

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 أوت 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 biologique
Option: Écotoxicologie animale

Intitulé

**Étude de l'effet des métaux lourds (oxyde de cuivre , chlorure de zinc) sur
Le cycle de développement des larves de *Calliphora vicina***

Présenter par : - M^{elle} Laifa chaima
- M^{elle} Moumen meriem
- M^{elle} Saadi khaoula

Membre de jury :

| | | | |
|-------------------|-----------|-----|-----------------------------------|
| Mr Djerrou .Z | Président | Pr | Université du 20 Août 1955 Skikda |
| Mr Boulkenafet .F | Promoteur | MCA | Université du 20 Août 1955 Skikda |
| Mr Bouhayene .S | Examineur | MCA | Université du 20 Août 1955 Skikda |

Année universitaire 2021/2022

Remerciement

Remerciement :

*Nous remercions avant tout, **Dieu**, le tout puissant pour la force et la volonté qu'il nous a donné durant toutes ces années d'étude et grâce auxquelles nous avons pu arriver à ce stade.*

*Ensuite, à notre enseignant, notre encadreur qui restera gravé dans notre mémoire : **Mr.Fouzi.Boulkenafet** pour son suivi encourageant, ses conseils pertinents, sa disponibilité et pour l'intérêt constant qu'il a porté à ce travail. Ce qui a fait de nous des étudiantes qui n'étudient pas la biologie autant qu'une science mais plutôt par amour et conviction.*

*On remercie tous les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer à cœur ouvert notre travail : on commence par **Mr.Z.Djerrrou** autant que président de jury et **Mr.S.Bouhayne** autant qu'examineur.*

On remercie également les enseignants de l'option S.N.V qui ont veillé avec beaucoup de courage et patience à faire de cette spécialité un objectif atteint.

*On tient sincèrement à remercier **Mme.Benzazia** qui nous à aider, simplifier voir même faciliter le travail et rendre ce dernier un plaisir et pas un sujet de soutenance.*

*On adresse aussi nos salutations les plus respectueuses à **Mr.B.Aouzal** pour ces efforts, ses conseils, sa patience et sa gentillesse.*

On n'oublie pas nos parents pour leurs contributions, leur soutien tout au long de l'année universitaire.

Enfin, on tient également à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce beau travail,

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, mon **papa** d'amour...paix à ton âme.*



*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, **maman** que j'adore.*



*A toi **Soulef**, ma sœur, ma moitié, ma confidente et ma source d'amitié.*



*A toi **karim** , mon petit frère adoré , mon bras droit , tu est pour moi une personne unique, garde toujours ton esprit d'enfant, merci d'être présent dans ma vie.*



*A ma **grand-mère**, pour sa douceur, sa gentillesse et ses sincères prières.*



***Meriem, Khaoula et loubna** , merci pour votre fidélité , j'espère sincèrement que notre lien d'amitié durera le plus longtemps possible .*



*A mes collègues mes très chères frères **Khaled et Khalid**, puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.*



*A tonton **Majid** et tata **Mimi**, merci pour votre encouragement, votre soutien et le chaleureux accueil au sein de votre respectueuse famille.*



Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin, merci d'être toujours là pour moi, je vous aime du fond du cœur.



Sans oublié mon petit chien d'amour Oxy.

Chaima

Dédicace :

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

A mes chers parents pour leur soutien, leur patience leur encouragement durant mon parcours scolaire.

*A l'homme de ma vie celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, mon soutien moral et source de joie **Papa** tu es ma force mon bonheur je vous aime .*

*A la plus belle créature que Dieu a créée sur terre **Maman** ma source de mes efforts ma vie mon bon exemple je t'adore.*

*A ma sœur **Nour** mon amie ma moitié. Je t'aime*

*A **Mayssem** ma petite sœur je t'aime tellement ma fille.*

*A **Yousef** mon frère mon bras droit mon soutien merci d'être présent dans ma vie .*

***chaima, Khaoula et loubna, Asma**, merci pour votre fidélité, j'espère sincèrement*

Que notre lien d'amitié durera le plus longtemps possible.

A la personne qui m'a toujours aidé et encouragé, qui était toujours à mes

Côtés, et qui m'a accompagné durant mon chemin, merci d'être toujours là

Pour moi, je vous aime du fond du cœur.

*A mes collègues mes frères **Khaled** et **Khalid**, puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.*

*A toute ma famille **Moumen** et **Menai** merci.*

*sans oublié mes chats mes amours mes petits, **Minette, Chichou** .*

Meriem.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tout ma famille sans exception qui ma doter d'une éducation digne son amour a fait pour moi ce que je suis aujourd'hui qui étaient dernière moi qui mon encourager le long de mes études.

Un chaleureux remerciement à mon groupe et mes chères amies Lafia chaima et Moumen meriem et loubna laouar hiba oudjahni et sayoud yasmine A mes collègues mes très chères frères Khaled et Khalid, puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

Sans oublier tonton Madjid et tata mimi pour leur soutien je remercie profondément mon professeur encadreur Mn Boulkenafet qui été dernière moi durant les années d'études.

Khaoula

Sommaire

Table des matières

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction

Chapitre 1: Données bibliographiques

| | |
|--|---|
| 1. Définition..... | 1 |
| 2. Historique..... | 1 |
| 3. Rôle de la science légale dans les enquêtes criminelles..... | 1 |
| 4. Biologie des insectes nécrophages en entomologie forensique | 1 |
| 5. Groupes écologiques..... | 2 |
| 5.1. Les espèces nécrophages..... | 2 |
| 5.2. Les espèces nécrophiles..... | 2 |
| 5.3. Les espèces omnivores..... | 3 |
| 5.4. Les espèces opportunistes..... | 3 |
| 6. Les Diptères nécrophages..... | 3 |
| • Calliphoridae..... | 3 |
| 7. Cycle de développement | 4 |
| 8. Paramètres influençant la décomposition d'un corps | 6 |
| 9. Processus de décomposition d'un corps | 6 |
| 10. Intervalle poste-mortem..... | 7 |
| 10.1. C'est quoi un IPM ?..... | 7 |
| 10.2. Relation entre la vitesse de décomposition du corps et la température..... | 7 |
| 10.3. Estimation de L'IPM grâce aux insectes nécrophages | 8 |

| | |
|---|----|
| 10.3.a. Méthode pour estimer l'IPM court | 9 |
| 10.3.b. Méthode pour estimer l'IPM long..... | 9 |
| 10.4. Les facteurs limitant le calcul de l'IPM..... | 10 |
| 11. Entomotoxicologie..... | 11 |
| 12. Métaux lourds..... | 11 |
| 12.1. Définition | 11 |
| I. Le chlorure de zinc | 12 |
| II. Oxyde de cuivre | 14 |

Chapitre 2: Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Techniques et conditions d'élevage..... | 18 |
| 1.1. Matériel de capture et prélèvement..... | 18 |
| 1.2. Méthodes de capture des spécimens vivants..... | 19 |
| 2. Techniques et condition d'élevages | 19 |
| 2.1 Matériel d'élevage..... | 19 |
| 2.2. L'élevage des larves..... | 20 |
| 2.3. L'élevage des adultes | 21 |
| 3. Montage | 22 |
| 3.1. Le montage des larves..... | 22 |
| 3.2. Montage des adultes | 23 |
| 4. Identification des spécimens | 24 |
| 5. Traitement toxicologique | 25 |
| 5.1. Matériel biologique | 25 |
| 5.2. Produits chimiques..... | 26 |
| 5.3. Equipements et Instruments | 26 |
| 5.4. Méthodes du traitement toxicologique | 27 |
| 6. Dispositif expérimental | 28 |

Chapitre 3 : Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| 1. Résultat du prélèvement et identification..... | 30 |
| 2. L'identification des échantillons | 30 |
| 3. Analyses statistique des résultats..... | 31 |
| 4. Discussion..... | 34 |
| Conclusion | 35 |
| Références bibliographiques..... | 36 |
| Annexes..... | 40 |

Résumé :

L'entomologie médico-légale, criminelle ou forensique, étudie les liens qui existent entre l'activité des Insectes et les différents stades de décomposition d'un cadavre. Sous des conditions écologiques favorables, les premiers Diptères peuvent arriver sur un cadavre dans les minutes ou les heures qui suivent la mort d'un individu. C'est notamment le cas de *Calliphora vicina*.

Un lien plus étroit a été développé entre l'entomologie et la toxicologie donnant naissance à une nouvelle discipline appelée entomotoxicologie, son objectif le plus important est l'étude de la bioaccumulation des xénobiotiques chez les insectes en vue de déterminer la présence de ces mêmes substances toxiques au niveau des organes cadavériques, ainsi l'estimation de la date du décès, on parle plus précisément de l'intervalle post-mortem (IPM).

Dans le cadre d'accentuer nos savoirs et notions dans le domaine entomotoxicologique sur les Diptères nécrophages, nous avons exécuté une succession d'expériences afin d'étudier l'influence de deux métaux lourds (l'oxyde de cuivre, chlorure de Fer) sur le cycle de développement de l'espèce *Calliphora vicina* dans des différents organes cadavériques des lapins traités par rapport aux organes du lapin témoin, les résultats obtenus montrent qu'il existe une influence significative des xénobiotiques sur le cycle de développement de l'espèce étudiée.

L'étude de l'effet des métaux lourds sur le cycle de vie des Diptères a pour but de déterminer l'existence ou non des perturbations affectant l'estimation de l'IPM qui représente un élément clé dans les enquêtes judiciaires. Dans notre cas, les deux métaux lourds utilisés lors de l'expérience influencent le calcul correct de l'IPM.

Mots clés : *Calliphora vicina*, IPM, Entomologie médico-légale, Diptère nécrophage, Cycle de développement.

Abstract:

Forensic, criminal or forensic entomology studies the links that exist between the activity of insects and the different stages of decomposition of a corpse. Under favorable ecological conditions, the first Diptera can arrive on a corpse within minutes or hours after the death of an individual. This is particularly the case of *Calliphora vicina*.

A closer link has been developed between entomology and toxicology giving rise to a new discipline called Entomotoxicology, its most important objectives being the study of the bioaccumulation of xenobiotics in insects in order to determine the presence of these same substances. toxic at the level of the cadaveric organs, thus the estimation of the date of death, we speak more precisely of the post-mortem interval (IPM).

As part of accentuating our knowledge and notions in the entomotoxicological field on necrophagous Diptera, we have carried out a series of experiments in order to study the influence of two heavy metals (copper oxide, iron chloride) on the development cycle of the species *Calliphora vicina* in the different cadaveric organs of the rabbits treated compared to the organs of the control rabbit, the results obtained show that there is a significant influence of xenobiotics on the development cycle of the species studied

The study of the effect of heavy metals on the life cycle of Diptera aims to determine the existence or not of disturbances affecting the estimation of the IPM which represents a key element in judicial investigations. In our case, the two heavy metals used in the experiment influence the correct calculation of the IPM.

Keywords: *Calliphora vicina*, PMI, Entomology, Diptera, cycle developments

الملخص:

يدرس علم الحشرات الشرعي الاجرامي أو الجنائي الروابط بين نشاط الحشرات والمراحل المختلفة لتحلل الجثث في ظل الظروف البيئية الملائمة حيث يمكن أن يصل أول Diptère على جثة في غضون دقائق أو ساعات من وفاة الفرد. مثلما هو الحال بالنسبة لحشرة *Calliphora vicina*.

تم تطوير صلة أوثق بين علم الحشرات وعلم السموم مما أدى إلى ظهور تخصص جديد يسمى علم السموم الحشرية، وهدفها الأهم هو دراسة التراكم الأحيائي للأجسام الغريبة في الحشرات من أجل تحديد وجود نفس هذه المواد السامة على مستوى أعضاء الجثة، وكذلك لتقدير تاريخ الوفاة وتحديدًا يشار إلى فترة أو مجال ما بعد الوفاة (IPM).

من أجل تعزيز معرفتنا ومفاهيمنا في مجال علم السموم على Diptères nécrophages أجرينا سلسلة من التجارب لدراسة تأثير معدنان ثقيلين (أكسيد النحاس و كلوريد الحديد) على دورة تطور نوع *Calliphora vicina* في مختلف أعضاء الأرناب المعالجة مقارنة بأعضاء أرناب شاهد حيث أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن هناك تأثيرًا كبيرًا للأجسام الغريبة على دورة تطور النوع المدروس.

إن الغرض من دراسة تأثير المعادن الثقيلة على دورة حياة les Diptères هو تحديد وجود أو عدم وجود الاضطرابات التي قد تؤثر على تقدير مؤشر ما بعد الموت والذي يعتبر من العناصر الأساسية في التحقيقات القضائية وهذا ما تؤكد تجاربنا المدروسة حيث تبين ان المعدنان الثقيلان يؤثران فعلا على الحساب الصحيح لفترة ما بعد الموت.

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

| | |
|---------|---------------------------|
| ADD | Accumulation degrés-jours |
| H | Heure |
| °C | Dégré Celsius |
| C | Constante |
| T° | Température |
| IPM | L'intervalle post mortem |
| K | Constante de chaleur |
| KOH | L'hydroxyde de potassium |
| DL50 | Dose létale 50 |
| LI /L1 | Stade larvaire 1 |
| LII/L2 | Stade larvaire 2 |
| LIII/L3 | Stade larvaire 3 |

| | |
|-----------------------|--|
| CuO ₂ | Oxyde de cuivre |
| ZnCl ₂ | Chlorure de zinc |
| I | Indice de température minimale nécessaire au développement de l'espèce |
| SNV | Science de la nature et de la vie |
| T | Témoin |
| $\sum T_{\text{eff}}$ | Somme des températures effectives |
| $\sum T_{\text{eff}}$ | Somme des températures effectives |

Liste des figures

Liste des figures :

| Numéro de figure | Figure | Page |
|-------------------------|--|-------------|
| 1 | Cycle de développement d'un diptère nécrophage (Huchet, 2018). | 5 |
| 2 | Estimation de l'intervalle post-mortem (Charabidzé,2008). | 9 |
| 3 | Localisation du site d'expérimentation et localisation satellite des points de prélèvement. | 17 |
| 4 | Matériels de capture et de prélèvement. | 18 |
| 5 | Matériel d'élevage. | 19 |
| 6 | Oeufs et larves de diptères nécrophages présentes dans les pièges. | 20 |
| 7 | L'élevage des Adultes. | 21 |
| 8 | Zones de dissections de larve (Boulkenafet, 2016). | 22 |
| 9 | Adulte monté avec aiguille entomologique. | 23 |
| 10 | Les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (Boulkenafet, 2016). | 24 |

Liste des figures :

| | | |
|----|---|----|
| 11 | Les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (Boulkenafet, 2016). | 25 |
| 12 | Chlorure de Zinc. | 26 |
| 13 | Oxyde de cuivre. | 26 |
| 14 | Gavage des lapins. | 27 |
| 15 | La dissection des lapins. | 28 |
| 16 | Les organes. | 28 |
| 17 | Photo de l'espèce <i>Calliphora vicina</i> | 29 |
| 18 | Comparaison des sommes de températures effectives en fonction des stades de développement de l'espèce <i>Calliphora vicina</i> dans le foie des différents lapins traités et témoin. | 31 |
| 19 | Comparaison des sommes de températures effectives en fonction des stades de développement de l'espèce <i>Calliphora vicina</i> dans l'estomac des différents lapins traités et témoin | 32 |
| 20 | Comparaison des sommes de températures effectives en fonction des stades de développement de l'espèce <i>Calliphora vicina</i> dans le rein des différents lapins traités et témoin. | 33 |

Liste des tableaux

| N° de tableaux | Tableaux | Page |
|-----------------------|--|-------------|
| 1 | les différents donnés du traitement toxicologique | 28 |
| 2 | présentation du poids des organes en gramme chez les deux lapins traités | 29 |

Introduction

Introduction :

Lors de la découverte d'un cadavre humain, les enquêteurs judiciaires ont besoin de déterminer précisément la date et l'heure du décès. 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 techniques ne sont efficaces que durant une courte période, voir quelques jours après le décès. L'estimation de l'intervalle post mortem (IPM) par les critères thanatologiques classiques devient alors, délicate et imprécise (Charabidze, 2008).

L'estimation de l'IPM constitue le point de départ souvent indispensable à l'identification de la (des) victime(s) et des circonstances du décès. De ce fait, la détermination de l'IPM a été largement étudiée dans le cadre de la médecine légale, mais également par d'autres disciplines (l'entomologie médico-légale, l'anthropologie, la bactériologie, l'écologie, etc...). Ce sont autant de méthodes permettant chacune, dans leurs domaines d'application, d'estimer le moment de la mort. Toutes ne sont bien entendues pas équivalentes, et chacune présente ses contraintes et ses avantages (Beauthier, 2007). La seule méthode fiable permettant de dater le décès est alors l'entomologie médico-légale. Cette branche de l'entomologie, rattachée aux sciences criminelles, s'intéresse à l'étude des insectes nécrophages pour estimer le délai écoulé depuis le décès (Charabidze, 2008).

L'utilisation des insectes pour dater le décès n'est pertinente que lorsque les techniques de datation médico-légale deviennent inefficaces, c'est à -dire environ deux jours après le décès (Marchenko, 1988). En effet, durant les premières heures post mortem, le développement des insectes sur le cadavre est insuffisant pour apporter une datation précise, ou du moins plus précise que celle réalisée par les médecins légistes. L'utilisation d'oeufs de diptères Calliphoridae pour estimer un IPM très court peut cependant se révéler utile et fiable lorsque les prélèvements sont réalisés immédiatement et conservés à température strictement contrôlée (Bourel et *al*, 2003).

Aussi, depuis quelques années, les chercheurs se sont tournés vers d'autres hôtes encore plus microscopiques que les insectes ; les bactéries. L'idée se tient ; avec une population se

dénombrant en milliers de milliards répartie en plusieurs centaines d'espèces à la surface et à l'intérieur de notre corps (Abdoune et Achour, 2018).

Chapitre 1: Données bibliographiques

Chapitre 1 : Données bibliographique

1. Définition :

L'entomologie forensique, l'entomologie criminelle, judiciaire, légale ou encore médico-légale (Campobasso et *al*, 2001), est une discipline qui s'intéresse à l'étude des insectes qui colonisent et consomment des substrats nourriciers (Boulkenafet, 2016).

2. Historique :

Les bases de l'entomologie médico-légale ont été posées en France à la fin du XIX^e Siècle par le vétérinaire Jean Pierre Mégnin (1828-1905) qui publia en 1894 La Faune des cadavres. Dans cet ouvrage, il décrivait huit vagues d'insectes, «*escouades*», dont la succession connue et immuable devait permettre de dater le décès. Depuis Cette vision a été largement remise en cause, et de nouveaux outils de datation, plus précis et plus fiable, ont été développés (Klotzbach et Krettek et *al*, 2004).

3. Rôle de la science légale dans les enquêtes criminelles :

« La Science légale n'est plus sur les franges des enquêtes criminelles, elle permet de résoudre les cas qui demeurent autrement, non résolus. La Science légale est d'identifier le coupable avec une certitude qui protège par la même, l'innocent» John Ashcroft. La science légale est utilisée pour résoudre des crimes. En fait, elle joue un rôle dans la résolution des cas impliquant à la fois les questions civiles et pénales, en particulier celles de nature violente. Cette discipline permet de fournir des données facilitant les enquêtes médico-légales, répondant aux questions fréquentes quant à l'utilisation des insectes concernés à savoir les insectes nécrophages (Boulkenafet, 2016).

4. Biologie des insectes nécrophages en entomologie forensique :

Les très nombreuses espèces que l'on appelle communément mouches, moustiques et moucherons forment l'ordre des Diptères. Les principaux caractéristiques de ces derniers sont donc : une paire d'aile membraneuse, la 2^{ème} paire est réduite, possèdent une tête mobile avec une paire de grands yeux composés et trois ocelles disposées en triangle au sommet. (Wyss et Chérix, 2006).L'appareil buccal peut être piqueur ou suceur et leur développement est de type holométabole (métamorphose complète) (Elouard, 1981).

Les Diptères constituent un ordre d'insectes assez récent (d'un point de vue évolutif) qui a conquis une grande variété de biotopes et de niches écologiques. Non seulement les mouches jouent un rôle important dans l'élimination des excréments mais, elles sont aussi capables d'éliminer les cadavres d'animaux (Wyss et Cherix, 2006).

Les Diptères nécrophages comprennent plusieurs familles dont les plus importantes sont les *Calliphoridae*, les *Sarcophagidae*, les *Muscidés*, les *Fanniidae*, les *Piophilidae* et *Phoridae* (Wyss et Chérix, 2006).

5. Groupes écologiques :

Au sein des écosystèmes terrestres, 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, que nous allons détailler (Leclercq, 1978 ; Smith, 1986 ; Wyss et Cherix, 2006). Une cinquième catégorie est parfois citée, il s'agit des Espèces dites accidentelles dont la présence sur le corps est le fait du hasard (Arnaldos et al, 2005).

5.1. Les espèces nécrophages :

Se nourrissent des tissus cadavériques et/ou des liquides de décomposition. On peut citer parmi cette catégorie les Diptères appartenant aux familles des Calliphoridés et des Sarcophagidés, mais également des Coléoptères des familles des Silphidés et des Dermestidés (Dekeirsschieter et al, 2014).

5.2. Les espèces nécrophiles :

Ce sont les prédateurs et parasites des espèces nécrophages (Leclercq, 1996 ; Wyss et Cherix, 2006). Elles se nourrissent donc des autres insectes ou arthropodes présents sur le cadavre, principalement des œufs et des larves. On rencontre principalement des Coléoptères (Silphidae, Histeridae, Staphylinidae, Dermestidae, Cleridae et Nitidulidae ainsi que les larves de ces Coléoptères qui se nourrissent des larves de Diptères) mais aussi des Diptères (Calliphoridae et Stratomyidae) et des Acariens (Leclercq, 1996 ; Amendt et al, 2004 ; Wyss et Cherix, 2006). On note également la présence d'Hyménoptères parasitoïdes de larves et de

pupes de Diptères nécrophages (Wyss et Cherix, 2006). Ce groupe contient également des espèces dites « *schizophagous* » dont les larves se nourrissent du cadavre en premier mais dont les stades larvaires les plus avancés sont prédateurs comme par exemple : les larves de Calliphoridae et plus précisément les *Chrysomya sp.* (Amendt *et al.*, 2004 ; Wyss et Cherix, 2006).

5.3. Les espèces omnivores :

Elles se nourrissent aussi bien du cadavre que de ses habitants (nécrophages et nécrophiles). Des Hyménoptères comme les guêpes et fourmis ainsi que certains Coléoptères font partie de ce groupe (Leclercq, 1996 ; Amendt *et al.*, 2004 ; Arnaldos *et al.*, 2005 ; Wyss et Cherix, 2006).

5.4. Les espèces opportunistes :

Les 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, pour se réchauffer, pour 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 prédatrices des espèces nécrophages (Campobasso *et al.*, 2001). On y dénombre des araignées, des Collemboles, des mille-pattes, des papillons 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 in Boulkenafet, 2016).

6. Les Diptères nécrophages : La principale famille de Diptères nécrophage qui s'attire très tôt sur le cadavre est la famille des Calliphoridae :

❖ Calliphoridae :

Cette famille contient les mouches communément observée autour des cadavres et des excréments, pendant les mois chauds d'été. C'est un très grand groupe de mouches de taille moyenne à grande (4 à 16 mm), que l'on peut considérer comme robustes avec un vol bruyant et rapide. De nombreuses espèces de cette famille possèdent des reflets bleus ou vert métallique, parfois argentés avec une abondante pilosité dorée (genre *Pollenia*). La tête et le corps possèdent de longues soies, avec un dimorphisme sexuel au niveau des yeux, où ceux

Des mâles se touchent alors que ceux des femelles sont nettement séparés. La famille des Calliphoridae contient plus de 1 000 espèces et les membres de cette famille peuvent être trouvés dans le monde entier (Byrd et Castner, 2010). Plusieurs espèces se développent sur des cadavres animaux et humains et représentent un grand intérêt en entomologie forensique. La grande majorité des espèces sont ovipares. Certaines larves sont des agents de myiases chez les Vertébrés ou alors nécrophages et parfois facultativement agents de myiases chez le mouton (principalement *Lucilia sericata*, *Phormia* et *Protophormia*), parasites de vers de terre et autres invertébrés (*Bellardia*, *Onesia*, *Pollenia*, *Angioneura*). Il est intéressant de noter que le genre *Protophormia* renferme des espèces parasites d'oiseaux, se nourrissant du sang des jeunes oisillons. C'est dans cette famille que l'on trouve les espèces les plus importantes pour la pratique de l'entomologie forensique. Les mouches nécrophages sont représentées par 6 genres, soit *Calliphora*, *Chrysomya*, *Lucilia*, *Cynomya*, *Protophormia* et *Phormia*. Dans chaque genre il y a une ou plusieurs espèces nécrophages dont les larves peuvent effectuer leur cycle complet sur des cadavres d'animaux ou humains (Wyss et Cherix, 2014). Les espèces de cette famille pondent des oeufs lesquels éclosent pour donner naissance à des larves qui peuvent être hygrophiles, ubiquistes, lucifuges (qui fuient de la lumière) et Créophages (qui se nourrissent de chairs, de tissus animaux morts). Elles passent par trois stades dont la détermination de chacun d'eux chez les Diptères Calliphoridae est relativement facile. Il suffit d'observer la partie postérieure de la larve où se trouvent deux structures circulaires (peritrème, sclérite annulaire qui entoure le ou les stigmates) à l'intérieur desquelles on compte un, deux ou trois stigmates respiratoires correspondant aux stades larvaires I, II ou III (Wyss et Cherix, 2006). Puis se transforment en pupes.

7. Cycle de développement :

Le développement de toutes les espèces de diptères est le même et se compose de trois étapes d'alimentation appelés stades, une nymphose et d'un stade adulte. Le taux de progression peut être affectée par un certain nombre de facteurs, y compris l'humidité, la température, la saison, l'emplacement...etc. Par conséquent, il est difficile de déterminer la durée exacte du cycle de vie (Boukentoucha et Boumaiza, 2021).

- **Premier stade larvaire (L1):** extrêmement petit avec une alimentation vorace, la larve augmente habituellement en taille d'environ 2 mm à 4 mm (Greenberg et Kunich, 2002). Ce stade se termine par un processus appelé mue.

- **Deuxième stade larvaire (L2):** dans ce stade, la larve se développe à environ 8 mm de longueur (Greenberg et Kunich, 2002). (Haskell et *al*, 1997) " L'alimentation est plus accompli dans cette étape par rapport au premier stade, en grande partie en raison de l'augmentation de la taille des larves". Le deuxième stade est généralement le plus court des trois phases d'alimentation, d'une durée d'environ 8 à 12 heures dans la plupart des espèces à des températures modérées (Haskell et *al*, 1997). Cette étape se termine par une autre mue.

- **Le troisième stade (L3):** Cette étape selon Anderson (2000) peut être séparée en deux, stades comportemental distincts: l'étape d'alimentation et phase après l'alimentation. Pendant l'étape d'alimentation, les larves se nourrissent voracement jusqu'à ce qu'elles atteignent une taille maximale, à ce stade, les larves arrêtent leur alimentation et s'éloignent de la source de nourriture pour trouver un endroit sûr pour la nymphose. "Cette errance est l'étape post - alimentation du troisième stade" (Anderson, 2000). Cette étape peut prendre un certain nombre de jours pendant lesquels les larves commencent leur nymphose (Greenberg et Kunich, 2002).

- **La Nymphose :** pendant la période de nymphose la structure de l'adulte est formée à l'intérieur. Lorsque la transformation est complète, les adultes émergent des pupes (Greenberg et Kunich, 2002).

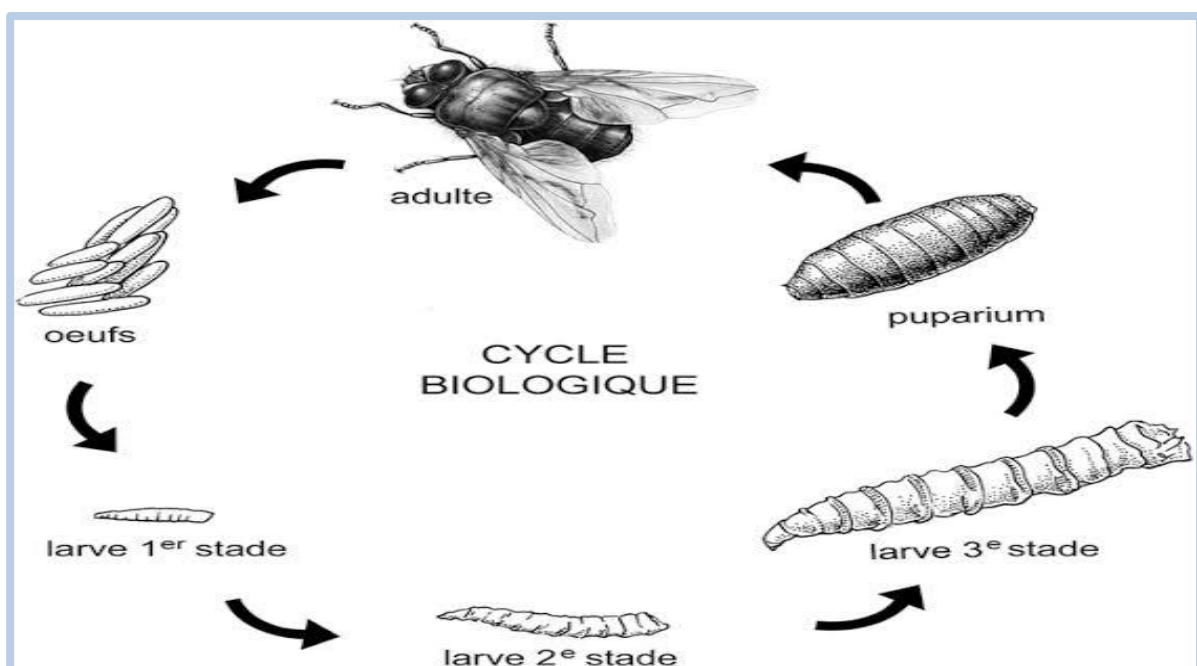


Fig. 1 : Cycle de développement d'une diptère nécrophage (Huchet, 2018).

8. Paramètres influençant la décomposition d'un corps :

La décomposition d'un corps et sa colonisation par les insectes sont deux phénomènes intimement liés et sont influencés par de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques au Cadavre (Campobasso *et al*, 2001). Les facteurs intrinsèques, directement liés à la personne décédée, sont l'âge, la masse corporelle, la cause du décès (drogues, infection), l'hygiène corporelle, l'intégrité du corps (Blessures, plaies) et la présence de vêtements (Campobasso *et al*, 2001). Parmi les facteurs externes, le facteur le plus important est la zone biogéoclimatique incluant l'habitat, la végétation, le type de sol et les conditions météorologiques (température, vent, humidité atmosphérique) du lieu où se situe la dépouille (Anderson, 2001 ; Campobasso *et al*, 2001). D'autres paramètres ont une influence significative sur la vitesse de décomposition d'un corps; on peut citer la saison, l'emplacement du corps (ombrage et ensoleillé) et enfin l'accessibilité du corps aux organismes vivants qu'ils soient mammifères (animaux domestiques ou sauvages) ou insectes (Anderson, 2001 ; Campobasso *et al*, 2001). De plus, les processus de décomposition et la faune des cadavres varient fortement en fonction du lieu où se trouve le cadavre. Les corps enterrés ou submergés subissent des évolutions différentes des corps laissés à l'air libre (Anderson, 2001). Parmi tous ces facteurs, deux sont prépondérants dans la décomposition d'un corps, il s'agit de la température ambiante et de l'accessibilité du corps aux insectes (Campobasso *et al*, 2001 in Boulkenafet, 2016).

9. Processus de décomposition d'un corps :

Un cadavre en décomposition, va attirer une grande diversité d'insectes. Ce sont plus précisément les odeurs émises par le cadavre (et/ou ses hôtes) au cours de sa décomposition qui sont responsables de cette colonisation entomologique post mortem. 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). (Boulkenafet, 2016). Grâce à l'étude de ces modifications, il est possible d'estimer le moment de la mort, les processus de décomposition

s'enclenchent plus ou moins rapidement selon les conditions environnementales .les scientifiques divisent le processus de décomposition en quatre stades (Anderson,2001) :

- ❖ Le stade initial (frais).
- ❖ Le stade de gonflement.
- ❖ Le stade de décomposition active.
- ❖ Le stade de décomposition avancée.
- ❖ Le stade squelettisation.

10. Intervalle poste-mortem :

10.1. C'est quoi un IPM ?

Le calcul de l'intervalle post-mortem, c'est-à-dire le délai entre la mort et la découverte du corps, requiert un examen détaillé, placé sous l'égide du médecin légiste. Dépêché sur la scène de crime, celui-ci va étudier divers signes cliniques cadavériques, résultant de modifications physico-chimiques et dont la chronologie lui permet de déterminer le moment de la mort à quelques heures près, du moins dans les premières 48 heures suivant le décès (Roman, 2015).


10.2. Relation entre la vitesse de décomposition du corps et la température :

La température reste un facteur de datation déterminant dans les premières 24 heures car, dans les minutes qui suivent la mort, le processus de régulation thermique de l'organisme cesse. Après décès, le refroidissement n'est pas linéaire Progressivement, la température du corps s'aligne sur la température ambiante, en 8 à 12 heures pour la peau, pour atteindre l'équilibre après 24 à 36 heures. Toutefois, ce refroidissement n'est pas linéaire. La corpulence, la température du corps au moment du décès, les vêtements et même les conditions climatiques extérieures interagissent sur l'évolution de la température interne. La mesure de cette dernière, prise au niveau rectal par un thermomètre à thermocouple, est alors comparée à un graphique, le nomogramme de Henssge, qui ajuste la température relevée en fonction de ces différents facteurs. Ce premier indice temporel est ensuite renforcé avec d'autres signes comme la déshydratation, les lividités résultant de la perméabilité des vaisseaux sanguins, la

rigidité... En effet, immédiatement après l'arrêt des fonctions vitales, les stigmates d'une déshydratation apparaissent. Sur les zones lésées, le derme mis à nu se dessèche. En moins d'une heure, suivant les conditions climatiques, le processus gagne la cornée, lui conférant un aspect opaque (Roman, 2015).

10.3. Estimation de L'IPM grâce aux insectes nécrophages :

Lorsque la mort remonte à plus de 72h ou que les signes de putréfaction avancée sont visibles (Fig.2), les techniques classiques usuelles (méthodes thermométriques, rigidités,...) ne sont plus efficaces pour évaluer le moment du décès. La seule méthode fiable permettant de dater le décès est alors l'entomologie médico-légale; dont la présence des insectes sur la scène du décès, sont de meilleurs bio-indicateurs pour dater la mort. Il existe principalement deux méthodes pour déterminer l'IPM en utilisant les insectes comme bio-indicateurs. La première est basée sur l'étude des premiers intervenants constitués essentiellement de diptères, Par contre la deuxième est basée sur l'étude de l'ordre de succession des différents groupes d'insectes qui colonisent un cadavre (Anderson, 2005 ;Wyss et Cherix, 2006 in Abdoune et Achour, 2018).


Les calculs d'IPM ont été faits selon la méthode de Marchenko (2001)  technique de degrés jours accumulés

$$\text{Température accumulés} = \sum (T^\circ - I)$$

T : Moyennes des températures par jour

I : Indice température minimale nécessaire au développement de l'espèce

Le nombre de jour J pour atteindre l'état adulte pour une température constante :

T est donc  $J = c / [T - I]$. (Marchenko, 2001)

Pour chaque espèce, une constante C correspond à un cumul thermique total nécessaire au développement de l'œuf à l'émergence a été déterminée expérimentalement. Cette durée est définie comme la somme de degrés accumulés chaque jour (Accumulation degree day ADD). La température prise en compte est la température effective égale à la différence entre la température moyenne sur 24h et la température seuil X de l'espèce. En dessous de sa température seuil, l'espèce ne se développe pas (Marchenko, 2001).

Par exemple : selon Marchenko ; La constante à atteindre par l'espèce *Calliphora vicina* est de $388^{\circ}\text{ADD} = \text{Somme (températures moyennes journalières - température seuil de développement)}$. La température seuil de l'espèce est de 2°C . On peut ainsi calculer le temps mis par l'espèce pour passer de l'œuf à l'émergence, si elle se trouve dans un milieu à une température moyenne de 16°C : Température effective : $16 - 2 = 14^{\circ}\text{C}$. $388 / 14 = 27,7$ signifie qu'il lui faut 27,7 jours pour compléter son cycle (Marchenko, 2001).

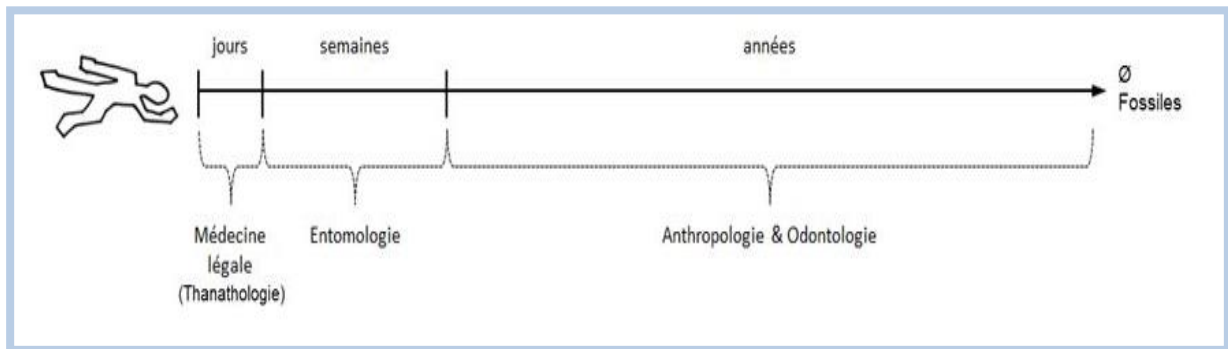


Fig.2 : Estimation de l'intervalle post-mortem (Charabidzé,2008).

10.3.a. Méthode pour estimer l'IPM court :

Elle est fondée sur la connaissance précise des cycles de développement des insectes nécrophages principalement les Calliphoridae et des variations engendrées par les diverses conditions écologiques, et en particulier la température et l'hygrométrie. Dans des conditions équivalentes, chaque espèce d'insecte présente des durées particulières pour chacun des stades de développement. Classiquement, le développement d'un insecte nécrophage est de type holométabole, c'est à dire qu'il est divisé en quatre phases distinctes : l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte ou imago (Hamel, 2011 in Abdoune et Achour, 2018).

10.3.b. Méthode pour estimer l'IPM long :

Ils s'agit de reconstituer l'histoire de la colonisation du corps par les insectes, Différentes tentatives de schématisation existent ; elles consistent à diviser la communauté D'insectes nécrophages en vagues ou escouades se succédant dans des conditions normales Sur le cadavre. Ainsi, Mégnin, en 1894, a réparti les arthropodes rencontrés sur les Cadavres humains en huit escouades colonisant le corps au fur et à mesure de sa décomposition (Mégnin, 1894). Il existe cependant des chevauchements d'escouades, leur Activité étant dépendante des modifications du substrat, des conditions météorologiques, de la taille et de la

situation du corps. De même, certaines escouades peuvent manquer, ce qui Apporte d'autres informations aux enquêteurs (Hamel, 2011 in Abdoune et Achour, 2018).

10.4. Les facteurs limitant le calcul de l'IPM :

➤ **Température :**

Le développement des insectes est rythmé par les températures ambiantes et leur variation ainsi que la photopériode (Turchetto et *al*, 2004). Il existe des seuils thermiques Inférieures et des seuils thermiques supérieurs au-delà des quels les insectes nécrophages sont inactifs ou meurent (Faucherre et *al*, 1999). Les températures sont des bio-indicateurs Potentiels dans l'estimation de l'IPM, compte tenu de leur lien directe avec le Développement des diptères nécrophages (Marchenko, 1988). Une élévation de la température tend à accélérer les cycles évolutifs alors qu'un refroidissement accroît sa durée (Nabity, 2007 in Abdoune et Achour, 2018).

➤ **Hygrométrie :**

L'humidité est un facteur important pour la ponte chez de nombreux diptères nécrophages, parfois les fluctuations déclenchent des phases d'inertie évolutive. L'élévation du degré de l'hygrométrie n'est pas aussi dangereuse que la sécheresse pour l'épanouissement des larves, la déshydratation peut leur être fatal. La résistance au froid et à la chaleur est sous la dépendance du degré hygrométrique de l'air ambiant, si celui-ci est faible, il entraîne une dessiccation rapide de tout cadavre exposé à l'air libre, ce qui influe sur la succession des Arthropodes et favorise la colonisation par les espèces qui se nourrissent de matières organique desséchées, dont certains coléoptères du genre dermestes et certains lépidoptères (Nabity, 2007 in Abdoune et Achour, 2018).

➤ **Vent :**

Le vent est un facteur défavorable à l'activité des diptères, il perturbe le sens olfactif des mouches rendant la localisation et la ponte sur le cadavre difficile : un vent faible diminue L'activité des calliphoridae et un vent violent l'interrompt complètement. (Nabity ,2007 in Abdoune et Achour, 2018).

➤ **Lumière :**

La lumière influence directement sur la ponte puisque la plupart des insectes nécrophages comme les calliphoridae ont des activités nocturnes (Nabity, 2007 in Abdoune et Achour, 2018).

11. L'entomotoxicologie :

Un lien plus étroit a été développé entre l'entomologie et la toxicologie ; donnant naissance à une nouvelle discipline appelée entomotoxicologie (Charabidzé, 2008). L'entomotoxicologie est l'étude de la bioaccumulation des xénobiotique chez les insectes ou d'autres arthropodes en vue de déterminer la présence éventuelle de ces mêmes xénobiotique au niveau du cadavre (Introna *et al*, 2001 ; Gagliano-Candela et Aventaggiato, 2001). En effet, l'extraction de xénobiotique provenant des insectes s'avère nécessaire lorsque le corps est trop décomposé (absence de tissus, de sang ou d'urine) pour procéder à des Analyses toxicologiques sur des échantillons de tissus « classiques » (Benecke, 2007 ; Amendt *et al*, 2010). Le matériel biologique d'intérêt en entomotoxicologie se compose essentiellement de Larves, de pupes, d'insectes adultes (aussi bien les Diptères que les Coléoptères), de pupes vides, d'exuvies et même parfois de matière fécale de Coléoptères (Gagliano-Candela et Aventaggiato, 2001). En effet, les larves de Diptères, qui se nourrissent sur un corps intoxiqué, ne métabolisent qu'en partie les drogues ou toxines prisent par la personne lorsque celle-ci était vivante (Amendt *et al*, 2010). Le transfert des ces substances se fera également aux Coléoptères qui se nourrissent de ces larves ou directement du cadavre. C'est ce qu'on appelle un phénomène de seconde bioaccumulation (Introna *et al*, 2001).

12. Metaux lourd :

12.1. Définition :

Les métaux lourds sont des éléments métalliques présentant un poids atomique élevé, tels que le mercure, le chrome, le cadmium, l'arsenic et le plomb. Ils peuvent nuire aux organismes vivants à faibles concentrations et ont tendance à s'accumuler dans la chaîne alimentaire (Morris et Chapman, 2001).

I. Le chlorure de zinc :

C'est un corps composé ionique de cation zinc et d'anion chlorure, de formule chimique $ZnCl_2$. Il est très soluble dans l'eau, avec une solubilité de 432 g pour 100 g d'eau pure à 25 °C et de 615 g pour 100 g d'eau pure à 100 °C. Il l'est un peu moins dans l'éthanol, avec une solubilité avoisinant 100 g pour 100 g d'éthanol à 12 °C. Il reste très soluble dans l'éther. Il est insoluble dans l'ammoniac liquide (Anonyme ,2022a).

I.1. Toxicocénitique :

✚ Absorption digestive :

Le zinc est absorbé au niveau de l'intestin grêle, notamment le jéjunum, par un mécanisme incomplètement élucidé. Le zinc, peut-être sous forme d'un complexe, est fixé par la bordure en brosse des entérocytes. Après pénétration à l'intérieur des entérocytes, il se fixe à des métallothionéines qui sont des protéines d'une soixantaine d'acides aminés, très riches en cystéine, et est ensuite transféré vers le sang par un mécanisme d'excrétion active. Les besoins en zinc sont estimés à 10 ou 15 mg/j. Les aliments les plus riches en zinc sont les viandes, les poissons, les coquillages, en particulier les huîtres. Il peut y avoir compétition pour l'absorption intestinale entre le zinc et le cuivre : l'excès de l'un réduit l'absorption de l'autre (Pierre, 2022).

✚ Distribution :

a. Dans le sang :

Dans le plasma, la concentration normale de zinc est d'environ 1 mg/L. Il est lié irréversiblement à l'albumine et à l'a₂-macroglobuline et réversiblement à la transferrine, à la transthyrétine, à des petites protéines et des acides aminés comme l'histidine et la cystéine. Il y a peu ou pas de zinc à l'état libre dans les milieux biologiques. Dans les globules rouges, la concentration normale en zinc est élevée, environ 12 à 15 mg/L. Le zinc pénétrerait dans le globule rouge sous forme anionique $[Zn (HCO_3)_2 Cl]$ (Pierre ,2022).

b. Dans les tissus :

Le foie et le rein sont riches en zinc. Lors d'un stress ou d'une infection, le foie capte une partie du zinc plasmatique qui s'abaisse sans qu'il s'agisse pour autant d'une déficience.

Les métallothionéines dont la synthèse est induite par Dans les glucocorticoïdes, les endotoxines et l'interleukine 1, semblent jouer un rôle déterminant dans la fixation du zinc par le foie (Pierre,2022).

✚ Élimination :

Le zinc est éliminé d'une manière prépondérante par le tube digestif. Toutes les sécrétions digestives, notamment celles du pancréas, sont riches en zinc, dont une partie peut ensuite être réabsorbée. L'élimination urinaire correspond à environ 5% de l'apport quotidien et est inférieure à 1 mg/24 h, habituellement comprise entre 200 et 600µg. Elle dépend de la fraction plasmatique ultra filtrable (Pierre,2022).

I.2. Signe cliniques :

I.2.1. Intoxication aigue :

Inhalation : les vapeurs de composés de zinc (chlorure et oxyde de zinc) peuvent induire la mort suite à une détresse respiratoire importante. A l'autopsie, une fibrose pulmonaire a été observée. Les fumées contenant des particules ultrafines d'oxyde de zinc induisent la «fièvre des fondeurs», caractérisée par une gorge sèche et douloureuse, une toux, une dyspnée, de la fièvre, des douleurs musculaires, des céphalées et un goût métallique dans la bouche. Des effets cardiaques et gastro-intestinaux peuvent aussi être associés à l'exposition à ces fumées.

Ingestion : le zinc métal peut induire des vertiges, une léthargie, des difficultés à marcher et à écrire. L'ingestion de sulfate de zinc peut induire des désordres gastro-intestinaux.

Contact cutané : le chlorure de zinc est classé comme corrosif par la Commission européenne. L'oxyde, le sulfate et le stéarate de zinc ne sont pas irritants (Anonyme, 2022b).

➤ Symptômes généraux:

- Des diarrhées gênantes.
- Des maux de tête et les vertiges.
- Une perte d'appétit remarquable.
- Des douleurs d'estomac.
- Des nausées et des tendances à vomir (Anonyme, 2022c).

I.2.2. Intoxication chronique :

I.2.2.a. Intoxication chronique non cancérigène :

+ Inhalation :

Peu de choses sont connues chez l'homme. Le zinc et ses composés induiraient des troubles gastro-intestinaux, des douleurs abdominales ou épigastriques, des nausées, des vomissements, ulcères et des épisodes de constipation. Chez l'animal, des lésions de l'appareil respiratoire (alvéolite, emphysème, infiltration macrophagique, fibrose) ont été observées (Anonyme, 2022b).

+ Ingestion :

Des crampes d'estomac, des nausées et des vomissements ont été observés chez des volontaires ayant ingéré du sulfate de zinc ou de l'oxyde de zinc. De nombreux cas d'anémies ont été décrits chez des personnes supplémentées en zinc durant de longues périodes. Le zinc jouerait aussi un rôle dans le développement et le maintien de l'intégrité du système immunitaire (Anonyme, 2022b).

Contact cutané : aucune donnée n'est disponible.

I.2.2.b. Intoxication chronique cancerogènes :

Deux études réalisées en milieu professionnel n'ont pas montré d'augmentation significative de l'incidence des cancers en relation avec l'exposition au zinc. Une analyse a montré que la mortalité par cancer pulmonaire était élevée dans une zone autour d'une exploitation minière du fer et du zinc. Mais aucune association n'a pu être établie avec les niveaux d'exposition en zinc.

Chromates de zinc : Catégorie 1. Zinc poudre, chlorure de zinc, oxyde de zinc, phosphate de zinc, sulfate de zinc : non classés. CIRC – IARC Non disponible. US EPA (IRIS) Zinc et ses dérivés : Classe D(1991) (Anonyme, 2022b).

I. Oxyde de cuivre :

L'Oxyde de Cuivre II est également appelé Oxyde Cuivrique, et a pour numéro CAS : 1317-38-0. C'est un minéral solide de couleur noire, qui est naturellement présent dans certaines

roches : il est alors désigné sous le nom de ténorite. L'Oxyde Cuivrique se présente sous forme d'une poudre très fine, insoluble dans l'eau (Yann, 2018).

II.1. La Toxicocénitique :

+ Absorption :

30% de cuivre est absorbé au niveau de tube digestif, mais ce taux dépend aussi de la présence de substances alimentaires pouvant modifier son absorption, tandis que le zinc ou le phytates (aliment contenant du phosphore d'origine végétale) la diminuent (Anonyme ,2022d).

+ La distribution :

Le cuivre circule dans le sang lié à l'albumine et se rend vers le foie où il se liera avec la céruléoplasmine. Ce dernier complexe est la forme de transport du cuivre vers les organes cibles ; les os, les muscles, le cerveau et le foie (Anonyme ,2022d).

+ Elimination :

Le cuivre est essentiellement éliminé dans le foie (Anonyme ,2022d).

II.2. Signe cliniques :

II.2.1. Intoxication aigue :

Les symptômes aigus de l'empoisonnement au cuivre par ingestion comprennent les vomissements, l'hématémèse (vomissements de sang), l'hypotension (pression artérielle basse), le méléna, le coma, la jaunisse (pigmentation jaunâtre de la peau) et les troubles gastro-intestinaux. L'anémie hémolytique résultant du traitement des brûlures (Casarett et Doull's, 1996).

➤ Symptômes généraux:

1. Les symptômes d'intoxication les plus fréquents sont l'apparition rapide de vomissements et de douleur abdominale. Parfois, les vomissements peuvent présenter une coloration bleu-vert, en fonction de la quantité de sels de cuivre ingérée (Araya et al, 2004).

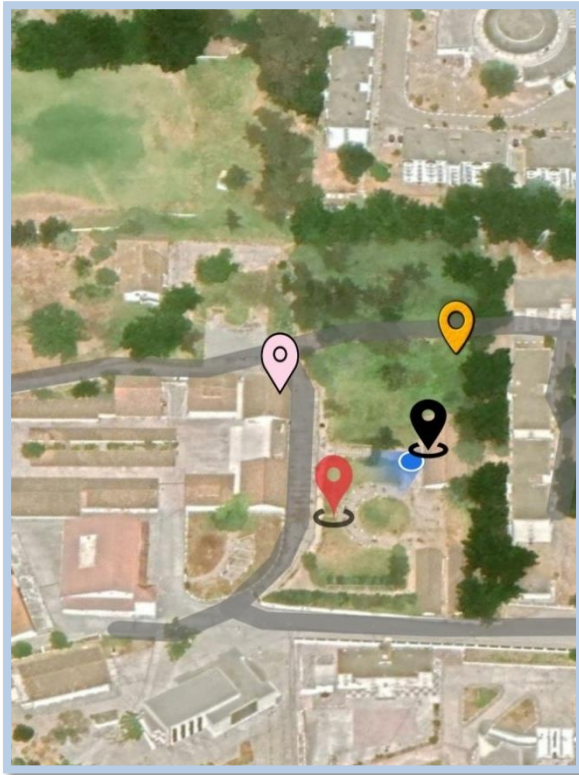
II.2.2. Intoxication chronique:

L'exposition chronique (à long terme) au cuivre peut endommager le foie et les reins. Les mammifères ont des mécanismes efficaces pour réguler les réserves de cuivre de sorte qu'ils sont généralement protégés des niveaux excessifs de cuivre alimentaire (Lutsenko et al, 2007).

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Chapitre 2 : Matériel et méthode

Notre travail consiste à réaliser des testes de toxicité sur des cadavres de lapins par des doses toxiques de métaux lourds, puis utiliser leurs différents organes comme substrat nourricier des larves de Diptères nécrophages .Cette étude a été effectuée au niveau de laboratoire de biologie animale (Fig.3),département des sciences de la nature et de la vie (SNV) de l'université du 20 Aout 1955 Skikda (l'ancienne école d'agriculture).







-A-



-B-

Fig.3 : Localisation du site d'expérimentation et localisation satellite des points de prélèvement et de capture

- A :
-  ⇒ Localisation satellite de la zone d'étude.
 -  ⇒ Site N°1 sur la corniche de toit de classe de l'animalerie
 -  ⇒ Site N°2 sur un arbre à coté de la cité universitaire des filles
 -  ⇒ Site N°3 sur une pergola

B : Photo de l'animalerie et de laboratoire d'étude

1. Techniques et conditions d'élevage :

1.1. Matériel de capture et prélèvement :

Si nous voulons mener une bonne expérience, il nous faut un bon matériel entomologique.

Pour cela nous avons utilisé le matériel suivant (Fig.4) :

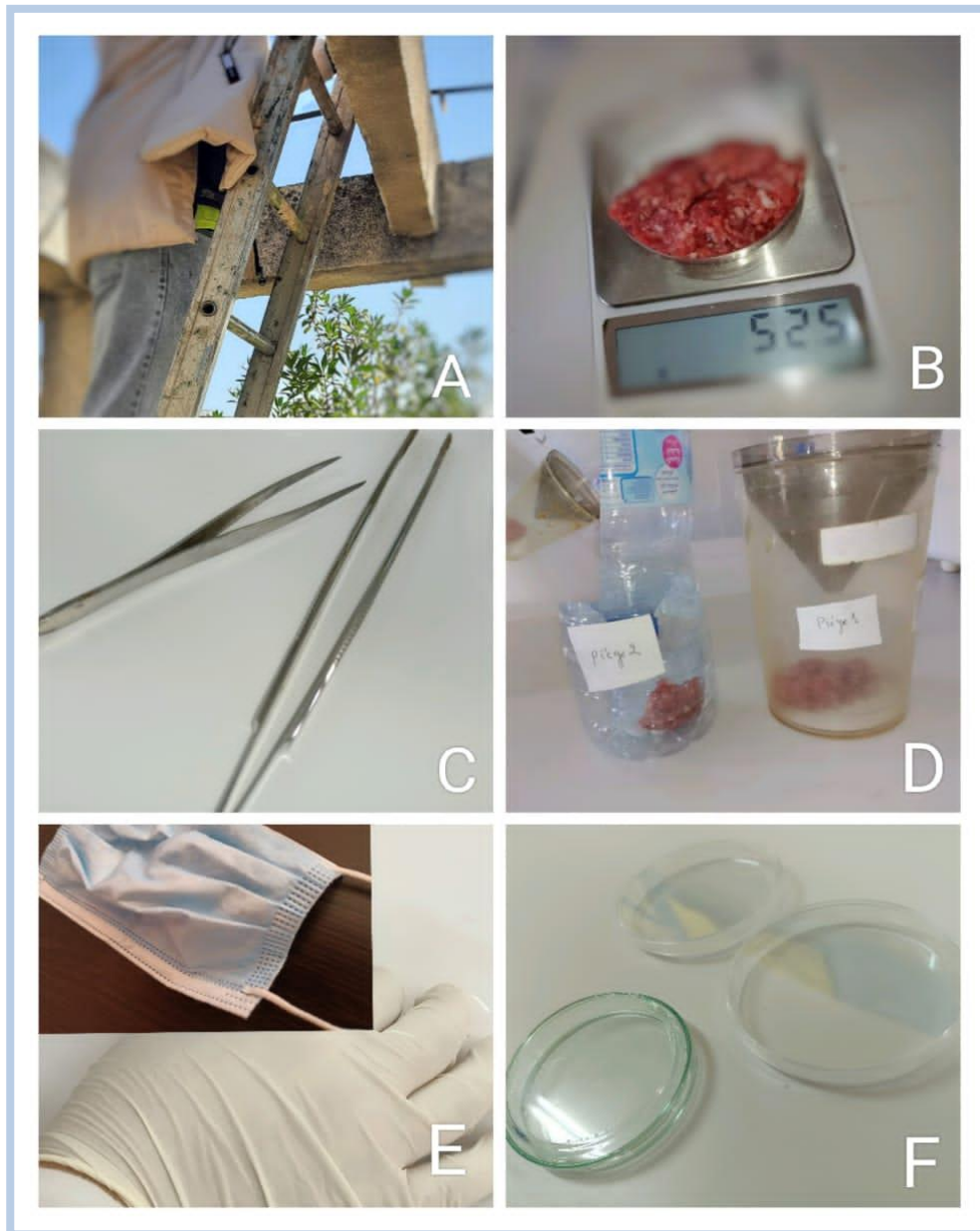


Fig.4 : Matériel de capture et de prélèvement (photos originales)

(A) : Echelle ; (B) : viande haché fraîche ; (C) : Des pincés entomologique ; (D) : piège à appât ; (E) : des gants et masque chirurgicale ; (F) : Boite de pétri .

1.2. Méthodes de capture des spécimens vivants :

Afin de pouvoir faire un élevage des insectes de différents stade , on a utilisé des boite de pétri contenant de la viande haché et du sucre placé a l'intérieur des pièges a appâts pour attirer et collecter le maximum d'adulte et de pente .Les adultes et les oeufs capturés sont directement placés dans les différentes cages d'élevage .En a pu obtenir nos premiers échantillons le 13/02/2022.

2. Techniques et condition d'élevages :

L'élevage consiste à obtenir des stades adultes à partir des œufs et des stades immatures capturés à l'aide des pièges à appât .Ces adultes constituent un matériel nécessaire pour des traitements ultérieurs.

2.1 Matériel d'élevage : Pour l'élevage on a utilisé le matériel suivant(Fig.5) :



Fig.5 : Matériel d'élevage (photos originales)

- (A) : Des gants et masque chirurgicale ; (B) : Boite de pétri ; (C) : Cage d'élevage, bac à sable à sable et sable ; (D) : Coton ; (E) : Thermomètre à mercure ; (F) : Buvette
(G) : Résistance ; (H) :Viande haché et sucre**

2.2. L'élevage des larves :

La technique d'élevages consiste à mettre des œufs de diptères nécrophages dans des boites de pétri contenant la viande haché (Fig.6). Afin d'assurer un bon déroulement de l'élevage, on a fourni les conditions nécessaire pour le développement larvaire tel que la chaleur (chambre conditionné) et la nourriture (viande hachée). Enfin nous avons installé des bacs de taille relative aux cages contenant du sable, est cela pour faciliter l'émergence une fois que les larves quittent le substrat nourricier et attient le stade pupa.



Fig.6 : Oeufs et larves de diptères nécrophages présents dans les pièges

(Photos originales)

(A) : Pièges à appât ; (B) : Oeufs ; (C) : Larves

2.3. L'élevage des adultes :

Il est indispensable de préserver les spécimens adultes, issus des élevages ou des récoltes sur les lieux, afin de garantir une identification correcte. Une fois la nouvelle génération émerge (Fig.7), d'autres mesures doivent être prises pour entrainer une nouvelle ponte :

- ❖ Des récipients contenant du sucre comme une source d'alimentation des adultes
- ❖ Des buvettes contenant de l'eau dont la base est remplie de coton sert à l'absorption de l'eau par les mouches
- ❖ Des boites de pétri contenant de la viande haché fraiche mise pour l'activation des pontes.



Fig.7 : L'élevage des Adultes (photo originale)

3. Montage :

3.1. Le montage des larves :

Il s'effectue sur des larves de stade III, préalablement bouillie et fixé dans l'alcool 70° :

1. Des fissures longitudinales et transversales sont effectuées au niveau de la cuticule, comme indiquées sur la figure ci dessus (Fig.8).



Fig.8 : Zones de dissections de larve (Boulkenafet, 2016)

Cette opération facilite l'entrée de la solution dans laquelle l'échantillon est ensuite immergé et facilite aussi la phase finale de l'analyse de la préparation.

2. Immersion (pendant quelques minutes) de l'échantillon dans une solution, préalablement chauffé évitant ébullition. Cette solution est constituée de KOH à 10% et du savon liquide. L'hydroxyde de sodium, mieux connu comme "soude caustique" est une base minérale forte qui a pour fonction de dégrader les tissus internes de la larve et maintenir la cuticule et le céphalosquelette dont des caractères morphologiques et sont utiles pour la détermination des espèces. Cette étape est très délicate car la solution mentionnée ci-dessus a une action rapide. Par conséquent, cette étape est très délicate, l'échantillon doit être constamment contrôlé afin d'éviter une dégradation excessive qui pourrait compromettre l'intégrité des spécimens. Le savon agit comme un agent tensio-actif, ce qui favorise la désintégration interne.

3. Retirer l'échantillon de la solution et rincé à l'eau distillée. Nous recommandons plus d'un rinçage pour être sûr de supprimer toutes les traces de soude et de savon qui pourraient interférer avec la visualisation au microscope.

4. Procéder à la déshydratation dans d'alcool. Avant d'être monté sur la lame, les échantillons doivent d'être déshydratés, pour retirer toute trace d'eau dans les tissus. Elle consiste à immerger l'échantillon dans quatre récipients différents contenant chacun l'éthanol à concentrations ascendante (80°,95° et 100°) pendant 3 minutes.

5. L'immersion de l'échantillon dans le xylène pendant quelques minutes. Cette étape élimine toutes les traces d'alcool dans les tissus et prépare l'échantillon pour être monté entre lames et lamelles.

6. les spécimens préparés sont montés entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada. Avant analyse microscopique il est recommandé de laisser sécher quelques heures ou une journée dans l'étuve (Boulkenafet, 2016).

3.2. Montage des adultes :

Les adultes capturés sont tués dans un bocal contenant de l'éthyle acétate puis transférés dans un bocal contenant un fond de sable fin humidifié à l'eau et avec un peu d'alcool à 70°. Pour éviter le développement des moisissures, ces insectes sont maintenus dans ce milieu pendant environ 48 heures. Les mouches nécrophages tuées sont généralement secs et prêtes à être piquées à travers le thorax à l'aide d'aiguilles entomologiques sur une planche de polystyrène (Fig.9). Par la suite, ils sont identifiés à l'aide de divers clés d'identifications sous une loupe binoculaire. Chaque spécimen doit être muni d'une étiquette comportant le nom de l'espèce,

Le nom de lieu de découverte, la date de capture et le nom de l'identificateur (Les mouches ainsi étiquettes, sont installés dans des boites de collection, dans lesquelles nous mettons un peu de créosote de hêtre (pour éviter l'attaque des insectes) (Boulkenafet, 2016).

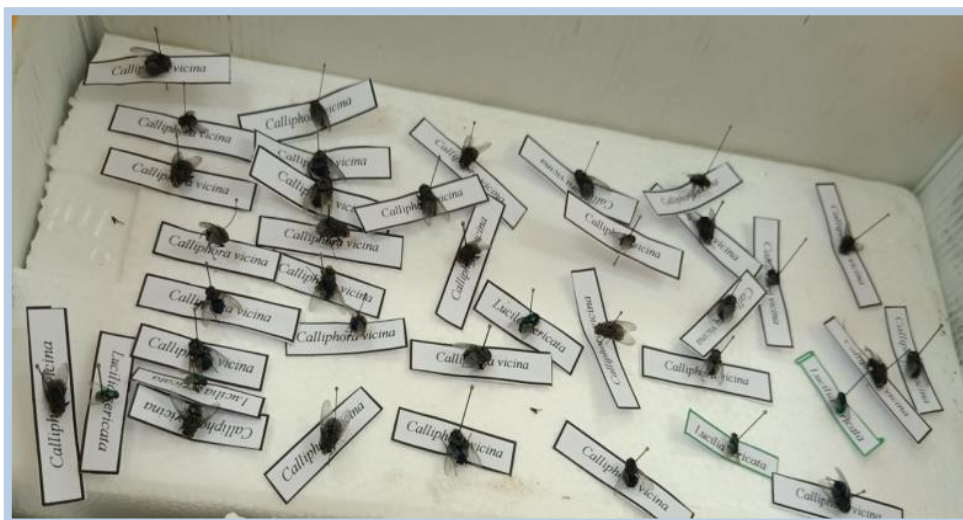


Fig.9 : Adulte monté avec aiguille entomologique (photo originale)

4. Identification des spécimens :

Les adultes sont plus facilement identifiés par leurs caractéristiques physiques et même les larves de certaines espèces peuvent généralement être distinguées. On a utilisé diverses clés pour l'identification des larves et adultes. On a utilisé diverses clés pour l'identification des larves et adultes : (Szpila & *al.*, 2008 ;Szpila & Villet, 2011 ;Szpila & *al.*, 2014), (Gennard, 2012), (Gennard, 2007), (Wyss & Cherix, 2006). Pour l'identification des larves, on se base essentiellement sur certaines parties du corps (Fig.10) : les Forme de spiracle antérieur, le spiracle postérieur, le céphalosquelette ainsi que les bandes d'épines au niveau des segments thoraciques et abdominaux (Fig.11).

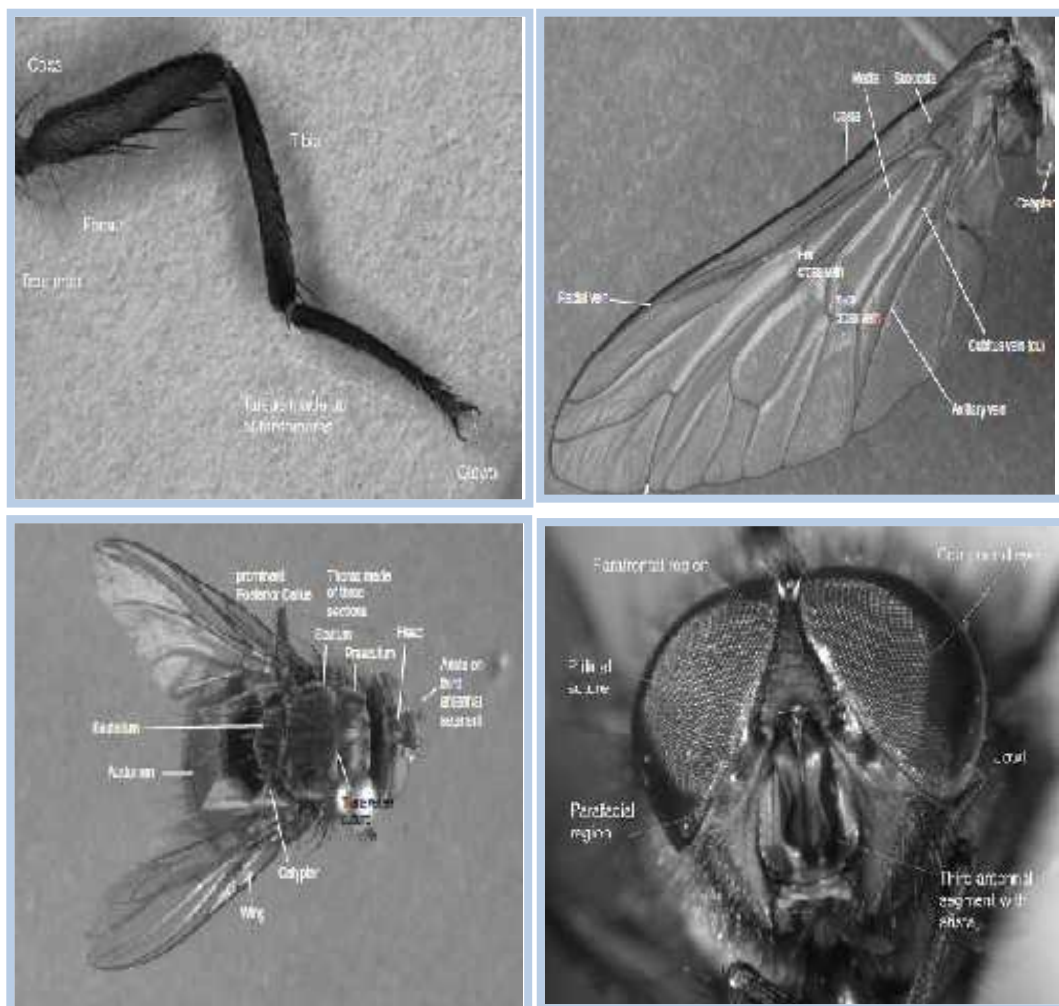


Fig.10 : Les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (Boulkenafet, 2016)

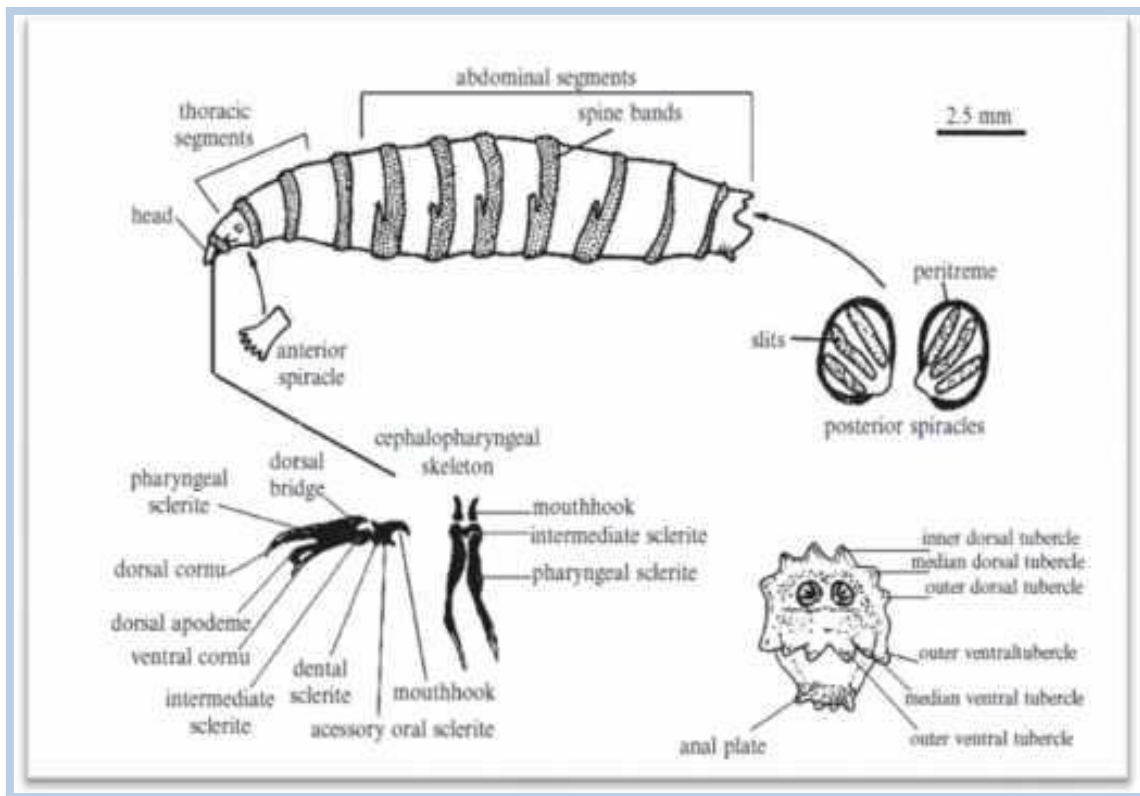


Fig.11 : Les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (Boulkenafet, 2016)

5. Traitement toxicologique :

5.1. Matériel biologique :

Pour la réalisation de ce travail nous avons utilisé un matériel de terrain et un autre de Laboratoire.

Le matériel animal est constitué de :

- Trois lapins mâles, 2 lapins traités et un lapin témoin leur poids est selon l'ordre suivant : 2 kg, 2,100 kg, 2 kg (les trois lapins ont été pesés et examinés par un médecin vétérinaire pour s'assurer Qu'ils sont en parfaite santé.

5.2. Produits chimiques : On a utilisé deux métaux lourds le chlorure de zinc ($ZnCl_2$) (Fig.12) et l'oxyde de cuivre (CuO_2) (Fig.13).

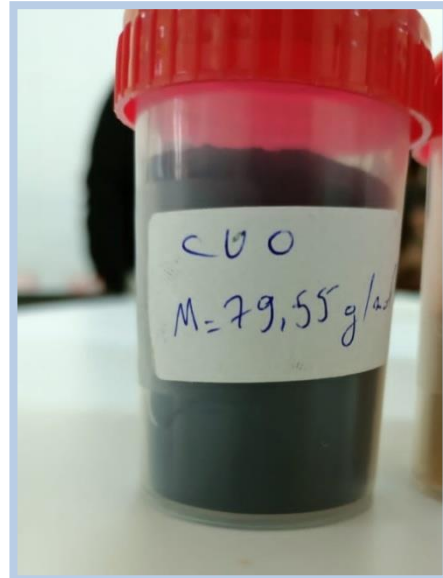
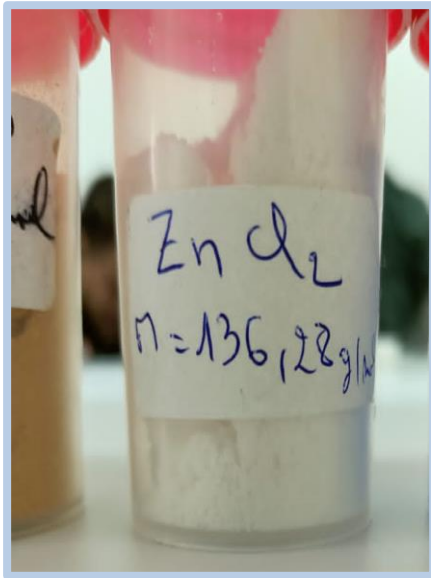


Fig.12 : Chlorure de zinc (Photo originale)

Fig.13 : Oxyde de cuivre (Photo originale)

5.3. Equipements et Instruments :

- **Appareil photo du smart phone :** à été utilisé pour la photographie.
- **Bain sable :** Utilisé pour égaliser la dispersion de température de la chaleur sur la totalité de la surface.
- **Balance :** Utilisée pour peser les lapins.
- **Balance précise :** Utilisée pour peser les organes et les larves et les Produits chimiques.
- **Frigos (congélateur) :** Utilisés pour la conservation des échantillons
- **Pinces + Pinceau :** Les pinces ont été utilisées pour la récolte des larves, des pupes et des adultes. Tandis que le pinceau était utilisé pour la récolte des oeufs.
- **Boîtes d'élevage des larves :** Boîtes en plastique transparent, protégées par un filet scellé permettant une bonne aération et empêchant les larves de sortir
- **Ciseaux :** utilisé pour la dissection.
- **Couteau.**
- **Seringues à sondes :** Utilisés pour le gavage (voie orale) 5 ml / 60 ml
- **Bicher.**

5.4. Méthodes du traitement toxicologique :

Pour le traitement toxicologique des lapins nous avons utilisé deux métaux lourds l'oxyde de cuivre et le chlorure de zinc, ils ont été traités avec une dose létale DL50 selon l'ordre suivant ; 1.340 mg /kg (Anonyme, 2022e), 200-250 mg/kg (Anonyme, 2022f). Les deux métaux lourds utilisés sont dilués au préalable dans l'eau distillée (70ml) afin de faciliter leur pénétration dans l'organisme ; ils sont administrés par voie orale (gavage) (Fig.14) à l'aide d'une seringue à sondes plastique.

Pour la préparation des solutions (Tableau.1), nous avons dilué : 1910 mg de poudre de chlorure de Zinc dans 70 ml d'eau distillé et 2814 mg de poudre d'oxyde de cuivre dans 70 ml d'eau distillé.



Fig.14 : Gavage des lapins (photo originale)

Tableau 1 : les différentes données du traitement toxicologique.

| Lapin | Poids (Kg) | Produit utilisé | Dose létale (DL50) mg /Kg | Dose expérimentale de chaque lapin mg / KG | Date d'administration du produit | Date de la mort des lapins |
|---------|------------|------------------|---------------------------|--|----------------------------------|----------------------------|
| Lapin 1 | 2 | Chlorure de zinc | 200-250 | 1910 | 24-03-2022 | 27-03-2022 |
| Lapin 2 | 2.100 | Oxyde de cuivre | 1.340 | 2814 | 11-04-2022 | 12-04-2022 |

6. Dispositif expérimental :

Nous avons réalisé la dissection des lapins (fig.15) dans le but de prélever leurs organes (Fig.16). Ainsi on a pesés chacun de ces derniers dont le but de les utilisés comme un substrat nourricier pour les larves nécrophages. Le dispositif expérimental consiste à déposer des œufs des mouches nécrophages issus de l'élevage sur les différents organes (Tableau.2), récupéré après dissection .Les œufs déposés sont nourrit des organes traites des différentes substances et ce jusqu'a leur émergence.



Fig.15 : la dissection des lapins (Photo originale)

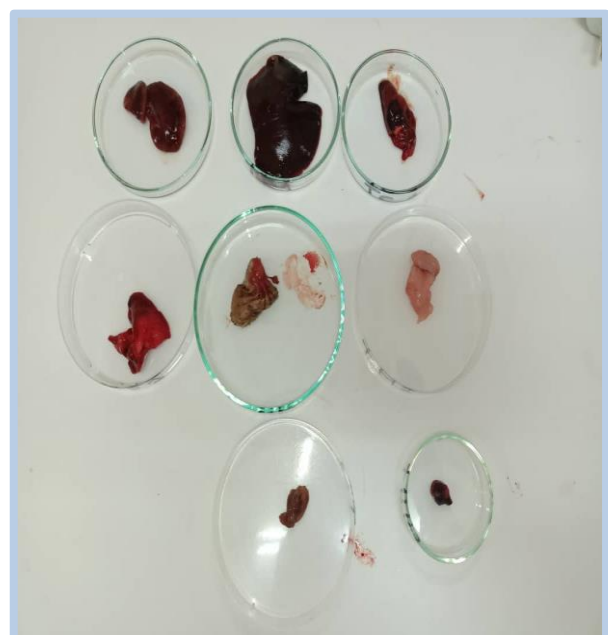


Fig.16: Les organes des lapins (Photo originale)

Tableau.2 : Présentation des poids des organes en gramme chez les deux lapins traités.

| Organe | Lapin 1 | Lapin2 |
|------------------|----------------|---------------|
| | Poids (g) | Poids (g) |
| Intestin | 10.5 | 6.3 |
| Foie | 63 | 86.7 |
| Testicule | 7.7 | 9.6 |
| Poumon | 14.5 | 24.5 |
| Muscle | 47.9 | 48.6 |
| Rein | 12.9 | 13.2 |
| Estomac | 18.5 | 23.4 |
| Cœur | 8.9 | 14.5 |

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1. Résultats du prélèvement et l'identification :

Durant notre période d'étude, des Diptères nécrophage adultes ainsi que leur ponte ont été captures et prélevés à partir des pièges à appât , ces spécimens prélevés appartiennent a une seule famille appelé Calliphoridae.

2. L'identification des échantillons :

L'identification des spécimens à révélé la présence d'une seule espèce qui est :

Calliphora vicina.

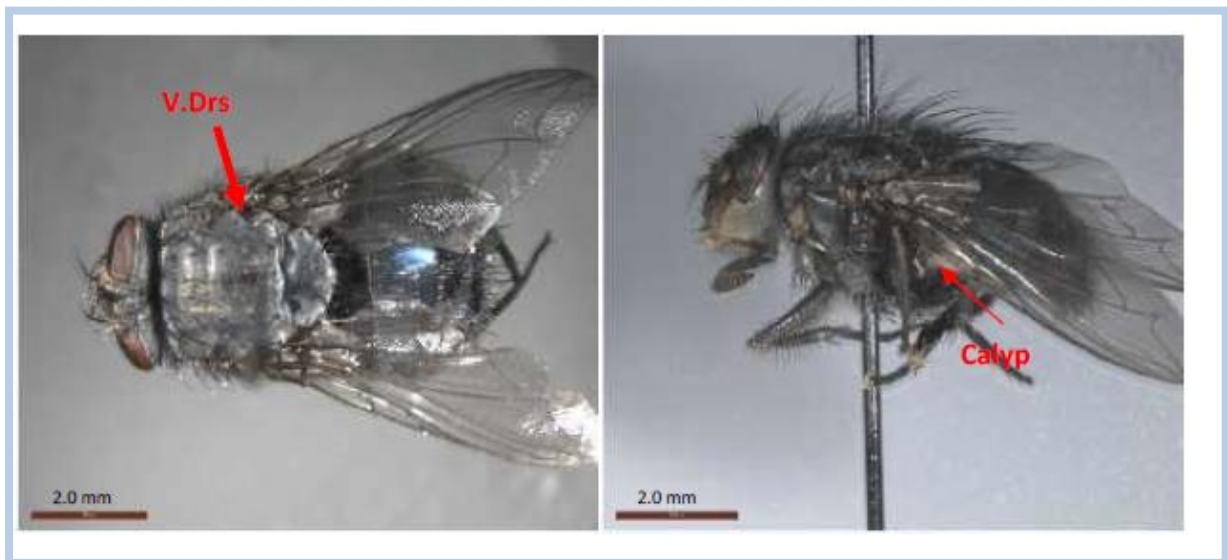


Fig.17 : Photo de l'espèce *Calliphora vicina* (photo originale).

2. Analyse statistique des résultats :

2.1. Comparaison des sommes de températures effectif en fonction des stades de développement de l'espèce *Calliphora vicina* chez le différent organes (foie, estomac, rein) des lapins traités et témoin :

La prise des températures est effectuée 3 fois par jour au niveau du site d'étude, pour calculer enfin la somme des températures effective subit par chaque stade de développement avec les différentes substances et déterminer ainsi l'existence ou non d'une différence du cycle de développement de *Calliphora vicina*.

Dans le foie :

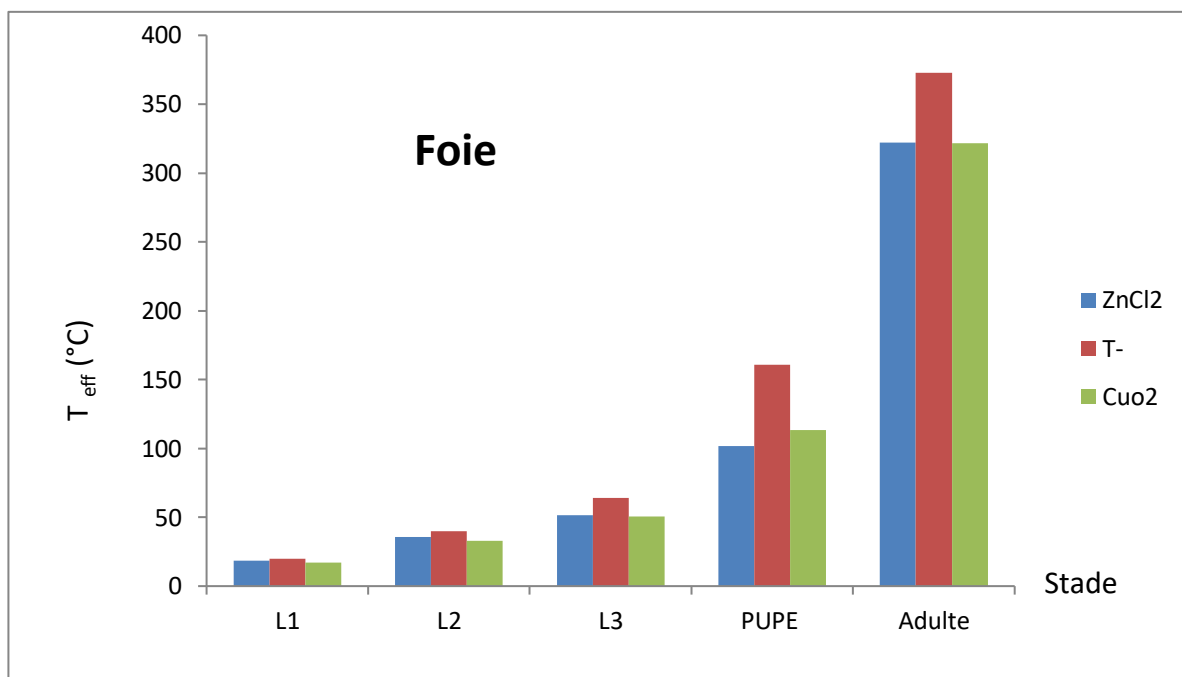


Fig.18: comparaison des sommes de températures effective en fonction des stades de développement de l'espèce *Calliphora vicina* dans le foie des lapins traités et du témoin.

La comparaison des sommes de températures effective en fonction des stades de développement de l'espèce *Calliphora vicina* dans le foie des lapins traités et du témoin, montre qu'il ya une diminution dans la somme des températures effectives du cycle de

développement des différents traités ($ZnCl_2, CuO_2$) (T_{eff} des lapins traité avec $ZnCl_2, CuO_2$ qui est à égale à $322,2^\circ C$ et $321,7^\circ C$ respectivement) par rapport au témoin (T_{eff} du lapin témoin qui est égale à $373^\circ C$).

Dans l'estomac :

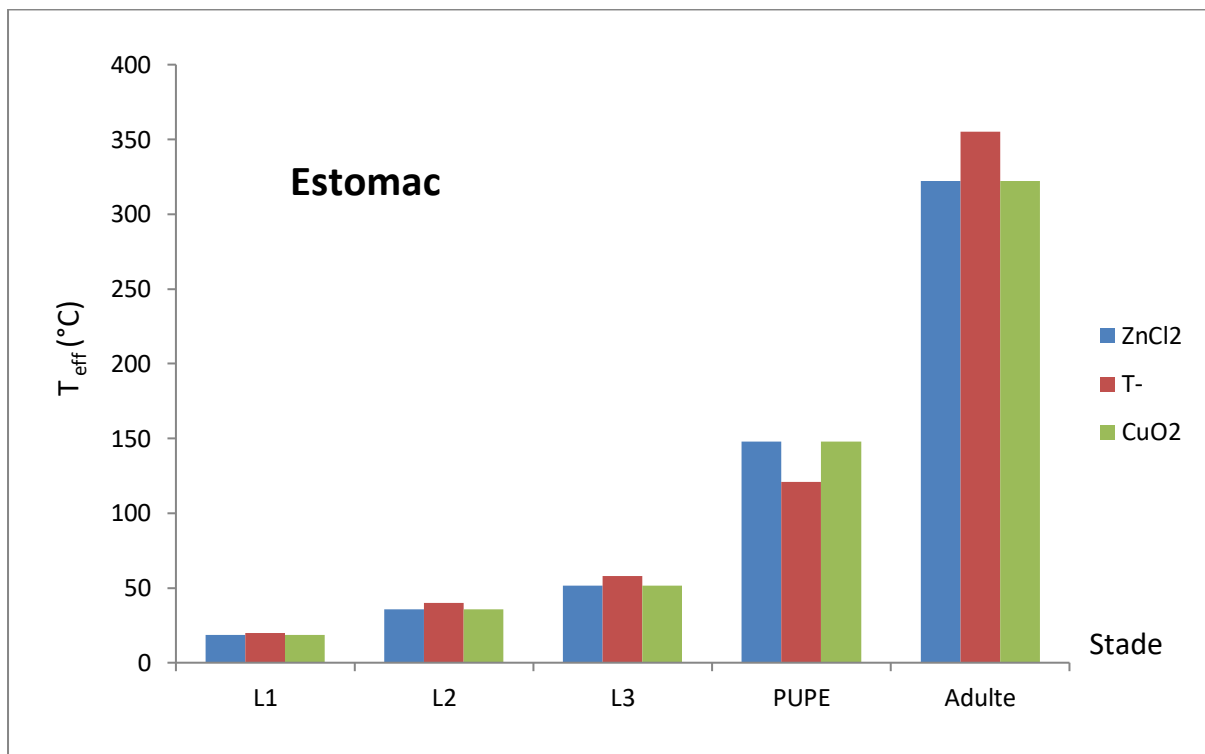


Fig.19 : comparaison des sommes de températures effectives en fonction des stades de développement de l'espèce *Calliphora vicina* dans l'estomac des différents lapins traités et témoin

La comparaison des sommes de températures effective en fonction des stades de développement de l'espèce *Calliphora vicina* dans l'estomac des différents lapins traités et témoin, montre une consommation importante de la température au niveau des différents stades traité par le CuO_2 ($305,7^\circ C$), et le $ZnCl_2$ ($322,1^\circ C$) par rapport au témoin ($355^\circ C$).

Dans le rein :

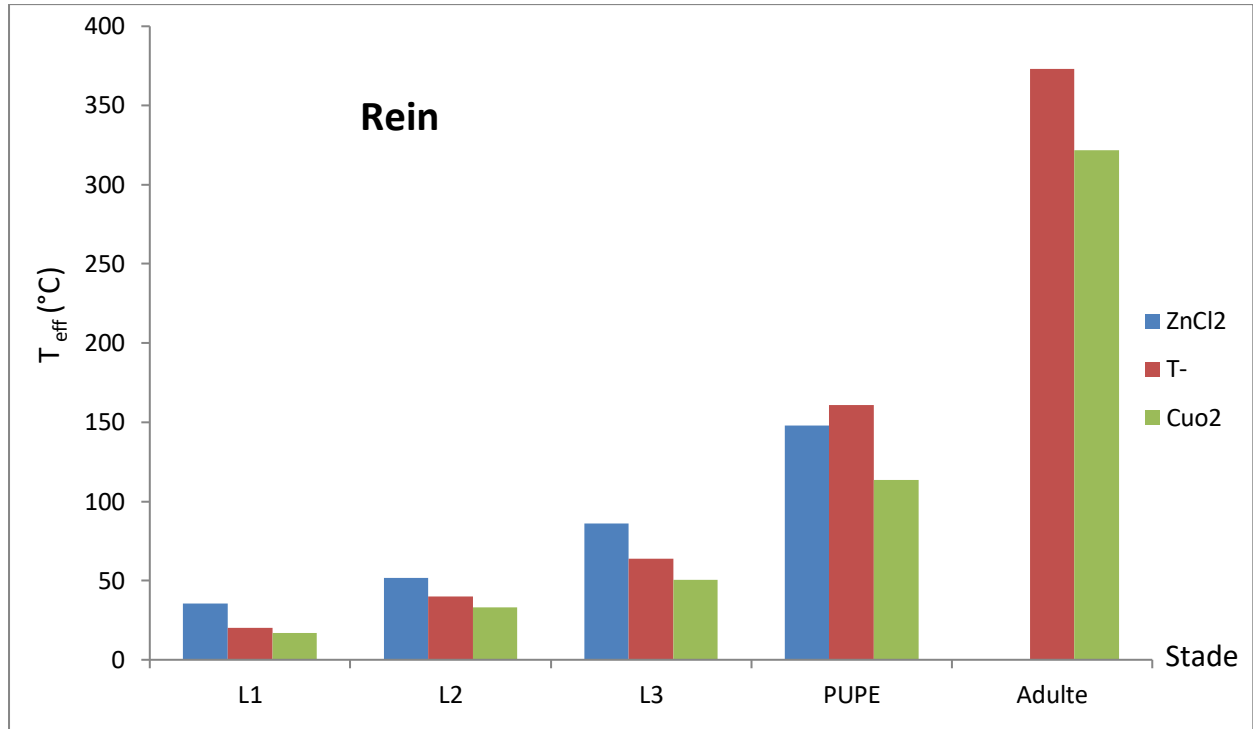


Fig.20 : comparaison des sommes des températures effectives en fonction des stades de développement de l'espèce *Calliphora vicina* dans le rein des différents lapins traités et témoin.

La comparaison des sommes des températures effectives en fonction des stades de développement de l'espèce *Calliphora vicina* dans les reins des différents lapins traités et témoin, montre une diminution de consommation de la température au niveau des différents stades traité par $ZnCl_2$, le cycle développement des larves au niveau des reins de ce dernier n'as pas atteint le stade adulte mais au stade pupe montre qu'il ya une diminution des sommes de T_{eff} par rapport au témoin .

En outre dans les reins du lapin traité par CuO_2 , on observe une légère diminution dans la somme des températures effectives qui est égale à $321,7^{\circ}C$ par rapport au témoin ($373^{\circ}C$).

Discussion :

Le résultat de capture nous montre l'abondance du genre Calliphoridae dans les points de prélèvement sélectionnés, en particulier l'espèce *Calliphora vicina* cette dominance s'explique par le fait que cette dernière est la plus fréquemment rencontrée sur les organes, selon Charabidzé (2008) et Wyss et Cherix (2006), qui affirme que les Calliphoridae sont attirées par le corps dans les minutes ou les heures qui suivent la mort, il ressort que *Calliphora vicina* est l'espèce la plus dominante.

Chaque espèce de mouche a besoin d'une certaine somme de températures pour boucler son cycle, nos résultats montrent que l'espèce *Calliphora vicina* a une constante de chaleur propre à elle le foie 373°C l'estomac 355°C les reins 373°C. Nos résultats corroborent avec les résultats de (Marchenko, 2001) qui affirme qu'un cycle complet nécessite une température de 388°C pour *Calliphora vicina*, (Boulkenafet, 2016) confirme que la constante de chaleur de *Calliphora vicina* (377 °c).

(Goff et Omori 1989, Carvahlo et coll. 2012) affirment que la cocaïne provoque une accélération du cycle de développement des diptères nécrophages, et d'après (Carvahlo et coll. 2001) confirme que le diazépam (benzodiazépine) accélère le développement d'espèce *Chrysomya*. Alors que nos études montrent que certains métaux (chlorure de zinc et oxyde de cuivre) accentuent la vitesse du cycle de développement de *Calliphora vicina*, T_{eff} du foie de lapin traité par ZnCl_2 égale à 322,2°C et T_{eff} sur le même organe de lapin traité par CuO_2 est 321°C, sur l'estomac des lapins traité par ZnCl_2 et CuO_2 la Température effective 322,1°C et 305,7°C respectivement et la température effective sur un autre organe, les reins des lapins traité par le CuO_2 est 321,7°C mais chez le traité par ZnCl_2 n'as pas atteint d'émersion autrement dit une absence de stade adulte.

Il existe autre substance (médicaments, drogue, métaux lourds) qui provoque un ralentissement du cycle de développement des diptères. Bischof (1995) affirme que le cuivre ralentit le cycle de développement des larves de *Lymantria dispar*, et (Oliveira et coll. 2009) montre que les anti cholinergiques engendrent un ralentissement.

Nos résultats affirment l'hypothèse de Goff et Omori 1989, Carvahlo et coll. (2012) Carvahlo et coll. (2001) qui stipule que le développement de certaines espèces pourrait être influencé par la présence de certaine substance toxique.

Conclusion

Conclusion :

Au terme de notre travail réalisé sur les effets de nombreuses substances toxiques comme les métaux lourds (oxyde de cuivre , chlorure de zinc) sur le cycle de développement de l'espèce *Calliphora vicina* en mettant la lumière sur l'intérêt de cette espèce dans l'étude des enquêtes judiciaires telle que : le calcul de l'intervalle post mortem.

L'analyse de notre résultat affirme qu'il existe une influence significative des xénobiotiques utilisés dans le traitement toxicologique sur le développement de *Calliphora vicina* qui s'explique par la perturbation de la durée des différents stades de cycle de développements de cette dernière.

Néanmoins, il est clair que cette expérience ne présente souvent pas la précision totale , pour cela il faudra pour suivre l'étude des effets de ces substances sur le cycle de développement complet des Diptères nécrophages en incluant d'autres facteurs influençant le déroulement normal du cycle de vie de ces espèces , cela pourrait ainsi aider à fournir une estimation plus correcte de l'IPM .

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

1. **Anonyme a.(2022)**,chlorure de zinc wikipedia
https://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorure_de_zinc. (consulté 2022).
2. **Anonyme b .(2002)**, intoxication aigue et chronique solidarites-sante.gouv
https://solidaritesante.gouv.fr/IMG/pdf/Tableau_Toxicite_des_metaux_et_des_metalloides_sous_leurs_differeentes_formes_chimiques_.pdf (consulté 2022).
3. **Anonyme c. (2020)**. Symptômes généraux olimpsport
<https://olimpsport.com/fr/le-surdosage-en-zinc-les-symptomes-et-les-consequences> (consulté 2022).
4. **Anonyme d.(1978)**. Toxicocinetique Le figaro santé
<https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-nutriments/cuivre/absorption-metabolisme> (consulté 2022).
5. **Anonyme e.(2019)** DI 50 chlorure de zinc carlroth
<https://www.carlroth.com/medias/SDB-3533-BE-FR.pdf>. (consulté 2022).
6. **Anonyme f.(2017)** DI 50 oxyde de cuivre carlroth
<https://www.carlroth.com/medias/SDB-2733-BE-FR.pdf>.(consulté 2022).
7. **Abdoune ,A. et Achour ,H .(2018)**, Entomologie forensique et datation de la mort, thèse de master Spécialité Ecologie Microbienne. Université A. MIRA – Bejaïa.
8. **Amendt, J., Krettek, R. et Zehner, R. (2004)** Forensic entomology. *Naturwissenschaften 91: 51-65*.
9. **Arnaldos, M.I., Garcia, M.D., Romera, E., Presa, J.J. & Luna, A. (2005)** Estimation of postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Sci. Int*, 149:57-65
10. **Anderson, G.S. (2001)** Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. In J.H Castner and J.L Byrd, *Forensic entomology-The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, CRC press, Boca Raton .143-169.
11. **Amendt, J., Campobasso, C., Goff, M.L. et Gassbuger, M. (2010)** *Current concepts in forensic entomology*. Springer, pp. 377.
12. **Aissaoui , R. et Merzougue, A.(2018)**. Contribution à l'identification des insectes nécrophages de la région de Guelma et l'effet de la putréfaction cadavérique dans

la datation des crimes thèse de master spécialité microbiologie appliqué .université Guelma

13. **Araya M., Olivares M., Pizarro F., Llanos A., Figueroa G., Uauy R.(2004).**Community-based randomized double-blind study of gastrointestinal effects and copper exposure in drinking water. *Environ Health Perspect.* ,112(10):1068-73.
14. **Beauthier, J. P. (2007).** Traité de médecine légale. 2nd ed. De Boeck, Bruxelles, 837 p.
15. **Boulkenafet, F.(2016).** Caractérisation des insectes nécrophages, leur utilité en médecine légale et dans les enquêtes judiciaires thèse Spécialité Entomologie. Université des Frères Mentouri Constantine .
16. **Bourel, B., Callet, B., Hedouin V., Gosset D. (2003)** Flies eggs: a new method for the estimation of short-term post-mortem interval? *Forensic Sci. Int.* 135: 27-34
17. **Boukentouch, A. et Boumaiza,W. (2021)** Détection des métaux lourds (mercure et cadmium) dans certains organes de lapin et dans les larves de diptères nécrophages d'importances médico-légal) thèse de master spécialité ecotoxicologie animale Université 20 août 1955 Skikda
18. **Charabidzé, D. (2008)** Etude de la biologie des insectes nécrophages et application à l'expertise en entomologie médico-légale. *Sciences du Vivant [q-bio].* Université de du Droit et de la Santé - Lille II, pp 277-242
19. **Charabidze , D.(2015)** Université de Lille-Nord-de-France, F-59000 Lille, France UDSL, Forensic Taphono*Environmental Fact Sheet*, New Hampshire Department of Environmental Services my Unit, F-59000 Lille, France).
20. **Charabidze, D. & Gosselin M. (2014)** *Insectes, cadavres et scènes de crime. Principes et applications de l'entomologie médico-légale.* Ed. De Boeck, pp. 261.
21. **Casarett, L.J. Casarett, M.O. Amdur et J. Doull, Casarett&Doull's Toxicology, The Basic Science of Poisons, 5th, 1996 (ISBN 0071054766), p. 715**
22. **Dekeirsschieter, J., Charabidzé, D. &Haubruge, 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, pp. 21-35.

23. Faucherre, J., Cherix, D et Wyss, C. (1999) Behavior of Calliphoravicina (Diptera, Calliphoridae) under extreme conditions .Journal of insect Behavior 12(5): 687-690.
24. Greenberg, B. et Kunich J. C. (2002) *Entomology and the Law: Flies as Forensic Indicators*. Cambridge University Press: Cambridge, pp. 306.
25. Haskell,N.H., Hall,R.D., Cervenka,V.J., et Clark.M. (1997) On the body : Insect's Life
26. Stage Presence and TheirPostmortem Artifacts, ForensicTaphonomy, ThePostmortem Fate of Human Remains, New York : CRC Press
27. Introna, F.Jr., Campobasso, C. P. et Goff, M. L. (2001) Entomotoxicology. *Forensic Science International*, 120: 42-47
28. Lutsenko, Barnes, Bartee et Dmitriev, (2007) « Function and Regulation of Human Copper-Transporting ATPases », *Physiological Reviews*, vol. 87, n° 3,
29. Ikoniocoff,R. ,(2015) . Science et vie-par.

30. Leclercq, M. (1996) On the entomofauna of a wild boar carcass. *Bulletin et Annales de la société Royale Belge d'Entomologie*, 132: 417-422
31. Leclercq, M. (1978) *Entomologie et médecine légale : Datation de la mort*. Masson, Paris, Collection de médecine légale et de toxicologie médicale. pp. 108.
32. Megnin, J.P. (1894). *La Faune des Cadavres, Application de l'Entomologie à la Médecine Légale*. Paris: Encyclopédie Science, pp. 224.
33. Marchenko, M.I. (2001).Medico-legal relevance of cadaver entomofaune for the determination of time of death. *Forensic Science international*.120:89-109
34. Marchenko, M.I. (1988).Medico-legal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time since death. *Acta MedicinæLegalis and Socialis*.38:257-302.
35. Nabity, P.D., Higley, L.G., Heng-moss., T.M. (2007).Light-induced variability in development of forensically important blow fly phormia Regina (Diptera: Calliphoridae). *J. Med. Entomology*44:351-8
36. Pierre Allain.(2000).pharmacologie les médicaments, troisième édition . pp 422.
37. Smith, K. G. V. (1986). *A manual of forensic entomology*. Ithaca, NY: Cornell University.

38. Szpila, K., Pape, T. & Rusinek, A.(2008). Morphology of the first instar of *Calliphora vicina*, *Phormia regina* and *Lucilia illustris* (Diptera, Calliphoridae). *Medical and Veterinary Entomology*, 22: 16–25.
39. Szpila, K. and M.H. Villet. (2011) .Morphology and identification of first instar larvae of African blowflies (Diptera: Calliphoridae) commonly of forensic importance. *Medical and Veterinary Entomology* 48: 738–752.
40. Turchetto, M., Vanin, S. (2004). Forensic entomology and climatic change. *Forensic Science international* 146: 207-209.
41. Wyss, C. et Cherix, D. (2006). *Traité de l'entomologie forensique:Les insectes sur la scène de crime*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, pp.317.
42. Yann. (2018). superprof ressources. www.Superprof.fr

Annexe.1 :



Fig.1 : Traitement toxicologique des lapins avec ZnCl₂ CuO₂.

Annexe 2 :

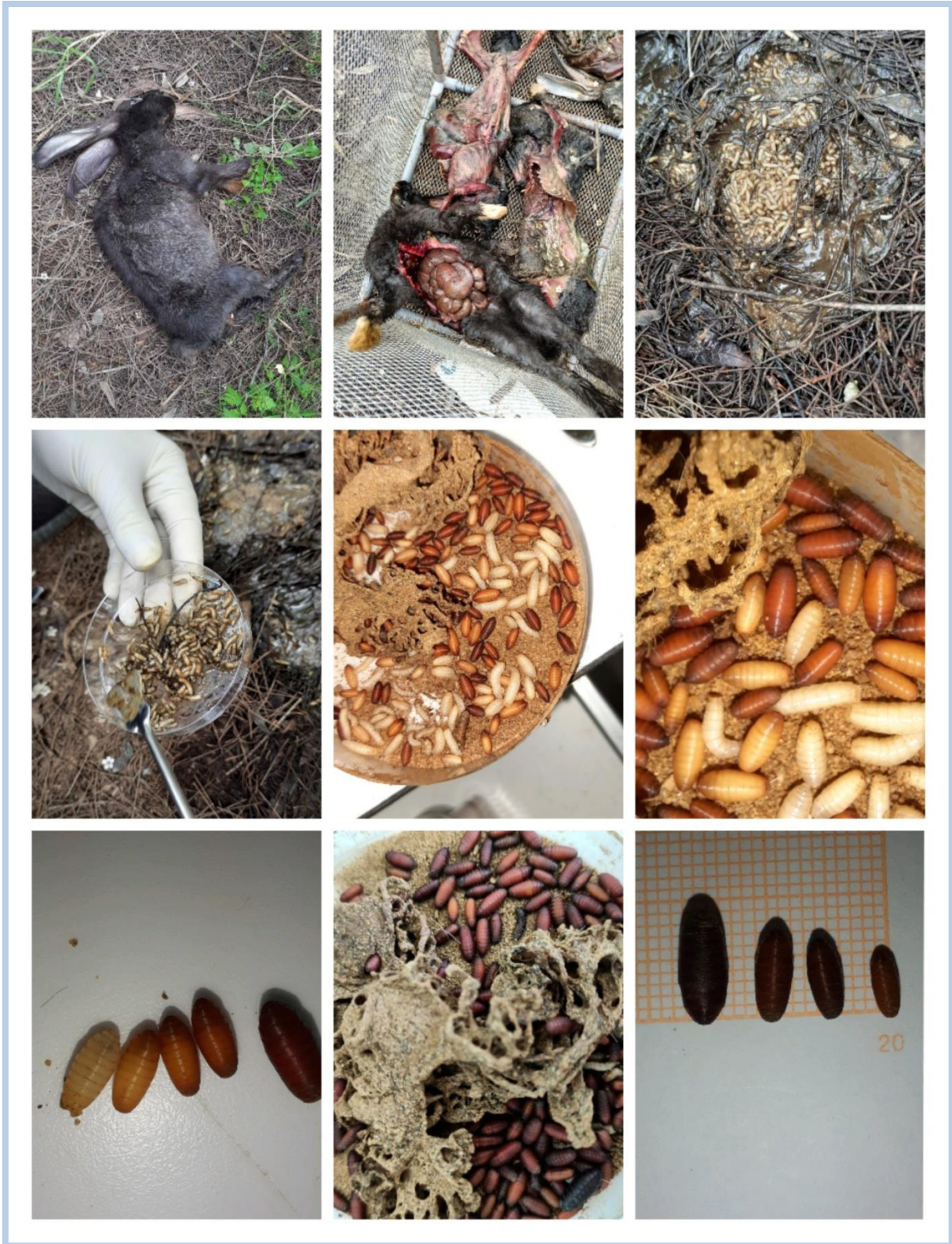


Fig.2 : Décomposition d'un corps et les différentes fasses du développement de l'enveloppe papale.

Annexe 3 :



Fig.3 : Montage des larves.

Annexe.4 :

Tableau.1 : Donnée brute du lapin traité avec l'oxyde de cuivre (CuO₂).

| OXYDE DE CUIVRE (Ti=2) CuO₂ | organes | stade | jours | T_{moy} | T_{eff} |
|---|-------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|
| | Estomac | œuf - L1 | 1 | 19,1 | 17,1 |
| | | L1 - L2 | 1 | 37,1 | 33,1 |
| | | L2 - L3 | 1 | 56,4 | 50,4 |
| | | L3 - PUP | 4 | 127,5 | 113,5 |
| | | PUP - Adulte | 10 | 339,7 | 305,7 |
| | Foie | œuf - L1 | 1 | 19,1 | 17,1 |
| | | L1 - L2 | 1 | 37,1 | 33,1 |
| | | L2 - L3 | 1 | 56,4 | 50,4 |
| | | L3 - PUP | 4 | 127,5 | 113,5 |
| | | PUP - Adulte | 11 | 357,7 | 321,7 |
| | Muscle | œuf - L1 | 1 | 19,1 | 17,1 |
| | | L1 - L2 | 1 | 37,1 | 33,1 |
| | | L2 - L3 | 1 | 56,4 | 50,4 |
| | | L3 - PUP | 4 | 127,5 | 113,5 |
| | | PUP - Adulte | 11 | 357,7 | 321,7 |
| | Testicules | œuf - L1 | 1 | 19,1 | 17,1 |
| | | L1 - L2 | 1 | 37,1 | 33,1 |
| | | L2 - L3 | 1 | 56,4 | 50,4 |
| | | L3 - PUP | 5 | 145,5 | 129,5 |
| | | PUP - Adulte | 10 | 339,7 | 303,7 |
| | Rein | œuf - L1 | 1 | 19,1 | 17,1 |
| | | L1 - L2 | 1 | 37,1 | 34,1 |
| | | L2 - L3 | 1 | 56,4 | 50,4 |
| L3 - PUP | | 4 | 127,5 | 113,5 | |
| PUP - Adulte | | 11 | 357,7 | 321,7 | |

Annexe.5 :

Tableau.2 : Donnée brute du lapin traité avec le chlorure de zinc (ZnCl₂).

| | Organes | stade | Jours | T _{moy} | T _{eff} |
|---------------|---|----------------|--------|------------------|------------------|
| | Chlorure de zinc (Ti=2) ZnCl₂ | Estomac | œuf-L1 | 1 | 20,5 |
| L1-L2 | | | 1 | 39,6 | 35,6 |
| L2-L3 | | | 1 | 57,6 | 51,6 |
| L3-PUP | | | 6 | 166 | 148 |
| PUP-Adulte | | | 10 | 360,1 | 322,1 |
| Foie | | œuf-L1 | 1 | 20,5 | 18,5 |
| | | L1-L2 | 1 | 39,6 | 35,6 |
| | | L2-L3 | 1 | 57,6 | 51,6 |
| | | L3-PUP | 3 | 113,5 | 101,5 |
| | | PUP-Adulte | 13 | 360,2 | 322,2 |
| Muscle | | œuf-L1 | 2 | 39,6 | 35,6 |
| | | L1-L2 | 1 | 57,6 | 51,6 |
| | | L2-L3 | 1 | 76,9 | 68,9 |
| | | L3-PUP | 2 | 113,5 | 101,5 |
| | | PUP-Adulte | 8 | 263,9 | 235,9 |
| Poumon | | œuf-L1 | 1 | 19,1 | 17,1 |
| | | L1-L2 | 1 | 37,1 | 33,1 |
| | | L2-L3 | 1 | 56,4 | 50,4 |
| | | L3-PUP | 2 | 93 | 83 |
| | | PUP-Adulte | 9 | 262 | 234 |
| cœur | | œuf-L1 | 1 | 19,1 | 17,1 |
| | | L1-L2 | 1 | 37,1 | 33,1 |
| | | L2-L3 | 1 | 56,4 | 50,4 |
| | | L3-PUP | 2 | 93 | 83 |
| | | PUP-Adulte | 12 | 320,7 | 286,7 |
| Rein | œuf-L1 | 2 | 39,6 | 35,6 | |
| | L1-L2 | 1 | 57,6 | 51,6 | |
| | L2-L3 | 2 | 96,2 | 86,2 | |
| | L3-PUP | 4 | 166 | 148 | |
| | PUP-Adulte | // | // | // | |

Thème : Étude de l'effet des métaux lourds (oxyde de cuivre, chlorure de zinc) sur Le cycle de développement des larves de *Calliphora vicina*.

Nature du diplôme : Diplôme de Master en écotoxicologie animale

Résumé :

L'entomologie médico-légale ou entomologie forensique est l'étude scientifique des interactions entre les arthropodes et les affaires de justice. Cette branche de l'entomologie concerne typiquement l'étude des insectes nécrophages pour la datation des cadavres dans les enquêtes criminelles.

Un lien plus étroit a été développé entre l'entomologie et la toxicologie donnant naissance à une nouvelle discipline appelée entomotoxicologie, son objectifs le plus important est l'étude de la bioaccumulation des xénobiotique chez les insectes en vue de déterminer la présence de ces mêmes substance toxique au niveau des organes cadavériques, ainsi l'estimation de la date du décès, on parle plus précisément de l'intervalle post-mortem (IPM).

Dans le cadre d'accentuer nos savoirs et notions dans le domaine entomotoxicologique sur les Diptères nécrophages , nous avons exécuter une succession d'expérience afin d'étudier l'influence de deux métaux lourds (l'oxyde de cuivre ,chlorure de zinc) sur le cycle de développement de l'espèce *Calliphora vicina* dans des différents organes cadavériques des lapins traités par rapport au organes du lapin témoin ,les résultats obtenus montrent qu'il existe une influence significative des xénobiotiques sur le cycle de développement de l'espèce étudiée .

L'étude de l'effet des métaux lourds sur le cycle de vie des Diptère a pour but de déterminer l'existence ou non des perturbations affectant l'estimation de l'IPM qui représente un élément clé dans les enquêtes judiciaires. Dans notre cas, les deux métaux lourd utilisé lord de l'expérience influencent le calcul correcte de l'IPM.

Mots clés : *Calliphora vicina*, IPM, Entomologie médico-légale, Diptère nécrophage, Cycle de développement.

Réaliser par :

 **Laifa chaima**

 **Moumen meriem**

 **Saadi khaoula**

Promoteur : Mr Boulkenafet . F