

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE 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 fer) sur
Le cycle de développement des larves de *Calliphora vicina***

Présenter par : - Laouar loubna
- Lakroun khalid
- Fetaissa khaled
- Gueddah moufida

Membre de jury :

Mr Bouhayene .S	Président	MCA	Université du 20 Août 1955 Skikda
Mr Boulkenafet .F	Promoteur	MCA	Université du 20 Août 1955 Skikda
Mme Benzazia .S	Examineur	MCB	Université du 20 Août 1955 Skikda

Année universitaire 2021/2022

Remerciement

Remerciements :

Nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer e mémoire.

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr.Fouzi Boulkenafet**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Nous avons bénéficié, au cours de nos études, de votre enseignement clair et précis, votre gentillesse, vos qualités humaines, votre modestie n'ont rien d'égal que votre compétence.*

*Nous tenons à remercier les membres du jury qui me font le grand honneur d'évaluer ce travail on commence par **Mr.S.Bouhaine** autant que président de jury et **Mme.Benzazia** autant qu'examineur.*

*On tient sincèrement à remercier **Mme.Benzazia** pour ses encouragements et ses précieux conseils dans la réalisation de cette thèse.*

*Nos remerciements s'adressent également à **Mr.B.Aouzal** pour son aide pratique et son soutien moral, ses conseils, et ses encouragements.*

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.

Sans oublier d'exprimer nos profondes gratitudees à nos très chers parents, qui nous réservent toujours compréhension, tendresse et amour.

Enfin, Nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Dédicace :

Je dédie ce mémoire à :

La plus belle créature que Dieu a créée sur terre À cette source de tendresse, de patience et de générosité, À ma mère ! Qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Je vous dis merci A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.

A mes deux sœurs qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A la joie de ma vie, à mon petit frère Mohamed, qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille, que dieu illumine pour lui la voie du succès et de la réussite dans sa vie.

A mes chères amies Dounia Meriem Chaima Khawla Rahil et ma chère cousine Yasmine, merci pour votre fidélité j'espère sincèrement que notre lien d'amitié durera le plus longtemps possible.

A toute personne qui port le nom Laouar et Touhem et à tous ceux qui m'aiment.

A 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 leurs soutiens

Loubna

Dédicace :

Ce projet fin d'étude est dédié à mes chers parents et qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études. Sans eux, je n'aurais certainement pas fait d'études longues.

Ce projet fin d'étude représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité.

Qu'ils en soient remerciés par cette trop modeste dédicace.

C'est un moment de plaisir de dédier cet œuvre, à ma sœur et mes frères en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour le dévouement et les sacrifices dont vous avez fait toujours preuve à mon égard.

Et finalement à mes ami(e)s et mes collègues Khaled, Loubna, Meriem, Khawla, Chaima et Moufida qui n'ont jamais cessé(e) de me soutenir et m'encourager

Khalid

Dédicace :

J'offre ce modeste travail :

A mes chers parents, mais aucune dédicace ne serait témoin de mon profond amour, mon immense gratitude et mon plus grand respect, car je ne pourrais jamais oublier la tendresse et l'amour dévoué par lesquels ils m'ont toujours entouré depuis mon enfance.

Je dédie aussi ce modeste travail :

A toutes mes amies, qui m'ont toujours encouragé et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime et à toutes les personnes qui m'ont prodigué des encouragements et se sont donné la peine de me soutenir durant cette année

A mes collègues Khalid, Loubna, Meriem, Khawla, Chaima et Moufida qui n'ont jamais cessé(e) de me soutenir et m'encourager

Khaled

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail à :

A mes chères parents à mes frères à ma sœur sources d'affection de courage et d'inspiration qui ont autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour, que dieu les protègent.

A mon fiancé Yasser qui n'est pas cessé de m'encourager et soutenir tout au long de mes études que dieu le protège et lui offre la chance et le bonheur.

Remerciement spécial à mon promoteur Mr.Fouzi Boulkenafet et à tout personne qui m'à aidé de près ou de loin.

Moufida

Sommaire :

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Sommaire

Introduction	
--------------	--

Chapitre I: Synthèse Bibliographiques

1-Généralité sur l'entomologie médico-légale.....	1
2. Rôle de la science légale dans les enquêtes criminelles.....	1
3. Écosystème cadavérique et dégradation de la matière par les insectes.....	2
3.1. Décomposition d'un cadavre à l'air libre.....	2
3.2. L'entomofaune cadavériques.....	5
▪ Les espèces nécrophiles.....	6
▪ Les espèces omnivores.....	6
▪ Les espèces opportunistes.....	6
▪ Les espèces nécrophages.....	6
4. Biologie des diptères nécrophages	7
• <i>Calliphoridae</i>	7
5. L'intervalle post mortem.....	10
5.1. Méthode de calcul de l'PIM par les insectes.....	11
5.2. Facteurs limitant le calcul de l'IPM	12
5.2.1 Température.....	12
5.2.2 Hygrométrie.....	12
5.2.3 Vent	13
5.2.4 Lumière.....	13
6. L'entomotoxicologie.....	13

7-Les métaux lourds.....	14
7.1. Oxyde de cuivre.....	14
7.2. Fecl ₂	15

Chapitre II: Matériel et méthodes

1. Site d'expérimentation	18
2. Prélèvement sur terrain.....	19
2.1. Matériels de capture et de prélèvement	19
2.2. Méthodes de prélèvement et de capture	20
2.2.1. Capture de spécimens vivants	20
3. Techniques et condition d'élevages	20
3.1. Matériel d'élevage	20
3.2. L'élevage des Larves	22
3.3. L'élevage des Adultes.....	23
4. Montage et identification	24
4.1. Montage	24
4.1.1. Montage des larves	24
4.1.2. Montage des adultes	25
4.2. Identification des spécimens.....	26
5. Matériels et traitement toxicologique	27
5.1. Matériels biologique	27
5.2. Produits chimiques	27
5.3. Equipement, Instruments	28
6. Méthode du traitement toxicologique	29

6.1. Dispositif expérimentale	30
-------------------------------------	----

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultat du prélèvement et identification.....	32
1.1. L'identification des échantillons	32
2. Analyses statistique des résultats.....	33
3. Discussion.....	35
Conclusion	38
Références bibliographiques.....	39
Annexes.....	45

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 او 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 *vicina Calliphora* في مختلف أعضاء الأرناب المعالجة مقارنة بأعضاء أرناب شاهد. حيث اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن هناك تأثيرًا كبيرًا للأجسام الغريبة على دورة تطور النوع المدروس.

ان الغرض من دراسة تأثير المعادن الثقيلة على دورة حياة les Diptères هو تحديد وجود أو عدم وجود الاضطرابات التي قد تؤثر على تقدير مؤشر مابعد 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 مابعد 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

Liste des Abréviations

LIII/L3	Stade larvaire 3
CuO ₂	Oxyde de cuivre
FeCl ₂	Chlorure de zinc
I	Indice de température minime nécessaire au développement de l'espèce
SNV	Science de la nature et de la vie
T	Témoin
T _{eff}	température effective

Liste des figures

Liste des figures

Numéro de la figure	Figure	Page
01	Stade de gonflement	03
02	Cycle de développement des diptères nécrophage	09
03	1. Larve, 2. Jeunes pupes, 3. pupe	09
04	possibilité de datation d'un cadavre (IPM) en médecine légale et en entomologie forensique (Wyss & Cherix, 2006).	11
05	Estimation de l'intervalle post-mortem (Frederickx <i>et al.</i> , 2011).	12
06	Localisation du site d'expérimentation et localisation satellite des points de prélèvement et de capture	18
07	Matériels de capture et de prélèvement	19
08	Matériels d'élevage	21
09	Œufs et larves de diptères nécrophages présentes dans les pièges	22
10	L'élevage des Adultes	23
11	Zones de dissections de la larve (Boulkenafet, 2016).	24
12	Adulte monté avec aiguille Entomologique (Boulkenafet, 2016)	25
13	Boite de collection des différentes Espèces d'adultes récoltées	25

Liste des figures

14	Les principales structures utilisées dans l'identification des larves De Diptères nécrophages (Gennard, 2007)	26
15	les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (Amendt et <i>al.</i> , 2010)	27
16	Chlorure Fer : FeCl ₂	27
17	Oxyde de cuivre : CuO ₂	28
18	Gavage des lapins	29
19	La dissection des lapins	30
20	Les organes prélevés	30
21	<i>Calliphora vicina</i>	32
22	Comparaison du somme de température effective en fonction des stades de développements de l'espèce <i>Caliphora vicina</i> dans l'estomac des différents lapins traité et du témoin	33
23	Comparaison du somme de température effective en fonction des stades de développements de l'espèce <i>Caliphora vicina</i> dans le foie des différents lapins traité et du témoin	34
24	Comparaison du somme de température effective en fonction des stades de développements de l'espèce <i>Caliphora vicina</i> dans les riens des différents lapins traité et du témoin	35

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre	Page
01	Classification des facteurs affectant la vitesse de décomposition d'un cadavre (Mann et <i>al.</i> , 1990 in Charabidzé, 2008).	05
02	Les différentes données du traitement toxicologique.	28
03	Poids des organes	30

Introduction

Introduction

Introduction :

Lors de la découverte d'un corps, les enquêteurs ont besoin de déterminer précisément la date et l'heure du décès. La médecine légale doit fournir cette information grâce à l'étude des caractéristiques du cadavre et de son état de décomposition. 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, et passé 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). Dans ce cas, il est possible de recourir à l'entomologie forensique, l'entomologie criminelle, judiciaire, légale ou encore médico-légale (Campobasso et *al.*, 2001a), est une technique consistant à étudier l'entomofaune nécrophage retrouvée sur le corps afin d'estimer la date de la mort.

Lorsqu'une personne meurt sans surveillance, les insectes peuvent arriver et coloniser le cadavre remarquablement, peu après la mort (Catts & Goff, 1992; Smith, 1986). En plus de l'âge des premiers colonisateurs, les taxons correctement identifiés et les modes de colonisation sont essentiels pour en déduire des informations précises sur le temps écoulé depuis la mort par preuve entomologique.

Parmi les insectes, les Diptères nécrophages sont les plus omniprésents dans les écosystèmes anthropiques, leur contribution dépasse largement celle des vertébrés (Wyss & Cherix, 2006). Ils ont en effet un rôle important dans le domaine médical, lequel se rapporte à leur participation dans la décomposition des cadavres.

Parmi les Diptères nécrophages seules les mouches le sont, elles sont généralement les premières à visiter à l'état adulte un cadavre, leur arrivée précoce sur ce dernier, dans les minutes qui suivent la mort en font de redoutables bio indicateurs quant au moment du décès mais aussi les principaux décomposeurs massifs d'un cadavre, en tant que larves (Byrd & Castner, 2009). La fiabilité des expertises médico-légales et entomologiques sont fortement associées certes, mais dépend de l'identification appropriée du matériel collecté.

Nous procéderons dans la première partie à un rappel des données bibliographiques qui sont consacrées à la vie autour d'un cadavre et l'importance des Diptères nécrophages dans le domaine judiciaire. Dans la deuxième partie nous présenterons le cadre de l'étude; le matériel et la méthode utilisés, nous avons présenté le matériel et les méthodes utilisées dans notre

Introduction

expérimentation (le modèle animale et les métaux lourds utilisés, la méthode d'échantillonnage, leurs traitements et analyse toxicologique et l'identification des spécimens récoltés).

Puis nous exposerons les résultats obtenus des expériences réalisés et nous avons les discutés dans le troisième chapitre qui seront ensuite commentés et les comparées à d'autres travaux plus particulièrement.

Chapitre I : Synthèse Bibliographiques.

Chapitre I : Synthèse Bibliographiques.

1. Généralité sur l'entomologie médico-légale :

L'entomologie médico-légale et criminelle étudie les liens qui existent entre l'activité des insectes et les différents stades de décomposition d'un cadavre. Néanmoins, cette discipline reste exclusivement consacrée à l'étude des insectes Nécrophages pour l'estimation du délai poste mortem (Charabidze, 2012). Leur Participation active dans le processus de décomposition est un phénomène naturel qui a Trouvé une utilité dans les enquêtes criminelles. Les larves de Diptères, collectées Soigneusement sur un cadavre humain et son environnement, sont principalement utilisées Par des spécialistes en criminalistique comme de véritables horloges biologiques en mesure D'estimer la période écoulée entre le décès d'une victime et la découverte du corps.

L'idée d'utiliser les insectes en criminalistique n'est pas neuve, déjà en 1894 Mégnin nous parlait de la "faune des cadavres le but principal de l'entomologie médico- légal est d'établir l'intervalle post-mortem (Nuorteva, 1977 ; Greenberg, 1991 ; Amendt et *al.*, 2004, 2007 ; Lefebver & Gaudry, 2009). En effet, les insectes peuvent aussi donner des indices à l'entomologiste forensique en ce qui concerne le lieu du décès, s'il a eu ou non dissimulation du corps ou encore sur d'éventuels déplacements post mortem du cadavre (Dekeirsschieter, 2012).

2. 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 (Boulkenafet, 2016).

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 (Boulkenafet, 2016).

Sans surprise, les crimes ont aussi devenus plus sophistiqués, avec les criminels d'aujourd'hui, se fondant sur les aspects des sciences de menacer la sécurité individuelle et nationale. Il faut regarder plus loin que le bioterrorisme pour voir un lien clair entre la connaissance scientifique et l'activité criminelle violente. Une attention particulière est accordée à la compréhension de la méthode scientifique, car il sert comme étant un principe

de base pour l'étude de phénomènes naturels et dans les analyses médico-légales (Rivets & Dahlem, 2014).

La science légale est devenue un large terme, s'écartant légèrement de la définition simple donnée, c'est l'application de la science à la loi. Le terme « légal » est défini comme concernant voire relié à la loi, alors que la « science » est l'étude du monde physique et naturel systématiquement faits et principes disposés qui sont rigoureusement examinés par expérimentation. Une fois utilisé ensemble les deux termes rapportent une discipline laquelle aborde des questions reliées à la loi par l'application des faits et des principes examinés au moyen d'une expérimentation rigoureuse (Boulkenafet, 2016).

3. Écosystème cadavérique et dégradation de la matière par les insectes :

3.1. Décomposition d'un cadavre à l'air libre :

La décomposition d'un cadavre est le résultat des actions combinées de l'autolyse et de la putréfaction (Marchenko, 2001). C'est une série de processus dynamiques qui vont induire des changements chimiques et physiques, qui entraînent un ensemble de modifications morphologiques post-mortem appelé thanatomorphose (Campobasso et *al.*, 2001b). 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 frais :

Ce stade prend place dès la mort de l'individu jusqu'à un maximum d'une semaine après le décès (Galloway, 1997). Peu de temps après la mort, on note l'existence de certains changements de nature physique, chimique et biologique et dans l'apparence du corps en plus du refroidissement général du corps. Les premiers organismes qui arrivent sont les mouches (Calliphoridae) (Dekeirsschieter et *al.*, 2014).

➤ Stade de gonflement :

Ce stade débute lorsque les gaz de putréfaction commencent à s'accumuler dans le corps et il en résulte un aspect gonflé de ce dernier (Anderson, 1996). En effet, la diminution en oxygène amorcée à la mort de l'individu s'intensifie et le corps devient un environnement idéal pour les micro-organismes anaérobies (Carter et *al.*, 2007). Ces derniers transforment les sucres,

lipides et protéines en acides organiques et en gaz ce qui provoque un gonflement du corps. La ventilation de l'organisme continue à cause de l'activité bactérienne et c'est peut-être la phase la plus facile à distinguer. Initialement l'abdomen gonfle mais plus tard tout le corps devient comme un ballon étiré d'air (Gennard, 2007) (Fig.01).



Fig.01 : Stade de gonflement (photo originale)

Stade de décomposition (active/avancée) :

Certains auteurs distinguent plusieurs stades de décomposition mais l'utilité de ces stades est incertaine. Différentes parties d'un même corps sont mises à des rythmes différents de décroissance et la décomposition elle-même est un processus progressif plutôt qu'une série d'événements distincts (Gunn, 2006). Lorsque l'organisme entre dans le stade de gonflement,

il est dit peut être " en décomposition active " et pendant ce temps les parties molles du corps disparaissent rapidement en raison de l'autolyse et des activités microbienne, des insectes et autres animaux. Puis le corps s'effondre et les gaz ne sont plus maintenus par la peau. À ce stade, le corps entre dans une phase dite "Avancée", sauf si le corps est momifié, à ce moment là une grande partie de la peau va être perdue (Campobasso et *al.*, 2001b). Au début, Cette étape est reconnaissable par une rupture de la peau du cadavre sous la pression des gaz qui s'échappent à l'extérieur, c'est la putréfaction. Après, se produit la fermentation dont des acides caséiques et butyrique sont générés. A la fin de ce stade (décomposition avancée), tout

ce qui reste de l'organisme est la peau, le cartilage et les os avec certains vestiges de chair dont les intestins. Tout reste de tissu corporel peut être séché. Le plus grand indicateur de cette étape est une augmentation de la présence de Coléoptères et une réduction de la dominance des mouches (Diptères) sur le corps (Gennard, 2007).

➤ **Stade de squelettisation :**

A ce stade, la décomposition des tissus mous est terminée. Désormais, il ne reste plus que les os (Gunn, 2006). Il peut également rester des tissus aux points d'attachement des ligaments et des muscles comme le long de la colonne vertébrale ou au niveau de l'articulation des os longs (Galloway, 1997). Ces derniers vont se dégrader petit à petit pour ne laisser que les os (Gunn, 2006). Cependant, ces phases de dégradation du corps doivent être interprétées comme étant une séquence de phénomènes qui se superposent et se combinent et non comme étant des stades clairement identifiables les uns des autres. En effet, il n'y a pas de distinction précise entre la fin d'un stade et le début du suivant (Campobasso et *al.*, 2001b ; Goff, 2009).

- Mann (1990) propose dans un article de synthèse une classification sur une échelle de 1 à 5 des différents facteurs affectant la vitesse de décomposition d'un corps (Tableau.01), qui montre clairement le rôle fondamental joué par les insectes ; qu'il s'agit d'un effet direct ou d'une conséquence indirecte, certains des facteurs mentionnés sont liés à la possibilité de colonisation et de développement des insectes sur le corps (Charabidzé, 2008). On rencontre chez les espèces nécrophages principalement des insectes appartenant aux ordres des Diptères et des Coléoptères (Wyss & Cherix, 2006).

Tableau.01 : Classification des facteurs affectant la vitesse de décomposition d'un cadavre (Mann *et al.*, 1990 in Charabidzé, 2008).

Paramètre	Impact	Commentaire de l'auteur
Température	5	Effet indirect sur l'activité des insectes.
Accès des insectes	5	La majeure partie de la destruction des tissus mous est due aux insectes.
Enfouissement	5	L'enfouissement ralentit la décomposition et facilite la squelettisation.
Présence de plaies	4	La présence de plaies attire les insectes.
Humidité	4	Une humidité élevée est corrélée à une forte activité des insectes.
Précipitations	3	Peu d'effet sur les larves mais fort impact sur les mouches adultes (pontes).
Poids de taille du corps	3	De manière surprenante, effet assez faible.
Contact au sol	1	Dégradation plus rapide des corps en contact avec le sol, peut-être en rapport avec l'activité des insectes.

3.2. L'entomofaune cadavériques :

Les insectes représentent environ 80% des espèces animales recensées car elles sont présents dans l'ensemble des écosystèmes du globe (Charabidze, 2008). Leur taille varie de moins d'un millimètre à plusieurs dizaines de centimètres et leurs modes de vie et également extrêmement diversifiés (Charabidze, 2008).

Au sein des écosystèmes terrestres, les insectes nécrophages sont généralement les premiers organismes à arriver sur le corps peu après la mort et le colonisent selon une séquence plus au moins prédictible (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. Parmi ces insectes on distingue les espèces nécrophiles ; les

Chapitre I: Synthèse Bibliographiques

espèces omnivores ; les espèces opportuniste ainsi que les espèces nécrophages dont leur régime alimentaire est directement liée à la présence du cadavre (Wyss & Chérix , 2006).

• Les espèces nécrophiles :

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 & 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* (Diptera, Muscidae) (Gaudry, 2002) et de certaines *Chrysomya* (Diptère, Calliphoridae) (Leclercq, 1978).

• Les espèces omnivores :

Elles se nourrissent aussi bien du cadavre que ses habitants (nécrophages et nécrophiles). Des hyménoptères comme les guêpes et fourmis ainsi que certains Coléoptères font partie de ce groupe (Leclercq, 1996 ; amendts et *al.*, 2004 & Arnaldos & *al.*, 2005 ; Wyss & Cherix, 2006). Vus le régime alimentaire de se groupe et leur position dans la chaine trophique (3ème position) ils sans de faible importances pour les analyse toxicologiques.

• Les espèces opportunistes :

Elles utilisent le corps comme une extension de leur environnement (comme refuge ou source de chaleur par exemple). On rencontre des collemboles, des papillons et des araignées (Leclercq, 1996 ; Amendt et *al.*, 2004 ; Arnaldos et *al.*, 2005 ; Wyss & Cherix, 2006). Nous n'avants pas rencontrer dans la littérature une éventuelle utilisation des ces insectes comme source d'échantillons pour analyses toxicologique.

• Les espèces nécrophages :

Ils arrivent les premiers sur le cadavre, ils se nourrissent aux dépens de l'organisme en décomposition et plus spécifiquement des liquides (Amendt et *al.*, 2004 ; Arnaldos et *al.*, Wyss & Cherix, 2006). Ces espèces interviennent dans le processus de décomposition, influe notablement la vitesse de dégradation d'un cadavre (Charabidze , 2008). On rencontre chez les espèces nécrophages principalement des insectes appartenant aux ordres des Diptères (*Calliphoridae* *Muscidae*, *Sarcophagidae*, *fannidae*, *piophilidae* , *phoridae*) et des Coléoptères (*Dermestidae*, *Silphidae* , *Cleridae* et *Nitidulidae*) (Leclercq, 1996 ; Wyss &

Cherix, 2006). Les espèces appartenant à ce groupe spécialement les espèces Diptères sont la source la plus fiable pour les analyses toxicologiques, du fait qu'ils se nourrissent sur les cadavres frais, par conséquent une dose importante du xénobiotique sera ingérer et accumuler par ces insectes.

4. Biologie des diptères nécrophages :

Les très nombreuses espèces que l'on appelle communément mouches, moustiques et moucheron forment l'ordre des Diptères. Les principales caractéristiques de ces derniers sont donc : une paire d'aile membraneuse, la 2ème paire est réduite, possèdent une tête mobile avec une paire de grands yeux composés et trois ocelles disposées en triangle au sommet. (Wyss & 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 & 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 & Chérix, 2006).

Dans cette étude on a basé essentiellement sur la famille de *calliphoridae*.

• *Calliphoridae* :

Calliphoridae est une famille d'un très grand nombre d'espèces, plus de 1000 espèces. Mouches de la viande, se retrouvent partout dans le monde. Ils sont, avec les *Sarcophagidae* et les *Muscidae*, les espèces les plus importantes qui fournissent des informations relatives à l'estimation précise de l'intervalle post-mortem. Cette famille de Diptères est divisée en neuf sous-familles, dont les *Chrysomiinae*, les *Luciliinae* et les *Calliphorinae* sont les plus importantes (Jain et al., 2009). Cette dernière comporte 09 genres dont les *Calliphora* et les *Cynomya*. Vingt-six espèces de *Calliphora* sont recensées dans le monde tandis que le genre *Cynomya* n'en recense que deux (Jain et al., 2009).

Chapitre I: Synthèse Bibliographiques

La famille des *Calliphoridae* comprend de nombreuses espèces qui sont bien connus du grand public. Les adultes ne sont pas secrètes et atterrissent souvent dans des endroits ensoleillés qui sont visibles à l'œil humain. Beaucoup de mouches de la viande commune sont métalliques vert clair ou bleu, Emerald et Sapphire sont considérés comme des pierres précieuses du monde des insectes. Mais la beauté de ces mouches est tempéré par notre connaissance de leur enfance secrètes passé se tortillant et s'alimentant de la chair en décomposition (Greenberg, 1991). Les *Calliphoridae* ne sont pas tous nécrophages.

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 (Fig.02). 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 (Boukentuoucha & 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 & 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 & 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 & Kunich, 2002) (Fig.03).

• **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 & Kunich, 2002).

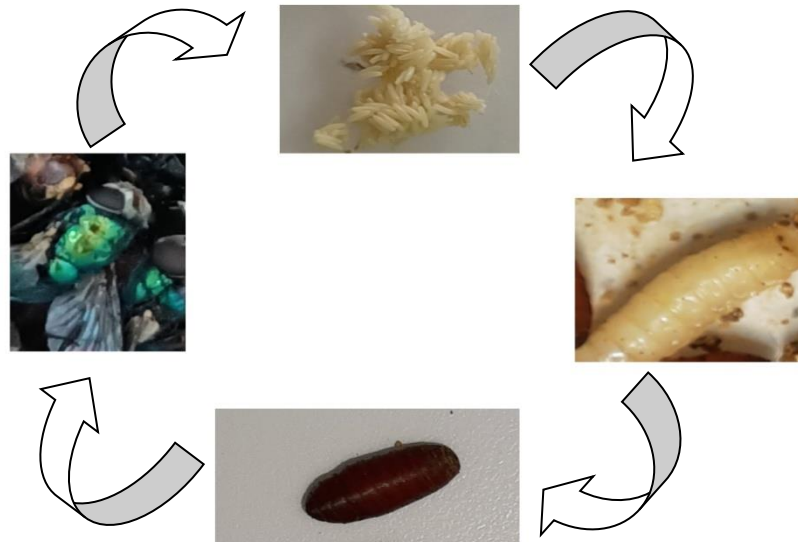


Fig.02 : Cycle de développement des diptères nécrophage (photos originales).

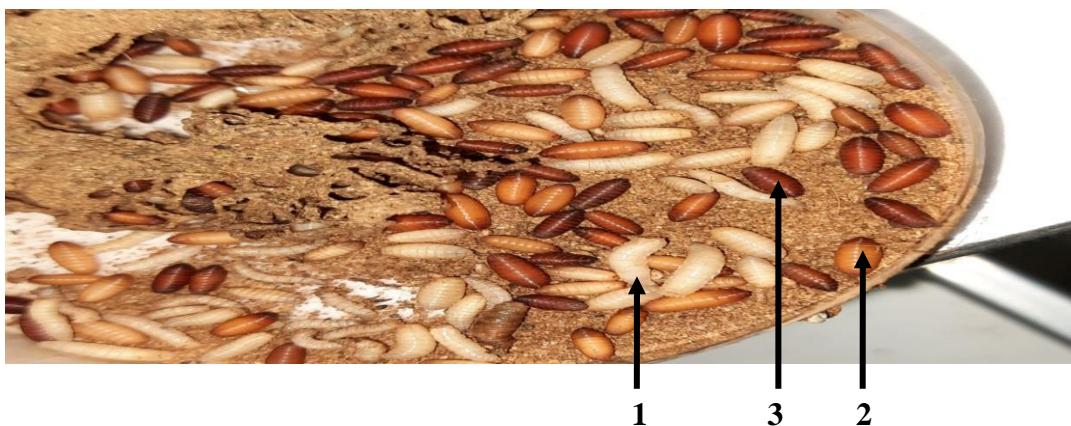


Fig.03 : 1.Larve, 2.Jeunes pupes, 3.pupe. (Photo originale)

❖ *Calliphora vicina* :

Calliphora vicina, communément appelée mouches bleues, est originaire de l'Holarctique. Ils sont envahissants à travers le monde (Horenstein et *al.*, 2016 ; Pérez et *al.*, 2016).

Ils se trouvent le plus souvent près des charognes et des ordures qu'elles mangent. Ils préfèrent les habitats ombragés et froids à ceux qui sont chauds ou lumineux. Ils sont plus fréquents en hiver. Ces mouches peuvent être trouvées dans les prairies, les forêts et les montagnes. Les mouches bleues sont de couleur bleutée. Leurs ailes sont grisâtres à

transparentes. Ils ont des bajoues jaune-orange couvertes de poils noirs. Leurs yeux sont de couleur brunâtre. Cette espèce est sexuellement dimorphe (Marshall et *al.*, 2011).

Les larves de *Calliphora vicina* se développent dans les charognes. Ils passent par quelques stades de développement différents, puis subissent une métamorphose pour devenir adultes. (Reznik et *al.*, 1992). Ils ne vivent que quelques mois. Les femelles ont tendance à vivre plus longtemps que les mâles de cette espèce. (Pérez et *al.*, 2016).

Ils sont incroyablement importants dans la science médico-légale. Ils arrivent et habitent la charogne de manière fiable dans un certain laps de temps. Les médecins légistes sont capables d'utiliser la croissance des larves et la température connue pour déterminer l'heure de la mort. (Donovan et *al.*, 2006 ; Rader et *al.*, 2016).

5. L'intervalle post mortem :

L'intervalle post mortem est défini comme le temps écoulé entre la mort et le découvert du cadavre (Wyss & Cherix, 2008). Il existe deux méthodes, ayant pour le but de déterminer l'IPM, en se basant sur les insectes (Wyss & Cherix, 2008). l'IPM dit « court » qui se base sur les premiers insectes colonisant le corps et l'IPM à « moyen » et « long » terme qui se base sur les successions entomologiques.

La première méthode: est basée sur le développement des larves de Diptères et concerne presque uniquement les larves de Calliphoridae (Wyss & Cherix, 2006). Toutefois, cette méthode peut aussi utiliser des représentants de la famille des Muscidae ou des Sarcophagidae, voire de Piophilidae. Cette méthode de datation entomologique met en relation le développement des insectes (principalement des larves de mouches) trouvés sur le corps avec la température ayant régné sur le lieu du décès (Niederegger et *al.*, 2010). On obtient alors ce qu'on appelle un IPM minimum qui ne pourra être déterminé que pour la première génération de mouches arrivées sur le cadavre (Wyss & Cherix, 2006). En effet, on utilise, comme postulat de départ, le fait que les premières mouches peuvent arriver sur un cadavre dans les minutes ou les heures qui suivent la mort, sous des conditions écologiques favorables (Bourel et *al.*, 2003). Il est donc possible de déterminer un IPM pour la première génération de mouches; cependant, il est impossible de connaître le moment de ponte de la deuxième génération.

La seconde méthode de datation entomologique : se base sur la succession des espèces au cours du temps sur un cadavre (Wyss & Cherix, 2008). Les estimations se basent sur une reconstitution des successions entomologiques qui ont pu avoir lieu sur le cadavre et il est facilement démontrable que ces successions ne sont pas toujours respectées (Wyss & Cherix, 2008).

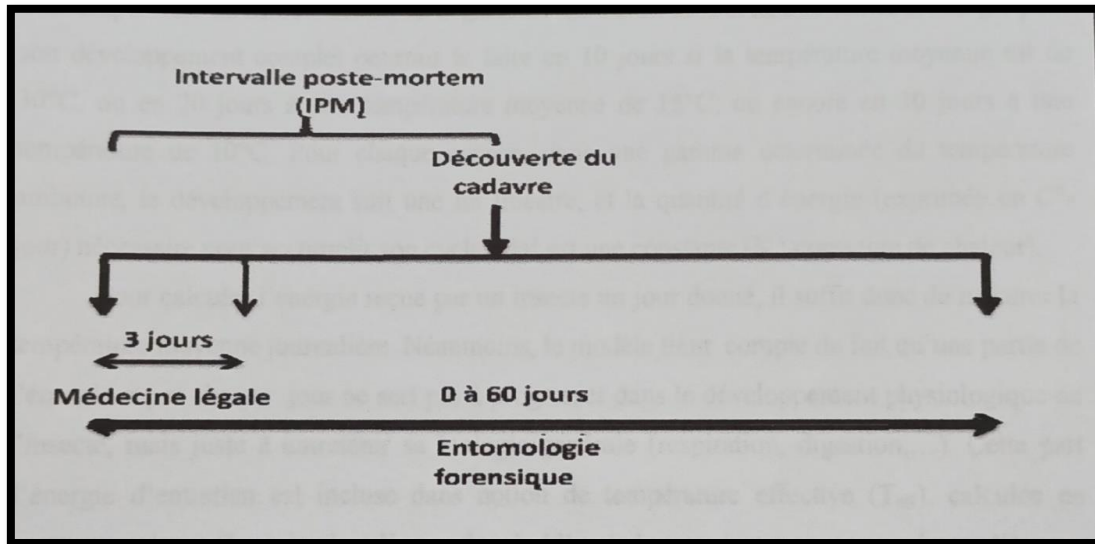


Fig.04 : possibilité de datation d'un cadavre (IPM) en médecine légale et en entomologie forensique (Wyss & Cherix, 2006).

5.1 Méthode de calcul de l'IPM par les insectes :

La première utilisation des insectes dans le domaine de criminalistique qui nous vient à l'esprit est leur utilisation pour l'estimation du temps écoulé de la date de la mort à la découverte du cadavre, le l'Intervalle Poste Mortem (IPM), (Benecke, 2004 ; Wyss & Cherix, 2006; Gaudry et *al.*, 2007) (Fig.05). Seuls les insectes peuvent aider à estimer la date du décès avec plus de certitude lorsque la mort remonte à plus de 72h (mort "ancienne") ou que des signes de putréfaction avancée sont visibles, les méthodes médicales classiques (méthodes thermométriques, rigidité et lividités cadavériques et les méthodes biochimiques) ne sont plus fiable (Wyss & Cherix, 2006 ; Gaudry & *al.*, 2007).

- ♣ Le calcul de l'IPM par la méthode entomologique en cas de découverte de cadavre.
- ♣ Estimation de la période de négligence des Enfants et des personnes âgées.

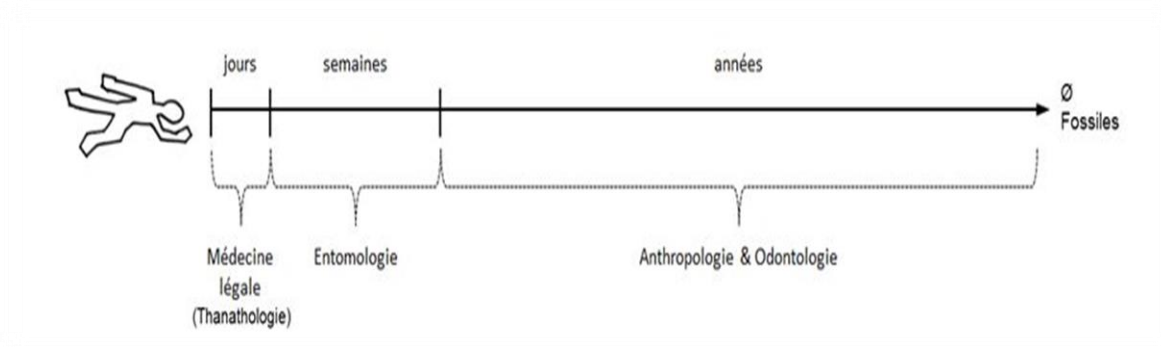


Fig.05 : Estimation de l'intervalle post-mortem (Frederickx & al., 2011).

7. Facteurs limitant le calcul de l'IPM :

7.1. 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.

7.2. 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 (Abdoune & Achour, 2018).

7.3. 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 (Abdoune & Achour, 2018).

7.4. Lumière :

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

8. L'entomotoxicologie :

Un lien plus étroit a depuis été développé entre entomologie et 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 & 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 & 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). L'étude entomotoxicologique permet donc d'identifier et de quantifier la présence de xénobiotiques chez les arthropodes se nourrissant sur les cadavres (Tracqui et *al.*, 2004 ; Amendt et *al.*, 2010). Il est donc ainsi possible d'avoir une idée des causes du décès (Tracqui et *al.*, 2004). L'entomotoxicologie permet également une meilleure estimation des IPMs (Tracqui et *al.*, 2004).

9. Les métaux lourds :

9.1. 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).

9.1.1. Toxicocinétique – Métabolisme :

▪ Absorption:

Le cuivre d'origine alimentaire est absorbé au niveau de l'estomac et de l'intestin. Tous les aliments contiennent des traces de cuivre mais le plus riche est incontestablement le foie et la consommation de foie est déconseillée chez les malades atteints de la maladie de Wilson qui ont une surcharge tissulaire en cuivre (Pierre, 2000).

Le mécanisme de l'absorption digestive du cuivre est mal connu, des acides aminés comme l'histidine la favoriseraient alors que le zinc pourrait l'inhiber (Pierre, 2000).

L'apport quotidien recommandé de cuivre est de 1 à 3 mg/jour, la quantité absorbée serait d'environ 0,6 mg/j (Pierre, 2000).

▪ Distribution :

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

▪ élimination :

Le cuivre est essentiellement éliminé dans la bile (Anonyme, 2022a). L'élimination urinaire est faible, inférieure à 50 microgrammes par jour, généralement de l'ordre de 10 microgrammes par jour. Une élimination dépassant 50 ou 100 microgrammes par jour évoque une maladie de Wilson (Pierre, 2000).

9.1.2. Signes Cliniques :

➤ Intoxication aigue :

Les symptômes d'un empoisonnement systémique par le cuivre peuvent comporter des dommages capillaires des céphalées, des sueurs froides, un pouls faible, des dommages aux reins et au foie, excitation du SNC suivi d'une dépression, jaunisse, convulsions, paralyses et coma. La mort peut provenir d'un choc ou d'une insuffisance rénale (Anonyme, 2018).

➤ Intoxication chronique :

L'intoxication chronique au cuivre est caractérisée par une cirrhose hépatique des dommages cérébraux et démyélinisations, une défectuosité des reins et la décomposition du cuivre dans la cornée chez les humains comme illustré par la maladie de Wilson, il a été également démontré que l'empoisonnement au cuivre a conduit à une anémie hémolytique et à accélérer les artérioscléroses (Anonyme, 2018).

9.2. Chlorure de fer (FeCl₂) :

Le chlorure de fer(II), également connu sous le nom de chlorure ferreux, est le composé chimique de formule FeCl₂. Il s'agit d'un solide paramagnétique à point de fusion élevé, généralement obtenu sous la forme d'un solide blanc cassé. FeCl₂ cristallise à partir de l'eau sous forme de tétra hydrate verdâtre, c'est ainsi que le sel est le plus souvent rencontré dans le commerce et en laboratoire (Kovacic & Brace, 1960).

9.2.1. Toxicocinétique – Métabolisme :

▪ Absorption :

S'effectue grâce à un mécanisme actif et hautement régulé (Anonyme, 2012). Son absorption se fait dans la partie initiale du tube digestif, au niveau du duodénum et du jéjunum (Pierre, 2000).

L'absorption digestive du fer est régulée au moins partiellement car sa biodisponibilité augmente lorsque les réserves de l'organisme s'abaissent, l'absorption pouvant passer alors de 2% à 20%. Le mécanisme de la régulation de l'absorption digestive du fer était inconnu jusqu'à la découverte de l'hepcidine en 2000. L'hepcidine est une protéine de 25 acides aminés, synthétisée et sécrétée essentiellement par le foie. Elle diminue l'absorption

intestinale de fer et diminue la libération du fer stocké dans les macrophages du système réticulo-endothélial (Allain, 2000).

Une déficience en hepcidine s'observe dans certaines hémochromatoses et s'accompagne d'une augmentation de l'absorption de fer par l'intestin et d'une augmentation de sa libération par les macrophages, ce qui conduit à un excès de fer disponible dans l'organisme et le fer s'accumule anormalement dans certains organes (Allain, 2000).

L'absorption intestinale du fer vise à compenser les pertes quotidiennes (Anonyme, 2012)

- **Distribution :**

Le fer est distribué dans de nombreux organes au niveau de multiples localisations subcellulaires (Hercberg & Galan, 1989) et par là-même, intervient dans des fonctions métaboliques variées. Le fer circule dans le plasma lié à une protéine, la transferrine ou sidérophiline (Anonyme, 2011). Cette protéine distribue le fer aux cellules.

Le fer plasmatique total représente 3 à 4 mg, ce qui correspond à une teneur moyenne en fer d'environ 100 μ g/dl. Les réserves en fer de l'organisme sont localisées au niveau du système réticulo-endothélial, notamment dans le foie, la rate, la moëlle osseuse et les muscles squelettiques (où les réserves sont plus particulièrement sous la forme d'hémosidérine) et dans le parenchyme hépatique (où c'est la ferritine qui prédomine) (Anonyme, 2011).

- **élimination :**

Les quantités de fer quotidiennement éliminées sont très faibles, de 1 à 2 mg/jour, ce qui ne représente que 1/1 000 à 1/4 000 du pool total de fer de l'organisme. Mais cette faible dépendance envers l'extérieur est un facteur d'une extrême importance car en cas de non-compensation de ces pertes par les apports alimentaires, il y a risque de déséquilibre de la balance en fer (Anonyme, 2011).

L'élimination urinaire ainsi que l'élimination desquamative de la peau et des muqueuses sont très faibles (Pierre, 2000).

9.2.2. Signes Cliniques :

➤ **Intoxication aigue :**

L'intoxication aiguë sévère par le fer évolue en plusieurs phases successives débutant par un tableau de gastro-entérite aiguë suivie d'un intervalle libre puis d'une toxicité systémique avec choc, acidose métabolique, coma et insuffisance hépatique avec coagulopathie. Le diagnostic repose sur la mesure du fer sérique. Le traitement repose sur la décontamination digestive et un traitement antidotique par la déféroxamine (Nisse, 2021).

➤ **Intoxication chronique :**

L'exposition chronique au fer est principalement d'origine professionnelle et se traduit par une pneumoconiose de surcharge consécutive à l'inhalation de poussières et d'oxydes de fer. La sidérose oculaire est une pathologie chronique grave pouvant aboutir à la perte de la vision de l'œil touché. Elle survient lorsqu'un corps étranger contenant du fer se retrouve dans l'œil ou à son contact (Flesch et *al.*, 2007).

Chapitre II : Matériel et méthodes

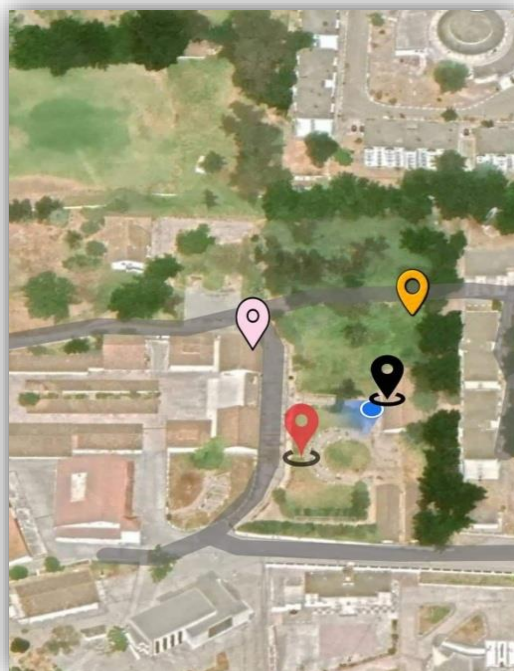
Chapitre II : Matériel et méthodes

Notre travail consiste à réaliser des tests de toxicité sur des cadavres des lapins par des doses toxiques de métaux lourds, puis utiliser leurs différents organes comme substrat nourricier des larves de Diptères nécrophages.

1. Site d'expérimentation :



-A-




-B-

Fig.06 : Localisation du site d'expérimentation et localisation satellite des points de prélèvement et de capture (photos originales)

A : photo de L'animalerie et de laboratoire d'étude

B :  ⇒ 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

Chapitre II : Matériel et méthodes

2. Prélèvement sur terrain :

2.1. Matériels de capture et de prélèvement :

Si nous voulons mener à bien une enquête au moyen des insectes ; il faut un bon matériel entomologique, pour cela nous avons utilisé le matériel suivant (Fig.07) :

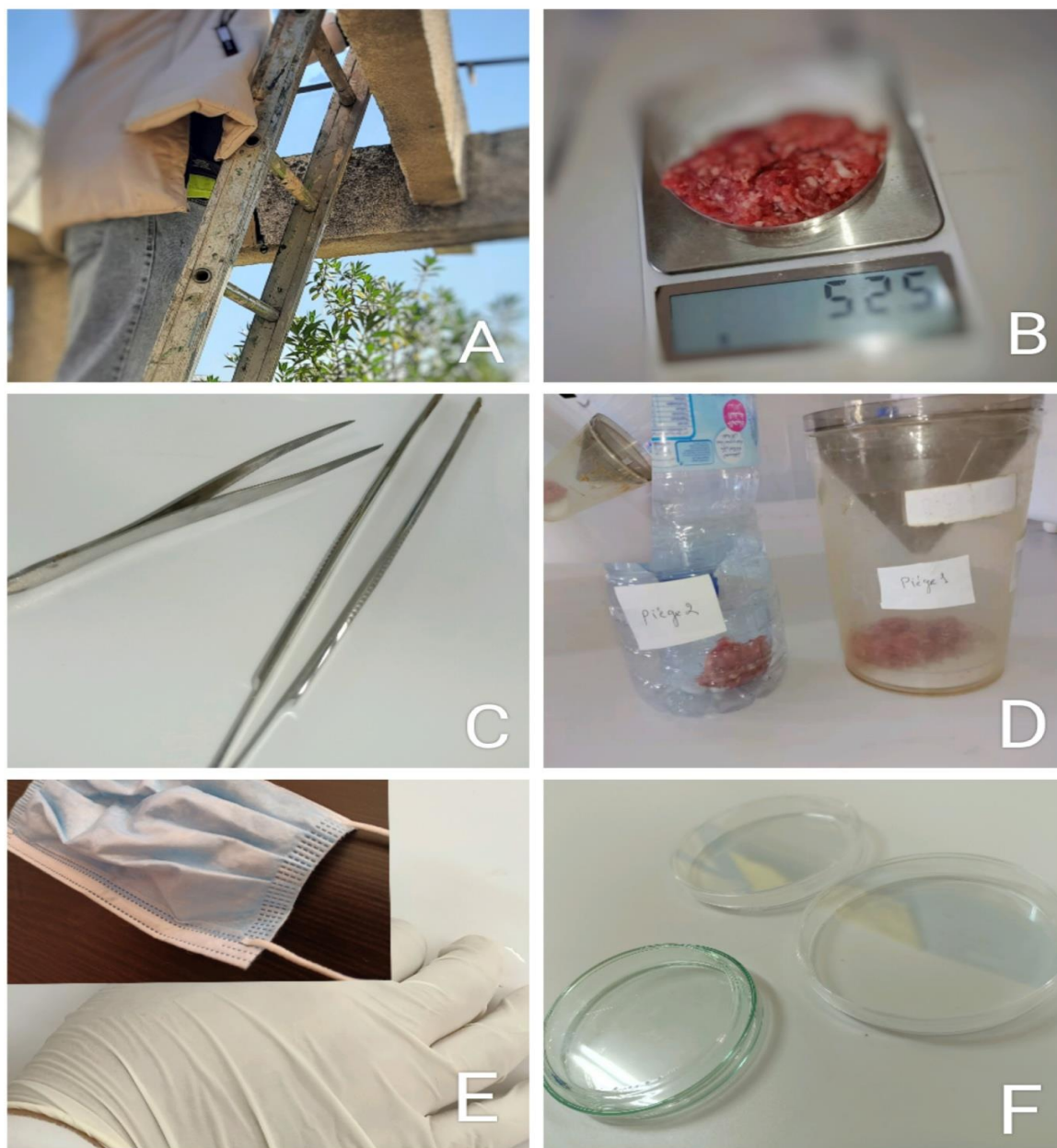


Fig.07 : Matériel de capture et de prélèvement (photos originales)

(A) : Echelle ; (B) : viande haché fraîche ; (C) : Des pincettes entomologiques ; (D) : piège à appâts ; (E) : Des gants et masque chirurgicale ; (F) : Boite de pétri

Chapitre II : Matériel et méthodes

2.2. Méthodes de prélèvement et de capture :

2.2.1. Capture de spécimens vivants :

Afin de pouvoir faire un élevage des insectes de différents stade, on a utilisé des boites de pétrie contenant de la viande haché placées à l'intérieur des pièges à appâts pour attirer de collecté le maximum d'adultes et de ponte. Les adultes et les œufs capturés sont directement placés dans les différentes cages d'élevage. En a pu obtenir nos premiers échantillons le 08/03/2022.

3. 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 du piège à appât. Ces adultes constituent un matériel nécessaire pour des traitements ultérieurs.

3.1. Matériel d'élevage :

Pour l'élevage on a utilisé le matériel suivant (Fig.08) :

Chapitre II : Matériel et méthodes

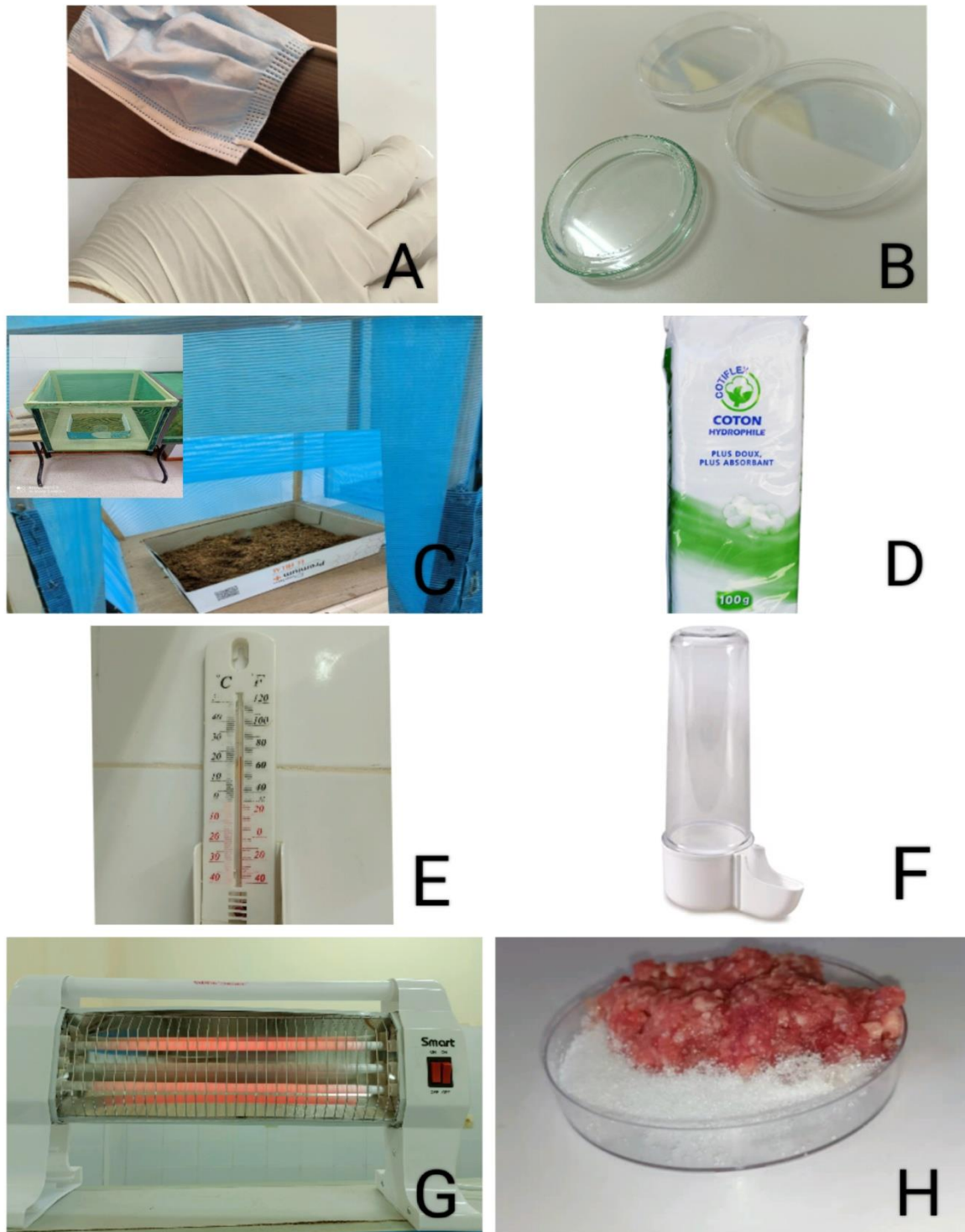


Fig.08 : Matériel d'élevage (photos originales)

(A) : Des gants et Masque chirurgicale ; (B) : Boite de pétri ; (C) : cage d'élevage, Bac à sable et sable ; (D) : Coton ; (E) : Thermomètre à mercure ; (F) : Buvette ; (G) : Résistance ; (H) : Viande haché fraîche et sucre

Chapitre II : Matériel et méthodes

3.2. L'élevage des larves :

La technique d'élevage consiste à mettre des œufs des diptères nécrophages dans des boîtes de pétri contenant la viande hachée (Fig.09).

Afin d'assurer un bon déroulement de l'élevage, On a fourni les conditions nécessaires pour le développement larvaire tel que la chaleur (chambre conditionnée) 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 atteignent le stade puppe.



Fig.09 : Œufs et larves de diptères nécrophages présente dans les pièges (photos originales)

(A) : Pièges à appât ; (B) : Œufs ; (C) : larves

Chapitre II : Matériel et méthodes

3.3 L'élevage des adultes :

Il est indispensable de préserver les spécimens adultes, issus des élevages, afin de garantir une identification correcte (Charabidzé & Gosselin, 2014). Une fois la nouvelle génération émergente (Fig.10), d'autres mesures doivent être prises pour entrainer une nouvelle ponte :

- Des récipients contenant du sucre pour l'alimentation des adultes.
- Des buvettes contenant de l'eau à leur base du coton est mis pour que mes mouche adulte soit capable d'absorbé de l'eau.
- Enfin la viande est mise dans les boites de pétrie pour l'activation des pontes.



Fig.10 : L'élevage des Adultes (photo originale)

4. Montage et identification :

4.1. Montage :

4.1.1. Montage des larves :

Le montage 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 (fig.11). 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 (Boulkenafet, 2016).



Fig.11 : Zones de dissections de la larve (Boulkenafet, 2016).

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 (Boulkenafet, 2016).

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 (Boulkenafet, 2016).

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 (Boulkenafet, 2016).

Chapitre II : Matériel et méthodes

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 (Boulkenafet, 2016).

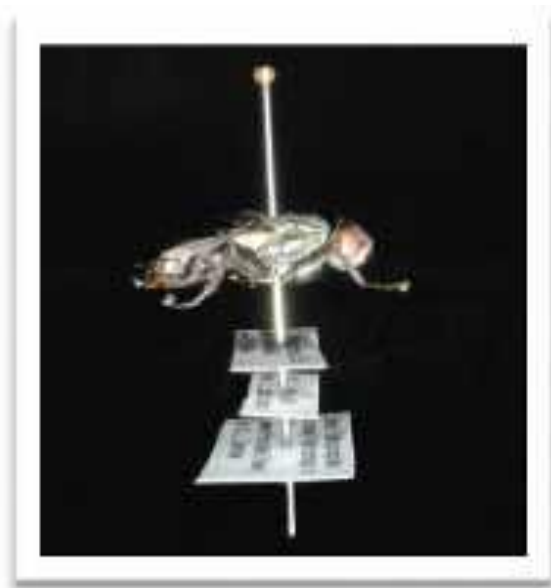
6. les spécimens préparés sont montés entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada. Avant analyse microscopique il est recommandé de laisser sécher quelques heures dans l'étuve (Boulkenafet, 2016).

4.1.2. Montage des adultes :

La préparation des insectes adultes suit des règles très précises quant au montage des spécimens et à leur étiquetage (Wyss & Cherix, 2006).

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. Par la suite, ils sont identifiés à l'aide de divers clés d'identifications sous une loupe binoculaire (Boulkenafet, 2016).

Chaque spécimen doit être muni d'une étiquette comportant le nom de l'espèce, le lieu, et la date de capture (Fig.12). Les mouches ainsi Étiquettes, sont installés dans des boîtes de collections (Boulkenafet, 2016) (Fig.13).



**Fig.12 : Adulte monté avec
aiguille
Entomologique (Boulkenafet,
2016)**



**Fig.13 : Boîte de collection des
différentes
Espèces d'adultes récoltées
(photo originale)**

Chapitre II : Matériel et méthodes

4.2. Identification des spécimens :

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).

Les adultes sont plus facilement identifiés par leurs caractéristiques physiques (Fig.14), et même les larves de certaines espèces peuvent généralement être distinguées.

Pour l'identification des larves, on se base essentiellement sur certaines parties du corps : les formes de spiracle antérieur, le spiracle postérieur, le céphalosquelette ainsi que les bandes d'épines au niveau des segments thoraciques et abdominaux (Boulkenafet, 2016) (Fig.15).

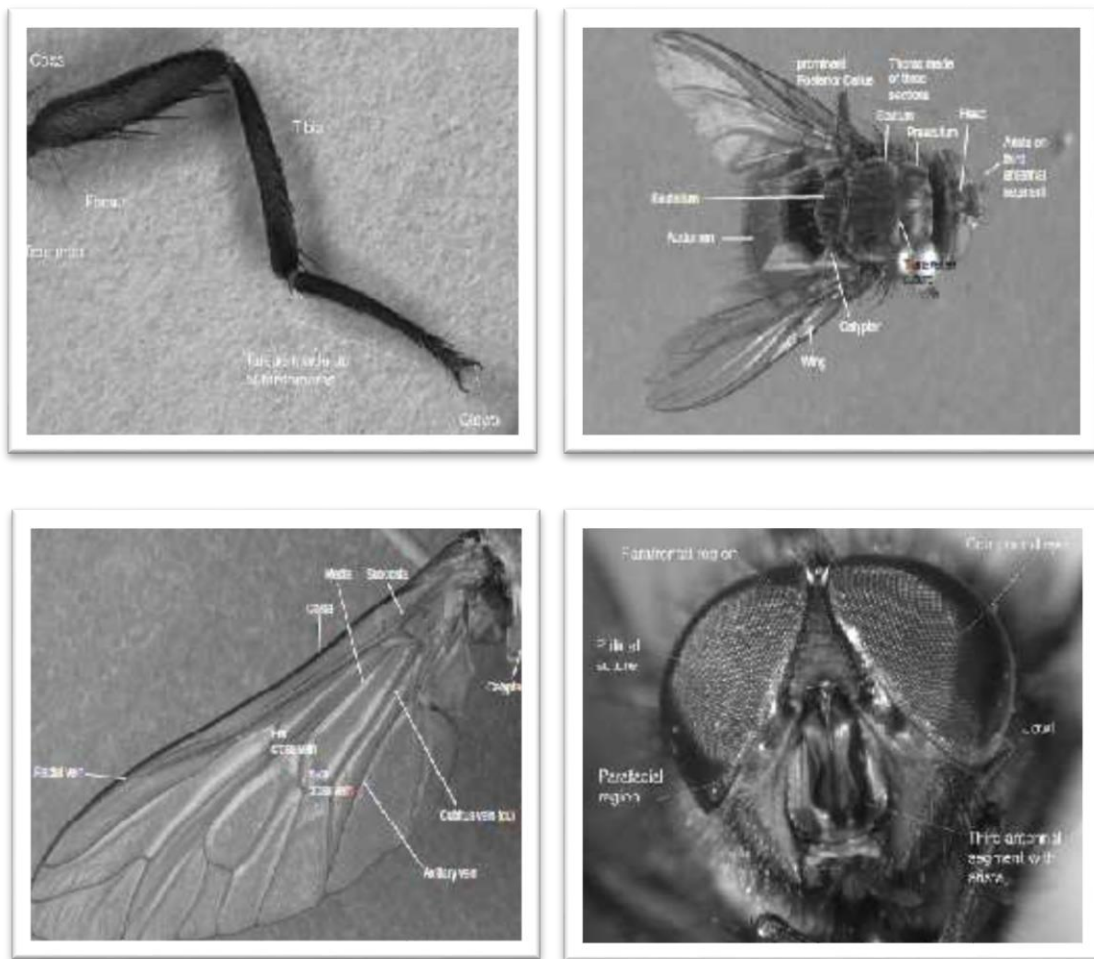


Fig.14 : Les principales structures utilisées dans l'identification des larves De Diptères nécrophages (Gennard, 2007 in Boulkenafet, 2016)

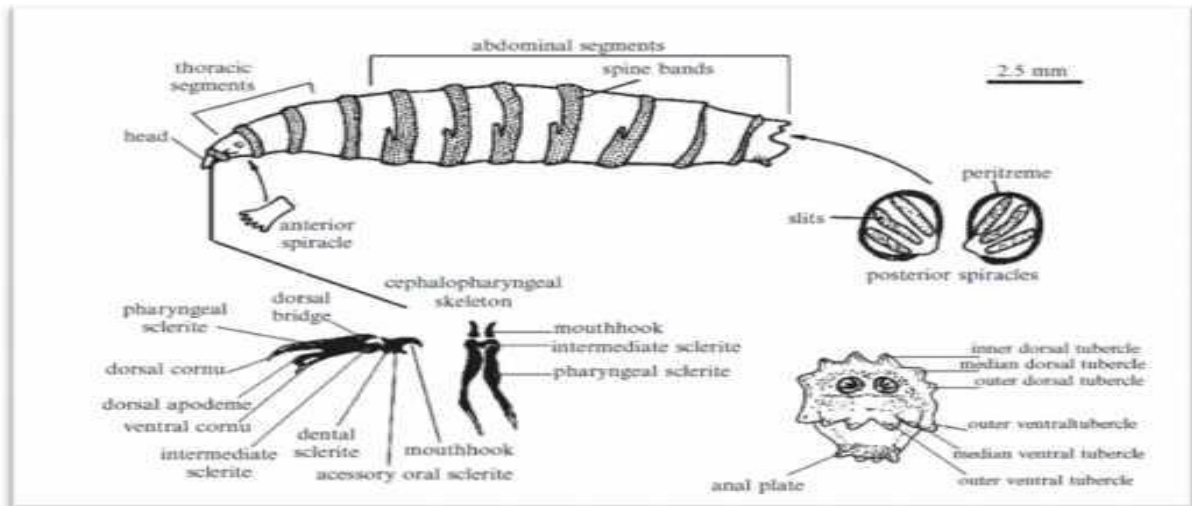


Fig.15 : les principales structures utilisées dans l'identification des larves de Diptères nécrophages (Amendt et al., 2010 in Boulkenafet, 2016)

5. Matériels et traitement toxicologique :

5.1. Matériels 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 d'un poids 2,225 kg, 2,814kg, 1,800 kg (les trois lapins ont été pesé 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 : chlorure de fer (FeCl_2) (Fig.16) et Oxyde de cuivre (CuO_2) (Fig.17) :

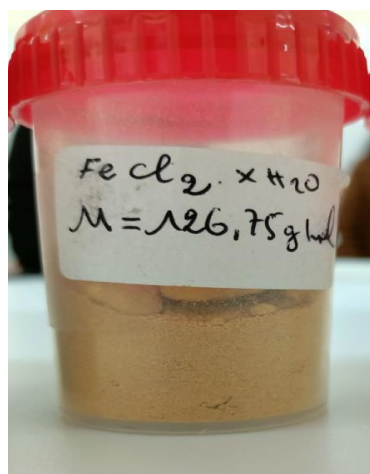


Fig.16 : Chlorure Fer : FeCl_2 (photo originale)

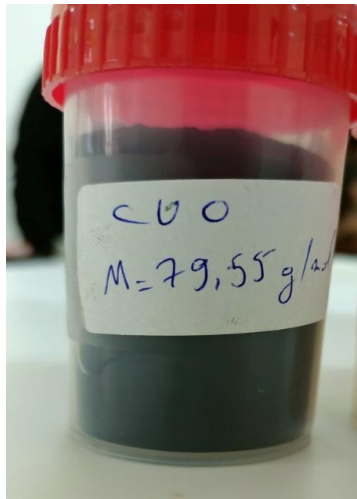


Fig.17 : Oxyde de cuivre : CuO_2 (photo originale)

5.3. Equipement, Instruments :

- **Appareil photo** (Téléphone).
- **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 de précision** : Utilisée pour peser les organes et les larves et les produits chimiques.
- **Frigos (La morgue)** : Utilisés pour la conservation des échantillons.
- **Cages** : Cages en acier Dimension.
- **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 œufs.
- **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 et autre 60 ml.
- **Bicher**.

Chapitre II : Matériel et méthodes

6. Méthodes du traitement toxicologique :

Pour le traitement toxicologique des lapins nous avons utilisé deux métaux lourds FeCl_2 et CuO_2 (oxyde de cuivre), ils ont été traités avec une dose létale DL50 selon l'ordre suivant 2814 mg/kg (anonyme, 2022b), 2225 mg/kg (Anonyme, 2017). Les deux métaux lourds utilisés sont dilués au préalable dans l'eau distillée (60 ml et 70 ml) afin de faciliter leur pénétration dans l'organisme ; ils sont administrés par voie orale (gavage) (Fig.18) à l'aide de deux seringues à sondes métalliques.

Pour la préparation des solutions (Tableau.02), nous avons dilué 126,75 g de poudre de chlorure de fer (FeCl_2) dans 60 ml d'eau distillé et 79,55 g de poudre d'Oxyde de cuivre (CuO_2) dans 70 ml d'eau distillé.

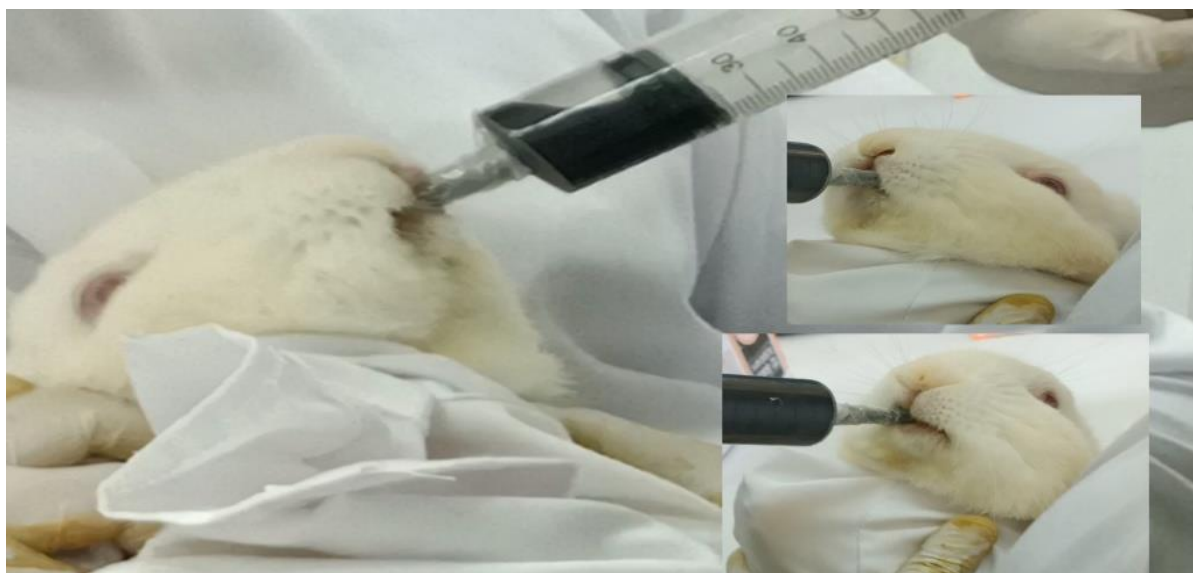


Fig.18 : Gavage des lapins (photo originale).

Tableau.02 : Les différentes données du traitement toxicologique.

Lapin	Poids	Produits utilisés	Dose létal (DL50) mg/kg	Date D'administration	Date de la mort
Lapin 1	2,500	FeCl_2	2814	12/04/2022 à 12 :00h	13/04/2022
Lapin 2	2,100	CuO_2	2225	11/04/2022 à 13 :01h	12/04/2022

Chapitre II : Matériel et méthodes

6.1. Dispositif expérimentale :

Nous avons réalisé la dissection des lapins (Fig.19), dans le but de prélever leurs organes (Fig.20) .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.03), récupéré après dissection. Les œufs déposés sont nourrit des organes traites des différents substances et ce jusqu'à leur émergence.



Fig.19 : La dissection des lapins (photos originales)



Fig.20 : Les organes prélevés (photo originale)

Chapitre II : Matériel et méthodes

Tableau.03 : différents organes utilisé dans le traitement toxicologique et leurs poids

Lapin traité par FeCl ₂		Lapin traité par Oxyde de cuivre	
Organe	Poids(g)	Organe	Poids(g)
Poumon	29	Poumon	24,5
Foie	73	Foie	86,7
Cœur	17,3	Cœur	14,5
Intestin	6,4	Intestin	6,3
Estomac	39	Estomac	23,4
Rein	14	Rein	13,2
Muscle	51	Muscle	48,6
Testicule	9,7	Testicule	9,6

Chapitre III : Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultat du prélèvement et identification :

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

1.1. L'identification des échantillons :

L'identification des échantillons a révélé la présence d'une seule espèce qui est *Calliphora vicina*.

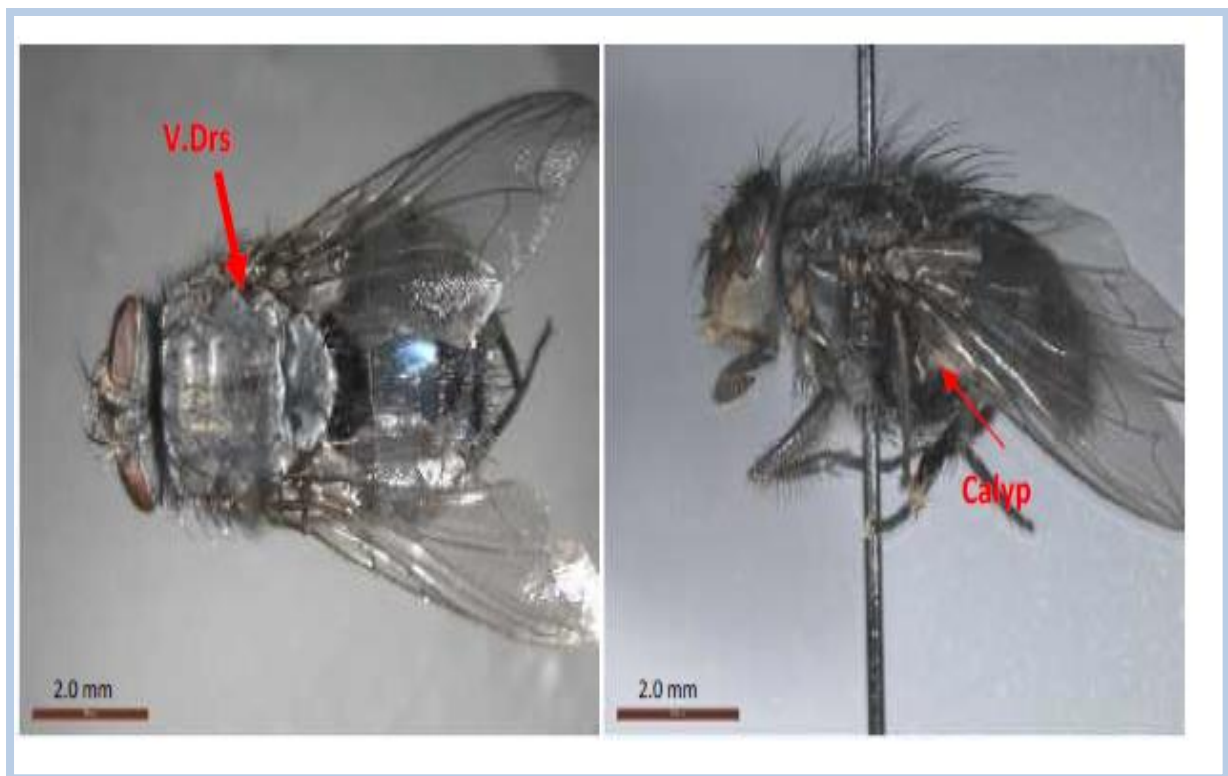


Fig.21: *Calliphora vicina* (photo originale).

2. Analyses statistique des résultats :

2.1. Comparaison du somme de température effective en fonction des stades de développements de l'espèce *Caliphora vicina* chez les différents 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 de la température effective subite 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 l'estomac :

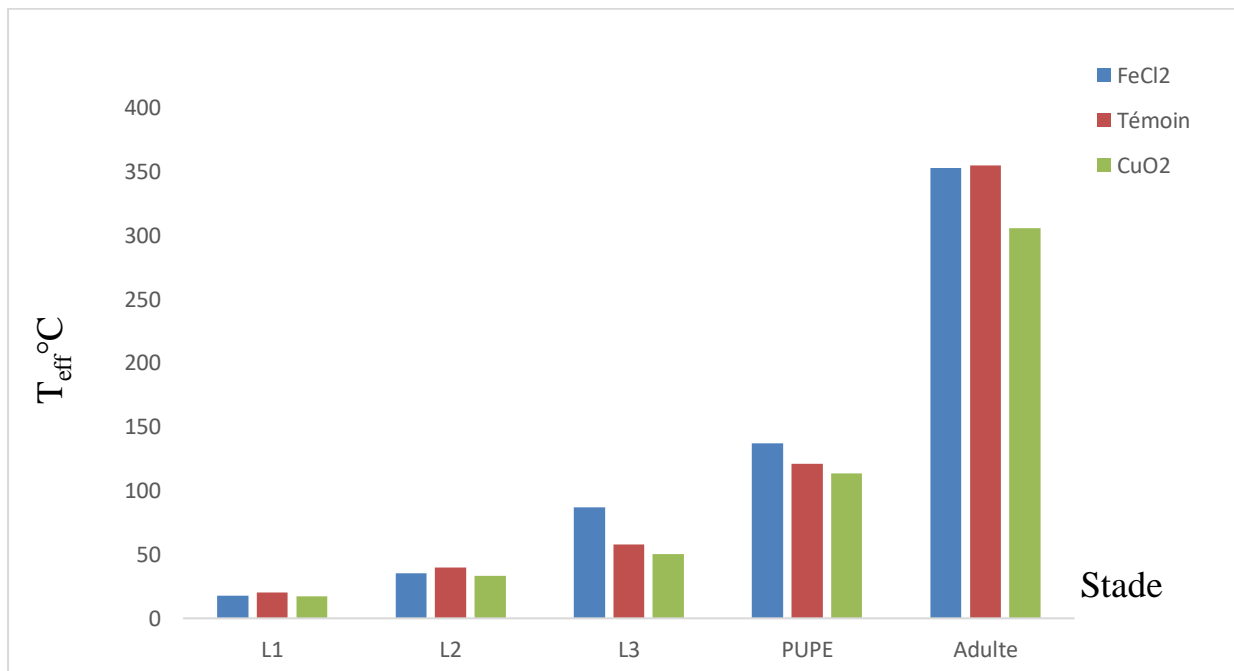


Fig.22 : Comparaison du somme de température effective en fonction des stades de développements de l'espèce *Caliphora vicina* dans l'estomac des différents lapins traité et du témoin.

L'analyse de la (fig.22) montre qu'il ya une accélération dans la somme des températures effective du cycle de développement dans le foie des lapins traité avec FeCl₂, CuO₂ qui est égale à (353°C et 305,7°C respectivement) par rapport au témoin (T_{eff} = 355°C).

➤ Dans Le Foie :

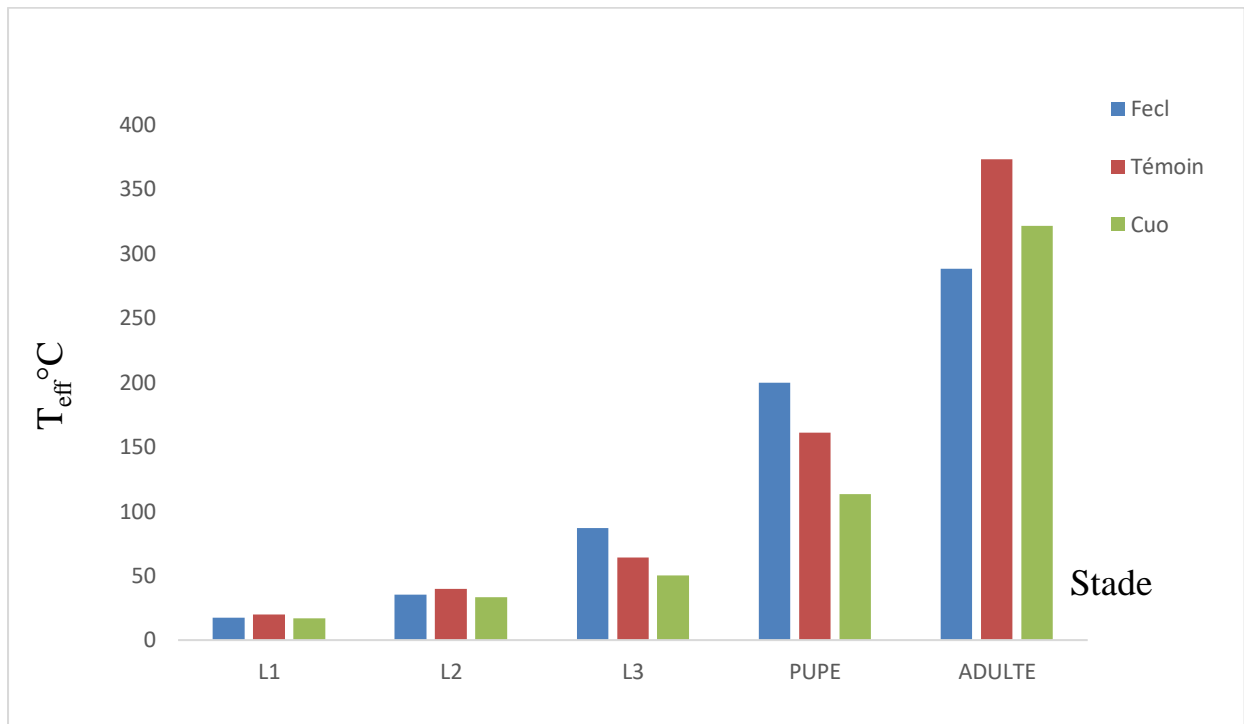


Fig.23 : Comparaison du somme de température effective en fonction des stades de développements de l'espèce *Caliphora vicina* dans le foie des différents lapins traité et du témoin

L'analyse de la (fig.23) montre qu'il ya une accélération dans la somme des températures effective du cycle de développement dans le foie des lapins traité avec FeCl_2 , CuO_2 qui est égale à (288°C et 321,7°C respectivement) par rapport au témoin ($T_{\text{eff}} = 373^\circ\text{C}$).

➤ Dans les reins :

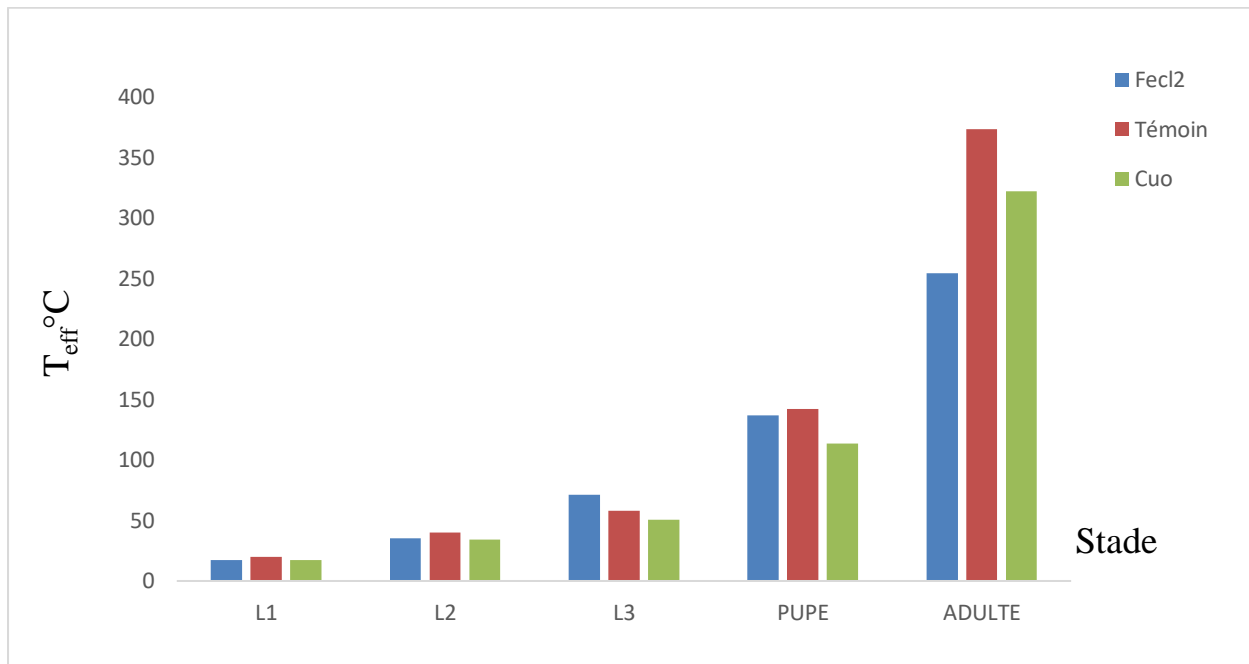


Fig.24 : Comparaison du somme de température effective en fonction des stades de développements de l'espèce *Caliphora vicina* dans les reins des différents lapins traité et du témoin

L'analyse de la (fig.24) montre qu'il y a une augmentation dans la somme des températures effective du cycle de développement dans le foie des lapins traité avec FeCl_2 , CuO_2 qui est égale à (254,3°C et 321,7°C respectivement) par rapport au témoin ($T_{\text{eff}} = 373^\circ\text{C}$).

3. Discussion :

Les insectes peuvent s'avérer être des outils précieux dans les enquêtes sur les homicides, suicides et autres décès humains sans surveillance. Outre les applications reconnues à l'estimation de l'intervalle post-mortem, les insectes peuvent également servir de spécimens alternatifs fiables pour analyses toxicologiques en l'absence de tissus et de fluides corporels normalement prélevés pour de telles fins.

Nos observations et nos résultats d'identification des échantillons, montre la présence de l'ordre des Diptera, en particulier l'espèce *Calliphora vicina* qui appartient à la famille des calliphoridae. Cette dominance s'explique que par le fait que ces derniers sont les premiers et principaux consommateurs de cadavres. Selon Wyss & Cherix (2006), cette espèce joue un

Chapitre III : Résultats et Discussion

rôle important dans l'élimination des excréments et sont capables d'éliminer les cadavres animaux.

Le traitement statistique de nos résultats affirme qu'il y'a une influence des métaux utilisé (Oxyde de cuivre et chlorure de fer) sur le cycle de développement de *Calliphora vicina* car ces traitement affectent leurs consommations en qualité de chaleur (température effective) qui a connu une perturbation significative chez cette espèce avec les différents doses des métaux.

Dans notre étude le taux de développement et la consommation de degrés de chaleurs entre les différents organes du témoin (Foie : $T_{\text{eff}} = 373^{\circ}\text{C}$), (Estomac : $T_{\text{eff}} = 355^{\circ}\text{C}$), (Rein : ($T_{\text{eff}} = 373^{\circ}\text{C}$)). Nos résultats corrobore 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).

Yuan-Wei & *al.*, (2010) ; Abd el bar & Sawaby (2011) ; Wolff et *al.*, (2004) affirment que certains composés chimiques peuvent modifier le processus de décomposition en altérant l'activité et le développement des insectes et principalement les diptères présent sur les cadavres en modifiant la durée de décomposition cadavérique ce qui peut conduire a des erreurs dans l'estimation de IPM.

Goff & Omori 1989, Carvahlo & coll (2012) affirment que la cocaïne accélère le cycle de développement des Diptères, et d'après Musvava & coll (2001) qui travaillés sur les barbituriques, confirmés que ce dernier provoque une accélération du cycle de vie des larves de sarcophages. Ces études concordent avec nos résultats qui présentent l'utilisation des métaux lourds (FeCl_2 , CuO_2), conduit à une accélération du cycle de développement chez les larves de *Calliphora vicina* (en comparaison 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) et nos résultats qui montrent que *Calliphora vicina* à une constante de chaleur propre à elle, cette espèce accumule une somme de température effective (353°C) dans l'estomac de lapin traité par FeCl_2 ; et ($305,7^{\circ}\text{C}$) dans l'estomac de le lapin traité par l'Oxyde de cuivre. (288°C) dans le foie de lapin traité par FeCl_2 ; et ($321,7^{\circ}\text{C}$) dans le foie de lapin traité par l'Oxyde de cuivre. Dans les Reins de lapin traité par FeCl_2 ($254,3^{\circ}\text{C}$) ; et ($321,7^{\circ}\text{C}$) Dans les Reins de l'Oxyde de cuivre).

Chapitre III : Résultats et Discussion

Il existe autres substances (médicaments, drogue, métaux lourds) qui provoque un ralentissement du cycle de développement des Diptères. Bischof (1995) affirme que le cuivre ralentie le cycle de développement des larves de *Lymantria dispar* et Oliveira & coll (2009) montre que les anti cholinergiques engendrés un ralentissement.

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

Conclusion

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 xénobiotique utilisé 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'autre facteurs influençant le déroulement normale du cycle de vie de ces espèces , cela pourrait ainsi aider à fournir une estimation plus correcte de l'IPM.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Références bibliographique :

Abdoune & Achour. (2018) Entomologie forensique et datation de la mort, thèse de master Spécialité : Ecologie Microbienne . Université A. MIRA – Béjaia, pp 54

Amendt, J., Campobasso, C., Goff, M.L. et Gassbuger, M. (2010) *Current concepts in forensic entomology*. Springer, pp. 377.

Amendt, J., Campobasso, C.P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H.N. et Hall, M.J.R. (2007) Best practice in forensic entomology – standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine*, 121 (2): 90-104

Amendt, J., Krettek, R. et Zehner, R. (2004) Forensic entomology. *Naturwissenschaften*, 91: 51-65.

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.

Anderson, G.S., VanLaerhoven S.L. (1996) Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Science*, 41: 617-625.

Anonyme (2011). *Le fer*, Collège des Enseignants de Nutrition. Université Médicale Virtuelle Francophone. http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_9/site/html/cours.pdf (consulté 2022)

Anonyme (2012). Métabolisme du fer chez l'homme ; laboratoire d'hématologie du chu d'angers ; faculté de médecine <https://www.hematocell.fr/index.php/enseignement-de-lhematologie-cellulaire/globules-rouges-et-leur-pathologie/43-metabolisme-du-fer-chez-lhomme> (Consulté 2022).

Anonyme (2017) : Identification de la substance/du mélange et de la société/ l'entreprise <https://www.carlroth.com/medias/SDB-2733-BE-FR.pdf> (Consulté 2022).

Anonyme(2018) .Pdf ; Cuivre I oxyde rouge <https://www.sordalab.be/RESSOURCES/documents/FR/SD014.pdf> (consulté 2022)

Références Bibliographiques

Annoyme (2022a). Le figaro santé. ; Cuivre absorption et métabolisme
https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition_nutriments/cuivre/absorption-metabolisme
(consulté 2022)

Anonyme (2022b)
https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=cloreto%20ferrroso&fbclid=iwar2oexyc0t8az7jnub6htwmjkskbc6sezu2pi-wi2acr1hssc71spz0ong (consulté 2022)

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

Boukentoucha & Boumaiza (2021) Détection des métaux lourds (mercure et cadmium) dans certains organes de lapin et dans les larves de diptères nécrophages d'importances médico-légale. Thèse de Master. Spécialité : Ecotoxicologie Animale. Université 20 aout 1955-SKIKDA-.

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, pp. 144.

Bourel B., Callet B., HedouinV. et Gosset D. 2003- Flies eggs : a new method for the estimation of short-term post-mortem interval? *Forensic science international*, 135(1):27-34.

Bryd, J. H., & Castner, J. L. (2009) Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations. 2nd edition. CRC Press LLC, Boca Roton, FL, pp 708.

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

Charabidzé, 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 (3-4) :pp 239-252.

Références Bibliographiques

Charabidze, D. & Gosselin M. (2014) *Insectes, cadavres et scènes de crime. Principes et applications de l'entomologie médico-légale*. Ed. De Boeck, pp. 261.

Campobasso, C.P., Di Vella, G., Introna, F. (2001) Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International*, 120: 18-27.

Campobasso, C.P. Introna, F. (2001). The forensic entomologist in the context of the Forensic pathologist's role. *Forensic Science International*, 120, 132-139.)

Carter, D. O., Yellowless, D. et Tiblett, M. (2007) Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften*, 94: 12-24.

Castner, J. L., Byrd, J. H. & Butler, J. F. (1995) Forensic insect field identification cards. *Colorado Springs, CO: Forensic Sciences Foundation*.

Catts, E.P. & Goff, M.L. (1992) Problems in estimating the postmortem interval in death investigations. *Journal of Agricultural Entomology*, 9: 245–255.

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 & M. Gosselin). Deboeck, pp. 21-35.

Donovan, S., M. Hall, B. Turner, C. Moncrieff. (2006) Larval Growth Rates of the Blowfly, *Calliphora vicina*, over a Range of Temperatures. *Medical and Veterinary Entomology*, 20(1): 106-114.

Faucherre, J., Cherix, D et Wyss, C. (1999) Behavior of *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae) under extreme conditions. *Journal of insect Behavior* 12(5): 687-690.

FLESH F., TOURNOUD C., THAON I., BENHASSINE E (2007) Intoxication par le fer. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Toxicologie – Pathologie Professionnelle, 16-002-F-10,

Frederickx, C., Dekeirsschieter, J., Verheggen, F.J. et Haubruge, E. (2011) L'entomologie forensique, les insectes résolvent les crimes. *Faunistic Entomology*, 63(4) : 237-249.

Galloway, A. (1997). The process of decomposition: a model from the arizona-sonoran desert. In *Forensic Taphonomy: the postmortem fate of human remains* (ed. by W.D. Haglund & M.H. Sorg). CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 139-149.

Références Bibliographiques

Gennard, D. E. (2007) *Forensic entomology: An introduction*. Library of congress cataloging, England, pp. 254.

Goff, M.L. (2009) Early post mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental & Applied Acarology*, 49: 21-36.

Greenberg B. (1991) Flies as forensic indicators. *Journal of Medical Entomology*, 28: 565-577. determination of time of death. *Forensic Science international*.120:89-109.

Greenberg, B. et Kunich J. C. (2002) *Entomology and the Law: Flies as Forensic Indicators*. Cambridge University Press: Cambridge, pp. 306.

Gunn, A. (2006) *Essential Forensic Biology*, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, pp.294.

Haskell,N.H., Hall,R.D., Cervenka,V.J., et Clark.M. (1997) On the body : Insect's Life stage Presence and TheirPostmortem Artifacts, ForensicTaphonomy, ThePostmortem Fate of Human Remains, New York : CRC Press

Horenstein-Battán. M., L. Bellis, R. Gleiser. (2016). diversity of necrophagous blowfly (diptera: calliphoridae) of medical and veterinary importance in urban environments in córdoba (argentina):. *Caldasia*, 38(1): 183-195.

Introna, F.Jr., Campobasso, C. P. et Goff, M. L. (2001) Entomotoxicology. *Forensic Science International*, 120: 42-47.

Kovacic.k and Brace.N.O (1960). "Iron(II) Chloride". *Inorganic Syntheses*. Inorg. Synth. *Inorganic Syntheses*. Vol. 6. pp. 172 173

Leclercq, M. (1978) *Entomologie et médecine légale : Datation de la mort*. Masson, Paris, Collection de médecine légale et de toxicologie médicale. pp. 108.

Leclercq, M. (1996) On the entomofauna of a wild boar carcass. *Bulletin et Annales de la société Royale Belge d'Entomologie*, 132: 417-422.

Marchenko, M.I. (1988). Medico-legal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time since death. *Acta Medicinae Legalis and Socialis*.38:257- 302.

Références Bibliographiques

Marchenko, M.I. (2001). Medico-legal relevance of cadaver entomofauna for the determination of time of death. *Forensic Science international*.120:89-109.

Marshall, S., T. Witworth, L. Roscoe. (2011). Blow Flies (Diptera: Calliphoridae) of Eastern Canada with a Key to Calliphoridae Subfamilies and Genera of Eastern North America, and a Key to the Eastern Canadian Species of Calliphorinae, Luciliinae and Chrysomyiinae.. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 11: 65-67.

Matile L. (1995) *Les Dipteres d'Europe occidentale*. Vol. 2. Atlas d'entomologie Boubée, Paris, pp.439.

Megnin, J.P. (1894) *La Faune des Cadavres, Application de l'Entomologie à la Médecine Légale*. Paris: Encyclopédie Science, pp. 224.

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

Nuorteva, P. (1977) Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. In *Forensic medicine, a study in trauma and environmental hazards*. (ed. by C. G. Tedeschi, W. G. Eckert, & L. G. Tedeschi). Vol. II. Physical trauma Philadelphia: Saunders, 1072–1095.

Patrick Nisse (2021) Intoxication au fer : généralités et prise en charge médicamenteuse *Toxicologie Analytique et Clinique* Volume 33, Issue 1 pp 13

Pérez, C., N. Segura, M. Patarroyo, F. Bello. (2016). Evaluating the Biological Cycle and Reproductive and Population Parameters of *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) Reared on Three Different Diets. *Journal of Medical Entomology*, 53(6): 1268-1275.

Pierre Allain.(2000) , pharmacologie les médicaments, troisième édition . pp 422.

Rader, R., I. Bartomeus, L. Garibaldi, M. Garratt, B. Howlett, R. Winfree, S. Cunningham, M. Mayfield, A. Arthur, G. Andersson, R. Bommarco, C. Brittain, B. Freitas, B. Gemmill-Herren. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(1): 146-151..

Références Bibliographiques

Rivets, D.B & Dahlem, G.A. (2014) *The Science of forensic entomology*. John Wiley & Sons, Ltd, pp.382.

Smith, K. G. V. (1986) *A manual of forensic entomology*. Ithaca, NY: Cornell University.

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.

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.

Tracqui, A., C. Keyser-Tracqui, P. Kintz, et B. Ludes. (2004) Entomotoxicology for the forensic toxicologist: Much ado about nothing? *International Journal of Legal Medicine* 118:194–96.

Turchetto, M., Vanin, S. (2004). Forensic entomology and climatic change. *Forensic Science international* 146 : 207-209.

Wyss, C. & Cherix, D. (2006) *Traité de l'entomologie forensique: Les insectes sur la scène de crime*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, pp.317.

Wyss, C. & 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.

Yann. (2018), Généralités à propos de l'oxyde cuivrique ! superprof ressources.

<https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/tout-niveau/dictionnaire/tout-savoir-sur-compose-cuivre-oxygene.html>

Annexes

Annexe.01



Fig.01 : Traitement toxicologique avec FeCl_2 , CuO_2 .

Annexes

Annexe.02 :



Fig.02 : Décomposition d'un corps et cycle de développement du *Calliphora vicina*.

Annexes

Annexe.03 :



Fig.03 : Montage des larves.

Annexes

Annexe 4 :

Tableau.01 : Donnée brute du lapin traité par 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 - pupe	4	127,5	113,5
			pupe - 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 - pupe	4	127,5	113,5
			pupe - 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 - pupe	4	127,5	113,5
			pupe - adulte	11	357,7	321,7
	Testicule		œuf - L1	1	19,1	17,1
			L1 - L2	1	37,1	33,1
			L2 - L3	1	56,4	50,4
			L3 - pupe	5	145,5	129,5
			pupe - 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 - pupe	4	127,5	113,5	
		pupe - adulte	11	357,7	321,7	

Annexes

Annexe 5 :

Tableau.02 : Données brute du lapin traité par Chlorure de fer (FeCl₂)

	organe	stade	jours	tmoy	teff
CHLORURE DE FER (Ti=2) FeC₂	cœur	œuf - L1	1	19,5	17,5
		L1 - L2	2	60	54
		L2 - L3	1	79,1	71,1
		L3 - pupe	6	187,5	167,5
		pupe - adulte	9	361,4	323,4
	Estomac	œuf - L1	1	19,5	17,5
		L1 - L2	1	39,5	35,5
		L2 - L3	3	97,1	87,1
		L3 - pupe	3	153	137
		pupe - adulte	15	417,66	371,66
	Foie	œuf - L1	1	19,5	17,5
		L1 - L2	1	39,5	35,5
		L2 - L3	3	97,1	87,1
		L3 - pupe	7	223,7	199,7
		pupe - adulte	5	322	288
	Muscle	œuf - L1	1	19,5	17,5
		L1 - L2	1	39,5	35,5
		L2 - L3	2	79,1	71,1
		L3 - pupe	4	153	137
		pupe - adulte	8	303,4	271,4
	Rien	œuf - L1	1	19,5	17,5
		L1 - L2	1	39,5	35,5
		L2 - L3	2	79,1	71,1
		L3 - pupe	4	153	137
		pupe - adulte	7	283,8	253,8

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

Nature du diplôme : Diplôme de Master en écotoxicologie animale

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 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 Fer) 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 :

- Laouar Loubna
- Lakroun Khalid
- Fetaissa Khaled
- Gueddah Moufida

Promoteur : Mr.Boulkenafet. F