

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Biologie
Spécialité: Microbiologie Appliqué
Département : Écologie et Génie de l'Environnement

Thème :

Contribution à l'identification des insectes nécrophages de la région de Guelma et l'effet de la putréfaction cadavérique dans la datation des crimes

Présenté par :

BELKHIRI Widad

Devant le Jury composé de :

Président :	R. AISSAOUI	M.C.B	Université de Guelma
Examineur :	A. MERZOUGUE	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur :	F. DJAMAA	M.C.B	Université de Guelma
Co-encadreur :	M. TOUMI	Master	INCC/GN

Juin 2018

Remerciements

J'aimerais en premier lieu remercier dieu ALLAH qui m'a donnée la volonté et le courage pour la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements vont aux membres de jury :

*A mon président de jury **Mr. AISSAOUI Riad**, Maître de conférences B à l'université de Guelma pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*A mon examinateur **Mr. MERZOUGUE Abdelghani** Maître de conférences B à l'université de Guelma, pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par ces propositions.*

*A mon encadreur **M^{elle}. DJAMAA Fatma**, Maître de conférences B à l'université de Guelma, pour l'orientation et la confiance qui ont constitué un apport considérable sous lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*



*La première personne que je tiens à remercier est mon chère ami **Mr. SENANI Imad Eddine** qui m'a idée à réaliser mon rêve, qui ma ouvrir le chemin vers l'INCC/GN et qui a été toujours à mes coté tout au long de ce travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement **Dr. LAHOUEL Ammar** chef de département de la médecine légale pour son accueil.*

*Mes remerciements s'étendent également à **Mr. TOUMI Moussa** pour son aide précieuses, sa générosité, ces précieux conseils et pour sa bonnes explication qui m'a éclairé le chemin de la recherche et sa collaboration avec moi dans l'accomplissement de ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer mes chaleureux et sincère remerciements à Mr. **DJADOVANI Brahim** pour son aide précieuse et ces précieux conseils.*

*Je tiens à saisir cette occasion et adresser mes plus sincères remerciements et gratitudes à chère frère **TEBOUL Ammar** et chère sœur **ZERGUI Soumya** qui mon toujours soutenir au cours de réalisation de ce travail avec leur conseil et leurs sourires.*

*Je n'oublie pas ma grande sœur **BESSAME Farida** qu'elle m'a donnée tout au long de ce travail la tendresse la joie le bonheur elle ma fallait rire tout le temps, elle m'a fait des bon souvenirs.*

*A **FEKIRI Yasmine** et **HAMADI Ibtissem** a leur aide et leur conseil au bon moment que j'ai passé avec elles.*

*Mes remerciement aussi à toute l'unité de la médecine légale notamment l'équipe du laboratoire d'entomologie de l'**INCC/GN** pour leurs ouvertures d'esprit, leur sympathie et leur envie continuelle de lancer de nouvelles disciplines.*

Je n'oublie pas mes parents pour leurs contributions, leurs soutiens et leurs patiences tout au long de mon travail.

En fin, je tiens également à remercie toute les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde pour nous, à toi **papa**.*



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



*A toi mon grand frère qui est toujours là pour moi **Fethi** ;*

Tu es mon ami mais pour moi un grand frère

Tu veux le meilleur pour moi et moi de même pour toi

Tu es quelqu'un qui sait quand je suis triste

Et qui m'encourage à aller vers le haut

Quand j'ai le plus besoin de toi

Tu es quelqu'un qui peut me faire le rire

Et qu'importe ce qu'ils disent ou fasse

Tu es quelqu'un en qui je crois

Je resterais toujours à tes cotés

Car tu es un grand frère sur qui je peux compter

Merci pour cette amitié qui durera une éternité

Juste ce poème pour te dire tout simplement un grand

Je t'aime mon grand frère

Et merci d'être présent dans ma vie



*Tu t'imagines même pas à quel point je t'aime frère **Bilel** ;*

Quand j'ai un coup de blues, c'est dans tes bras que je veux aller, tu ne redonne toujours le sourire avec tes blagues quand j'ai le moral à zéro.



*Pour toi, mon frère, qui occupe une place unique dans ma vie **Allaoua** ;*

D'une fleur tu as la fraîcheur, mon petit frère au grand cœur, tout m'émerveille en toi. Tu es mon rayon de soleil. Je t'aime de tout mon cœur.



*A ma grand-mère **Hafsia** pour sa douceur et sa gentillesse.*

*A toute la famille **Belkhir** ainsi que la famille **Djennadi**.*

*A **Mr. Akemoussi** et sa **petite famille** qui ma acquière tout au long de la période de mon stage à Alger.*

*A **Mr. Ghedjati Samir** et sa **petite famille** qui ma acquière dans sa petite ferme et qui mon encouragé tout au long de ce travail.*



Pour toi chère copine et sœur Sara ; ce qui est fantastique avec toi, c'est que tu me comprends toujours... merci d'être là.



Hadjer, Royenne, Aya ; je vous remercie de votre gentillesse... merci d'être toujours là pour moi.



*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'étude supérieurs, mes aimables amis, collègues d'étude et frère de cœur, toi **Ben Kacher Sabiha** et toute la promo de **Microbiologie Appliqué**.*



*Sans oublié mon petit chien d'amour **Roxy***



Widad

Table des matières

Introduction.....	1
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I : le cadavre en tant qu'écosystème	
1. Historique	3
2. Le cadavre en tant qu'écosystème	5
2.1. Les étapes de décomposition et de colonisation d'un corps sans vie par les insectes	6
2.1.1. Un cadavre Sur terre.....	7
2.1.1.1. Stade frais.....	7
2.1.1.2. Stade de gonflement.....	7
2.1.1.3. Stade dégonflé.....	8
2.1.1.4. Stade desséché	8
2.1.1.5. Stade de squelettisation.....	8
2.1.1.6. Le corps est momifié.....	9
2.1.2. Un cadavre Submergé dans l'eau	10
3. Paramètres influençant la décomposition d'un corps	11
4. L'intervention des travailleurs de la mort (les insectes nécrophages)	11
4.1. Les espèces nécrophages	12
4.2. Les espèces nécrophiles	12
4.3. Les espèces omnivores	12
4.4. Les espèces opportunistes	12
5. La faune des cadavres.....	13
5.1. La faune des cadavres à l'air libre	13
5.1.1. Première escouade.....	13
5.1.2. Deuxième escouade.....	14
5.1.3. Troisièmes escouade	14
5.1.4. Quatrième escouade	14
5.1.5. Cinquième escouade.....	14
5.1.6. Sixième escouade	14
5.1.7. Septième escouade	15
5.1.8. Huitième escouade	15
5.2. Faune des cadavres inhumés	15

5.3.	Faune des cadavres immergés	15
5.4.	Cadavres calcinés	16
6.	L'utilisation des insectes dans les enquêtes judiciaires	16
6.1.	A la présence d'un cadavre	16
6.1.1.	L'estimation délai post mortem l'IPM	16
6.1.2.	Eventuelle déplacement.....	17
6.1.3.	La cause de la mort (Entomotoxicologie)	17
6.2.	A l'absence du cadavre	18
6.2.1.	La commercialisation des espèces d'insectes protégés par la loi.....	18
6.2.2.	L'entomologie des produits stockés	18
6.2.3.	L'entomologie urbaine	18
6.2.4.	Enfants et personnes âgées maltraités	19
6.3.	Application moderne	19
6.3.1.	ADN et l'entomologie forensique	19
6.3.2.	Extraction de résidus de poudre	20
6.3.3.	Larvo-thérapie	20
6.3.4.	Larchéo-entomo-forensique	20

Chapitre II: la datation de la mort part les méthodes entomologiques

1.	La datation de la mort	21
1.1.	Définition d'un IPM	21
1.2.	L'importance de l'IPM	21
2.	Les méthodes entomologiques appliquées pour l'estimation de l'IPM	21
2.1.	La première méthode	21
2.2.	La deuxième méthode	22
3.	Facteurs limitant le calcul de l'intervalle post-mortem	22
4.	Mode d'emploi de l'entomologie	23
5.	Les insectes d'intérêt forensique	24
5.1.	Les diptères	24
5.2.	Les coléoptères	26
6.	Biologie des insectes nécrophages et leurs cycles de développement	28
7.	La météorologie et l'entomologie forensique	29
7.1.	La température	29
7.2.	L'humidité	30
7.3.	Le vent	30
7.4.	La lumière	30

7.5. Adéquation avec l'environnement	30
DEUXIEME PARTIE: ETUDE EXPERIMENTALE	
Chapitre III: matériel et méthodes	
1. Présentation du lieu de stage.....	32
2. Présentation du site expérimentale.....	32
2.1. Synthèse climatique	33
3. Matériel.....	33
3.1. Matériel de terrain.....	33
3.2. Matériel de laboratoire	34
4. Protocole	36
4.1. Préparation du terrain et sacrifice des animaux	36
4.1.1. Préparation et aménagement du terrain	36
4.1.2. Sacrifice des animaux.....	37
5. Piégeage.....	39
5.1. Pièges attractifs	39
5.2. Pièges actifs	40
6. La prise des observations journalière	40
7. Prélèvement des échantillons entomologiques.....	40
7.1. Sur terrain	40
7.2. Au laboratoire	41
8. Identification des larves et des insectes adulte	43
8.1. Identification des larves des diptères	43
8.2. Identification des diptères adultes.....	43
9. Estimation de l'intervalle post-mortem	44
Chapitre IV: résultats	
1. Stade de décomposition	45
1.1. Première expérimentation ; à l'exposition du soleil (lapins 01 ; 02 et 03).....	45
1.1.1. Stade frais	45
1.1.2. Stade gonflé.....	45
1.1.3. Stade pourri	46
1.1.4. Stade desséché.....	46
1.2. Deuxième expérimentation ; à l'exposition du sombre (lapins 04 ; 05 et 06).....	48
1.2.1. Stade frais	48
1.2.2. Stade gonflé.....	48
1.2.3. Stade pourri	48

1.2.4. Stade desséché.....	49
2. La flore cadavérique	50
3. Inventaire et identification des espèces adultes capturées	52
4. Tamisage du sol.....	54
5. L'identification des larves prélevées	55
6. Calcul de l'intervalle post-mortem	57
6.1. Elevage 01	57
6.2. Elevage 02.....	58
7. Identification de Diptère issu de l'élevage	59
8. Résultats du calcul de L'IPM.....	60
Chapitre V: discussion	63
CONCLUSION	68

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Résumé

Sammary

الملخص

Liste des Figures

Figure	Titre	Page
Figure 1	Schéma des différents constituants de l'écosystème « cadavre ».	05
Figure 2	Schéma des processus naturels d'évaluation du corps.	07
Figure 3	Les stades de décomposition d'une carcasse de vertébré (cochon domestique) exposé à l'air libre.	09
Figure 4	Un cadavre momifié dans un endroit froid.	09
Figure 5	Un cadavre momifié dans un endroit chaud.	09
Figure 6	Un cadavre submergé dans l'eau.	10
Figure 7	Schéma des relations trophiques liant les différents groupes écologiques présents sur un cadavre.	13
Figure 8	Délai d'efficacité des méthodes d'estimation du délai post mortem.	17
Figure 9	Métamorphose complète (holométabole).	29
Figure 10	Institut nationale de criminalistique et de criminologie de la gendarmerie nationale (INCC/GN), vue d'extérieur.	32
Figure 11	La situation géographique de la commune de Boumahra Ahmed.	32
Figure 12	Le site d'expérimentation.	32
Figure 13	Matériel utilisé au terrain.	34
Figure 14	Matériel utilisé au niveau de laboratoire de l'entomologie.	36
Figure 15	Préparation du terrain.	37
Figure 16	Fabrication des cages métalliques.	37
Figure 17	Lapin égorgé.	37
Figure 18	Lapin égorgé et acidifié.	37
Figure 19	Lapin euthanasie.	38
Figure 20	A l'exposition du soleil.	38
Figure 21	Au sombre.	38
Figure 22	La première expérimentation ; à l'exposition du soleil.	38
Figure 23	La deuxième expérimentation ; au sombre.	39
Figure 24	Piège barber et piège de récipient jaune.	40
Figure 25	Collecte manuelle.	40
Figure 26	Les étapes pour la réalisation de l'élevage des larves.	42

Figure 27	Le stade frais pour les trois lapins.	45
Figure 28	Stade gonflé.	46
Figure 29	Stade pourri.	46
Figure 30	Stade desséché.	47
Figure 31	Durées approximatives des stades de décomposition des trois premiers cadavres	47
Figure 32	Stade frais pour les trois lapins au sombre.	48
Figure 33	Stade pourri.	49
Figure 34	Stade desséché.	49
Figure 35	Durées approximatives des stades de décomposition des trois derniers cadavres	50
Figure 36	Les deux types de sol.	50
Figure 37	La zone sou cadavre.	51
Figure 38	La taille et la densité des plantes.	51
Figure 39	Images représentes des espèces adultes capturés.	54
Figure 40	Pupe émergé.	54
Figure 41	<i>Lucilia sericata</i> .	54
Figure 42	L'identification des larves prélevées.	57
Figure 43	Les principaux critères utilisés dans l'identification de <i>lucilia sericata</i> .	59
Figure 44	Les principaux critères utilisés dans l'identification de <i>calliphora vicina</i> .	60

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Durées approximatives des stades de décomposition des trois premiers cadavres.	47
Tableau 2	Durées approximatives des stades de décomposition des trois derniers cadavres.	50
Tableau 3	Représentation des deux espèces de plante.	52
Tableau 4	L'identification de l'espèce adulte capturée.	52
Tableau 5	L'identification des pupes émergées.	55
Tableau 6	Identification des larves prélevées sur les six cadavres.	55
Tableau 7	Les résultats des prélèvements et identification des adultes diptères issus de l'élevage.	59
Tableau 8	Méthode de calcul de l'intervalle post mortem.	61
Tableau 9	La présentation des dates d'élevage, d'émergence et de ponte pour les deux espèces dans les deux expérimentations.	62

Liste des Abréviations

%: Pour cent.

Σ: Somme.

°: Degré.

°C: Degré Celsius.

ADD: Accumulated Degree Days.

ADN: Acide DésoxyriboNucléique.

C. vicina: *Calliphora vicina*.

cm: Centimètre.

Et al : Et les autres personnes.

etc : Et cetera.

h: Heure.

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

IPM: Intervalle post-mortem.

Kg: kilogramme.

L. sericata: *Lucilia sericata*.

L. silvarum: *Lucilia silvarum*.

m: Mètre.

mm: Millimètre.

PP : Prise Personnelle

Q: Quotient pluviométrique d'Emberger.

s : Seconde

T: Température

Glossaire

- **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.
 - **Arthropode** : Animal constitué d'une suite d'anneaux durs extérieurement, souples et articulés entre eux et dont certains portent une paire d'appendices ventro-latéraux (pattes par exemple), eux-mêmes divisés en segments articulés.
 - **Autolyse** : destruction des tissus vivants par leurs enzymes, sans agent extérieur.
 - **Autolyse** : Destruction des tissus vivants par leurs propres enzymes, sans agent extérieur : cadavres, fruits en postmaturité (blettissement des poires).
 - **Biotope** : Milieu défini par des caractéristiques physicochimiques stables et abritant une communauté d'êtres vivants (ou biocénose). (Le biotope et sa biocénose constituent un écosystème).
 - **Coléoptère** : insecte dont les ailes de la première paire, conformées en élytres coriaces et résistants, protègent les ailes postérieures motrices de la deuxième paire.
 - **Diptère** : Insecte n'ayant qu'une seule paire d'ailes, issues du mésothorax, et dont le métathorax porte seulement une paire d'organes d'équilibration (ou balanciers), recouverts ou non de cuillerons, tel que les mouches, moucheron et moustiques. (Les *diptères* forment un très grand ordre, de plus de 100 000 espèces).
 - **Forensique** : (de l'anglais forensic) ; terme désignant les sciences qui ont pour objet d'apporter des preuves objectives pour la justice.
 - **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.
- 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.
- **IPM** : (intervalle post-mortem) est le temps écoulé entre le décès et la découverte du cadavre
 - **Larviposition** : le fait de déposer des larves mobiles.

- **Lépidoptère** : Insecte à métamorphose complète, portant à l'état adulte quatre ailes membraneuses couvertes d'écaillés microscopiques colorées (la larve est appelée chenille, la nymphe chrysalide l'adulte papillon).
- **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.
- **Momifié** : Transformer en momie.
- **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.
- **Myiases** : ensemble des troubles provoqués par la présence dans un corps humain ou animal de larves de diptères parasites des familles Calliphoridae, Sarcophagidae, Cuterebridae, Muscidae.
- **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.
- **Nymphe** : Chez les insectes à métamorphoses complètes, état transitoire entre la larve et l'état adulte.
- **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.).
- **Putréfaction** : décomposition de matières organiques par des bactéries et des champignons.

• **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.

• **Xénobiotique :** Se dit d'une molécule étrangère à un organisme vivant.

Introduction

Lors de la découverte d'un cadavre humain, les enquêteurs judiciaires ont besoin de déterminer précisément la date et l'heure du décès. Grâce à l'étude des caractéristiques du corps et de son état de décomposition, la médecine légale peut généralement fournir cette information. Ainsi, la présence de rigidités cadavériques, l'étude des lividités ou la mesure de la température rectale sont autant 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 72 heures 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**).

Au cours des dernières décennies, il y a eu un intérêt croissant pour la recherche sur la biologie et l'écologie des insectes qui ont un intérêt médico-légaux (**Tomberlin et al., 2011**) la plupart des études de la relève d'insectes ont été effectuées sur des modèles d'animaux de toutes sortes, comme les cochons d'Inde, les lapins, les chiens... etc.

L'entomologie forensique aura pour but de «faire parler» les insectes présents sur un cadavre. Il pourra estimer l'intervalle de temps depuis la mort de l'individu et ce jusqu'à plusieurs mois après le décès il pourra rendre compte d'une manipulation du cadavre si une espèce d'insecte, ayant une répartition géographique étrangère à la scène de crime, est retrouvée mais il pourra également, à l'aide d'examen toxicologiques sur les insectes et leurs larves, de déterminer la présence de drogues ou d'un tout autre toxique (**Amendt et al., 2004**).

Etant donné que les insectes et leurs succession peuvent varier en fonction des différentes régions biogéographiques et dans différents habitats écologiques (**Amendt et al., 2000 ; Campobasso et al., 2001**). Il est intéressant d'apporter de nouvelles informations concernant le biotope de Guelma de plus, l'augmentation des crimes où le corps a été soit égorgé soit égorgé et acidifié soit euthanasie. Nous a poussés à se poser des questions sur la putréfaction cadavérique et leurs relations avec les différents types de décès et sur la fiabilité de l'intervalle post-mortem. Calculé après une telle manipulation de corps.

Cette expérimentation aura donc pour but de mettre en évidence un lien entre les différents types de décès et l'effet soleil/ sombre sur les stades de décompositions ainsi que la colonisation de ces derniers par les insectes d'intérêt forensique. Pour ce faire, six cadavres ont

été préalablement sacrifiés par trois types de décès (égorgé, égorgé et acidifié, euthanasie) ; trois lapins sont exposés directement à l'air libre (ensoleillée) et trois sont protégé par une baraque (sombre).

Pour atteindre nos objectives, nous avons effectuées un travail constitués de deux parties :

- ❖ Partie terrain
- ❖ Partie laboratoire

Première partie :
Étude bibliographique

Chapitre I:
Le cadavre en tant qu'écosystème

1. Historique

L'entomologie est l'étude scientifique des insectes (**David et al., 2014**). En Algérie, il est possible de distinguer deux grandes phases dans l'histoire de l'entomologie Algérienne, une avant l'indépendance et l'autre après l'indépendance.

Avant l'indépendance : En 1871, **Gennard**, a publié une liste d'espèces animales portant en particulier sur des insectes de la Kabylie du Djurdjura après En 1924, **Seurat** cite plusieurs espèces d'arthropodes, ce type d'inventaire est également réalisé dans le Mont Babor par **Delye et Arles (1956)**. En 1854, **Brisout** mentionne une espèce de mante près de Sétif (*Eremiaphila barbara*), et une autre encore en 1872 près de Biskra par Saussure (*Eremiaphila numida*) et avant même 1900, plus de 10 chercheurs se sont placée sur l'orthoptérofaune Algérienne et plus particulièrement du Sahara comme **Lucas (1849)**.

Après l'indépendance : Il faut souligner que les études de l'anatomie interne des insectes et de leurs physiologies ont commencé assez tardivement. Depuis 1978, d'importants inventaires sont réalisés presque chaque année dans différent types de milieu, dans la différente université d'Algérie. A partir de 1990, les relations prédateurs-proies sont étudiées pour des insectivores aussi bien stricts qu'occasionnels, les études portant sur les régimes alimentaires se sont intensifiées entre 1994 et 2005 (**Doumandji, 2006**).

L'entomologie forensique est une discipline des sciences forensique qui ont pour objet d'apporter des preuves objectives pour la justice, L'utilisation de l'entomologie à des fins médico-légales remonte à XIII^{ème} siècle en chine un homme de loi «sang» enquête sur un meurtre commis à l'aide d'une arme blanche. L'enquêteur demande au suspects de présentes leur faucille (l'arme utilisé dans le meurtre) des minuscules traces de sang auraient attirés des diptères de la même famille retrouvées sur le corps de la victime. Le suspects est vite arrêté et avoue son homicide (**Benecke et al., 2001**).

Au XVIII^{ème} siècle les européens ont commencé à étudier le problème de la colonisation de la viande par les mouches et leurs larves dans le cadre d'une controverse scientifique sur la génération spontanée. En 1671, Redi Francisco se lance, dans une série d'expériences sur la question des générations spontanée et arrive à démontrer que les larves observées sur la viande provenaient des pontes de mouches (**Charabidze, 2012**).

En 1850, Bergeret utilisa pour la première fois l'application de l'entomologie. Il permit à un couple d'être disculpé de la mort d'un enfant dont les restes avaient été découverts, dans

la cheminée de leur nouvelle maison. En effet suite l'étude de la succession des espèces nécrophages, Bergeret prouva que l'enfant était mort 2ans que le couple ne s'installe dans leur demeure (**Benecke, 2001 ; Gennard, 2007 ; Frederickx et al., 2010**).

Quelques années plus tard, en 1894 **Mégnin** publia un ouvrage «la faune des cadavres application de l'entomologie à la médecine légale». On y pour la première fois le terme : entomologie médico-légale dans lequel il décrit huit vagues d'insectes qui se suivent (**Frederickx et al., 2011**). Ce n'est qu'au XX^{ème} siècle, que l'Entomologie forensique fut reconnue comme une science criminelle à part entière (**Charabidze et Bourel, 2007**). Leclercq contribua à l'amélioration des connaissances de la biologie des insectes nécrophages avec son livre intitulé «Entomologie et médecine légale, datation de la mort» (**Leclercq, 2009**).

A la fin de la 2^{ème} guerre mondiale l'entomologie forensique a connu un second souffle avec les travaux de recherche de différents scientifiques d'un peu partout du monde : citons le docteur **Rekka Nuorteva** en Finlande et **Marcel Leclercq** qui établira le premier protocole de prélèvements d'insectes dans une scène de crime (**Leclercq et Brahy, 1985**).

En 2002 la première réunion européenne d'entomologie forensique donne naissance à une association européenne autour de cette thématique de recherche qui verra le jour officiellement en 2003 à Francfort et portera le nom de «European association for forensique entomology» (**Wyss et Cherix, 2013**).

En Algérie, cette science est très mal connue, elle est utilisée seulement dans le laboratoire d'entomologie à l'Institut National de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie National et cela depuis 2011. Le laboratoire d'entomologie /INCC-GN constitue une approche innovatrice en matière d'introduction de cette discipline dans le domaine des sciences criminalistique en Algérie comme une discipline complémentaire de la médecine légale, notamment lorsqu'il devient difficile de déterminer le délai post-mortem à l'aide des méthodes thanatologiques. Cependant, elle reste méconnue, d'où la nécessité de sa vulgarisation au profit des médecins légistes, des enquêteurs et des magistrats. L'intégration de cette science au niveau des écoles de la gendarmerie, l'école supérieure de magistrature, les facultés de la médecine et les projets de recherches au niveau des universités algériennes.

2. Le cadavre en tant qu'écosystème

Lorsqu'une espèce animale meurt, elle est rapidement visitée et colonisée par de nombreux organismes. La majorité de ces organismes sont des arthropodes avec une nette prépondérance d'insectes. Le cadavre constitue pour ces différentes espèces un substrat nourricier, un site de pontes, un refuge ou encore un territoire idéal de chasse.

Par définition, un cadavre constitue une ressource énergétique importante instable et éphémère. Ce biotope, à haute valeur énergétique apparaît de façon imprédictible, d'où la nécessité pour les espèces nécrophages, qui se nourrissent des cadavres, de le détecter et de s'y rendre rapidement (**Ireland et Turner, 2006**). Les différents constituants de l'écosystème sont représentés dans la Figure 1.

En outre, la succession écologique commence presque immédiatement, en particulier dans les milieux naturels, et par conséquent les conditions physiques et biologiques du cadavre sont modifiées uniquement en fonction des conditions ambiantes, des invertébrés saisonniers spécifiques, des vertébrés et de la faune microbiennes qui colonisent, consomment voire utilisée le cadavre (**Kreitlow, 2010**). Le résultat final est un cadavre modifié qui présente des caractéristiques post-mortem qui peuvent être quantifiés en une série de changements, mais qui ne correspond pas à une seule unité de temps.

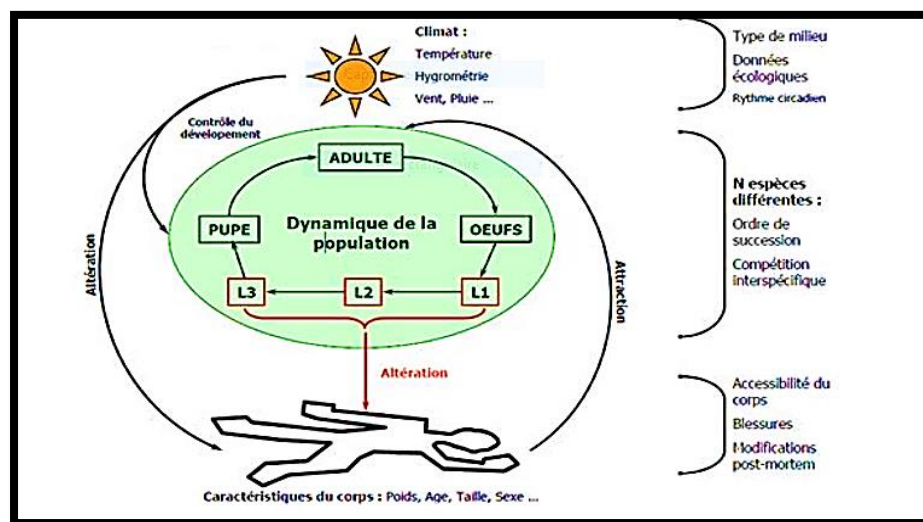


Figure 1 : Schéma des différents constituants de l'écosystème « cadavre ». (Charabidze, 2008).

Les insectes nécrophages sont les principaux artisans de la décomposition d'un cadavre (**Payne, 1965 et Marchenco, 1988**). En s'alimentant, ils vont contribuer de manière significative à augmenter la vitesse de dégradation du cadavre (**Payne, 1965**). On trouve principalement parmi eux des espèces de diptères et de coléoptères.

2.1. Les étapes de décomposition et de colonisation d'un corps sans vie par les insectes

Les étapes de la décomposition d'un corps ont été un sujet d'intérêt pour les scientifiques sur une longue période de temps. Il y a trois processus reconnaissables dans la décomposition ce sont l'autolyse, la putréfaction et la décomposition osseuse squelettique (digenèse). Dans l'autolyse, un processus de dégradation naturelle, les cellules du corps sont digérées par des enzymes, notamment des lipases, des protéases et des carbohydrases. Ce processus peut être plus rapide dans des organes tels que le cerveau et le foie (**Vass, 2004**). Une «soupe» de nutriments est libérée qui constitue une source de nourriture pour les bactéries (**Annexe 1**).

La putréfaction et la décomposition des tissus par les bactéries. En conséquence, des gaz tels que le sulfure d'hydrogène, le dioxyde de soufre, le dioxyde de carbone, le méthane, l'ammoniac, l'hydrogène et le dioxyde de carbone sont libérés. Parallèlement, la fermentation anaérobie a lieu lorsque les composés volatils propionique et butyrique sont formés. Le corps subit une dégradation active, dans laquelle les sources de protéines sont décomposées. Tels que les scatoles, la putrescine et la cadavérine sont des éléments significatifs de ces produits de décomposition.

Lorsque le tissu mou est enlevé. Le matériel squelettique –les restes organiques et inorganiques- sont encore décomposés par les conditions environnementales et sont finalement réduits aux composants du sol, les différents processus naturels d'évaluation du corps sont représenté dans la Figure 2.

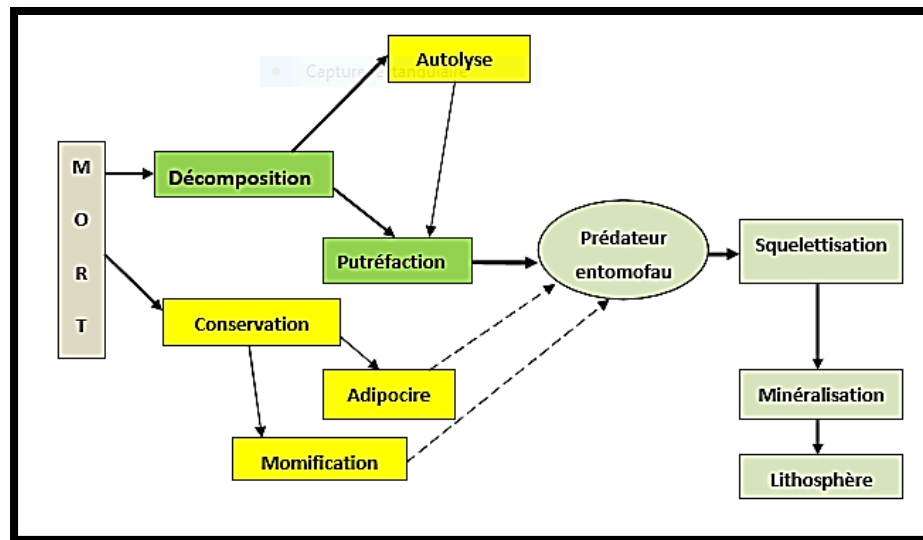


Figure 2 : Schéma des processus naturels d'évaluation du corps.
(Bauthier, 2008).

2.1.1. Un cadavre Sur terre

Le corps peut être affecté à l'une des cinq conditions post mortem reconnaissable (Hough *et al.*, 1897). Ces étapes de changement post mortem sont :

2.1.1.1. Stade frais

Ce stade prend place dès que 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 de refroidissement général du corps. Les premiers organismes qui arrivent sont les mouches (*calliphoridae*) (Dekeirsschieter *et al.*, 2014).

2.1.1.2. 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 amorcé à la mort de l'individu s'intensifie et le corps devient un environnement idéal pour les microorganismes anaérobies (Carter *et al.*, 2007).

Ces derniers transforment les sucres, les lipides et les protéines en acides organiques et 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**).

2.1.1.3. Stade dégonflé

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 et liquides ne sont plus maintenus par la peau.

2.1.1.4. Stade desséché

À ce stade, le corps entre dans une phase dite « avancé », sauf si le corps est momifié, à ce moment-là une grande partie de la peau va être perdue (**Campobasso et al., 2001**).

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**).

2.1.1.5. Stade de squelettisation

À 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 au point 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**).

En effet, il n'y a pas de distinction précise entre la fin d'un stade et le début du suivant (Figure 3).



Figure 3 : Les stades de décomposition d'une carcasse de vertébré (cochon domestique) exposé à l'air libre (Dekeirrschieter *et al.*, 2014).

2.1.1.6. Le corps est momifié

La momification naturelle est le terme que nous employons pour désigner le processus de dessèchement favorisé par les facteurs externes tels que climat, température, endroit ou la dépouille a été déposée, soit dans un endroits chaud ou dans un endroit froid [1] les deux phénomènes sont représentés dans les Figures 4 et 5.



Figure 4 : Un cadavre momifié dans un endroit froid [2].



Figure 5 : Un cadavre momifié dans un endroit chaud [3].

2.1.2. Un cadavre Submergé dans l'eau

Dans l'eau, ces mêmes cinq étapes se produisent toujours avec une étape supplémentaire. Cette étape supplémentaire est la phase de désintégration flottante, ou le corps s'élève à la surface de l'eau. A ce stade, outre les insectes aquatiques tels que les larves de moucheron (*chironomidés*) et les invertébrés tels que les escargots d'eau, les espèces d'insectes terrestres colonisent également le corps. Cette étape est la plus évidente et tend à être le point où un corps est remarqué et récupéré de l'eau. La période de temps après la mort, lorsque cela se produit, dépend de la température de l'eau. La relation entre le moment de la mort et la dégradation physique du corps a été étudiée par **Giertsen** (1977). Il a cité Dictum de Casper comme un moyen de déterminer la longueur de l'intervalle post mortem. Cette règle dit que :

« À une température moyenne tolérable similaire, le degré de putréfaction présent dans un corps exposé à l'air libre pendant une semaine (mois) correspond à celui trouvé dans un corps après être resté dans l'eau pendant deux semaines (mois), ou couché dans la terre de la manière habituelle pendant huit semaines (mois) » (Figure 6).

La raison de cette différence de décomposition est que la vitesse à laquelle le corps perd de la chaleur dans l'eau est le double de la vitesse à laquelle le corps perd de la chaleur dans l'air (**Gennard, 2007**).



Figure 6 : Un cadavre submergé dans l'eau [4].

3. Paramètres influençant la décomposition d'un corps

La décomposition d'un corps et sa colonisation par les insectes sont deux phénomènes intimement liés et sont influencés par de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques (biotique et abiotique) au cadavre (**Campobasso et al., 2001**).

Les facteurs intrinsèques, directement liés à la personne décédée, sont l'âge, la masse corporelle, la cause du décès (drogues, infection), l'hygiène corporelle, l'intégrité du corps (blessure, plaies) et la présence de vêtements. Parmi les facteurs externes, le facteur le plus important est la zone biogéo-climatique incluant l'habitat, la végétation, le type de sol et les conditions météorologique (température, vent, humidité atmosphérique) du lieu où se situe la dépouille (**Campobasso et al., 2001; Anderson, 2011**).

D'autres paramètres ont une influence significative sur la vitesse de décomposition d'un corps ; on peut citer la saison, l'emplacement du corps soit ombragé ou ensoleillé et enfin l'accessibilité du corps aux organismes vivants qu'ils soient mammifères (animaux domestiques ou sauvages) ou insectes (**Anderson, 2011 ; Campobasso et al., 2001**).

De plus, les processus de décomposition et la faune des cadavres varient fortement en fonction du lieu où se trouve le cadavre. Les corps enterrés ou submergés subissent des évolutions différentes des corps laissés à l'air libre (**Anderson, 2011**).

Parmi tous ces facteurs, deux sont prépondérants dans la décomposition d'un corps, il s'agit de la température ambiante et de l'accessibilité du corps aux Arthropodes (**Campobasso et al., 2001**).

4. L'intervention des travailleurs de la mort (les insectes nécrophages)

Ce sont les odeurs particulières dégagées au cours de l'altération du cadavre qui attirent sélectivement les insectes nécrophages. Après avoir prospéré pendant un certain temps, l'escouade trouve des conditions défavorables dues aux modifications du substrat, et est progressivement remplacée par l'escouade suivante.

La composition spécifique de chaque escouade et sa durée de travail peuvent varier suivant les facteurs qui influencent la faune entomologique locale et les processus d'altération du cadavre. Nous envisagerons successivement la faune des cadavres à l'air libre, la faune des cadavres inhumés puis la faune des cadavres immergés (**Leclercq, 1978**). En fonction de leurs

caractéristiques écologiques, on distingue quatre groupes écologiques autour d'un cadavre (Leclercq, 1978 ; Smith, 1986 ; Wyss et Cherix, 2006).

4.1. Les espèces nécrophages

Se nourrissent des tissus cadavérique et plus spécifique des liquides de décomposition. On peut citer parmi cette catégorie les diptères appartenant aux familles des *Calliphoridae* et des *Sarcophagidae*, mais également des coléoptères des familles des *Silphidae* et des *Dermestidae* (Dekeirsschieter *et al.*, 2014).

4.2. Les espèces nécrophiles

Ce sont les prédateurs et les parasites des espèces nécrophages (Leclercq, 1996 ; Wyss et Cherix, 2006). Elles se nourrissent donc des autres insectes ou arthropodes présents sur le cadavre, principalement des œufs et des larves. On rencontre principalement des coléoptères, des diptères ainsi que les hyménoptères (Campobasso *et al.*, 2001 ; Wyss et Cherix, 2006). Les larves de certains diptères peuvent devenir prédatrices à partir d'un certain stade de développement c'est le cas de certaines *calliphoridae* (Leclercq, 1978).

4.3. Les espèces omnivores

Se nourrissent tant du cadavre que des espèces dites nécrophages et nécrophiles présentent sur le corps. Les principales espèces omnivores sont généralement des hyménoptères (fourmis et guêpes) ainsi que les coléoptères (Dekeirsschieter *et al.*, 2012).

4.4. 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, se réchauffer, hiberner et se nourrir (Figure 7) (Leclercq et Vestraeten, 1992).

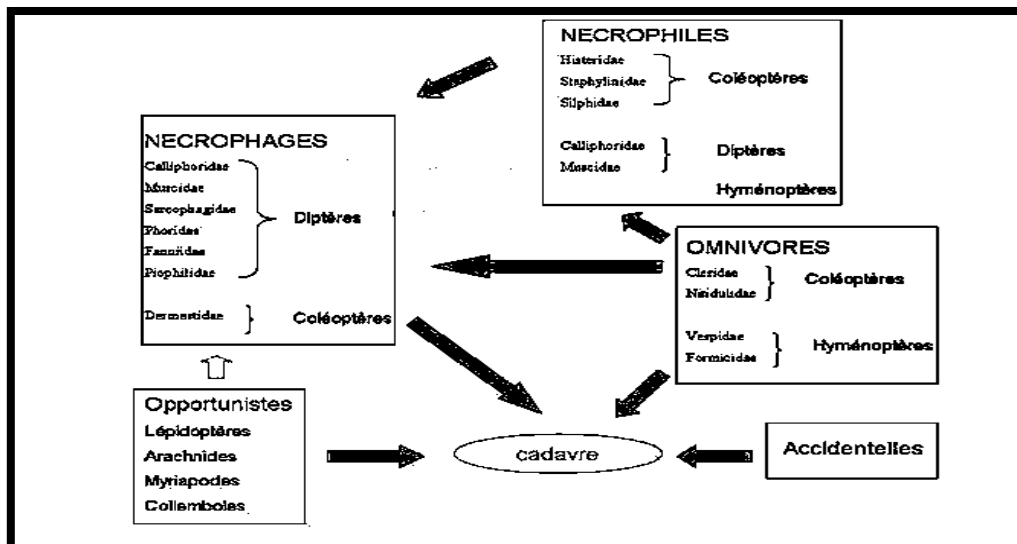


Figure 7 : Schéma des relations trophiques liant les différents groupes écologiques présents sur un cadavre (Arnaldos *et al.*, 2005).

5. La faune des cadavres

La faune cadavérique se diffère selon l'endroit où il se trouve le cadavre lui-même, soit à l'air libre, inhumés, immergé et même calciné.

5.1. La faune des cadavres à l'air libre

A notre latitude, le travail de **Mégnin (1894)** compte huit escouades successives depuis la mort jusqu'à complète destruction d'un cadavre humain. Le nombre d'escouades, leur composition spécifique et leur succession ne peuvent cependant plus être admises de façon aussi stricte (**Leclercq, 1978**).

5.1.1. Première escouade

Ce sont des mouches qui ouvrent la marche dans la série des travailleurs de la mort et qui même occupent seules le chantier jusqu'à la formation des acides gras ; les deux premières escouades sont même constituées exclusivement par des diptères. Les premières mouches qui apparaissent sur le cadavre, nous diront même sur le mourant, appartiennent aux genres *Musca* et *Curtonevra* et sont promptement suivies par d'autres mouches des genres *Calliphora* et *Antomyia* (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.1.2. Deuxième escouade

Aussitôt que l'odeur cadavérique d'un corps, mort à l'air libre, se fait sentir, arrive un nouveau groupe de travailleurs, Les premières appartiennent du genre *Lucilia*. Les secondes au genre *Sarcophaga* (Wyss et Cherix, 2006).

5.1.3. Troisièmes escouade

Elle apparait, attirée par les acides gras volatils, l'acide butyrique en particulier (cet acide donne l'odeur de rance provenant de la transformation des graisses). Cette escouade est composée de coléoptères du genre *Dermestes* et de lépidoptère du genre *Aglossa* Précisons que ce rancissement survient de 3 à 6 ou 9 mois après la mort, sous nos climats et suivant l'évolution de la putréfaction (Wyss et Cherix, 2006).

5.1.4. Quatrième escouade

Peu après le développement de la fermentation butyrique dans les matières grasses, se développe une autre fermentation dans les matières protéiques qui est une véritable fermentation caséique : elle appelle donc les mêmes insectes que le fromage fermenté. Ce sont des mouches du genre *Piophilina* (larves sauteuses), *anthomyia* et des coléoptères du genre *Corynetes*. On trouve ces insectes vers le 10^{ème} mois (Wyss et Cherix, 2006).

5.1.5. Cinquième escouade

La fermentation ammoniacale succède aux deux précédentes fermentations et produit une liquéfaction noirâtre des matières animales encore restantes. Les émanations appellent cette escouade composée de petites mouches (notamment des ophyra et des phorides) ainsi que de nombreux coléoptères de la famille des silphides (*silpha*) et des histérides (*hister, saprinus*). Ces coléoptères sont très utiles car font disparaître un grand nombre de petits cadavres de taupes, souris... la fermentation ammoniacale survient entre 1 et 3ans. Elle survient également chez les corps inhumés (Wyss et Cherix, 2006).

5.1.6. Sixième escouade

Cette escouade (1 à 3ans) achève d'absorber les « humeurs » dont le cadavre reste encore imprégné. Le résultat sera la dessiccation complète ou la momification des zones qui ont résisté à la putréfaction. Cette escouade est composée d'acariens. Elle peut parfois survenir nettement plus tôt, en même temps que les premières escouades, et entraîner au niveau tégumentaire, une dessiccation, un assèchement des tissus, qui évitera au cadavre de passer par

les différents stades de fermentation. Les téguments vont prendre une couleur brun orangé, et il se momifiera.

Les acariens vont ainsi se succéder en plusieurs escouades spécifiques, associées aux escouades classiques, selon la décomposition progressive du substrat et les caractéristiques évolutives du cadavre. Apparaîtront ainsi successivement les acariens aquatiques, les semi-aquatiques, les espèces peu hydrophiles pour finalement aboutir aux espèces se développant en milieu desséché (Wyss et Cherix, 2006).

5.1.7. Septième escouade

Elle vient ronger les tissus parcheminés et faire disparaître les poils et les cheveux. Ce sont les insectes qui rongent les laines, les tapis, les collections d'histoire naturelle... ils laissent sur place une « poudre » correspondant à leurs excréments. On y retrouve des chenilles de papillons de la famille des Tinéides (*Tineola* et *Monopis*) ainsi que des coléoptères Dermestides (Différents des dermestes de troisième escouade) (Wyss et Cherix, 2006).

5.1.8. Huitième escouade

Ceux-ci viennent faire disparaître tous les débris laissés par les escouades précédentes. Leur présence attestera d'une mort remontant à plus de trois ans. Il s'agit de deux insectes : *Tenebriou obscurus* et *Ptinus brunneus* (Wyss et Cherix, 2006).

5.2. Faune des cadavres inhumés

Les cadavres inhumés subissent des dégradations également, et ce, malgré la profondeur de l'inhumation et la protection du cercueil. Terre et cercueil présentent en effet, avec le temps, de larges voies de pénétration aux insectes. Inhumés en été, les cadavres peuvent subir bien évidemment l'action des larves de *Calliphora*. Ce n'est pas le cas des cadavres inhumés en hiver. Certains insectes pondent à la surface du sol. Les larves pénètrent progressivement dans les couches de terre. Ce sont les phoras et les rhizophages, insectes que l'on trouve fréquemment dans les gerbes des cimetières. Sur les cadavres, lors des eschumations, l'on pourra ainsi trouver, des larves, des pupes vides ou pleines, des insectes vivants, appartenant notamment à ces derniers genres (Wyss et Cherix, 2006).

5.3. Faune des cadavres immergés

Un fait relevé par Mégnin montre que même les crustacés peuvent servir à déterminer approximativement l'époque de la mort dans le cas de cadavres immergés. Les insectes

aquatiques carnassiers et leurs larves peuvent infliger de sérieux dégâts aux corps immergés, par exemple les larves de Trichoptères (**Leclercq, 1978**).

5.4. Cadavres calcinés

Pour que le cadavre reste attractif aux insectes la carbonisation doit être partielle avec des masses musculaires encore humide sans aucune coagulation totale des protéines par la chaleur. Le carburant utilisé doit être volatil et rapidement éliminé sans effet répulsif.

Les mouches n'arrivent sur le cadavre que si le feu est complètement éteint d'où la nécessité d'essayer de faire une estimation sur la durée probable de la carbonisation. Jusqu'à présent, on a signalé : *Calliphora vicina*, *C. vomitaria* (mouche bleues) et *Lucilia caesar* (mouches verdâtres) *Calliphoridae* et *Ophyra cadaverina* *Mégnin* (actuellement dénommée *Hydrotaea (ophyra) capensis wiedmann*) *Muxida* et *Fannia spp (fanniides)* (**Wyss et Cherix, 2006**).

6. L'utilisation des insectes dans les enquêtes judiciaires

Les « indices » entomologiques peuvent avoir plusieurs utilités judiciaire la principale étant de pouvoir déterminer la date, la saison et le lieu géographique de la mort mais aussi les déplacements éventuels du corps ou l'ingestion de drogue (**Haskell et al., 1997**).

6.1. A la présence d'un cadavre

6.1.1. L'estimation délai post mortem l'IPM

La découverte d'un cadavre humain, dans tout contexte, mène à une enquête approfondie visant principalement à déterminer le moment ou l'individu est mort et du lieu de causalité de la mort (**Riverts et Dahlem, 2014**).

Après 48-72 heures, en particulier dans les cas d'exposition d'un cadavre en plein air, les techniques associées à la médecine légale deviennent moins précises pour l'évaluation du moment de la mort, et la méthodologie écologique commence à prendre une place centrale (**Catts et al., 1992**). Les insectes nécrophages jouent un rôle unique et important pour la détermination de l'IPM (Figure 8).

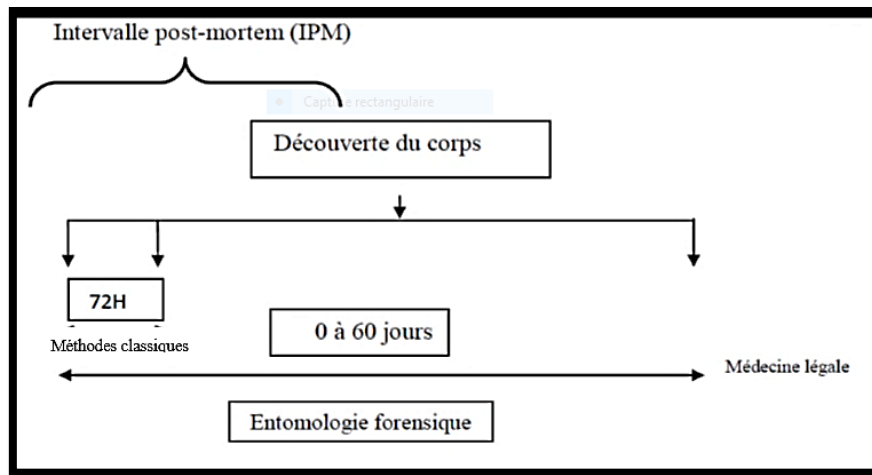


Figure 8 : Délais d'efficacité des méthodes d'estimation du délai post mortem (Wyss et Cherix, 2006).

6.1.2. Eventuelle déplacement

Selon la littérature spécialisée (Anderson, 2005), les insectes permettent de savoir si le corps d'une victime a été déplacé après sa mort grâce aux insectes (Wyss et Cherix, 2006).

6.1.3. La cause de la mort (Entomotxicologie)

L'entomotxicologie est l'étude de la bioaccumulation des xénobiotiques chez les insectes ou d'autres arthropodes. En vue de déterminer la présence éventuelle de ces mêmes xénobiotiques au niveau du cadavre (Gagliano-Candela et Aventaggiato, 2001 ; Introna *et al.*, 2001). Les insectes nécrophages (Diptères et Coléoptères) collectés sur un cadavre et aux alentours de celui-ci s'avèrent utile lorsque le corps est trop décomposé (absence de tissus, de sang ou d'urine) (Introna *et al.*, 2001 ; Amendt *et al.*, 2004 ; Benecke, 2004 ; Gaudry *et al.*, 2007 ; Lopes decarvalho, 2010).

Effectivement les larves en se nourrissant des tissus cadavériques vont accumuler et stocker dans leur tissus les éventuelles substances toxiques (médicament, drogue, poisons, alcool) présentes au niveau de leur substrat nourricier (Amendt *et al.*, 2004). Il est alors possible de détecter les drogues sur les larves prélevées du cadavre, mais également sur les restes d'insectes imputrescibles qui peuvent persister des années après le décès (enveloppes pupales, exuvies, fragments et cuticule,...etc) (Benecke, 2004). Et même parfois de matière fécale de coléoptère (Gagliano-Candela et Aventaggiato, 2001).

Actuellement, l'étude entomotoxicologique des larves permet d'avoir une information qualitative par rapport aux xénobiotiques utilisés mais il n'est pas toujours possible d'extrapoler la concentration de ces xénobiotiques dans le sang humain en utilisant la concentration trouvée dans les larves (**Tracqui et al., 2004 ; Lopes decarvalho, 2010**).

6.2. A l'absence du cadavre

6.2.1. La commercialisation des espèces d'insectes protégés par la loi

Le décret présidentiel n=° 05/108 du safar 1426 correspondant au 31 mars 2005 portant ratification de la convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage faite à Bonn, le 23 juin 1979 (**Journal officiel de la république algérienne, 2005**).

6.2.2. L'entomologie des produits stockés

C'est le domaine de l'entomologie qui traite des insectes ravageurs des céréales brutes et transformées, des graines, des fruits secs, des noix et d'autres types de produits alimentaires secs (**Hagstrum et Subramanyam, 2009**). Cette affirmation implique deux points qui doivent être abordés : cette discipline a une portée plus large que l'entomologie légale (c.-à-d. tous les problèmes de produits stockés n'ont pas d'implication légales) et les insectes associés sont généralement des « parasites » avant de devenir des preuves (**David et Dahlem, 2014**).

« Loi n=° 89/02 du 07 février 1989 relative au règle générale de protection du consommateur » (**Journal officiel de la république algérienne, 2005**).

« Décret exécutif 90/39 du 30 janvier 1990 relative au contrôle de la qualité et à la répression des fraudes » (**Journal officiel de la république algérienne, 2005**).

6.2.3. L'entomologie urbaine

Est la branche de l'entomologie qui traite des insectes et autres arthropodes associés à l'habitat humain ou à l'environnement humain (**Hall et Huntington, 2010**). L'entomologie urbaine traite en effet des insectes situés dans les maisons et autres bâtiments, ainsi que ceux qui se produisent dans les chantiers et les quartiers (**Catts et Goff, 1992**). Y compris ceux qui sont généralement considérées comme agricoles qui envahissent l'espace humain (**David et Dahlem, 2014**).

6.2.4. Enfants et personnes âgées maltraités

Les insectes nécrophages peuvent aussi révéler certain cas de maltraitements et de négligence sur les personnes dépendantes telles que les personnes âgées ou les enfants en bas âge (**Benecke et Lessig, 2001 ; Gennard, 2007**). Les larves de certain diptère comme *Lucilia sericata* sont attirées par les odeurs, comme l'ammoniaque, provenant de l'urine et des fèces. La présence d'asticots au niveau d'une blessure (escarres) ou d'un orifice naturel d'une personne vivante provoque des lésions et indique souvent que la personne est négligée. Ces lésions, appelées myiases des plaies ou traumatiques, apparaissent sous forme d'abcès et de furoncles de coloration rougeâtre qui deviennent douloureux.

L'estimation de l'âge de ces larves permet de déterminer depuis quand les larves sont présentes sur le corps et donc depuis quand la personne est délaissée.

« Loi n 10-12 du 23 Moharram 1432 correspondant au 29 décembre 2010 relative la protection des personnes âgées » (**Journal officiel de la république algérienne, 2010**).

6.3. Application moderne

6.3.1. ADN et l'entomologie forensique

L'entomologie forensique se base principalement dans l'identification des larves et des adultes des insectes nécrophages sur les caractéristiques morphologique (**Benecke et Wells, 2001 ; Gomes et Von Zuben, 2006 ; Benecke, 2009**). Ce travail demande beaucoup d'expérience dans la taxonomie. Pour confirmer les identifications, il est nécessaire d'élever les larves jusqu'au stade adulte, ce qui occasionne une perte de temps importante (**Gomes et Von Zuben, 2006**). De plus, sous certain condition, il est difficile voire impossible d'identifier les insectes. C'est notamment le cas des insectes immatures, des insectes endommagés ou encore des adultes appartenant à certain taxa comme les *sarcophagidae*. Pour ces raisons, l'ADN peut être plus utilisé comme une technique d'identification taxonomique alternative ou complémentaire, plus rapide et plus faible mais aussi plus onéreuse (**Gennard, 2007**).

Dans une autre optique, on peut aussi récupérer l'ADN humain contenu dans le tractus digestif des asticots et en effectuer le séquençage afin de déterminer le profil génétique de la victime (**Benecke et Wells, 2001**). Cette application trouve une utilité lorsque le cadavre est absent (déplacement du corps par exemple) mais sur le lieu on trouve une grande quantité d'insectes nécrophages (**Gaudry et al., 2007**).

6.3.2. Extraction de résidus de poudre

L'identification et l'analyse précise des blessures sur les cadavres est une des tâches très difficiles qui peut mener à de fausses interprétations, surtout lorsqu'il y a une activité larvaire sur le corps vu que cette dernière produit des artefacts post mortem qui peuvent simuler des blessures. Pour ces les deux techniques d'extraction de résidus de poudre sur les larves d'insectes nécrophages ont été mises au point par **Roeterdink** en **2004** et par **Lagoo** en **2010** (**Fekiri, 2014**).

6.3.3. Larvo-thérapie

La larvothérapie, aussi appelée asticothérapie, a été utilisée pendant des décennies dans le traitement des plaies afin d'améliorer le taux de guérison. Cette thérapie sert également pour débrider les ulcères du pied diabétique et est largement utilisée par les podologues. La médecine a su également tirer parti des mouches. En effet, on emploie leurs larves à des fins thérapeutiques en asticothérapie pour débrider les plaies (**Gennard, 2007**).

6.3.4. Larchéo-entomo-forensique

Archéo-entomologie, c'est l'utilisation des insectes pour étudier les civilisations et les environnements passés (**David et al., 2014**).

Chapitre II:
La datation de la mort par les
méthodes entomologiques

1. La datation de la mort

La découverte d'un cadavre humain dans tout contexte, mène à une enquête approfondie visant principalement à déterminer le moment où l'individu est mort (temps écoulé depuis la mort) et du lieu de causalité de la mort. Habituellement, les détails entourant une mort suspecte ou d'homicide ne sont pas évidents, et donc un grand investissement de temps et de ressources sont nécessaires pour déchiffrer les événements menant jusqu'à et y compris la découverte du cadavre (**Rivets et Dahlem, 2014**).

1.1. Définition d'un IPM

L'IPM est une estimation du moment où la mort est probablement survenue et ce calcul est basé sur de nombre facteurs. Il y a beaucoup de raisons pour lesquelles l'IPM n'est pas une mesure exacte de la mort. L'entomologie forensique offre des outils qui contribuent à la détermination du temps de l'IPM (**Tomberlin et al., 2011**) (**Annexe 2**).

1.2. L'importance de l'IPM

La détermination de l'IPM est extrêmement précieuse dans les enquêtes criminelles, car cette information peut aider à identifier l'individu responsable de la mort de la victime (**Gennard, 2007**). Une telle classification et individualisation peut être fait via des comparaisons test afin d'éliminer des suspects (exclusion) et/ou connectez le défunt avec les personnes portées disparues au cours de la même période de temps. De façon similaire, l'IPM peut être appliquées dans les cas de négligence, d'abus et le braconnage pour relier des suspects à la scène du crime (au moins pour démontrer le timing possible) ou de supprimer des individus comme des suspects.

2. Les méthodes entomologiques appliquées pour l'estimation de l'IPM

Dans la littérature, même très récente (**Anderson, 2005**). On parle souvent de deux méthodes pour déterminer l'IPM, en se basant sur les insectes.

2.1. La première méthode

Est basée sur le développement des larves de diptères et concerne presque uniquement les larves de *Calliphoridae*. Cette technique permet théoriquement une évaluation précise, dès la ponte des premières mouches jusqu'à l'apparition des mouches adultes de la première génération. Compte tenu du fait que l'élément essentiel est la température locale et que nous

savons que, si l'accès au cadavre n'est pas limité, les premières mouches peuvent arriver dans les minutes ou les heures qui suivent la mort. Cette technique permet, en se basant sur la connaissance de la durée de développement des mouches, de calculer l'IPM. On obtient alors ce qu'on appelle un IPM minimum. Mais il convient aussi de relever que nous ne pourrons utiliser cette technique que pour la première génération de mouches arrivées sur le cadavre.

2.2. La deuxième méthode

Cette technique est basée sur la succession des espèces au cours du temps sur un cadavre. Nous allons montrer que cette technique n'est pas pertinente et qu'il est très risqué, voire illusoire d'estimer un IPM au-delà de la première génération de mouche.

Malgré cela, on trouve toujours dans la littérature spécialisée des estimations basées sur la présence de diptère ou de coléoptères. Nous tenons à relever encore une fois que, si dans certains cas, les estimations basées sur les escouades successives d'insectes ont permis d'avoir une idée de la fourchette effective de l'IPM. Cela tient de la chance et du hasard. Cette approche est trop risquée pour être appliquée. Cela ne signifie pas pour autant que des insectes récoltés sur des cadavres âgés soient dénués d'intérêt, mais seule l'entomologie pourra en tirer quelques informations.

Nous ne traiterons donc que la première technique, à notre avis la seule qui soit pertinente et qui permette, avec un certain nombre de précaution et de vérification, d'apporter des éléments cohérents à une enquête, rappelons pour mémoire que les analyses de **Dr. Bergeret** étaient fausses et qu'il a certainement fait emprisonner des gens qui n'étaient pas coupables. De même, certains cas analysés par **Mégnin** nous paraissent erronés, même si les suspects avouaient. Il est probable qu'à l'époque, les méthodes d'interrogatoires n'étaient pas celles d'aujourd'hui (**Beauthier, 2008**) (**Annexe 03 et 04**).

3. 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 :

- ✓ Le site de découverte (situation géographique, altitude)
- ✓ L'accessibilité des insectes nécrophages au cadavre.
- ✓ Les facteurs climatiques (température, humidité).

4. Mode d'emploi de l'entomologie

Dans le cas de découverte d'un cadavre, les enquêteurs ont besoin de connaître avec précision la date du décès. Lorsque la mort est ancienne ou que des signes de putréfaction avancée sont visibles (**Wyss et Cherix, 2006**).

L'étude des insectes prélevés sur un corps en vue d'estimer le moment du décès est un processus complexe délicat. La réalisation des prélèvements entomologiques constitue la première étape de ce processus. Pour une meilleure qualité de prélèvement, les cadres du laboratoire ont conçu un kit spécifique, ce dernier contient l'ensemble du matériel nécessaire à la collecte, ainsi qu'un guide illustré expliquant toutes les étapes à suivre pour un meilleur prélèvement des échantillons.

Le prélèvement doit être systématique et rapide à la scène de crime, compte tenu de la nature des indices. Les échantillons sont ensuite répartis en deux lots égaux. La majorité des larves et les pupes doivent être maintenues vivantes à sec dans des flacons percés, tandis que la deuxième partie sera fixée dans des flacons avec l'alcool à 70% (**Amendt, 2006**).

Une fois les prélèvements effectués, ils doivent être placés sous scellés au même titre que les autres traces découvertes sur la scène de crime, puis maintenues vivantes jusqu'à leur cheminement.

Une fois au laboratoire entomologie, les échantillons vivants sont élevés sous condition contrôlées (température, humidité) dans des enceintes climatiques jusqu'au stade adulte, on procède également à l'identification des larves fixées en alcool, pour lesquelles on détermine si possible l'espèce et le stade de développement. Les adultes émergents sont ensuite identifiés. L'identification s'opère par l'observation sous stéréomicroscope des caractères morphologiques de l'insecte. Parfois des insectes sont nécessaires afin d'extraire l'appareil génital chez l'adulte ou chez certaines larves. Lorsque les caractères d'identification ne sont pas visibles.

La méthode pour estimer l'intervalle post-mortem repose sur la détermination du jour de la ponte des insectes nécrophages, en se référant à la durée du développement complet des spécimens prélevés sur le cadavre (**Gaudry et al., 2007**).

5. Les insectes d'intérêt forensique

Les insectes sont les plus nombreux organismes sur le globe terrestre. Alors que moins d'un million d'espèce ont été décrites et nommées, les recherches indiquent que plus de 3 à 30 millions peuvent exister réellement. Ils se retrouvent dans presque tous les habitats terrestres et dans la plupart des habitats aquatiques ainsi, à l'exception de l'eau salée en tant que groupe, les insectes ont des ailes, une caractéristique qui les distingue de tous les autres invertébrés. Cela leur permet de parcourir des distances considérables et lorsqu'ils manquent de nourriture, ils tentent de localiser un habitat convenable pour pondre leurs œufs. C'est un facteur extrêmement important pour les espèces d'importance forensique, qui doivent rapidement localiser et utiliser des ressources temporaires comme charogne, y compris des cadavres humains (**Castner, 2010**).

Les insectes sont généralement les premiers organismes à arriver sur le corps peu après la mort et le colonisent selon une séquence plus ou moins prédictible (**Smith, 1986 ; Anderson, 2001**). En effet, ces derniers sont équipés d'un système sensoriel très réceptif aux molécules odorantes de leur environnement. Grâce à leurs organes olfactifs (antennes et sensilles olfactives), les insectes Sarcosaprophages sont parfaitement adaptés à la détection de cadavres humains ou de carcasses animales (**Leclercq, 1978 ; Anderson, 2001 ; Dekeirsschieter et al., 2009**).

Deux grands groupes d'insectes sont attirés par les cadavres et peuvent fournir la majorité des renseignements tirés d'enquêtes médico-légales. Ce sont les coléoptères (ordre des *Coleoptera*) et les mouches (ordre des *Diptera*). Les espèces qui impliquées dans la consommation de cadavres se réduisent à quelque dizaine (**Byrd et Castner, 2010**).

5.1. Les diptères

Les très nombreuses espèces que l'on appelle communément mouche, moustiques et moucheron formant l'ordre des Diptères. Cet ordre de la classe des insectes est caractérisé par la présence d'une seule et unique paire d'ailes, les ailes postérieures étant réduites en balanciers ou haltères (**Chinery, 2005**). Les diptères constituent un ordre d'insecte assez récent (d'un point de vue évolutif) qui a conquis une grande variété de biotopes et de niches écologiques. Non seulement les mouches jouent un rôle important dans l'élimination des excréments mais, elles sont aussi capables d'éliminer les cadavres d'animaux (**Wyss et Cherix, 2006**).

Les Diptères sont principalement divisés en deux sous ordres : les nématocères, les brachycères (dont les orthorrhaphes et les cyclorrhaphes). C'est principalement dans les cyclorrhaphes qu'on retrouve les Diptères nécrophages (**Chinery, 2005**).

5.1.1. Calliphoridae

Sont des mouches de taille moyenne à grande variant de 4 à 16mm. Souvent les adultes sont en partie bleu ou vert métallique, ou alors on trouve une longue pilosité dorée sur le thorax. Les larves sont des asticots de forme cylindro-conique. Sur le dernier segment on trouve des tubercules entourant la plaque stigmatique. Les *calliphoridae* sont des mouches assez rapides avec un vol plutôt bruyant. On les rencontre le plus fréquemment sur les matières animales et végétales en décomposition (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.1.2. Sarcophagidae

Sont des mouches assez souvent robustes, dont les espèces d'intérêt forensique possèdent un abdomen qui porte le plus souvent un motif en damier, parfois des bandes ou des taches grises et des bandes grises ou noires sur le dos du thorax. Suivant les espèces, la taille va de 2 à 22mm. Les larves de *Sarcophagidae* se développent dans toutes sortes de matières animales en décomposition, y compris les excréments et les cadavres (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.1.3. Fanniidae

Sont des mouches de petite taille 4 à 9mm, caractérisé par une nervation alaire bien particulière. Elles sont habituellement grises foncées à noires, parfois avec des taches jaunes sur l'abdomen. Les larves sont reconnaissables à leur corps aplati, à tégument épais et hérissé de processus branchus. Elles sont saprophages, se nourrissant de matière organique en décomposition (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.1.4. Muscidae

Sont des moches de taille petite (2mm) à grande (18mm), généralement de couleur terne, mais aussi assez variable, du jaune orange au gris, brun ou noir, parfois avec des reflets métalliques bleus ou verts et avec le corps hérissé de macrochètes. Les larves sont des asticots cylindriques, plus fins vers l'avant et arrondis en arrière avec des crochets buccaux fusionnés ou étroitement accolés. On rencontre les larves un peu partout, bois mort, litières, milieu

aquatique, maisons, jardins, nid d'hyménoptères etc... beaucoup d'espèces se jettent sur les animaux pour sucer la sueur, les liquides purulents ou le sang qui coule des blessures (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.1.5. *Piophilidae*

Sont de petites mouches 2,5 à 6 mm de longueur de couleur sombre, mate ou brillante. Les larves sont lisses et effilées vers l'avant. Elles peuvent produire occasionnellement (*piophila casei*) chez l'homme une myiase intestinale à la suite d'ingestion de fromages ou d'autres aliments infestés. Ces larves peuvent vivre longtemps dans l'intestin et provoques des coliques chez le patient lorsqu'elles sont en grand nombre. D'autre part, cette espèce se trouve parfois dans des cadavres humains. Les larves se retrouvent plus souvent sur des cadavres âgés de plusieurs semaines, mais on peut trouver des adultes après 3 ou 4 jours déjà (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.1.6. *Phoridae*

Sont de petites mouches mesurant de 0,5mm à 6mm de longueur. Elles sont de couleurs brunes, noirs ou jaunes. Les larves sont cylindro-coniques. Les *phoridae* ont une course rapide et saccadée très caractéristique. Ils recherchent les substances végétales ou animales en décomposition (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.2. Les coléoptères

Ils sont caractérisé par la présence d'une paire d'ailes membraneuses protégées par une paire d'ailes durcies élytre. Ces élytres protègent la totalité des ailes postérieures mais il est apparu une diminution de la longueur des élytres chez certaines familles (*Staphylinidae*). Mesurant de 0.1 à 180mm pour les plus grands et la taille moyenne des coléoptères est inférieur à 15mm (**Wyss et Cherix, 2006**). Sur la base d'étude moléculaires et morphologiques, les coléoptères sont souvent classé en quatre grands groupes à savoir les Archostémates, les Mycophages, les Adéphages (qui sont des prédateurs et arborent le plus souvent beaucoup de couleur) et les polyphages (**Gennard, 2007 ; Capinera, 2008**).

Leurs régimes alimentaires varient largement. En effet, ils peuvent être prédateurs, détritivores ou végétariens, avec peu d'espèce parasitaire. Les larves sont appelés les vers blancs et ils varient largement d'apparence. Toutefois, toutes les larves ont une tête perceptible

et possèdent six pattes. Les coléoptères sont connus comme étant charognards et décomposeurs, ils peuvent attaquer, agir sur des aliments entreposés, et pour certaines espèces servir comme pollinisateurs de plantes (**Byrd et Castner 2010**). Les principales familles de coléoptères ayant un intérêt forensique sont les *Dermestidae*, les *Silphidae*, les *Staphylinidae*, les *Cleridae*, les *Histeridae*, les *Nitidulidae* et les *Geotrupidae* (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.2.1. *Silphidae*

Regroupe des espèces de taille moyenne à grande. Ces coléoptères sont généralement de couleur foncée. Ce sont des coléoptères utiles des écosystèmes forestiers et agricoles. En effet, ils interviennent dans les cycles du carbone et de l'azote en se nourrissant de cadavres. Ils participent ainsi, avec les microorganismes et les champignons, à la transformation des matières inertes mortes en matières humiques (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.2.2. *Dermestidae*

Cette famille de taille moyenne compte aujourd'hui une cinquantaine de genre et plus de 1000 espèces dans le monde. Les adultes se nourrissent normalement de nectar ou de pollen. Mais peuvent aussi se nourrir du substrat sur lequel on trouve leurs larves. Les larves se développent dans des débris organiques animaux. Parfois végétaux (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.2.3. *Histeridae*

Sont de petits coléoptères (<10mm de longueur) souvent noirs et brillants, de forme ovoïde qui se récoltent dans les excréments et dans les cadavres (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.2.4. *Cleridae*

Sont des insectes plutôt velus, aux couleurs souvent vives. Les larves de nombreuses espèces se nourrissent d'insectes Xylophages. Les espèces de la sous-famille des *Korynetinae* sont plutôt saprophages et prédatrices et se rencontrent parfois sur les cadavres. Ces espèces mesurent entre 3 et 6 mm de longueur (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.2.5. *Nitidulidae*

Les adultes sont de petites tailles (<6mm). Un certain nombre d'espèces sont des ravageurs des Crucifères. On les trouve principalement sous les écorces d'arbres, dans les matières animales et végétales en décomposition (**Wyss et Cherix, 2006**).

5.2.6. *Staphylinidae*

Vivent dans les substances et les lieux les plus divers : fumiers, détritiques, champignons, etc. on peut rencontrer de nombreux staphylins sur des cadavres, mais ils sont le plus souvent prédateurs des espèces nécrophages, notamment les Diptères. Ils sont présents très rapidement sur les cadavres et peuvent rester tant qu'il y a une activité entomologique. L'une des principales difficultés réside dans l'identification de ces espèces (Wyss et Cherix, 2006).

5.2.7. *Geotrupidae*

Généralement de couleur sombre, ils se parent souvent de reflets métalliques, ils sont pour la plupart coprophages, comme les bousiers, mais certaines espèces du genre géotrupes (dans notre cas *Geotrupes spiniger*) semblent pouvoir se nourrir sur des cadavres humains (Wyss et Cherix, 2006).

5.2.8. *Ptinidae*

La caractéristique de ces insectes est de pouvoir se nourrir de tout produit animal ou végétal. Ils possèdent un corps globuleux avec de longues pattes et de longues antennes. L'une des particularités de ces coléoptères est sans aucun doute leur résistance au froid (Wyss et Cherix, 2006).

6. Biologie des insectes nécrophages et leurs cycles de développement

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 (Figure 9) (Charabidze, 2008) (Annexe 5).

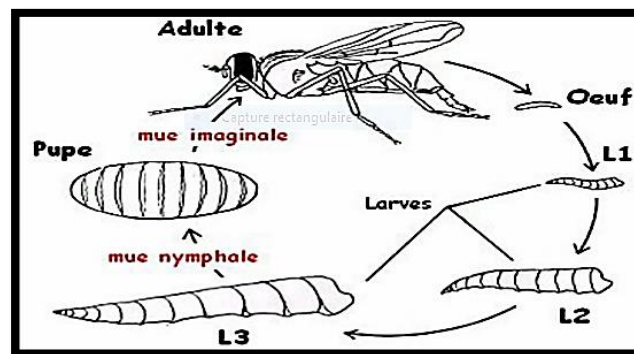


Figure 9 : Métamorphose complète (holométabole)
(charabidze ,2008).

7. La météorologie et l'entomologie forensique

7.1. La température

Le développement des insectes est rythmé par les températures et leur variation ainsi que la photopériode (Turchetto *et al.*, 2004). Il existe des seuils thermiques inférieurs 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 (Messaoudi *et al.*, 2017).

7.2. L'humidité

Est un facteur importants pour la ponte chez de nombreux diptères nécrophages, parfois ses fluctuations déclenchent des phases d'intérêt évolutive : l'élévation d'un 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 général 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 influence 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 (Messaoudi *et al.*, 2017).

7.3. 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 (Messaoudi *et al.*, 2017).

7.4. La lumière

Influence directement sur la ponte par ce que la plupart des insectes nécrophages comme les *Calliphoridae* ont des activités diurnes (Messaoudi *et al.*, 2017).

7.5. 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 (Messaoudi *et al.*, 2017).

Deuxième partie : Étude expérimentale

Chapitre III:
Matériel et méthodes

Ce travail a été réalisé en deux sites : partie expérimentale à la commune de Boumahra Ahmed et partie laboratoire au niveau du laboratoire d'entomologie du département de médecine légale au sein de l'institut national de criminologie et de criminalistique de la gendarmerie nationale (INCC/GN).

Les objectifs de notre étude est d'étudier l'influence des deux paramètres (soleil et sombre) sur le processus de décomposition d'un cadavre animal (lapin), l'étude de l'influence des trois types de décès sur la période de la décomposition des cadavres, étudier quelle est la précision de calcul l'IPM avec les Diptère *Calliphoridae*, identifier la flore cadavérique et voir la richesse de la faune entomologique de la zone de Boumahra Ahmed.

Pour réaliser ces objectifs un protocole de travail a été déterminé au niveau du site et au niveau de laboratoire ; récolter puis identifier les insectes nécrophages (faune cadavérique). En particulier les diptères associés au processus de décomposition de six cadavres de lapins, selon un protocole préalablement établi par le laboratoire d'entomologie de l'INCC/GN.

❖ Sur terrain

- Examiner les cadavres deux fois par jours pour la 1^{ère} semaine et une seule fois à partir de la 2^{ème} semaine.
- Enregistrer les conditions climatologiques sur le terrain et récupérer les données climatologiques du mois de la station météorologique la plus proches de notre site expérimental.
- Noter des observations journalières sur le processus de décomposition des cadavres et l'effet soleil/sombre sur ce dernier.
- Collecter les insectes retrouvés sur et autour des six cadavres.
- Prélever les échantillons de larves sur les six cadavres.
- Identifier les plantes retrouvées autour des trois cadavres exposé au soleil.

❖ Au laboratoire :

- Identifier les insectes collectés sur le terrain.
- Réaliser des élevages des stades immatures des larves prélevés.
- Contrôler les boîtes d'élevage et récupérer le premier adulte émergé pour calculer l'intervalle post-mortem.

1. Présentation du lieu de stage

L'institut national de criminologie et de criminalistique 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 [5], Figure 10 représente le lieu de stage.



Figure 10: Institut national de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie Nationale (INCC-GN) vue d'extérieure [6].

2. Présentation du site expérimentale

L'expérimentation a été réalisée dans une zone rurale à l'Oued Boussara commune de Boumahra Ahmed. La localité de Boumahra Ahmed et à 8Km à l'est de Guelma. (36° 27' 36" nord, 7° 30' 54" est). Elle est située dans une région très fertile, entourée de nombreux oueds. Culminant à 193 mètres d'altitude, le site est présenté dans les Figures (11. 12) (Annexe 6).

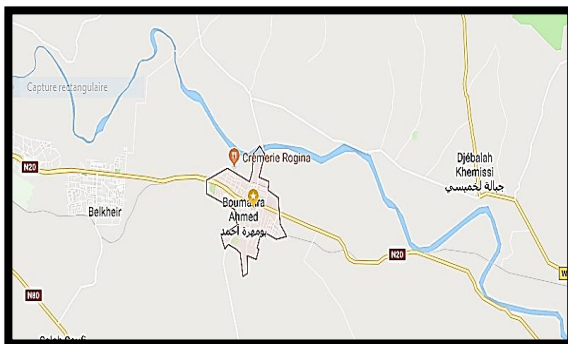


Figure 11 : La situation géographique de la commune de Boumahra Ahmed [7].



Figure 12 : Le site d'expérimentation (Prise personnelle, 2018).

2.1. Synthèse climatique

Le territoire de la wilaya de Guelma se caractérise par un climat sub-humide au centre et au nord et semi-aride vers le sud la position de la commune de Boumahra Ahmed est au centre de la wilaya. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été.

La période printanière est exactement le mois d'avril est caractérisé par un climat froids et humide, la température moyenne enregistrée à Guelma était de 13.8°C, alors que le taux d'humidité était 79.8% pour ce mois, les précipitations moyennes du mois d'avril était 43mm, alors que la vitesse moyenne du vent était 1.4m/s.

Notre expérimentation a été effectuée à l'extérieur à l'exposition de différents facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, luminosité, le vent... etc. cette zone est entouré par un champ de blé.

3. Matériel

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

3.1. Matériel de terrain

Pour la réalisation de ce travail nous avons eu besoin de : Six lapins d'un poids corporel allant de 1.90Kg jusqu'au 2.2Kg du chloroforme (trichlorométhane) pour l'euthanasie et un couteau pour l'égorgeage et l'acide pour l'acidification, des cages métalliques des mailles de 2cm de diamètre qui laisse passer les insectes, des gants chirurgicaux et bavettes. Pincettes rigides en plastique. Des flacons et des récipients en plastique avec couvercle. Pièges pour les insectes volants (piège barber, piège de récipient jaune). Un thermomètre et un appareil photos numérique, le matériel utilisé est représenté sur la Figure 13.



A



B



C



Figure 13: Matériel utilisé au terrain (PP, 2018).

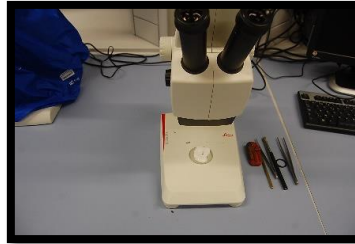
(A, B : Les lapins ; C : acide ; D : Cage métallique ; E : Baraque ; F : Thermomètre ; J : Chloroforme ; H : Couteau ; I : coton ; G : Gants ; K : Pince rigide ; L : Bavette).

3.2. 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 : stériomicroscop type Leica avec camera (a grandissement 100X), pinces, scalpel, ciseaux et aiguille montée, boîtes en plastique pour l'élevage, éthanol 70%, épingles entomologiques, gants et bavettes et une enceinte climatique, étuve, un thermo-enregistreur, boîte d'insecte vivant, bouteille de CO₂ et bouteille d'eau pour humidifié les boîtes, ce matériel est représenté dans la Figure 14.



A



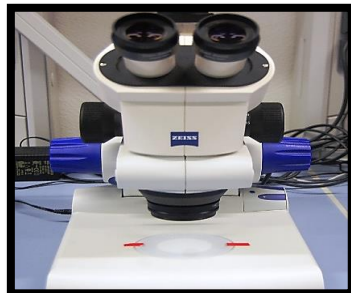
B



C



D



E



F



J



H



I



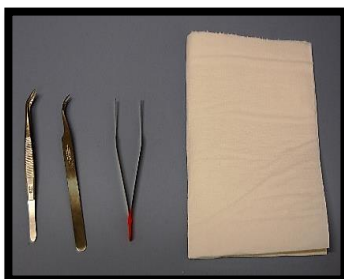
G



K



L



M



N



O



Figure 14 : Matériel utilisé au niveau de laboratoire de l'entomologie (PP, 2018).

(A : Les pinces ; B : Microscope type leica ; C : Lampe ; D : Morceau de viande ; E : Microscope ; F : Gants ; J : Enceinte climatique ; H : Boite d'élevage ; I : Boite pétri ; G : Papier absorbant ; K : pince rigide ; L : bavette ; M : Pince métallique ; N : Etuve ; O : Boite de pétri de petite taille ; P : Vaporisateur d'eau ; Q : Ethanol ; R : Alcool).

4. Protocole

Durant ces expérimentations on s'est intéressé à étudier le processus de la décomposition des cadavres des lapins, l'identification de la faune et de la flore cadavérique apparait après le sacrifice des animaux, la succession des différentes insectes nécrophages, en suivant un protocole préalablement établi par le laboratoire d'entomologie de l'INCC/GN.

La méthodologie suivie comprend plusieurs volets à savoir, préparation et aménagement du terrain, sacrifice des animaux, les observations journalières, la photographie, la collecte et le conditionnement des insectes et des larves puis le transport et l'élevage des insectes selon les techniques rapportés par le laboratoire d'entomologie à l'INCC/GN.

4.1. Préparation du terrain et sacrifice des animaux

4.1.1. Préparation et aménagement du terrain

Pour le dépôt des cadavres on a préparé des superficies d'environ un mètre carré pour chaque cadavre, puis ils ont entouré par des cages métalliques fabriquées 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 les Figures 15 et 16 représente les différentes étapes de la préparation. Ces cages ont été conçus de sorte que toute manipulation et prélèvement se passe d'une manière souple et facile au même temps elles ont été sécurisées afin de protéger les pièges

installés à l'intérieur, mais aussi pour assurer l'inaccessibilité d'autres ravageurs (rats et chiens errants) que les insectes nécrophages.



Figure 15: Préparation du terrain (PP, 2018).



Figure 16 : Fabrication des cages métalliques (PP, 2018).

4.1.2. Sacrifice des animaux

Pour la réalisation de notre expérimentation on a utilisé 6 lapins (L01 jusqu'à L06), on a suivi plusieurs types de sacrifices qui sont parmi les cas les plus répandus dans la dissimulation des corps adoptés par les criminels de nos jours. Deux lapins sont égorgés (L01 et L04), deux égorgés et acidifiés (L02 et L05) et les deux autres sont euthanasiés (L03 et L06), les méthodes sont représentées dans les Figures (17 ; 18,19).

Notre expérimentation est divisée en deux cas, l'un est à l'exposition du soleil (L01.02.03) et l'autre au sombre (L04.05.06) protégé par une petite baraque, et le détail est comme suit, Figures (20 et 21).



Figure 17 : Lapin égorgé (PP, 2018).



Figure 18 : Lapin égorgé et acidifié (PP, 2018).



Figure 19: Lapin euthanasie (PP, 2018).



Figure 20 : A l'exposition du soleil (PP, 2018).



Figure 21 : Au sombre (PP, 2018).

4.1.2.1. La première expérimentation ; à l'exposition du soleil

Les méthodes sont représentées dans les Figure (22) ;

- **Lapin 01** : a été égorgé.
- **Lapin 02** : a été égorgé puis acidifié.
- **Lapin 03** : a été euthanasie.



Lapin 01



Lapin 02



Lapin 03

Figure 22 : La première expérimentation ; à l'exposition du soleil (PP, 2018).

4.1.2.2. La deuxième expérimentation ; au sombre

Les mêmes étapes sont suivies concernant les trois autres lapins (L04/L05/L06) mais la seule différence est que ces lapins sont mis au sombre à l'intérieur d'une baraque. Les méthodes sont représentées dans la Figure (23) ;

- **Lapin 04** : a été égorgé.
- **Lapin 05** : a été égorgé puis acidifié.
- **Lapin 06** : a été euthanasié.



Lapin 04



Lapin 05



Lapin 06

Figure 23 : La deuxième expérimentation ; au sombre (PP, 2018).

5. Piégeage

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

5.1. Pièges attractifs

5.1.1. Piège barber

Un moyen de base pour la collecte des insectes du sol. Nous avons placé des récipients en plastique remplis d'eau et du sel dans des trous creusés préalablement au niveau du sol (Figure 24).

5.1.2. Piège de récipient jaune

Ce piège coloré composé d'un récipient jaune rempli d'eau et un peu de sel installé juste à côté du cadavre. Il nous permet récolter de nombreux diptères et même des coléoptères. Il faudrait juste éviter de le laisser plus de trois jours sans le nettoyer très soigneusement car le

moindre développement d'algues, le moindre dépôt terreux aux fond le rend totalement inefficaces.

5.2. Pièges actifs

5.2.1. Collecte manuelle

À 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 (Figure 25).

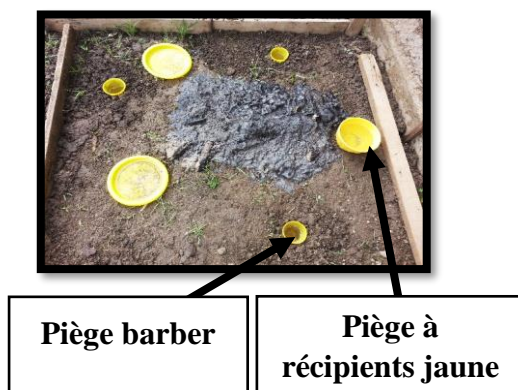


Figure 25 : Collecte manuelle (PP, 2018).

Figure 24 : Piège barber et piège de récipient jaune (PP, 2018).

6. La prise des observations journalière

La présence sur le site d'expérimentation a été journalière, deux fois par jour pour la première semaine, et une fois par jour à partir de la deuxième semaine.

Les observations sont basés sur la prise des photos, l'enregistrement de la température, l'identification des premières insectes arrivant sur le site et sur cadavre et suivre les différents changements de stade de décomposition.

7. Prélèvement des échantillons entomologiques

7.1. Sur terrain

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.

7.1.1. Collecte des échantillons

La collecte des échantillons elle est effectuée pour les inventaires des insectes qui se trouvent dans les pièges et pour les larves ; pour les pièges on a effectuée 13 prélèvements pendant des jours différents et pour les larves on a effectuée 14 prélèvements.

7.1.1.1. Les insectes adultes

Les insectes adultes ont été capturés à l'aide des pièges placé autour du cadavre, les insectes rampants ont été récoltés directement par une pince et transférés vers des récipients en plastiques. Avec de l'alcool 70%.

7.1.1.2. Les larves

Les larves ont été prélevées délicatement au-dessous du cadavre et dans les orifices naturels et la blessure à l'aide d'une pince ou d'une cuillère en plastique. Et elles ont été réparties en deux groupes. L'un est destiné à l'identification qui a été placé dans l'éthanol 70% et l'autre servira à l'élevage.

7.2. Au laboratoire

7.2.1. Elevage 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, une tranche de viande de bœuf a été placée sur le sable, sur laquelle ont été placées les larves. Le contenu des boites a été ensuite humidifié avec de l'eau. Les boites ainsi préparées ont été recouvertes avec de la gaze.

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. Le suivi de l'élevage a été effectué quotidiennement.

Les références telles que la date de prélèvement, la date de 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 ou sont notées l'heur et les nouvelles observations.

Les boites sont maintenus jusqu'à l'émergence des adultes dans une enceinte climatique thermo régulée à (24°C) ou règne une humidité relative de l'ordre de (70%) pour après l'émergence, les adultes ont reçu le même traitement (Figure 26).



Figure 26 : Les étapes pour la réalisation de l'élevage des larves (Fekiri, 2014).

7.2.2. Préparation des spécimens

7.2.3. Préparation des larves à l'identification

Les larves ont été lavées avec de l'eau distillée pour enlever les débris. Après l'identification, elles ont été conservées dans l'éthanol à 70%.

7.2.4. Préparation des insectes adultes

Les insectes adultes 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.

7.2.4.1. Epinglage

L'épinglage a été placé 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 placé légèrement à droite sur le mésothorax entre les ailes.
- Chez les coléoptères, l'épingle a été placé enfoncée dans le premier tiers de l'élyt.

7.2.4.2. L'étalage

Cette étape consiste à disposer certaines parties du corps de l'insecte de façon à ce qu'on puisse les examiner facilement, elle sert aussi à donner une position naturelle au spécimen.

7.2.4.3. L'étiquetage

Les insectes ont été ensuite piqué sur une planche de polystyrène et sont laissés sécher à l'air libre, deux étiquettes portant l'information sur chaque spécimen ont été fixées. A la fin de notre étude une boîte de collection a été établie.

8. Identification des larves et des insectes adulte

Chaque spécimen a été identifié sous une loupe binoculaire (Gx100) en se basant sur les clés de détermination de diptères (Wyss et Cherix, 2013), *Calliphoridae* (Szpila, 2009), *Sarcophagidae*, *Muscidae* et *Fanniidae* (Szpila et Andrezej, 2012).

8.1. Identification des larves des diptères

Le stade larvaire a été déterminé en examinant le nombre des stigmates postérieurs. Il suffit d'observer la partie postérieure de la larve où se trouvent deux structures circulaires appelées sclerites ou plaques stigmatiques. Le nombre de stigmates respiratoires indique le stade larvaire correspondant (Szpila, 2009 ; Gennard, 2012 ; Wyss et Cherix, 2013).

Les principaux critères d'identification des larves de diptères sont : structure des stigmates respiratoires postérieurs et formes des crochets buccaux (Szpila, 2009).

8.2. Identification des diptères adultes

L'adulte possède deux grands yeux composés. Les yeux de la femelle sont plus espacés que ceux du male (Gennard, 2013). Les principaux critères d'identification des diptères adultes sont : forme, taille, couleur du thorax, appendices, yeux, stigmates, nervation des ailes, implantation des soies, ... etc. (Szpila, 2009 ; Andrezej, 2012 ; Wyss et Cherix, 2013).

9. 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 **Machenko (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 de Guelma. Pour qu'une mouche nécrophage puisse se développer, de l'œuf à l'adulte, il faut une somme de température 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 :

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

T° : moyennes des températures / jour.

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

Pour chaque espèce, une constante C correspond à un cumul thermique total nécessaire au développement de l'œuf à l'émergence a été déterminée expérimentalement.

Cette durée est définie comme la somme de degrés accumulés chaque jour (Accumulation degree day ADD). La température prise en compte est la température effective égale à la différence entre la température moyenne sur 24h et la température seuil X de l'espèce. En dessous de sa température seuil, l'espèce ne se développe pas.

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 à une température moyenne de 16°C : Température effective : 16-2=14°C. 388/14=27,7 signifie qu'il lui faut 27,7 jours pour compléter son cycle.

Chapitre IV:

Résultats

1. Stade de décomposition

Le processus de décomposition des lapins est divisé en quatre stades, à savoir : cadavre frais, gonflé, pourri et desséché. Les stades de décompositions des six cadavres sont illustrés dans les figures suivantes et leurs durées rapportées sur les tableaux si dessous.

1.1. Première expérimentation ; à l'exposition du soleil (lapins 01 ; 02 et 03)

1.1.1. Stade frais

Ce stade commence au moment de la mort et se produit jusqu'à ce que le ballonnement de l'abdomen soit évident, néanmoins le corps reste intact. Cette étape a duré environ 24 heures pour le premier lapin et 72 heures pour le deuxième lapin et 48 heures pour le troisième lapin. Aucun changement morphologique ne s'est produit et aucune odeur de décomposition n'est ressentie à ce stade (que pour les insectes). (Figure 27) .Ce stade attire les Diptères nécrophages comme *Calliphoridae*.

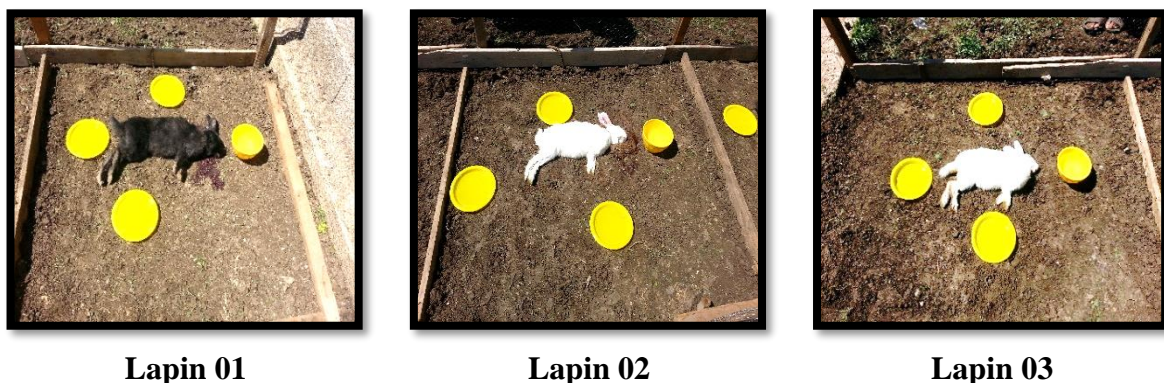


Figure 27: Le stade frais pour les trois lapins
(PP, 2018).

1.1.2. 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 pour le premier lapin et le quatrième jour pour le deuxième lapin et le troisième jour pour troisième lapin. Et elle a duré environ deux jours pour les deux premiers lapins (1 et 2) et trois jours pour le troisième lapin (Figure 28).

**Lapin 01****Lapin 02****Lapin 03****Figure 28 : Stade gonflé (PP, 2018).**

1.1.3. 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 nécrophages et la perte de poils est remarquable, en particulier dans les zones où les asticots manifestent une grande activité (Figure 29).

**Lapin 01****Lapin 02****Lapin 03****Figure 29 : Stade pourri (PP, 2018).**

1.1.4. 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 192 heures (8 jours) pour le premier lapin, 288 heures (12 jours) pour le deuxième lapin et 216 heures (9 jours) pour le troisième lapin (Figure 30).



Figure 30 : Stade desséché (PP, 2018)

Le Tableau suivant représente la durée approximative des stades de décomposition des trois cadavres exposé au soleil (Tableau 1 ; Figure 31).

Tableau 1 : Durées approximatives des stades de décomposition des trois premiers cadavres.

Stade de décomposition	Durée (heure)		
	Lapin 01	Lapin 02	Lapin 03
Frais	24h	72h	48h
Gonflé	48h	48h	72h
Pourri	Environ 120h	Environ 192h	Environ 120h
Desséché	Environ 192h	Environ 288h	Environ 216h

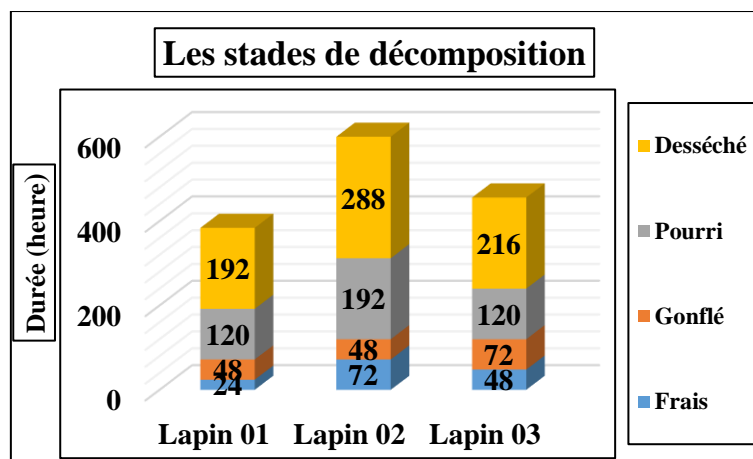


Figure 31: Durées approximatives des stades de décomposition des trois premiers cadavres.

1.2. Deuxième expérimentation ; à l'exposition du sombre (lapins 04 ; 05 et 06)

Le processus de décomposition des lapins de la deuxième expérimentation (à l'exposition du sombre), il se défait de celui de la première expérimentation (à l'exposition du soleil). Il se compose de trois stades (frais, pourri, desséché). Et l'absence totale du deuxième stade gonflement.

1.2.1. Stade frais

Ce stade commence au moment de la mort et se poursuit jusqu'à ce que le ballonnement de l'abdomen soit évident, dans notre cas le ballonnement de l'abdomen a été absent totalement. Néanmoins le corps reste intact. Cette étape a duré environ 120 heures 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 insectes). Ce stade attire les Diptères nécrophages comme *Calliphoridae* (Figure 32).



Lapin 04



Lapin 05



Lapin 06

Figure 32 : Stade frais (PP, 2018).

1.2.2. Stade gonflé

Dans cette expérimentation on a remarqué une absence totale de ce stade de décomposition dans cette expérimentation.

1.2.3. Stade pourri

Dans ce cas il a commencé dès que le stade frais est terminé, le début de ce stade marqué par des changements morphologique au niveau de la tête, la libération des fluides, 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 à cause de

l'alimentation des larves de Diptères nécrophages et la perte de poils est remarquable, en particulier dans les zones où les asticots manifestent une grande activité (Figure 33).



Lapin 04



Lapin 05



Lapin 06

Figure 33 : Stade pourri (PP, 2018).

1.2.4. 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 408 heures (17 jours) pour le lapin quatre et six et 456 heures (19 jours) pour le lapin cinq (Figure 34).



Lapin 04



Lapin 05



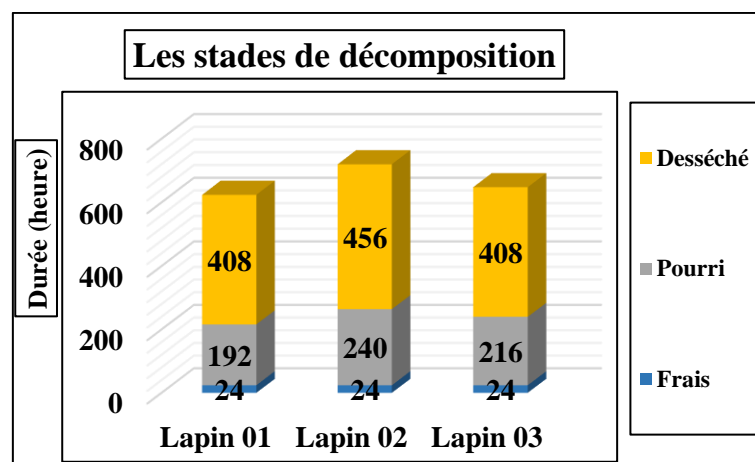
Lapin 06

Figure 34 : Stade desséché (PP, 2018).

Le Tableau suivant représente la durée approximative des stades de décomposition des trois cadavres exposés au sombre (Tableau 2 ; Figure 35).

Tableau 2 : Durées approximatives des stades de décomposition des trois derniers cadavres.

Stade de décomposition	Durée (heure)		
	Lapin 04	Lapin 05	Lapin 06
Frais	24h	24h	24h
Gonflé	/	/	/
pourri	Environ 192h	Environ 240h	Environ 216h
desséché	Environ 408h	Environ 456h	Environ 408h

**Figure 35** : Durées approximatives des stades de décomposition des trois derniers cadavres.

2. La flore cadavérique

Les six cadavres des lapins sont déposés sur deux types de sol ; une humide et l'autre sèche et dure. Ces deux types de sol sont dépourvus de plante (Figure 36).

**Figure 36** : Les deux types de sol (PP, 2018).

L'observation de l'apparition de deux types de plantes autour des trois cadavres de la première expérimentation à partir du troisième jour (11.04.2018). Par contre on a observé une absence totale des plantes autour des trois cadavres de la deuxième expérimentation, le

développement des deux types de plantes a été journalière autour des cadavres de l'expérimentation -01- (lapins 01,02 et 03) (une augmentation de taille et de la densité).

On a remarqué que l'apparition des plantes elle était autour des cadavres et même sur la surface et n'ont pas sou le cadavre (la zone sou cadavre elle est dépourvus totalement des plantes) (Figure 37).



Lapin 01

Lapin 02

Lapin 03

Figure 37 : La zone sou cadavre (PP, 2018).

Après le 18.04.2018 la taille des plantes qu'on a choisi comme un modèle et s'arrêté par contre la densité a été augmenté sauf dans la zone entouré les cadavres (Figure 38).



Lapin 01

Lapin 02

Lapin 03

Figure 38 : La taille et la densité des plantes (PP, 2018).

Le Tableau suivant représente les deux espèces de plantes retrouvé autour des cadavres exposé au soleil, (Tableau 3).

Tableau 3 : Représentation des deux espèces de plante.

Lapin	Date de la mort (09.04.2018)	Nombre des plantes entouré le cadavre	La taille (cm)	L'espèce
Lapin 01	/	19	3-12	<i>Cynodon dactylon</i> (gazon) (12cm)
Lapin 02	/	7	2-12	<i>Cynodon dactylon</i> (12cm)
				<i>Convolvulus arvensis</i> (famille <i>convolvulacae</i>) (2cm)
Lapin 03	/	11	2-18	<i>Cynodon dactylon</i> (18cm)
				<i>Convolvulus arevensis</i> (2cm)

L'apparition de deux espèces sauvage autour des cadavres ; *Cynodon dactylon* et *Convolvulus arevensis*. La taille de la première espèce elle atteint jusqu'au 18 cm par contre la taille de la deuxième espèce elle varie entre 2 et 5 cm.

3. Inventaire et identification des espèces adultes capturées

Durant toute la période de notre étude allant du 09.04.2018 jusqu'au 27.04.2018, un total de 36 spécimens ont été capturés répartis en deux grands ordre Diptères et Coléoptère. Ces derniers sont repartis 12 familles et plusieurs espèces, les résultats sont reportés dans le Tableau 4 et Figure 39.

Tableau 4 : l'identification de l'espèce adulte capturée.

Lapin	Prélèvement	Nombre des spécimens identifié	Espèce
	12.04.2018	7	- <i>Lucilia sericata</i> (3) - <i>Stratiomyidae</i> (1) - <i>Saprinus semestriatus</i> (3) - <i>Zoraptera</i> (1)
			- <i>Lucilia sericata</i> (1)

Lapin 01	13.04.2018	4	- <i>Thanatophilus rugosus</i> (1) - <i>Saprinus semistriatus</i> (2)
	14.04.2018	2	- <i>Lucilia silvarum</i> (2)
	16.04.2018	3	- <i>Creophilus maxillosus maxillosus</i> (1) - <i>Saprinus semistriatus</i> (1) - <i>Dermestes frischii</i> (1)
	17.04.2018	3	- <i>Lucilia sericata</i> (1) - <i>Creophilus maxillosus maxillosus</i> (1) - Araignées (1)
Lapin 02	12.04.2018	2	- <i>Lucilia silvarum</i> (1) - <i>Stratiomyidae</i> (1)
	14.04.2018	1	- <i>Lucilia silvarum</i> (1)
	16.04.2018	7	- <i>Saprinus semistriatus</i> (4) - <i>Dermestes frischii</i> (1) - <i>Creophilus maxillosus maxillosus</i> (1) - Hymenoptera
Lapin 03	12.04.2018	1	- <i>Saprinus semistriatus</i>
	14.04.2018	1	- <i>Muscidae</i>
Lapin 04	12.04.2018	1	- <i>Thysanura</i>
Lapin 05	12.04.2018	1	- <i>Crustacea</i>
Lapin 06	18.04.2018	3	- <i>Creophilus maxillosus</i> (2) - Araignées

*Dermestes frischii*

Araignées



Araignées

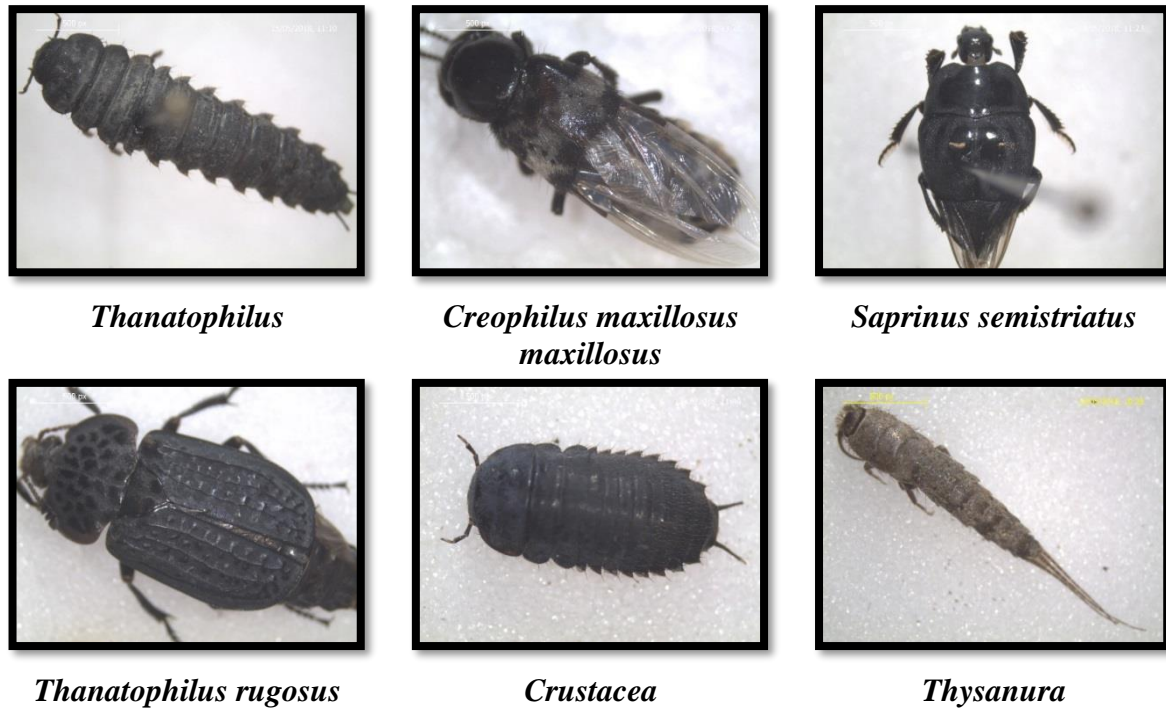


Figure 39 : Images représentées des espèces adultes capturés (PP, 2018).

4. Tamisage du sol

A la fin de la décomposition de ces cadavres, on a tamisé le sol entouré de ces cadavres ; on a remarqué que le sol du trois premier lapin est riches en pupes et d'autres insectes (Figure 40 et 41), par contre celui des trois derniers lapins est dépourvue des pupes est sa signifie que les larves sont migrés loin de cet endroit, les résultats sont reportés dans le Tableau 5.



Figure 40 : Pupa émergé (PP, 2018).



Figure 41 : *Lucilia sericata* (PP, 2018).

Tableau 5 : L'identification des pupes émergées.

Lapin	Nombre des pupes prélevé	Nombre des pupes émergées	L'identification des adultes		
			Ordre	Famille	L'espèce
Lapin 01	17	2	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i>
Lapin 02	4	2	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i>
Lapin 03	11	2	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i>
Lapin 01.02.03 (sol)	<ul style="list-style-type: none"> - Larve des coléoptères : <i>Omalium</i> - <i>Cryptops hortensis</i>. 				

5. L'identification des larves prélevées

Durant cette étude nous avons procédé au prélèvement des larves sur les six cadavres et leurs identifications. Les résultats sont reportés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : identification des larves prélevées sur les six cadavres.

Lapin	La date de prélèvement	Taille moyenne des larves (mm)	Identification des larves		
			Ordre	Famille	Espèce
Lapin 01	12.04.2018	11.412mm	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i> <i>Lucilia sericata</i> <i>Lucilia ampullacea</i>
	13.04.2018	11.32	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i>
	16.04.2018	9.18	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i>
	18.04.2018	8.25	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i> <i>Lucilia silvarum</i>
Lapin 02	12.04.2018	Des œufs			
	13.04.2018	5.85			
	16.04.2018	10.67	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i> <i>Lucilia silvarum</i>
	18.04.2018	9.01	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Chrysomya albiceps</i>
Lapin 03	13.04.2018	9.88	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i> <i>Lucilia ampullacea</i>
	16.04.2018	8.3	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i>
Lapin 04	12.04.2018	Des œufs			
	13.04.2018	Des œufs + des larves de petite taille			
	16.04.2018 (plaie)	11.28	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i>

	16.04.2018 (l'orifice)	9.69	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i> <i>Calliphora vicina</i>
	17.04.2018	11.72	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia ampulacea</i> <i>Protophormia</i> <i>terraenovae</i>
	18.04.2018	11.63	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i>
	20.04.2018	10.73	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i>
Lapin 05	17.04.2018	11.03	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i> <i>Calliphora vometoria</i>
	18.04.2018	9.5	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i>
	20.04.2018	12	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i>
Lapin 06	16.04.2018	8.32	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i> <i>Lucilia sericata</i>
	17.04.2018	13.81	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i> <i>Protophormia</i> <i>terraenovae</i>
	18.04.2018	12.71	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Lucilia sericata</i> <i>Lucilia ampulacea</i>
	20.04.2018	12.13	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	<i>Calliphora vicina</i>

Les résultats de l'identification des larves prélevées sur les six cadavres de lapins, montrent qu'elles appartiennent toutes à l'ordre de *Diptera*, sept espèces différentes réparties à une grande famille (*Calliphoridae*) et quatre genres (*Lucilia*, *Calliphora*, *Chrysomya* et *Protophormia*). Le premier genre a été constaté pour les six lapins, et le deuxième (*Calliphora*) pour les lapins (01 ; 04 ; 05 et 06). Par contre le troisième genre a été constaté seulement pour le deuxième lapin et le quatrième genre pour le lapin (04 et 06).

L'apparition des nouvelles espèces pendant l'identification des larves montre que la présence de ces nouvelles espèces sur le cadavre a été d'une façon rare par rapport à les autres espèces qui sont apparait pendant l'élevage, et que notre prélèvement a été d'une façon housard dans toutes les parties du cadavre (Figure 42).





Figure 42 : l'identification des larves prélevées
(PP, 2018).

6. Calcul de l'intervalle post-mortem

Afin de calculer le délai post-mortem, deux élevages ont été effectués au niveau du laboratoire d'entomologie de l'INCC sous conditions ambiantes contrôlées. 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).

6.1. Elevage 01

Un prélèvement de larves a été effectué le 12, 13 et le 14 avril 2018 sur les quatre cadavres (lapins 01 ; 02 ; 03 et 04) préservés dans des flacons à couvercle perforés (pour 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 24°C, humidité relative 70%, éclairage 16/08, ventilation 100%). Les larves ont été réparties dans sept boîtes d'élevage préalablement préparées contenant un morceau de viande de bœuf utilisé comme substrat nutritif, puis transférées dans une enceinte climatique. Des observations ont été effectuées et notées sur des fiches d'élevage. Chaque jour où un groupe d'insectes émergeait, ces derniers ont été isolés et identifiés. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

6.2. Elevage 02

Un deuxième prélèvement de larves a été effectuées le 19 et le 20 avril 2018 sur les trois cadavres (lapins 04 ; 05 et 06) préservés dans des flacons à couvercle perforés (pour permettre la respiration) et transférer le 22 avril 2018 au niveau du laboratoire d'entomologie de l'INCC, ou elles étaient mise en élevage on suivant les mêmes étapes du celle du premier élevage, les résultats des deux élevages sont représenté sur le Tableau 7.

Tableau 7 : les résultats des prélèvements et identification des adultes diptères issus de l'élevage.

			Mise en élevage			L'identification		
Lapin	La date de prélèvement	Numéro de boîte dans l'élevage	Stade larvaire	Stade pupé	Emergence	Ordre	Famille	Espèce
Lapin 01	12.04.2018	GA L01.01	15.04.2018	22.04.2018	25.04.2018	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	- <i>Lucilia sericata</i> - <i>Calliphora vicina</i>
	13.04.2018	GA L01.02	15.04.2018	22.04.2018	24.04.2018			
Lapin 02	13.04.2018	GA L02.01	15.04.2018	22.04.2018	29.04.2018	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	- <i>Lucilia sericata</i> - <i>Lucilia silvarum</i>
	14.04.2018	GA L02.02	15.04.2018	22.04.2018	26.04.2018			
Lapin 03	13.04.2018	GA L03.01	15.04.2018	22.04.2018	29.04.2018	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	- <i>Lucilia sericata</i> - <i>Lucilia silvarum</i> - <i>Calliphora vicina</i>
	14.04.2018	GA L03.02	15.04.2018	22.04.2018	26.04.2018			
Lapin 04	14.04.2018	GA L04.01	15.04.2018	22.04.2018	28.04.2018	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	- <i>Calliphora vicina</i> - <i>Lucilia sericata</i> - <i>Lucilia silvarum</i>
	19.04.2018	GA L04.02	22.04.2018	28.04.2018	02.05.2018			
	20.04.2018	GA L04.03	22.04.2018	28.04.2018	02.05.2018			
Lapin 05	19.04.2018	GA L05.01	22.04.2018	28.04.2018	02.05.2018	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	- <i>Calliphora vicina</i> - <i>Lucilia sericata</i>
	20.04.2018	GA L05.02	22.04.2018	28.04.2018	02.05.2018			
	19.04.2018	GA L05.03	22.04.2018	25.04.2018	02.05.2018			
Lapin 06	19.04.2018	GA L06.01	22.04.2018	28.04.2018	02.05.2018	Diptère	<i>Calliphoridae</i>	- <i>Calliphora vicina</i> - <i>Lucilia sericata</i>
	20.04.2018	GA L06.02	22.04.2018	28.04.2018	02.05.2018			

Dont l'identification a montré la présence de trois espèces ; *Lucilia sericata*, *Lucilia silvarum* et *Calliphora vicina*.

7. Identification de Diptère issu de l'élevage

Les espèces identifiées dans cet élevage sont *L.sericata*, *L.silvarume* et *C.vicina*. Les critères généraux utilisés dans l'identification de ces espèces sont présentées dans les figures 43 et 44.

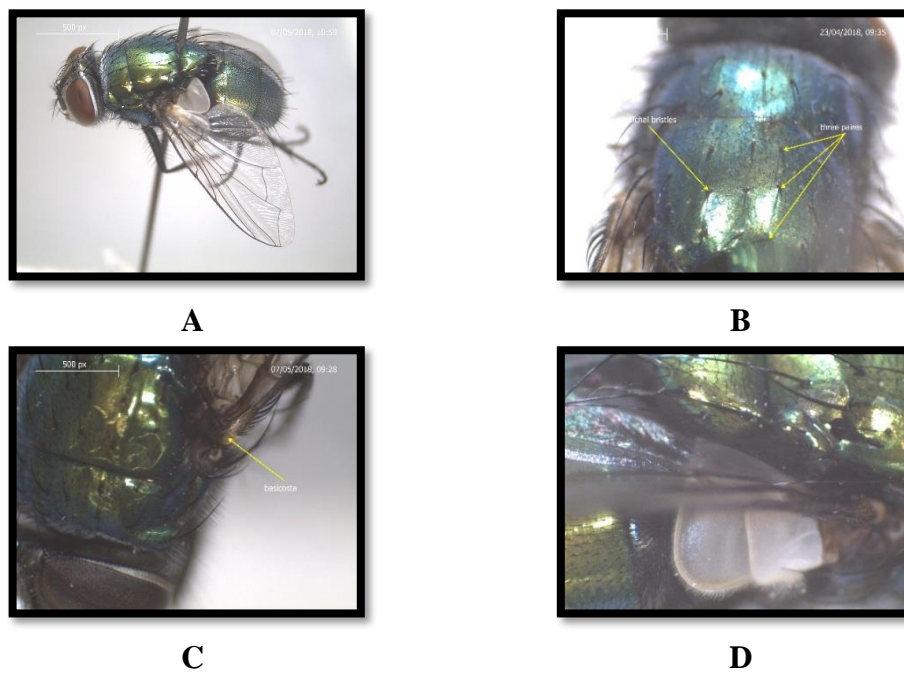


Figure 43: Les principaux critères utilisés dans l'identification de *Lucilia sericata* (Meigen, 1826). (*Diptera* : *Calliphoridae*) (PP, 2018).

(A et B : Thorax vert métallique brillant ; C : Basicosta jaunâtre clair ; D : le Calypter inferieur dépourvu de poils).

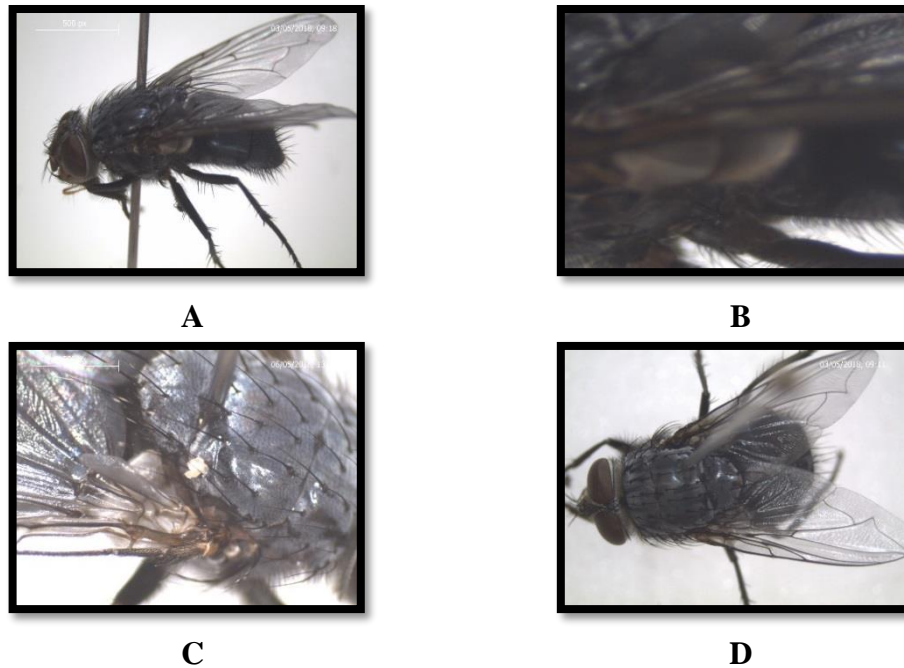


Figure 44 : Les principaux critères utilisés dans l'identification de *Calliphora vicina* (Meigen, 1826). (Diptera : Calliphoridae) (PP, 2018).

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

8. Résultats du calcul de L'IPM

Les espèces de diptères nécrophages identifiées sont utilisées pour le calcul de l'IPM, en calculant l'ADD (accumulated days degrees) de ces espèces, cela nous permet d'avoir le jour de la ponte de ces derniers, et de déduire le jour de la mort des carcasses. Le Tableau suivant présente la méthode de calcul de l'IPM par l'étude du cycle biologique des diptères.

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

Tableau 8: Méthode de calcul de l'Intervalle Post Mortem.

Date	Température moyenne journalières		<i>Calliphora vicina</i>		Développement	<i>Luciliasericata</i>		Développement
	Laboratoire	Guelma	T°C effectives 2°C	Somme des T°C effectives jusqu'au jour d'émergence (ADD)		T°C effectives 9°C	Somme des T°C effectives jusqu'au jour d'émergence (ADD)	
29/04/2018	24,5		22,5	388	Date d'émergence			
28/04/2018	24,5		22,5	365,5				
27/04/2018	24,5		22,5	343				
26/04/2018	24,5		22,5	320,5		15,5	207	Date d'émergence
25/04/2018	24,5		22,5	298		15,5	191,5	
24/04/2018	24,5		22,5	275,5		15,5	176	
23/04/2018	24,5		22,5	253		15,5	160,5	
22/04/2018	24,5		22,5	230,5		15,5	145	
21/04/2018	24,5		22,5	208		15,5	129,5	
20/04/2018	24,5		22,5	185,5		15,5	114	
19/04/2018	24,5		22,5	163		15,5	98,5	
18/04/2018	24,5		22,5	140,5		15,5	83	
17/04/2018	24,5		22,5	118		15,5	67,5	
16/04/2018	24,5		22,5	95,5		15,5	52	
15/04/2018	24,5		22,5	73	Date d'élevage	15,5	36,5	Date d'élevage
14/04/2018		13,9	11,9	50,5		4,9	21	
13/04/2018		13,8	11,8	38,6		4,8	16,1	
12/04/2018		14,7	12,7	26,8		5,7	11,3	
11/04/2018		14,4	12,4	14,1		5,4	5,6	
10/04/2018		12,5	10,5	1,7	date de pont	3,5	0,2	date de pont
09/04/2018		12,6	10,6	-8,8		3,6	-3,3	

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 29 /04/2018, la valeur de 388°C se trouve atteinte le 10/04/2018, 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 26/04/2018, la valeur de 207°C se trouve atteinte le 10/04/2018, intervalle qui correspond à la date de ponte de *L.sericata*.

Le jour de la mort du lapin est le 09/04/2018 et le jour de ponte des diptères est le 10/04/2018, les différentes informations sont représentés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 9: La présentation des dates d'élevage, d'émergence et de ponte pour les deux espèces dans les deux expérimentations.

Lapin	Espèce identifiée	T° d'élevage	Le cumule nécessaire pour le développement	Date d'élevage	Date D émergence	Date de ponte
Lapin01	<i>Calliphora vicina</i>	24.5	388	15/04/2018	26/04/2018	10/04/2018
	<i>Lucilia sericata</i>	24.5	207	15/04/2018	29/04/2018	10/04/2018
Lapin02	<i>Lucilia sericata</i>	24.5	207	15/04/2018	26/04/2018	10/04/2018
Lapin03	<i>Calliphora vicina</i>	24.5	388	15/04/2018	29/04/2018	10/04/2018
	<i>Lucilia sericata</i>	24.5	207	15/04/2018	26/04/2018	10/04/2018
Lapin04	<i>Calliphora vicina</i>	24.5	388	15/04/2018	29/04/2018	10/04/2018
	<i>Lucilia sericata</i>	24.5	207	22/04/2018	01/05/2018	12/04/2018
Lapin05	<i>Calliphora vicina</i>	24.5	388	22/04/2018	02/05/2018	10/04/2018
	<i>Lucilia sericata</i>	24.5	207	22/04/2018	01/05/2018	12/04/2018
Lapin06	<i>Calliphora vicina</i>	24.5	388	22/04/2018	02/05/2018	10/04/2018
	<i>Lucilia sericata</i>	24.5	207	22/04/2018	01/05/2018	12/04/2018



Chapitre V:
Discussion



La dégradation d'un cadavre et sa colonisation par les insectes sont deux phénomènes liées 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 la commune de Boumahra Ahmed wilaya de Guelma. Les facteurs environnementaux ont une influence sur la colonisation du cadavre ainsi que sur le développement des insectes nécrophages. Il s'agit des facteurs abiotique 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 six cadavres, trois laissé à l'air libre (à l'exposition du soleil) et trois sont laissé au sombre dans une petite baraque.

Durant toute la période de notre étude, les Diptères *Calliphoridae* sont les premiers colonisateurs.

A partir des années soixante jusqu'à nos jours, beaucoup d'autres chercheurs se sont intéressés à l'étude de la succession des insectes nécrophages sur les cadavres des vertébrés (**Payne, 1965 ; Early et Goff, 1986 ; Tullis et Goff, 1987 ; Anderson et Van Laerhoven, 1996 ; Richards et Goff, 1997 ; Bharti et Singh, 2003 ; Schroeder et al., 2003 ; Arnaldos et al., 2004 ; Grassberger et Frank, 2004 ; Matuszewski et al., 2001 ; Al-Mesbah, 2010 ; Segura et al., 2011 ; Castro, 2011 ; Wahizatul et Wuen, 2011 ; Benbow et al., 2013 ; Horenstein et al., 2013 ; Pastula et Merritt, 2013 ; Wyss et Cherix, 2013**)(Fekiri, 2014).

Notre étude est composé de deux expérimentations, une à l'exposition direct du soleil et l'autre au sombre, elle se caractérise par trois types de décès (égorgé, égorgé et acidifié, euthanasie).

La durée totale du processus de décomposition des six cadavres de lapins était supérieure à 19 jours. Dans la première expérimentation nous avons scindé en 4 stades de décomposition : le stade frais qui a duré 24h pour le premier lapin, 72h pour le deuxième lapin et 48h pour le troisième lapin. Le stade gonflé duré 48h pour le lapin 01 et 02 et 72h pour le lapin 03. Le stade pourri qui a duré environ 120h pour le premier lapin et environ 192h pour le deuxième lapin et 120h pour le troisième lapin. Le stade desséché duré environ 192h pour le premier lapin et 288h pour le deuxième et 216h pour le troisième lapin.

Par contre dans la deuxième expérimentation (sombre) nous avons scindé 3 stades seulement de décomposition et on a marqué une absence totale du stade de gonflement pour les

trois lapins (L 04, 05,06). Le stade frais qui a duré 24h (un jour) pour les trois lapins, en passant directement au stade pourri qui a duré environ 192h pour le premier lapin (L 04) et 240h pour le deuxième lapin (L 05) et environ 216h pour le lapin 3 (L 06). Et le dernier stade qui a duré plus que 408h pour le lapin 04 et 06 et plus de 456h (19 jours) pour le lapin 05.

Il a été observé que les durées de décomposition des six cadavres n'étaient pas similaires. Dans la première expérimentation le premier cadavre qui a été égorgé a présenté un processus de décomposition plus rapide, par rapport aux deux autres cadavres, puis le troisième cadavre qui a été euthanasié a duré moins que le deuxième cadavre qui a été égorgé puis acidifié a duré plus longtemps.

Dans la deuxième expérimentation le même enchaînement de décomposition des trois premiers cadavres a été enregistré pour les trois derniers cadavres (L 04 ; 05 et 06) qui sont mis au sombre. Le premier cadavre (L 04) qui a été égorgé a présenté un processus de décomposition plus rapide, par rapport aux deux autres cadavres. Puis le troisième cadavre (L 06) qui a été euthanasié a duré moins que le deuxième cadavre (L 05) qui a été égorgé puis acidifié. Ces observations pourraient être expliquées que la méthode et la cause de la mort est un facteur très important dans la dégradation du cadavre [7]. Les lapins égorgés dans les deux expérimentations sont les plus rapides dans la décomposition et cela signifie que le cadavre égorgé attire plus de colonisateurs ce qui permet d'accélérer son processus de décomposition. Les lapins euthanasiés dans les deux expérimentations sont les deuxièmes qui ont subi la dégradation puis les lapins qui sont égorgés et acidifiés.

Il a été également noté que la période expérimentale était dominée par un climat froid et humide dans une période printanière (le mois d'avril) (la température moyenne journalière varie de 12.5°C à 19.1°C, l'humidité relative à 79,8% et la précipitation 43mm). Ces conditions ont prolongé la conservation des cadavres retardant ainsi leur décomposition qui atteint une durée plus de 19 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).

Il a été également noté aussi que l'effet du soleil et du sombre joue un rôle très important dans le processus de décomposition des six cadavres, il est observé que le processus des trois cadavres au sombre a un retard de 6 jours par rapport à celui de la première expérimentation.

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 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 apparition de deux espèces de plantes sauvages autour des cadavres de la première expérimentation (à l'exposition du soleil). Après le troisième jour du dépôt des cadavres, il est remarqué que le processus de développement de la taille des plantes autour des cadavres a été en parallèle dans le temps avec le processus de décomposition des trois cadavres depuis le 1^{er} jour de sacrifice jusqu'aux 9^{eme} jour (du 09.04.2018 jusqu'au 18.04.2018). Par contre il est remarqué une absence totale des plantes dans la 2^{eme} expérimentation qui se caractérise par l'absence de la lumière et la sècheresse du sol.

Tout au long de notre étude, il y'avait eu une succession diversifiée d'insectes nécrophages sur notre substrat. Un total de 36 spécimens a été capturé répartis en deux grands ordres Diptères et Coléoptères. Ces derniers sont répartis en plusieurs familles et plusieurs espèces. Les Diptères de *Calliphoridae* étaient les premiers colonisateurs et les prédominants. Il a été noté que la famille des *Calliphoridae* de l'ordre de Diptère a été active durant la période allant du 09.04.2018 jusqu'au 11.04.2018, alors que les familles de *Muscidae* et *Fannidae* ont intervenu tardivement durant toute la période. La présence de quelques Coléoptères et Hyménoptères et des Araignées a été également observée.

L'identification des individus capturés a révélé la présence de plusieurs espèces appartenant à l'ordre des Diptères (*Calliphoridae*, *Muscidae*, *Fannidea*) et à l'ordre des Coléoptères (*Staphylinidae*, *Silphidae* et *Thanatophilus*).

Durant cette saison printanière, nous avons constaté que les insectes nécrophages sont arrivées durant les heures qui suivent la mort des lapins que ce soit à l'exposition du soleil ou au sombre. Cela peut être dû aux conditions climatiques qui étaient favorables à l'activité des insectes (**Filali, 2010**). Les premiers colonisateurs dans les deux expérimentations étaient les Diptères de la famille des *Calliphoridae* (*Lucilia sericata* et *calliphora vicina*). En effet, dans la première expérimentation *L. sericata* était présente durant les premiers stades de décomposition avec abondance sur les trois cadavres (L 01 ; 02 et 03), puis *C. vicina* qui a été présentement seulement sur les deux cadavres (L 01, 03).

Dans la deuxième expérimentation (au sombre), *C. 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.

Il est intéressant ainsi de se référer à une étude réalisée à Suidania /Alger et Béchar (2017, étude non publiée) durant la même période de notre étude. Qui a démontré que *C. vicina* était la première espèce ayant pondu à Suidania /Alger, similaire à notre cas de la deuxième expérimentation (au sombre). Alors que à Béchar *L. sericata* qui est similaire à notre premier cas qui est exposé au soleil.

Les résultats de l'identification des larves des Diptères nous renseignent sur les espèces qui ont pondu sur les six cadavres d'où leur importance forensique, les résultats obtenus confirment la ponte de *L. sericata* et *C. vicina*. D'autres espèces sont aussi identifiées : *L. silvarum*, *Chrysomya albiceps*, *L. ampullacae*, *Protophormia terraenovae* et *C. vomitoria*.

L. sericata a été identifiée parmi les premiers colonisateurs des cadavres en Algérie (**Filali, 2011, Hamel ; Taleb et al., 2013**). Elle est considérée en Grande-Bretagne comme une espèce indicatrice de la lumière du soleil (**Gennard, 2012**). Cette préférence pour les rayons du soleil explique sa présence dans les parties des cadavres exposés au soleil. Cette espèce a été retrouvée d'une façon abondante au niveau des 3 cadavres au soleil et d'une façon moindre en 3 cadavres mis au sombre.

C.vicina était l'une des espèces les plus fréquentes sur les trois cadavres exposés au sombre. Ces résultats confirment leur importance forensique durant les périodes froides de l'hiver (Wyss *et al.*, 2003 ; Charabidze *et al.*, 2012).

Concernant *L.silvrum*, espèce moins étudiée, a été récemment rapportées en Europe comme nouvelle espèce d'intérêt forensique (Frendt *et al.*, 2012).

Les résultats de l'identification des espèces émergées lors du premier et du 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 *L.sericata* et *C.vicina*.

Trois espèces dans les deux expérimentations ont été identifiées. Ces trois espèces appartiennent à la famille des *Calliphoridae* qui englobe les espèces les plus importantes pour la pratique de l'entomologie forensique. Les espèces de Diptères nécrophages identifiées sont utilisées dans le calcul de l'intervalle post-mortem en étudiant leur cycle biologique (Gennard, 2007)

Le calcul de l'IPM en utilisant la méthode de l'accumulation des degrés jours (ADD) (Marchenko, 2001) a été réalisée avec les espèces de la première génération. Pour le premier élevage effectué le 15.04.2018, les calculs de l'IPM ont été réalisés sur deux espèces : *L.sericata* et *C.vicina* pour les deux expérimentations. Dans la première expérimentation les deux espèces ont pondu le 10.04.2018, 24h après la mort. Ce qui correspond à la diminution de l'activité de ces espèces dans le soir (sans oublier que le sacrifice des lapins a été fait à partir du 12h:50). Dans la deuxième expérimentation y'avais un décalage de 48h entre les espèces ; *C.vicina* a pondu le 10.04.2018, 24h après la mort par contre *L.sericata* a pondu le 12.04.2018, 48h après *C.vicina*. Ce qui correspond à une ponte tardive de cette espèce dans le sombre.

Le 09.04.2018 est la date qui correspond à la mort des animaux. Durant ce jour, nous avons observés l'existence de quelques Diptère sur les cadavres le soir du jour même sans oublier que le sacrifice des animaux a été fait à partir du 12h:50.

Pour le calcul de l'IPM avec la méthode d'accumulation de la température, Marchenko (1990) affirme que la marge d'erreur est de l'ordre de 24 heures, voire inférieur à un jour. Ainsi les deux estimations concordent avec la date de la mort.

De plus le moment de l'oviposition dépend de plusieurs paramètres. Il varie de quelques heures à plusieurs jours (Charabidze *et al.*, 2012 ; Sath *et al.*, 2013 ; Wyss et Cherix, 2013).

Conclusion

Conclusion

Les études sur les Diptères nécrophages en Algérie étant relativement inexistantes et une connaissance approfondie des espèces importantes en entomologies médico-légale s'avèrent indispensable. En effet, les populations des Diptères nécrophages peuvent varier considérablement suivant la région, la saison, l'altitude, la topographie et encore la végétation.

Dans de notre étude, il y'avait eu une succession diversifié d'insectes nécrophages sur notre substrat, un total de 36 spécimens a été capturé repartis en 12 familles. Seulement les mouches de la famille des Diptères *Calliphoridae* étaient les premiers colonisateurs et les prédominant 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* (*L.sericata* et *C.vicina*). En effet, *L.sericata* était présente durant les premiers stades de décomposition avec abondance dans la première expérimentation par contre *C.vicina* était présente durant les premiers stades de décomposition dans la deuxième expérimentation avec abondance. Ces résultats confirment l'importance forensique de ces espèces dans la datation de la mort durant les périodes les plus froides de l'hiver.

Au cours de notre étude, il y'avait eu l'apparition de deux espèces de plantes sauvages autour des cadavres exposé au soleil (*Cynodon dactylon* et *Convolvulus arvensis*). On peut utiliser la taille de l'espèce *Cynodon dactylon* dans la durée de 9 jours après le décès, comme un indice de l'estimation du délai post –mortem.

A partir de ces résultats si on trouve une zone dépourvu des plantes et ensoleillée et cette dernier entouré par des plantes, signifie que cette zone a été couvre par un cadavre ou un objet. On cas de découverte de cadavre dépourvue des plantes soi sous cadavre ou autour de celui-là, signifie que ce dernier a été protégé pour une période puis dépourvu de cette protection ce qui rend l'apparition des plantes. Et on cas de la découverte d'un cadavre ou un objet dans une zone qu'à déjà la présence des plantes, la taille de ces plantes qui se trouve sou cadavre ou objet elle se défaire de celle qui se trouve autour du cadavre ou objet. Donc on peut l'utilisé comme un indicateur du temps pour la présence de ce dernier dans cette zone. Le type des plantes c'est un indicateur pour identifier l'origine géographique de la zone au a été sacrifié le cadavre ou il est déposé l'objet.

Entre autre, les résultats l'expertise réalisée sur les cadavres ont démontrés que la méthode de degré jour (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 étroites, voir au jour près ($\pm 24h$). Alors que le corps atteint un stade de putréfaction avancé.

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 leurs utilisations dans la médecine légale, en employant des méthodes plus 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 réponsus en Algérie nous permettra d'étudier et de constituer nos propres données de température nécessaires pour le développement des espèces trouvées sous nos latitudes, des études doivent être effectuées afin de pouvoir quantifier le temps écoulé entre le décès et la ponte.

- L'amélioration de l'utilisation des larves stériles dans la larvothérapie (les myiases).
- L'amélioration de la botanique forensique par la réalisation d'un Atlas (plante et arbre).
- La connaissance des cycles de développement des plantes.

Résumé

Summary

الملخص

الموجز

Résumé

L'entomologie médico-légale est la science qui applique les connaissances des insectes et d'autres arthropodes aux procédures civiles et pénales. 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 72h, les méthodes médicales ne sont plus applicables et seuls les insectes peuvent aider à estimer la date du décès.

Pour cela nous avons intéressé à étudier l'entomofaune nécrophage associées aux cadavres des lapins dans la région de Guelma durant la saison printanière. Nous avons également suivi le processus de décomposition des cadavres qui ont subi trois types de sacrifices (égorgé, égorgé et acidifié, euthanasie) et l'effet de deux phénomène soleil/sombre sur la décomposition cadavérique 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). Six lapins ont été sacrifié, trois méthodes de décès ont été utilisé, deux facteurs sont appliqué soleil/sombre, leurs vitesse de décomposition sont pas similaire il y'avait eu une succession diversifiée d'insectes nécrophages. Un totale de 36 spécimens a été capturés reparties en 12 familles. Les Diptères de Calliphoridae était 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 accumulées (ADD). Les premiers colonisateurs étaient les Diptères de la famille des Calliphoridae (*Lucilia sericata* et *Calliphora vicina*). En effet, *L.sericata* était présente durant les premiers stades de décompositions avec abondance dans la première expérimentation. Par contre *C.vicina* était présente durant les premiers stades de décompositions avec abondance dans la deuxième expérimentation. Le calcul de l'IPM ont données une estimation proche à 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 – décomposition cadavérique – intervalle post-mortem.

Summary

Forensic entomology is the science that applies knowledge of insects and other arthropods to civil and criminal procedures. The most common objective of forensic entomology expertise, which is a discipline related to forensic medicine, is the estimation of the date of death. Specifically, post-mortem interval (PMI) when death is more than 72 hours, medical methods are no longer applicable and only insects can help estimate the date of death.

For this, we have studied the entomofauna necrophage associated with rabbit corpses in the region of Guelma during the spring season. We also followed the process of decomposing cadavers that suffered three types of sacrifices (slaughtered, slaughtered and acidified, euthanasia) and the effect of two sun / dark phenomena on the cadaverous decay and the succession of insects during this season.

Our study was conducted at the entomology laboratory of the Department of Forensic Medicine, at the National Institute of Forensic Sciences and Criminology of the National Gendarmerie (NCIC / GN). Six rabbits were sacrificed, three death methods were used, two factors are applied sun / dark, their decomposition rates are not similar there had been a diverse succession of necrophagous insects. 36 specimens were captured divided into 12 families. The Diptera of Calliphoridae were the first colonizers and the predominant ones. Adults and larvae were collected. Climatic data were recorded and the calculation of the MPI was done using the accumulated degree-days (ADD) method. The first colonizers were the Diptera of the family Calliphoridae (*Lucilia sericata* and *Calliphora vicina*). Indeed, *L.sericata* was present during the early stages of decompositions abundantly in the first experiment that was exposed to the sun. On the other hand, *C.vicina* was present during the first stages of decompositions with abundance in the second experiment that was put in a hut (the effect of the dark one). The calculation of the IPM gave an estimate close to the date of death.

Thus, 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 necrophagous entomofauna of Algeria.

Key words: forensic entomology - cadaver - Diptera necrophages - cadaveric decomposition - post-mortem interval.

الملخص

علم الحشرات الشرعية هو العلم الذي يطبق المعرفة بالحشرات وغيرها من المفصليات على الإجراءات المدنية والجنائية. الهدف الأكثر شيوعاً لخبرة علم الحشرات الشرعي، وهو تخصص متعلق بالطب الشرعي، هو تقدير تاريخ الوفاة. على وجه التحديد، فترة ما بعد الوفاة (PMI) عندما يتعدى زمن الموت أكثر من 72 ساعة، لم تعد الطرق الطبية قابلة للتطبيق ويمكن للحشرات فقط المساعدة في تقدير تاريخ الوفاة. لهذا، درسنا الـ entomofauna المرتبطة بجثث أرانب في منطقة قالمة خلال موسم الربيع. لقد تابعنا أيضاً عملية تحلل الجثث التي عانت ثلاثة أنواع من التضحيات (ذبج، ذبج وتحمض، الميتة الرحيمة) وتأثير ظاهري الشمس / الظل على الاضمحلال وخمائر الحشرات خلال هذا الموسم. أجريت دراستنا في مختبر علم الحشرات التابع لقسم الطب الشرعي، في المعهد الوطني للأدلة الجنائية وعلم الإجرام التابع للدرك الوطني (INCC / GN) لجأنا إلى دراسة ستة أرانب، تم استخدام ثلاث طرق للوفاة، تم تطبيق اثنين من العوامل الشمس / الظل، ومعدلات تحللها غير متشابهة حيث كان هناك تتابع متنوع للحشرات آكلة الجيف. تم القبض على 36 عينة مقسمة إلى 12 عائلة *Diptera* .. من *Calliphoridae* الأنواع النمطية الأكثر حضوراً. تم جمع الكبار واليرقات. تم تسجيل البيانات المناخية وتم حساب الـ MPI باستخدام طريقة أيام الدرجة المتراكمة (ADD). كانت الأنواع النمطية الأكثر حضوراً والأوائل *Diptera* من عائلة *Calliphoridae* (*Lucilia sericata*) و (*Calliphora vicina*) في الواقع، كان *L.sericata* حاضراً خلال المراحل الأولى من التحلل بوفرة في التجربة الأولى التي تعرضت لأشعة الشمس. من ناحية أخرى، كان *vicina* . حاضراً خلال المراحل الأولى من التحلل مع وفرة في التجربة الثانية التي وضعت في كوخ (تأثير الظل). أعطى حساب IPM تقديراً قريباً من تاريخ الوفاة. وهكذا، فإن النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة يمكن أن تساعدنا على تحسين معرفتنا الأساسية وفهم العلاقة القائمة بين تنوع انتموفونا الحشرات الأكلة للجيف بالجزائر.

الكلمات المفتاحية: علم الحشرات الشرعي -جثة -حشرات آكلات الجيف، -تحلل الجثة - المدى الزمني ما بعد الوفاة

*Références
bibliographiques*

1. Livre :

{A}

📖 **Anderson, G. S. et Van Laerhoven S.L. 1996** - Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*, 41:617-625.

📖 **Amendt, J., C. Campobasso, E. Gaudry, C. Reiter, H. Le Blanc, and M. J. Rhall. 2006** best practice in forensic entomology: standards and guidelines. *Int J. of legal Medicine*: 1-15.

📖 **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.

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

📖 **Amendt, J., Krettek, R., Niess, C., Zehner, R., & Bratzke, H. (2000)**. *Forensic entomology in Germany*. *Forensic Science International*, 113:309–14.

📖 **Anderson, G.S. (2001)** *Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death*. In *Forensic entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations* (ed. by J.H. Costner & J.L. Byrd). CRC Press, Boca Raton, FL, pp.143-169.

{B}

📖 **Benecke M. 2001** - *Forensic entomology: The next step*. *Forensic Science International*, 120 (1-2):1.

📖 **Benecke, M., and R. Lessig. 2001**. *Child neglect and forensic entomology*. *Forensic Sci. Int.* 120: 155-159.

📖 **Benecke M. 2004** *Forensic entomology: Arthropods and Corpses*. In M. Tsokos (éd.), *Forensic Pathology Reviews*, pp. 207-240. Humana Press, Totowa.

📖 **Benecke, M. Joseph, i E., Zwihehoff, R. (2004)** *Neglect of the elderly: forensic entomology cases and considerations*. *Forensic Science International*, 46:195–199.

{C}

📖 **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.

📖 **Campobasso C.R., Di Vella G. et Introna E. 2001** - *Factors affecting decomposition and Diptera colonization*, *Forensic Science International*, 120:18-27.

📖 **Carter, D. O., D. Yellowlees, and M. Tibbett. 2007**. *Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems*. *Naturwissenschaften* 94: 12-24.

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

📖 **Charabidze, D. (2008)** Etude de la biologie des insectes nécrophages et application à l'expertise en entomologie médico-légale. Thèse préparée au sein du laboratoire de l'entomologie de l'institut de médecine légale, école doctorale biologie et santé, Lille, pp.277.

📖 **Charabidze, D., B. Bourel, and D. Gosset. 2007.** Temperature increase and maggot mass: what is really measured, 6th annual meeting of the European Association for Forensic Entomology, Bruxelles (Belgium).

📖 **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.

📖 **Chinery, M. (2005)** Insectes de France et d'Europe occidentale, Paris : Flammarion, pp. 192.

{D}

📖 **Dekeirsschieter, J., Stefanuto, P.H., Brasseur, C., Haubruge, E. & Focant, J.F. (2012)** Enhanced Characterization of the Smell of Death by Comprehensive Two-dimensional Gas Chromatography- time-of-flight Mass Spectrometry (GCxGCTOFMS). *PLoS ONE*. 7(6): 39005.

📖 **Dorothy E. Gennard, 2007;** forensic entomology, an introduction, university of lincoln,UK, cs-books@wiley.co.uk .

📖 **Dekeirsschieter, J., Charabidze, D. & Haubruge, M. (2014)** marcel Leclercq, un pionnier de l'entomologie forensique. In *Insectes, cadavre et scènes de crime: Principe et application de l'entomologie médico-légale* (ed. By D. Charabidze & M. Gosselin). Deboeck, pp. 21-35.

📖 **David B., Riverts, et Dahlem Gregory (2014).** *The Science of Forensic Entomologie*. WILEY BLACKWELL. USA, p : 377.

📖 **Dorothy, E, and Gennard (2007),** FORENSIC ENTOMOLOGY: En Introduction. WILEY p: 221.

📖 **Doumandji S, (2006).** *Congrès International d'entomologie et de Nématologie*, département de zoologie agricole et forestière. Institut national agronomique 16200-ALGER-ALGERIE (congrès international d'entomologie et de nématologie/ institut national agronomique EL-HARRACH ALGER 17-20 AVRIL 2006).

{E}

📖 **Estracanholti, E.S., Kurachi, C., Vicente JR., Campos De Menezes, PF., Castro Silva Junior, O & Bagnato, V S. (2009).** Determination of post-mortem interval using in sit tissue optical fluorescence, optics express, 17:8185-8192.

{F}

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

📖 **Frederickx, C., Dekeirsschieter, J., Verheggen, F. J. & Haubruge, E. (2010)** L'entomologie forensique, les insectes résolvent les crimes. Faunistic Entomology, 63(4), 237-249.

📖 **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.

📖 **Frederickx C., Dekeirsschieter J., Verheggen F.J. et Haubruge E. 2013** - The community of Hymenoptera parasitizing necrophagous Diptera in an urban biotope. Journal of Insect Science, 13:32.

📖 **Fekiri Y, 2014-** Identification et étude de la succession des Diptères nécrophages sur deux Cadavres de sangliers *Sus scrofa* (Linnaeus, 1815) manipulés dans la station vétérinaire de l'université de Blida. Mémoire de Master. Université –Blida 1.

📖 **Filali F. 2011** - Contribution à l'étude de la colonisation préférentielle d'un cadavre animal par les insectes nécrophages. Mémoire de Master, Université Mentouri Constantine, 38 p.

{G}

📖 **Gaudry E., Dourel L., Chauvet B., Vincent B. et Pasquerault T. 2007** - L'entomologie légale : lorsque insecte rime avec indice. Revue Francophone des Laboratoires, 392:23-32.

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

📖 **Gomes, L., Godoy, W. & Von Zuben, C.J. (2006)** A review of post feeding larval dispersal in blowflies: implications for forensic entomology. Naturwissenschaften, 93(5): 207-215.

📖 **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.

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

📖 **Gaudry E., Dourel L., Chauvet B., Vincent B. & Pasquerault T. (2007).** L'entomologie légale : lorsque insecte rime avec indice. Revue Francophone des laboratoires 392, p. 23-32.

{H}

📖 **Haskell, N.H., Hall R.D., Cervenka, V.J & Clark, M.A. (1997).** On the body : insect's life stage presence and their post mortem artifacts, forensic taphonomy, the post mortem fate of human remains, New York : CRC press.

📖 **Hall R.D. 2001-**Introduction: Perceptions and status of forensic entomology. In J. H. Castner and J. L. Byrd (éds.), *Forensic Entomology: the Utility of Arthropods in Legal investigations*, pp.1-16. CRC Press, Boston.

📖 **Hall R.D. et Huntington T.E. 2009 -** Introduction: Perception and Status of Forensic Entomology. In J.H. Castner and J.L. Byrd (éds.), *Forensic Entomology: the Utility of arthropods in Legal Investigations*, pp. 1-16. CRC Press, Boca Raton, Florida.

📖 **Hamel K. 2011-** Contribution à L'étude de l'influence de la température sur le développement des insectes nécrophages. Mémoire de Master. Université Mentouri Constantine, 58 p.

{I}

📖 **Ireland, S. & Turner, B. (2006).** The effects of larval crowding and food type on the size and development of blowfly, *Calliphora vomitoria*. *Forensic Science International*, 159:157-181.

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

{J}

📖 **Journal officiel** de la république algérienne démocratique et populaire, convention et accord internationaux, lois et décrets arrêtés, décision, avis, communication et annonces ; mercredi 26 safar 1426 correspondant au 6 avril **2005**, n^o 5, 44^{eme} année.

📖 **Journal officiel** de la république algérienne démocratique et populaire, convention et accord internationaux, lois et décrets arrêtés, décision, avis, communication et annonces ; mercredi 23 moharam 1432, correspondant au 29 décembre **2010**, n^o 79, 49^{eme} année.

{K}

📖 **Kreitlow, K.L.T. (2010)** Insect succession in natural environment. In *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. (Ed. by J.H. Byrd & J.L. Castner 2nd edn), CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 251–270.

{L}

📖 **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. & Verstraeten, C. (1992)** Eboueurs entomologiques bénévoles dans les écosystèmes terrestres. Notes Fauniques de Gembloux, 25: 17-23.

📖 **Leclercq M. et Brahy G. 1985-** Entomologie et Médecine légale. Datation de la mort. Journal de Médecine Légale Droit Médical, 28:271-278.

{M}

📖 **Marchenko, M. I. 1988.** Medico-legal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time since death. Acta. Med. Leg. Soc. 38: 257-302.

📖 **Messaoudi et Kasmi ,2017.** Contribution à l'étude de l'influence du climat sur le développement des insectes nécrophages et évolution post-mortem de quelques espèces bactériennes. Mémoire de master. Université de Bejaïa, 52p.

{P}

📖 **Payne, J. A. 1965.** A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* (Linnaeus). Ecology 46: 592-602.

{R}

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

{S}

📖 **Smith, K.G.V. (1986).** A Manual of Forensic Entomology. Ithaca, Comstock Publishing Associates, Cornell Univ Pr. 205.

📖 **Szpila K. 2010-** Key for the identification of third instars of European blowflies (*Diptera: Calliphoridae*) of forensic importance. In J. Amendt, C.P. Campobasso, M.L. Goff and M. Grassberger (éds.), Current concepts in forensic entomology, pp.43-56. Springer, Dordrecht-Heidelberg- London-New York.

📖 **Szpila K. 2012-** Key for identification of European and Mediterranean blowflies (*Diptera, Calliphoridae*) of medical and veterinary importance - adult flies. In D. Gennard (éd.), Forensic entomology: An introduction, pp. 77-81. Willey-Blackwell, London

📖 **Szpila K., Andrezej G. 2012** - Forensically important Diptera. Identification workshop, 9th meeting of the European Association for Forensic Entomology, 23rd-27th avril 2012, Torun (Pologne).

📖 **S. Ireland et B Turner:** The effects of larval crowding and the food type on the size and development of the blowfly, *Calliphora vomitoria*. Forensic Science International, 159:175–181, 2006.

{T}

📖 **Tomberlin, J.K., Mohr, R., Benbow, M.E., Tarone, A.M. & VanLaerhoven, S. (2011).** A roadmap for bridging basic and applied research in forensic entomology. *Annual Review of Entomology*, 56: 401–421

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

📖 **Turchetto M. et Vanin S, Forensic entomology and climatic change. Forensic Science international (2004), 146S:S207-S209.**

📖 **Taleb M., Djedouani B., Moussa M. et Tail G. 2013-** étude de la colonisation d'un cadavre animal par les diptères nécrophages. XVII^{ème} journée national de parasitologie-mycologie, 9mai 2013, institut pasteur d'Algérie, Alger.

{V}

📖 **Vass, A.A., Smith, R.R., Thompson, C.V., Burnett, M.N., Wolf, D.A., Synsteliën, J.A., Dulgerian, N. & Eckenrode, B.A. (2004)** Decompositional Odor Analysis Database. *Journal of Forensic Sciences*, 49: 760-769.

{W}

📖 **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. (2013)** *Traite d'entomologie forensique : Les insectes sur la scène de crime.* 2ème édition revue et augmentée. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne (Suisse).

📖 **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. Charabidze & M. Gosselin). Deboeck, pp. 59-78.

2. Sites web:

- [1]. [www. Laboratoire d'anthropologie anatomique et de paleopathologie de lyon.fr](http://www.Laboratoire d'anthropologie anatomique et de paleopathologie de lyon.fr)
- [2]. www. Cadavre momifié. Com
- [3]. www. Cadavre momifié au Sahara. Com
- [4]. www. Cadavre submergé dans l'eau. Com
- [5]. www.mdn.dz
- [6]. www. Dégradation du corps après la mort au niveau macroscopique et microscopique. Com
- [7]. www. Institut national de criminalistique et de criminologie de bouchaoui. Com
- [8]. www. Maps place boumahra ahmed. Com
- [9]. www.google.com/maps/@36.4547806,7.513123,1668m/data=!3m1!1e3
- [10]. www.google.com/maps/@36.4510476,7.5162859,186m/data=!3m1!1e3
- [11]. www. Médecine sciences. org

Annexe

Annexe

Annexe 1 : Quelques aspects biochimiques de l'évolution post mortem

Les processus évolutifs du corps peuvent se diviser schématiquement en processus de dégradation (la putréfaction) et en processus de conservation (la transformation adipocireuse et la momification). Étudions-les sur base des quelques notions biochimiques connues à l'heure actuelle.

1. Évolution putréfactive

Rappelons les divers stades évolutifs par lesquels passe le corps à savoir :

- ✓ Corps frais,
- ✓ Phase de décomposition initiale,
- ✓ Phase de décomposition avancée,
- ✓ Phase de dessiccation et de squelettisation, cette dernière étant elle-même divisée en étapes successives.

Cette évolution est détaillée dans le tableau 4.1. Au départ et avec l'autolyse cellulaire, se crée un environnement quasi exclusivement anaérobie, en raison de la pullulation très rapide des bactéries du côlon. Il s'agit :

- Dans une proportion de 96 à 99 % : de germes anaérobies (lactobacilles anaérobies, *clostridia*, streptocoques anaérobies) ;
- De 01 à 04 %: germes aérobies (coliformes gram négatif, entérocoques, *proteus*, *Pseudomonas* (**Haglund et Sorg, 1997**)).

Une dégradation rapide des protéines, acides aminés, hydrates de carbone, lipides, acides gras divers, est ainsi mise en mouvement. C'est elle qui est génératrice de la triple évolution corporelle soit l'odeur, la couleur, et l'apparence (gonflement par les liquides et les gaz). Les bactéries par leurs exoenzymes, dégradent les protéines et réduisent ainsi ces macromolécules en acides aminés (**Haglund et Sorg, 1997**).

Leurs endoenzymes détruisent ensuite les acides aminés, notamment par réactions de décarboxylation et de déamination. La décarboxylation est génératrice d'amines putréfactives (putrescine et cadavérine), tandis que la déamination est productrice d'ammoniac notamment. Divers exemples de dégradation d'acides aminés spécifiques (variant en fonction de leurs

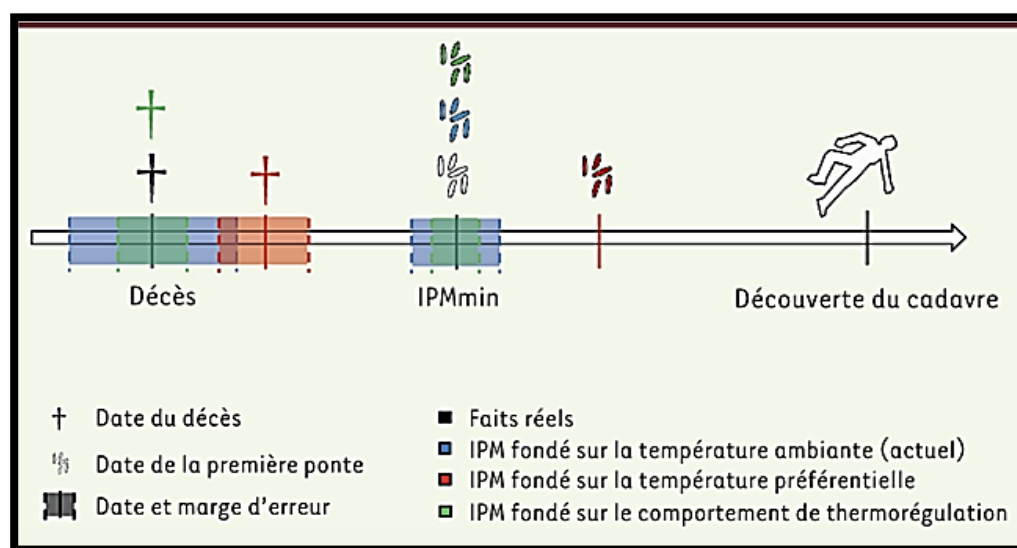
		Rigor mortis	Hypostase	Coloration	Gaz	Odeur putréfactive	Gonflement et décollement épidermique	Destruction des tissus biologiques	Transformation des tissus biologiques
0 Corps frais									
Putréfaction									
I	J2	Disparition	Fixée			Début			
II	J3	Disparition	Intensité maximum	Tache verte abdominale présente			Début	Hémolyse	Dessiccation possible des extrémités
III	>J3	Disparition		Changement possible de coloration de la tête	Production	Présence	La peau se détache facilement	Hémolyse+++	
Gonflement									
IV	Parfois des jours 3						Gonflement débutant		
V	Très fréquent à partir de J7			Coloration progressive de la tête, de l'abdomen, du thorax, des épaules	Production	Présence	Gonflement modéré		
Destruction									
VII résolution de la putréfaction et dessiccation débutante	Entre J8 et M1 à M2				Émission propagation des gaz			Destruction totale du sang Affaissements cavitaires Destructions tissulaires	Adipocire momification

								Squelettisation partielle débutante	
VIII dessiccation avancée	Entre M2 et M6 à M9							Squelettisation partielle	
IX squelette en connexion	Entre M2 et M9							Ligaments encore présents	
X Désarticulation du squelette	Entre M12 et M18							Disparition des tissus mous et désarticulation des os	

Annexe 1 : Stade classique de dégradation du corps (**Beauthier, 2008**).

La chronologie est donnée à titre purement : indicatif. Celle-ci étant : extrêmement : variable. Dépendant : des conditions endogènes et exogènes dans lesquelles se trouve le corps en dégradation.

Annexe 2 : Représentation des estimations de la date du décès en fonction du paramètre utilisé pour le calcul de l'IPM minimum [11].



En noir, ce qui s'est réellement passé. En bleu, le calcul actuel, en utilisant la température ambiante et les marges d'erreur associées. En rouge, le calcul en utilisant la température préférentielle qui surestime la vitesse de développement. En vert, le calcul en utilisant le comportement de thermorégulation qui permet de réduire la marge d'erreur et d'affiner l'expertise. IPM : intervalle *post-mortem*.

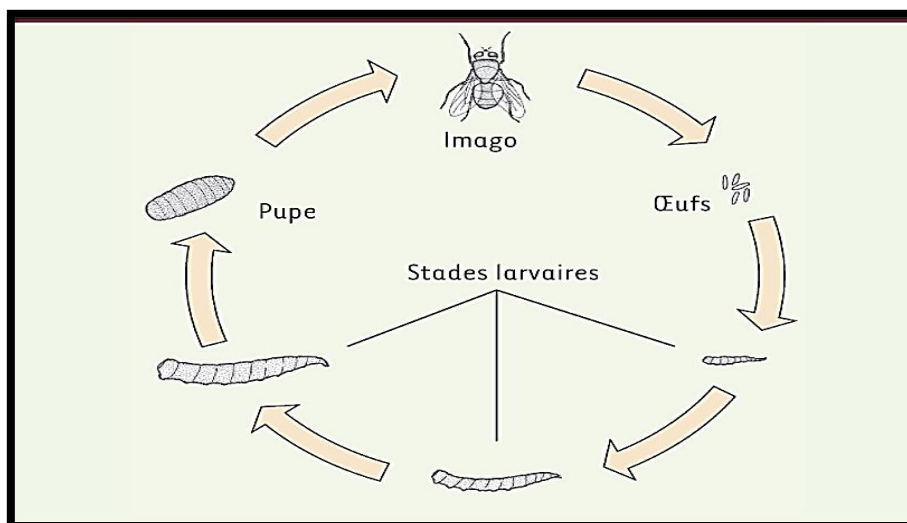
Annexe 3 : Evolution des escouades sur les cadavres à l'air libre (Beauthier, 2008).

escouades	Insectes & Acariens	État du corps	Intervalle post mortem approximatif
1 ^e	Mouches calliphorides <i>Calliphora vicina</i> <i>Calliphora vomitoria</i> <i>Lucilia spp.</i> <i>Muscides</i> <i>Musca domestica</i> <i>Musca autumnalis</i> <i>Muscina stabulans</i> (malgorn et Coquoz, 1999)	Frais et récent (variable avec la saison, les températures).	3 premiers mois.
2 ^e	Mouches sarcophagides parfois avec la première. <i>Calliphorides</i> <i>Cynomyia mortuorum</i>	Odeur développé	
3 ^e	Coléoptères dermestes Papillons pyralides <i>aglossa sp.</i>	Graisse rance	
4 ^e	Mouches : <i>piophilides</i> , <i>milichiides</i> , <i>fanniides</i>	Après la fermentation butyrique et « caséique »	3 à 6 mois

	<i>Drosophilides, sepsides, sphaerocerides, syrphodes, ephydrides.</i> <i>Coléoptère clerides corynetes, necrobia.</i>		
5 ^e	Mouches muscides <i>hydrotaea (ophyra)</i> phorides Thyreophorides Coléoptères silphides Coléoptères histerides	Fermentation ammoniacale évaporation des liquides sanieux	4à8 mois
6 ^e	Acariens	Décomposition progressive du substrat	6à12 mois
7 ^e	Coléoptères dermestides <i>attagenus pellio</i> <i>Dermestes maculatus</i> Papillons <i>tineides tineola</i> et <i>monopis</i>	Complètement sec	1à3 ans
8 ^e	Coléoptères <i>ptinides ptinus brunneus</i> <i>Tenebrionides</i> <i>Tenebrio obscurus</i>	Complètement sec	3ans et plus

Annexe 4 : Evolution des escouades sur les cadavres inhumés (Beauthier, 2008).

Escouades	Insectes et acariens	Intervalle post mortem approximatif
1 ^e	<i>Calliphora</i> <i>Muscina stabulans</i>	
2 ^e	<i>Hydrotaea (ophyra)</i>	
3 ^e	Phorides <i>conicera sp.</i> Moucherons pouvant voler au niveau du sol ou se trouve un cadavre enfoui	1an
4 ^e	Coléoptère rhizophagides <i>rhizophagus Parallelicollis</i> stabphylinides	2ans

Annexe 5 : Cycle de développement ou métamorphose complète des diptères *Calliphoridae* [11].

L'adulte (ou imago) pond ses œufs sur le corps. Les larves qui en résultent subiront trois stades de développement avant de se transformer en cocon, la puppe, d'où émergera le nouvel adulte.

Annexe 6 :

Vue de Boumahra Ahmed par satellite [9].



Site d'expérimentation (Boumahra Ahmed) [10].