

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie
Filière : Sciences biologiques
Option : Écologie microbienne



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Contribution à l'étude de l'influence du climat sur le développement des insectes nécrophages et évolution post-mortem de quelques espèces bactériennes.

Présenté par :

MESSAOUDI Hakima

et

KASMI Lydia

Soutenu le : **22 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

M. BELHADI D.
M. AMIR N.
M.TOUMI M.
Mlle LAINCER F.

MAA
MCA
Master
MAA

Président
Encadreur
Co-encadreur
Examinatrice

Année universitaire : 2016 / 2017

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À ma très chère mère KASMI Zoulikha

Affable, honorable et aimable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de la tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

À mon très cher père KASMI Djamel

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

À mes chères sœurs Narimane et Sarah.

À mon oncle Rachid pour son aide précieuse.

À mes amis Farid et Samira.

À ma chère binôme MESSAOUDI hakima

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je dédie ce modeste travail a :

A toi ma chère mère MESSAOUDI LYakout

Tu es parti avant de partager ce moment de bonheur avec moi, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance durant mon enfance et même à l'âge adulte.

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté, la source de la tendresse et l'exemple qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon très cher père MESSAOUDI Hocine

Aucune dédicace ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation mon bien être et ma formation.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes chères frères et sœurs pour m'avoir épaulé moralement.

A ma chère binôme KASMI Lydia.

A tous mes amis et proches qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Remerciements

Au début tout nous paraissait difficile et inabordable mais tout n'était que du plaisir pour nous arrivées a nos fins.

Nous tenons d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadreur Mr.Amir.N, pour l'orientation et la confiance qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nous tenons à remercier sincèrement Docteur Lahouel Ammar chef de département de la médecine légale pour son accueil.

Nos remerciements s'étendent également a Mr Toumi M pour son aide, et pour ces bonnes explications qui nous ont éclairé le chemin de la recherche et sa collaboration avec nous dans l'accomplissement de ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos chaleureux et sincères remerciements à Mr Djadouani B pour son aide précieuse, sa générosité, ces précieux conseils et pour nous avoir épaulé moralement tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury :

Notre président du jury Mr Belhadi.D, Maitre de conférences au département de microbiologie de l'université de Bejaia pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Notre examinatrice Mme Laincer.F maitre assistante de l'université de Bejaia pour l'intérêt qu'elle a porté a notre travail en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par ces propositions.

On n'oublie pas nos parents pour leurs contributions, leurs soutiens et leurs patiences tout au long de notre travail.

Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances a Melle Amir Akila.

Enfin nous adressons nos plus sincères remerciements et gratitudees à Teboul Ammar et Zergui Soumia qui nous ont toujours soutenus au cours de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions aussi toute l'unité de la médecine légale notamment l'équipe du laboratoire d'entomologie de l'INCC/GN pour leur ouverture d'esprit, leur sympathie et leur envie continuelle de lancer de nouvelles disciplines.

Enfin, nous tenons également à remercier toute les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

Liste des abréviations

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique.....	4
I. Généralités et principes de l'entomologie médico-légale.....	4
I.1. Définition.....	4
I.2. Historique	4
I. 3. Intérêt.....	5
I. 3. 1. Intervalle Post-Mortem.....	5
II. Écosystème autour d'un organisme mort.....	5
II.1. Cadavre en tant qu'écosystème.....	5
II.1.1. Les espèces nécrophages.....	6
II.1.2. Les espèces nécrophiles	6
II.1.3. Les espèces omnivores	6
II.1.4. Les espèces opportunistes	6
III. Ecosystème cadavérique et recyclage de la matière par les insectes.....	7
III.1. La décomposition d'un cadavre a l'air libre	7
III.1.1. Stade initial	7
III.1.2. Stade de gonflement.....	8
II.1.3. Stade actif.....	8
III.1.4. Stade avancé (squelettisation).....	9
IV. Utilisation des insectes nécrophages dans les enquêtes judiciaires.....	9
IV.1.A. Les Diptères	9

IV.1.A.1 Principales familles des Diptères nécrophages	10
IV.1.B. Les Coléoptères	11
IV.1.B.1 Les principales familles des coléoptères nécrophages	11
IV.2. Cycle de développement et biologie de l'insecte nécrophage	11
V. Datation de la mort par les méthodes entomologiques	13
V.1. Intervalle post-mortem court:.....	14
V.2. Intervalle post-mortem long :	15
VI. Facteurs limitant le calcul de l'intervalle post-mortem	16
VI.1. Température	16
VI.2. Hygrométrie	16
VI.3. Vent.....	17
VI.4. Lumière.....	17
VI.5. Adéquation avec l'environnement	17
Chapitre II : Matériels et Méthodes	19
I. Présentation du site de l'étude du lieu de stage	19
II. Synthèse climatique.....	20
III. Matériel utilisé	20
III.1. Matériel de terrain.....	21
III.2. Matériel de laboratoire	21
IV. Méthodes.....	21
IV.1. Préparation et sacrifice des animaux	21
IV.2. Piégeage	23
IV.2. 1. Pièges attractifs	23
IV. 2.2. Pièges actives.....	24
V. Prélèvement des échantillons entomologiques	24
V.1. Collecte des échantillons.....	24
1. Les insectes adultes.....	24
2. Les larves	24
V.2. Élevage des larves	25

V.3. Préparation des spécimens	26
V.3.1. préparation des larves à l'identification	26
V.3.2. Préparation des insectes adultes	27
V.3.2.1. Epinglage	27
V.3.2.2. Etalage.....	27
V.3.2.3. Etiquetage.....	28
V.4. Estimation de l'intervalle post-mortem :	28
Chapitre III : Résultats & discussions.....	31
I. Stades de décomposition	31
a. Stade frais.....	31
b. Stade gonflé	31
c. Stade pourri	32
d. Stade desséché	32
II. Inventaire et identification des espèces adultes capturées :	33
III. Identification des larves prélevées :	36
IV. Calcul de l'intervalle post-mortem	37
Elevage 1.....	37
Elevage 2.....	38
Élevage 3.....	39
IV.1. Identification des Diptères issus de l'élevage :	40
IV.2. Résultats du calcul de L'IPM	42
Discussion	44
Conclusion & perspectives	48
Références bibliographiques	50

Liste des tableaux

Tableau I : Extrait du tableau de développement de certaines espèces.....	29
Tableau II: Durées approximatives des stades de décomposition des trois cadavres.....	33
Tableau III : Inventaire de la faune cadavérique collecté.....	34
Tableau IV : Identification des larves prélevées sur les trois cadavres.....	36
Tableau V : Emergence des individus du premier élevage.....	38
Tableau VI : Emergence des individus du deuxième élevage.....	39
Tableau VII : Emergence des individus du troisième élevage.....	40
Tableau VIII : Résultats du calcul de l'IPM.....	43

Liste des figures

Figure 1 : Métamorphose complète (holométabole)	13
Figure 2 : (Délais d'efficacité des méthodes d'estimation du délai post mortem	14
Figure 3 : Institut nationale de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie Nationale (INCC/GN).....	20
Figure 4 : Les différentes étapes de notre expérimentation.	23
Figure 5 : Prélèvements des larves.....	25
Figure 6 : Les étapes de la réalisation de l'élevage des larves.....	26
Figure 7 : des larves conservées dans l'éthanol à 70%.....	26
Figure 8 : (A) épingle d'un diptère (B) épingle d'un coléoptère.....	27
Figure 9: Etiquetage des insectes.....	28
Figure 10 : Le stade Frais.....	31
Figure 12 : Le stade pourri.....	32
Figure 13 : Le stade desséché	33
Figure 14 : Répartition (A) des ordres capturés (B) des diptères capturés	36
Figure 15 : <i>Calliphora vicina</i> (Linnaeus, 1758) (Diptera :Calliphoridae).....	41
Figure 16 : <i>Calliphora vomitoria</i> (Linnaeus, 1758) (Diptera,Calliphoridae) (A) abdomen bleu brillant, (B) Basicosta noir,(C) trois paires de macrochetes achrosticales,(D) le Calypter inferieur est poilu.	41
Figure 17 : <i>Lucilia sericata</i> (Meigen, 1826) (Diptera :Calliphoridae)	42

Liste des abréviations

ADD: Accumulated Degree Days.

ADH: Accumulated Degree Hours.

C. vicina : *Calliphora vicina*

C.vomitoria : *Calliphora vomitoria*.

INCC-GN: Institut National de Criminalistique et de Criminologie.

IPM : Intervalle post-mortem.

L. sericata : *Lucilia sericata*.

L.silvarum : *Lucilia silvarum*.

Glossaire

Forensique : (de l'anglais *forensic*) ; terme désignant les sciences qui ont pour objet d'apporter des preuves objectives pour la justice.

IPM : (intervalle post-mortem) est le temps écoulé entre le décès et la découverte du cadavre

Nécrophage : qui se nourrit de cadavres.

Nécrophile : insecte prédateur se nourrit des nécrophages.

Nématocère : Nématocéra, est un sous-ordre d'insectes Diptère, dont les antennes sont généralement en forme de fil.

Acarien : Arachnide faisant partie d'un ordre aux nombreuses espèces, comprenant de petits animaux (quelques millimètres au plus), dont certains sont parasites, comme le sarcopte de la gale, l'aoûtat ou trombidion, la tique.

Mouche : Insecte aux formes trapues de l'ordre des diptères (comprenant également les moustiques), possédant une seule paire d'ailes membraneuses sur le deuxième anneau du thorax, une paire de balanciers sur le troisième anneau du thorax et des pièces buccales piqueuses ou suceuses.

Parasite : organisme vivant au dépend d'un hôte.

Parasitoïde : effectue la totalité de son développement aux dépens d'un seul individu hôte conduisant à la production d'adultes de taille inférieure à celle de l'insecte consommé.

Prédateur : espèce qui a besoin de plusieurs proies pour se nourrir et effectuer la totalité de son développement.

Pupe : phase intermédiaire entre le dernier stade larvaire et l'imago (adulte). Elle se compose d'une enveloppe rigide, le puparium, à l'intérieur duquel la larve va se métamorphoser. Le puparium se forme à partir de la dernière mue larvaire qui ne sera pas expulsée, mais qui va se rigidifier et ainsi créer une structure protectrice pour l'insecte. Le stade pupe est une phase longue et immobile où l'insecte est vulnérable. On retrouve donc le plus souvent les pupes à distance du cadavre (0-5 mètres), dans le sol ou au niveau d'obstacles (souches, roches, *etc.*).

Nymphe : Chez les insectes à métamorphoses complètes, état transitoire entre la larve et l'état adulte.

Imago : désigne le stade final d'un individu dont le développement se déroule en plusieurs phases (en général œuf, larve, imago). Ce terme est en général utilisé pour les arthropodes,

mais aussi pour les amphibiens.

Putréfaction : décomposition de matières organiques par des bactéries et des champignons.

Autolyse : destruction des tissus vivant par leurs enzymes, sans agent extérieur.

Lividités cadavériques : (ou *livor mortis*) est une coloration rouge à violacée de la peau liée à Un déplacement passif de la masse sanguine vers les parties déclives du cadavre, qui débute Dès l'arrêt de l'écoulement du sang.

Rigidité cadavérique : (ou *rigor mortis*) est un enraidissement progressif de la musculature causé par des transformations biochimiques irréversibles affectant les fibres musculaires au cours de la phase *post-mortem* précoce. Cet état disparaît habituellement lorsqu'apparaît la putréfaction c'est-à-dire au bout de deux à quatre jours selon les circonstances.

Lépidoptère : Insecte à métamorphose complète, portant à l'état adulte quatre ailes membraneuses couvertes d'écailles microscopiques colorées (la larve est appelée chenille, la nymphe chrysalide l'adulte papillon).

Holométabole : qualifie les insectes chez qui le passage de l'état de larve à l'état adulte se fait par la transition d'un état de nymphe. Les larves et les adultes de ces insectes ont, en général, une morphologie et écologie très différentes.

Résumé

L'objectif le plus courant d'une expertise en entomologie médico-légale qui est une discipline rattachée à la médecine légale, est l'estimation de la date du décès. On parle plus précisément d'intervalle post-mortem (IPM). Lorsque la mort remonte à plus de 72 heures, Les méthodes médicales ne sont plus applicables et seuls les insectes peuvent aider à estimer la date du décès. La présence d'une base de données de ces espèces, que nous ne possédons pas en Algérie, est nécessaire à l'application des insectes nécrophages à l'expertise entomologique. Pour cela nous nous sommes intéressés à étudier l'entomofaune nécrophage associées aux cadavres des lapins dans la région de Bejaia durant la saison hiverno-printanière. Nous avons également suivi le processus de décomposition des cadavres et la succession des insectes durant cette saison.

Notre étude a été réalisée au laboratoire d'Entomologie du département de médecine légale, à l'institut National de criminalistique et de criminologie de la gendarmerie nationale (INCC-GN). Trois lapins ont été sacrifiés. Leurs vitesses de décomposition sont pas similaire il y'avait eu une succession diversifiée d'insectes nécrophages. Un total de 102 Spécimens a été capturé repartis en 10 familles, Les diptères de Calliphoridae et Sarcophagidae étaient les premiers colonisateurs et les prédominants. Des adultes et des larves ont été collectés. Les données climatiques ont été enregistrées et le calcul de L'IPM a été réalisé par la méthode des degrés jours accumulés.

Les premiers colonisateurs étaient les diptères de la famille des Calliphoridae (*C.vicina*, *L.sericata*). En effet, *Calliphora vicina* était présente durant les premiers stades de décomposition avec abondance.

Les calculs de l'IPM ont donnés une estimation exacte de la date de la mort. Ainsi les résultats obtenus dans cette étude, peuvent nous aider à améliorer nos connaissances fondamentales et à comprendre la relation existante entre la diversité de l'entomofaune nécrophage de l'Algérie.

Mots-clés : Entomologie médico-légale, cadavre, Diptères nécrophages, intervalle post-mortem.

Abstract

Forensic entomology is a discipline related to forensic pathology.

The most common objective of forensic entomology expertise is the estimation of the time of death. More precisely, post mortem interval (IPM) is referred to. When death has occurred more than 72 hours, the pathological methods are no longer applicable and only some species of insects can help to estimate the time of death. The presence of a database of these species, which we do not possess in Algeria, is necessary for the entomological expertise. to this end we were interested in studying the entomofaune necrophagus associated with the bodies of rabbits in the region of Bejaia during the winter-spring season. We also followed the process of decomposition of the corpses and the succession of insects during this season.

Our study was carried out in the entomology Laboratory of the department of Forensic Medicine at the National institute of criminology of the national Gendarmerie (INCC-GN).

The experimental devices were protected by a metal cage. Adults and larvae were collected and the IPM calculation was carried out using the accumulated degree-days method.

In our study, climatic conditions were favorable for insect activity. The decomposition rate of the three rabbits was not similar as three had been a diverse succession of necrophagus insects on the trees corps of rabbits. A total of 102 specimens distributed. Species of Diptera of Calliphoridae (*C.vicina*, *L.sericata*), and Sarcophagidae were the first colonizers of the corps and predominant, *Calliphora vicina* was present during the early stages of decomposition.

The results obtained in this study can help us to improve our fundamental knowledge and to understand the existing relationship between the diversity of the entomofaune necrophagus of the insect, Algeria.

Keywords: Forensic Entomology, Corps, Necrophagus Diptera, post-mortem interval.

Introduction

Au sein d'un Écosystème, de nombreuses interactions existent entre les êtres vivants qui le constituent. Ces relations trophiques qui s'établissent gouvernent le cycle de la matière carbonée.

Lorsqu'une espèce animale meurt, le corps subit une décomposition biologique par des microorganismes tels que des bactéries et des champignons saprophytes par putréfaction, mais également par des Arthropodes. Ce micro-habitat temporaire créé par la décomposition de cet organisme animal attire une faune variée dont les plus spécialisés dans nos écosystèmes terrestres, sont les insectes nécrophages associés aux décomposeurs qui font de ce cadavre un substrat nourricier, un site de ponte et un refuge (Smith 1986, Wyss et Cherix 2006).

L'utilisation des insectes et d'autres arthropodes (acariens) à des fins médico-légales est le centre d'intérêt de l'entomologie forensique, On parle aussi d'entomologie médico-légale, judiciaire ou criminelle. 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 des méthodes permettant d'estimer l'heure du décès. Cependant, ces techniques ne sont efficaces que durant une courte période. Lorsque la mort remonte à plus de 72h ou que des signes de putréfaction avancée sont visibles, les techniques thanatologiques usuelles (méthodes thermométriques, rigidités, hypostases ou les méthodes biochimiques) 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 et l'identification des insectes sur le corps sur la scène du décès, sont de meilleurs bio-indicateurs pour dater la mort (Anderson, 2005).

Les insectes nécrophages peuvent jouer un rôle important, voire décisif dans les constats de levée de corps. Ils permettent notamment, sous certaines conditions, de déterminer l'intervalle post-mortem. Toutefois chaque espèce possède des caractéristiques biologiques qu'il est nécessaire de connaître afin d'affiner les méthodes de datation de la mort. Parmi ces caractéristiques, il en est une fondamentale qui met en relation la température ambiante et l'activité des insectes adultes.

La présente étude a été conçue pour répondre à deux objectifs principaux :

- Récolter puis identifier la faune cadavérique spécifique de la région de Bejaia qui est associée au processus de décomposition d'un cadavre de trois lapins, dans le but de déterminer la date de la mort.
- Contribution à l'étude de l'influence de la température sur le développement des insectes nécrophages selon un protocole préalablement établi par le laboratoire d'entomologie de l'Institut Nationale de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie Nationale (INCC-GN).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités et principes de l'entomologie médico-légale

I.1. Définition

L'entomologie médico-légale, aussi connue sous le terme d'entomologie médico-criminelle ou sous l'anglicisme d'entomologie forensique, est une discipline criminalistique qui permet par l'étude des insectes, d'obtenir des indices utiles au médecin légiste, aux forces de l'ordre ou au magistrat, lors de la découverte d'un cadavre (Frederickx *et al*, 2011 ; Sathe *et al*, 2013).

En effet, selon l'ordre d'arrivée sur le cadavre et le stade de développement des espèces d'insectes, il va être possible d'obtenir certains indices sur les conditions du décès (transport et mobilisation du corps post-mortem, temps d'immersion d'un corps, temps de décapitation ou de démembrement, utilisation de drogues, marque d'agression, d'abus ou de maltraitance) mais surtout d'estimer la date du décès (Amendt *et al.*, 2004)

I.2. Historique

L'utilisation de l'entomologie à des fins médico-légales remonte à XIII en Chine, la première utilisation d'insectes comme un moyen de datation est attribuée au Dr. BERGERET au 1850 ; qui étudia les insectes présents sur le corps d'un nouveau-né retrouvé derrière une cheminée, il estima que la mort remonte à 2 ans (Amendt *et al*, 2004 ; Wyss et Cherix, 2013).

Mais ce n'est que vers la fin du XIX^{ème} siècle que la 1^{ère} base scientifique de l'utilisation des insectes nécrophages a été faite par les travaux de Mégnin (1894). Depuis cette époque l'étude des insectes nécrophages est devenue essentielle. En effet, ils sont étudiés pour déterminer le moment du décès avec précision, et déduire si le corps a été déplacé depuis le décès ou si une drogue ou un poison ont été utilisés (Bergret, 1855 ; Mégnin, 1894).

En Europe, différents entomologistes tels que Leclerc en Belgique, Nuorteva en Finlande Marchenko en Russie ont publié plusieurs travaux traitants de l'entomologie médico-légale sur les cadavres humains.

En Algérie cette science est très mal connue, elle est utilisée seulement dans le laboratoire d'entomologie à l'Institut National de Criminalistique et Criminologie de la Gendarmerie Nationale et cela depuis 2010.

I. 3. Intérêt

I. 3. 1. Intervalle Post-Mortem

La détermination du temps écoulé depuis le décès, communément appelée intervalle post-mortem (IPM) peut être établie grâce à l'étude de critères thanatologiques comme l'évolution de la rigidité et de la lividité cadavérique (rigor et livor mortis), de la thermométrie du corps, la déshydratation du corps ou même si cette technique reste peu fiable, Cependant passé un délai relativement court, la rigidité cadavérique du corps disparaît, les lividités deviennent fixes, la température du corps devient identique à celle ambiante, la concentration de potassium atteint un seuil maximum, empêchant ainsi toute détermination précise de l'intervalle post-mortem. Reste alors au médecin légiste l'état général du cadavre pour estimer l'IPM, mais celui-ci demeure très influencé par de nombreux facteurs (environnements, conditions climatiques, etc.)(Wyss et Cherix, 2006).

II. Écosystème autour d'un organisme mort

II.1. Cadavre en tant qu'écosystème

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 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. En fonction de leurs caractéristiques écologiques, on distingue quatre groupes écologiques autour d'un cadavre, (Smith 1986, Wyss et Cherix 2006).

II.1.1. Les espèces nécrophages

Ces espèces se nourrissent des tissus cadavériques et des liquides de décomposition. On peut citer parmi cette catégorie les diptères appartenant aux familles des **Calliphorides** et des **Sarcophagides**, mais également des coléoptères des familles des silphidés et des dermestidés (Wyss et cherix , 2006)

II.1.2. Les espèces nécrophiles

Les espèces nécrophiles sont des prédateurs ou parasites des espèces nécrophages, principalement des larves et des pupes de diptères, on rencontre régulièrement des coléoptères (silphides, histerides, staphylinides), des diptères (calliphorides et stratiomyides) ainsi que des hyménoptères . Les larves de certains diptères peuvent devenir prédatrices à partir d'un certain stade de développement .C'est le cas, par exemple, de certaines *Chrysomya* (diptère, calliphorides) (Wyss et cherix , 2006)

II.1.3. Les espèces omnivores

Les espèces omnivores se nourrissent tant du cadavre que des espèces dite nécrophages et nécrophiles présentes sur la dépouille. Les principales espèces omnivores sont généralement des hyménoptères (fourmis et guêpes) mais également des coléoptères (Wyss et cherix , 2006).

II.1.4. 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 nourrir. Elles sont originaires de la végétation environnante et peuvent exceptionnellement être prédatrices des espèces nécrophages ((Wyss et Cherix 2006).

III. Écosystème cadavérique et recyclage de la matière par les insectes

III.1. La 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). Anderson (2001), l'a décrit comme étant une série de processus dynamiques qui vont entraîner des changements chimiques et physiques. Ce processus abouti à un ensemble de modifications morphologiques post-mortem appelé thanatomorphose (Campobasso et *al.* 2001).

Grâce à l'étude de ces modifications, il est possible de déterminer le moment de la mort avec plus ou moins d'exactitude, les processus de décomposition s'enclenchent plus ou moins rapidement selon les conditions environnementales (température et humidité) (Anderson, 2001). Les entomologistes forensiques divisent le processus de décomposition en plusieurs stades. On distingue quatre stades (Anderson 2001) : le stade initial, le stade de gonflement, le stade de décomposition active, le stade de décomposition avancée.

III.1.1. Stade initial

Ce stade est caractérisé par l'arrêt du cœur et la diminution progressif de l'oxygène présent dans le corps (Carter et *al.* 2007). Ce manque d'oxygène inhibe les réactions aérobies et entraîne l'augmentation du pH intracellulaire qui provoque l'autolyse des cellules. Ce stade prend place dès la mort de l'individu jusqu'à un maximum d'une semaine après le décès selon le climat .Peu de temps après la mort, on notera l'existence de certains changements de nature physique et chimique en plus du refroidissement général du corps. Un des premiers changements n'est autre que l'apparition de *livor mortis*, aussi appelé lividités cadavériques. C'est un processus physique qui se produit lors de l'arrêt de la circulation sanguine.

Durant ce stade, des Diptères adultes de la famille des Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae et Sphaeroceridae sont le plus souvent rencontrés (Matuszewski et *al.* 2008).

III.1.2. Stade de gonflement

Selon Carter et *al.* 2007 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 qui transforment, par putréfaction, les sucres, les lipides et les protéines en acides organiques (ex : *acide lactique...*) et en gaz (ex : *méthane, ammoniacque...*) ces gaz s'accumulent dans la cavité abdominale du corps et provoquent son gonflement (Anderson, 1996). La production progressive de gaz, entraîne une augmentation de la pression qui provoque la sortie des fluides présents dans le cadavre, A partir de la fin de cette phase, le phénomène d'autolyse est déjà bien avancé (Carter et *al.* 2007).

Cette phase est caractérisée par une présence diversifiée en genre et en nombre des insectes nécrophages, à savoir des Diptères de la famille des Calliphoridae, Muscidae, Phoridae, Piophilidae et Sphaeroceridae, ils sont le plus souvent rencontrés en grand nombre, mais également des Coléoptères de la famille des Staphylinidae peuvent être rencontrés .

II.1.3. Stade actif

Le passage du stade de cadavre « gonflé » au stade de décomposition active peut être désigné par la rupture de la peau suite à l'action du gonflement du corps, mais aussi suite à l'activité des larves d'insectes, principalement des Calliphoridae (Anderson, 1996). Il est à noter qu'au début de ce stade, la peau et la chair sont toujours présentes (Anderson, 1996).

Ce stade de décomposition est également caractérisé par la formation d'îlots de décomposition de matières cadavériques au niveau du sol ou CDIs (*Cadaver Decomposition Islands*) riches en composés carbonés et azotés (Carter et *al.* 2007). Plusieurs petits îlots de décomposition, provenant de la liquéfaction du corps, vont s'interconnecter pour former un seul îlot ou CDI. Ceci se fait grâce à la rupture de la peau. Les **CDIs** sont associés à une augmentation de la biomasse et de l'activité microbienne mais aussi dans l'abondance des nématodes. Chaque **CDI** en formation correspond à une modification naturelle de l'environnement entraînant l'apparition de substances nutritives pour les bactéries, les nématodes, certains annélides et arthropodes (Carter et *al.* 2007).

Durant ce stade, des Diptères de la famille des Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae et Piophilidae sont le plus souvent rencontrés, ainsi que des Coléoptères de la famille des Staphylinidae, Histeridae et Silphidae.

III.1.4. Stade avancé (squelettisation)

Le passage de la décomposition active à la décomposition avancée se fait lorsque les larves d'insectes migrent hors du corps pour devenir des pupes (Carter et *al.* 2006 ; Matuszewski et *al.* 2008). Il est à noter qu'à ce stade, une grande partie des chairs a disparu (Anderson, 1996). Le CDI qui s'est formé au stade précédent s'étend en fonction de la taille du cadavre, de la masse larvaire présente et de la nature du sol (Carter et *al.* 2006).

Durant ce stade, des Diptères de la famille des Piophilidae sont le plus souvent rencontrés ainsi que des Coléoptères de la famille des Staphylinidae et des Cleridae.

IV. Utilisation des insectes nécrophages dans les enquêtes judiciaire

Les insectes nécrophages appartiennent au groupe de nécrophores, ils se nourrissent de matières organiques comme les cadavres. Ces insectes sont de précieux éléments d'enquêtes pour les enquêteurs essentiellement dans le cas du découvert d'un cadavre, car différentes espèces se succèdent au cours du temps en fonction du stade de décomposition du cadavre, a cet effet leur étude permet d'acquérir des informations sur la date de la mort ou un éventuelle dépassement du corps après la more. Ce groupe d'insectes appartiennent à différents niveaux taxonomiques (Wyss et Cherix 2006).

IV.1.a. Les Diptères

Le mot Diptère est dérivé du mot grec « di » qui signifie deux et « pteron » qui signifie aile. (Gunn, 2011). Les diptères sont caractérisés par une seule paire d'aile membraneuse, la deuxième paire est réduite et se présente sous forme d'haltères, qui servent de gyroscopes à la

mouche, lui permettant de connaître très précisément sa position en vol. Le vol des diptères supérieurs est sans aucun doute un modèle d'efficacité et de précision. Les diptères constituent un ordre d'insecte assez récent qui a conquis une grande variété de biotope et de niches écologiques seule les mouches ont aujourd'hui un intérêt en entomologie criminelle, les autres espèces n'étant présentes que fortuitement (Charabidze, 2008).

IV.1.A.1 Principales familles des Diptères nécrophages

A. Calliphorides et sarcophagides

- Les Calliphorides sont des mouches de taille moyenne à grande (4 à 16mm), que l'on peut considérer comme robuste avec un vol bruyant et rapide. De nombreuses espèces de cette famille possèdent des reflets bleus ou vert métallique, parfois argenté, voire avec une abondante pilosité dorée, ainsi la tête et le corps possèdent de longues soies et se trouvent souvent sur les matières animales et végétales en décomposition.

- Les sarcophagides sont des mouches assez robustes et relativement grandes dont la taille des adultes varie de 3 à 22mm de longueur. La plupart des espèces sont grises, voire gris-noir, mais on trouve aussi des espèces gris-jaune ou entièrement noires, parfois luisantes mais pas d'espèces avec des reflets métalliques bleu ou vert (Wyss et Cherix, 2006).

B. Fanniides et muscides

Les fanniides ont été classées par erreur comme des muscides, elles sont considérées aujourd'hui comme une famille à part entière (Matile, 1995). Ce sont des mouches de taille petite à moyenne (3-9 mm), se distinguent par une nervation particulière. Les mâles de cette famille se différencient facilement des femelles par leur yeux, qui se touchent, alors que ceux des femelles sont très éloignés, particularité que l'on trouve chez les calliphorides. Par contre les muscides sont des mouches grises ou brunes, dont la taille varie de 2 à 15 mm de longueur, leurs ailes sans taches, avec une nervation caractéristique qui permet leur identification (Wyss et Cherix, 2006).

IV.1.b. Les Coléoptères

L'ordre des Coléoptères est l'ordre d'insectes le plus important en nombre d'espèces.

L'utilisation des Coléoptères, en tant que bio indicateur en entomologie forensique, n'est pas très important. Cependant, lorsqu'une dépouille est en stade de décomposition avancée et qu'il ne reste plus que des tissus squelettiques secs, l'utilisation de certains Coléoptères (Dermestidae et Cleridae) peut se révéler pertinente.

IV.1.b.1 Les principales familles des coléoptères nécrophages

a. Silphidae

La famille des Silphidae regroupe des individus de taille moyenne à grande (10 à 35 mm) avec des antennes en massue et un sens de l'olfaction très développé (Byrd and Castner, 2001).

-Les Silphidae sont de taille moyenne à grande (habituellement inférieure à 20mm) avec une forme généralement aplatie et de couleur foncée.

b-Staphylinidae

Les staphylins sont reconnaissables à leur morphologie, contrairement aux autres Coléoptères, leurs élytres ne recouvrent pas la totalité de leur abdomen. La taille des adultes varie fortement d'une espèce à l'autre et s'échelonne de 1 à 25 mm (Byrd et Castner, 2001). On les rencontre souvent dans les matières en décomposition où ils chassent d'autres petits insectes (Byrd et Castner, 2001). Sur les cadavres, ils sont généralement prédateurs des larves de Diptères nécrophages. Ils sont présents rapidement sur le corps et peuvent y rester tant qu'il y a une activité entomologique (Wyss et Cherix, 2006).

IV.2. Cycle de développement et biologie de l'insecte nécrophage

Les insectes colonisent le corps par vague successive selon son stade de décomposition, se nourrissant du cadavre ou d'autres insectes présents sur le lieu pour assurer leur développement ou l'utilisant pour les femelles gravides comme lieu de ponte pour les œufs.

Le cycle de développement des diptères (espèce la plus intéressante pour nous en entomologie médico-légale) est holométabolique, ce qui signifie qu'il s'agit d'une métamorphose complète. Après la ponte, qui se fait préférentiellement dans les orifices humains, les œufs vont éclore pour donner naissance à des larves de premier stade. Celles-ci vont alors muer et croître en larve de second stade puis de troisième stade. C'est à ce moment que les asticots s'éloignent du corps pour s'empurger avant de se transformer en nymphe lors de la nymphose, aussi appelée mue nymphale. A ce stade, la nymphe vit à l'intérieur de son enveloppe et sur ses réserves. Pour devenir un insecte parfait appelé imago, celui-ci devra rompre sa cuticule larvaire (mue imaginale) (Charabidze, 2008).

Le développement des insectes n'est possible que grâce à la source alimentaire que constitue le cadavre. Les larves de premier stade étant incapables de percer la peau, elles se nourrissent essentiellement d'éléments protéiniques liquides présents au niveau des muqueuses. La percée se fait lors du second stade, par l'action simultanée des enzymes protéolytiques et de leurs crochets buccaux. Le troisième stade est celui où les larves sont les plus voraces et colonisent entièrement le corps. Les insectes nécrophages participent ainsi activement au processus conduisant à la réduction squelettique. Ils s'éloignent du substrat nutritif au stade de puppe pour finir la maturation à l'abri de la lumière et des prédateurs, c'est-à-dire dans la couche superficielle du sol (Charabidze, 2008).

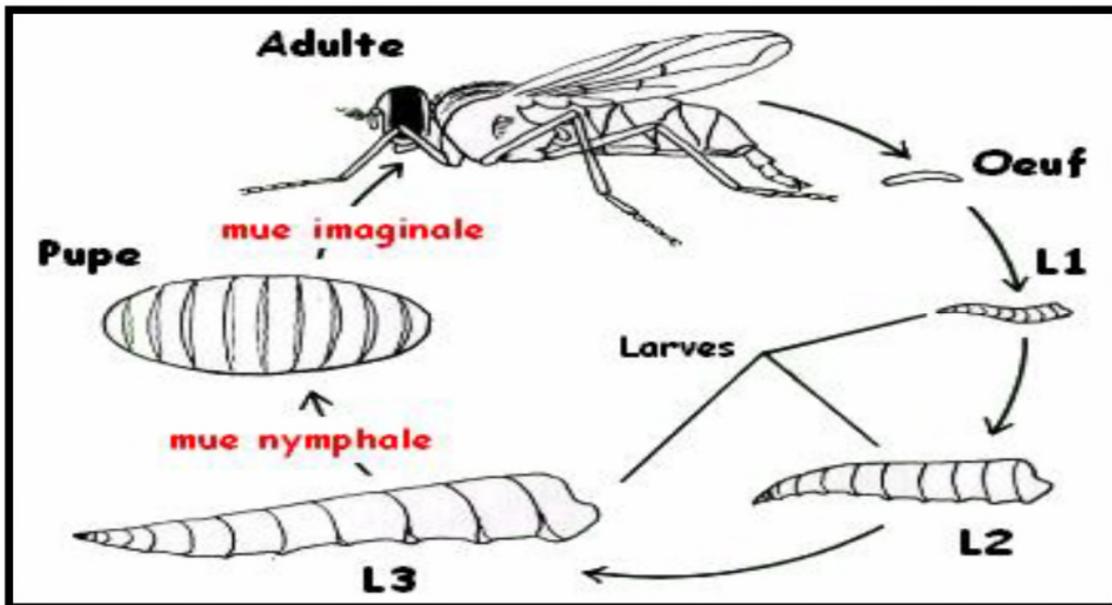


Figure 1 : Métamorphose complète (holométabole) (Damien charabidze ,2008).

V. Datation de la mort par les méthodes entomologiques

Il existe principalement deux méthodes pour déterminer l'IPM en utilisant les insectes comme bio-indicateurs (Anderson, 2005 ; Wyss et Cherix, 2006). 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 de différents groupes d'insectes qui colonisent un cadavre.

Ces techniques thanatologiques (Méthodes thermométriques, rigidités, hypostases) ne permettent pas de dater avec précision la mort, surtout dans les cas où le corps est dans un état de putréfaction avancée. La présence et l'identification des insectes sur le corps et de façon plus large sur la scène du décès sont de meilleurs bio-indicateurs pour dater la mort, permettant d'estimer l'Intervalle Post-Mortem avec plus de précision (Anderson, 2005).

Si les circonstances sont favorables (accessibilité, climat...), certains insectes nécrophages, plus précisément les espèces de diptères, peuvent venir déposer leurs œufs ou leurs larves sur un cadavre dans les premières minutes ou les premières heures suivant le décès, ces œufs ou larves vont se développer en tirant profit du milieu favorable constitué par

le cadavre. A cet effet la détermination de la date de la ponte, en se référant à l'âge des stades immatures (larves, pupes) de ces insectes, permet d'établir une estimation précise de la date du décès (Wyss et Cherix, 2006).

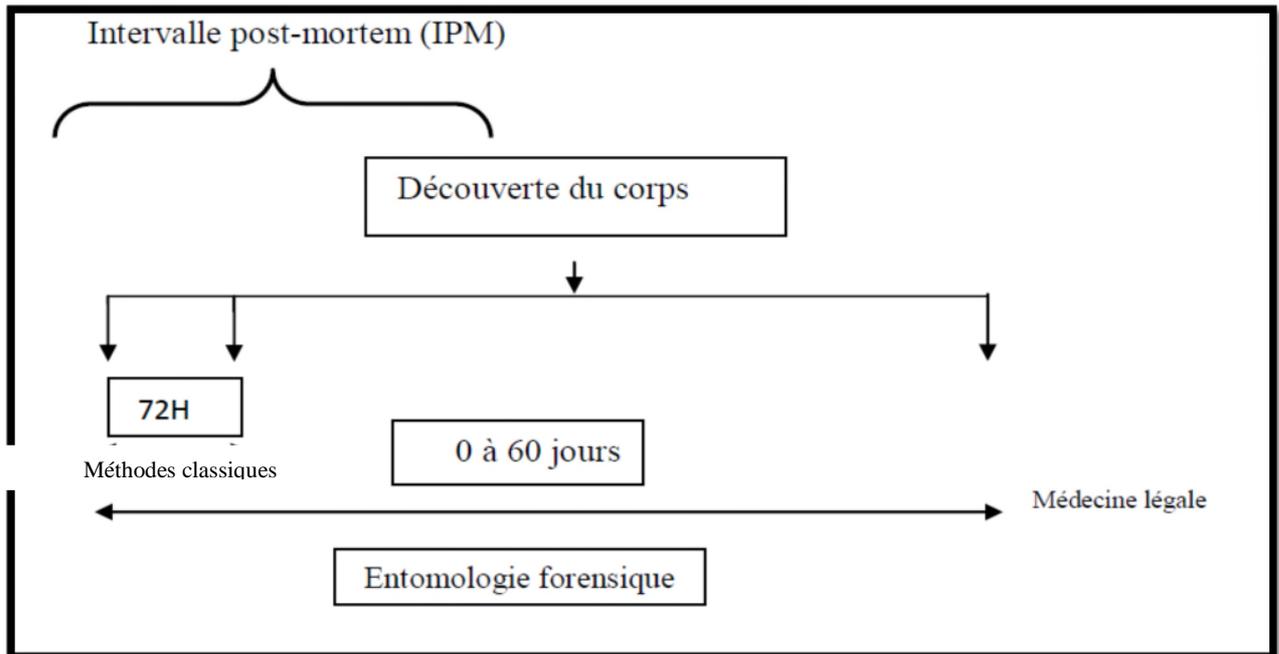


Figure 2 : Délais d'efficacité des méthodes d'estimation du délai post mortem (Wyss et Cherix, 2006).

Lorsque la mort remonte à plus de 72h ou que des signes de putréfaction avancée sont visibles, les techniques classiques usuelles (méthodes thermométriques, rigidités, hypostases) 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 et l'identification des insectes sur le corps sur la scène du décès, sont de meilleurs bio-indicateurs pour dater la mort.

V.1. Intervalle post-mortem court

On considère que l'intervalle post-mortem est court lorsque les premiers insectes colonisateurs sont toujours en développement sur le cadavre. Cet intervalle débute après le décès et se termine généralement quelques semaines plus tard. Deux techniques sont utilisées : la première est utilisée seulement Aux Etats-Unis et se fonde sur la taille et le

poinds des larves de Diptères nécrophages pour obtenir le jour de la ponte, La deuxième est l'approche la plus communément admise, elle repose sur la détermination du jour de ponte des mouches nécrophages, en se basant principalement sur le cycle de développement des diptères nécrophages (accumulation des degrés jours (**ADJ**), et des degrés heures (**ADH**), il peut s'agir d'œufs, de larves ou de pupes et une mise en élevage sera nécessaire (Charabidze, 2012 ; Wyss et Cherix, 2006). Cette datation entomologique met en relation le développement des insectes nécrophages trouvés sur le corps avec la température du lieu du décès, Les spécimens quelque soient leur stade ne se développent qu'au-dessous d'une certaine température, il s'agit du seuil inférieur de croissance.

Ainsi, dans le développement des mouches nécrophages, les températures effectives sont les seules prises en compte c'est-à-dire, les Températures moyennes journalières obtenues par la météorologie moins le seuil inférieur de croissance qui est spécifique à l'espèce étudiée.

Pour un cycle de développement complet, soit de l'œuf à l'imago, chaque espèce a besoin d'une certaine quantité de chaleur définie comme la constante de chaleur (c.-à-d., la somme des Températures effectives journalières) (Wyss et Cherix, 2006).

Cette méthode, très souvent choisie, présente toutefois l'inconvénient de devoir attendre l'émergence de l'imago et donc de perdre du temps et de potentiellement retarder l'enquête criminelle.

V.2. Intervalle post-mortem long :

Elle se base sur la succession des espèces ou escouades au cours du temps sur un cadavre, C'est aux travaux de Mégnin que l'on doit la schématisation de la colonisation du cadavre en huit vagues successives d'arthropodes nécrophages (Megnin, 1894), remarqua qu'au fur et à mesure de l'autolyse et de la putréfaction du corps, celui-ci dégageait différents composés volatils, caractéristiques d'une phase de décomposition. Les insectes seraient, selon les espèces, attirés par le composé le plus adapté au développement de leur larve. Ainsi, différentes escouades d'insectes se succéderaient sur les cadavres selon un ordre établi. Cette théorie a plus récemment été reprise et complétée par ANDERSON dans son Précis de Médecine Légale, qui rapporta que les différentes escouades ne se suivaient pas et qu'elles

pouvaient également se chevaucher, ajouta que cette théorie semble complètement erronée car elle ne prend pas en compte les différents facteurs susceptibles d'affecter la colonisation (saison, lieu géographique, accessibilité du corps, etc.) La théorie de MEGNIN peut donc être un indice et servir d'appui à d'autres éléments de l'enquête mais ne doit pas être considérée comme une méthode entomologique médico-légale suffisante à la datation d'un corps.

VI. Facteurs limitant le calcul de l'intervalle post-mortem

L'estimation de l'IPM est l'un des aspects les plus essentiels dans l'étude des insectes nécrophages. Lors de l'application des méthodes entomologiques, les points importants à prendre en considération sont :

- 1) Le site de découverte (situation géographique, altitude).
- 2) L'accessibilité des insectes nécrophages au cadavre.
- 3) les facteurs climatiques (Température, Hygrométrie).

VI.1. La 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 accroit sa durée.

VI.2. Hygrométrie

L'humidité est un facteur important pour la ponte chez de nombreux Diptères nécrophages, parfois ses fluctuations déclenchent des phases d'inertie évolutive ; l'élévation du degré de l'hygrométrie n'est pas aussi dangereux que la sécheresse pour l'épanouissement des larves, la déshydratation peut leur être fatale. L'influence de l'humidité sur la biologie des

insectes et des acariens est en règle générale liée à la température et vice versa. 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 organiques desséchées, dont certains Coléoptères du genre Dermestes et certains Lépidoptères.

VI.3. Vent

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.

VI.4. Lumière

La lumière influence directement sur la ponte par ce que la plupart des insectes nécrophages comme les Calliphoridae ont des activités diurnes.

VI.5. Adéquation avec l'environnement

Dans ce cas il y a une cohérence entre l'association des espèces et le milieu, ainsi qu'entre l'entomofaune nécrophage et l'état de décomposition du cadavre.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I. Présentation du site de l'étude du lieu de stage

L'Institut National de criminalistique et de criminologie est un établissement public à caractère administratif, créé par le décret présidentiel n° 04-183 du 26/06/2004. Il est un outil de pointe inspiré des pratiques d'expertise et d'analyse récentes et appuyées par les technologies appropriées. Il a pour mission de servir la justice et de soutenir les unités d'investigation dans l'exercice de la police judiciaire. Il est chargé notamment de :

- Réaliser, à la requête des magistrats, des expertises et des examens scientifiques dans le cadre des enquêtes préliminaires et des informations judiciaires en vue d'établir les preuves permettant d'identifier les auteurs des crimes et délits;
- Réaliser, à la requête des enquêteurs et des autorités habilitées, des expertises, analyses et examens scientifiques relevant de leurs compétences respectives;
- Mettre en œuvre les procédés de la police scientifique et technique visant la collecte et l'analyse des objets, traces et documents prélevés sur les scènes de crimes;
- Assurer une assistance scientifique aux investigations complexes ;
- Participer aux études et analyses relatives à la prévention et à la réduction de toute forme de criminalité;
- Participer, en qualité d'organisme prestataire d'examens et d'expertises dans le domaine de la criminologie, à la définition de la politique de lutte contre la criminalité.

Le long de notre étude, L'identification et l'élevage de la faune cadavérique ont été effectués au niveau du laboratoire d'entomologie du département de Médecine légale de l'Institut National de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie Nationale (INCC /GN) Bouchaoui-Alger.

Le site choisit pour le déroulement de notre expérience, à savoir sacrifice des animaux, prélèvement des larves, pupes et insectes se trouve au cœur d EL-KSEUR, wilaya de Bejaia.



Figure 3 : Institut nationale de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie Nationale (INCC/GN)

II. Synthèse climatique

Notre expérience effectuée à l'extérieur ; était sous l'influence de plusieurs paramètres météorologiques qu'il fallait prendre en considération.

Afin de pouvoir caractériser le climat de notre région, de nombreux indices ont été utilisés, dont les principaux paramètres retenus sont la température, l'humidité relative et la vitesse du vent ainsi que le taux de précipitations.

La période hiverno-printanière est caractérisée par un climat froid et humide, la température moyenne enregistrée à Bejaia était de 14°C, alors que le taux d'humidité variait entre 68% à 83%. Les précipitations moyennes journalières étaient très faibles, elles ont atteint 3mm, alors que la vitesse maximale du vent a atteint 43Km/h.

III. Matériel utilisé

Pour la réalisation de ce travail, un matériel de terrain et un autre de laboratoire ont été utilisés.

III.1. Matériel de terrain

Pour la réalisation de ce travail nous avons eu besoin de :

- Trois lapins d'un poids corporel allant de 2kg à 2,5Kg, du CHLOROFORM (Trichlorométhane) pour l'euthanasie, des Cages métalliques avec des mailles de 2 cm de diamètre, qui laissent passer les insectes, des gants chirurgicaux et bavettes, Pincés souples en acier et pincés brucelles rigide, Des flacons et des récipients en plastique avec couvercle, Pièges pour les insectes volants, Filet fauchoir, Un appareil photos numérique et d'un Thermomètre.

III.2. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire mis à notre disposition par le laboratoire d'entomologie de l'institut national de criminologie et de criminalistique consistait en : Loupe binoculaire (agrandissement 50x), Pincés, scalpel, ciseaux et aiguille montée, Boites en plastiques pour l'élevage, Éthanol 70%, Épingles entomologiques, Gants et bavettes et une Enceinte climatique.

IV. Méthodes

La méthodologie suivie comprend plusieurs volets à savoir, préparation et aménagement du terrain, sacrifice des animaux, collecte des insectes et larves, et transport et l'élevage des insectes selon les techniques rapportées par Smith (1986), Byrd et Astner (2005), Hamilton (2010), Gerrard (2012), Robert et Marquez-Graut (2012) et Wyss et Cherix (2013).

IV.1. préparation et sacrifice des animaux

Durant ces expérimentations, on s'est intéressé à étudier le processus de la décomposition des cadavres des lapins, la faune cadavérique et la succession des différents insectes nécrophages en suivant un Protocole préalablement établi par le laboratoire d'Entomologie de l'INCC/GN.

Les lapins ont été euthanasiés le 19/03/2017 à 10h08 en utilisant le Chloroforme. Les trois lapins ont été placés au site forestier à Bourvaatache, commune d'El Kseur, wilaya de

Bejaia. Afin de capturer les larves qui vont migrer loin du corps durant la période précédant le stade puppe, dix centimètre de profondeur de la terre d'une superficie d'environ un mètre carré du site du dépôt de chaque cadavre ont été creusés, un drap a été placé puis la terre a été remise en place. Les cadavres ont été déposés en contact direct avec le sol et protégés d'une cage métallique fabriquée en utilisant un grillage métallique de mailles d'un diamètre qui permettaient l'accès des insectes au cadavre tout en empêchant les prédateurs d'y entrer. La figure 4 retrace les différentes étapes suivies.

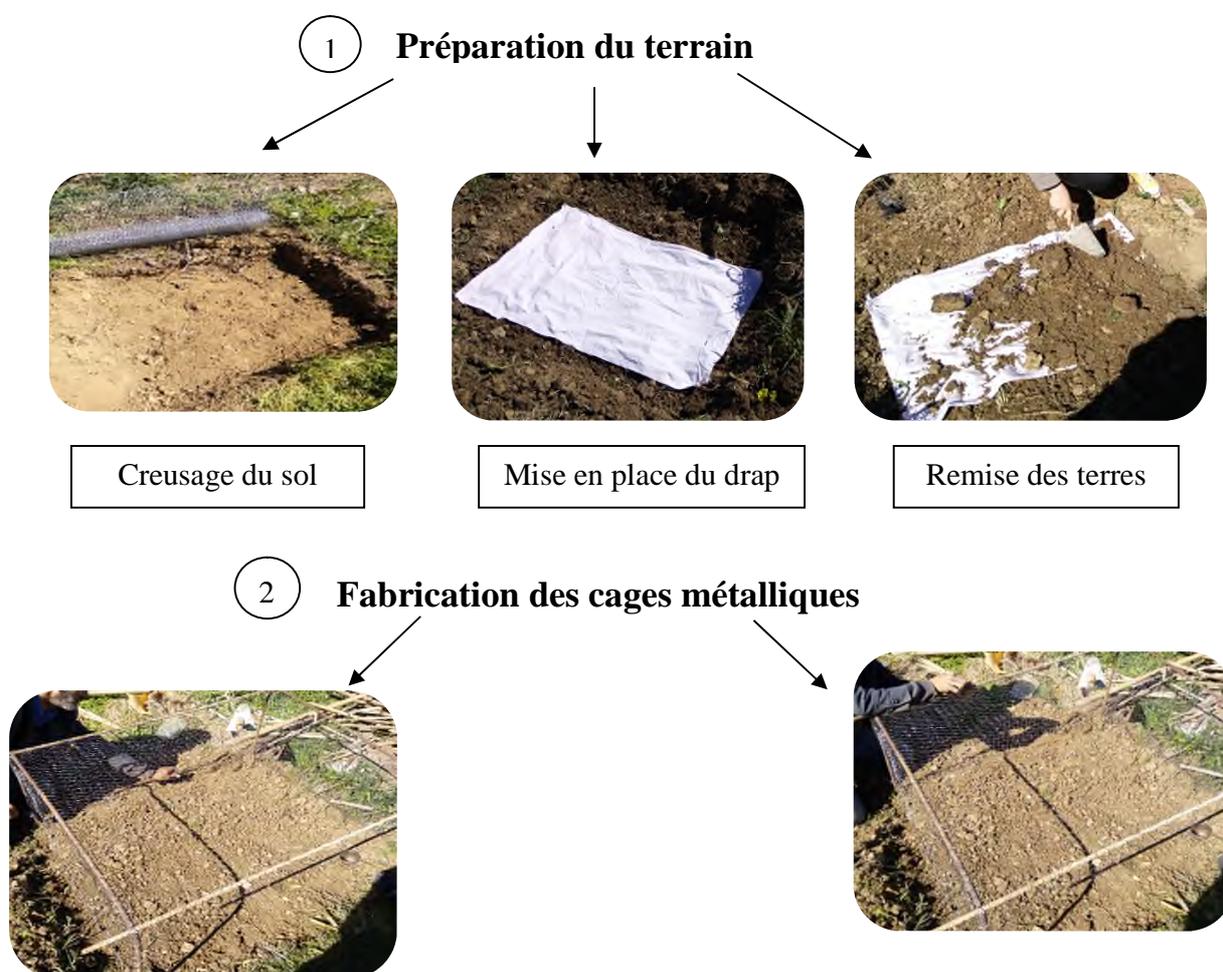




Figure 4 : Les différentes étapes de l'expérimentation.

IV.2. Piégeage

Le piégeage est une méthode d'échantillonnage indispensable. Plusieurs pièges ont été utilisés pour la collecte des diptères nécrophages.

IV.2. 1. Pièges attractifs

1. Piège aérien

Un piège a été fabriqué en se basant sur le principe du piège attractif d'Upto (1991). Ce piège est construit avec une boîte en plastique. Plusieurs orifices sous forme de cônes ont été placés sur les côtés d'une façon à permettre aux insectes nécrophages de pénétrer à l'intérieur tout en les empêchant de ressortir, vu que ces derniers se déplacent toujours vers le haut, ils se retrouveront ainsi bloqués.

2. Piège barber

Un moyen de base pour la collecte des insectes du sol. Nous avons placé des récipients en plastique remplis de liquide attractif dans des trous creusés préalablement au ras du sol.

3. Piège jaune

Composé d'un récipient rempli d'eau et un peu de savon liquide installé juste à côté du cadavre, il nous permet de récolter de nombreux Diptères et même des Coléoptères.

IV. 2.2. Pièges actifs

1. Filet fauchoir

Pour collecter les diptères adultes, il faut juste faucher autour de soi par un mouvement de vas et vient tout autour de la cage.

2. Collecte manuelle

A l'aide d'une pince entomologique et des cuillères jetables, des asticots ont été prélevés et même d'autres insectes qui se trouvaient sur les cadavres.

V. Prélèvement des échantillons entomologiques

La collecte des spécimens des différents stades a été réalisée dans un maximum de 10 minutes pour ne pas affecter l'expérimentation, respectant ainsi les recommandations du laboratoire d'entomologie.

V.1. Collecte des échantillons

1. Les insectes adultes

Les insectes adultes ont été capturés à l'aide d'un filet fauchoir et d'un piège placé sur le cadavre, Les insectes rampants ont été récoltés directement par une pince et transférés vers des récipients en plastique.

Afin de collecter les spécimens pour les identifier, nous avons procédé à l'asphyxie des insectes par un insecticide et par congélation pendant quelques temps.

2. Les larves

Les larves ont été prélevées délicatement au dessous du cadavre et dans les orifices naturels à l'aide d'une pince ou une cuillère en plastique (figure5) et réparties en deux groupes. L'un est destiné à l'identification et l'autre servira à l'élevage. Les larves récupérées sur la viande ont été mises en élevage.



Figure 5 : Prélèvements des larves.

V.2. Élevage des larves

Les flacons contenant des larves vivantes ont été acheminés au laboratoire pour l'élevage. Le fond des boites a été rempli de sable (figure 6A). Une tranche de viande de bœuf a été placée sur le sable, sur laquelle ont été placées les larves (figure 6B). Le contenu des boites a été ensuite humidifié avec de l'eau (figure 6C). Les boites ainsi préparées ont été recouvertes avec de la gaze (figure 6D).

Les indications concernant la date et l'heur de récolte, numéro de l'expérience ainsi que le stade de prélèvement et le jour de la mise en élevage, ont été mentionnées sur chaque boite (figure 6E). Le suivi de l'élevage a été effectué quotidiennement.

Les références telles que la date de prélèvement, la date de la mise en élevage, le nom du manipulateur, la température et l'humidité de l'étuve ont été reportées sur une fiche de suivi d'élevage où sont notées l'heure et les nouvelles observations.

Les boites sont maintenues jusqu'à l'émergence des adultes dans une enceinte climatique thermo régulée à 26°C ou règne une humidité relative de l'ordre de 70% pour 9 heures d'éclairage et 15 heures de l'obscurité (figure 6F).Après l'émergence, les adultes ont reçu le même traitement.

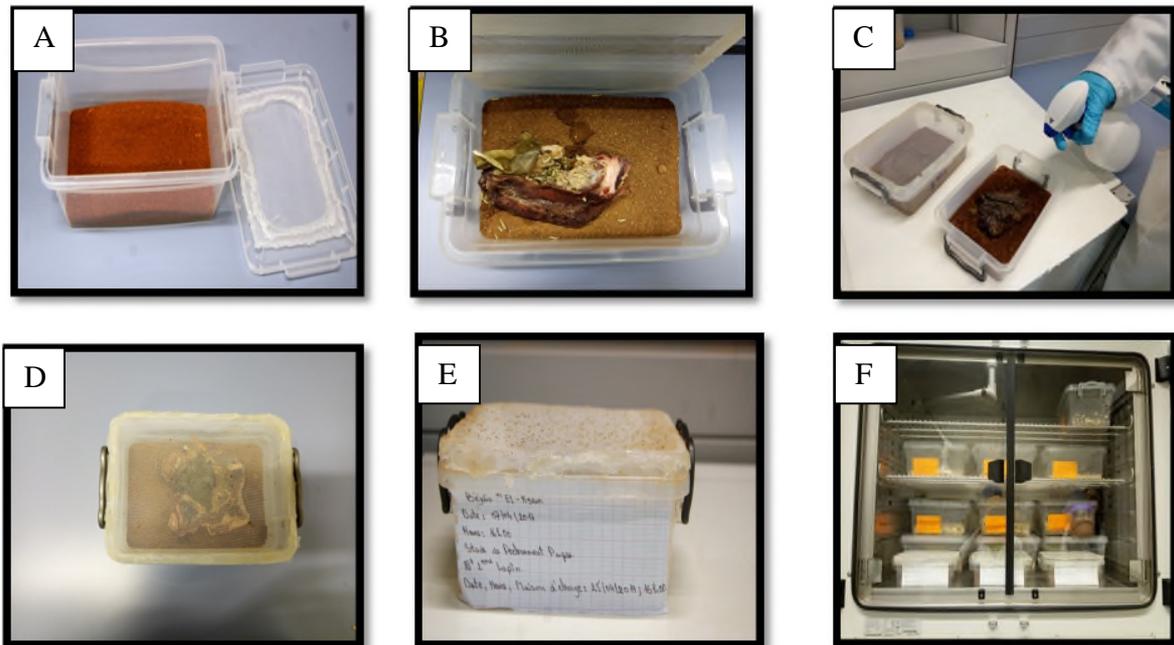


Figure 6 : les étapes de la réalisation de l'élevage des larves

V.3. Préparation des spécimens

V.3.1. préparation des larves à l'identification

Les larves ont été lavées avec de l'eau distillée pour enlever les débris. Elles sont ensuite tuées à l'aide de l'eau chaude en dessous du point d'ébullition (environ 70-80°C) pendant 3 minutes. Après identification, elles ont été conservées dans de l'éthanol à 70% (voir figure7)



Figure 7 : des larves conservées dans l'éthanol à 70%.

V.3.2. Préparation des insectes adultes

Les insectes capturés lors de l'échantillonnage ont été conservés dans l'éthanol à 70%, avant l'identification, ils ont été lavés sous l'eau de robinet pour se débarrasser de l'éthanol, puis placés dans du papier absorbant pour les faire sécher et leur donner juste le taux d'humidité nécessaire pour faciliter leur manipulation.

V.3.2.1. Épinglage

L'épingle a été placée dans le thorax du spécimen, l'endroit varie selon l'ordre auquel appartient l'insecte :

- Chez les Hyménoptères et chez les Diptères, l'épingle a été placée légèrement à droite sur le mésothorax, entre les ailes.

- Chez les Coléoptères, l'épingle a été placée enfoncée dans le premier tiers de l'élyt

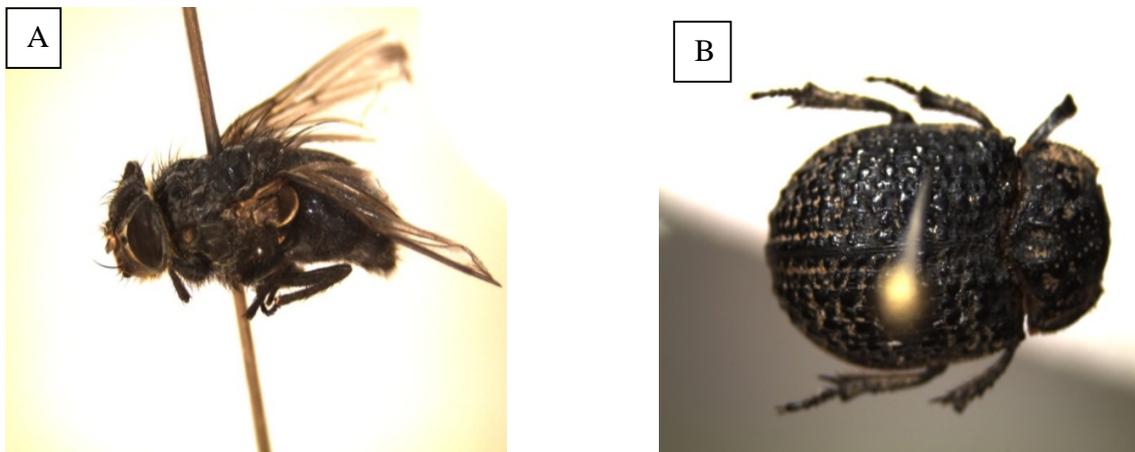


Figure 8 : (A) épinglage d'un diptère (B) épinglage d'un coléoptère.

V.3.2.2. Étalage

Cette étape consiste à disposer certaines parties du corps de l'insecte de façon à faciliter son identification au moyen de plusieurs clés de détermination disponibles au niveau du laboratoire d'entomologie de l'INCC

V.3.2.3. Étiquetage

Après identification, les insectes sont placés sur une planche de polystyrène avec des étiquettes portant les informations sur chaque spécimen puis laissés sécher à l'air libre.



Figure 9: Étiquetages des insectes.

V.4. Estimation de l'intervalle post-mortem :

Dans notre étude l'IPM est un délai court, pour cela la méthode suivie est basée sur le développement des larves afin de déterminer la période de ponte de la première génération des Diptères de Calliphoridae.

Les calculs ont été faits selon la méthode de Marchenko (2001), qui tient compte des températures moyennes journalières, sachant que chaque espèce nécessite une constante de chaleur pour effectuer la totalité de son cycle, l'auteur affirme que la marge d'erreurs est de l'ordre ± 24 heures. Ces calculs ont été réalisés pour vérifier la fiabilité de la méthode utilisée pour l'estimation du délai post-mortem basée sur le développement des larves. Il s'agit d'un IPM court. Dans ce cas, on fait des calculs pour déterminer la date de la ponte de la première génération des Diptères Calliphoridae. Les calculs ont été effectués avec la technique des degrés jours accumulés (ADD) (Marchenko, 2001). Les données de la température enregistrées au cours de la période expérimentale ont été utilisées ainsi que celles de la station météorologique la plus proche. Pour qu'une mouche nécrophage puisse se développer, de l'œuf à l'adulte, il lui faut une somme de températures, spécifique à l'espèce en retenant un seuil minimal ou un indice, également spécifique à l'espèce, en dessous duquel le développement de l'insecte s'arrête. Lorsque la somme est atteinte, elle correspond au jour de ponte de l'espèce. Cette somme est calculée par la formule suivante :

Température accumulée = $\sum (T^\circ - I)$

T° : moyennes des températures /jour.

I : indice ; température minimale nécessaire au développement de l'espèce.

Pour chaque espèce, Une constante C correspondant 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.

Le nombre de jours j pour atteindre l'état adulte, pour une température constante T est donc : $j=C/(T-x)$.

Par exemple, selon Marchenko :

La constante à atteindre par l'espèce *Calliphora vicina* est de 388°ADD =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 a 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.

Tableau I : Extrait du tableau de développement de certaines espèces (Marchenko, 2001).

Espèces	Indice	Sommes des T° entre œufs et imagos	Somme des T° entre œufs et pupes
<i>Calliphora vicina</i>	2.0	388.0	191.0
<i>Calliphora vomitoria</i>	3.0	472.0	213.0
<i>Lucilia sericata</i>	9.0	207.0	----

Chapitre III : Résultats & discussions

Chapitre III : Résultats & discussions

I. Stades de décomposition

Le processus de décomposition des lapins est divisé en quatre stades, à savoir : cadavre frais, gonflé, pourri et desséché. Les quatre stades de décomposition des trois cadavres sont illustrés dans les figures 10, 11, 12 et 13 et leurs durées rapportées sur le tableau II.

a. Stade frais

Ce stade commence au moment de la mort et se poursuit jusqu'à ce que le ballonnement de l'abdomen soit évident, néanmoins le corps reste intact (Figures 10). Cette étape a duré environ 24h pour les trois lapins, Aucun changement morphologique ne s'est produit et aucune odeur de décomposition n'est ressentie à ce stade (que par les mouches), ce stade attire les diptères nécrophages comme les Calliphoridae et les sarcophagidae.



Figure 10 : Le stade Frais. (A) Lapin 1, (B) Lapin 2, (C) Lapin 3

b. Stade gonflé

Cette étape commence par l'apparition du ballonnement au niveau abdominal et se termine lorsqu'il se dégonfle. Caractérisé par le processus de putréfaction, cette étape a commencé le deuxième jour et elle a duré environ deux jours pour les trois cadavres (Figure 11)

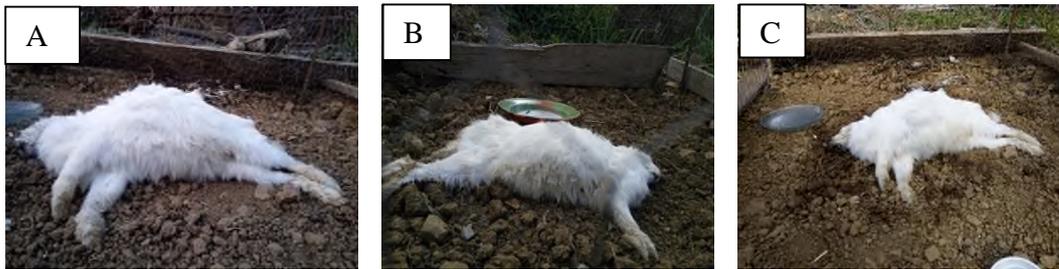


Figure 11 : Le stade Gonflé. (A) Lapin 1, (B) Lapin 2, (C) Lapin 3

c. Stade pourri

Le début de ce stade est marqué par la libération des fluides, le dégonflement du cadavre, l'odeur de la pourriture qui devient perceptible et forte. L'étape se termine lorsque la plupart des débris sont relativement secs. La peau est fissurée en un ou plusieurs endroits à cause de l'alimentation des larves de Diptères nécrophage et La perte de poils est remarquable, en particulier dans les zones où les asticots manifestent une grande activité (Figure 12).

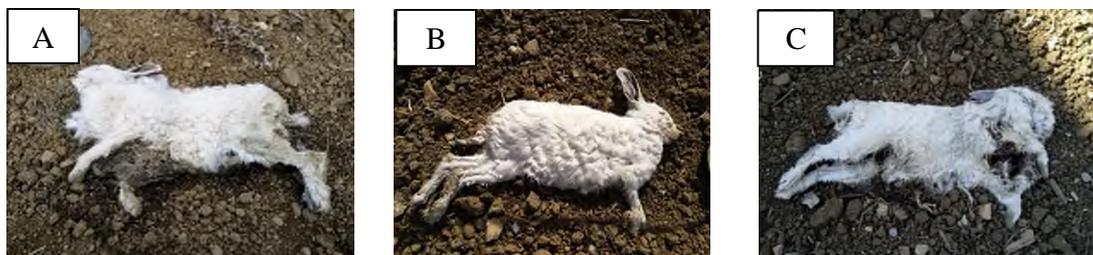


Figure 12 : Le stade pourri. (A) Lapin 1, (B) Lapin 2, (C) Lapin 3

d. Stade desséché

Il s'agit de la dernière étape de la décomposition. Le cadavre est constitué de la peau sèche, de la fourrure, du cartilage et des os, La fin de ce stade est difficile à définir en raison de sa longue durée, cette étape a été enregistrée après 312 h (13jours) pour les lapins 01 et 02 (Figure 13 A et 13 B) et après 192 h (8jours) pour le lapin 03 (Figure 13 C).



Figure 13 : Le stade desseché,(A) Lapin 1,(B) Lapin 2,(C) Lapin 3

Tableau II: Durées approximatives des stades de décomposition des trois cadavres.

Stade de décomposition	Durée (Heure)		
	Lapin 1(2kg)	Lapin 2(2kg)	Lapin 3(2.5kg)
Frais	24h	24h	24h
Gonflé	48h	48h	48h
Pourri	Environ 240h	Environ 240h	Environ 120h
Desséché	Environ 336h	Environ 336h	Environ 448h

II. Inventaire et identification des espèces adultes

capturées :

Durant toute la période de notre étude allant du 19/03/2017 jusqu'au 07/04/2017, un total de 102 Spécimens ont été capturés repartis en dix familles (tableau III). L'identification des individus capturés a révélé la présence de 16 espèces dont 12 appartenant à l'ordre des diptères (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae et Fannidae) et quatre espèces à l'ordre des coléoptères (Staphylindae, Silphidae et Thanatophilus).

Tableau III : Inventaire de la faune cadavérique collecté.

Lapin 1						
Stade	période	Ordre	Famille	Espèce	Sexe	Nbre
Frais	du 19/03/2017 au 20/03/2017	Diptera	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga protuberaus</i>	M	3
				<i>Wohlfahrtia nuba</i>	F	4
			Sepsidae	<i>Philonthus stephenus</i>	M	4
		Coléoptère	Staphylinidae	/	/	1
Gonflé	du 21/03/2017 au 23/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>	F	20
				<i>Lucilia Sericata</i>	F	10
Pourri	du 24/03/2017 au 03/04/2017	Coléoptère	Staphylinidae	<i>Ontholestes sp</i>	/	2
Desséché	du 04/04 2017 au 19/04/2017	Coléoptère	Silphidae	<i>Ontholestes sp</i>	/	1
Lapin 2						
Stade	Période	Ordre	Famille	Espèce	Sexe	Nbre
Frais	du 19/03/2017 au 20/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>	F	2
				<i>Calliphora loewi</i>	F	3
				<i>Calliphora sulbalpina</i>	F	5
		Acarien	/	/	/	1
		Coléoptère	Thanatophillus	<i>Thanatophillus dispar</i>	F	1
Gonflé	du 21/03/2017 au 23/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya albiceps</i>	F	8
			Sarcophagidae	<i>Wohlfahrtianuba</i>	M	1
			Muscidae	/	/	3
			Fannidae	/	/	4
		Hyménoptère	/	/	/	2

		re				
Pourri	du 24/03/2017 au 03/04/2017	Coléoptère	Silphidae	<i>Thanatophilus rugosus</i>	/	2
			Staphylinidae	<i>Ontholestes sp</i>	/	4
Desséché	du 04/04 2017 au 19/04/2017	Coléoptère	Silphidae	<i>Ontholestes sp</i>	/	1
Lapin 3						
	Stade	Ordre	Famille	Espèce	Sexe	Nbre
Frais	du 19/03/2017 au 20/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>	F	4
				<i>Lucilia ampullatea</i>	F	6
			Muscidae	<i>Hydrotaea Ignava</i>	F	3
Gonflé	du 21/03/2017 au 23/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i>	F	2
				<i>Calliphora vomitoria</i>		
		Hyménoptère	Superfamily	<i>Honey BEE.</i>	F	1
			Apoidea	/	F	2
Pourri	du 24/03 Au 29/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora Loewi</i>	F	2
		Hyménoptère	/	/	/	2
Desséché	du 30/03/2017 au 19/04/2017	Coléoptère	Silphidae	<i>Ontholestes sp</i>	/	2

Nos résultats montrent que les Diptères étaient les prédominants avec le taux plus élevé (87%), suivie par la présence de Coléoptères et des Hyménoptères à des proportions respectives (8% et 5%), Pendant la saison hiverno-printanière, les familles de Diptères les plus fréquentes étaient les Calliphoridae (77%), suivies par les Sarcophagidae (10%), les Muscidae (8%) et les Fannidae (5%)(Figure20).

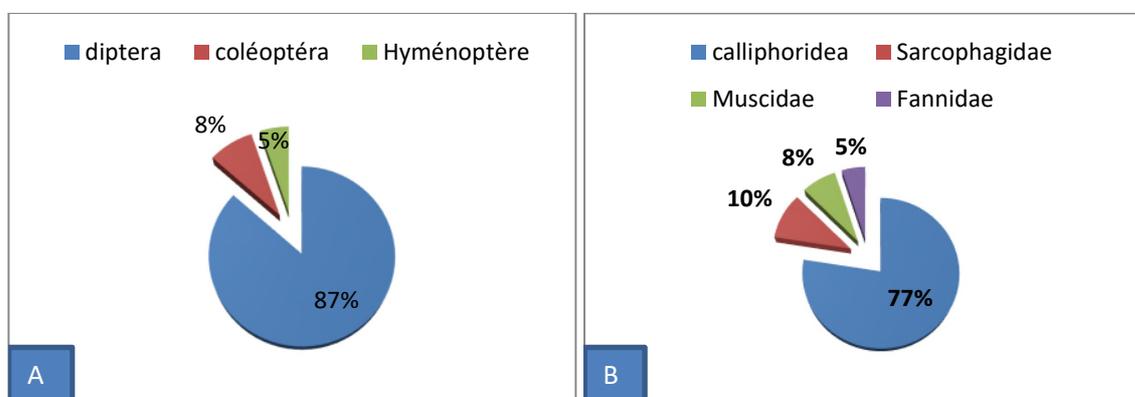


Figure 14 : Répartition (A) des ordres capturés (B) des diptères capturés

III. Identification des larves prélevées :

Durant cette étude nous avons procédé aux prélèvements de larves sur les trois cadavres et leur identification. Les résultats sont reportés dans le tableau IV.

Tableau IV : Identification des larves prélevées sur les trois cadavres

Date de prélèvement	Lapin 1		
	Ordre	Famille	Espèce
25/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Lucilia silvarum</i>
		Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>
		Sarcophagidae	<i>SP</i>
		Calliphoridae	<i>Calliphora sp.</i>
		Calliphoridae	<i>Lucilia sp.</i>
Lapin 2			
	Ordre	Famille	Espèce
25/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>
Lapin 3			

	Ordre	Famille	Espèce
25/03/2017	Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i> <i>Calliphora sp</i>
		Sarcophagidae	

Les résultats de l'identification des larves prélevées sur les trois cadavres de lapin montrent qu'elles appartiennent toutes à l'ordre de Diptera. Cinq espèces différentes réparties en deux grandes familles (Calliphoridae, Sarcophagidae) ont été constatées pour le premier lapin, alors qu'un seul type (*Calliphora vicina* de la famille des Calliphoridae) a été constaté pour le deuxième lapin et les deux familles pour le troisième.

IV. Calcul de l'intervalle post-mortem

Afin de calculer le délai post-mortem, deux élevages ont été effectués à des stades immatures des insectes prélevés sur les trois cadavres. Deux élevages ont été effectués au niveau du laboratoire d'entomologie de l'INCC sous conditions ambiantes contrôlées, alors qu'un élevage a été effectué sur le site de l'étude. En principe, l'estimation de l'intervalle post-mortem s'effectue sur la base du matériel entomologique le plus âgé prélevé identifié qui constitue des individus ayant émergés en premier (Marchenko, 2001).

Elevage 1

Un prélèvement de larves a été effectué le 26/03/2017 sur les trois cadavres, préservés dans des flacons à couvercle perforés (pour permettre la respiration) et transférés le jour suivant au niveau du laboratoire d'entomologie de l'INCC, où elles étaient mises en élevage sous des conditions ambiantes contrôlées (Température 26°C, Humidité relative 70%). Les larves ont été réparties dans trois boîtes d'élevage préalablement préparées contenant un morceau de viande de bœuf utilisé comme substrat nutritif, puis transférées dans une enceinte climatique (figure1). Des observations journalières ont été effectuées et notées sur des fiches d'élevage. Chaque jour où un

groupe d'insectes émergent, ces derniers ont été isolés, identifiés et dénombrés, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V : Émergence des individus du premier élevage

Date de l'élevage	Boite	Nombre d'adultes Emergés					Identification des adultes
		05/04/2017	06/04/2017	07/04/2017	10/04/2017	Total	
27/03/2017	Boite 1 Lapin 1	11	13	00	00	24	<i>Calliphora vicina</i>
	Boite 2	00	00	04	35	39	<i>Lucilia sericata</i>
	Lapin 2	00	00	00	30	30	<i>Calliphora subalpina</i>
	Boite 3	00	00	12	25	37	<i>Calliphora vomitoria</i>
	Lapin 3	04	08	00	00	12	<i>Lucilia sericata</i>

De ce premier élevage, 142 individus de Calliphoridae ont émergés, dont l'identification a montré la présence de 4 espèces : 24 individus de *Calliphora vicina*, 30 individus de *C.subalpina*, 37 individus de *C.vomitoria* et 51 individus de *Lucilia Sericata*.

Elevage 2

Jusqu'au 07/04/2017, nous avons constaté une absence totale des larves sur les trois cadavres, ce qui indique qu'elles auraient migré loin du cadavre pour former des pupes. Afin de réaliser un prélèvement de ces pupes, la terre a été creusée et tamisée. Des pupes ont donc été isolées puis transféré dans des boites d'élevage, qui ont été laissé sur site sous conditions

ambiantes. Des observations journalières ont été effectuées et notées sur des fiches d'élevage. A chaque jour qu'un groupe d'insectes a émergé il était isolé, identifié et dénombré, les résultats sont présentés dans le tableau VI.

Tableau VI : Émergences des individus du deuxième élevage.

Date d'élevage	Boite	Nombre d'adultes Emergés					Identification des adultes
		14/04/2017	16/04/2017	17/04/2017	19/04/2017	Total	
07/04/2017	Boite 1	05	08	00	00	13	<i>Calliphora vicina</i>
	Lapin 1	00	00	04	15	19	<i>Lucilia silvarum</i>
	Boite 2	00	00	23	07	30	<i>Calliphora vicina</i>
	Lapin 2	00	00	12	21	33	<i>Calliphora vicina</i>

De cet élevage sur site, nous avons dénombré 95 individus de Calliphoridae qui ont émergé, dont l'identification a révélé la présence de 2 espèces ; *Calliphora vicina* (76 individus) et de *Lucilia silvarum* (19 individus).

Élevage 3

Afin de réaliser un prélèvement de pupes au stade desséché, la terre a été creusée et tamisée le 23/04/2017, les pupes ont été isolées, par la suite transférées au laboratoire d'entomologie de l'INCC, où elles étaient mises en élevage sous des conditions ambiantes contrôlées (Température 26°C, Humidité relative 70%). Des observations journalières ont été effectuées

et notées sur des fiches d'élevage, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII : Émergence des individus du troisième élevage

Date de prélèvement	Boîte	Nombre de pupes collectées	Date d'élevage	Nombre d'adultes Émergés	Observations
23/04/2017	Boîte 1 Lapin 1	38	23/04/2017	00	16 pupes parasitées 22 pupes mortes
	Boîte 2 Lapin 2	35		00	20 pupes parasitées 15 pupes mortes
	Boîte 3 Lapin 3	34		00	18pupes parasitées 16pupes mortes

A la fin du troisième élevage aucun individu n'a émergé, il a été noté qu'au moins des pupes des deux espèces de Calliphoridae (*C. vicina* et *L. sericata*) ont été présentes vue que ces deux espèces ont émergées l'ors du 1^{er} et du 2^{ème} élevage, ce qui suggérerait qu'elles n'ont pas pu compléter leurs cycle de développement quand elles ont été élevés à partir de leurs stade pupa

IV.1. Identification des Diptères issus de l'élevage :



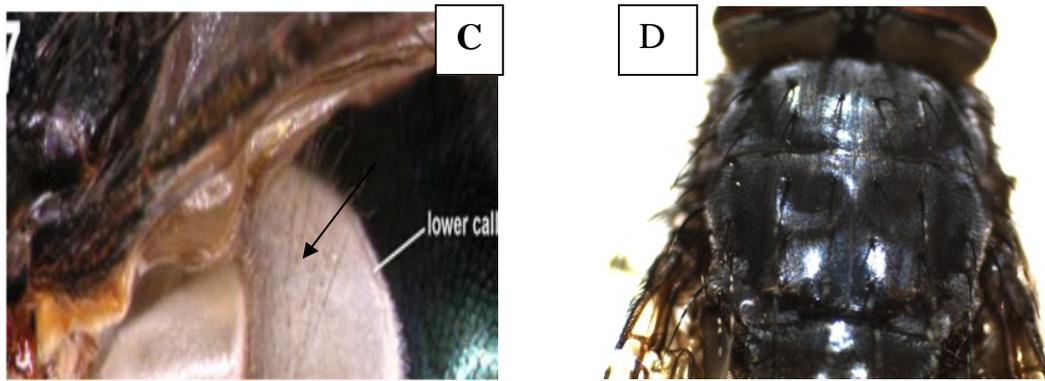


Figure 15 : *Calliphora vicina* (Linnaeus, 1758) (Diptera :Calliphoridae)

(A) Thorax non métallique (B) Basicosta orange, (C) le Calypter inferieur est poilu, (D) 03 paires de poils au niveau du thorax.

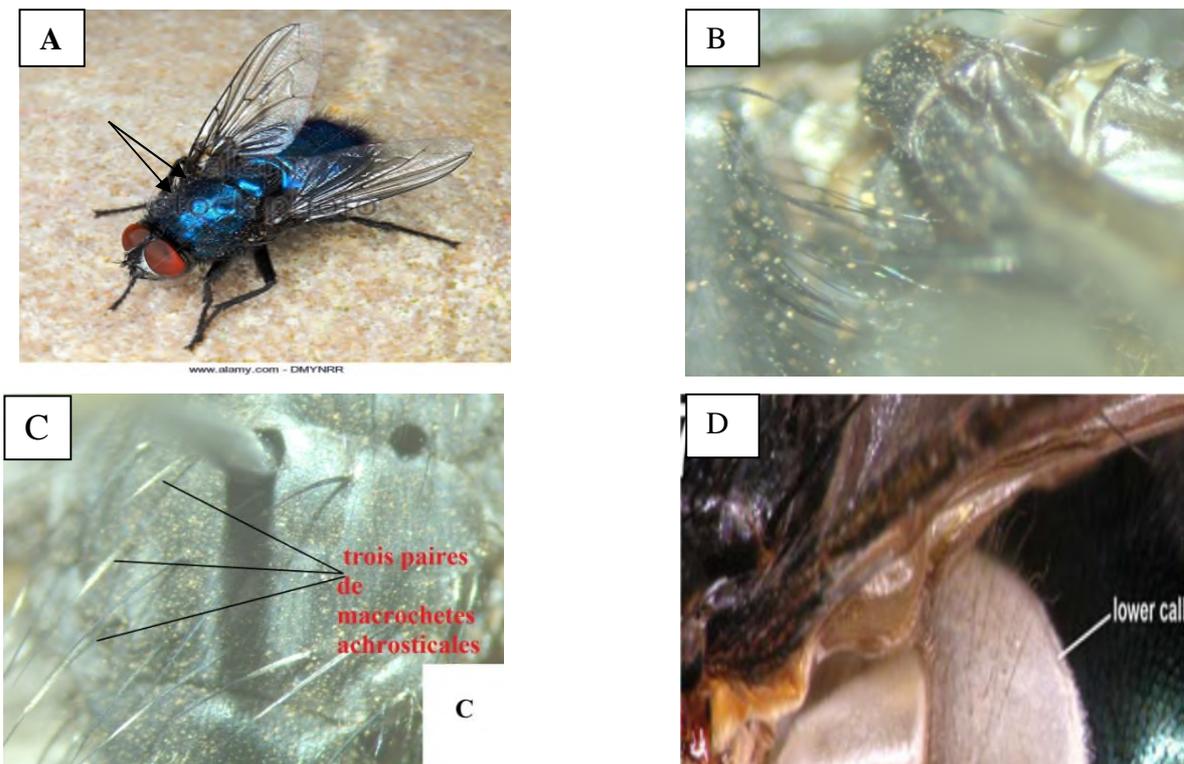


Figure 16 : *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) (Diptera,Calliphoridae) (A) abdomen bleu brillant, (B) Basicosta noir,(C) trois paires de macrochetes achrosticales,(D) le Calypter inferieur est poilu.

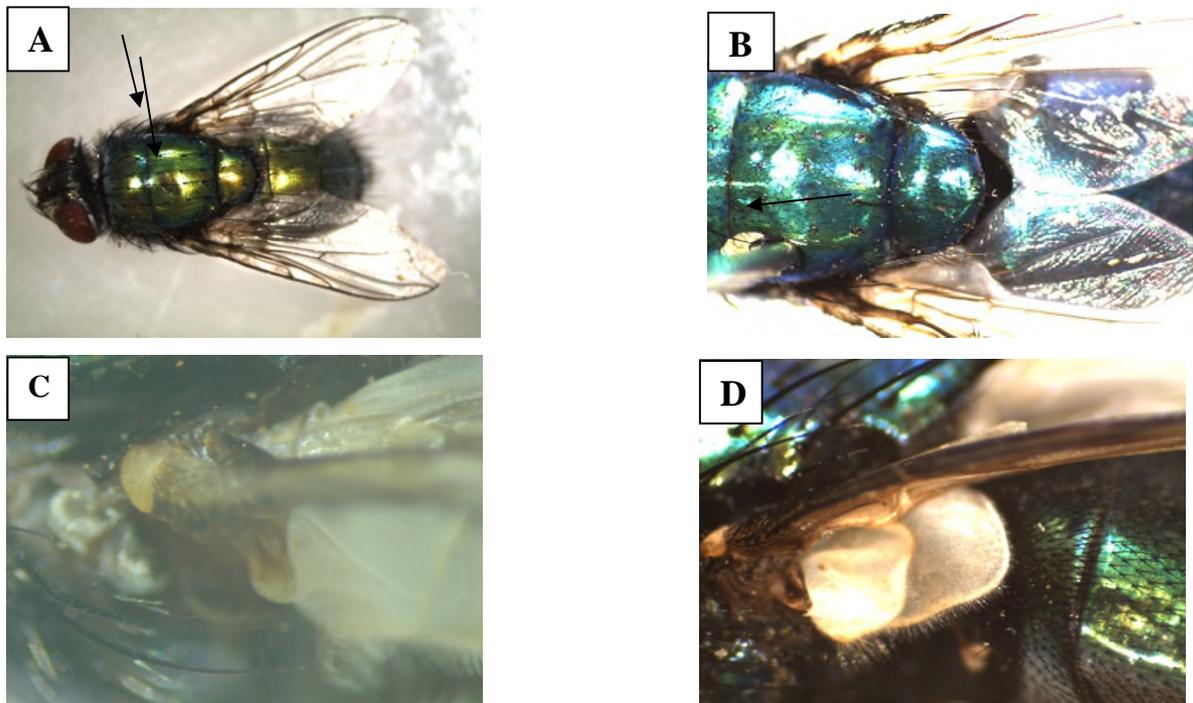


Figure 17 : *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) (Diptera :Calliphoridae) (A)Thorax vert métallique brillant (B), (C) Basicosta jaunâtre clair, (D) le Calypter inferieur dépourvu de poils

IV.2. Résultats du calcul de L'IPM

Parmi les espèces issus des différents élevages, trois espèces ; *Calliphora vicina*, *Lucilia sericata* et *Calliphora vomitoria* ont été utilisés pour le calcul de l'intervalle post-mortem. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau VIII : Résultats du calcul de l'IPM.

Espèce identifiée	T° d'élevage	Seuil inférieur de croissance	Le cumule nécessaire pour le développement	Date d'émergence	Date de ponte
<i>Calliphora vicina</i>	26°C	2°C	388°C	09/04/2017	19/03/2017
<i>Calliphora vomitoria</i>		3°C	472°C	13/04/2017	20/03/2017
<i>Lucilia sericata</i>		9°C	207°C	06/04/2017	19/03/2017

A-*Calliphora vicina* :

Pour cette espèce un cumul de 388°C est nécessaire pour obtenir un adulte à partir de la ponte, en retenant un seuil minimal de 2°C (Marchenko, 2001), en dessous duquel le développement de l'insecte s'arrête, L'émergence des adultes étant intervenu le 09 /04/2017, la valeur de 388°C se trouve atteinte le 19/03/2017, intervalle qui correspond à la date de ponte de *C.vicina*.

B-*Lucilia sericata* :

Pour cette espèce un cumul de 207°C est nécessaire pour obtenir un adulte à partir de la ponte, en retenant un seuil minimal de 9°C (Marchenko, 2001), en dessous duquel le développement de l'insecte s'arrête, L'émergence des adultes étant intervenu le 06/04/2017, la valeur de 207°C se trouve atteinte le 19/03/2017, intervalle qui correspond à la date de ponte de *L.sericata*.

C-*Calliphora vomitoria* :

Pour cette espèce un cumul de 472°C est nécessaire pour obtenir un adulte à partir de la ponte, en retenant un seuil minimal de 3°C (Marchenko, 2001), en dessous duquel le développement de l'insecte s'arrête, L'émergence des adultes étant intervenu le 13/04/2017, la

valeur de 472°C se trouve atteinte le 20 /03/2017, intervalle qui correspond à la date de ponte de *C.vomitorea*.

Les résultats du calcul du délai post-mortem de *C.vicina* et *L.sericata* ont indiqués que ces deux espèces ont pondu leurs œufs sur le cadavre le 19/03/2017, ce qui correspond à la date du sacrifice des trois lapins, par contre *C.vomitorea* a pondu le 20/03/2017 après un jour de sacrifice, A partir de ces résultats on conclue que le calcul du délai post mortem par *C.vicina* et *L.sericata* donne des résultats plus précis que *C.vomitorea*.

Discussion

La dégradation d'un cadavre et sa colonisation par les insectes sont deux phénomènes liés et sont influencés par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques (Wells et Lamotte, 1995 ; Campobasso et al. 2001).

Durant notre étude qui s'est déroulé dans un terrain découvert à EL-Kseur/Bejaia, les facteurs environnementaux ont une influence sur la colonisation du cadavre ainsi que sur le développement des insectes nécrophages, il s'agit des facteurs abiotiques considérés comme des facteurs climatiques tels : les températures, l'humidité relative, la vitesse du vent et les précipitations. Les facteurs biotiques, quant à eux sont représentés par un cadavre laissé à l'air libre.

Dans notre étude, la durée totale du processus de décomposition des trois cadavres de lapins était supérieure à 27 jours ; période que nous avons scindé en 4 stades : le stade frais qui a duré 24h (1jour), le stade gonflé 48h (2jours), le stade pourri 240h (10jours) et le dernier stade desséché qui a durée plus de 336h (14jours).

Il a été observé que les durées de décomposition des trois cadavres n'étaient pas similaires, le troisième cadavre a présenté un processus de décomposition plus rapide, par rapport aux deux autres cadavres. Ces observations pourraient être expliquées par la taille plus grande du cadavre (2.5kg), qui a attiré plus de colonisateurs, ce qui a permis d'accélérer son processus de décomposition.

Il a été également noté que les périodes expérimentales étaient dominées par un climat froid et humide dans une période hiverno-printanière (la température moyenne journalière varie de 11°C à 19°C, l'humidité relative varie entre 68% et 83°C). Ces conditions ont prolongé la conservation des cadavres retardant ainsi leur décomposition qui a atteint une durée de 27 jours. Les résultats d'une expérience similaire réalisée par le laboratoire d'entomologie de l'INCC (résultats non publiés), dans la région de Bouchaoui (Alger), durant une période estivale dominée par un climat chaud et sec (température entre 24,3°C à 31°C, humidité relative entre 42% et 64%), montrent que la décomposition est plus rapide (9 jours).

Ces observations attestent que les conditions environnementales sont des facteurs importants dans la détermination de la durée de ce processus. La relation entre la température et la vitesse de décomposition est linéaire, plus la température augmente plus le processus de décomposition est accélérée, ce qui est en accord avec les résultats rapportés par Mannetal (1990), Anderson (2001), Campobasso *et al.* (2001) et Al-Mesbah (2010), qui ont démontré la présence d'une influence significative de ces paramètres, mais également d'autres tels que l'emplacement du corps (ombragé ou ensoleillé), l'habillement et enfin l'accessibilité du corps aux organismes vivants.

Cependant, un point commun a été noté entre notre étude et les autres études réalisées sur les processus de décomposition ; la durée d'un stade de décomposition particulier est plus longue que celle de son précédent. La durée de l'étape de dessèchement est particulièrement longue, **Reed(1958)** a rapporté qu'elle pourrait durer jusqu'à ce qu'il ne reste aucune faune cadavérique.

Le long de notre étude, il y'avait eu une succession diversifiée d'insectes nécrophages sur notre substrat. Un total de 102 Spécimens a été capturé repartis en 10 familles. Les diptères de Calliphoridae et Sarcophagidae étaient les premiers colonisateurs et les prédominants. Il a été noté que la famille des Calliphoridae de l'ordre de diptères a été active durant la période allant du 19/03/2017 jusqu'au 21/03/2017, alors que les familles de Sarcophagidae, Muscidae et Fannidae ont intervenu tardivement durant la période allant du 21/03/2017 au 04/04/2017. La présence de quelques coléoptères et hyménoptères a été également observée.

L'identification des individus capturés a révélé la présence de 16 espèces dont 12 appartenant à l'ordre des diptères (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae et Fanniidae) et à l'ordre des coléoptères (Staphylinidae, Silphidae et Thanatophilus).

Durant cette saison hiverno-printanière, nous avons constaté que les insectes nécrophages sont arrivés durant les heures qui suivent la mort des lapins. Cela peut être dû aux conditions climatiques qui étaient favorables à l'activité des insectes (Filali 2010). Les premiers colonisateurs étaient les diptères de la famille des Calliphoridae (*C.vicina*, *L.sericata*). En effet, *Calliphora vicina* était présente durant les premiers stades de décomposition avec abondance, il est intéressant de se référer à une étude réalisée à bouchaoui/Alger durant la même période de notre étude, qui a démontré que *C.vicina* était l'espèce la plus commune et la plus fréquente durant la saison hiverno-printanière ainsi que les larves de cette espèce (71%). Cette espèce adaptée au froid a été également observée avec des effectifs élevés par de nombreux auteurs dans différentes régions du monde en particulier en Europe (Wyss et Cherix, 2013). Ces résultats confirment l'importance forensique de cette espèce dans la datation de mort, durant les périodes les plus froides de l'hiver.

Les résultats de l'identification des espèces émergées lors du premier et deuxième élevage concordent avec ceux de l'identification des adultes capturés autour des cadavres, A partir de nos résultats nous pouvons confirmer la ponte de *Calliphora vicina*, *Calliphora vomitoria*, *Calliphora sulbalpina* et *Lucilia Sericata*, à l'exception du troisième élevage qui n'a pas été réussi, dont aucun individu n'a été émergé, ceci a été expliqué par la présence des parasites, en particulier des hyménoptères qui ont arrêté le cycle de développement de ces espèces.

Le calcul de l'intervalle post mortem en utilisant la méthode d'accumulation des températures (Marchenko ; 2001) a été réalisé avec les espèces de la première génération. Pour le premier élevage effectué le 27/03/2017, les calculs de l'IPM ont été réalisés sur trois espèces : *Calliphora vicina*, *Calliphora vomitoria* et *Lucilia Sericata*, les résultats démontrent que les deux espèces de mouches de : *Calliphora vicina* et *Lucilia Sericata* ont pondu le même jour, soit le 19/03/2017 qui correspond à la date de la mort des lapin, alors que *Calliphora vomitoria* a pondu le 20/03/2017 soit 24h après la mort ce qui correspond à la ponte tardive de cette espèce.

Les résultats de L'IPM à partir du premier élevage, affirme que la marge d'erreur est de l'ordre de 24H, voire inférieure à un jour, ainsi les deux estimations concordent avec la date de la mort, ceci peut être dû aux conditions climatiques favorables, Par contre la présence de quelques parasites a empêché d'établir L'IPM à partir du troisième élevage. De plus, le moment de l'oviposition dépend de plusieurs paramètres. Il varie de quelques heures à plusieurs jours (Charabidzé, 2012 ; Wyss et Cherix, 2013)

Conclusion & perspectives

L'estimation du délai post-mortem est l'une des tâches les plus importantes à accomplir lors d'une enquête judiciaire. Le temps de colonisation des cadavres par les insectes influencent fortement ce calcul, ainsi que l'état du cadavre.

Nos résultats ont démontré que les conditions climatiques sont des facteurs primordiaux pour le processus de la décomposition d'un cadavre dont La relation entre la température et la vitesse de décomposition est linéaire, plus la température augmente plus le processus de décomposition est accélérée.

Le long de notre étude, il y'avait eu une succession diversifiée d'insectes nécrophages sur notre substrat. Un total de 102 Spécimens a été capturé repartis en 10familles. Seules les mouches de la famille des diptères de Calliphoridae et Sarcophagidae étaient les premiers colonisateurs et les prédominants durant les heures qui suivent la mort, pour autant que le cadavre soit accessible et que les conditions climatiques soient favorable.

Les premiers colonisateurs étaient les diptères de la famille des Calliphoridae (*C.vicina*, *L.sericata*), En effet, *Calliphora vicina* était présente durant les premiers stades de décomposition avec abondance. Ces résultats confirment l'importance forensique de cette espèce dans la datation de la mort durant les périodes les plus froides de l'hiver.

Entre autre, les resultats de l'expertise réalisée sur les cadavres ont démontrés que la méthode de degré jours(ADD) donne une estimation précise d'un IPM court à condition qu'elle soit appliquée sur les espèces de la première génération.

Cette méthode permet donc dans les cas favorables, de dater la mort d'une personne dans une fourchette de temps souvent étroite, voir au jour près ($\pm 24h$), alors que le corps a atteint un stade de putréfaction avancée.

Les données obtenues lors de cette étude fournissent des informations de base sur l'entomofaune nécrophage de la région, et vont servir de données de base à des études similaires dans différentes régions géographiques et climatologiques de l'Algérie ce qui répond à nos objectifs.

En perspectives, il serait souhaitable de faire des études plus étendues sur les insectes nécrophages et leur utilisation dans la médecine légale, en employant des méthodes plus

Références bibliographiques

efficaces, des types de substrats différents. Il serait aussi intéressant de mener des études expérimentales recouvrant toute l'année afin de voir s'il existe des variations dans l'abondance et la diversité des insectes nécrophages durant les différentes saisons. Un inventaire des espèces les plus répandus en Algérie nous permettra d'étudier et de constituer nos propres données de températures nécessaires pour le développement des espèces trouvées sous nos latitudes, Enfin des études doivent être effectuées afin de pouvoir quantifier le temps écoulé entre le décès et la ponte.

Références bibliographiques

- 1) Anderson, GS. (2001). *Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death*. In JH Castner et JL Byrd, *Forensic entomology-The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, 143-169. CRC press, Boca Raton.
- 2) Anderson G.S. (2005). *Forensic entomology in Forensic Science, an introduction to Scientific and investigative techniques*, S. H. JAMES, J.J. Nordby (eds) second edition, Taylor et Francis, Boca Raton FL, 778 P.
- 3) BONNAFOUS R., RAYNAUD P. (1968). Mise en évidence d'une activité lysante du côlon proximal sur les micro-organismes du tube digestif du lapin. *Arch.Sci.physiol.*, 22, 57-64.
- 4) Byrd J.H. (2001). Computer modeling growth and its application to forensic entomology. In J.H. Byrd and J.L. Castner (éds), *Forensic entomology; the Utility of arthropods in legal investigations*, pp. 303-329. CRC press LLC, Boca Raton, Florida.
- 5) CAMPOBASSO, C. P. et INTRONA, F. (2001). The forensic entomologist in the context of the forensic pathologist's *role*. *Forensic Science International*, 120, 132-139.
- 6) CARTER, D. O., YELLOWLEES, D. et TIBBETT, M. (2007). *Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems*. *Naturwissenschaften*, 94, 12-24.
- 7) Charabidze D. (2008). entomologie medico-légale : recherché et expertises. études de la biologie des insectes nécrophages et Applications pour la datation des corps.
- 8) Charabidze D. (2012). La biologie des insectes nécrophages et leur utilisation pour dater le décès en entomologie médico-légale. *Annales de la société entomologique de France*, 48(3-4) :239-252.
- 9) Deonier, C. C. (1940). Carcass temperature and their relation to winter Blowfly populations and activity in the southwest. *J. Economic Entomolgy* 33: 166-170.
- 10) DUPRARQUE A, RIGALLE P. (2011) .Composition des MO et turn over ; Rôles et fonctions des MO, actes du colloque « Gestion de l'état organique des sols », 27 janvier 2011, Agrotransfert.

Références bibliographiques

- 11) CAMPOBASSO, C. P. et INTRONA, F. 2001. The forensic entomologist in the context of the forensic
- 12) CARTER, D. O., YELLOWLEES, D. ET TIBBETT, M. (2007). *Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems*. *Naturwissenschaften*, 94, 12-24.
- 13) Charabidze D. (2010). entomologie medico-légale : recherché et expertises. études de la biologie des insectes nécrophages et Applications pour la datation des corps.
- 14) Charabidze D. (2012). La biologie des insectes nécrophages et leur utilisation pour dater le décès en entomologie médico-légale. *Annales de la société entomologique de France*, 48(3-4) :239-252.
- 15) Faucherre J, Cherix D et Wyss C, Behavior of *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae) under extreme conditions .*Journal of insect Behavior* (1999), 12(5): 687-690.
- 16) Filali F. (2011). Contribution a l'étude de la colonisation préférentielle d'un cadavre animal par les insectes nécrophage mémoire de Master Université Mentouri Constantine, 38p.
- 17) 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.
- 18) Gunn A., Bird J.(2001).The ability of the blowflies *Calliphora vomitoria* (Linnaeus), *Calliphora vicina*(Rob-Desvoidy) and *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera : Calliphoridae) and the muscid flies *Muscina stabulans* (Fallen) and *Muscina prolapas* (Harris) (Diptera : Muscidae) to colonise buries remains.*Forensic Science International*,207 :198-204.
- 19)Higley, L, .L.P.Pedigo, and k. R. Ostlie. 1986. DEGDAY: a program for calculating degree-days, and assumptions behind the degree-day approach. *Env. Entomol.* 15:999-1016.
- 20) Joplin, k.H., and D.Moore. (1999).Effects of environmental factors on circadian activity in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*.*physiological entomology* 24:64-71.
- 21)Mégnin R. (1894). La faune des cadavres : Application de l'entomologie à la médecine légale.Masson, Paris.214p.

Références bibliographiques

- 22) Marchenko, M.I (1988). Medico-legal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time since death. *Acta Medicinae Legalis et Socialis*.38:257-302.
- 23) Marchenko, M.I. (2001). Medico-legal relevance of cadaver entomofaune for the determination of time of death. *Forensic Science international*.120:89-109.
- 24) Matuszewski, S., Bajerlein, D. (2008). An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Science International*, 180, 2-3: 61-9.
- 25) Nability, P.D., L.G Higley, and T.M. Heng-moss. (2007). Light-induced variability in development of forensically important blow fly *Phormia regina* (Diptera: Calliphoridae). *J. Med. Entomology* 44: 351-8.
- 26) Smith, K.G.V. (1986). *A Manual of Forensic Entomology*. Ithaca, Comstock Publishing Associates, Cornell Univ Pr. 205.
- 27) Turchetto M. et Vanin S, *Forensic entomology and climatic change*. *Forensic Science international* (2004), 146S: S207-S209.
- 28) Wyss, C, Cherix, D. (2006). *Traité d'entomologie forensique. Les insectes sur la scène de crime*. Press Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne.