). Ces espèces appartiennent à la famille des Calliphoridae qui est largement dominante (GRASSBERGER et FRANK, 2004 ; AL-MESBAH et al, 2012 ; BOULKENAFET, 2016). Cette famille regroupe les espèces les plus importantes pour l'entomologie forensique dont les larves peuvent effectuer leur cycle complet sur des cadavres animaux ou humains (WYSS et CHERIX, 2014).

D'après les expériences de (BOULAY, 2011 in BOUKHARI ET BOURAOUI , 2016), les larves des Diptères nécrophages sont capables de détecter les signaux attractifs (tel que l'odeur de la viande).

L'identification des échantillons des Diptères nécrophages révèle l'existence de plusieurs espèces, pour notre étude on s'est basé sur *Lucilia sericata*.

Cette espèce est comptée parmi les premiers colonisateurs des cadavres en Algérie FILALI (2011) et TALEB et al (2013).

Concernant la décomposition cadavérique on a noté que les deux cadavres : le témoin et le traité par la deltaméthrine ont subi quatre stades de décomposition : stade frais, gonflement, décomposition, squelettisation, conformément aux travaux antérieurs effectués par BENMIRA (2010), RAMDANE (2011), NIYA (2012) et DJEGHAR et ROUBHI (2013).

Tout au long de notre étude, on a observé que la durée des stades de décomposition cadavérique chez le témoin diffère de celle du cadavre traité par la deltaméthrine. Cette différence réside précisément dans le stade de décomposition et le stade de squelettisation. Pour le cadavre témoin le stade de décomposition a duré 6 jours (du 27 avril au 02 mai), chez le traité cette phase s'est étendue sur 14 jours allant du 27 avril au 10 mai. Le stade de squelettisation a aussi été plus long chez le traité que le témoin (18 jours pour le témoin et 24 jours pour le traité).

Cette différence peut être expliquée par la modification de l'activité et le développement des insectes présentes sur le cadavre traité, cela concorde avec l'expérience de YUAN-WEI et al (2010), ABD EL-BAR et SAWABY (2011), WOLFF et al (2004) qui affirment que certains composés chimiques peuvent modifier le processus de décomposition, en altérant l'activité et le développement des insectes principalement les diptères présents sur les cadavres en modifiant la durée de décomposition cadavérique ce qui peut conduire à des erreurs dans l'estimation de L'IPM, un facteur qui doit être pris en considération dans les enquêtes dont la mort est suspecte.

Durant notre travail on a calculé la durée du cycle de développement de *L. sericata* identifiée sur les deux lapins. Pour compléter son cycle sur le cadavre témoin, l'espèce a consommé une $\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$ égale à 208°C pour atteindre le stade adulte dans une durée de 15 jours, ce résultat est similaire aux résultats d'études menées par MARCHENKO (2001) qui affirme que cette même espèce doit consommer une constante de chaleur égale à 207 °C pour arriver au stade adulte. Alors que, sur le lapin traité par la deltaméthrine, le cycle de développement de *L. sericata* s'est achevé au bout de 15 jours après avoir consommé une $\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$ égale à 217°C . Notant qu'il n'y a pas de différence significative entre $\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$ du cycle du témoin et du traité. Ce résultat est confirmé par les travaux de MARCHENKO (1988) qui affirme que la marge d'erreur est de l'ordre de 24 heures, voire inférieur à un jour. De plus, le moment de la ponte dépend de plusieurs paramètres. Il varie de quelques heures à plusieurs jours (CHARABIDZE 2012 ; WYSS et CHERIX, 2013).

En ce qui concerne le développement de cette espèce sur les organes, aucune influence significative de la substance n'a été noté. *L. sericata* a consommé une $\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$ égale à 268°C pour devenir adulte dans une durée de 19 jours sur un échantillon de l'estomac du cadavre témoin, cette valeur de température accumulé est supérieure à celle que l'espèce a consommé pour compléter son cycle au niveau du muscle du même cadavre (208°C pendant 15 jours) cette différence est peut-être causée par l'abondance du substrat alimentaire (la quantité du muscle était plus grande que celle de l'estomac) ou d'humidité relative. Selon KRYSTAL et SHERAH (2024) qui ont affirmé que l'humidité peut influencer l'éclosion et le développement des œufs des diptères nécrophages.

Pour le cadavre traité, le stade adulte est atteint en consommant une $\Sigma T^{\circ}_{\text{eff}}$ égale à 272°C sur le foie et 271°C au niveau du poumon, dans une durée de 19 jours pour les deux. Conformément aux résultats des travaux réalisés par WYSS et CHERIX (2006) sur l'alcool qui ont prouvé que cette substance n'a aucune influence sur le cycle de développement des larves. Aussi pour la recherche menée par PIEN et al (2004) sur *Calliphora vicina* qui a démontré que le diazépam n'influence en aucun cas le développement de cette espèce. Contrairement aux données fournies par INTRONA et al (2001) qui ont montré que la présence de certaines substances dans l'alimentation d'un insecte, peut perturber son cycle de développement en accélérant ou en prolongeant la durée des stades larvaires et/ou pupaux. Tout comme les résultats trouvés par EL-SAMAD et al (2011) sur l'étude de l'impact du tramadol sur le développement de *L. sericata* qui ont montré que cette substance a retardé le développement de l'insecte. Ainsi les travaux de TRACQUI et al (2004) et GEORGE et al (2009) affirment que le développement de certaines espèces pourrait être influencé par la présence de substances chimiques.

Conclusion et Perspectives

Conclusion et Perspectives :

L'entomologie médico-légale est une discipline qui utilise les insectes et leur développement pour résoudre des enquêtes criminelles, notamment pour estimer le temps écoulé depuis la mort, ainsi que ses causes.

Les diptères nécrophages jouent un rôle très important dans cette recherche, étant souvent les premiers à coloniser les cadavres, ceux-ci fournissent des informations à propos de la vie de l'individu avant sa mort, si par exemple il a consommé une substance (drogue, médicament, produit phytosanitaire...) elle sera détectée chez les larves qui se sont nourries du cadavre en question.

La consommation de substances ou de produits chimiques tel que les insecticides, peut avoir par la suite un impact sur les processus de décomposition cadavérique et le cycle de développement des insectes. Concernant notre étude qui s'est basée sur l'effet de la Deltaméthrine sur les paramètres précédemment mentionnés, on a constaté que la substance a provoqué un ralentissement du processus de décomposition du cadavre traité par rapport au témoin. En revanche, la Deltaméthrine n'a eu aucune influence significative sur le cycle de développement des larves de *Lucilia sericata*.

La recherche pourrait être étendue à une gamme plus vaste et plus variée d'insecticides et d'autres substances chimiques afin de mieux comprendre leurs effets sur les mécanismes de décomposition et le cycle de vie des insectes nécrophages. Cela inclut l'étude des effets à long terme de ces substances sur les estimations de l'IPM.

La détermination quantitative et qualitative des traces des substances toxiques dans les larves et les tissus, par le biais de certaines techniques tel que HPLC, GCMS, LCMS.

Il est également essentiel de créer des bases de données complètes sur les diptères nécrophages et leurs cycles de développement en fonction des conditions environnementales et des produits chimiques, ainsi que faire d'éventuelles recherches sur l'influence de la quantité du substrat alimentaire sur la durée du cycle de développement de ces espèces.

Enfin, il est impératif de créer et innover les méthodes de collecte, de conservation et d'analyse des échantillons entomologiques sur les lieux de crime pour assurer et augmenter la fiabilité de cette discipline dans le domaine médico-légal.

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

- **ABD EL-BAR, M.M. ET SAWABY, R.F. (2011)** A preliminary investigation of insect colonization and succession on remains of rabbits treated with an organophosphate insecticide in El-Qalyubiya Governorate of Egypt. *Forensic Science International*.208: 26-30.
- **AL-MESBAH, H., MOFFATT, C., EL-AZAZYC, O.M.E. ET MAJEEDD, Q.A.H (2012)** The decomposition of rabbit carcasses and associated necrophagous Diptera in Kuwait. *Forensic Science International*.217: 27-31.
- **AMENDT, J., CAMPOBASSO, C., GOFF, M.L. et GASSBUGER, M. (2010)** Current concepts in forensic entomology. Springer, pp. 377.
- **AMENDT, J., KRETTEK, R. et ZEHNER, R. (2004)** Forensic entomology. *Naturwissenschaften*.91:51-65.
- **ANDERSON, G. S. et VAN LAERHOVEN, S.L. (1996)** Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*. 41:617-625.
- **ANDERSON, GS. (2001)** Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. In JH Castner et JL Byrd, *Forensic entomology-The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, CRC Press, Boca Raton.143-169.
- **ARNALDOS, M.I., GARCIA, M.D., ROMERA, E., PRESA, J.J. ET LUNA, A. (2005).** Estimation of post-mortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Science International*.149: 57-65.
- **AUBERNON C. ; HEDOUIN, V. et CHARABIDZE, D. (2017)** - Les larves de diptères nécrophages en entomologie médico-légale : une histoire de température.33 : 779–783.
- **AUBERNON, C., BOULAY, J. ET CHARBIDZE, D. (2014)** Comportement et développement des larves nécrophages, chapter: Comportement et développement des larves nécrophages , In Book : *Insectes, cadavres et scène de crime*. Edition : de Boeck Editors : Damien Charabidze, Matthias Gosselin.79-90.
- **BEAUTHIER, J.-P. (2011).** *Traité de médecine légale*, 2 e édition. De Boeck, Bruxelles, pp.1056.
- **BENECKE, M. (2001)** A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*.120: 2-14.

- **BENMIRA, S. (2010)** Contribution à l'étude systématique des insectes nécrophages d'intérêt médico-légal, Mémoire de Matser Université de constantine, pp.39.
- **BOULKENAFET, F. (2016)** Caractérisation des insectes nécrophages, leur utilité en Médecine légale et dans les enquêtes judiciaires. Thèse de doctorat : Spécialité : Entomologie. Université des Frères Mentouri Constantine, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Département de Biologie Animale, pp.144.
- **BOUKHARI, D. BOURAOUI, N. (2016)** Étude des insectes nécrophages (Diptera Insecta) d'intérêt médico- légale et agricole, mémoire de master, université des Frères Mentouri Constantine, pp.76.
- **BYRD, J. H. ET CASTNER, J.L. (2001)** Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA, pp.418.
- **BYRD, J.H. ET CASTNER, J.L. (2009)** Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in legal Investigations. CRC Press, Boca Raton, London, New York, pp.681.
- **BYRD, J. H. & CASTNER, J. L. (2010)** Insects of forensic importance. In Forensic entomology: the utility of using arthropods in legal investigations (ed. by J.H. Castner & J.L. Byrd) CRC Boca Second Edition, Raton, FL, pp. 29-126.
- **CAMPOBASSO, C.P., DI VELLA, G. ET INTRONA, F. (2001)** Factors affecting decomposition and Diptera colonization. Forensic Science International. 120: 18-27.
- **CARTER, D.O., YELLOWLEES, D. et TIBBETT, M. (2007)** cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. Naturwissenschaften.94:12 - 24.
- **CARTER, D.O., YELLOWLEES, D. et TIBBETT, M. (2008)** Temperature affects microbial decomposition of cadavers (*Rattus rattus*) in contrasting soils. Applied Soil Ecology .40(1): 129-137.
- **CATTS EP, GOFF M. (1992)** Forensic entomology in criminal investigations. Annual Review of Entomology.37 :253–72.
- **CHARABIDZE D. (2012).** La biologie des insectes nécrophages et leur utilisation pour dater le décès en entomologie médico-légale. Annales de la société entomologique de France.48(4) :239-252
- **CHARABIDZE D. (2021)** Ils peuplent les morts : approche entomologique médico-légale. Fage éditions, pp.93.
- **CHARABIDZE, D. (2008)** Etude de la biologie des insectes nécrophages et application à l'expertise en entomologie médicolégale. Thèse préparée au sein du

laboratoire de l'entomologie de l'institut de médecine légale, Université du Droit et de la Santé - Lille II, 2008. Français, pp.278.

- **CHARABIDZE, D. (2017)** -Article du Monde sur l'entomologie médico-légale.
- **CHARABIDZE, D. et BOUREL B. (2007)** - Entomologie médico-légale : les insectes au service de la justice. Insectes 29 n° 147.
- **CHARABIDZE, D. ; HEDOUIN, V. et GOSSET, D. (2012)**. Étude des variations hebdomadaires et saisonnières des populations d'insectes nécrophages. 3(3) : 120-126
- **DAUTARTAS, A.M. (2009)** The effect of various coverings on the rate of human decomposition. Thesis. University of Tennessee, Knoxville (unpublished),pp.87.
- **DEKEIRSSCHIETER, J. (2007)** Etude des odeurs émises par des carcasses de porc (*Sus domesticus* L.) en décomposition et suivi de la colonisation post-mortem par les insectes nécrophages. Mémoire de fin d'étude, Faculté Universitaire des sciences agronomiques Gembloux Agro-Bio Tech,pp. 87.
- **DEKEIRSSCHIETER, J. (2012)** Etude des interactions entre l'entomofaune et un cadavre : approches biologique, comportementale et chémo-écologique du coléoptère nécrophage, *Thanatophilus sinuatus* Fabricius (Col., Silphidae), docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique, Université de liège Gembloux Agro-Bio Tech, pp. 284.
- **DEKEIRSSCHIETER, J., CHARABIDZE, D. et HAUBURGE, M. (2014)** marcel Leclereq, un pionnier de l'entomologie forensique. In Insectes, cadavre et scènes de crime : Principe et application de l'entomologie médico-légale (ed. By D. Charabidzé et M. Gosselin). Deboeck. 21-35.
- **DEKEIRSSCHIETER, J. F., VERHEGGEN, M., GOHY, G., LOGNAY.et HAUBRUGE, E. (2008)** what smell a decaying pig's carcasses, 7 Th meeting of the European Association for Forensic Entomology, Kolymbari (Greece). 89(3):46-53.
- **DJEGHAR. R. R ET ROUBHI, H. (2013)** Contribution à l'étude de l'implication des coléoptères nécrophages dans la décomposition d'un substrat animal. Cas particulier de *Silpha rugosa* L., 1758. Mémoire de Master Université de Constantine,pp.61.
- **EARLY, M. ET GOFF, M.L. (1986)** Arthropod succession patterns in exposed carrion on the Island of Oahu, Hawaiian Islands, USA, Journal of Medical Entomology. 23: 520-531.
- **EL-SAMED, L.MET et-MOATY,Z.(2011)** effects of tramadol on the Development of *Lucilia sericata*(Diptera Calliphoridae)and Detection of the Drug Concentration in Postmortem Rabbit Tissus and Larvae .journal of entomology.8(4):353-354.

- **FENOGLIO, S., BO, T., CAMMARATA, M., MALACARNE, G. et DEL FRATE, G. (2010)** Contribution of macro-and micro-consumers to the decomposition of fish carcasses in low-order streams: An experimental study. *Hydrobiologia*. 637: 219-228.
- **FILALI F. (2011)** - Contribution à l'étude de la colonisation préférentielle d'un cadavre animal par les insectes nécrophages. Mémoire de Master, Université Mentouri Constantine, pp.38.
- **FREDERICK C, DEKEIRSSCHIETER J, FRANCOIS J, HAUBURGE E. (2011)** -L'entomologie forensique, les insectes résolvent les crimes. *Faunistic Entomology*.63 (4) : 237-249.
- **GAUDRY, E. (2002)** Eight squadrons for one target: the fauna of cadaver described by J.P. Mégnin. *Proceeding of the First European Forensic Entomology Seminar, Rosny-sous-Bois, France*.31-36.
- **GENNARD D.E. (2007)** *Forensic Entomology: An Introduction*. Ltd John Wiley & Sons, pp. 224.
- **GENNARD, D. E. (2007)** *Forensic entomology: An introduction*. Library of congress cataloging, England, pp. 254.
- **GEORGE, K. A., ARCHER, M. S., GREEN, L. M., CONLAN, X. A. et TOOP, T. (2009)** Effect of morphine on the growth rate of *Calliphora stygia* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae) and possible implications for forensic entomology. *Forensic Science International*. 193:21-25.
- **GOSSELIN M, WILLE SMR, FERNANDEZ M DEL MR, DI FAZIO V, SAMYN N, DE BOECK G, BOUREL B. (2011)** Entomototoxicology, experimental set-up and interpretation for forensic toxicologists. *Forensic science international*. 208: 1–9.
- **GRASSBERGER, M .ET FRANK, C .(2004)** Initial study of arthropod succession on pig carrion in a central European urban habitat. *J Med Entomol*. 41:511–523.
- **GUNN, A. (2006)** *Essential Forensic Biology*, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, pp.294.
- **INRS (Institut national de recherche et de sécurité). (2007)** -DELTAMÉTHRINE- Fiche toxicologique n° 193.
- **INRS (Institut national de recherche et de sécurité). (2015)** - IMIDACLOPRIDE- Fiche toxicologique n° 309.
- **INTRONA, F.JR. CAMPOBASSO, C. P.et GOFF, M. L. (2001)** Entomototoxicology. *Forensic Science International*.120 :42–47.

- **KALISZAN, M., HAUSER, R. et Kernbach-Wighton, G. (2009)** Estimation of the time of death based on the assessment of post mortem processes with emphasis on body cooling. *Legal Medicine*.11(3): 111-117.
- **KRYSTAL R.HANS ET SHERAH L. VANLAERHOVEN .(2024)** Effects of relative humidity on egg hatching success of blow flies (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Science journal*. <https://doi.org/10.1080/00085030.2024.2353406>.
- **LECLERCQ, M. (1978)** Entomologie et Médecine légale : Datation de la mort. Masson, Paris, pp.100.
- **LECLERCQ, M.ET VERSTRAETEN, C. (1992)** Eboueurs entomologiques bénévoles dans les écosystèmes terrestres. *Notes Fauniques de Gembloux*. 25 :17-23.
- **LOUAT, F. (2013)** - Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. *Sciences agricoles*. Université d'Orléans, pp.224
- **MAIRIF, S. (2015)** contribution à l'étude de l'effet toxique des pesticides à usage domestique utilisé en Algérie, thèse de doctorat., université 8 mai 1945 Guelma, pp 154.
- **MARCHENKO, MI. (2001)** Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of time of death. *Forensic Science International*. 120: 89-109.
- **MARCHENKO, MI. (1988)**. Medico-legal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time since death. *Acta. Med. Leg. Soc.* 38: 257-302.
- **MICHAEL O'MALLEY (2010)** - Chapter 28 - The Regulatory Evaluation of the Skin Effects of Pesticides. 701-787
- **PIEN K., LALOUP M., PIPELEERS-MARICHAL M., GROOTAERT P., DE BOECK G., SAMYN N., BOONEN T., VITS K., WOOD M., (2004)**. Toxicological data and growth characteristics of single postfeeding larvae and puparia of *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) obtained from a controlled nordiazepam study, *International Journal of Legal Medicine*. 118: 190-193.
- **SMITH, K.G.V. (1986)** A manual of Forensic entomology. British Museum Natural History, London, pp. 205.
- **SPICKA, A., JOHNSON, R., BUSHING, J., HIGLEY, L.G. et CARTER, D.O. (2011)** Carcass mass can influence rate of decomposition and release of ninhydrin-reactive nitrogen into gravesoil. *Forensic Science International*. 209(1): 80-85.
- **SZIPLA, K., HALL, M.J.R., SUKONTASON, K. & TANTAWI,T. (2013)** Morphology and identification of first instars of the European and Mediterranean

- blowflies of forensic importance. Part I : Chrysomyinae. Medical and Veterinary Entomology. 27 : 181-193.
- **TABOR, K.L., BREWESTER, C.C. ET DFELL, R. (2004)** Analysis of the successional patterns of insects on carrion in southwest virgina.J.Med.Entomol. 41:785-795
 - **TALEB M., DJEDOUANI B., MOUSSA M. et TAIL G. (2013)** - étude de la colonisation d'un cadavre animal par les diptères nécrophages. XVII^{ème} journée national de parasitologiemycologie, institut pasteur d'Algérie, Alger.
 - **TIBBETT, M. et CARTER, D.O. (2009)** Research in forensic taphonomy: A soil-based perspective. In Criminal and Environmental Soil Forensics, edited by Ritz, K., Dawson, L. & Miller, D. Bradford: Springer Science & Business Media. 317-331.
 - **TOMLIN, C (1994)** The pesticide manual. 10th ed. Surrey: British Crop Protection Council and The Royal Society of Chemistry, pp.137.
 - **TRACQUI, A.C., C.KEYSER-TRACQUI, P.,KNTZ,B .et LUNDES,(2004)** Entomototoxicology for the forensic toxicologist :Much ado about othing .Int.J.Legal Med.118:194-196.
 - **VASS, A.A., (2001)** Beyond the grave-understanding human decomposition. Microbiology Today, pp.28
 - **VIGOUROUX_VILLARD, A. (2006)** Niveau d'imprégnation de la population générale aux pesticides sélection des substances a mesuré en priorité. Agerce française de sécurité sanitaire de l'environnement et de travail, pp.69.
 - **WILLIAM M. BERRY ET MICHAEL H. ANDERSON. (2011)** "Identification of Human Decomposition : A Textbook" dans la revue 'Forensic Science Review'.
 - **WOLFF, M., BUILES, A.B., ZAPATA, G., MORALES, G. ET BENECKE, M. (2004).** Detection of Parathion (O, O-diethyl O-(4-nitrophenyl) phosphorothioate) by HPLC in insects of forensic. 5(1): 6-11.
 - **WYSS C et CHERIX D. (2006)** Traité d'Entomologie Forensique : Les insectes sur la scène de crime. Presses Polytechniques et Universitaires romandes, Lausanne, pp.317.
 - **WYSS, C. ET CHERIX D. (2013)** Traite d'entomologie forensique : Les insectes sur la scène de crime. 2ème édition revue et augmentée. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne (Suisse), pp.326.
 - **WYSS, C. ET CHERIX, D. (2014)** les diptères nécrophages. In Insectes, cadavre et scènes de crime: Principe et application de l'entomologie médico-légale (ed. By D. Charabidzé & M. Gosselin). Deboeck, pp. 59-78.

- **YUAN-WEI, S., XIAO-SHAN, L., HAI-YANG, W. ET RUN-JIE, Z. (2010)** Effects of Malathion on the insect succession and the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) in the field and implications for estimating postmortem interval. *Am J Forensic Med Pathol.* 131:46-5.

Annexe

Annexe 1 : Calcul de la T_{eff} de l'espèce *L. sericata*

Date	Jour	Humidité %	T.moy (C°)
25/04/2024	1	50%	20°
26/04/2024	2	54%	23°
27/04/2024	3	34%	28°
28/04/2024	4	56%	22°
29/04/2024	5	78%	21°
30/04/2024	6	64%	20°
01/05/2024	7	57%	21°
02/05/2024	8	59%	23°
03/05/2024	9	59%	25°
04/05/2024	10	60%	26°
05/05/2024	11	44%	26°
06/05/2024	12	47%	27°
07/05/2024	13	55%	21°
08/05/2024	14	60%	18°
09/05/2024	15	66%	22°
10/05/2024	16	68%	23°
11/05/2024	17	74%	24°
12/05/2024	18	62%	25°
13/05/2024	19	62%	24°
14/05/2024	20	64%	23°
15/05/2024	21	62%	24°