

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
العلمي البحث و العالي التعليم وزارة
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
قسنطينة منتوري الإخوة جامعة
Université Frères Mentouri Constantine
Faculté des Science de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale

N° d'ordre

N° de série

THESE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT 3^{EME} CYCLE

Spécialité : Biologie Animale

Option : Biodiversité et Ecologie des Arthropodes

**Prospection entomologique et bio-écologie des
insectes nécrophages sur deux substrats
mammifères – importance médico-légale des
Coléoptères (Insecta: Coleoptera)**

Présentée par :
GUERROUDJ FATIMA – ZOHRA

Devant le jury :

Président : Pr. Louadi Kamel Université des Frères Mentouri Constantine
Directrice de thèse : Pr. Berchi Sélima Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie

Examineurs:

Pr. Boudjelida Hamid Université Badji Mokhtar Annaba
Pr. Boudah Abdennacer Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie

Constantine

Dr. Benkenana Naima Université des Frères Mentouri Constantine

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

Avant d'exposer les résultats de mon travail, je tiens à exprimer ma reconnaissance et mes remerciements à tous ceux qui ont contribué à les réaliser et ceux qui m'ont fait l'honneur de les juger.

A Mlle le Professeur BERCHI Sélina

Je tiens à vous témoigner ma gratitude pour avoir dirigé ce travail et de m'avoir consacré un temps précieux malgré la charge de vos responsabilités. Je vous suis surtout reconnaissante de m'avoir permis de faire mes premiers pas dans le monde de la recherche, lors de mon Master ; de m'avoir fait confiance malgré quelques difficultés à saisir certaines subtilités de mon travail. Je vous remercie vivement.

A Mr. Le Professeur LOUADI Kamel

C'est pour moi un honneur de vous avoir en tant que président de ce jury. Je vous remercie d'avoir accepté de présider et de juger ce travail. Je vous remercie également pour vos encouragements et aussi pour vos conseils avisés tout au long de la réalisation de cette étude. Veuillez trouver ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

J'adresse mes sincères remerciements à Mr. le professeur BOUDJELIDA Hamid du Laboratoire de biologie animale appliquée, université Badji Mokhtar Annaba et à Mme le Docteur BENKENANA Naïma qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail. Ces remerciements vont également à Mr. Le

Professeur BOUDAH ABDENACER de l'Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie pour avoir accepté d'être membre du jury pour évaluer mon travail sur les insectes nécrophages sachant qu'il porte un intérêt particulier pour ces "bestioles"

Je remercie tous les membres du laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, professeurs et étudiants anciens et nouveaux, que j'ai pu côtoyer durant mes années passées au laboratoire.

Mes vifs remerciements vont également à Fouad, ingénieur du laboratoire pour sa gentillesse et sa disponibilité de tous les instants.

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, Université de Constantine, Algérie et je remercie Mr. Le Professeur LOUADI Kamel ex Directeur du laboratoire d'avoir mis à ma disposition les moyens matériels pour mener au mieux, mes expérimentations.

A titre plus personnel, je veux remercier mes chers parents qui m'ont toujours fait confiance, qui ont cru en moi et qui m'ont donné les moyens d'arriver jusqu'ici. Un immense merci à mon mari qui a fait preuve de patience et qui aura été avec mes petits anges RYM et ABDERRAHMENE d'un soutien tout aussi inébranlable.

Sommaire

INTRODUCTION.....	
Contexte et problématique.....	01
CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	
1.1. Historique de l'entomologie forensique et données actuelles	04
1.2. Utilité des insectes nécrophages.....	05
1.2.1. Datation de la mort et notion de l'intervalle post mortem IPM	06
1.2.1.1. Datation à court terme (ou IPM court)	08
1.2.1.2. Datation à long terme (ou IPM long).....	08
1.2.1.2.1. Notions d'escouades	08
1.3. Le cadavre en tant qu'écosystème.....	09
1.3.1. Classification des stades de décomposition d'un cadavre.....	13
1.3.1.1 Le stade frais/ initial	13
1.3.1.2 Le stade de gonflement.....	13
1.3.1.3 Le stade de décomposition avancée	14
1.3.1.4 Le stade de dessèchement / squelettisation.....	14
1.3.2 Impact de certains facteurs sur la décomposition d'un corps	15
1.4. La colonisation d'un cadavre par les Arthropodes	16
1.4.1. Aperçu systématique des insectes nécrophages	17
1.4.1.1. Les Diptères	18
1.4.1.2. Les Coléoptères	18
1.5. Importance des Coléoptères en entomologie forensique.....	20
1.5.1. Les Silphidae	21
1.5.1.1. Bioécologie des Silphidae	21
1.5.1.2. Cycle de développement des Silphinae	22
1.5.2 Les Dermestidae	23
1.5.2.1 Bioécologie des Dermestidae	23
1.5.2.2 Cycle de développement des Dermestes	23

CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES	
2.1. Site d'étude	25
2.2. Période d'étude et choix des modèles biologiques	25
2.3. Suivi des stades de décomposition du cadavre au cours du temps	27
2.3.1. Mesures environnementales	27
2.3.2. Méthodes d'échantillonnages	28
2.3.3. Traitement au laboratoire des insectes récoltés	29
2.3.3.1. Méthodes de conservation et de montage des échantillons au laboratoire	29
2.3.3.2. Identification des espèces récoltées.....	30
2.4. Suivi du cycle de développement de <i>Silpha rugosa</i> et <i>Dermestes peruvianus</i>	30
2.4.1. Méthode d'élevage	30
2.4.2. Analyse morphométrique	32
2.5. Méthodes d'exploitation des résultats.....	32
2.5.1. Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition.....	32
2.5.1.1. Richesse spécifique totale (S) et moyenne (Sm)	32
2.5.1.2. Abondance (A).....	33
2.5.1.3. Abondances relatives ou Fréquences centesimales (%).....	33
2.5.2. Exploitation des résultats par des indices écologiques de structure.....	33
2.5.2.1. Indice de Shannon- Weaver (H') et indice d'équitabilité de Piélou (E).....	33
2.5.2.2. Indice d'équitabilité de Pielo (E).....	34
2.5.3. Exploitation des résultats par l'analyse de la variance (ANOVA).....	34
CHAPITRE 3. RESULTATS.....	
3.1. Composition taxonomique de la faune nécrophage.....	36
3.1.1. Inventaire systématique.....	36
3.2. Evolution des stades de décomposition.....	40
3.2.1. Effet de la température sur la durée de décomposition cadavérique	44
3.2.2. Arrivée des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition	44
3.2.3. Arrivée des groupes écologiques sur des cadavres en décomposition	51
3.3. Indices écologiques de composition.....	53

3.3.1. La richesse spécifique	53
3.3.2 Abondances relatives des familles d'insectes identifiées au cours des saisons	54
3.3.2.1 Abondances relatives sur le chien adulte et le chiot au printemps	54
3.3.2.2 Abondances relatives sur le chien adulte et le lapin en été	55
3.3.2.3 Abondances relatives des espèces récoltées sur le chien adulte et le lapin durant la saison autumnale	56
3.3.2.4 Abondances relatives des espèces récoltées sur le chien adulte et le lapin durant la saison hivernale	57
3.4. Les indices écologiques de structure	58
3.4.1. Evolution de l'indice de diversité maximale H' max, l'indice de Shannon-Weaver H' et Equitabilité E	58
3.4.1.1. Evolution de l'indice de diversité maximale sur les cadavres adultes	59
3.4.1.2. Evolution de l'indice de diversité maximale sur les cadavres jeunes	59
3.4.1.3. Evolution temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur les cadavres adultes et jeunes	60
3.4.1.3.1. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre du chiot durant la saison printanière	60
3.4.1.3.2. Variation de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre du chien adulte durant la saison printanière	62
3.4.1.3.3. Variation de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre de lapin durant la saison estivale	63
3.4.1.3.4. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le Cadavre du chien adulte durant la période estivale	64
3.4.1.3.5. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre de lapin durant la saison automnale	65
3.4.1.3.6. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre du chien adulte en automne	66
3.4.1.3.7. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre de lapin en hiver	67
3.4.1.3.8. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre du chien adulte en hiver	68
3.5. Analyse de la variance ANOVA	70
3.6. Cycle de vie de <i>Silpha rugosa</i> L.	75
3.6.1 Test de la variance ANOVA	77
3.7. Cycle de vie de <i>Dermestes peruvianus</i>	79

3.7.1 Test de la variance ANOVA.....	82
CHAPITRE 4. DISCUSSION	
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	97
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	99

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Ecosystème du cadavre	10
Figure 2. Schéma des relations trophiques liant les différents groupes écologiques présents sur un cadavre.....	11
Figure 3. Morphologie générale d'un Coléoptère (<i>goliath Goliathusgiganteus</i>), dont les différentes parties du corps ont été séparées.	17
Figure 4 : Les larves des coléoptères. De gauche à droite : les familles de Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae et Dermestidae	19
Figure 5. Mise en cage du cadavre du chien adulte.....	26
Figure 6. Mise en cage du cadavre du chiot	27
Figure 7. La station météorologique	28
Figure 8. Piège au sol de type Barber	29
Figure 9. Mise en élevage des Coléoptères	31
Figure 10. Fréquences relatives des Diptères et Coléoptères récoltés sur les huit cadavres.....	36
Figure 11. Fréquences relatives des familles de Diptères et de Coléoptères récoltés	37
Figure 12. Stades de décomposition des huit cadavres expertisés	43
Figure 13. Effet de la température sur la durée de décomposition des huit cadavres expertisés	44
Figure 14. Effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition des huit cadavres	45
Figure 15. Effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition de l'ensemble des huit cadavres.....	46
Figure 16. Effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition de l'ensemble des grands cadavres	46
Figure 17. Effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition des petits cadavres	47
Figure 18. Effectifs des familles des Diptères en fonction de stades de décomposition des grands cadavres.....	48

Figure 19. Fréquences relatives des espèces de Coléoptères en fonction des stades de décomposition des grands cadavres	49
Figure 20. Effectifs des familles des Diptères en fonction de stades de décomposition des petits cadavres.....	49
Figure 21. Fréquences relatives des espèces de Coléoptères en fonction des stades de décomposition des petits cadavres	50
Figure 22. Fréquences relatives des cinq groupes écologiques en fonction des stades de décomposition sur les huit cadavres.	51
Figure 23. Fréquences relatives des Coléoptères selon les cinq groupes écologiques en fonction des stades de décomposition des grands cadavres.....	52
Figure 24. Fréquences relatives des Coléoptères selon les cinq groupes écologiques en fonction des stades de décomposition des petits cadavres.....	53
Figure 25. Représentation de la richesse spécifique dans les 8 cadavres	54
Figure 26. Fréquences relatives des familles des insectes identifiés sur les deux cadavres (chien adulte et chiot) durant la saison printanière	55
Figure 27. Fréquences relatives des familles d'insectes identifiés sur les deux cadavres (chien adulte et lapin) durant la saison estivale	56
Figure 28. Fréquences relatives des familles d'insectes identifiés sur les deux cadavres (chien adulte et lapin) durant la saison estivale	57
Figure 29. Fréquences relatives des familles des insectes identifiés sur les deux cadavres (chien adulte et lapin) durant la saison hivernale.....	58
Figure 30. Diversité maximale observée sur les grands cadavres	59
Figure 31. Diversité maximale observée sur les petits cadavres	60
Figure 32. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et de l'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre « chiot »	61
Figure 33. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre de chien adulte observé au printemps.....	63
Figure 34. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre de lapin durant la période estivale	64

Figure 35. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre de chien adulte durant la saison estivale.....	65
Figure 36. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre du lapin.....	66
Figure 37. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre du chien adulte.....	67
Figure 38. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre du lapin.....	68
Figure 39. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre du chien adulte.....	69
Figure 40. Boite à moustache montre les écarts entre les moyennes des effectifs de Diptères et Coléoptères récoltés sur les deux substrats chien adulte / chiot au printemps.....	71
Figure 41. Boite à moustache montre les écarts entre les moyennes effectives de Diptères et Coléoptères récoltés sur les deux substrats chien adulte /lapin durant la saison estivale.....	72
Figure 42. Boite à moustache montre les écarts entre les moyennes effectives de Diptères et Coléoptères récoltés sur les deux substrats chien adulte /lapin en automne.....	73
Figure 43. Boite à moustache montre les écarts entre les moyennes effectifs de Diptères et Coléoptères récoltés sur les deux substrats chien adulte /lapin durant la saison hivernale.....	75
Figure 44. Courbe de croissance de <i>Silpha rugosa</i> (Linnaeus, 1758) à 23°C et 26°C.....	78
Figure 45. Courbe de croissance de <i>Dermestes peruvianus</i> (Laporte de Castelnau, 1840).....	82

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Facteurs affectant le processus de décomposition (d'après Mann et <i>al.</i> , 1990).	16
Tableau 2. Périodes des expériences et poids des substrats expertisés.....	26
Tableau 3. Checklist des espèces de Coléoptères identifiées sur les huit cadavres.....	39
Tableau 4. Checklist des espèces de Diptères identifiées sur les huit cadavres	40
Tableau 5. Durée en jours des différents stades de décomposition des modèles	41
Tableau 6. Distribution de la richesse spécifique dans les 8 expérimentations.....	53
Tableau 7. Modèle linéaire général : effectif des Diptères récoltés en fonction de la taille du cadavre	70
Tableau 8. Modèle linéaire général : effectif de Coléoptères récoltés en fonction de la taille du cadavre	70
Tableau 9. Modèle linéaire général : Effectifs des Diptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) durant la saison estivale.....	71
Tableau 10. Modèle linéaire général : Effectifs des Coléoptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte /lapin) durant la saison estivale	72
Tableau 11. Modèle linéaire général : Effectifs des Diptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) durant la saison automnale	72
Tableau 12. Modèle linéaire général : Effectifs des Coléoptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) durant la saison automnale.....	73
Tableau 13. Modèle linéaire général : Effectifs des Diptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) en hiver.....	73
Tableau 14. Modèle linéaire général : Effectifs des Coléoptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) en hiver	74
Tableau 15. Observation journalière du développement de <i>Silpha rugosa</i> mis en élevage dans.....	74
Tableau 16. Observation journalière du développement de <i>Silpha rugosa</i> mis en élevage dans l'étuve (26°C)et humidité (70%)	77
Tableau 17. Modèle linéaire général : longueur de larves de <i>Silpha rugosa</i> en fonction de la température d'élevage	77
Tableau 18. Observation journalière du développement de <i>Dermestes peruvianus</i> à 36°C/45%	80

Tableau 19. Observation journalière du développement de *Dermestes peruvianus* à 40°C..... 81

Tableau 20. Modèle linéaire général : longueur de larves de *Dermestes peruvianus* en fonction de la température d'élevage 82

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Contexte et problématique

L'idée d'utiliser les insectes dans les enquêtes criminelles est ancienne (Benecke, 2001, 2004 ; Gennard, 2007); la première affaire criminelle résolue avec l'aide des insectes remonte au 13^{ème} siècle, en Chine. Bien plus tard, vers la fin du 19^{ème} siècle, les premiers fondements scientifiques de l'utilisation des insectes nécrophages ont été menés sur la base des travaux de Megnin (1828-1905). Depuis cette époque, l'entomologie criminelle a réellement évolué.

Juste après la mort d'un animal, ce dernier est rapidement visité et colonisé par de nombreux organismes tels des bactéries, des champignons, des oiseaux, des mammifères ou encore par des arthropodes avec une nette prépondérance d'insectes nécrophages (Carter *et al.*, 2007). Le rôle de ces insectes est important voire même, essentiel dans le processus de décomposition d'un cadavre et constituent de ce fait, d'excellents indices entomologiques retrouvés sur le lieu d'un crime ou d'une mort suspecte. Ces indices peuvent aider à dater la mort d'un cadavre, à déterminer le lieu géographique et même la saison. Ils permettent également d'élucider la cause de la mort et même indiquer si le corps a été déplacé ou si il y a eu ingestion de drogues (Beyer *et al.* 1980, Haskell *et al.* 1997, Amendt *et al.* 2004).

Concernant l'implication des Diptères dans la décomposition d'un cadavre, plusieurs travaux ont été réalisés (Wyss et Cherix, 1999, Dekeirsschietr *et al.*, 2010, Gosselin *et al.*, 2011, Matuszewski *et al.*, 2014, Boulkenafet *et al.*, 2015, Odat *et al.*, 2015).

Il existe également d'autres ordres d'insectes nécrophages comme les Coléoptères, négligés en entomologie forensique et qui peuvent avoir des applications dans l'estimation de l'intervalle post-mortem (IPM) d'un cadavre (Midgley, 2007 ; Goff, 2010 ; Midgley *et al.*, 2010). En effet, à un stade de décomposition avancé, les Coléoptères étant plus nombreux que les Diptères, auraient un rôle dans l'estimation de cet IPM. Cette estimation pourraient alors apporter des indications précieuses lors d'une investigation en entomologie médico-légale (Braack, 1987 ; Anderson, 2001).

Après une recherche bibliographique minutieuse sur les insectes nécrophages, nous avons pu constater que peu de travaux se rapportent aux Coléoptères. A ce titre nous pouvons citer ceux qui se sont intéressés à leur systématique et leur écologie (Hanski, 1989, Hocking *et al.*, 2007, Zhantev, 2008, Rosenbaum *et al.*, 2016), à la bioécologie et leur développement (Merrick et Smith, 2004, Menezes *et al.*, 2005, Midgley et Villet, 2009, Velásquez et Vilorio, 2009, Woodcock *et al.*, 2013, Charabidze *et al.*, 2015) et aux substances volatiles émises par

un cadavre et facilement détecté par les Coléoptères (Von hoermann *et al.*, 2012, 2013). Citons également des auteurs qui se sont intéressés à l'intérêt forensique des Coléoptères (Hastir et Gaspar., 2001, Dekeirsschieter *et al.*, 2010, 2011, 2012, Midgley *et al.*, 2010, Anton *et al.*, 2011, Mise *et al.*, 2012, Charabidze *et al.*, 2013, Prado e castro *et al.*, 2013, Keshavarzi *et al.*, 2015), et bien d'autres.

En Algérie, les travaux traitant l'entomologie médico-légale sont très récents et fragmentaires, ils concernent principalement les Diptères. Nous pouvons citer ceux de Bensaada *et al.* (2014), Boulkenafet *et al.* (2015) et Smari et Louadi., (2016). D'autres travaux relèvent d'une initiation dans cette discipline (Benmira, 2010, Ramdane, 2011, Nia 2012, Djeghar et Roubhi, 2013, Bouchehit, 2014). A l'heure actuelle, aucune étude sur l'intérêt forensique des Coléoptères n'a été réalisé en Algérie.

Dans cette perspective nous avons comme objectif d'étudier la succession saisonnière des insectes nécrophages (Diptères et Coléoptères) sur des cadavres animaux. Une préoccupation particulière pour les Coléoptères permettra de fournir un profil dynamique de l'abondance saisonnière des espèces nécrophages et évaluer leur intérêt dans les sciences forensiques.

Un autre objectif relatif aux informations précises sur le développement des espèces de Coléoptères nécrophages, doivent être générées. A cet effet, un élevage des espèces de cet ordre les mieux représentées durant nos investigations, feront l'objet d'une étude afin de déterminer l'effet de la température sur leur développement. Cela permettra de rendre compte de leur intérêt comme bio-indicateur dans les sciences forensiques.

Pour mener à terme nos objectifs, nous avons structuré notre étude autour de quatre chapitres.

Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique dans laquelle est exposée un historique de l'entomologie forensique, le cadavre en tant qu'écosystème, les arthropodes associés aux cadavres et l'utilité des Coléoptères en entomologie forensique.

Dans le second chapitre, nous présentons le matériel et les méthodes utilisés à savoir le site d'étude ainsi que les modèles animaux utilisés pour nos expérimentations. La méthode d'échantillonnage sur les substrats, les traitements et l'identification des insectes nécrophages récoltés, sont également rapportées, tout comme les indices écologiques de composition tel que la richesse spécifique, les indices écologiques de structure comme l'indice de Shannon et l'équitabilité. L'analyse statistique uni-variée (ANOVA), est proposé pour exploiter nos résultats.

Le troisième chapitre rassemble les résultats obtenus au cours de nos investigations sur terrain à savoir, les stades de décomposition du cadavre, l'inventaire entomologique des insectes nécrophages et les résultats des élevages menés au laboratoire sur deux espèces de Coléoptères: *Silpha rugosa* (Linnaeus, 1758) et *Dermestes peruvianus* (Laporte de Castelnau, 1840).

Le quatrième chapitre est consacré à la discussion des résultats, en références à des travaux réalisés, de par le monde.

Enfin, la conclusion récapitule d'une manière synthétique les principaux résultats obtenus, mettant l'accent sur des perspectives de travaux à envisager. De nouvelles voies d'approches telles que l'étude du cycle de développement élargie à plusieurs températures mais aussi l'implication réelle des Coléoptères dans la décomposition d'un substrat pourraient faire l'objet d'une étude afin de confirmer le rôle bioindicateur des Coléoptères.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Historique de l'entomologie forensique et données actuelles

L'entomologie forensique est une discipline qui consiste en l'étude des insectes à des fins médicales et juridiques. D'où le terme d'entomologie médico-légale (Hall, 2001).

Le premier cas d'entomologie forensique qui date du 13^{ème} siècle retrace un événement où l'implication des insectes est actuellement bien établie. En effet, à la suite de la découverte d'un cadavre dans une rizière, tous les suspects furent convoqués avec leur outil de fauchage posé devant eux. Dès lors, seule une faucille attira des mouches Diptères de la famille des Calliphoridae, attirées par l'odeur du sang ou des fragments de tissus de l'outil de l'un des suspects qui passa alors aux aveux et fut condamné (Benecke, 2001; Amendt *et al.*, 2004; Wyss & Cherix, 2006; Gennard, 2007; Frederickx *et al.*, 2010).

Plus tard, 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 demeure. Pour ce faire, Bergeret étudia des vagues d'espèces nécrophages retrouvées après la découverte du corps. Il en conclut que l'enfant était décédé deux ans avant que le couple n'emménage dans leur nouvelle maison (Benecke, 2001; Gennard, 2007 ; Frederickx *et al.*, 2010).

Quelques années plus tard, en 1994 Mégnin publia un ouvrage « *La faune des cadavres: Application de l'entomologie à la médecine légale* ». Dans cet ouvrage le terme: entomologie médico-légale y est mentionné pour la première fois avec la description de huit vagues d'insectes qui se suivent (Frederickx *et al.*, 2011).

Ce n'est qu'au 20^{ème} siècle, que l'entomologie forensique fut reconnue comme une science criminelle à part entière (Charabidzé et Bourel, 2007). Par la suite, Leclercq (2009) contribua à l'amélioration des connaissances de la biologie des insectes nécrophages avec son livre intitulé « *Entomologie et Médecine Légale, Datation de la mort* ».

Vers la fin de ce siècle, des protocoles de prélèvements d'insectes sur une scène de crime (Charabidzé, 2012b) ont été publiés. Nous les retrouvons dans le premier guide de terrain intitulé « *Entomology and Death: A Procedural Guide* » proposé par Catts et Haskell (1990).

Au cours de ces dernières années, un intérêt particulier pour l'enquête médico-légale par des entomologistes a donné lieu à un certain nombre de commentaires, résumant cet important domaine dans les enquêtes criminelles (Miller et Naples, 2002). Depuis plus d'une dizaine d'années, plusieurs ouvrages d'intérêt forensique ont également fait leur apparition

(Greenberg et Kunich, 2005 in Frederickx *et al.*, 2010; Wyss & Cherix, 2006; Gennard, 2007; Byrd & Castner, 2000, 2009 in Frederickx *et al.*, 2010; Amendt *et al.*, 2010 in Frederickx *et al.*, 2010).

Dans certains pays comme les Etats unis, l'entomologie médico-légale est d'utilisation courante dans les enquêtes criminelles (Wyss et Cherix, 2006). En France et en Belgique des structures spécialisées dans cette discipline existent déjà. Ces structures sont par ailleurs en partenariat avec celles mises en place au Maroc et en Algérie. Selon Charabidze et Gosselin (2014), des projets en entomologie forensique sont proposés dans certains pays d'Afrique comme le Bénin et le Cameroun.

Actuellement l'entomologie forensique suscite un vif intérêt si l'on en juge différents ouvrages qui lui sont dédiés nous pouvons nommer celui de Greenberg et Kunich en 2002 sur *Entomology and the law* (Greenberg et Kunich, 2002), le traité de l'entomologie forensique édité par Wiss et Cherix (2006), l'ouvrage de Gennars (2007) qui retrace une introduction de l'entomologie forensique, celui de Byrd et Castner (2009) qui dévoile l'utilité des Arthropodes dans les investigations légales et plus récemment le traité intitulé « *Current concepts in forensic entomology* » édité par différents auteurs (Amendt *et al.*, 2010).

1.2. Utilité des insectes nécrophages

L'entomologie forensique (ou entomologie médico-légale) est une discipline appliquée à la médecine légale. Son objectif principal est d'estimer l'intervalle de temps depuis la mort qui correspond au délai post-mortem minimum (IPM).

Cette discipline a recours à l'utilisation des insectes nécrophages et peut, renseigner l'enquêteur sur la date et les circonstances du décès de la victime, quand la médecine légale ne peut utiliser les méthodes classiques (Varatharajan et Sen, 2000; Gupta et Setia, 2004; Lefebvre et Gaudry, 2009).

Les applications de l'entomologie forensique sont nombreuses. Ainsi, lors de la découverte d'un cadavre le médecin légiste se base sur la thanatomorphose (changement morphologique du corps en décomposition, la température du corps, sa rigidité, sa lividité,...) pour se prononcer avec précision sur l'heure et la date de la mort. Or, passé le délai de 72h ces méthodes ne sont plus fiables, c'est pourquoi, l'utilisation des insectes associés au cadavre se révèle plus qu'intéressante (Amendt *et al.*, 2004; Charabidzé, 2008; Amendt *et al.*, 2010).

Par ailleurs, la connaissance du développement des Diptères en fonction des conditions climatiques, permet d'estimer l'intervalle post-mortem (IPM) (Gaudry et Dourel, 2009).

Selon Cruz (2006), parfois les principaux organes se décomposent mal et les substances toxiques situées en surface peuvent être dégradés lors de l'intervention des prédateurs (animaux), rendant ainsi le cadavre impropre à l'analyse toxicologique. Ce même auteur rapporte que le principal témoin pouvant aider à trouver la réponse pour les analystes chargés de résoudre tous les cas impliquant des crimes de guerres ou d'activités terroristes est l'insecte nécrophage, particulièrement le Diptère *Calliphora vomitoria* plus connu sous le nom de mouche bleue. Ceci est possible car les larves de ce Diptère se nourrissent du tissu cutané et des organes internes. Des analyses toxicologiques effectuées sur les tissus de larves, peuvent ainsi révéler la présence de substances toxiques absorbées à partir du substrat nourricier (Amendt *et al.*, 2004; Benecke, 2004). Lors d'un décès par empoisonnement par exemple, on peut arriver à en déduire que la substance retrouvée dans le corps de la victime est la même que celle retrouvée dans les tissus de larves (Benecke, 2004; Gosseliné, 2009). On peut aussi découvrir si la victime a été déplacée d'un endroit à un autre grâce à la connaissance de la distribution, la biologie et le comportement des insectes retrouvés sur le corps (Ame *et al.*, 2006; Turchetto et Vanin, 2010). En effet, certaines espèces ont une aire de répartition stricte pouvant indiquer le déplacement d'un corps survenu après la ponte de ces espèces. C'est le cas par exemple, de *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) principalement synanthropique tandis que *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) est plutôt observée en zone rurale (Charabidzé, 2012a).

1.2.1. Datation de la mort et notion de l'intervalle post mortem IPM

Selon Tomberlin *et al.*, (2011), l'entomologie forensique offre des outils qui contribuent à la définition du temps écoulé depuis la mort ou IPM. Cet intervalle post mortem est une estimation du moment où la mort est probablement survenue. Ce calcul tient compte de plusieurs facteurs comme la température du cadavre, la température ambiante, l'apparence physique du corps, et les changements biochimiques qui apparaissent dans les fluides et les tissus d'un cadavre. Ce qu'il faut retenir c'est que l'estimation est l'expression d'une valeur exacte qui ne peut pas être attribué au moment du décès et plusieurs hypothèses sont émises pour l'attester. Il y a par exemple, le moment où la mort survient avec une série de changements qui se produisent dans le corps et qui sont propre à chaque individu, de telle sorte que chaque variable mesurée est le reflet d'un scénario de mortalité spécifique. Cela s'explique étant donné que chez une personne en vie, les mesures des fluides corporels, de la température du corps ou de la fréquence cardiaque varient en fonction de la physiologie de chaque individu. Par ailleurs, juste après une mort suspecte, la succession écologique

commence presque immédiatement, en particulier dans les milieux naturels, et par conséquent les conditions physiques et biologiques du cadavre se modifient selon les conditions ambiantes mais aussi selon la présence des invertébrés, des vertébrés et de la faune microbienne qui colonisent, consomment ou utilisent le cadavre (Kreitlow, 2010 in Boulkenafet, 2016). Les analyses pathologiques des échantillons de tissus et des tests de laboratoire des fluides biologiques pour estimer l'IPM, ne sont fiables que les premières 24 ou 48 heures. D'autres méthodes utilisent des protocoles basés sur la technologie comme la fluorescence optique, spécifiquement conçu pour mesurer les changements dans auto-fluorescence de la peau et pouvant améliorer la précision et l'exactitude des estimations de l'heure de la mort (Estracanhalli *et al.*, 2009). Certaines caractéristiques physiologiques peuvent également permettre d'estimer l'IPM, c'est le cas des concentrations de potassium dans les fluides de l'œil (fluide vitré) qui augmentent après la mort et ce indépendamment de la température et de l'humidité (Ahi & Garg, 2011). Toutes ces données ne sont plus valables lorsque la mort est évaluée à plus de 72 heures ou que la putréfaction du corps est avancée. En effet, les techniques associées à la médecine légale deviennent moins précises pour l'évaluation du moment de la mort, c'est alors que l'entomologie prend le relais (Catts, 1992).

Aussi, pour déterminer la date du décès, il est important d'estimer la vitesse de développement de l'insecte d'importance forensique. Des index sur les vitesses de développement d'un grand nombre de Diptères d'intérêt ont été proposés par Marchenko (1988) et Marchenko (2011). Cependant, selon Wyss et Cherix (2006) il peut y avoir des variations entre les populations d'une même espèce, il est donc recommandé d'établir ses propres index en tenant compte des températures régionales.

L'entomologie légale s'appuie sur le cycle de développement des insectes nécrophages pour estimer l'intervalle post mortem (I.P.M.), éfini comme étant le temps écoulé entre la mort et la découverte du corps (Wyss et Cherix, 2006; Benecke, 2004; Tomberlin *et al.*, 2011). Selon Swift (2006) et Wyss et Cherix (2006), il y a deux méthodes qui permettent de déterminer un IPM. Ces méthodes font références aux insectes utilisés comme bioindicateurs (Wyss et Cherix, 2006 ; Gennard, 2007).

Il y a l'IPM court qui prend en compte les premiers insectes qui colonisent un cadavre et l'IPM à moyen et à long terme qui se base sur la succession entomologiques (ou escouades) sur un cadavre (Wyss et Cherix, 2006)

1.2.1.1. Datation à court terme (ou IPM court)

Cette méthode est basée sur le cycle de développement des premières espèces de Diptères arrivées sur un cadavre et concerne principalement les larves de Calliphoridae (Wyss et Cherix, 2006; Dhang Chen *et al*, 2011). D'autres espèces appartiennent à la famille des Sarcophagidae, des Muscidae et des Piophilidae peuvent aussi être utilisées.

Cette méthode met en relation le développement des insectes retrouvés sur le corps et aux alentours avec la température du site où est découvert le cadavre. Elle correspond à l'accumulation des degrés-jours (ADJ) ou degrés-heures (ADH) pour permettre à l'insecte d'achever son cycle de développement. Ces éléments permettent, selon Haskell *et al* (1997) et Wyss et Cherix (2006), de donner une estimation nettement plus précise de l'IPM.

1.2.1.2. Datation à long terme (ou IPM long)

Cette estimation peut également s'appuyer sur l'examen des différentes vagues ou escouades de la nécrofaune au cours de la décomposition d'un cadavre ou datation à long terme (Dekeirsschieter, 2012b; Gaudry, 2009). Néanmoins, cette méthode reste imprécise et peu fiable car la succession chronologique des espèces ou escouades n'est pas toujours respectée et peu donc changée (Wyss et Cherix, 2006). Ceci est dû au fait que la dégradation d'un corps est variable dans le temps tout comme le cycle de développement de l'insecte. Ces deux paramètres étant influencés par les conditions climatiques locales, il est donc impératif de déterminer l'ordre d'arrivée et la durée de chaque génération d'une part, mais aussi tenir compte des chevauchements entre des escouades, d'autre part. Ce travail est délicat et la précision des conclusions dans ce type d'expertise peut varier de quelques semaines à quelques mois (Charabidzé, 2012a). Dans les conditions normales, même si l'IPM court et l'PM long sont souvent associées, ces deux notions restent distinctes (Lefebvre et Gaudry, 2009).

Selon Bourel (2006), les deux premières escouades sont marquées par la présence des Diptères (Calliphoridae et Sarcophagidae); ce n'est qu'à partir de la troisième escouade qu'apparaissent les Coléoptères.

1.2.1.2.1. Notions d'escouades

Le premier à avoir mis au point cette notion d'escouades est Megnin (1894). Selon cet auteur, chaque escouade intervient dans une "niche écologique" spécifique en fonction du niveau de décomposition du cadavre. Plus tard, ce principe d'escouades a été repris par plusieurs autres auteurs (Hough, 1897 ; Chapman et Sankey, 1955; Bournemissza, 1957;

Payne, 1965; Easton et Smith, 1970; Lane, 1975; Rodriguez et Bass, 1983; Goff, 1993). Cependant, des études récentes ont montré que la chronologie d'arrivée des différentes vagues n'est pas aussi systématique d'une part, et qu'elle ne permet pas d'estimer la date de la mort d'autre part (Charabidzé, 2008). Les travaux réalisés sur des porcs par Wyss (2004) et Dekeirsschieter (2007), ceux de Kocárek (2002) réalisés sur des cadavres de rats, ceux de Benmira (2010) et Ramdane (2011) sur des cadavres de chiens adultes sont des exemples à partir desquels le principe des huit escouades de Megnin (1894) ne corrobore pas.

1.3. Le cadavre en tant qu'écosystème

Les espèces d'insectes associés à des cadavres et leur temps de colonisation varient selon de nombreux facteurs ; le plus important étant la région géographique ou zone biogéoclimatique (Anderson, 2001 ; Campobasso *et al.*, 2001 ; Prado e Castro, 2011). La saison, les températures ambiantes et l'habitat sont également d'importants facteurs déterminant la composition et la structure de la faune nécrophages (Smith 1986).

Un cadavre en décomposition est un milieu variable et source de nourriture pour de nombreux organismes vivants (Kocarek, 2003 ; Carter *et al.*, 2007) (Figure 1). En effet, les bactéries, les champignons, les oiseaux, les insectes mais aussi des charognards peuvent partager le même espace autour d'un cadavre et entretenir des relations intraspécifiques et interspécifiques (Campobasso *et al.*, 2001).

Concernant les arthropodes, de nombreuses espèces sont attirées par la dégradation d'un cadavre, particulièrement les Diptères, les Coléoptères et leurs larves (Leclercq, 1996; Amendt *et al.*, 2004 ; Wyss et Cherix, 2006 ; Benecke, 2004).

Selon la spécialisation alimentaire de l'espèce, de sa biologie et du stade de décomposition d'un cadavre, les arthropodes se nourrissent du cadavre mais peuvent également se reproduire aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de celui-ci (Kocarek, 2003 ; Benecke, 2007). Le cadavre représente alors un refuge temporaire pour certains arthropodes (telles les araignées) et un substrat idéal pour le développement des larves.

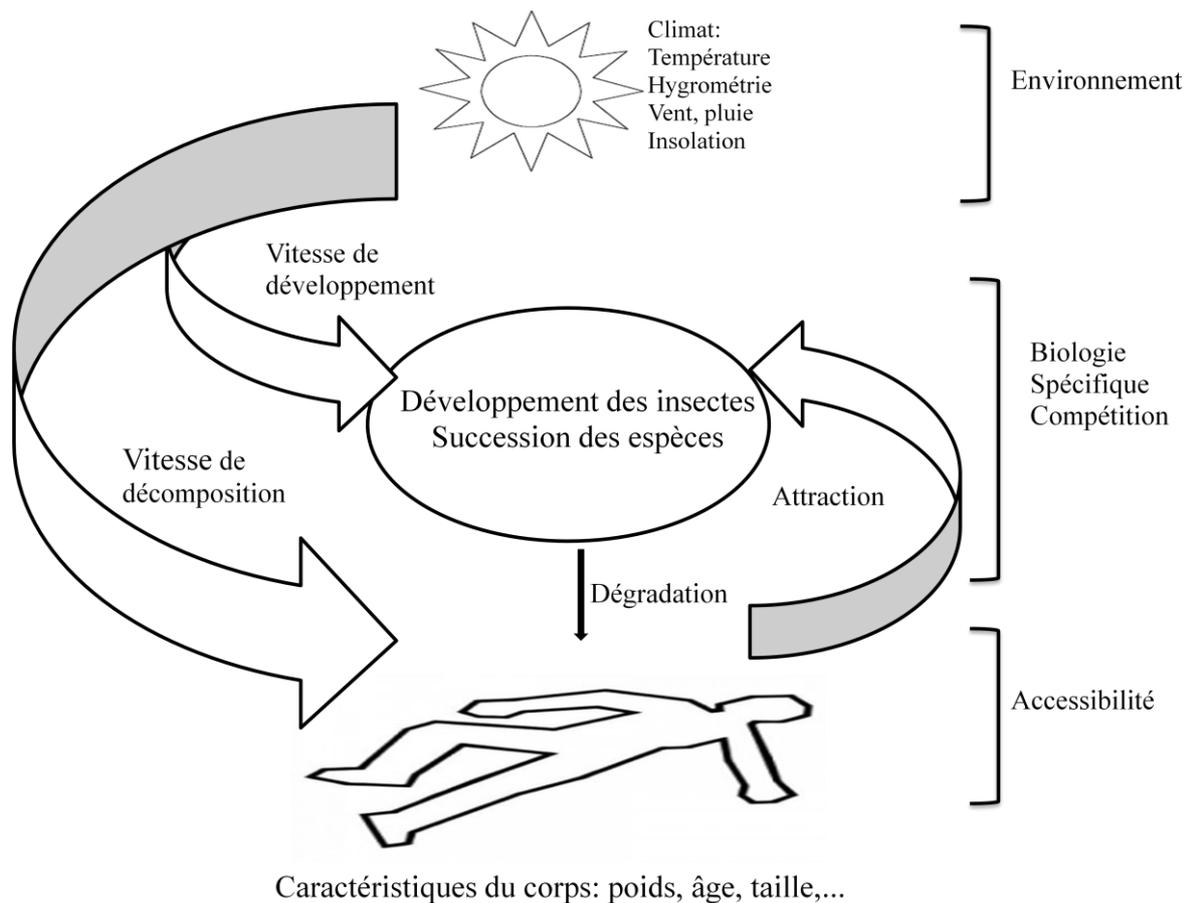


Figure 1. Ecosystème du cadavre (Charabidzé, 2008)

Les insectes nécrophages sont des insectes détritivores qui interviennent au sein des écosystèmes de façon primordiale dans le recyclage de la matière organique tel un cadavre en purification, associés aux décomposeurs (Leclercq et Verstraeten, 1992 ; Frederickx *et al.*, 2011). Les nécrophages participent ainsi à la reminéralisation des matières organiques pour les mettre à la disposition des végétaux et ainsi boucler le cycle de la matière organique.

Les insectes associés aux cadavres repèrent la dépouille sur une grande distance grâce aux odeurs attractives émises et propres à chaque stade de décomposition (Dekeirsschieter, 2007; Charabidzé, 2008; Dekeirsschieter *et al.*, 2012).

Selon Leclercq (1996); Amendt *et al.*, (2004); Wyss et Cherix (2006), les arthropodes présents sur un cadavre sont classés en quatre groupes écologiques différents (Figure 2).

Tous les organismes qui composent ces groupes écologiques contribuent à la décomposition d'un cadavre d'une façon ou d'une autre (Carter *et al.*, 2007 ; Charabidzé, 2008). Les espèces accidentelles quant à elles se retrouvent par hasard sur ou près du cadavre (Arnaldos *et al.*, 2005; Dekeirsschieter *et al.*, 2012).

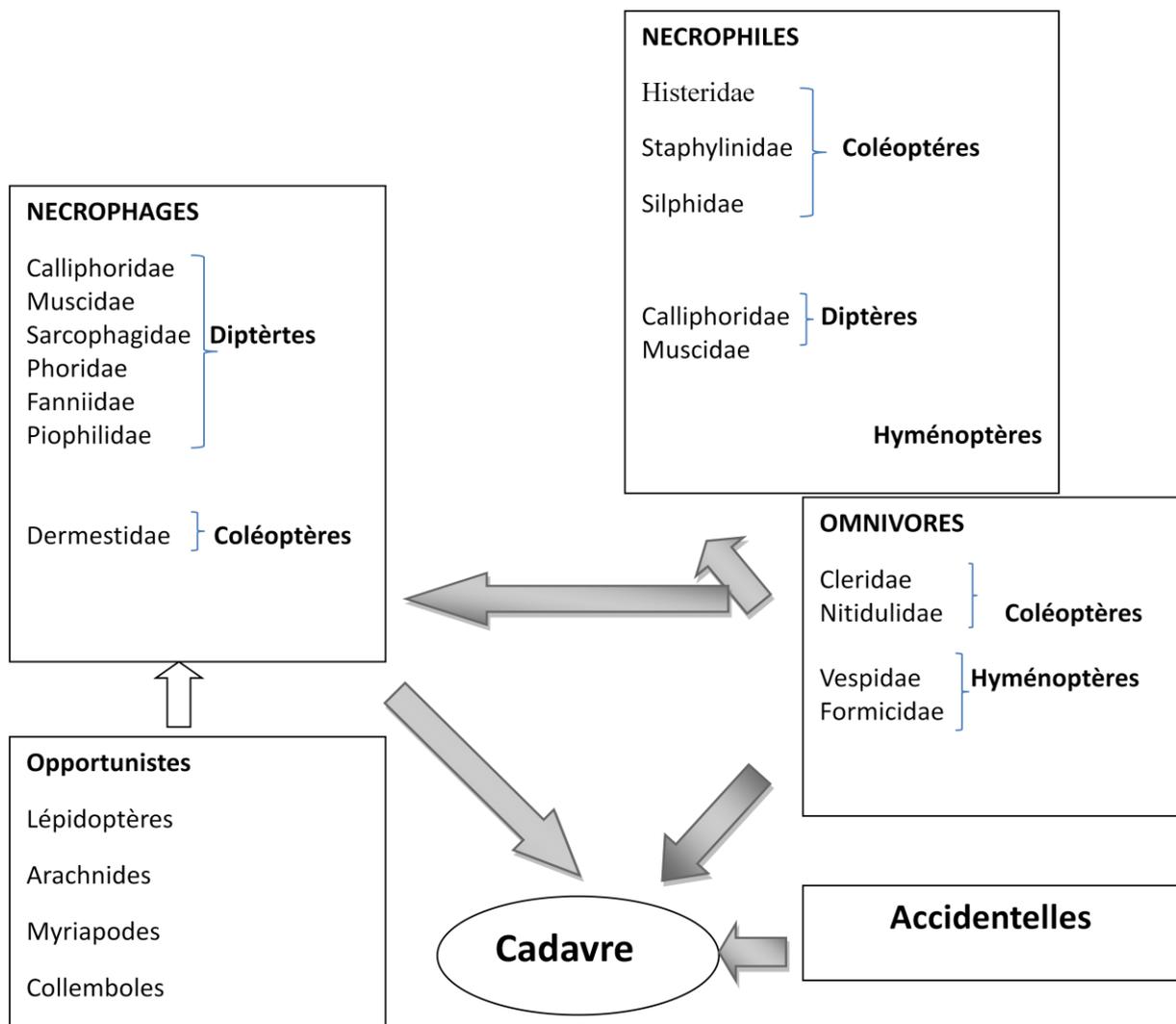


Figure 2. Schéma des relations trophiques liant les différents groupes écologiques présents sur un cadavre (Arnaldos *et al.*, 2005).

- **Les espèces nécrophages:** sont les premières à visiter le corps en décomposition, ils se nourrissent des tissus cadavériques surtout les liquides. Ils se succèdent suivant les stades biochimiques de dégradation du cadavre.
Deux ordres seulement sont de véritables nécrophages, les Diptères (Calliphoridae, Sarcophagidae, Fanniidae, Muscidae, Piophilidae et Phoridae) et les Coléoptères (Silphidae, Dermestidae, Cleridae et Nitidulidae).
- **Les espèces nécrophiles:** ce sont les prédateurs et parasites des espèces nécrophages. Elles se nourrissent donc des autres insectes ou arthropodes présents sur le cadavre,

principalement des oeufs et des larves. On rencontre principalement des Coléoptères adultes (Silphidae, Histeridae, Staphylinidae, Dermestidae, Cleridae et Nitidulidae) ainsi que les larves de ces Coléoptères qui se nourrissent des larves de Diptères. Dans cette catégorie, on cite également des Diptères (Calliphoridae et Stratiomyidae) et des Acariens. On note également la présence d'Hyménoptères parasitoïdes de larves et de pupes de Diptères nécrophages (Amendt *et al.*, 2004 ; Wyss et Cherix, 2006). Dans ce groupe, on insère des espèces dites «*schizophagous* » dont les larves sont les premières à se nourrir sur le cadavre; les stades larvaires les plus avancés sont de type prédateurs comme par exemple: les larves de Calliphoridae et plus précisément les *Chrysomya spp.* (Campobasso *et al.*,2011 ; Amendt *et al.*, 2004 ; Wyss et Cherix,2006).

- **Les espèces omnivores:** se nourrissent non seulement du cadavre mais aussi d'insectes nécrophages et nécrophiles présents sur le cadavre. Dans ce groupe, nous avons des hyménoptères (fourmis et guêpe) ainsi que quelques familles de Coléoptères. Ces espèces omnivores arrivent pratiquement en même temps que les nécrophiles, ces deux groupes ont une influence directe sur l'évolution de la dégradation du cadavre. (Galal, 2004; Arnaldos *et al.*,2005; Wyss et Cherix, 2006).

Les espèces dites nécrophages et même nécrophiles sont retrouvées au sein de l'écosystème «cadavre » qui est une ressource alimentaire importante.

Les premiers insectes à être attirés par le cadavre sont les Diptères, tandis que les Coléoptères arrivent plus tard (Dekeirsschieter *et al.*, 2012).

- **Les espèces opportunistes:** elles utilisent le corps comme une extension de leur environnement (comme abri ou comme source de chaleur, par exemple). On rencontre des collemboles, des papillons et des araignées (Leclercq, 1996 ; Amendt *et al.*, 2004; Wyss et Cherix, 2006) issus de la végétation in situ ou du sol.

Il peut également y avoir des acariens qui ont une préférence particulière pour les moisissures et les champignons lesquels peuvent se développer sur ou sous le cadavre (Campobasso *et al.*, 2001 ; Wyss et Cherix, 2006). Certains acariens peuvent être prédateurs des espèces nécrophages mais cela arrive rarement (Campobasso *et al.*, 2001).

1.3.1. Classification des stades de décomposition d'un cadavre

Le phénomène de décomposition se fait selon plusieurs stades lesquels, ne sont pas figés (Anderson et Vanlaerhoven, 1996 ; Galloway, 1997 ; Goff, 2009). En effet, ils peuvent se superposer voire s'associer. De ce fait, Campbasso et al., (2001) signalent qu'il est difficile d'identifier la fin d'un stade et le début d'un autre.

Hormis ces activités, le cadavre subit une thanatomorphose. Cette dernière correspond à l'ensemble des modifications morphologiques post-mortem subies par un corps (Campobasso *et al.*, 2001 ; Charabidzé, 2008). En effet, après la mort, les processus de décomposition commencent plus ou moins rapidement selon les conditions environnantes (Vass, 2001; Dekeirsschieter *et al.*, 2012). Le corps subit des changements physiques comme le refroidissement du corps, la rigidité cadavérique, la lividité cadavérique, la coagulation du sang Estracanholti *et al.*, (2009) et sous l'action des bactéries de la faune intestinale, le corps se désintègre par autolyse et liquéfaction des tissus.

Les stades de décomposition retenus dans la présente étude suivent la classification de Reed (1958, in Kocárek, 2003) qui divise la dégradation d'un corps en quatre étapes:

- le stade initial (*fresh*),
- la décomposition active avec gonflement (*active decay bloating*),
- la décomposition avancée (*advanced decay*),
- et le stade de dessèchement.

1.3.1.1 Le stade frais/ initial

Ce stade commence juste après la mort de l'individu et continue jusqu'à ce que le gonflement soit évident. Selon Galloway (1997) cette étape prend place jusqu'à un maximum une semaine après le décès.

Il existe peu de changements de décomposition associée au corps durant cette phase (Goff, 2010) et les premiers organismes qui arrivent sont les mouches de la famille des Calliphoridae (Dekeirsschieter *et al.*, 2014).

1.3.1.2 Le stade de gonflement

Ce stade est déterminé lorsque les gaz de putréfaction commencent à s'accumuler dans le corps d'où l'aspect gonflé de ce dernier (Anderson, 1996). Ce gonflement s'explique par le

fait qu'il y a une diminution importante en oxygène engagée à la mort de l'individu, le corps devient alors un environnement idéal pour les micro-organismes anaérobies (Carter *et al.*, 2007). Les bactéries anaérobies présentes dans l'intestin et d'autres parties du corps sont très actives et commencent alors à digérer les tissus. Leurs processus métaboliques consiste à transformer les sucres, lipides et protéines en acides organiques et en gaz qui conduisent à la production de gaz responsable d'un léger gonflement de l'abdomen qui s'accroît jusqu'à ce que le corps adopte une apparence entièrement gonflée comme un ballon étiré rempli d'air (Gennard, 2007). La ventilation de l'organisme continue à cause de l'activité bactérienne et c'est peut-être la phase la plus facile à distinguer

1.3.1.3 Le stade de décomposition avancée

Les activités combinées de l'alimentation des mouches et de la putréfaction bactérienne résultent de la rupture de la couche externe de la peau (Campobasso *et al.*, 2001). sous la pression des gaz qui s'échappent à l'extérieur ; le corps se dégonfle et de fortes odeurs de décomposition s'en dégagent, c'est la putréfaction. Ensuite, il se produit la fermentation qui génère les acides caséiques et butyrique. Ces événements physique et biochimique marquent le début de la phase de décomposition avancée.

Cette étape est facilement reconnaissable par la présence de grandes masses de larves de Diptères à l'intérieur du corps comme à l'extérieur mais aussi près du cadavre (Goff, 2010). A la fin de ce stade, il ne persiste quasiment que la peau, le cartilage et les os avec certains restes de chair comme les intestins. Le nombre de mouches (Diptères) diminue et le plus grand indicateur de cette étape est une prédominance des Coléoptères qui prennent la succession (Gennard, 2007).

1.3.1.4 Le stade de dessèchement / squelettisation

Cette étape est atteinte lorsque il ne reste que les os, les cheveux ou les poils (Gunn, 2006; Goff, 2010) ; la décomposition des tissus mous est quasi terminée. En effet, il peut rester des tissus aux points d'attachement des ligaments et des muscles comme le long de la colonne vertébrale ou au niveau de l'articulation des os longs (Galloway, 1997). Ces derniers vont se dégrader petit à petit pour ne laisser que les os (Gunn, 2006 *in* Boulkenafet, 2016).

En général, il existe un certain nombre de taxons du sol qui colonisent le cadavre à ce stade, comme les acariens et les collemboles, qui pourraient selon Goff, (2010) être utilisés dans l'estimation de la période de temps depuis la mort.

Retenons toutefois que la vitesse des stades de décomposition dépend des facteurs abiotiques (vent, température, humidité, saisons) et de la variabilité des insectes nécrophages colonisant le cadavre (Mann *et al.*, 1990; Charabidzé, 2008), ainsi que les caractéristiques intrinsèques (poids, sexe, maladie ...).

1.3.2 Impact de certains facteurs sur la décomposition d'un corps

L'occupation d'un corps par les insectes et sa décomposition sont deux événements intimement liés et sont influencés par plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques au cadavre (Wells et Lamotte 1995, Campobasso *et al.*, 2001).

L'âge, la masse corporelle, la cause du décès (drogues, infection, etc.), l'hygiène corporelle, l'intégrité du corps (blessures, plaies) et la présence de vêtements, sont les facteurs intrinsèques, directement liés à la personne décédée (Campobasso *et al.* 2001). Néanmoins, la zone biogéoclimatique est le facteur externe le plus important, incluant l'habitat, la végétation, le type de sol et les conditions météorologiques (température, vent, humidité atmosphérique) du lieu où se situe le cadavre (Anderson 2001, Campobasso *et al.* 2001).

Ils existent d'autres paramètres qui agissent sur la vitesse de décomposition d'un corps; on peut citer l'emplacement du corps (ombragé ou ensoleillé) et enfin l'accessibilité du corps aux organismes vivants qu'ils soient mammifères domestiques ou sauvages ou encore insectes (Anderson 2001, Campobasso *et al.* 2001). L'ensemble de ces facteurs variables a été classé par Mann *et al.* (1990) (Tableau 1). Sur ce tableau 1 chaque item correspond à certain nombre de points dont le maximum est 5. Cette classification est fonction de l'influence de chaque paramètre sur le processus de décomposition. Parmi ces facteurs, seuls deux prédominent dans la dégradation d'un cadavre, il s'agit de la température ambiante et l'accessibilité du cadavre aux insectes (Campobasso *et al.*, 2001)

Tableau 1. Facteurs affectant le processus de décomposition (d'après Mann *et al.*, 1990).

Variables	Effet sur la vitesse de décomposition
Température	5
Accessibilité aux insectes	5
Enfouissement et profondeur	5
Carnivores ou rongeurs	4
Traumatisme	4
Humidité et aridité	4
Pluviosité	3
Taille et poids du corps	3
Embaumement	3
Habillement	2
Surface sous le cadavre	1
PH du sol	Inconnu

1.4. La colonisation d'un cadavre par les Arthropodes

Des centaines d'espèces d'Arthropodes sont attirées par un corps en décomposition. Outre cet aspect, ils sont capables d'accumuler des substances chimiques ou des drogues, dans un organisme mort. Ce fait, très intéressant peut permettre de déduire si il y a eu abus de prise de drogue par la victime ayant entraîné la mort (Amendt *et al.*, 2004; Zanetti *et al.*, 2015).

La manipulation d'un cadavre peut être également détectée par les insectes nécrophages qui auraient une répartition étrangère à la scène de crime (Haskell *et al.*, 1997; Amendt *et al.*, 2004; Wyss et Cherix, 2006).

Les insectes nécrophages qui colonisent un corps sans vie appartiennent à quatre ordres: les Diptères, les Lépidoptères, les Hyménoptères, et enfin les Coléoptères (Charabidzé et Bourel, 2007). Néanmoins, l'exclusivité des éboueurs entomologiques utiles en entomologie forensique revient aux Coléoptères et aux Diptères (Leclercq, 1996; Amendt *et al.* 2004 ; Wyss et Cherix, 2006 ; Benecke, 2007 ; Dekeirsschieter *et al.*, 2012). Ces insectes se succèdent sur le

cadavre et exploitent les ressources offertes par celui-ci (abri, nourriture, lieu de reproduction). L'ordre chronologique d'arrivée des espèces est généralement le même (Wyss et Cherix, 2006; Dekeirsschieter, 2011; Dekeirsschieter et *al.*, 2012).

1.4.1. Aperçu systématique des insectes nécrophages

Les insectes sont une classe d'animaux invertébrés de l'embranchement des Arthropodes et du sous embranchement des Hexapodes.

Ce sont des animaux invertébrés caractérisés par un exosquelette rigide et la présence de pattes articulées. Le corps formé de segments (ou métamères) est distinctement divisé en trois parties ou tagmes: la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 3).

Au sein de cette classe, on trouve de nombreux ordres déterminés notamment grâce à la morphologie des ailes. Ainsi, les insectes qui ne sont pas ailés sont les Aptérygotes, et les insectes ailés sont les Ptérygotes (Wyss et Cherix, 2006; Charabidzé, 2008)

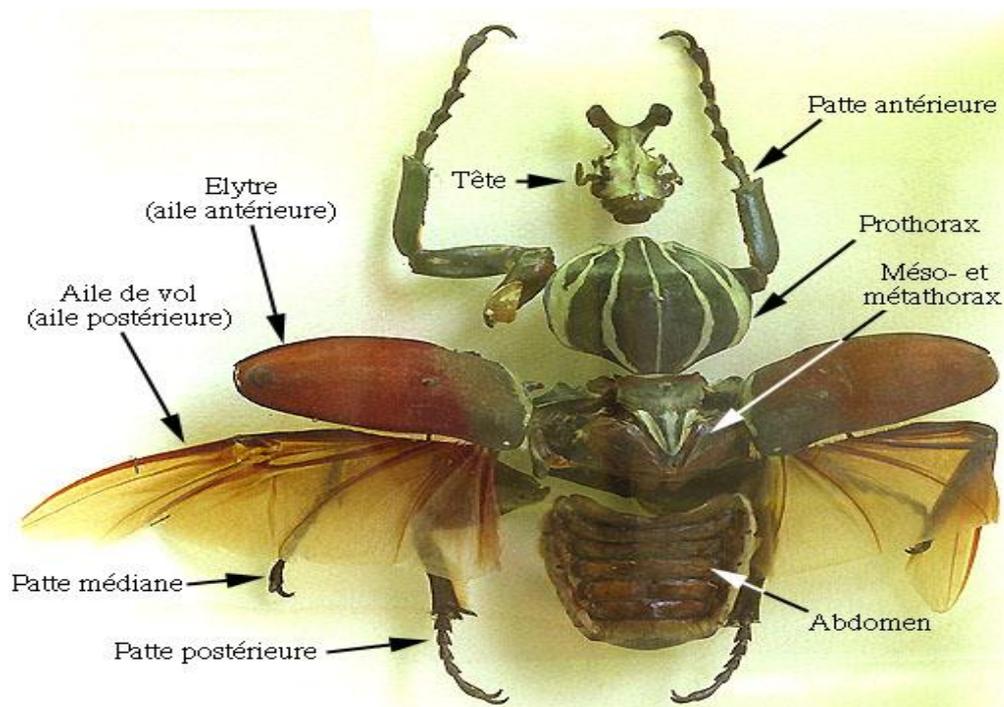


Figure 3. Morphologie générale d'un Coléoptère (*Goliathus giganteus*), dont les différentes parties du corps ont été séparées Anonyme (2014).

1.4.1.1. Les Diptères

L'ordre des Diptères inclus 150.000 espèces décrites et réparties dans 177 familles (Wyss et Cherix, 2006). Parmi les Diptères, seules certaines mouches ont aujourd'hui un intérêt en entomologie criminelle, la présence d'autres espèces n'est qu'accidentelle.

Les Diptères nécrophages appartiennent au sous ordre des Brachycères (antennes courtes avec moins de 6 segments) et au groupe des Cyclorrhaphes.

Les Diptères nécrophages sont répartis dans plusieurs familles dont 26 sont fréquemment citées dans la littérature (Dekeirsschieter, 2007). Néanmoins seules 6 familles sont couramment rencontrées sur les cadavres humains et animaux et y effectuent leur cycle de développement. Il s'agit des Calliphoridae, des Sarcophagidae, des Fanniidae, des Muscidae, des Piophilidae et des Phoridae (Byrd et Castner, 2001 in Wyss *et al.*, 2003, Wyss et Cherix, 2006).

Les Diptères ont une métamorphose complète (holométabole), la larve est différente de l'insecte adulte et les femelles pondent environ 150 à 200 œufs regroupés en amas qui donnent des larves de type vermiforme (Gennard, 2007). Pour se développer les œufs et les larves ont besoin d'humidité ce qui explique que les Diptères ne pondent pas sur des corps momifiés ou déshydratés. De plus, les larves du premier stade ne pourraient pas percer la peau car elles sont dépourvues de crachets buccaux. Ceci explique pourquoi les femelles pondent juste au niveau des orifices humides (Amendt, 2004). Les Diptères sont caractérisés morphologiquement par la présence d'une seule paire d'ailes antérieures, les postérieures sont transformées en balanciers ou haltères. Les larves sont hémicéphales ou acéphales (Wyss et Cherix, 2006; Charabidzé, 2008) et l'appareil buccal peut être de type piqueur ou suceur.

La durée de développement de chaque stade est d'une part, dépendante de la température (fonction linéaire) et elle est différente pour chaque espèce, d'autre part (Wyss et Cherix, 2006).

1.4.1.2. Les Coléoptères

Les Coléoptères représentent l'un des groupes le plus riche et le plus diversifié dans la classe Insecta. Ils se distinguent par une paire d'aile antérieure transformée en élytres recouvrant la paire postérieure d'ailes membraneuses (Du Chatenet, 1990). Cet ordre compte de part le monde, 370.000 espèces identifiées répartis en 166 familles (wyss & Cherix, 2006) et se subdivise en quatre sous-ordres: Polyphaga, Adephaga, Myxophaga et Archostemata (wyss & Cherix, 2006; Gennard 2007). Ces sous-ordres sont définis sur la base de critères moléculaires et

morphologiques comme la forme des hanches, le nombre de sternites abdominaux articles des antennes, motifs des élytres (Wyss et Cherix , 2006).

Leurs régimes alimentaires varient beaucoup, ils peuvent être prédateurs, détritivores ou végétariens, avec peu d'espèces parasitaires. Les larves sont appelées « vers blancs » et leur apparence varie selon la famille à laquelle elles appartiennent (Figure 4). Toutefois, toutes les larves ont une tête perceptible et possèdent six pattes. Les coléoptères sont connus comme étant d'important charognards et décomposeurs, ils peuvent également attaquer les plantes, infester des aliments entreposés ; certaines espèces sont des pollinisateurs de plantes (Byrd et Castner 2010).



Figure 4 : Les larves des coléoptères. De gauche à droite : les familles de Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae et Dermestidae (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 (Byrd et Castner, 2001; Wyss et Cherix, 2006).

Tous les Coléoptères sont holométaboles, c'est à dire qu'ils ont une métamorphose complète. Le cycle de développement d'un Coléoptère est composé d'un stade œuf, suivi de 3 à 5 stades larvaires. Le passage d'un stade larvaire à un autre se fait à l'occasion de mues, suivi d'un stade nymphal qui aboutit à un nouvel adulte ou imago (Du Chatenet, 1990 ; Gennard, 2007). La durée de ces métamorphoses varie de quelques semaines à plusieurs années suivant les espèces mais aussi selon différents paramètres comme la température, l'hygrométrie, et la disponibilité de la nourriture (Merrick et Smith, 2004)

1.5. Importance des Coléoptères en entomologie forensique

Comme notre étude s'articule autour des Coléoptères, nous tenterons dans ce qui suit d'apporter le maximum d'informations les concernant.

Les insectes nécrophages ont un potentiel forensique important, essentiellement pour l'estimation de l'indice post mortem (ou IPM) (Smith, 1986 ; Catts et Haskell, 1990; Ame *et al.*, 2006; Gennard, 2012). L'intérêt de Coléoptères comme bio-indicateurs en entomologie forensique est récent certes, mais prometteur.

Les Coléoptères nécrophages peuvent fournir des informations utiles à l'investigation criminelle. En effet, selon certains auteurs comme Dekeirsschieter (2011) et Wyss et Cherix,(2006), quand les larves de Diptères présentes sur le substrat deviennent adultes elles quittent alors le cadavre. Par conséquent, la recherche des pupes de cette première génération n'est pas aisée. Donc la marge d'erreur de l'IPM augmente. D'où l'utilité des Coléoptères lesquelles interviennent non seulement en même temps que les Diptères, mais persistent plus longtemps que ces derniers sur le cadavre (Midgley *et al.*, 2010 ; Dekeirsschieter *et al.*, 2011)..

Les Coléoptères occupent différentes niches écologiques spécifiques. Tous ces insectes pourraient être d'un intérêt médico-légal, mais quelques familles seulement, se révèlent plus informatives que d'autres (Cf. chapitre 1. Section 1.3.) (Wyss et Cherix, 2006).

Les Silphidae sont les premiers Coléoptères à utiliser la source alimentaire (substrat), en consommant les tissus putréfiés et facultativement les larves de Diptères (Midgley, 2007; Hawkeswood et Turner, 2008), viennent ensuite les Dermestidae et les Trogidae, qui ont des enzymes capables de digérer les peptides, la kératine et le collagène (Kocarek ,2003) leur permettant de digérer plus facilement les tissus. Leurs larves nécrophages se nourrissent directement du reste du substrat en putréfaction (Anderson, 1982 ;Dekeirsschieter *et al.*, 2011).

Les Coléoptères auraient probablement une prédilection pour un stade particulier de décomposition. Tout comme les Diptères, les Coléoptères peuvent apparaître tôt dans la décomposition. Cette constatation fait référence à certains travaux comme les recherches effectuées en Afrique du sud qui montrent que *Thanatophilus micans* (Silphidae) peut localiser le cadavre dès 24h et que ses larves apparaissent peu de temps après la mort (Midgley et al, 2009 ; Midgley *et al.*, 2010). Par ailleurs, Midgley *et al.*, (2010) et Dekeirsschieter (2011) soulignent l'utilité potentielle de cette espèce dans l'estimation de l'IPM, aussi valable que celle basée sur les Diptères.

D'autres recherches ont été réalisées pour connaître la biologie et le comportement des Coléoptères associés au cadavre. Parmi les travaux réalisés, nous citons ceux de Midgley *et al.*, (2009), Kocárek (2003, 2001) en République Tchèque, Matuszewski *et al.*, (2008, 2011) en Europe centrale et en Amérique du sud Velasquez et Vilorio (2009); Vasconcelos et Araujo (2012). Cependant, selon ces derniers, le manque d'informations sur la bionomie et la biogéographie est encore un obstacle majeur à l'utilisation des Coléoptères en médecine légale.

Parmi les Coléoptères les mieux représentés sur un cadavre en décomposition, figurent les Silphidae et les Dermestidae. Ces deux familles ont des larves très actives particulièrement celle des Dermestidae. Ces aspects ont donc incités plusieurs auteurs à étudier leur cycle de développement (Archer et Elgar, 1998 ;Richardson et Goff, 2001 ; Midgley et Villet, 2009, Velásquez et Vilorio, 2009, Woodcock *et al.*, 2013).

1.5.1. Les Silphidae

1.5.1.1. Bioécologie des Silphidae

La famille des Silphidae est représentée par plus de 200 espèces, répandue dans le monde entier, et distribuées sur 15 genres ; elle est particulièrement diversifiée dans la région holarctique (région tempérée) (Paulian, 1979 ; Sikes, 2005 ; Dekeirsschieter, 2011).

La famille des Silphidae appartient à la superfamille des Staphylinoidea et est divisé en deux sous-familles: les Nicrophorinae, appelé aussi Coléoptères fossoyeur, et les Silphinae (Sikes, 2005; Dekeirsschieter, 2011).

Les silphes sont des Coléoptères de taille moyenne à grande (7mm à 45mm) (Gretia, 2009; Sikes, 2008). Ils se nourrissent de matières organiques en décomposition et la plupart des espèces sont communes au cadavre humain. Ils colonisent la dépouille tout au long du stade de gonflement jusqu'au dessèchement totale (Payne, 1965).

Deux sous familles sont régulièrement associées aux cadavres, les Nicrophorinae et les Silphinae. En Europe occidentale, 13 espèces de Silphinae ont été recensées et la plupart sont des insectes nécrophages (Hastir & Gaspar, 2001). Grâce à leur système olfactif développé, ces insectes captent les composants organiques volatiles émis par le corps sous l'action de la dégradation biochimique et physique (Dekeirsschieter, 2007). L'arrivée des Silphinae coïncide avec le développement des larves de Diptères sur le cadavre étant donné qu'ils se nourrissent de tissus en putréfaction et de larves de Diptères, ce sont des espèces nécrophiles.

Les Silphinae montrent une préférence pour les grands cadavres car ces derniers fournissent une ressource alimentaire suffisante pour le grand nombre de Coléoptères qui peuvent être présents, et dont les larves sont également nécrophages (Anderson, 1982 ; Watson et Carlton, 2005; Ikeda *et al.*,2011).

Les espèces de Silphidae présentent un comportement particulier pour la gestion des ressources alimentaires. Elles occupent en effet, différentes niches écologiques qui leur évitent ainsi les interactions compétitives avec d'autres espèces, présentes sur ce même substrat (Byrd et Castner, 2001; Dekeirsschieter, 2011b).

1.5.1.2. Cycle de développement des Silphinae

Après avoir localisé un cadavre approprié, les adultes s'accouplent à proximité de celui-ci et les femelles pondent leurs œufs dans le sol environnant. Les larves éclosent de 2 à 7 jours après la ponte et passent par 3 stades avant la nymphose, remontent vers la dépouille où elles se nourrissent exclusivement des restes. La nymphe s'enfouie dans le sol de 10 à 30 jours après l'éclosion. La chrysalide a une durée de 14 à 21 jours (Anderson et Peck, 1985). Selon Velasquez et Vilorio (2009) leur durée de vie n'est pas fixe, elle dépend des conditions environnementales. À titre d'exemple, le temps de développement de *Thanatophilus micans* de la famille des Silphidae (du stade œuf jusqu'au stade adulte), dure environ 22 jours à une température de 25°C. À 20°C la mortalité de *T. micans* est moindre, elle correspond à la température optimale de survie (Midgley et Villet, 2008); autrement dit, l'espèce se reproduit mieux à cette température.

Le facteur température est déterminant car il influence et contrôle, non seulement la vitesse de décomposition d'un cadavre, mais également l'activité des insectes nécrophages entre autres, les Coléoptères (Merrick et Smith, 2004; Turchetto et Vanin, 2010).

Si de nombreuses études ont été réalisées sur les Nicrophorinae, espèces communes aux cadavres (Sikes *et al.*, 2006), elles n'ont cependant aucune importance médico-légale comparée aux Silphinae. En effet, les Silphinae ont fait l'objet d'études expérimentales pour connaître le cycle de développement par rapport à la température et leur distribution géographique (Velasquez et Vilorio, 2009; Midgley, 2007) pour aboutir ainsi à un éventuel calcul de l'IPM.

1.5.2 Les Dermestidae

1.5.2.1 Bioécologie des Dermestidae

Les Dermestidae sont une famille de Coléoptères qui sont communément appelés les "Coléoptères de peau". Il y a environ 1300 espèces ou sous-espèces dans le monde (Hava et Kadej, 2006). Leur taille varie entre 3.5 à 10 mm et les adultes sont caractérisés par un corps ovale, recouvert de poils ou d'écaillés de couleur variées formant des dessins caractéristiques permettant de les identifier (Smith, 1986).

Les Dermestidae sont diversifiés, la plupart des genres sont des charognards qui se nourrissent des restes animaux tels que les insectes morts, la peau, les plumes et les poils. Ils peuvent également se nourrir de matériel végétal sec comme le pollen et les fibres naturelles. Les espèces du genre *Dermestes* interviennent lorsque les tissus du cadavre sont desséchés, leur principale action étant de nettoyer les os; elles peuvent cependant être présentes plus tôt sur le cadavre (Wyss et Cherix, 2006 ; Gennard, 2007).

Ces coléoptères que sont les Dermestidae, sont importants en entomologie médico-légale. En effet certaines espèces sont connues pour être associées avec des charognes (Menezes et al., 2006) c'est l'exemple de l'espèce *Dermestes maculatus* (De Geer, 1774) qui a ce potentiel d'offrir aux enquêteurs une estimation du temps écoulé depuis la mort, dans les cas d'homicide ou de mort suspecte. Tout comme l'utilisation de mouches en entomologie médico-légale, l'arrivée de *D. maculatus* sur la charogne se produit dans une succession prévisible. Les coléoptères adultes de *D. maculatus* arrivent généralement après 5 à 11 jours après la mort.

1.5.2.2 Cycle de développement des *Dermestes*

Les dermestes sont des insectes à métamorphose complète. Le moment et la durée des différentes étapes de leur développement varient beaucoup selon les espèces et les conditions du milieu où ils vivent. Parmi les dermestes nécrophages les plus étudiés il y a *Dermestes maculatus*. Le cycle biologique de cette espèce sur une carcasse sèche ou sur des produits animaux stockés nécessite environ 5 à 7 semaines pour être terminé dans des conditions optimales. Les adultes consomment les restes de la carcasse ou du produit animal (Archer et Elgar 1998, Haines et Rees, 1989). Les mâles et les femelles s'accouplent plusieurs fois et la femelle pond les œufs dans les 24 heures suivant le premier accouplement (Jones et al., 2006). L'éclosion des œufs donne des larves qui passent de 5 à 11 stades (Haines et Rees, 1989) et au cours des 10 derniers jours du stade final, les larves recherchent un endroit où se nourrir. Les larves qui n'ont pas de place pour se nourrir peuvent retarder la pupaison de plus de 20 jours. Les pupes exposées qui n'ont pas réussi à trouver

une chambre de pupes appropriée sont souvent cannibalisées par les larves. Une fois adultes, ces Coléoptères peuvent se disperser vers de nouvelles sources d'aliments, en volant (Haines et Rees, 1989). Les Coléoptères adultes vivent habituellement entre quatre et six mois et leur survie est plus élevée entre 25 ° C et 30 ° C (Richardson et Goff, 2001).

MATERIEL
&
METHODES

CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

Le site d'expérimentation est situé à Constantine dans un espace ouvert caractérisé par une végétation spontanée. Il est localisé à proximité du Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes sise à Chaabat Erssas (36°20'16.20"N; 6°37'33.32"E, altitude 571 m). Dans cette région, les températures moyennes annuelles varient d'après l'ONM, entre 22,5°C et 10,19°C. Ainsi, selon Anonyme (2012) la température moyenne annuelle à Constantine est de 15,5 C°.

2.2. Période d'étude et choix des modèles biologiques

Notre étude s'est étalée sur quatre saisons de l'année 2012 - 2013. Pour les cadavres animaux, nous n'avons pas eu de difficultés à les obtenir. En effet, dans certains quartiers de Constantine, il y a des meutes de chien adultes errants qui se comptent par vingtaine. Leur présence est un réel danger public et la plupart sont abattus par le service d'hygiène de la ville. De cette information est venue l'idée de récupérer ces chiens morts qui nous été remis par ce service; pour les lapins nous avons dû les acheter !

Le modèle animal est alors représenté par 8 substrats que l'on a départagé en 2 groupes selon la taille à savoir, adulte et jeune. C'est ainsi que nous avons expérimenté sur 4 chiens adultes, un 1 chiot et 3 lapins (Tableau 2).

Les petits substrats ont été placés dans une cage montée en bois de 1.20m² et recouverte d'un grillage en fer. Le grillage est constitué de très petites mailles afin de protéger les cadavres des prédateurs éventuels tout en permettant l'accès des insectes. Les cadavres de chien adultes ont été suivis avec le même modèle de cage mais plus grande que la première (3m²) (Figure 5 et 6).

Comme il nous a été difficile de trouver où récupérer des chiots morts, nous avons opté pour des lapins; le contexte étant le même vu que ces deux types de substrat sont des mammifères. Par ailleurs, ce choix est justifié par le fait qu'une étude comparative réalisée par Bouchehit (2014) sur les mêmes substrats et dans les mêmes conditions n'a pas révélé de différences significatives tant sur la biodiversité que sur l'abondance .

Tableau 2. Périodes des expériences et poids des substrats expertisés

Saisons	Substrats	Poids	Début del'expérience	Fin de l'expérience
Printemps	Chien adulte (GcP)	15kg	05/4/2012	07/5/2012
Printemps	Chiot (PcP)	1kg	28/3/2012	12/4/2012
Eté	Chien adulte (GcE)	14,4kg	07/7/2012	25/7/2012
Eté	Lapin (PcE)	1kg	16/9/2012	24/9/2012
Automne	Chien adulte (GcA)	13kg	08/12/2012	02/1/2013
Automne	Lapin (PcA)	1kg	22/11/2012	06/12/2012
Hiver	Chien adulte (GcH)	13,2kg	11/3/2013	30/5/2013
Hiver	Lapin (Pc4)	1kg	26/2/2013	29/4/2013



Figure 5. Mise en cage du cadavre du chien adulte (photo originale)



Figure 6. Mise en cage du cadavre du chiot (photo originale)

2.3. Suivi des stades de décomposition du cadavre au cours du temps

L'étude de la décomposition des cadavres et leur colonisation par les insectes nécessite un suivi journalier (Annexe 1). Nous avons alors effectué deux visites par jours, l'une à 10h et la seconde à 14h. Les informations recueillies à chaque visite (l'état du cadavre, changements climatiques, autres indices) sont inscrits sur un carnet de terrain pour être traités ultérieurement.

2.3.1. Mesures environnementales

Les données météorologiques telles que la température et l'hygrométrie, sont relevées quotidiennement à partir d'une station météorologique de type IHM (Figure 7), implantée à proximité du laboratoire, cette station est munie d'un moniteur tactile placé dans le laboratoire est relié à un ordinateur. Ainsi, les données observés sur le moniteur sont sauvegardées sur un fichier Excel.

Nous avons effectué ces relevés durant toute la durée de l'expérimentation pour rendre compte de la relation entre la décomposition des substrats "chien adultes adultes, chiot et lapins", leur colonisation par les insectes nécrophages et les paramètres physiques.



Figure 7. La station météorologique (photo originale)

2.3.2. Méthodes d'échantillonnages

Avant de commencer la prospection, nous avons pris le soin de préparer tout le matériel indispensable à l'échantillonnage, puis nous l'avons placé dans une boîte facilement transportable. Ce matériel est constitué de tubes en plastiques, de boîtes de pétri et d'une pince métallique souple pour prélever les insectes au sol, comme les Coléoptères. Le collecteur se muni aussi d'un masque et de gants pour une manipulation plus aisée car prospecter un animal mort en décomposition n'est pas chose simple, voire répugnant.

Pour éviter de trop manipuler le cadavre et maintenir l'intégrité de la microcommunauté in situ, nous avons essayé de ne pas dépasser le temps de manipulation et d'échantillonnage, fixé à 10 minutes par Kocárek (2003).

Pour obtenir un nombre significatif de spécimens nécrophages présents sur la dépouille, nous avons utilisés deux méthodes:

- Une méthode active permettant de récolter, à l'aide de tubes en plastiques, les insectes qui viennent se poser sur les différentes parties du cadavre (yeux, museau, oreilles). En effet, c'est à ces niveaux là que les adultes sont moins agités et donc plus facile à attraper. Il faut noter que l'approche est délicate voire difficile. Cette méthode minutieuse nous aura quand même permis d'effectuer des prélèvements quotidien sur les substrats, sur et aux alentours des cadavres et ce, penedant toute la durée de décomposition jusqu'au stade de dessèchement. Cette méthode exprime un échantillonnage qualitatif.

- Une méthode passive qui utilise deux procédés:
 - L'un est un piège à émergence inspiré des travaux de Wyss (1999). Il est constitué d'une cage cubique de 28cm³ voilée d'un tulle. A la base de cette cage, un manchon voilé permet l'accès des Diptères émergents attirés par un appât de viande, suspendu sur le côté supérieur de la cage.
 - L'autre procédé est un piège à fosse de type Barber qui est bien adapté pour récolter les Coléoptères se déplaçant sur le sol. Cette méthode passive exprime un échantillonnage quantitatif. Le principe repose sur l'utilisation de récipients enterrés dans le sol contenant de l'eau savonneuse, leur partie supérieure affleurant la surface tout autour du cadavre (Figure 8).



Figure 8. Piège au sol de type Barber (photos originale)

2. 3.3. Traitement au laboratoire des insectes récoltés

2.3.3.1. Méthodes de conservation et de montage des échantillons au laboratoire

Une fois les échantillons prélevés sur le terrain, ils sont ramenés au laboratoire pour être triés. Le but étant de séparer les insectes nécrophages adultes représentés par les Diptères et les Coléoptères. Après cela, nous les conservons pendant 5 à 10 minutes au congélateur (Kcàreck, 2003) en vue d'une identification ultérieure.

Les insectes capturés sont piqués avec des épingles anti-oxydable. Une étiquette est jointe à chaque spécimen épinglé, présentant les informations suivantes: la date et le lieu du prélèvement ainsi que le nom du légataire. Quant au nom de l'espèce, il est reporté après identification. Avant toute détermination, nous avons pris la précaution de codifier nos spécimens.

2.3.3.2. Identification des espèces récoltées

Pour la détermination des spécimens, nous avons eu recours à des clés d'identification. Les techniques de reconnaissances des différentes familles, genre et espèces sont exposés dans divers ouvrages, que nous avons consultés. Ainsi, les clés d'identifications des Coleoptères sont inspirées des travaux de Zimmerman, 1938; Peacock, 1993; Hastir et Gaspar, 2001; Anonyme, 2001; Secchi, 2002 ; Ratcliffe et Jameson, 2002; Hagadorn et Price, 2012; Hackston, 2009. Et pour les Diptères nous avons consulté les travaux de Wyss et Cherix, 2006.

Quelques éléments de la diagnose permettent toutefois de faire un premier tri pour la reconnaissance des Silphidae et des Diptères. Ainsi, selon la documentation des auteurs cités précédemment, nous avons orienté l'identification des Silphidae adultes à partir de certains critères à savoir, les couleurs générales de l'insecte, la couleur des antennes, la forme de la tête et des tibias, la pilosité de l'abdomen et du thorax et la sculpture des élytres (ponctuations, ...). Ceux des Diptères sont basés sur la couleur du spécimen, la nervation alaire, les soies situées au niveau de la tête, la couleur de l'orifice respiratoire sur le thorax (ou stigmate) et la couleur de l'écaille placée à la base de l'aile (ou Basicosta).

2.4. Suivi du cycle de développement de *Silpha rugosa* et *Dermestes peruvianus*

Nous avons étudié le cycle de vie de l'espèce *Silpha rugosa* (Linnaeus, 1758) et *Dermestes peruvianus* (Laporte de Castelnau, 1840) car se sont les espèces les mieux représentées au niveau des cadavres expertisés d'une part et que la littérature attire l'attention sur l'importance des Silphidae et Dermestidae dans le contexte médico-légal d'autre part (Archer et Elgar, 1998; Velásquez et Vilorio, 2009; Dekeirsschieter, 2011; Richardson et Goff, 2001; Woodcock *et al.*, 2013).

2.4.1. Méthode d'élevage

Cette étude consiste en une série d'élevage qui permet de suivre le développement ou le cycle de vie d'une espèce. Il peut se faire dans les conditions du laboratoire et à ce moment-là c'est la température et l'humidité de la pièce qui est considérée. L'élevage peut être mené dans une étuve où la température et l'humidité sont contrôlées. Dans notre étude l'élevage des deux espèces, *Silpha rugosa* et *Dermestes peruvianus*, est réalisé dans une étuve dont le choix de la température et de l'humidité s'inspire des travaux réalisés sur d'autres espèces de

Silphidae et Dermestidae (Richardson et Goff, 2001 ; Velásquez et Vilorio, 2009 ; Dekeirsschieter, 2011).

Donc pour l'élevage des adultes mâles et femelles de *Silpha rugosa* et *Dermestes peruvianus*, nous avons effectué des prélèvements de ces espèces sur un cadavre et les avons mis séparément en élevage, dans des boîtes en plexiglas (25,5x 15,5x 7,5). Le dessus de ces boîtes est un couvercle grillagé pour l'aération. Le fond des boîtes est recouvert avec de la terre humide (5cm) sur laquelle est déposé un appât de viande (50g). Le besoin en eau est fourni par des tampons de coton imbibé (Figure 8).

Pour l'espèce *Silpha rugosa* l'élevage est réalisé sur deux groupes d'adultes (mâle et femelle) de 17 individus chacun. L'élevage du 1er groupe, est mené dans une étuve, réglée à une température de 26°C avec une humidité relative de 70%. Pour le 2^{ème} groupe, l'élevage est effectué dans les conditions du laboratoire où la température moyenne relevée est de 23°C avec une humidité relative moyenne de 32%.

Concernant l'espèce *Dermestes peruvianus*, 40 spécimens mâles et femelles sont répartis dans deux groupes. Pour le premier groupe, l'élevage est mené dans une étuve réglée à une température de 36°C et une humidité relative de 45%, tandis que pour le deuxième groupe, la température est réglée à 40°C et l'humidité relative fixée à 45%.

Dans chacun des élevages, les individus sont placés dans un bac où figure sur une étiquette le nom de l'espèce, le nombre d'individus.

L'élevage de *Silpha rugosa* dans les conditions du laboratoire est réalisé dans le bac 1, et a débuté le 27/3/2013, alors que le bac 2 est placé dans une étuve le 31/3/2013. La correspondance des bacs est la même pour *Dermestes peruvianus* avec cependant un élevage respectif le 13/5/2013 et le 5/6/2013.



Figure 9. Mise en élevage des Coléoptères (photos originales)

2.4.2. Analyse morphométrique

Une étude préliminaire sur la caractérisation morphométrique est proposée. Nous avons relevés deux paramètres que nous avons mesurés à l'aide d'un papier millimétré. Il s'agit du diamètre des œufs, et de la longueur totale du corps (Velásquez et Vilorio, 2009). Selon ces auteurs, ces deux paramètres exprimeraient à eux seuls les éventuelles modifications mesurées selon différentes températures.

2.5. Méthodes d'exploitation des résultats

Une analyse quantitative et qualitative des données est effectuée au moyen de divers indices écologiques.

On distingue deux types d'indices utilisés dans notre présente étude (Grall et Coïc, 2006):

- Les descripteurs statistiques, très utilisés et permettant de décrire de manière quantitative les peuplements. Il s'agit de la richesse spécifique (S) et de l'abondance (A).
- Les indices de diversité, basés sur des formules plus complexes et illustrant la complexité des peuplements, à savoir: l'indice de Shannon weaver (H') et l'indice d'équitabilité de Piélou (E).

2.5.1. Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition

2.5.1.1. Richesse spécifique totale (S) et moyenne (Sm)

Selon Ramade (1984), un peuplement se caractérise par un paramètre essentiel qui est la richesse. Elle se mesure en terme de nombre d'espèces S mais ne rend pas compte de l'importance numérique de chaque espèce. La richesse spécifique (S) est représentée par le nombre total ou moyen d'espèces recensées dans un échantillon du biotope (Ramade, 1984).

$$S = \text{nombre d'espèces de la zone d'étude}$$

Cet indice S peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement. Dans notre étude, S correspond au nombre total des espèces capturées sur le cadavre.

La richesse moyenne (Sm) est selon Blondel (1979) le nombre moyen des espèces contactées à chaque relevé. Dans notre cas, il s'agit du nombre moyen des espèces capturées.

2.5.1.2. Abondance (A)

Elle constitue un autre paramètre important pour la description de la structure d'un peuplement.

$$A = \text{Nombre d'individus d'une espèce}$$

2.5.1.3. Abondances relatives ou Fréquences centesimales (%)

L'abondance relative est le pourcentage des individus d'une l'espèce (n_i) par rapport au total des individus (N), de toutes les espèces (Dajoz, 2000). Selon Frontier (1983), l'abondance relative ($p_i = n_i/N$ où n_i =effectif de l'espèce de rang i , N =effectif total) des espèces dans un peuplement ou dans un échantillon, caractérise la diversité faunistique d'un milieu donné.

$$F(\%) = n_i/N \times 100$$

n_i : Nombre d'individus d'une espèce i .

N : Nombre total d'individus toutes espèces confondues.

L'abondance relative renseigne sur l'importance de chaque espèce.

2.5.2. Exploitation des résultats par des indices écologiques de structure

Les indices écologiques de structures retenues dans notre étude pour exploiter les résultats des indices de diversité de Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E).

2.5.2.1. Indice de Shannon- Weaver (H') et indice d'équitabilité de Pielou (E)

Nous avons également exprimé des indices écologiques de structure comme l'indice de Shannon Weaver (H') et l'équitabilité (E).

Pour mieux appréhender la complexité d'un peuplement, le meilleur indice est celui de Shannon-Weaver (Blondel *et al.*, 1979). Selon Daget (1976), cet indice tient compte de l'abondance mais aussi de la richesse spécifique. Il permet de quantifier l'hétérogénéité et donc d'avoir une information de la biodiversité d'un milieu d'étude et donc d'observer une évolution au cours du temps. Il a l'avantage d'être indépendant de la taille de l'échantillon d'une part et présente une certaine sensibilité aux espèces rares d'autre part.

L'indice de Shannon- Weaver (H') est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray *et al.*, 1992 in Grall, J. et Coïc, N. , 2006). . Il est donné par la formule suivante:

$$H' = \sum P_i \log_2 P_i$$

Où :

Pi = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $P_i = n_i/N$;

n_i : Nombre d'individus d'une espèce i , allant de 1 à S (nombre total d'espèces);

N : Nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon ;

Log2 : Logarithme népérien à base 2;

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver exprimé en unités binaires d'information ou bits.

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces.

Selon Magurran (1988), la valeur de cet indice varie généralement entre moins de 1 et 4,5, rarement plus. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier, 1983) et que le milieu étudié est riche en espèce.

Lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce, l'indice de diversité est égal à 0 bits.

2.5.2.2 Indice d'équitabilité de Pielou (E)

L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité (E) de Piélou (1966), également appelé indice d'équirépartition (Blondel, 1979). Il représente le rapport de (H') à l'indice maximal théorique dans le peuplement (H'_{max}). Cet indice peut varier de 0 à 1 et, lorsqu'il tend vers zéro ($E < 0,5$), cela signifie qu'une seule espèce domine tout le peuplement. Il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. L'indice d'équitabilité est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement. Comme il est insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage.

L'équitabilité est donnée par la formule :

$$E = H'/H'_{max}$$

Blondel (1979) exprime la diversité maximale par la formule suivante :

$$H'_{max} = \log S \text{ (S= nombre total d'espèces)}$$

2.5.3 Exploitation des résultats par l'analyse de la variance (ANOVA)

Le test de l'analyse de la variance a été réalisé à l'aide du logiciel Stat (2016), il s'agit d'un test à un critère ou un facteur. Il consiste à comparer les moyennes de plusieurs

populations à partir de données d'échantillons aléatoires, simples et indépendants (Dagnélie, 2006 in Mezedjri, 2008).

Dans notre étude nous avons comparé, pour chacune des saisons, les moyennes des effectifs des Diptères mais aussi celles des Coléoptères de chaque type de substrats adultes et jeunes. La comparaison de ces moyennes est donc réalisée pour voir s'il y a une différence significative entre les substrats adultes et jeune qui sont colonisés par ces insectes lors d'une même saison.

La réalisation du test se fait, soit en comparant la valeur de F observé avec la valeur théorique $F_{1-\alpha}$ correspondante, extraite à partir de la table F de Fisher pour un niveau de signification $\alpha=0,05$ ou $0,01$ ou $0,001$ et pour k_1 et k_2 degrés de liberté ; soit en comparant la valeur de la probabilité p avec toujours les différentes valeurs $\alpha=5\%$ ou 1% ou $0,1\%$. Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau $\alpha=0,05$, $0,01$ ou $0,001$, l'écart observé entre les moyennes est soit significatif, soit hautement significatif ou alors très hautement significatif.

RESULTATS

CHAPITRE 3. RESULTATS

3.1. Composition taxonomique de la faune nécrophage

3.1.1. Inventaire systématique

Notre étude s'est étendue sur les quatre saisons de l'année 2012-2013 pour l'ensemble des 8 cadavres animaux expertisés. Nous avons récolté un total de 2654 individus, dont 1187 (45%) sont répartis dans 6 familles de Diptères (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae, Piophilidae), et 1467 (55%) sont répartis dans 9 familles de Coléoptères (Dermestidae, Staphylinidae, Silphidae, Histeridae, Trogidae, Cleridae, Nitidulidae, Scarabaeidae et Geotropidae).

La figure 10 met en évidence la bonne représentativité des Coléoptères. Ces deux ordres sont représentés respectivement par 8 et 6 genres, avec 9 espèces de Coléoptères (Annexe 2) et 11 espèces de Diptères (Tableaux 3 et 4).

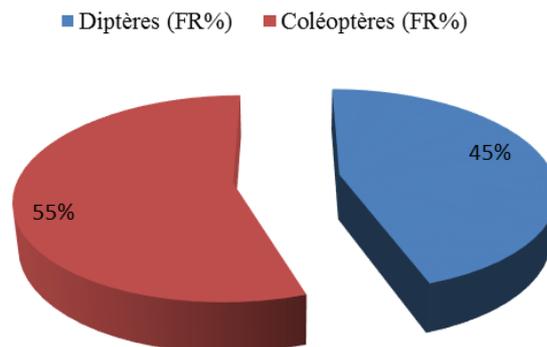


Figure 10. Fréquences relatives des Diptères et Coléoptères récoltés sur les huit cadavres

Sur la figure 11 on remarque que les Diptères Calliphoridae dominent la faune nécrophage récoltée sur les huit cadavres expertisés avec 36,09%. Cette famille est suivie par les Coléoptères Dermestidae avec 17,22 %. Viennent ensuite les Silphidae, les Histeridae et les Trogidae avec respectivement 12,40%, 10,36% et 5,01%. La fréquence des Staphilinidae est de 4,26%, celle des Piophilidae est de 4,03%. Les autres familles ne sont représentées qu'avec de faibles fréquences.

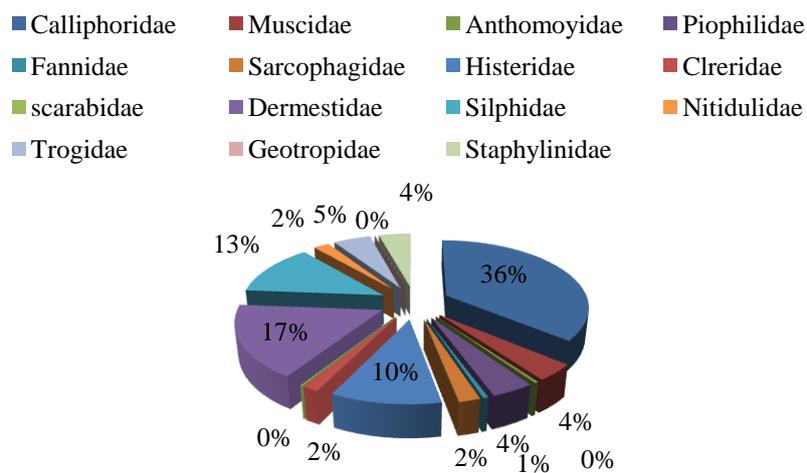


Figure 11. Fréquences relatives des familles de Diptères et de Coléoptères récoltés sur les huit cadavres

Sur les Tableaux 3 et 4, on constate que sur la petit cadavre du printemps (PcP) il y a 5 espèces de Coléoptères et 5 espèces de Diptères. Sur ce substrat, l'espèce la plus abondante parmi les Coléoptères est *Silpha rugosa* (Linnaeus, 1758) avec un effectif de 70 individus suivie de *Hister unicolor* (Linnaeus, 1758) avec 21 individus. Pour les Diptères l'espèce la plus fréquente est *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) avec 9 individus, suivie de *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758) avec 5 individus.

- Le grand cadavre du printemps (GcP), est le plus diversifié avec 9 espèces de Coléoptères et 8 espèces de Diptères dont *Lucilia sericata* qui domine avec 276 spécimens, suivie par les Coléoptères bien représentés par *Silpha rugosa* et *Dermestes peruvianus* avec respectivement 84 et 77 individus.

Pour le petit cadavre d'été (PcE), on remarque la présence de 3 espèces de Coléoptères et 2 espèces de Diptères. Parmi les Diptères, l'espèce la plus abondante est *Chrysomia*

- *albiceps* (Wiedemann, 1819) avec 18 individus, suivie par le Coléoptère *Saprinus aenus* (Fabricius 1775) avec 16 individus. Viennent ensuite les espèces *Dermestes peruvianus* (Coleoptère), *Anthomya pluviatus* (Linnaeus, 1758) (Diptère) et *Trox hispidus* (Pontoppidan, 1763) (Coléoptère) avec respectivement 11, 2 et 1 individu.
- Le grand cadavre d'été (GcE) est visité par 4 espèces de Coléoptères et 2 espèces de Diptères. L'espèce la plus abondante est le Diptère *Chrysomia albiceps* avec 11 individus, suivie de *Sarcophaga carnaria* du même ordre avec 5 individus ; vient ensuite le Coléoptère *Dermestes peruvianus* avec 4 individus.
- Le petit cadavre d'automne (PcA) a reçu 2 espèces de Coléoptères et 2 espèces de Diptères. Le Coléoptère *Trox hispidus* et le Diptère *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy 1830) sont les plus fréquents avec respectivement 30 et 29 individus, viennent ensuite le Diptère *Lucilia sericata* et le Coléoptère *Silpha rugosa* avec respectivement 4 et 1 individus.
- Sur le grand cadavre d'automne (GcA), on constate la présence d'une seule espèce de Coléoptère, *Silpha rugosa* avec 1 individu et 2 espèces de Diptères représentée par *Calliphora vicina* avec 37 individus suivie de *Lucilia sericata* avec 8 individus.
- Le petit cadavre d'hiver (PcH) a été visité par 7 espèces de Coléoptères dont l'espèce dominante est *Trox hispidus* avec 55 individus, 7 espèces de Diptères dont *Calliphora vicina* domine avec 168 individus suivie de l'espèce *Lucilia sericata* du avec 13 individus.
- Pour le grand cadavre d'hiver (GcH), on note la présence de 8 espèces de Coléoptères et 8 espèces de Diptères. Parmi les Coléoptères, l'espèce la plus fréquente est *Dermestes peruvianus* avec 390 individus, suivie par *Lucilia sericata* (Diptère) et *Silpha rugosa* (Coléoptère) avec respectivement 127 et 99 individus, viennent ensuite le Coléoptère *Saprinus semistriatus* (Scriba 1790), le Diptère *Calliphora vicina*, *Creophilus maxillosus* (Linnaeus 1758) et le Coléoptère *Saprinus aeneus* avec respectivement, 74, 73, 70 et 44 individus.

Certains spécimens n'ont pas pu être identifiés jusqu'à l'espèce, nous avons alors retenu que la famille à laquelle ils appartiennent.

Tableau 3. Checklist des espèces de Coléoptères identifiées sur les huit cadavres

Famille	Genre	Espèce	Nombre de spécimen récolté sur chaque cadavre							
			PcP	GcP	PcE	GcE	PcA	GcA	PcH	GcH
Silphidae	<i>Silpha</i>	<i>Silpha rugosa</i> (Linnaeus, 1758)	70	84	0	0	1	2	5	99
		<i>Silpha obscura</i> (Fabricius, 1775)	1	39	0	0	0	0	0	27
Histeridae	<i>Hister</i>	<i>Hister unicolor</i> (Linnaeus, 1758)	21	26	0	0	0	0	8	21
		<i>Hister purpurascens</i> (Herbst, 1791)	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Saprinus</i>	<i>Saprinus aeneus</i> (Fabricius 1775)	0	19	16	2	0	0	1	44
		<i>Saprinus semistriatus</i> (Scriba 1790)	0	15	0	2	0	0	1	74
Dermestidae	<i>Dermestes</i>	<i>Dermestes peruvianus</i> (Laporte de Castelnau, 1840)	7	77	11	4	0	0	4	390
Staphylinidae	<i>Creophilus</i>	<i>Creophilus maxillosus</i> (Linnaeus 1758)	10	19	0	1	0	0	14	70
Trogidae	<i>Trox</i>	<i>Trox hispidus</i> (Pontoppidan, 1763)	0	1	1	0	30	8	55	34

PcP : petit cadavre du printemps, GcP: grand cadavre du printemps, PcE: petit cadavre d'été, GcE: grand cadavre d'été, PcA: petit cadavre d'automne, GcA: grand cadavre d'automne, PcH: petit cadavre d'hiver, GcH: grand cadavre d'hiver.

Tableau 4. Checklist des espèces de Diptères identifiées sur les huit cadavres

Familles	Genres	Espèces	Nombre de spécimens récolté sur chaque cadavre							
			PcP	GcP	PcE	GcE	pcA	GcA	pcH	GcH
Calliphoridae	<i>Calliphora</i>	<i>Calliphora vicina</i> (Robineau-Desvoidy 1830)	6	60	0	0	29	37	168	73
		<i>Calliphora vomitoria</i> (Linnaeus, 1758)	0	2	0	0	0	0	1	0
	<i>Lucilia</i>	<i>Lucilia silvarum</i> (Meigen, 1826)	1	7	0	0	0	0	4	16
		<i>Lucilia sericata</i> (Meigen, 1826)	9	276	0	0	4	8	13	127
	<i>Chrysomia</i>	<i>Chrysomia albiceps</i> (Wiedemann, 1819)	0	2	18	11	0	0	0	0
Anthomyiidae	<i>Anthomyia</i>	<i>Anthomyia pluvialis</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	2	0	0	0	1	4
Muscidae	<i>Muscina</i>	<i>Muscina stabulans</i> (Fallén, 1817)	0	8	0	0	0	0	0	39
		<i>Musca domestica</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	0	0	4	6
	<i>Hydrotaea</i>	<i>Hydrotaea adentipes</i> (Fabricius, 1805)	5	0	0	5	0	0	1	27
Sarcophagidae	<i>Sarcophaga</i>	<i>Sarcophaga carnaria</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	0	0	0	0	0
Fanniidae	<i>Fannia</i>	<i>Fannia scalaris</i> (Fabricius, 1794)	0	2	0	0	0	0	0	30

PcP : petit cadavre du printemps, GcP : grand cadavre du printemps, PcE : petit cadavre d'été, GcE : grand cadavre d'été, PcA : petit cadavre d'automne, GcA : grand cadavre d'automne, PcH : petit cadavre d'hiver, GcH : grand cadavre d'hiver.

3.2. Evolution des stades de décomposition

La présente étude met en évidence l'évolution du processus de décomposition suivi durant l'année 2012-2013. Ainsi, dans le tableau 5, sont rapportées les durées des stades de dégradation des 8 cadavres expertisés. Les stades de décomposition sont illustrés au niveau de la figure 12.

Tableau 5. Durée en jours des différents stades de décomposition des modèles

Stades Modèles	Frais	Gonflement	Décomposition avancée	Dessèchement
Grand chien P	Du 05/4/2012 au 09/4/2012	Du 10/4/2012 au 20/4/2012	Du 21/4/2012 au 03/5/2012	Du 04/5/2012 au 07/5/2012
Chiot P	28/3/2012	Du 29/3/2012 au 02/4/2012	Du 03/5/2012 au 07/5/2012	Du 08/5/2012 Au 12/5/2012
Grand chien E	Du 7/7/2012 au 08/7/2012	Du 9/7/2012 au 10/7/2012	Du 11/7/2012 au 13/7/2012	Du 14/7/2012 au 25/7/2012
Lapin E	Du 16/9/2012 au 17/9/2012	Du 18/9/2012 au 19/9/2012	Du 20/9/2012 au 21/9/2012	Du 22/9/2012 au 24/9/2012
Grand chien A	Du 8/12/2012 au 9/12/2012	Du 10/12/2012 au 11/12/2012	Du 11/12/2012 au 15/12/2012	Du 16/12/2012 au 02/1/2013
Lapin A	22/11/2012	23/11/2012	Du 24/11/2012 au 2/12/2012	Du 03/12/2012 au 6/12/2012
Grand chien H	Du 11/3/2013 au 18/3/2013	Du 19/3/2013 au 30/3/2013	Du 31/3/2013 au 24/4/2013	Du 25/4/2013 au 30/5/2013
Lapin H	26/2/2013	Du 27/2/2013 au 02/3/2013	Du 03/3/2013 au 13/3/2013	Du 14/3/2013 au 29/4/2013

Concernant le début du stade de gonflement, entre le grand et le petit cadavre du printemps, on note un décalage de 4 jours.

En automne, le décalage n'est que de 1 jour pour ces 2 types de substrats alors qu'en hiver on observe un écart de 6 jours (tableau 5).

Un décalage de 6 jours est également observé durant le stade du début de décomposition avancée au printemps pour passer à 8 jours durant la période hivernale et ce pour les deux types de substrats.

Concernant le début du stade de dessèchement, le décalage est de 9 jours entre les deux cadavres du printemps, 3 jours entre les deux cadavres d'automne et 13 jours de décalage entre les deux cadavres d'hiver.

Pour les deux cadavres expertisés en été, aucun décalage entre les stades de décomposition, n'a été observé (tableau 5).

Stades	Frais	Gonflement	Décomposition avancée	Dessèchement
GcP				
PcP				
GcE				
PcE				
GcA				
PcA				
GcH				
PcH				

Figure 12. Stades de décomposition des huit cadavres expertisés

3.2.1 Effet de la température sur la durée de décomposition cadavérique

La figure 13 met en évidence l'effet de la température sur la durée de décomposition des huit cadavres étudiés. Nous remarquons que la durée de décomposition la plus courte est constatée sur les deux substrats expertisés en été où la température moyenne est de 23,35 à 29,6°C. La durée de dégradation la plus longue est observée en hiver, où la température moyenne est de 13,9 à 16,35. Pour toutes les saisons d'étude nous remarquons que le substrat de petite taille se décompose plus rapidement que le substrat de grande taille.

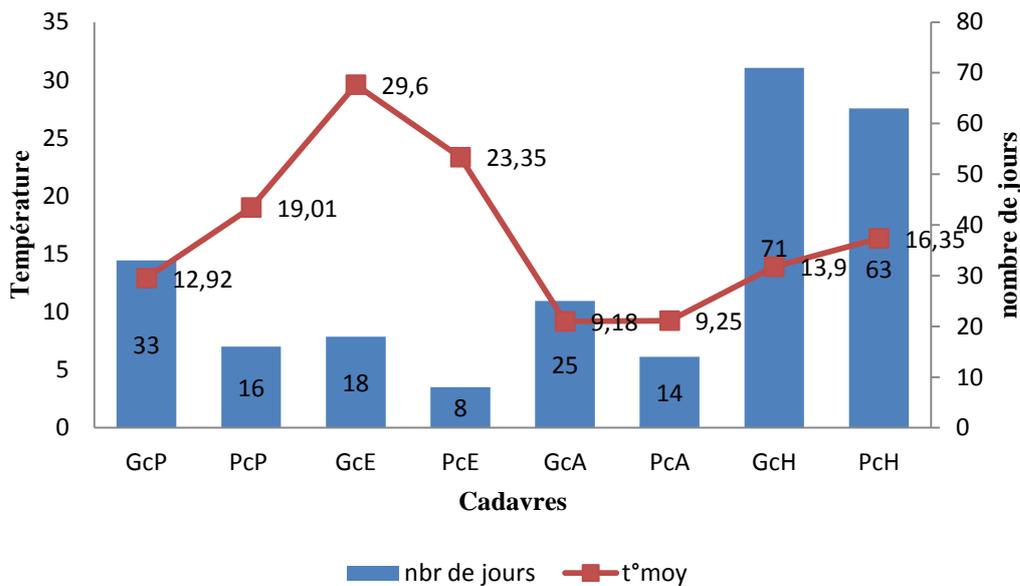


Figure 13. Effet de la température sur la durée de décomposition des huit cadavres expertisés

3.2.2. Arrivée des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition

La figure 14 montre les effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition des huit cadavres. Nous remarquons que les Diptères interviennent avec abondance durant le stade frais sur le grand cadavre de printemps et celui d'hiver avec respectivement 135 et 55 individus. Cependant sur les autres cadavres les Diptères interviennent avec des taux faibles durant le stade frais, et ils sont absents sur le grand cadavre d'automne. Durant le stade de gonflement et le stade avancé, l'effectif des Diptères augmente sur tous les cadavres expertisés, à l'exception du grand substrat d'automne où leurs taux sont très faibles. Pendant le dernier stade de dessèchement le nombre de Diptères diminue sur tous les substrats, mais remonte pour les deux grands cadavres de l'été et automne.

Contrairement au Diptères, les Coléoptères ne sont pas bien représentés durant le stade frais, mais leur effectif remonte durant le deuxième et le troisième stade (stade de gonflement et avancé) sur tous les substrats, à l'exception du grand cadavre d'automne. Au stade de dessèchement le nombre des Coléoptères diminue sur le grand cadavre du printemps, celui de l'été et de l'hiver, sur les petits cadavres du printemps et de l'été, mais remonte sur le grand cadavre d'automne et les deux petits cadavres d'automne et hiver.

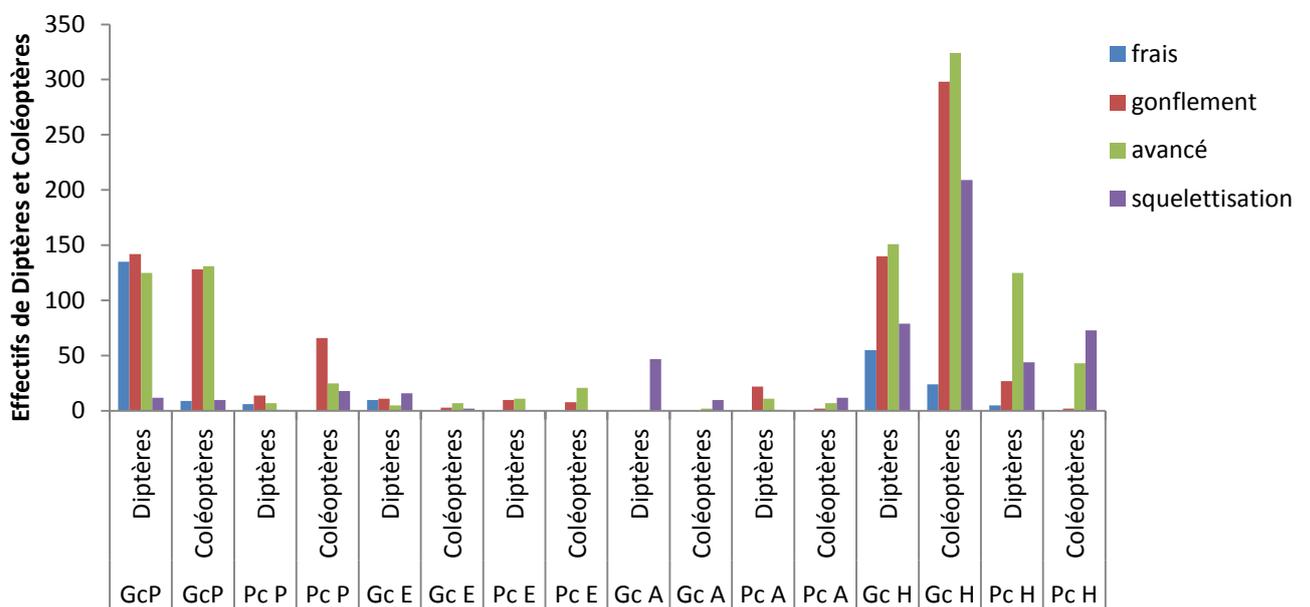


Figure 14. Effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition des huit cadavres

La figure 15 met en évidence les effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition de l'ensemble des huit cadavres. Nous constatons que durant le stade frais, les Diptères (212 individus) sont plus nombreux que les Coléoptères (33 individus). Cette constatation est inversée durant le stade de gonflement, le stade avancé, et le stade de dessèchement où le nombre des Coléoptères prend des valeurs supérieures à celui des Diptères.

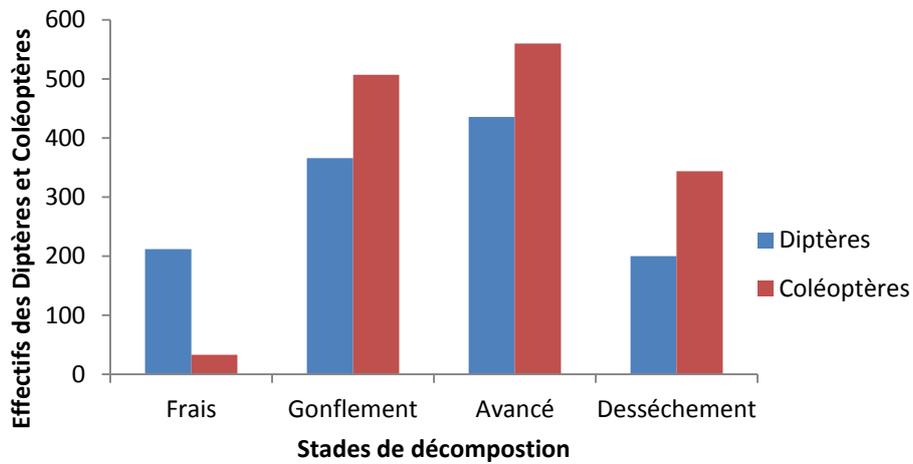


Figure 15. Effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition de l'ensemble des huit cadavres

La figure 16 met en évidence les effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition de l'ensemble des grands cadavres. Nous remarquons durant le stade frais le nombre de Diptères (200 individus) est supérieur à celui des Coléoptères (33 individus). Au stade de gonflement, avancé et de dessèchement les Coléoptères sont plus abondants que les Diptères.

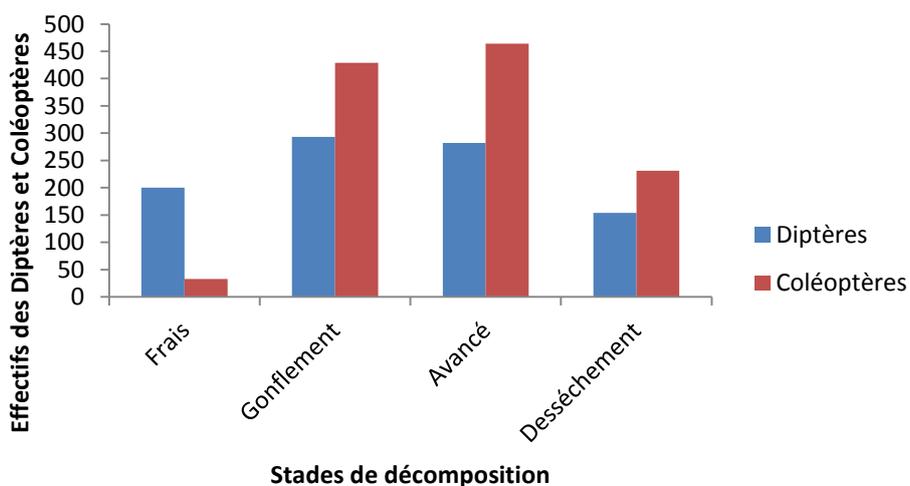


Figure 16. Effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition de l'ensemble des grands cadavres

La figure 17 montre les effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition de l'ensemble des petits cadavres. Durant le stade frais, les Diptères ne sont pas très nombreux avec 11 individus, et on note l'absence des Coléoptères. Durant le stade de gonflement les Coléoptères interviennent dans la décomposition avec 76 individus où ils sont un peu plus nombreux que les Diptères (73 individus). Par contre, au stade avancé, les Diptères réapparaissent plus nombreux avec 154 individus. Enfin, au stade de dessèchement les Coléoptères dominent les Diptères avec 103 contre 46 individus.

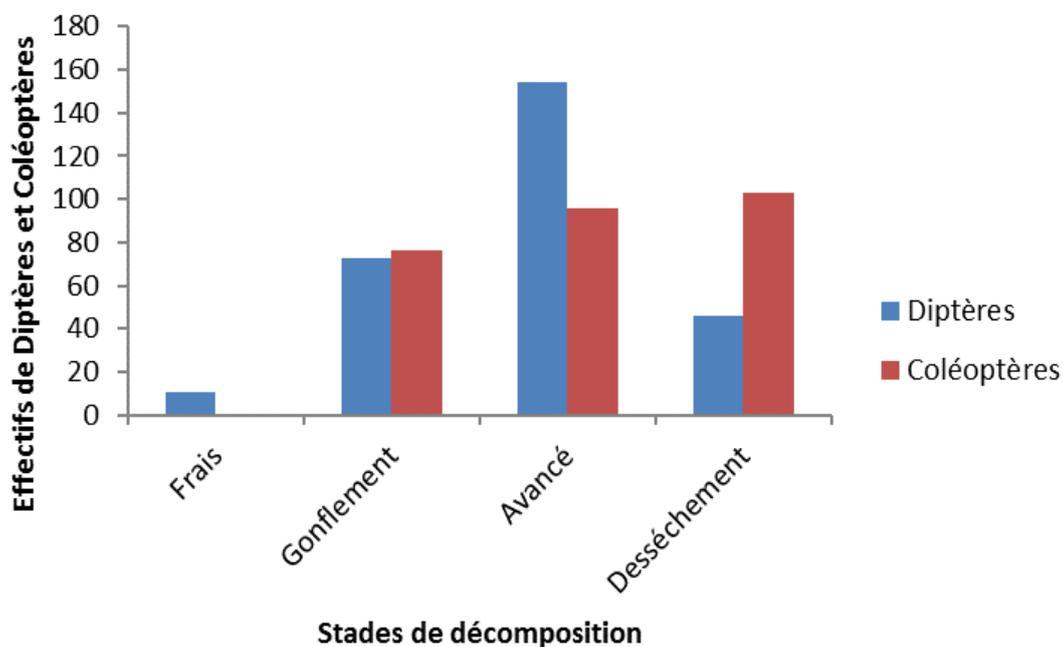


Figure 17. Effectifs des Diptères et Coléoptères selon les stades de décomposition des petits cadavres

La Figure 18 montre les effectifs des familles des Diptères en fonction de stades de décomposition des grands cadavres. Nous constatons que la famille des Calliphoridae marque sa présence pendant tous les stades de décomposition, avec cependant des effectifs plus élevés au stade frais et au stade de gonflement avec respectivement 190 et 219 individus.

Les Sarcophagidae sont représentés avec de faibles effectifs, les Piophilidae, les Muscidae, et Fanniidae marquent leur absence pendant le stade frais et elles sont bien

représentées en stade de squelettisation et au stade avancé. Les Anthomyiidae sont représentés qu'avec de faibles taux durant tous les stades de décomposition.

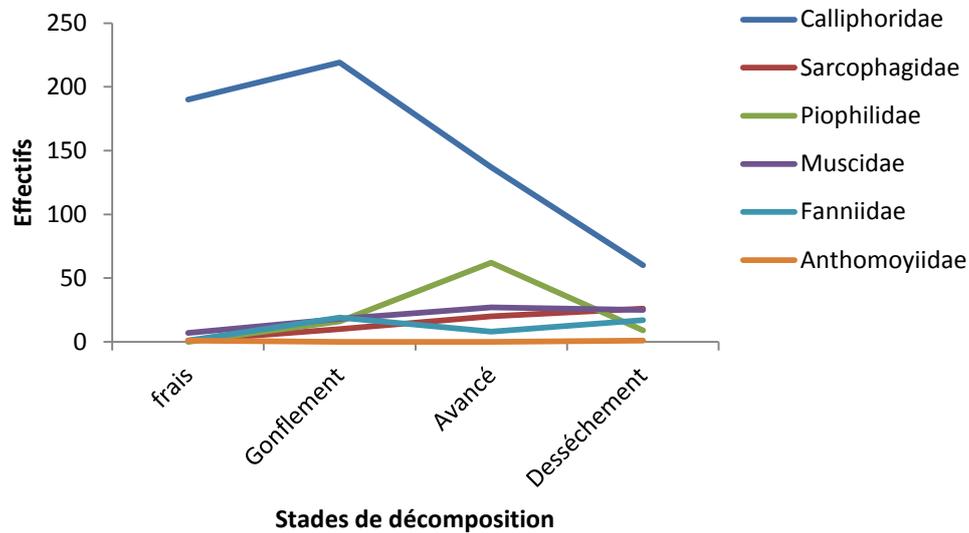


Figure 18. Effectifs des familles des Diptères en fonction de stades de décomposition des grands cadavres

La figure 19 qui suit montre les fréquences relatives des espèces de Coléoptères en fonction des stades de décomposition des grands cadavres. Nous constatons que l'espèce *Silpha rugosa* fait son apparition au stade frais où elle domine avec 1,75%. Elle est suivie par les espèces *Trox hispidus* avec 65% et *Silpha obscura* 0,46%.

Pendant le stade de gonflement on remarque des fréquences très importantes pour toutes les espèces de Coléoptère, à l'exception de l'espèce *Hister unicolor* bien présente au stade avancé avec *Dermestes peruvianus* et *Saprinus semistriatus*.

Au stade de dessèchement, on remarque une diminution des fréquences relatives de toutes les espèces de Coléoptères à l'exception de l'espèce *Trox hispidus* dont l'abondance relative a tendance à remonter à 3,04%. Notons toutefois que même si l'espèce *Dermestes peruvianus* se démarque parfaitement durant ce stade, elle diminue pour atteindre une fréquence relative de 9,14% qui reste supérieure à *Trox hispidus* (3,04%).

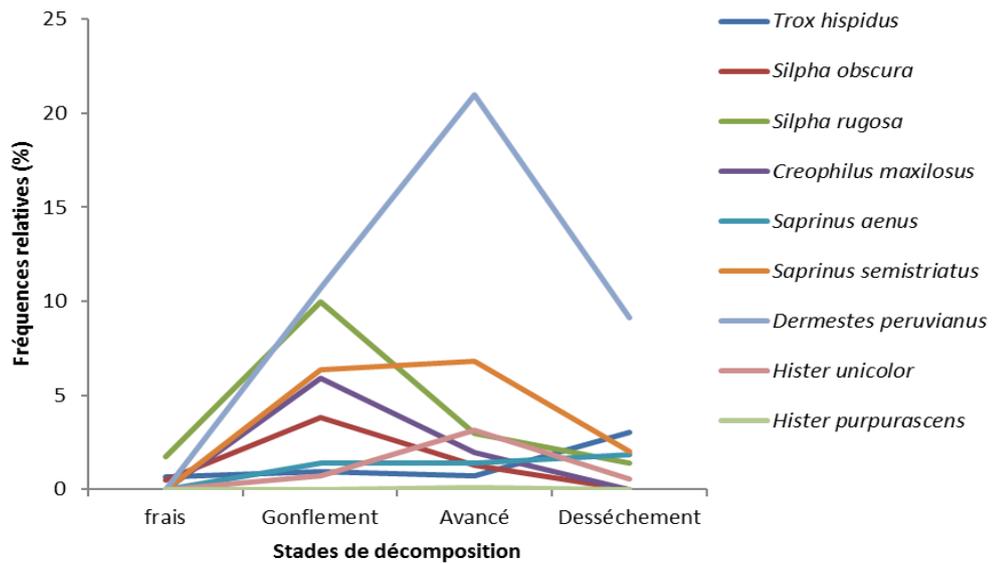


Figure 1. Fréquences relatives des espèces de Coléoptères en fonction des stades de décomposition des grands cadavres

La figure 20 montre les effectifs des familles des Diptères en fonction de stades de décomposition des petits cadavres. Nous remarquons que les Calliphoridae sont les Diptères les plus abondants pendant tous les stades de décomposition, et que tout comme les Muscidae l'effectif des Calliphiridae atteint son maximum de 146 individus durant le stade avancé et diminue durant le stade de dessèchement à 42 individus.

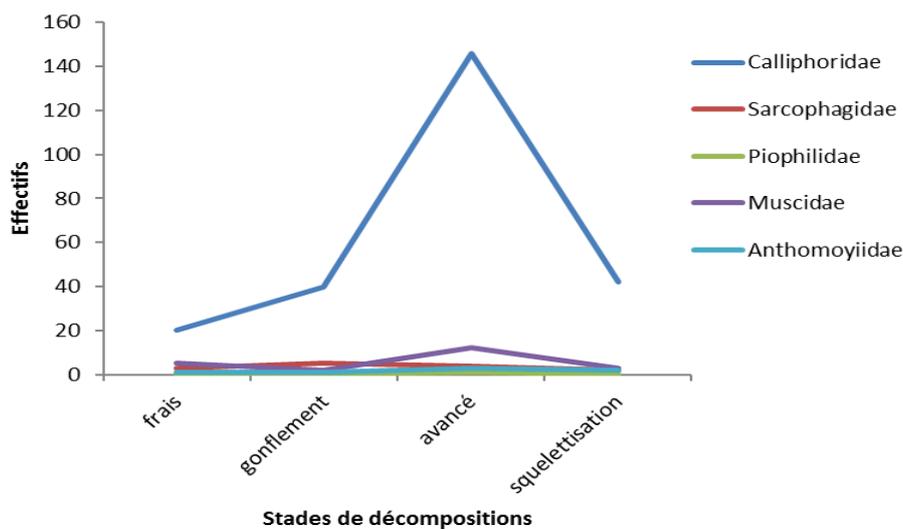


Figure 20. Effectifs des familles des Diptères en fonction de stades de décomposition des petits cadavres

La figure 21 montre les fréquences relatives des espèces de Coléoptères en fonction des stades de décomposition des petits cadavres. Nous constatons que durant le stade frais, aucune espèce de Coléoptère n'a fait son apparition.

Les espèces *Silpha rugosa* avec 16,95% et *Hister unicolor* 6,36% ont la fréquence relative la plus élevée durant le stade de gonflement. Au stade suivant qui est celui de la décomposition avancée, ce sont les espèces *Dermestes peruvianus* avec 5,5%, *Saprinus aenus* avec 5,08% et *Creophilus maxilosus* avec 5,08% qui dominent certes, mais leur abondance reste toujours inférieure à celle de *Silpha rugosa* (7,63%) et *Trox hispidus* (6,78%). L'espèce *Trox hispidus* marque la fréquence relative la plus importante au stade de dessèchement avec 23,73% où les toutes les espèces diminuent leurs fréquences relatives.

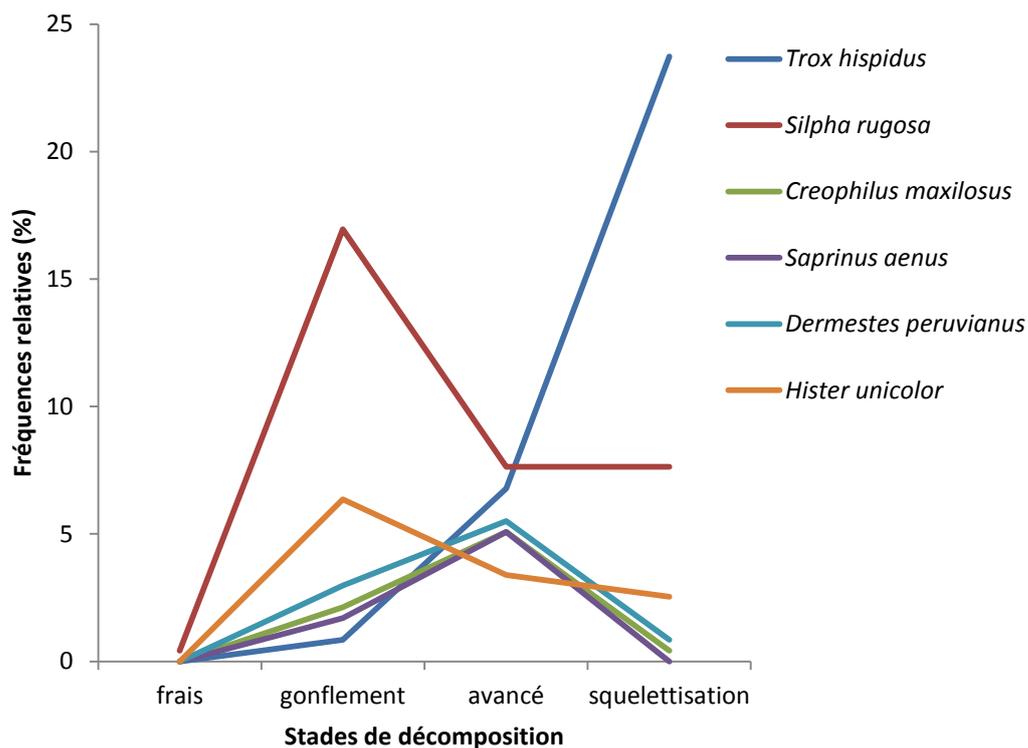


Figure 21. Fréquences relatives des espèces de Coléoptères en fonction des stades de décomposition des petits cadavres

3.2.3. Arrivée des groupes écologiques sur des cadavres en décomposition

La figure 22 montre les effectifs des cinq groupes écologiques qui colonisent les huit cadavres selon les stades de décomposition. On note l'apparition des espèces nécrophages, nécrophiles et omnivores, dès le stade frais avec respectivement 50,10%, 47,41% et 1,92%. Au stade de gonflement on remarque que les abondances des espèces nécrophiles et omnivores deviennent plus importantes avec 51,04% et 5,05%. Ainsi, les espèces nécrophiles sont les mieux représentées par rapport aux autres groupes écologiques mais aussi par rapport aux différents stades de décomposition.

Ensuite, les espèces omnivores vont voir leurs effectifs augmenter pour atteindre leur maximum en effectif avec 16,22%, durant le stade de la décomposition avancée. Par contre, les espèces nécrophages et nécrophiles diminuent à ce stade à 40,29% et 42,83%.

Au stade de dessèchement, les effectifs des espèces nécrophiles diminuent légèrement alors que ceux des omnivores, avec dominance des espèces nécrophages (53,80%).

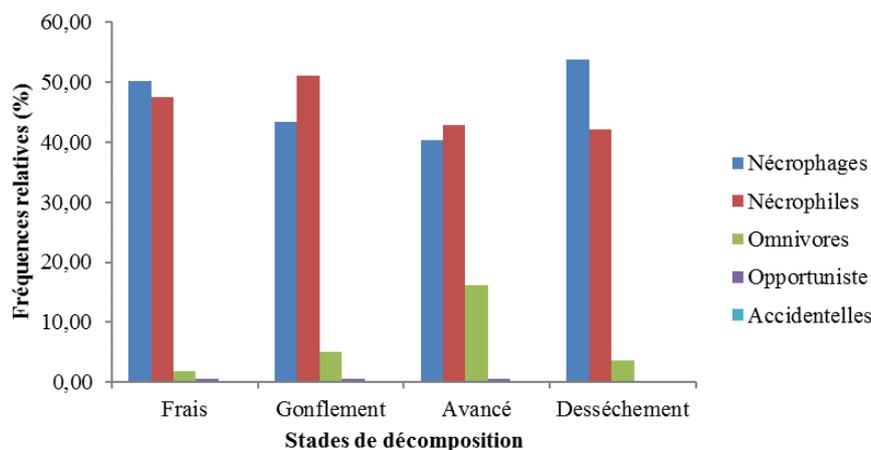


Figure 22. Fréquences relatives des cinq groupes écologiques en fonction des stades de décomposition sur les huit cadavres.

Sur la figure 23 qui suit, nous avons mis en évidence les effectifs des cinq groupes écologiques relatifs aux Coléoptères, qui colonisent les grands cadavres selon les stades de décomposition. On remarque que les espèces nécrophages et nécrophiles des Coléoptères apparaissent au stade frais avec respectivement 56,36 % et 43,64 %.

Durant le stade de gonflement, le nombre des espèces nécrophages diminue à 27,89%, celui des espèces nécrophiles augmente et ses abondances relatives maximales s'observent avec 70,49%. Durant ce stade de gonflement, on note l'apparition des espèces omnivores avec 1,62%.

Pendant le stade de décomposition avancée, l'abondance relative des espèces nécrophiles diminue par rapport au stade précédent, elle passe de 70,49 % à 55,75 %. Par contre, celui des espèces nécrophages et omnivores augmente avec respectivement 39,61 % et 4,65 %.

Au stade de dessèchement, les abondances relatives des espèces de ces trois groupes diminuent, mais les espèces nécrophiles restent les plus abondantes avec 49,86%.

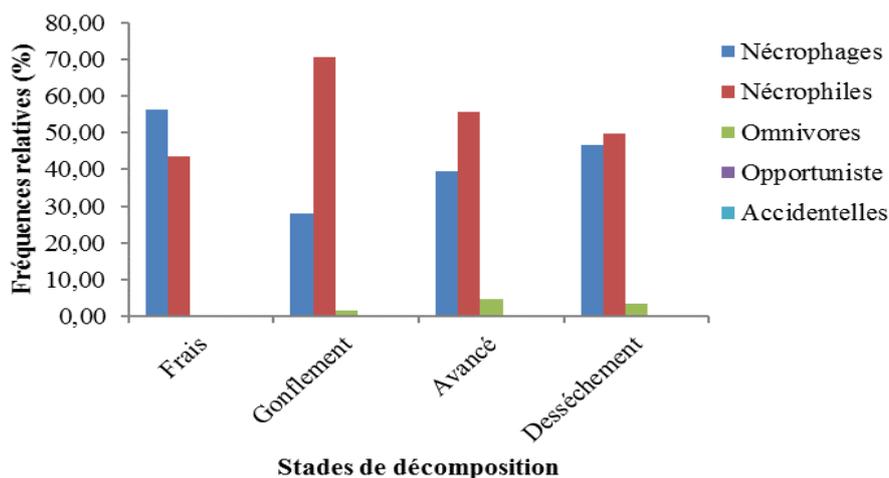


Figure 23. Fréquences relatives des Coléoptères selon les cinq groupes écologiques en fonction des stades de décomposition des grands cadavres.

La figure 24 montre les effectifs des cinq groupes écologiques représentés par les Coléoptères, qui colonisent les petits cadavres selon les stades de décomposition. Durant le stade frais on note l'absence de toutes les espèces de Coléoptères. Ce n'est qu'au stade de gonflement que les espèces de Coléoptères nécrophages (48,08%) et nécrophiles (50,96 %) marque leur présence. Au stade de décomposition avancée, les espèces omnivores interviennent avec 2,74% et les espèces nécrophiles augmentent fortement avec 62,33%. Au stade de dessèchement le nombre des espèces nécrophages et omnivores augmente avec

respectivement 62,94 % et 9,09 % alors que celui des espèces nécrophiles diminue, on note en effet une abondance relative de 27,97 %.

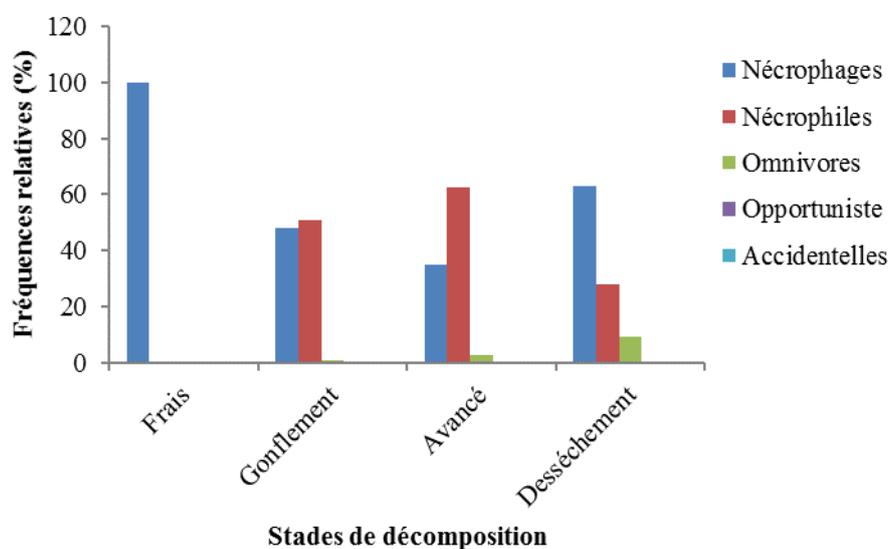


Figure 24. Fréquences relatives des Coléoptères selon les cinq groupes écologiques en fonction des stades de décomposition des petits cadavres.

3.3. Indices écologiques de composition

3.3.1. La richesse spécifique

Les valeurs de la richesse spécifique dans les quatre expériences sont données dans le tableau 6 La richesse totale (S)

Tableau 6. Distribution de la richesse spécifique dans les 8 expérimentations

Cadavres/saisons	PcP	GcP	PcE	GcE	PcA	GcA	PcH	GcH
Richesse spécifique (S)	10	17	5	6	4	4	14	16

PcP : petit cadavre du printemps, GcP : grand cadavre du printemps, PcE : petit cadavre d'été, GcE : grand cadavre d'été, PcA : petit cadavre d'automne, GcA : grand cadavre d'automne, PcH : petit cadavre d'hiver, GcH : grand cadavre d'hiver.

Les résultats présentés dans le tableau 6 et la figure 25, montrent que la richesse spécifique maximale des espèces d'insectes nécrophages est observée dans l'expérience sur le chien adulte du printemps (GcP) avec 17 espèces suivi par les expériences sur le grand cadavre d'hiver (GcH), le petit cadavre d'hiver (PcH), le petit cadavre du printemps (PcP) et et le grand cadavre d'été (GcE)

avec respectivement 16, 14, 10 et 6 espèces. L'expérience avec le petit cadavre d'été (PcE) est de 5 espèces. pour le petit cadavre d'automne (PcA) et le grand cadavre d'automne (GcA) ont la même valeur de richesse spécifique qui est 4 espèces.

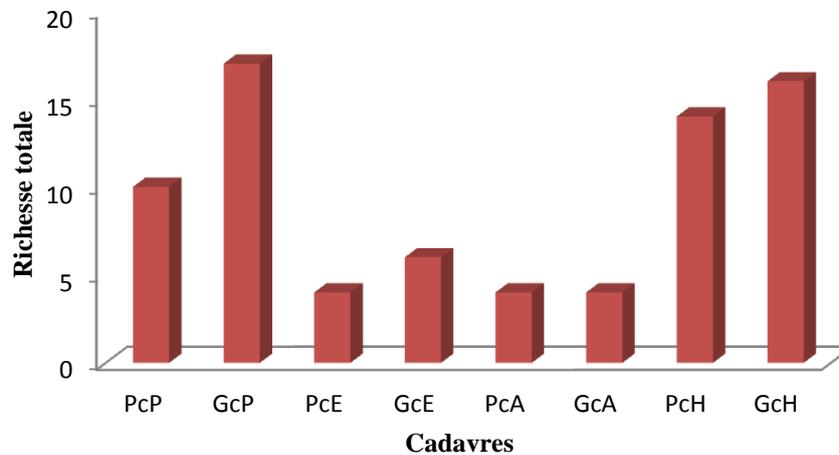


Figure 25. Représentation de la richesse spécifique dans les 8 cadavres

3.3.2 Abondances relatives des familles d'insectes identifiées au cours des saisons

3.3.2.1 Abondances relatives sur le chien adulte et le chiot au printemps

Le nombre total des spécimens récoltés sur le cadavre du chiot s'élève à 165 individus, avec 39 spécimens pour les Diptères et 111 individus pour les Coléoptères.

Nous avons également récolté 724 insectes nécrophages sur le cadavre du chien adulte, dont 414 sont des Diptères, 302 des Coléoptères.

Sur le cadavre du chien adulte nous constatons que les Calliphoridae sont les plus nombreux avec une fréquence relative de 48%, alors que pour le cadavre du chiot les Silphidae sont les plus nombreux avec une fréquence relative de 46%. Pour le cadavre du chien adulte la famille des Calliphoridae est suivie par les Silphidae avec 16% viennent ensuite les Dermestidae avec 11% et les Histeridae avec 8%. Ces derniers sont présents sur le cadavre du chiot après les Silphidae avec 13%, viennent ensuite les Calliphoridae avec 10% et les Sarcophagidae avec 7% (Figure 26).

Les autres familles ne sont représentées que par de faibles fréquences comprises entre 1% et 6%.

Sur le cadavre du chien adulte on note la présence de deux familles de Coléoptères non signalées sur le cadavre du chiot, il s'agit des Cleridae et Trogidae avec 2%, on note aussi la présence de deux familles de Diptères sur le cadavre du chiot non signalées sur le cadavre du chien adulte il s'agit des Phoridae avec 3% et Anthomyiidae avec 1% (Figure 26).

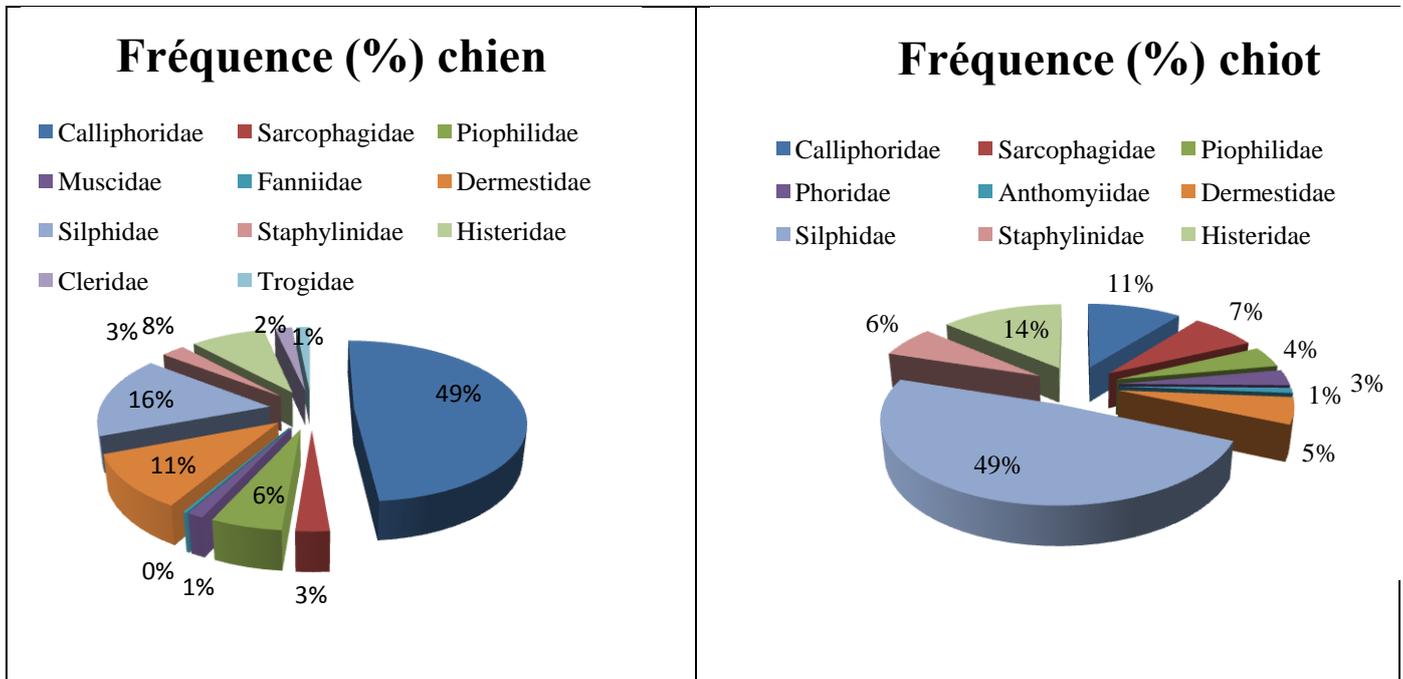


Figure 26. Fréquences relatives des familles des insectes identifiés sur les deux cadavres (chien adulte et chiot) durant la saison printanière

3.3.2.2 Abondances relatives sur le chien adulte et le lapin en été

Le nombre total des spécimens récoltés sur le cadavre du lapin s'élève à 60 individus, avec 31 spécimens pour les Diptères et 29 individus pour les Coléoptères soit 51,67 % et 48,33 % respectivement.

Nous avons également récolté 53 insectes nécrophages sur le cadavre du chien adulte, dont 41 sont des Diptères (77,36%) et 12 des Coléoptères (2,64 %).

Sur le cadavre du chien adulte on constate que les muscidae sont les mieux représentés avec une fréquence de 39%, suivi par les Calliphoridae avec 20% alors que cette dernière est la mieux représentée sur le cadavre de lapin avec 30% où elle est suivie par les Histeridae avec 27% (Figure 27).

L'abondance des Sarcophagidae est nettement supérieure chez le chien adulte dont le taux est de 19% alors que pour le lapin elle est de 3%. Sur ce dernier les Histeridae (28%) sont suivis par les Dermestidae avec 17%. Ces deux familles sont également présentes sur le cadavre du chien adulte avec une fréquence de 7% (Figure 27).

Notons par ailleurs la présence de deux autres familles sur le cadavre du lapin que l'on ne retrouve pas au niveau de la carcasse du chien adulte. Il s'agit des Anthomyiidae avec 3% et les Trogidae avec 2%. Les Staphylinidae ne sont signalés que sur le chien adulte avec 2% (figure 27).

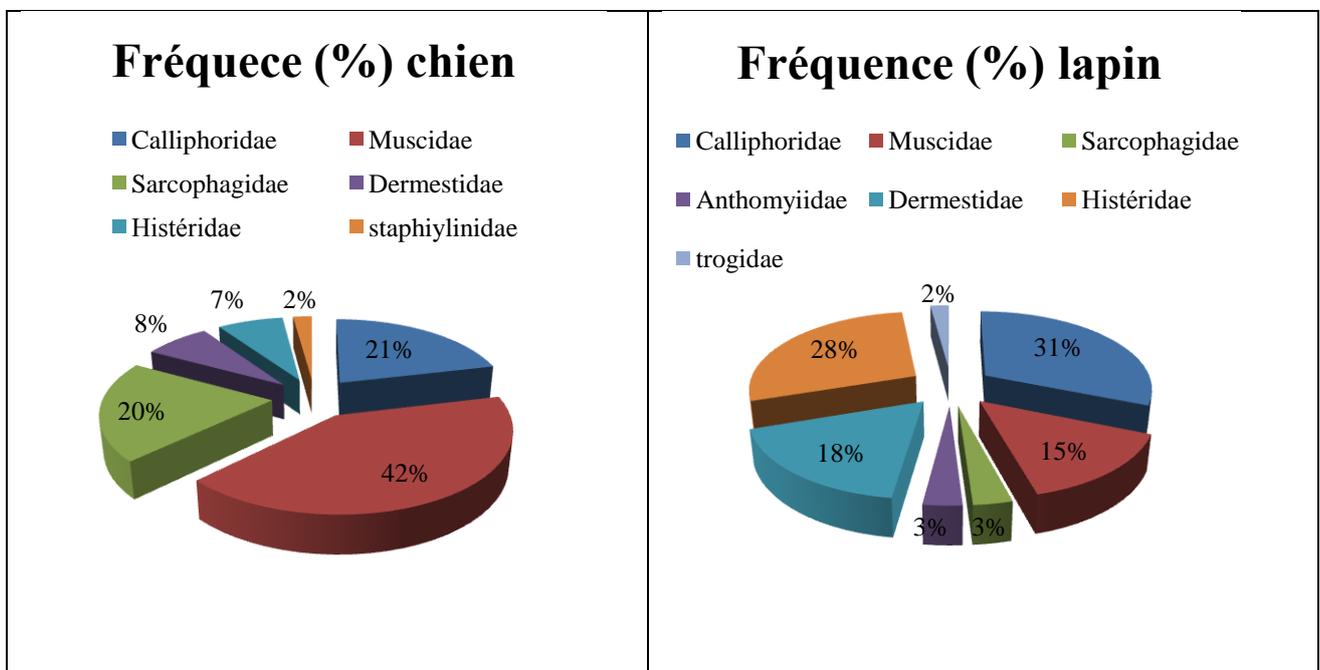


Figure 27. Fréquences relatives des familles d'insectes identifiées sur les deux cadavres (chien adulte et lapin) durant la saison estivale

3.3.2.3 Abondances relatives des espèces récoltées sur le chien adulte et le lapin durant la saison automnale

Le nombre total des spécimens récoltés sur le cadavre de lapin s'élève à 55 individus, avec 21 spécimens pour les Diptères et 34 individus pour les Coléoptères.

Nous avons également récolté 56 insectes nécrophages sur le cadavre du chien adulte, dont 47 sont des Diptères et 9 des Coléoptères.

Sur les deux cadavres nous constatons que les Calliphoridae sont les plus nombreux avec une fréquence relative de 49% pour le cadavre de lapin et de 78% pour celui du chien adulte. Cette famille est suivie par les Trogidae avec 44% et 14% respectivement pour le lapin et le chien adulte. Sur le cadavre du chien adulte on note la présence de deux familles non signalées sur le cadavre de lapin, il s'agit des Sarcophagidae et des Staphylinidae avec 2%, On note aussi l'absence des Nitidulidae qui sont présents sur le lapin avec 4% (Figure 28)

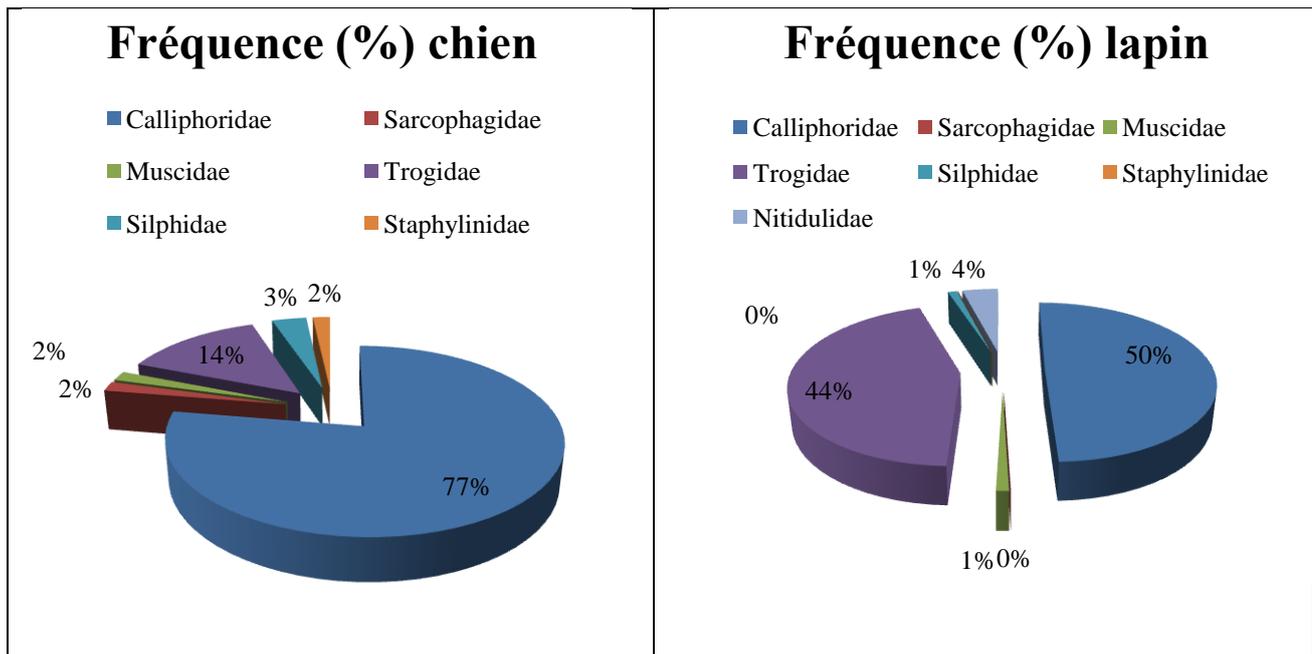


Figure 28. Fréquences relatives des familles d'insectes identifiées sur les deux cadavres (chien adulte et lapin) durant la saison estivale

3.3.2.4 Abondances relatives des espèces récoltées sur le chien adulte et le lapin durant la saison hivernale

Le nombre total des spécimens récoltés sur le cadavre de lapin s'élève à 326 individus, avec 203 spécimens pour les Diptères (62,27%) et 123 individus pour les Coléoptères (37,73%).

Nous avons également récolté 1183 insectes nécrophages sur le cadavre du chien adulte, dont 391 sont des Diptères (33,05%), 847 des Coléoptères (11,60%).

Sur le cadavre du chien adulte, les Dermestidae enregistrent le taux le plus élevé avec 30% de la faune nécrophages, suivi par les Calliphoridae avec 17%. Ces derniers sont les plus nombreux sur le cadavre de lapin avec 67%, suivi des Trogidae avec 11%. Sur le cadavre du

chien adulte les Calliphoridae avec 15% sont suivi par les Histeridae et les Silphidae avec respectivement 14% et 11% (Figure 29).

Les autres familles ne sont représentées que par de faibles fréquences comprises entre 0,08% et 5%.

Sur le cadavre du chien adulte on note la présence de trois famille non signalées sur le cadavre de lapin, il s'agit des Sarcophagidae avec 1%, Faniidae avec 1% et Geotropidae avec 0,08% (Figure 29).

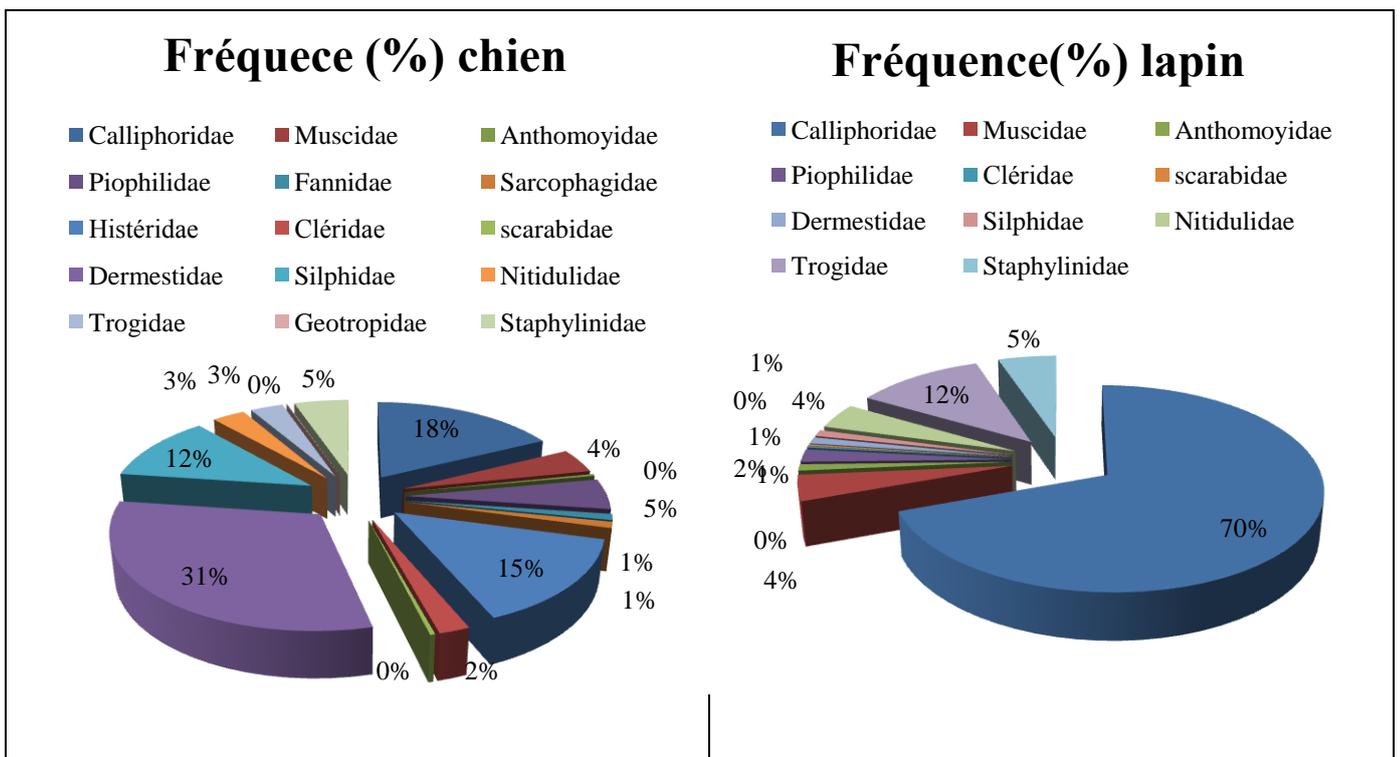


Figure 29. Fréquences relatives des familles des insectes identifiés sur les deux cadavres (chien adulte et lapin) durant la saison hivernale

3.4. Les indices écologiques de structure

3.4.1. Evolution de l'indice de diversité maximale H' max, l'indice de Shannon-Weaver H' et Equitabilité E

Pour établir une bonne description de l'évolution temporelle de la diversité des espèces nécrophages, nous avons retenu l'indice de diversité maximale H' max, l'indice de Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité de Pielou (E).

3.4.1.1. Evolution de l'indice de diversité maximale sur les cadavres adultes

La figure 30 montre la diversité maximale observée sur les grands cadavres. Nous remarquons que le cadavre le plus diversifié est celui expertisé en printemps avec un indice de diversité maximale H'_{max} de 4,39 bits, suivi par le cadavre d'hiver, vient ensuite le cadavre expertisé durant l'été et enfin le grand substrat d'automne est le moins diversifié avec H'_{max} de 2,81 bits.

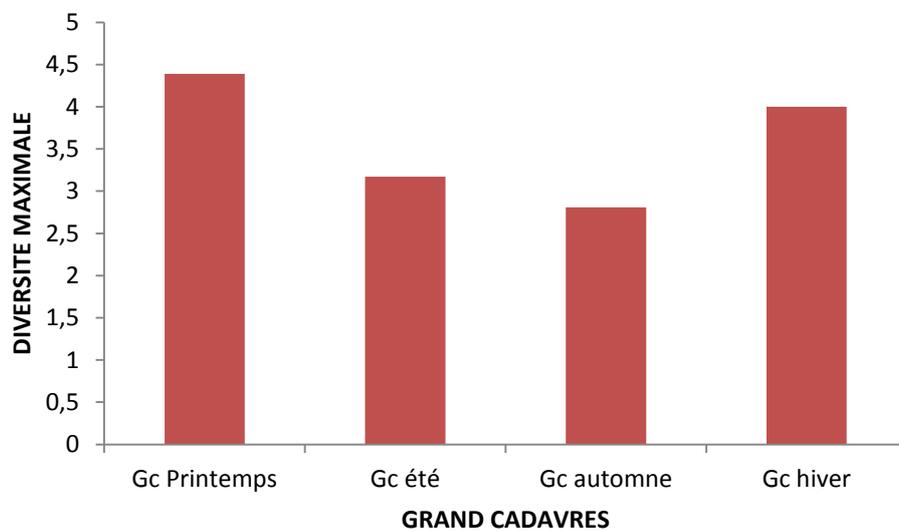


Figure 30. Diversité maximale observée sur les grands cadavres

3.4.1.2. Evolution de l'indice de diversité maximale sur les cadavres jeunes

La figure 31 montre la diversité maximale observée sur les petits cadavres, nous constatons que le petit cadavre d'hiver est le plus diversifié avec un indice de diversité maximale H'_{max} de 4,25 bits, suivi par le petit cadavre du printemps avec H'_{max} de 3,99 bits, en suite vient le petit cadavre de l'été avec H'_{max} de 3,32 bits, suivi par le petit cadavre d'automne avec H'_{max} de 2,58 bits.

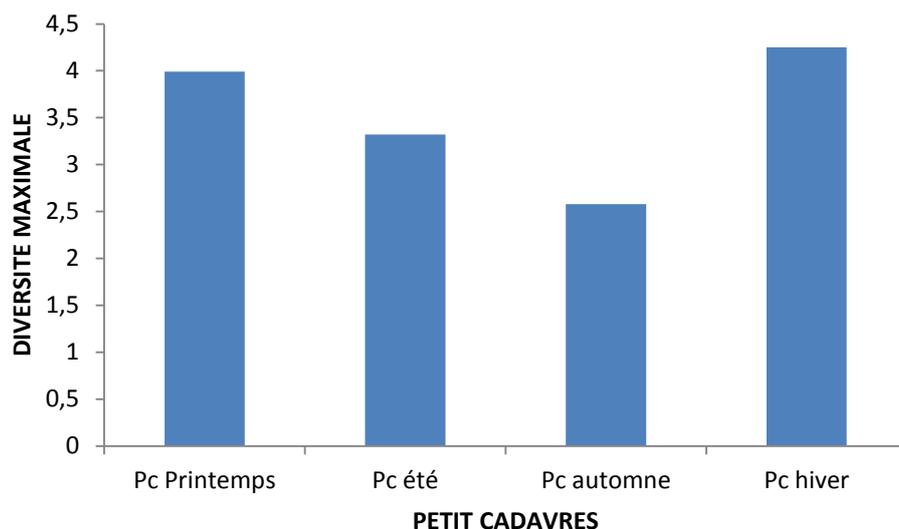


Figure 31. Diversité maximale observée sur les petits cadavres

3.4.1.3. Evolution temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur les cadavres adultes et jeunes

Pour avoir une vue d'ensemble de l'indice de Shannon et de l'Equitabilité, nous avons constitué nos carcasses en 2 lots : un lot définit par les cadavres adultes de chien et un lot représenté par les cadavres jeunes (lapin et chiot).

3.4.1.3.1. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre du chiot durant la saison printanière

La courbe relative à la variation des indices de diversité et d'équitabilité durant la période de décomposition du cadavre (du 28/3/2012 au 9/4/2012) est variable (figure 32).

La valeur maximale de l'indice de Shannon de 3,08 bits est enregistrée le 08/4/2012 autrement dit une semaine après la mort du chiot. Cette journée est marquée par une diversité des spécimens qui ont visités le cadavre à savoir *Sarcophaga sp*, *Hister unicolor*, *Creophilus maxilosus* et *Silpha rugosa*,. Nous remarquons que la valeur la plus basse de 0,28 bits se situe le 04/4/2012 ce qui indique une faible diversité au sein de la faune nécrophage où le peuplement est dominé par une ou deux espèces.

Un autre indice est pris en compte, il s'agit de l'équitabilité (E). Ses valeurs varient de 0,09 à 0,82, ce qui peut être traduit par une instabilité entre les espèces tout au long de notre expérimentation.

La courbe relative à la variation des indices de diversité et d'équitabilité (figure 32) présente 4 périodes.

- La première période (le 28/03/2012 et le 29/03/2012) : les valeurs de E tendent vers 1, avec une valeur maximale de 0,82. Ce qui explique que la population nécrophage présente un certain équilibre car les effectifs sont bien répartis entre les différentes espèces.
- La deuxième période (01/04/2012 au 03/04/2012) : les valeurs de E oscillent entre 0,39 et 0,43, ce qui indique une bonne répartition des espèces au sein du peuplement nécrophage à savoir *Calliphora vicina*, *Sarcophaga carnaria*, *Anthomya pluvialis* et *Sarcophaga sp.*
- La troisième période (04/4/2012) correspond à la valeur la plus basse qui est de 0,09.

Dans ce cas, l'équitabilité tend vers zero, ce qui se traduit par la dominance d'une seule espèce de Coléoptères à savoir *Creophilus maxillosus*.

- La quatrième période (le 08/04/2012) : la valeur de E à encore tendance à s'approcher de 1, avec une valeur de 0,72 ce qui suggère une certaine homogénéité dans le peuplement nécrophage autrement dit, les différentes populations nécrophages (Diptères et Coléoptères) sont bien équilibrées entre eux.

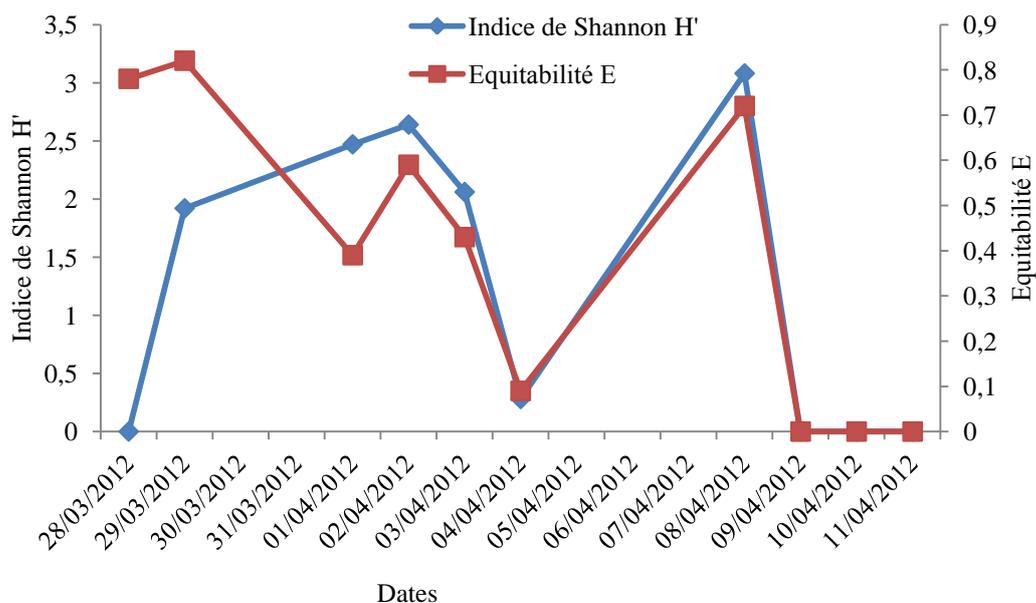


Figure 32. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et de l'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre « chiot »

3.4.1.3.2 Variation de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre du chien adulte durant la saison printanière

La figure 33 met en évidence les variations quotidiennes des indices de Shannon. Ainsi, sur une période de 34 jours d'échantillonnage (du 05 avril 2012 au 07 mai 2012), l'analyse des indices de Shannon révèle que la diversité des espèces varie entre 0,72 bit et 3,32 bits.

Le pic de diversité est atteint le 21/4/2012 avec une information moyenne de 3,32 bits. Ce résultat indique une visite de 12 espèces sur le cadavre en l'occurrence *Lucilia sericata*, *Musca stabulans*, *Calliphora vicina*, *Silpha rugosa* et *Silpha obscura*, *Creophilus maxillosus*, *Dermestes peruvianus*, *Hister unicolor* *Hister purpurascens*, *Saprinus aeneus*, *Saprinus semistriatus* et enfin *Trox hispidus*. L'indice de Shannon H' le plus faible est observé le 05/4/2012, soit le premier jour du dépôt du cadavre, avec H' de 0,72 bit, où les espèces qui ont visité le cadavre sont *Lucilia sericata* et *Calliphora vicina*.

Pour ce qui concerne l'équitabilité E , la figure 33 montre une courbe en dents de scie, elle atteint la valeur maximale de 0,76, le 21/4/2012. Ce résultat indique que chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus, signifiant ainsi que la population nécrophage est en équilibre.

Le 5/4/2012 nous avons enregistré une valeur de 0,16 où aucune espèce n'a été récolté, rappelons que cette date correspond au premier jour du dépôt du substrat.

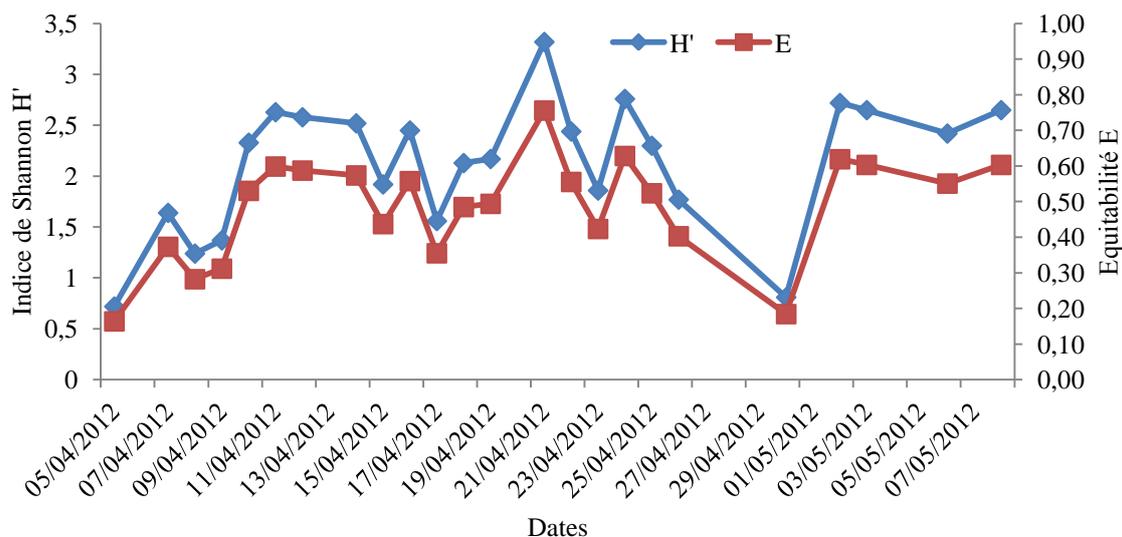


Figure 33. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre de chien adulte observé au printemps

3.4.1.3.3. Variation de l'indice de Shannon-Weaver et Équitabilité sur le cadavre de lapin durant la saison estivale

La figure 34 met en évidence les variations quotidiennes des indices de Shannon. Ainsi, sur une période de 5 jours d'échantillonnage (du 17 septembre 2012 au 21 septembre 2012), l'analyse des indices de Shannon révèle que la diversité des espèces varie entre 0 bit et 3 bits.

Le pic de diversité est atteint le 20/9/2012 avec une information moyenne de 3 bits. Ce résultat indique une visite de plusieurs espèces sur le cadavre en l'occurrence *Crysomya albiceps*, *Muscasp. maxillosus*, *Dermestes peruvianus*, *Hister sp* et enfin *Saprinus aeneus*. L'indice de Shannon H' le plus faible avec 0 bit, est observé le 17/9/2012, soit le premier jour du dépôt du cadavre. Ce résultat indique que l'échantillon contient une seule espèce à savoir *Chrysomya albiceps*.

Concernant l'équitabilité E, la figure 34 montre qu'elle atteint la valeur maximale de 0,9 le 20/9/2012, Ce résultat indique que chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus, ce qui signifie que la population nécrophage est en équilibre.

La valeur minimale égale à 0,3 est enregistrée le 17/9/2012 autrement dit, le premier jour du dépôt où le cadavre a été visité par une seule espèce à savoir *Chrysomya albiceps*.

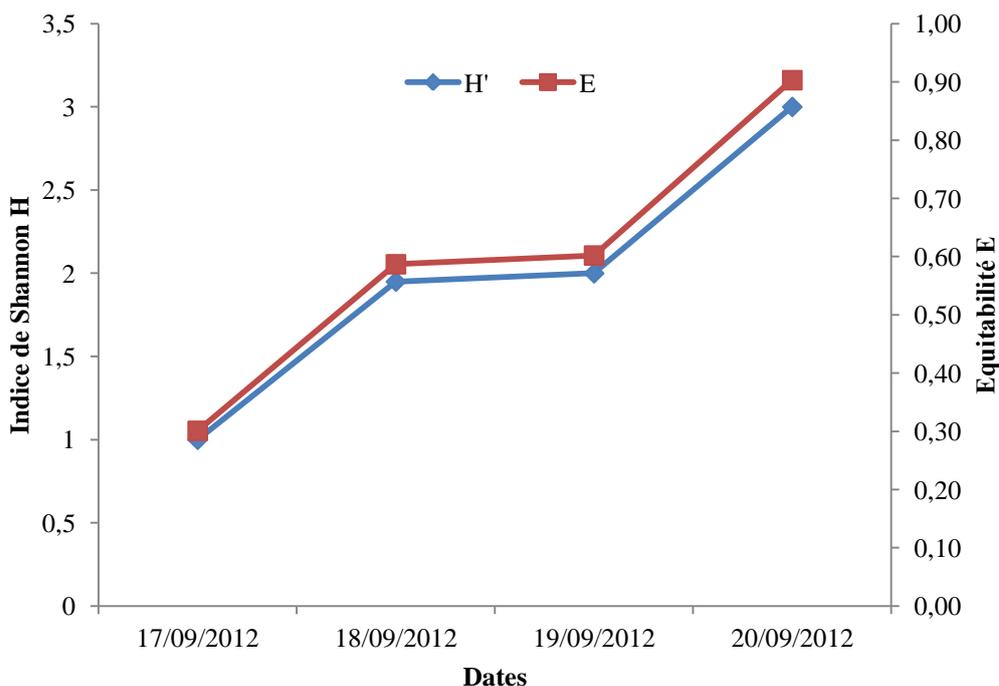


Figure 34. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre de lapin durant la période estivale

3.4.1.3.4. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le Cadavre du chien adulte durant la période estivale

La figure 35 met en évidence les variations quotidiennes des indices de Shannon. Ainsi, sur une période de 11 jours d'échantillonnage (du 7 juillet 2012 au 17 juillet 2012), l'analyse des indices de Shannon révèle que la diversité des espèces varie entre 0 bit et 1,95 bits.

Le pic de diversité est atteint le 12/7/2012 avec une information moyenne de 1,95 bits. Ce résultat indique une visite de 4 espèces sur le cadavre à savoir *Musca sp*, *Sarcophaga sp*, *Saprinus aeneus* et enfin *Saprinus semistriatus*. L'indice de Shannon H' le plus faible avec 0 bits, est observé le 07/7/2012, soit le premier jour du dépôt du cadavre. Où on note la présence d'une seule espèce à savoir *Chrysomya albiceps*.

Concernant l'équitabilité E, elle atteint une valeur maximale de 0,62 le 12/7/2012, ce résultat indique que chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus, ce qui signifie que la population nécrophage est en équilibre. La valeur minimale égale à 0 est enregistrée le 7/7/2012 autrement dit, le premier jour du dépôt où il n'y a pas eu d'insectes récoltés.

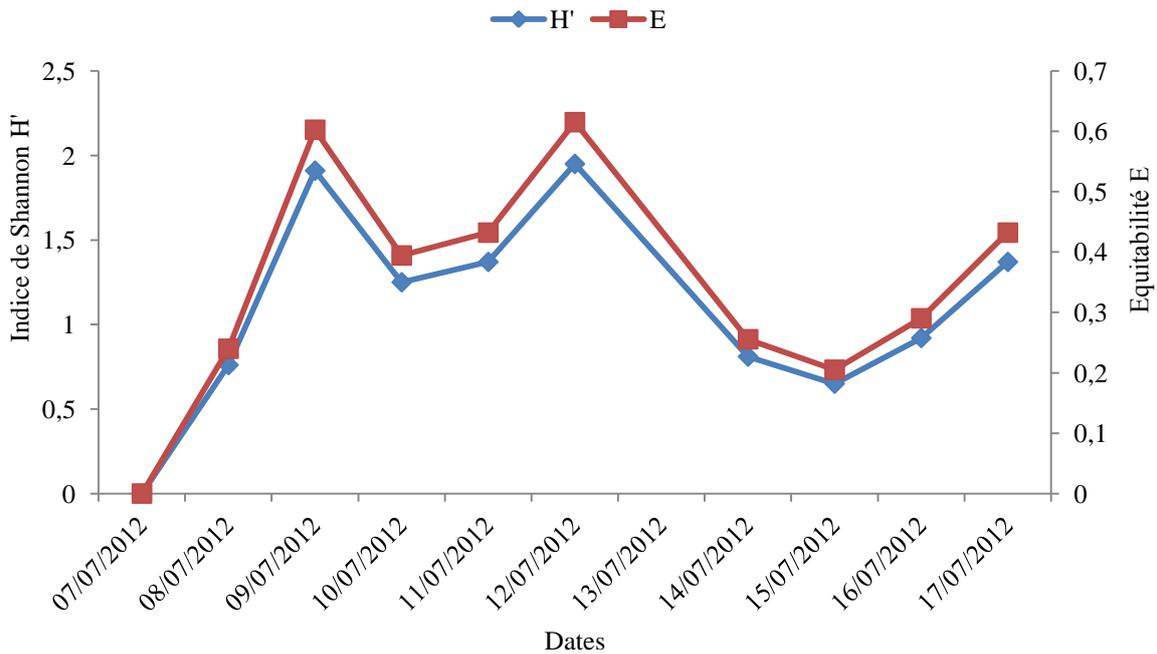


Figure 35. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre de chien adulte durant la saison estivale

3.4.1.3.5. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Équitabilité sur le cadavre de lapin durant la saison automnale

La figure 36 met en évidence les variations quotidiennes des indices de Shannon. Ainsi, sur une période de 15 jours d'échantillonnage (du 23 novembre 2012 au 07 décembre 2012), l'analyse des indices de Shannon révèle que la diversité des espèces varie entre 0 bit et 2 bits. La valeur maximale de la diversité est atteinte le 06/12/2012 avec une information moyenne de 2 bits. Ce résultat indique une visite de plusieurs espèces sur le cadavre à savoir *Calliphora vicina* et *Trox hispidus*, L'indice de Shannon H' le plus faible est observé le 07/12/2012, soit le dernier jour d'échantillonnage, avec H' de 0 bit.

Pour ce qui concerne l'équitabilité E, elle atteint la valeur maximale le 06/12/2012 avec une équitabilité E de 0.77. Ce résultat indique que chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus, ce qui signifie que la population nécrophage est en équilibre. La valeur minimale égale à 0 est enregistrée le 31/11/2012 et le 07/12/2012 où on note la présence d'une seule espèce à savoir *Trox hispidus*.

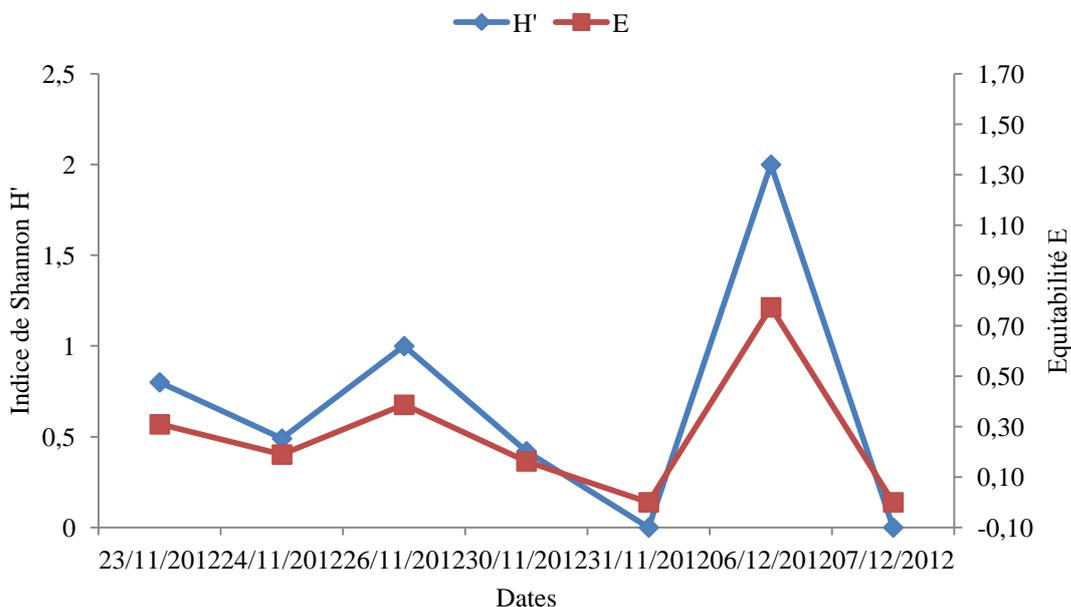


Figure 36. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre du lapin

3.4.1.3.6. Variation temporelle de l'ndice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre du chien adulte en automne

Les variations quotidiennes des indices de Shannon sont révélées sur la figure 37. Ainsi, sur une période de 22 jours d'échantillonnage (du 12 décembre 2012 au 02 janvier 2012), l'analyse des indices de Shannon révèle que la diversité des espèces varie entre 0 bit et 1,62 bits.

Le pic de diversité est atteint le 23/12/2012 avec une information moyenne de 1,62 bits. Ce résultat indique une visite de plusieurs espèces sur le cadavre à savoir *Lucilias ericata*, *Calliphora vicina*, *Sarcophaga sp* et *Silpha rugosa*. L'indice de Shannon H' le plus faible avec 0 bits est observé du 12/12/2012 au 16/12/2012, soit les premiers jours du dépôt du cadavre, où la seule espèce qui a visité le cadavre est *Trox hispidus*. Cette valeur a été également observée le 20/12/2012 où la seule espèce présente est *Calliphora vicina* et le 30/12/2012 avec seulement *Trox hispidus*.

Pour ce qui concerne l'équitabilité E, La régularité atteint la valeur maximale le 23/12/2012 avec une équitabilité E de 0.58. Ce résultat indique que chacune des espèces est représentée

par un nombre semblable d'individus, ce qui signifie que la population nécrophage est en équilibre (figure 37).

La valeur minimale égale à 0 est enregistrée du 12/12/2012 au 16/12/2012, le 20/12/2012 et le 30/12/2012. Ce résultat indique que la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur 1 ou 2 espèces à savoir *Calliphora vicina* et *Trox hispidus*.

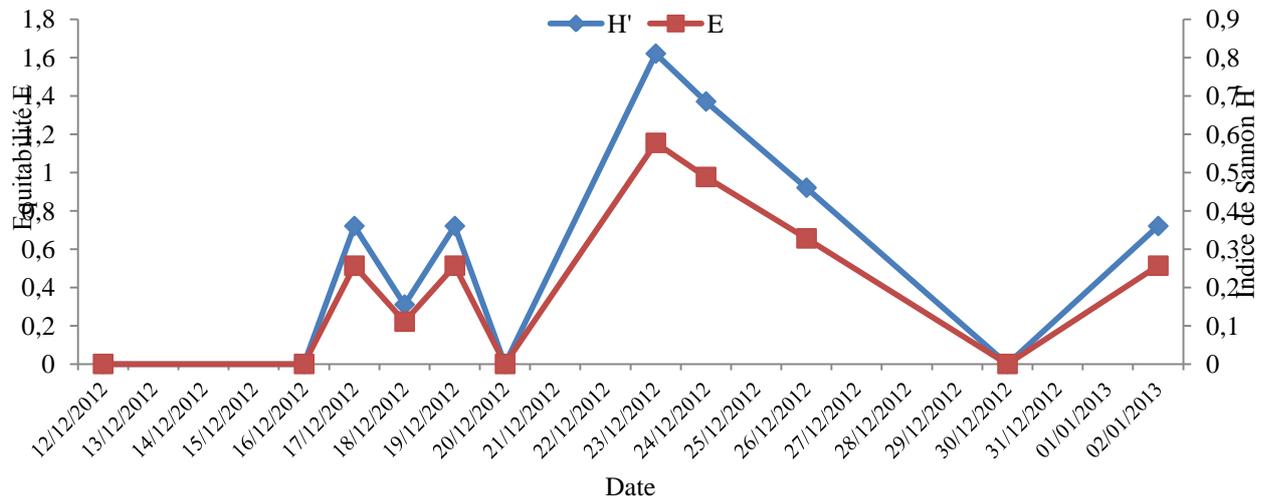


Figure 37. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre du chien adulte

3.4.1.3.7. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre de lapin en hiver

La figure 38 met en évidence les variations quotidiennes des indices de Shannon. Ainsi, sur une période de 63 jours d'échantillonnage (du 26 février 2013 au 29 avril 2013), l'analyse des indices de Shannon révèle que la diversité des espèces varie entre 0 bit et 3,2 bits

Le pic de diversité est atteint le 11/4/2013 avec une information moyenne de 3,2 bits. Ce résultat indique une visite de 6 espèces sur le cadavre en l'occurrence *Lucilia sericata*, *Lucilia vomitoria*, *Calliphora vicina*, *Sarcophaga carnaria*, *Trox hispidus* et *Silpha rugosa*. L'indice de Shannon H' le plus faible avec une valeur de 0 bit est observé le 26/2/2013, le 28/2/2013, le 01/3/2013 avec la présence d'une seule espèce à savoir *Calliphora vicina*, le 24/3/2013 avec *Trox hispidus*, le 14/4/2013 avec *Creophilus maxilosus*, le 18/4/2013 et le 23/4/2013 avec *Calliphora vicina*.

Pour l'équitabilité E, la figure 38 montre qu'elle atteint la valeur maximale le 11/4/2013 avec une valeur de 0,75, minimale égale à 0 est enregistrée le 26/2/2013, le 28/2/2013, le 01/3/2013, le 24/3/2013 le 14/4/2013, le 18/4/2013 et le 23/4/2013. Où nous avons constaté que le peuplement est dominé par une seule espèce citée auparavant.

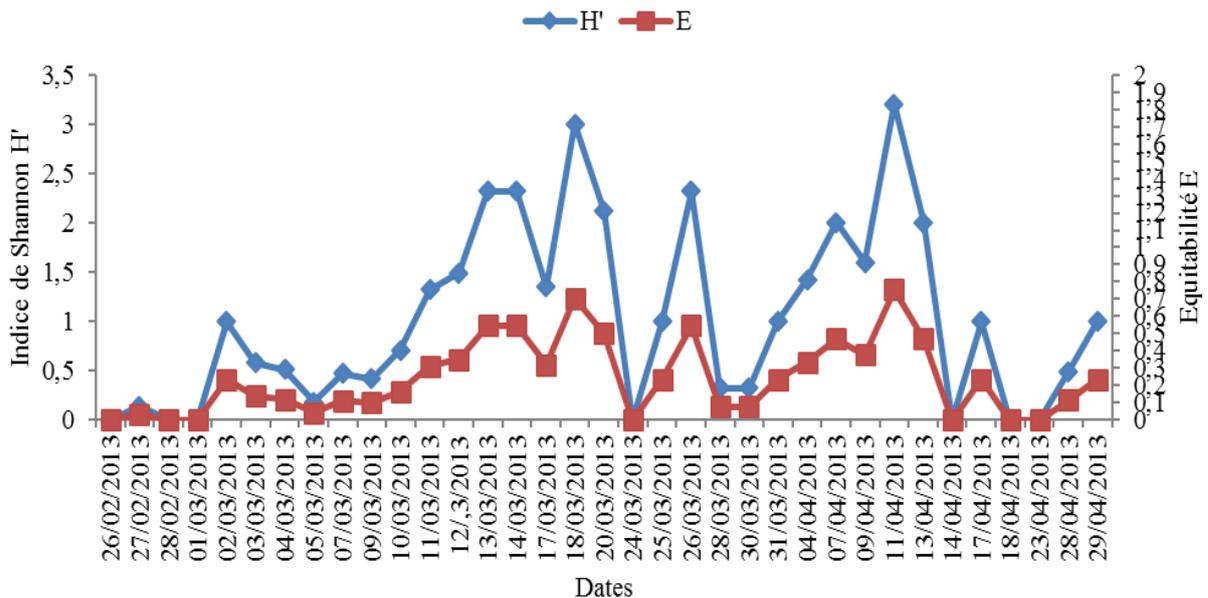


Figure 38. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre du lapin

3.4.1.3.8. Variation temporelle de l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité sur le cadavre du chien adulte en hiver

La figure 39 met en évidence les variations quotidiennes des indices de Shannon sur une période de 71 jours d'échantillonnage (du 11/3/2013 au 20/5/2013).

L'analyse des indices de Shannon révèle que la diversité des espèces varie entre 0 bit et 3,42 bits . Les 3 premiers jours autrement dit entre le 12 mars 2013 et le 14 mars 2013, les indices de Shannon sont pratiquement nuls. Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas d'espèces mais que les espèces inventoriées ont une fréquence relative inférieure à 1%. Par conséquent, cet indice de Shannon de 0 bit ne nous renseigne pas sur l'hétérogénéité de la biodiversité en espèces récoltées sur le cadavre. En effet, les individus prélevés sur le cadavre appartiennent tous à la même espèce ou à des espèces de faible abondance. Hormis ces

3 jours où l'indice de Shannon est nul, la figure 23 montre une variation dans le temps, de la diversité.

Le pic de diversité est atteint le 26/3/2013 et le 25/4/2013 avec une information moyenne (pour ces 2 périodes) de 3,42 bits. Ce résultat indique une visite de 13 espèces sur le cadavre, à savoir *C. vicina*, *Lucilia sericata*, *Lucilia silvarum*, *Fannia sp*, *Muscina stabulans*, *Muscasp*, *Dermestes peruvianus*, *Creophilus maxillosus*, *Silpha rugosa*, *Saprinus aenus*, *Saprinus semistriatus*, *Necrobia rufipes*, *Glishrochilus sp*

L'indice de Shannon (H') le plus faible est observée le 12/3/2013, 23/3/2013 et le 30/4/2013 avec H' de 0 bits où on note la présence d'une seule espèce à savoir (respectivement *Calliphora vicina*, *Silpha rugosa* et *Fannia sp*)

Pour ce qui concerne l'équitabilité, la figure 38 montre une courbe en dents de scie, certes moins marquée que celle de l'indice de Shannon, mais représentative d'une instabilité entre les espèces, durant toute la période de nos investigations.

Elle atteint la valeur maximale le 14/05/2013 avec une équitabilité E égale à 1 ; ce résultat indique que chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus, ce qui signifie que la population nécrophages est en équilibre.

La valeur minimale égale à 0,18 est enregistrée le 23/04/2013. Au vu de ce résultat, les espèces présentes sont réparties de manière inégale.

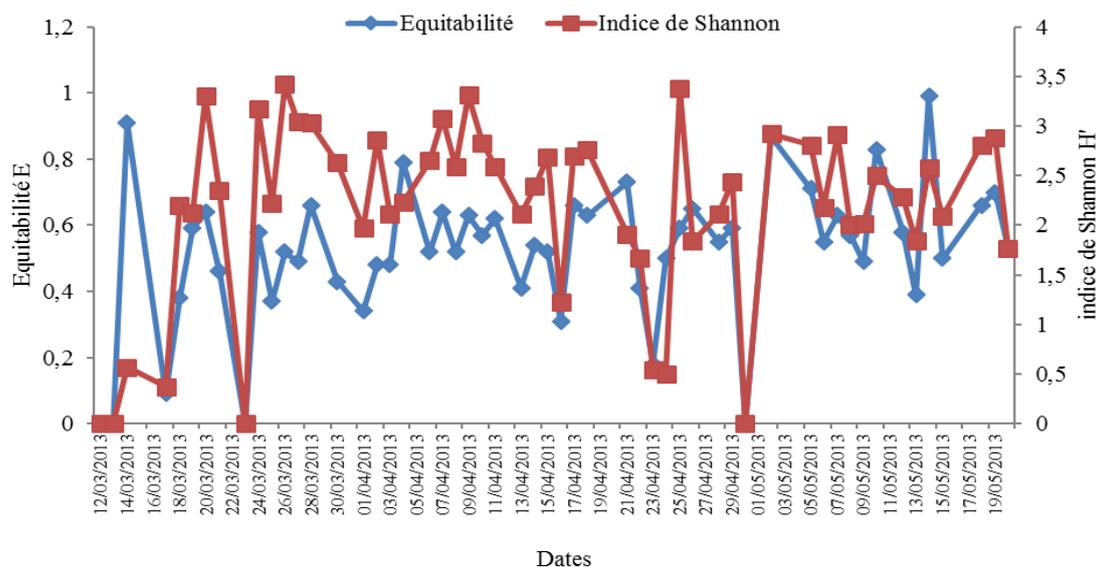


Figure 39. Variation temporelle de l'indice de Shannon H' et d'équitabilité E durant la période de décomposition du cadavre du chien adulte

3.5. Analyse de la variance ANOVA

Nous avons utilisé le test de la variance ANOVA, pour comparer les moyennes des effectifs des insectes Diptères et Coléoptères prélevés sur chacun des deux cadavres (petit et grand substrat) expertisés durant la même saison.

La différence entre les effectifs des Coléoptères et Diptères récoltés sur le chien et sur celui du chiot est exprimée par la probabilité « P »

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 7) montrent qu'il y a une différence hautement significative, avec une probabilité $p = 0,005$ qui est $\leq \alpha = 0,01$, entre les effectifs des Diptères récoltés sur les deux substrats GcP et PcP.

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 8) montrent qu'il n'y a pas une différence significatives, $p = 0,755$ qui est $> \alpha = 0,05$, entre les effectifs des Coléoptères récoltés sur les deux substrats GcP et PcP.

- **Expérience 1 : Chien adulte et chiot expertisés au printemps**

Tableau 7. Modèle linéaire général : effectif des Diptères récoltés en fonction de la taille du cadavre

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	1779,347	1779,347	9,199	0,005
Erreur	30	5803,122	193,437		
Total corrigé	31	7582,469			

DDL : degrés de liberté, F : valeur de la variable de F de FISHER, Pr : la probabilité de mettre en évidence des différences significatives, ($p \leq \alpha = 0,01$: (**) différence hautement significative).

Tableau 8. Modèle linéaire général : effectif de Coléoptères récoltés en fonction de la taille du cadavre

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	17,868	17,868	0,099	0,755
Erreur	30	5425,632	180,854		
Total corrigé	31	5443,500			

($P > \alpha = 0.05$ alors il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes

Sur la figure 40, on constate qu'il y a un écart important entre les effectifs des Diptères récoltés sur le grand cadavre et le petit cadavre. Par contre, cet écart est moins important pour les Coléoptères récoltés sur les mêmes substrats.

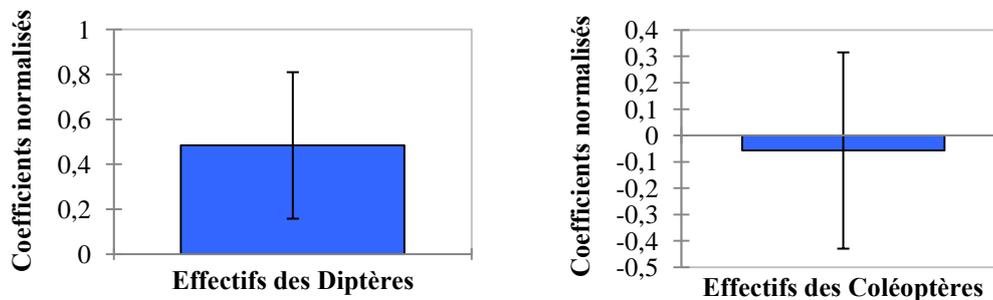


Figure 40. Boîte à moustache montre les écarts entre les moyennes des effectifs de Diptères et Coléoptères récoltés sur les deux substrats chien adulte / chiot au printemps

- **Expérience 2 : chien adulte et lapin expertisés en été**

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 9) montrent qu'il n'y a pas une différence significative, $p = 0,191$ qui est $> \alpha = 0,05$, entre les effectifs des Diptères récoltés sur les deux substrats Gc2 et Pc2. (Figure 41).

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 10) montrent qu'il n'y a pas une différence significative, $p = 0,643$ qui est $> \alpha = 0,05$, entre les effectifs des Coléoptères récoltés sur les deux substrats GcE et PcE. (Figure 41).

Tableau 9. Modèle linéaire général : Effectifs des Diptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) durant la saison estivale

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	12,608	12,608	2,042	0,191
Erreur	8	49,392	6,174		
Total corrigé	9	62,000			

($P > \alpha = 0.05$ alors il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes)

Tableau 10. Modèle linéaire général : Effectifs des Coléoptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte /lapin) durant la saison estivale

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	0,496	0,496	0,232	0,643
Erreur	8	17,104	2,138		
Total corrigé	9	17,600			

($P > \alpha = 0.05$ alors il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes)

Sur la figure 41, on constate qu'il y a un écart important entre le nombre de Diptères récoltés sur le grand et le petit cadavre, cet écart est moins important entre le nombre de Coléoptères récoltés sur les mêmes substrats

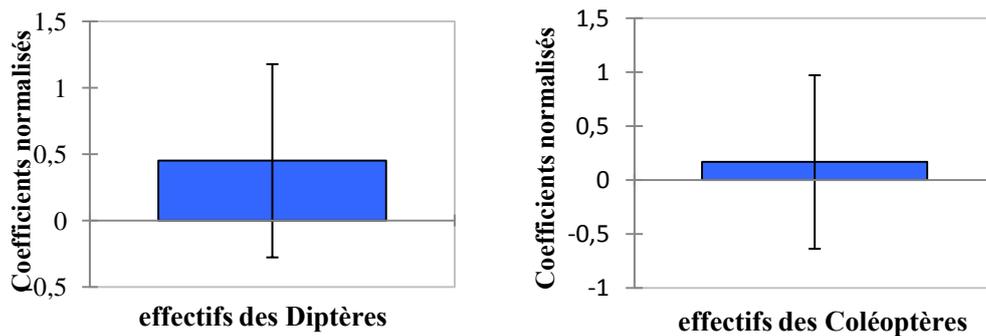


Figure 41. Boîte à moustache montre les écarts entre les moyennes effectives de Diptères et Coléoptères récoltés sur les deux substrats chien adulte /lapin durant la saison estivale

- **Expérience 3 : chien adulte et lapin expertisés en automne**

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 11) montrent qu'il n'y a pas de différence significatives, $p = 0,884$ qui est $> \alpha = 0,05$, entre les effectifs des Diptères récoltés sur les deux substrats GcA et PcA. (Figure 42).

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 12) montrent qu'il n'y a pas de différence significatives, $p = 0,907$ qui est $> \alpha = 0,05$, entre les effectifs des Coléoptères récoltés sur les deux substrats GcA et PcA. (Figure 42).

Tableau 11. Modèle linéaire général : Effectifs des Diptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) durant la saison automnale

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	0,444	0,444	0,022	0,884
Erreur	19	388,794	20,463		
Total corrigé	20	389,238			

($P > \alpha = 0.05$ alors il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes)

Tableau 12. Modèle linéaire général : Effectifs des Coléoptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) durant la saison automnale

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	0,008	0,008	0,014	0,907
Erreur	19	11,135	0,586		
Total corrigé	20	11,143			

($P > \alpha = 0.05$ alors il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes)

La figure 42 montre qu'il n'y a pas un écart important entre les nombre de Diptères et Coléoptères récoltés sur le grand et le petit cadavre.

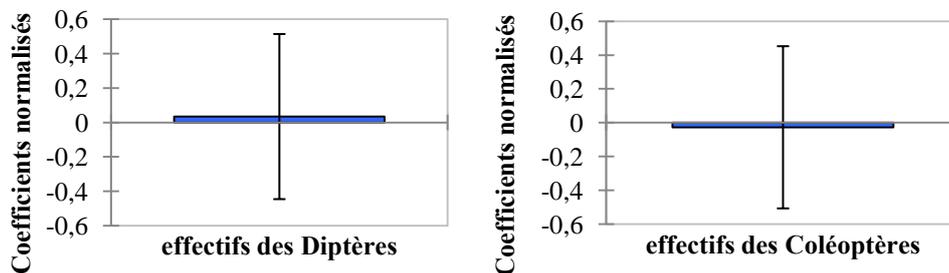


Figure 42. Boîte à moustache montre les écarts entre les moyennes effectives de Diptères et Coléoptères récoltés sur les deux substrats chien adulte / lapin en automne

- **Expérience 4 chien adulte et lapin expertisés en hiver**

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 13) montrent qu'il y a une différence très hautement significatives, $p = 0,0001$ qui est $\leq \alpha = 0,001$, entre effectifs de Diptères récoltés sur les deux substrats CH et PcH. (Figure 43).

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 14) montrent qu'il y a une différence hautement significatives, $p = 0,004$ qui est $\leq \alpha = 0,01$, entre les effectifs de Coléoptères récoltés sur les deux substrats GcH et PcH.

Tableau 13. Modèle linéaire général : Effectifs des Diptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) en hiver

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	950,926	950,926	21,553	< 0,0001
Erreur	67	2956,031	44,120		
Total corrigé	68	3906,957			

($p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives).

Tableau 14. Modèle linéaire général : Effectifs des Coléoptères récoltés en fonction la taille du substrat (chien adulte / lapin) en hiver

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	1759,687	1759,687	8,948	0,004
Erreur	67	13176,081	196,658		
Total corrigé	68	14935,768			

($p \leq \alpha = 0,01$: (**) différences hautement significatives).

Il apparaît sur la figure 43 des écarts significatifs entre le nombre de Diptères et Coléoptères récoltés sur le grand et le petit cadavre, et que celui du nombre de Diptères est plus important que l'écart marqué sur le nombre de Coléoptères.

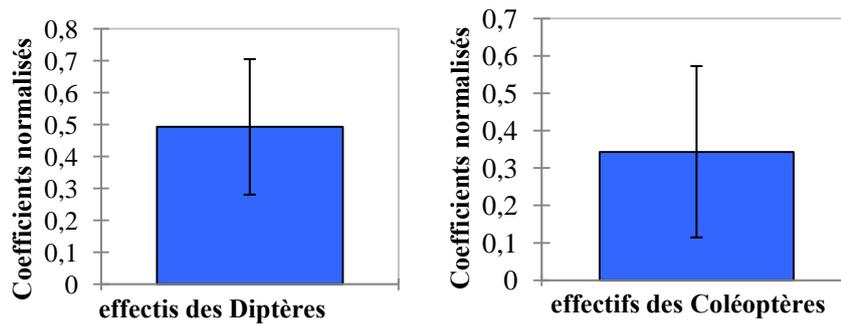


Figure 43. Boite à moustache montre les écarts entre les moyennes effectifs de Diptères et Coléoptères récoltés sur les deux substrats chien adulte /lapin durant la saison hivernale

3.6. Cycle de vie de *Silpha rugosa* L.

Un coléoptère Silphidae, le plus abondant a été choisi comme modèle biologique. Il s'agit de *Silpha rugosa*.

L'espèce *Silpha rugosa* a été mise en élevage suivant deux températures différentes. L'une correspond aux conditions du laboratoire soit, une température de 23°C et un taux d'humidité enregistré à 32%. L'autre répond aux conditions contrôlées car l'élevage a été réalisé dans une étuve réglé à une température relativement constante égale à 26°C et une humidité relative de 70%.

Les mesures effectuées sur la longueur des larves sont réalisées tous les deux jours, pour mieux évaluer la croissance des larves. Au cours de ces élevages, nous avons relevé la présence des différents stades de développement à savoir, l'œuf, le stade larvaire puis la nymphe et enfin l'imago.

A 23°C le cycle de vie (du premier stade larvaire jusqu'à l'émergence des adultes) de *Silpha rugosa* s'est déroulé sur 27 jours. Par contre, l'élevage en étuve (26°) n'a duré que 14 jours. Concernant la durée du stade œuf, elle est de 4 jours, au bout de laquelle apparaissent les premières larves sous les deux températures 23°C et 26°C (Tableau 15 et 16). Le passage d'un stade larvaire à un autre suit le processus de mues ; nos observations révèlent températures. En effet, à 23° C, il faut 10 jours pour atteindre le stade nymphal alors qu'à l'étuve il s'est achevé au bout de 3 jours.

Tableau 15. Observation journalière du développement de *Silpha rugosa* mis en élevage dans les conditions du laboratoire (23°C) et humidité (32%)

Dates	Observations et/ou Stades	Caractéristiques
Du 27/03/2013 au 30/03/2013	Accouplement des adultes	/
Du 31/03/2013 au 03/04/2013	Présence des œufs	Œufs d'un diamètre de 1 à 2 mm et longueur de 1.5 à 2 mm
04/04/2013	Présences de larves	Larves de 4mm de longueur et d'1mm de largeur
07/04/2013	Stades larvaire	Larves de 6mm de longueur et d'1 mm de largeur
10/04/2013	Stades larvaire	Larves de 14mm de longueur et de 2 mm de largeur
13/04/2013	Stades larvaire	Larves de 18 mm de longueur et de 2 à 3mm de largeur
17/04/2013	Stades larvaire	Larves de 20 mm de longueur et de 2 à 3mm de largeur
20/04/2013	Stades larvaire	Larves de 22 mm de longueur et de 3mm de largeur
Du 23/04/2013 au 01/05/2013	Présence de nymphes au fond du bac	/
02/05/2013	Emergence de nouveaux adultes	/

Tableau 16. Observation journalière du développement de *Silpha rugosa* mis en élevage dans l'étuve (26°C) et humidité (70%)

Dates	Observation et / ou stades	Caractéristiques
Du 30/03/2013 au 02/04/2013	Accouplement des adultes	/
Du 03/03/2013 au 06/04/2013	Présence d'œufs	Présence d'œufs d'un diamètre de 0.5 à 1 mm et
07/04/2013	Stade larvaire	Larves de 5mm de longueur
08/04/2013	Stade larvaire	Larves de 07mm de longueur
11/04/2013	Stade larvaire	Larves de 15 mm de longueur
14/04/2013	Stade larvaire	Larves de 19 mm de longueur
17/04/2013	Stade larvaire	Larves de 24 mm de longueur
Du 22/04/2013 au 23/04/2013	Présence de nymphes au fond du bac	/
24/04/2013	Emergence de nouveaux adultes	/

3.6.1 Test de la variance ANOVA

Nous avons utilisé le test de la variance ANOVA (tableau 17) pour comparer le développement des larves de *Silpha rugosa* sous les deux températures 23°C et 26°C.

Tableau 17. Modèle linéaire général : longueur de larves de *Silpha rugosa* en fonction de la température d'élevage

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	67,299	67,299	87,196	< 0,0001
Erreur	6	4,631	0,772		
Total corrigé	7	71,930			

($p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives).

Les résultats issus de l'analyse de la variance montrent qu'il y a une différence très hautement significatives, $p = 0,0001$ qui est $\leq \alpha = 0,001$, entre la longueur de larves de *Silpharugosa* mis en élevage sous les deux températures 23°C et 26°C.

Nous avons tenté d'analyser les stades de développement de *Silpha rugosa* pour les deux températures, nous constatons que les larves soumises aux deux températures (23°C et 26°C) ne présentent pas les mêmes tailles.

Les larves mises en élevage dans l'étuve se sont développées rapidement, leur taille est légèrement supérieure à celle des larves suivies dans les conditions du laboratoire (23°C). La longueur maximale qui est de 22mm pour les larves misent à 23°C et de 24mm dans l'étuve (26°C) (Figure 44).

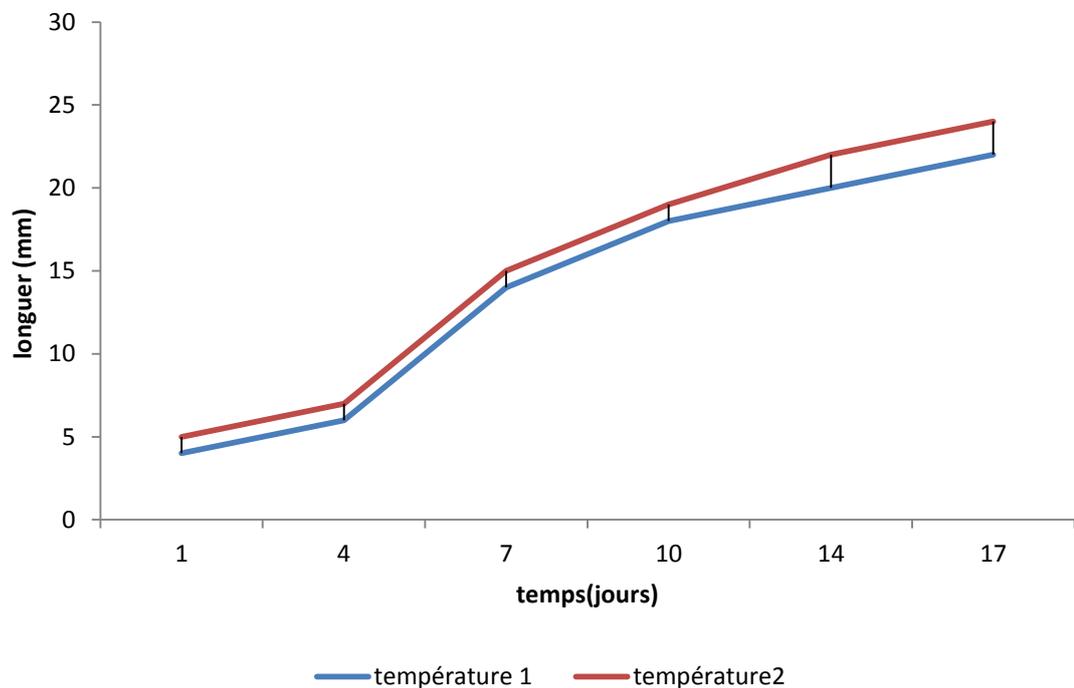


Figure 44. Courbe de croissance de *Silpha rugosa* (Linnaeus, 1758) à 23°C et 26°C

3.7. Cycle de vie de *Dermestes peruvianus*

Pour l'élevage de l'espèce *Dermestes peruvianus*, 40 spécimens provenant des cadavres expertisés ont été mis en élevage séparément.

L'élevage de cette espèce a été mené dans des conditions contrôlées grâce à une étuve qui permet de contrôler la température et l'humidité. Nous avons comparé la vitesse de croissance de cette espèce *Dermestes peruvianus* sous deux températures différentes à savoir 36°C et 40°. Quant à l'humidité elle est fixée à 45%.

Le premier élevage a été mis le 13 mai 2014 à 13h30 et les mêmes mesures effectuées le 8.mai. La longueur des larves prélevés varie entre 2 et 3 mm avec des couleurs allant du pâle au foncé. Les premières nymphes sont apparues le 29 mai (17ème jour), tandis que le cycle de développement s'est terminé le 19 juin 2014 (38 jours), (tableau 18).

Le deuxième élevage a eu lieu le 5 juin 2014 à 13h30 à une température de 40° et une humidité relative de 45%. Nous avons constaté que la durée du stade oeuf à 36°C et à 40°C est identique, selon les deux températures les premières larves sont apparues simultanément. Le 22 juin 2014 nous avons observé les premières nymphes (18ème jour) et le cycle de développement s'est achevé le 10 juillet 2014 soit sur une période de 36 jours (tableau 19).

Tableau 18. Observation journalière du développement de *Dermestes peruvianus* à 36°C/45%

Les dates	Observations et/ou stades	Caractéristiques
13/05/2014	-	Accouplement des adultes
14-15/05/2014	Stade œuf	Présence d'œufs
16/05/2014	Apparition de premières larves	Larves de 2mm de longueur
17/05/2014	Stade larvaire	Larves de 2mm de longueur
18/05/2014	Stade larvaire	Larves de 3,5mm de longueur
20/05/2014	Stade larvaire	Larves de 4,5mm de longueur
22/06/2014	Stade larvaire	Larves de 6mm de longueur
23/05/2014	Stade larvaire	Larves de 7,75mm de longueur
25/05/2014	Stade larvaire	Larves de 9,5mm de longueur
26/05/2014	Stade larvaire	Larves de 10mm de longueur
27/05/2014	Stade larvaire	Larves de 10,5mm de longueur
29/05/2014	Stade nymphal	Premières nymphes observées taille différentes au fond de la boîte d'élevage
19 juin 2014	Adulte	La fin du cycle de développement

Tableau 19. Observation journalière du développement de *Dermestes peruvianus* à 40°C

Dates	Observations et/ou stades	Caractéristiques
05/06/2014	Accouplement des adultes	/
06-07/06/2014	Présence d'œufs	/
08-09/06/2014	Apparition de premières larves	Larves de 2mm de longueur
10/06/2014	Stade larvaire	Larves de 3,5mm de longueur
12/06/2014	Stade larvaire	Larves de 4,5mm de longueur
14/06/2014	Stade larvaire	Larves de 5,5mm de longueur
15/06/2014	Stade larvaire	Larves de 6,5mm de longueur
17/06/2014	Stade larvaire	Larves de 9,5mm de longueur
18/06/2014	Stade larvaire	Larves de 9,75mm de longueur
19/06/2014	Stade larvaire	Larves de 11mm de longueur
22/06/2014	Stade nymphal	Premières nymphes observées taille différentes au fond de la boîte d'élevage
10 juillet 2014	Adulte	

3.7.1 Test de la variance ANOVA

La succession des stades évolue parallèlement dans les deux températures. Une différence de longueur entre les larves issues des 2 élevages a été observée (figure 50).

Les résultats issus de l'analyse de la variance (tableau 20) montrent qu'il y a une différence très hautement significatives, $p = 0,0001$ qui est $\leq \alpha = 0,001$, entre la longueur de larves de *Dermestes peruvianus* mis en élevage sous les deux températures 36°C et 40°C.

Tableau 20. Modèle linéaire général : longueur de larves de *Dermestes peruvianus* en fonction de la température d'élevage

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	67,299	67,299	87,196	< 0,0001
Erreur	6	4,631	0,772		
Total corrigé	7	71,930			

($p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives).

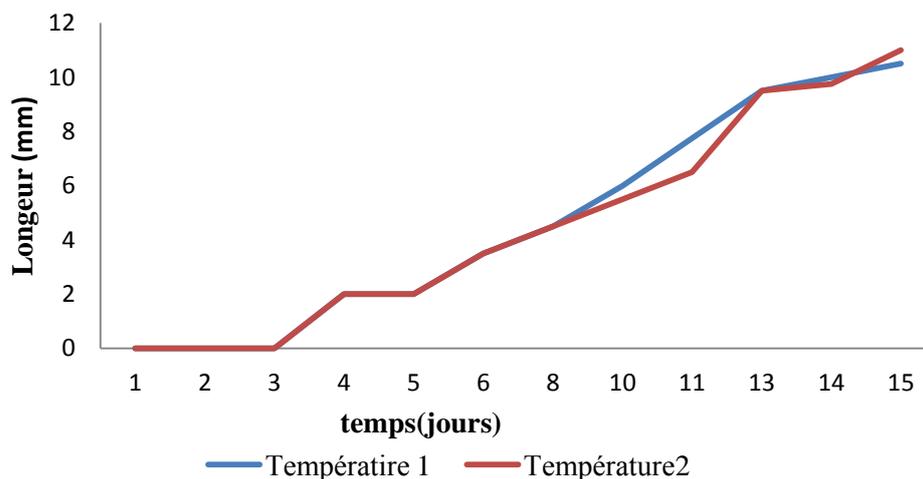


Figure 45. Courbe de croissance de *Dermestes peruvianus* (Laporte de Castelnau, 1840) à 36°C et 40°C

DISCUSSION

CHAPITRE 4. DISCUSSION

Composition taxonomique de la faune nécrophage

Nos investigations ont été menées sur huit cadavres dont la décomposition a été suivie sur les quatre saisons de l'année 2012/2013. Signalons par ailleurs que l'étude faunistique porte essentiellement sur les deux principaux ordres à savoir, les Diptères et les Coléoptères. Plusieurs spécimens non pu être identifiés vu la non disponibilité de clefs d'identification adaptées à toutes les familles récoltées.

L'examen de la structure du peuplement de l'entomofaune inventoriée, nous a permis de comptabiliser un total de 2654 individus, dont 1187 (45%) sont répartis dans 6 familles de Diptères (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae, Piophilidae), et 1467 (55%) sont répartis sur 9 familles de Coléoptères (Dermestidae, Staphylinidae, Silphidae, Histeridae, Trogidae, Cleridae, Nitidulidae, Scarabaeidae et Geotropidae). Cette liste de familles qui résulte de l'identification des insectes connus comme étant nécrophages est en accord avec celles rapportées dans des travaux antérieures (Payne 1965; Bourel *et al.* 1999; Grassberger et Frank, 2004).

Les résultats globaux des espèces récoltées montrent que les effectifs récoltés sur les huit substrats varient d'une espèce à l'autre. Ainsi, les espèces de Coléoptères les plus fréquemment rencontrées appartiennent à la famille des Dermestidae, Silphidae et Trogidae. Ces espèces sont respectivement *Dermestes peruvianus* avec un effectif de 493 individus, soit un taux de 18,57%, *Silpha rugosa* avec 261 individus, soit un taux de 9.83% et enfin *Trox hispidus* avec 129 individus, soit un taux de 4.86%. Ce résultat corrobore celui d'Anton *et al.* (2011) qui rapportent l'abondance des espèces appartenant aux Dermestidae, Silphidae et Nitidulidae dans une étude réalisée sur huit cadavres de porc. Cependant Prado e castro *et al.*, (2013) rapportent que ce sont les espèces de la famille des staphylinidae qui dominent la faune récoltée sur quatre cadavres de porcelet expertisés durant quatre saisons.

Concernant les Diptères, les espèces les plus fréquemment rencontrées appartiennent à la famille des Calliphoridae; c'est le cas de *Lucilia sericata* avec un effectif de 437 individus, soit un taux 16.46%, suivi par *Calliphora vicina* avec un nombre de 373 individus, soit un taux de 14.05%. Ces deux espèces ont marqué leur absence que sur les deux substrats expérimentés en été ; cette absence peut être justifiée par la difficulté de les capturer pendant les récoltes à cause de leur vitesse du vol durant l'été. Ces deux espèces sont suivies par *Muscina stabulans* avec un nombre de 47 individus, soit un taux de 1.77%. Ce résultat obtenu par Dekeirsschieter (2012) et Bouleknafet (2016), révèle que ces espèces de Diptères

Calliphoridae à savoir *Calliphora vicina* et *Lucilia sericata* sont également les plus abondantes sur les cadavres qu'ils ont expérimentés. Dans d'autres régions du monde, les espèces de Calliphoridae ne sont pas forcément identiques. C'est le cas au Chili où Ortloff *et al.*, (2012) rapportent que parmi les espèces de Calliphoridae, *Lucilia sericata* et *Cochliomyia macellaria* sont les plus abondantes au premier stade de décomposition du cadavre pour venir pondre leurs œufs sur ce dernier.

Influence de la taille et de la saison sur la décomposition des substrats

La décomposition des corps d'animaux morts est un processus micro-successif dans lequel se distinguent plusieurs stades avec des caractéristiques propres au cadavre et à la faune nécrophage.

La classification des stades de décomposition varie principalement en fonction de la durée de décomposition et du type de charogne. Par ailleurs, cette subdivision varie selon les auteurs. Ainsi, Fuller (1934) in Kocárek, 2003) a utilisé la division en seulement trois étapes alors que Reed (1958) en a rapporté quatre. Payne (1965) quant à lui signale cinq stades chez les porcelets alors que Cornabay (1974), n'a observé aucun stade de décomposition sur des expérimentations menées sur des charognes de crapauds et de lézards.

De toutes ces classifications, Morris (1988) affirme que c'est celle de Reed qui donne une description satisfaisante des étapes de décomposition et recommande alors, son adoption pour toutes les recherches concernant l'application médico-légale de l'entomologie. Lors de nos investigations, nous avons observé que la dégradation des huit cadavres à savoir, celui du chiot, des trois lapins et des quatre chiens adultes ont débutés quelques minutes seulement après la mort comme le confirme Vass (2001), et nous avons constaté les 4 stades de décomposition décrits et proposés par Reed (1958), à savoir le stade frais, le stade de gonflement associé à la purification, le stade de décomposition avancée et enfin le stade de dessèchement. Ce résultat est légèrement différent pour les deux types cadavres (adulte et jeune) expertisés en automne. En effet, le stade de gonflement n'est pas très marqué d'une part et il a duré moins longtemps d'autre part (soit un jour) (annexe 1). Cette observation est également signalée par Kocárek (2003) mais pour un substrat étudié en été. Selon Tantawi *et al.* (1996) la durée du stade de gonflement dépend plus du nombre de larves infestant la carcasse que de la température, autrement dit des saisons.

La chronologie des stades de dégradation que nous avons observée est rapportée par Beneck (2002), Tabor *et al.* (2004), Galal *et al.* (2009) et Anton *et al.* (2011). Il faut garder à l'esprit que la décomposition est un processus continu et que des stades discrets n'existent pas réellement dans la nature Schoenly et Reid. (1987). Les étapes de dégradation citées auparavant n'ont qu'une valeur descriptive.

Selon nos résultats, la durée de la décomposition des huit cadavres est différente d'un substrat à l'autre. La décomposition du cadavre du chien adulte et celui du chiot déposé au printemps a duré respectivement 33 jours et 16 jours. Pour la saison estivale la durée de décomposition des deux substrats est de 18 jours pour le cadavre du chien adulte et 8 jours pour le lapin, alors qu'en automne la décomposition s'est faite en 25 jours pour le cadavre du chien adulte et 14 jours pour celui du lapin. La décomposition du cadavre du chien adulte d'hiver a duré 71 jours et celle du lapin a duré 63 jours. Il ressort donc que le petit substrat chiot ou lapin se décompose plus rapidement que le grand substrat représenté par le chien adulte. Par ailleurs, la décomposition la plus rapide est constatée en été, alors que la plus lente est observée en hiver. Ces observations peuvent être attribuées à des différences de la taille du substrat mais aussi aux températures quotidiennes moyennes enregistrées au cours des saisons. Selon Payne (1965) et Abell *et al.*, (1982), la température joue effectivement un rôle primordial dans le contrôle de la vitesse de décomposition mais aussi sur l'activité de la population d'insectes nécrophages et ce, en plus d'autres facteurs climatiques. Ce contrôle initié par la température est localisé car cette dernière ressentie par la masse larvaire présente sur le corps en décomposition, est le principale facteur de variation de leur vitesse de développement. En effet, plus il fait chaud plus le développement est rapide et inversement (Charabidzé, 2008 ; Boulkenafet, 2016). Selon Barton Browne (1962), les températures ambiantes élevées et l'humidité sont bien connues pour avoir des effets positifs sur l'oviposition des Calliphoridae d'une part et le taux d'alimentation larvaire présente une forte corrélation positive avec la température (Matuszewski *et al.*, 2010a) d'autre part. Nos résultats concernant la décomposition des substrats de petite taille, plus rapide que celle des substrats de grande taille, sont en accord avec ceux obtenus par Hewadikaram et Goff, (1991). Ces auteurs ont démontré, à l'aide des carcasses de porcs de tailles et de poids différents que le modèle de décomposition reste similaire mais que la vitesse de décomposition est différente. Ces mêmes résultats sont également rapportés par Sutherland *et al.*, (2013) ; Matuszewski *et al.*, (2014).

Intervention des insectes nécrophages selon les stades de décomposition des cadavres

Au vu de nos résultats, les premiers insectes à coloniser la dépouille sont représentés par des Diptères. Ce résultat est également signalé par Wyss (2004), Anton *et al.* (2011), Azwandi *et al.* (2013) et Farinha *et al.* (2014). Nos résultats concernant l'absence des Diptères durant les premiers jours de décomposition des cadavres expertisés en automne, sont en accord avec ceux de Valàsquez *et al.* (2001).

Quant aux Coléoptères ils ont sans conteste, un rôle appréciable dans le processus de décomposition d'un cadavre. Cependant, les espèces de cet ordre n'arrivent pas immédiatement après la mort, mais à différentes périodes, d'où leur intérêt en entomologie forensique (Midgley *et al.*, 2010 ; Dekeirsschieter *et al.*, 2011). Selon nos résultats sur le nombre de Coléoptères en fonction des stades de décomposition des cadavres adultes, nous avons remarqué que les Coléoptères interviennent lors du premier stade de décomposition à savoir les stades frais, certes peu nombreux mais bien présents. C'est à partir des stades de gonflement et du stade avancé que leur abondance augmente pour diminuer au stade de dessèchement. Ce résultat concorde avec ceux obtenus par Dekeirsschieter *et al.* (2011).

Concernant les petits cadavres, nos résultats révèlent que les Coléoptères n'interviennent qu'au stade de gonflement pour toutes les saisons suivies. Nos résultats ne sont pas en accord avec ceux obtenus par Kocàrek (2002) qui signale leur arrivée sur des petits substrats mammifères durant le stade frais et ce, durant trois saisons uniquement à savoir le printemps, l'été et l'automne.

Pour l'intervention des Diptères sur un cadavre en décomposition, nos résultats indiquent que les Calliphoridae sont les premiers de cet ordre à être récoltés sur tous les cadavres expertisés. Ce résultat concorde avec les travaux de Wyss (2004) et Anton *et al.* (2011). L'activité des membres de cette famille atteint son maximum durant le stade de gonflement pour les grands cadavres et durant le stade de décomposition avancé pour les petits cadavres. Boulkenafet *et al.*, (2015) rapportent l'abondance des espèces des Calliphoridae durant le stade avancé de la décomposition d'un chien adulte, ce résultat est conforme à ce que nous avons obtenu mais sur les petits substrats.

Cette apparition des Calliphoridae au tout début de la dégradation s'explique par le fait que certaines espèces appartenant à cette famille seraient attirées semble-t-il par les odeurs cadavériques apparaissant au début du processus de décomposition (Greenberg, 1991; Wall & Warnes, 1994; Anderson, 2001; LeBlanc & Logan, 2010). Tandis que d'autres espèces le seraient pour des stades de décomposition plus avancés (LeBlanc & Logan, 2010).

Selon nos investigations, les espèces de Coléoptères Silphidae interviennent relativement tôt, lors de la décomposition des huit cadavres. Dans notre étude c'est l'espèce *Silpha rugosa* qui est observée durant le stade frais de décomposition au niveau des grands et petits substrats. Par ailleurs, cette espèce observe un maximum durant le stade de gonflement, cela s'explique par leur grande capacité à pouvoir détecter les odeurs émises par les cadavres (Kalinova *et al.*, 2009).

L'espèce *Dermestes peruvianus* appartenant à la famille des Dermestidae est signalée au début du stade de gonflement de la décomposition pour tous les substrats grands et petits, ce qui corrobore les travaux de Amendt (2004). Par ailleurs, nos résultats révèlent que cette espèce domine sur les grands cadavres et ce, durant le stade avancé. Leur abondance durant ce stade s'explique par la présence larves de Diptères dont ils sont prédateurs.

L'espèce *Creophilus maxillosus* appartenant à la famille des Staphylinidae est également observée au début du stade de gonflement. Cette observation va à l'encontre des résultats de Kocarek (2002) qui évoque la présence de cette espèce, dès le stade frais. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que l'auteur a utilisé un petit substrat, en l'occurrence le rat ; la décomposition serait alors liée à la taille du cadavre. Le stade frais chevaucherait celui du gonflement.

L'activité de la plupart des espèces de Coléoptères, atteint son maximum au stade de décomposition avancée. A ce stade, l'abondance des Histeridae est représentée par des espèces prédatrices à savoir *Saprinus semistriatus* et *Hister unicolor*, dont la présence est justifiée par celle des larves de Diptères. D'autres familles arrivent vers la fin de la décomposition c'est-à-dire quand seuls les poils et les os persistent. C'est le cas des Trogidae, plus précisément *Trox hispidus* qui est alors très actif au stade de dessèchement pour digérer les poils. Toutes ces observations concordent avec celles avancées par Kocarek (2003).

Les groupes écologiques autour des carcasses en décomposition

Selon nos résultats sur les fréquences des cinq groupes écologiques, nous avons remarqué que les espèces nécrophages, nécrophiles et omnivores apparaissent dès le stade frais. Ceci semble tout à fait logique étant donné que les espèces nécrophages se nourrissent du cadavre et viennent pondre sur ce dernier afin que leurs larves s'en nourrissent également.

Au stade frais, il y a la ponte des Diptères mais aussi apparition des espèces nécrophiles et omnivores. Ces espèces colonisent le cadavre afin de se nourrir principalement des œufs et des larves de Diptères (Dekeirsschieter, 2012). Cette forte présence est aussi expliquée par le fait que certaines espèces sont à la fois nécrophages et nécrophiles. Selon Goff (2010) Chez certaines espèces, les larves de mouches qui sont nécrophages pendant les premières parties de leur développement deviennent des prédateurs sur d'autres larves pendant les derniers états de leur développement. Notre résultat sur l'apparition des espèces nécrophiles au stade frais n'est pas en accord avec celui obtenu par Rudy (2010). Cet auteur note en effet l'apparition des espèces nécrophiles à partir du stade de gonflement sur trois cadavres de porcs, dont deux ont été drogués avant la mort.

Dans notre expérimentation, le stade de gonflement laisse apparaître des abondances des espèces nécrophages et nécrophiles relativement importantes. Au stade qui suit et qui correspond à la décomposition avancée, les espèces omnivores voient leurs effectifs s'accroître pour atteindre leur maximum. L'abondance de ce groupe écologique se justifie par le nombre important des larves de Diptères mais aussi d'autres proies à ce stade.

La présence d'espèces nécrophiles s'explique par la disponibilité des proies représentées par un grand nombre de larves, celles-ci vont donc attirer plus de prédateurs. La présence en des espèces nécrophages peut s'expliquer par l'attraction des odeurs émises par les cadavres. En effet, c'est à partir de ce stade que les odeurs sont les plus fortes et attirent plus d'insectes (Gunn, 2006 ; Shkrum *et al.*, 2007 ; Matuszewski *et al.*, 2008).

L'abondance des espèces nécrophages, nécrophiles et omnivores diminue, avec dominance des espèces nécrophages au stade de dessèchement, cette dominance peut avoir une relation avec l'émergence des nouveaux adultes récoltés.

Sur l'ensemble des grands cadavres, les espèces de Coléoptères nécrophages et nécrophiles interviennent lors du stade frais. Contrairement aux petits cadavres, où les espèces

nécrophiles n'apparaissent qu'au stade de gonflement. Cela peut s'expliquer par le fait que certaines espèces de Coléoptères, montrent une préférence pour les grands cadavres car ces derniers fournissent une ressource alimentaire suffisante pour les adultes et les larves (Anderson, 1982 ; Watson et Carlton, 2005; Ikeda *et al.*, 2011).

Sur les grands substrats, le nombre des espèces de Coléoptères nécrophiles augmente au stade de gonflement où il atteint son maximum, et diminue progressivement durant le stade de décomposition avancée et au stade de dessèchement. Contrairement aux espèces nécrophages, dont l'abondance diminue au stade de gonflement, et augmente progressivement durant le stade de décomposition avancée et le stade de dessèchement. Les espèces omnivores apparaissent au stade de gonflement, et leur nombre augmente au stade de décomposition avancée. Ensuite leur colonisation diminue un peu durant le stade de dessèchement. Sur les petits substrats les espèces omnivores apparaissent au stade de décomposition avancée et leur nombre augmente au stade de dessèchement. Ce résultat est rapporté par Sutherland *et al.* (2013) qui indiquent que les espèces omnivores sont prédominantes lors des derniers stades de la décomposition.

Les espèces omnivores, malgré leur présence lors des derniers stades de décompositions, ne sont pas très utiles en entomologie forensique. Les espèces opportunistes et accidentelles ne sont bien présentes qu'à l'expérimentation en milieu forestier (Rudy, 2010).

Abondance des familles d'insectes nécrophages sur les cadavres

Les résultats globaux de la nécrofaune récoltée montrent que les valeurs de l'abondance relative des familles de Diptères et de Coléoptères varient d'un cadavre à l'autre et d'une saison à l'autre. Ce résultat est rapporté par Anton (2011) dans une étude similaire sur des cadavres de porc où il a remarqué des écarts entre les abondances des familles des insectes nécrophages récoltés.

Le nombre total des spécimens récoltés sur le cadavre du chiot s'élève à 150 individus, avec 26% de Diptères et 74% de Coléoptères.

Nous avons également récolté 716 insectes nécrophages sur le cadavre du chien adulte, dont 57,82% sont des Diptères et 42,18% sont des Coléoptères. Sur le cadavre du chien adulte nous constatons que les Calliphoridae sont les plus nombreux avec une fréquence relative de 48% contre 10% pour le chiot. Parmi les Coléoptères, ce sont les Silphidae qui sont les mieux représentés chez le chiot avec 46% contre 16% pour le chien adulte. Il semblerait, comme le souligne De Jong et Chadwick (1999), Midgley et Villet (2009) et Dekeirsschieter (2011b),

que cette famille de Coléoptère soit plus attirée par les carcasses de petites tailles. Pour le cadavre du chien adulte, la famille des Silphidae est suivie par les Dermestidae avec 11% contre 5% pour le chiot, viennent ensuite les Histeridae avec 8 %. Ces derniers sont présents sur le cadavre du chiot, après les Silphidae avec 13%, Les autres familles ne sont représentées que par de faibles fréquences comprises entre 1% et 6%. Sur le cadavre du chien adulte la présence de deux familles de Coléoptères non signalées sur le cadavre du chiot est à noter. Il s'agit des Cleridae et Trogidae avec 2% et leur absence sur le petit substrat pourrait s'expliquer par le fait que la décomposition qui est plus rapide chez le chiot, ne laisse pas le temps aux Coléoptères de la famille des Cleridae et Trogidae de faire leur apparition. La présence de ces mêmes familles est signalée par Gennard (2007) dans une étude où il fait mention d'une autre famille que celle des Trogidae à savoir la famille des Nitidulidae.

Sur le cadavre du chiot, on note aussi la présence de deux familles de Diptères non signalées sur le cadavre du chien adulte. Il s'agit des Phoridae avec 3% et Anthomyiidae avec 1%.

En ce qui concerne les deux substrats d'été, Le nombre total des spécimens récoltés sur le cadavre du lapin s'élève à 60 individus, avec 51,67% de Diptères et 48,33% pour les Coléoptères.

Nous avons également récolté 53 insectes nécrophages sur le cadavre du chien adulte, dont 77,36% sont des Diptères et 22,64% sont des Coléoptères. Sur le cadavre du chien adulte on constate que les Muscidae sont les mieux représentés avec une fréquence de 39%, suivis par les Calliphoridae avec 20%. Cette famille est la plus abondante sur le cadavre du lapin avec 30% où elle est représentée par une seule espèce qui est *Chrysomia albiceps*. Cette espèce assez rare et peu connue dans plusieurs régions du monde est considérée comme une espèce supportant des températures extrêmes. Elle se trouve en hiver au sud des Etats-Unis et en été au nord des Etats-Unis et Canada (Wyss et Cherix, 2014), en Europe central (Grassberger *et al.*, 2003) et en Algérie (Benmira, 2010 ; Bouleknaf *et al.*, 2015). Après les Calliphoridae viennent les Histeridae avec 27%.

Les Sarcophagidae se retrouvent partout dans le monde, avec la plupart des espèces se produisant soit dans les régions tempérées tropicales ou chaudes. Les adultes sont fréquents et souvent localement abondants. Ils se nourrissent des tissus de décomposition humaine et animale, ainsi que sur la végétation en décomposition (Castner *et al.*, 1995). L'abondance des Sarcophagidae est nettement supérieure chez le chien adulte dont le taux est de 19% alors que

pour le lapin elle est de 3%. Sur ce dernier, les Histeridae sont suivis par les Dermestidae avec 17%; ces deux familles sont représentées sur le cadavre du chien adulte avec une fréquence de 7%. Sur le cadavre du lapin on constate la présence de deux familles non signalées sur le cadavre du chien adulte; il s'agit des Anthomyiidae avec 3% et des Trogidae avec 2%. Nous observons aussi l'absence des staphylinidae qui sont présents sur le cadavre du chien adulte avec 2%.

Pour les deux carcasses d'automne, Le nombre total des spécimens récoltés sur le cadavre du lapin s'élève à 55 individus, avec 38,18% pour les Diptères et 61,82% individus pour les Coléoptères. Nous avons également récolté 56 insectes nécrophages sur le cadavre du chien adulte, dont 83,93% sont des Diptères et 16,07% sont des Coléoptères.

Sur les deux cadavres, nous constatons que les Calliphoridae sont les plus nombreux avec une fréquence relative de 49% pour le cadavre du lapin et 78% pour celui du chien adulte. Ces résultats sont conformes à ceux de Tabor *et al.* (2004) et Boulkenafet (2016), ce dernier déclare que famille des Calliphoridae est largement dominante avec un 87% de l'ensemble de la faune récoltée. Cette famille est suivie par les Trogidae avec 44% et 14% respectivement pour le lapin et le chien adulte. Sur le cadavre du chien adulte on note la présence de deux familles non signalées sur le cadavre du lapin; il s'agit des Sarcophagidae et Staphylinidae avec 2%. Sur ce même substrat on note l'absence des Nitidulidae, présents par contre sur le cadavre du lapin avec 4%.

Pour l'expérience d'hiver, le nombre total des spécimens récoltés sur le cadavre du lapin s'élève à 326 individus, avec 62,27 % de Diptères et 37,73% de Coléoptères.

Nous avons également récolté 1238 insectes nécrophages sur le cadavre du chien adulte, dont 31,58 % sont des Diptères et 68,41% sont des Coléoptères. L'abondance des Dermestidae est nettement supérieure chez le chien adulte dont le taux est de 30% alors que pour le lapin elle est de 1%, cet écart pourrait s'expliquer par le fait que la décomposition est plus rapide chez le lapin, ne laissant pas le temps aux Coléoptères de la famille des Dermestidae d'intervenir avec un taux plus élevé (Guennard, 2007). Les Dermestidae sont suivis chez le chien adulte par les Diptères Calliphoridae avec 17%, par les Histeridae et les Silphidae avec 14% et 11% respectivement. Les autres familles ne sont représentées que par de faibles fréquences comprises entre 0,08% et 5%. Sur le cadavre du chien adulte on remarque la présence de trois

familles non signalées sur le cadavre du lapin; il s'agit des Sarcophagidae, des Faniidae et des Geotropidae.

Sur le cadavre du lapin, les Diptères Calliphoridae sont les plus nombreux avec 67% suivi des Trogidae avec 11%.

Evaluation de la diversité des insectes nécrophages

Bigot et Bodot (1973) signalent que lorsque dans un écosystème les conditions de vie sont favorables, on observe de nombreuses espèces, chacune représentée par un nombre d'individus, l'indice de diversité est alors élevé. Par contre, lorsque les conditions sont défavorables on ne trouve qu'un nombre réduit d'espèces et la valeur de l'indice est alors faible. Selon Daget (1976), l'une des caractéristiques essentielles de tout peuplement est son degré d'organisation.

Les résultats de nos expertises sur huit substrats mammifères durant quatre saisons, nous ont permis de constater quelques écarts notamment sur le nombre d'individus récoltés, la richesse spécifique journalière, mais aussi sur la diversité spécifique. Nos résultats concernant la richesse spécifique révèlent que les valeurs maximales sont observées sur le cadavre du chien adulte (GcP) expertisé au printemps avec 17 espèces, et celui expertisé en hiver (GcH) avec 16 espèces. Viennent ensuite les expériences PcH (petit cadavre d'hiver), PcP (petit cadavre de printemps), et GcE (grand cadavre d'été) avec respectivement 14, 10 et 6 espèces. Pour l'expérience PcE (petit cadavre d'été) nous avons 5 espèces. Les expériences PcA (petit cadavre d'automne) et GcA (grand cadavre d'automne) ont la même valeur de la richesse spécifique qui est de 4 espèces.

Nos résultats sur les meilleures valeurs de la richesse spécifique observées sur les deux grands cadavres expertisés en printemps et en hiver GcP et GcH, sont en accord avec ceux de Tabor *et al.*, (2004) qui ont observé une richesse spécifique de 47 espèces sur le cadavre étudié au printemps contre 33 espèces sur le cadavre d'été. Cependant, nos résultats ne concordent pas avec ceux de Madra *et al* (2015) qui ont signalé que la faune observée en été est la plus diversifiée. Selon Anderson (2001), le climat, la fréquence d'échantillonnage, le nombre de modèles animaux utilisés et l'intervention des arthropodes autres que les insectes, sont des facteurs connus pour affecter l'arrivée des insectes sur les cadavres.

Concernant l'indice de diversité de Shannon et Weaver, les valeurs maximales enregistrées pour les huit cadavres sont 3,32bits, 3,08bits, 1,95bits, 3bits, 1,62bits, 2bits, 3,42 bits et 3,2bits pour respectivement GcP, PcP, GcE, PcE, GcA, PcA, GcH et PcH. Ces résultats révèlent que la diversité en espèces de la faune nécrophage est plus importante sur les deux grands cadavres (GcP et GcH) expertisés au printemps et en hiver. Ce résultat est en accord avec celui de Dekeirsschieter *et al.*, (2013) et Kocárek (2002). L'indice d'équitabilité avec une valeur de 0,76, 1, 0,9 et 0,77 pour respectivement GcP, GcH, PcE et PcA montre un équilibre de la population des insectes nécrophages sur ces cadavres. Ces écarts constatés sur la diversité des insectes nécrophages visitant chacun des cadavres étudiés, peuvent être expliqués comme le suggère Azwandi *et al.*, (2013), par la différence de la taille du substrat et la durée de décomposition. Toutefois, ce même auteur confirme que la variation des espèces nécrophages ne s'explique pas seulement par la différence de la taille du cadavre, mais elle est aussi liée à la nature du substrat et ses propres caractéristiques physiques (épaisseur de la fourrure, l'alimentation, etc.).

Nous avons aussi constaté des écarts importants concernant le nombre de Diptères et Coléoptères échantillonnés sur les cadavres de petite taille par rapport à celui échantillonné sur les cadavres de grande taille. En effet, celui récolté sur le cadavre du chiot expertisé au printemps s'élève à 39 spécimens de Diptères et 111 spécimens de Coléoptères contre 414 spécimens de Diptères et 302 de Coléoptères chez le cadavre du chien adulte de la même saison, pour l'expérience menée en été. Nos résultats rapportent 21 individus de Diptères et 34 individus de Coléoptères récoltés sur le cadavre de lapin contre 41 Diptères et 12 Coléoptères sur le cadavre du chien adulte. En automne, nous avons récolté 21 Diptères et 34 Coléoptères sur le petit substrat contre 47 Diptères et 9 Coléoptères sur le grand substrat. En hiver, nous avons récolté 203 Diptères et 123 coléoptères sur le cadavre du lapin contre 391 Diptères et 847 Coléoptères sur le cadavre du chien adulte. D'après ces résultats nous remarquons que contrairement au cadavre du chien adulte, le nombre de coléoptères récolté sur le cadavre du chiot ou du lapin est supérieur à celui de Diptères à l'exception des deux cadavres expertisés en hiver où ce résultat est inversé. Ce résultat relatif au nombre de Coléoptères nécrophages, supérieur à celui des Diptères nécrophages, est en accord avec les travaux de Kocarek (2003), Salazar (2006), Martinez *etal.* (2007) in Frederickx (2010) et ceux d'Anton *et al.*, (2011). Cela peut s'expliquer par le fait que certaines familles de Coléoptères et plus exactement les Silphidae, sont beaucoup plus attirées par les carcasses de petite taille

(Midgley et villet, 2009). Selon Scott *et al.*, (1987) la présence en masse de ces Coléoptères est de vidé les petites carcasses en évitant ainsi la concurrence avec d'autres Arthropodes.

Etude du cycle de développement des Coléoptères

Parmi les espèces les plus abondantes rencontrées sur la plupart des cadavres expertisés, nous avons *Silpha rugosa* (Silphidae) et *Dermestes peruvianus* (Dermastidae). Ces espèces ont alors fait l'objet d'un élevage au laboratoire.

Au cours de l'élevage, nous avons pu observer tous les stades de développement des deux espèces à savoir : les œufs, les trois stades larvaires (L1, L2 L3), la nymphe et enfin l'imago (Annexes 3 et 4).

Cycle de développement de *Silpha rugosa* L., 1758

Après la reproduction, nous avons observé que la femelle pond ses œufs en grappe, et le développement embryonnaire s'achève dès l'apparition du premier stade larvaire, soit après 4 jours. Cette observation est rapportée dans les travaux de Midgley *et al.* (2009).

Pour la température de 23°C et un taux d'humidité de 32%, le cycle de vie qui a débuté par le premier stade larvaire jusqu'à l'émergence des adultes de *Silpha rugosa* a duré 27 jours. Ce cycle enregistré après un élevage mis à l'étuve (26°C) sous une humidité relative de 70% a duré 14 jours.

Nous allons tenter d'analyser l'aspect de développement de cette espèce qui n'a pas fait l'objet d'étude approfondie et ce, en le comparant avec d'autres espèces de Silphinae d'intérêt médico-légal. Selon Velásquez et Viloría (2009) qui ont étudié l'effet de la température sur le développement de l'espèce *Oxelytrum discicolle* (Brullé, 1840), le temps total nécessaire au développement complet de l'œuf jusqu'à l'âge adulte est inversement lié à la température. Cette durée va de $40,00 \pm 2,73$ jours à 15 ° C à $20,33 \pm 0,89$ jours à 28 ° C. Ces mêmes auteurs rapportent que le temps de développement, pour cette espèce, dans les conditions naturelles extérieures n'est pas significativement différent de celui obtenu à température constante 20°C. Par ailleurs, Dekeirsschieter (2011) rapporte les résultats du développement complet de l'espèce *Thanatophilus sinuatus* (Fabricius, 1775), soit une durée de 42,79 jours dans les conditions d'élevage sous une température contrôlée de 23°C, et une humidité relative fixée à 70%. Il ne s'agit pas de la même espèce que nous avons suivie, certes, mais il semblerait qu'un taux d'humidité plus élevé que celui exprimé dans notre cas, aurait pu rallonger le cycle de vie de *Silpha rugosa*. L'humidité aurait-elle un impact sur l'activité des larves?

Si l'on s'en tient à notre expérimentation, la durée de développement de *Silpha rugosa* est plus courte à 26°C comparée à 23°C. Ce résultat révèle que la température a une influence sur la durée du développement de cette espèce. D'après la courbe de croissance, la durée des stades larvaires se déroule simultanément. Par ailleurs, nous avons enregistré une différence dans la longueur des larves. En effet, les larves mises sous les conditions du laboratoire (23°C) ont une longueur maximale de 22 mm, alors qu'à 26°C, la longueur maximale des larves est de 24 mm. Pour ce qui est du stade nymphal, sa durée est plus courte dans l'étuve que sous les conditions du laboratoire. Ainsi, le développement de *Silpha rugosa* est proportionnel à la température autrement dit, plus la température diminue plus la durée du cycle de développement est longue, et inversement. Selon Midgley et Villet (2009) plus les températures sont élevées, plus la mortalité larvaire augmente.

Le développement larvaire pour les températures 26°C et 23°C étudiées, varie respectivement de 11 à 18 jours. On constate qu'il y a 6 jours d'écart pour l'apparition de la nymphe, cela signifie que la température joue également un rôle dans l'accélération et/ou le ralentissement de différents stades de développement de *Silpha rugosa*. La nymphe achève son cycle de développement, en creusant le sol où elle s'y mobilise, jusqu'à l'émergence de l'adulte. Les nouveaux adultes sont observés dès 3 jours à 26°C et dès 10 jours après la nymphose à 23°C.

Cycle de développement de *Dermestes peruvianus* L., 1840

Nous avons étudié le cycle de développement de Coléoptère *Dermestes peruvianus* sous deux températures à savoir, 36°C et 45°C et un taux d'humidité constant de 45%.

Pour la température de 36°C et un taux d'humidité de 45%, le cycle de vie qui correspond au premier stade larvaire jusqu'à l'émergence des adultes de *Dermestes peruvianus* a duré 35 jours. Par contre, sous une température de 40°C et un taux d'humidité de 45%, la durée du cycle de développement est moindre, elle est de 33 jours. Nous remarquons qu'il y a un écart de deux jours entre les deux durées de développement. Le cycle de développement de cette dernière n'a pas fait l'objet d'étude approfondie, nous allons alors le conforter avec d'autres espèces de *Dermestes*. Selon Richardson et Goff (2001) qui ont étudié le développement de l'espèce *Dermestes maculatus* sous plusieurs températures, le temps

nécessaire pour le développement de cette espèce varie inversement avec la température d'une moyenne de 36,4 jours à 35°C. Ce résultat est conforme à ce que nous avons obtenu sous la température de 36°C. Ainsi, Archer et Elgar (1998) rapportent que le cycle biologique de *Dermestes maculatus* qu'il soit sur une carcasse sèche ou sur des produits animaux stockés, nécessite environ 5 à 7 semaines pour être terminé dans des conditions optimales.

Pour les deux températures nous avons constaté l'apparition des œufs un jour après l'accouplement. Ce résultat est en accord avec Jones *et al.*, (2006) qui rapportent que les mâles et les femelles s'accouplent plusieurs fois et que la femelle pond les œufs dans les 24 heures suivant le premier accouplement.

Concernant la succession des stades, nos résultats montrent une évolution parallèle pour les deux températures considérées. Nous avons aussi constaté que la durée du stade œuf à 36°C et à 40°C est identique pour les deux températures étudiées et que les premières larves sont apparues simultanément. Le stade larvaire a duré 15 jours sous la température de 36°C et la longueur maximale des larves est de 10,5mm. Ce même stade a duré 13 jours sous 40°C, avec une longueur maximale des larves de 11mm et nous avons relevés 2 jours d'écart pour l'apparition de la nymphe. Tout comme l'espèce *Silpha rugosa*, la nymphe de *Dermestes peruvianus* achève son cycle de développement, en creusant le sol où elle s'y mobilise, jusqu'à l'émergence de l'adulte.

Les nouveaux adultes sont observés dès 18 jours à 36°C et dès 10 jours après la nymphose à 40°. Toutes ces constatations révèlent que la température a un effet primordial sur le développement de l'espèce *Dermestes peruvianus*.

*CONCLUSION
&
PERSPECTIVES*

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Bien que les recherches initiales menées dans ce domaine intéressent particulièrement les Diptères, beaucoup de chercheurs se tournent vers un tout autre ordre d'insectes, qui sont les Coléoptères.

L'étude que nous avons effectuée sur les insectes liés à l'entomologie médico-légale tient son originalité dans le sens où aucune prospection en Algérie, n'a été envisagée sur les Coléoptères en tant que bioindicateurs dans le domaine forensique.

Notre étude effectuée sur huit substrats mammifères, durant les quatre saisons de l'année 2012/2013, nous a permis de récolter un total de 2654 insectes nécrophages, dont 44,73% sont des Diptères et 55,27 sont des Coléoptères. Les résultats d'identification des spécimens appartenant à ces deux ordres, nous ont permis de recenser 6 familles de Diptères (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae, Piophilidae), et 9 familles de Coléoptères (Dermestidae, Staphylinidae, Silphidae, Histeridae, Trogidae, Cleridae, Nitidulidae et Scarabaeidae).

Les résultats du suivi de la décomposition des huit cadavres durant les quatre saisons, révèlent que la décomposition des substrats expertisés en été a duré moins longtemps que celle des substrats des autres saisons. Par contre, la décomposition des substrats expertisés en hiver est très lente. Par ailleurs, les cadavres de petite taille se décomposent plus rapidement que ceux de grande taille.

En outre, l'analyse des résultats concernant les insectes nécrophages récoltés, par les indices écologiques de diversité, révèle que la diversité la plus importante est observée sur le cadavre de chien adulte expertisé au printemps. Contrairement aux cadavres des chiens adultes, les effectifs des coléoptères récoltés sur le cadavre du chiot et des lapins est supérieur à celui des Diptères à l'exception des deux cadavres expertisés en hiver, où ce résultat est inversé. Ces résultats nous permettent de conclure que la taille du cadavre (ou sa masse corporelle) qui est un facteur intrinsèque, et la température ambiante qui est un facteur extrinsèque, sont deux paramètres influençant la dégradation d'un corps, et donc sa colonisation par les insectes nécrophages.

Nos résultats concernant l'élevage réalisé sur les deux espèces de Coléoptère à savoir *Silpha rugosa* et *Dermestes peruvianus*, montrent que la température a un effet sur la durée du cycle de développement de ces deux espèces. Ces données sur le développement

pourraient être utilisées dans l'estimation des intervalles post-mortem (IPM). Néanmoins, d'autres informations sur leur développement devraient être apportées. En effet, pour ce qui concerne l'effet de la température sur le cycle de vie des Coléoptères, il serait intéressant de considérer plusieurs températures d'une part, et de s'intéresser à d'autres espèces de Coléoptères nécrophages d'autre part. Rappelons que l'intérêt pour les Coléoptères s'explique par le fait qu'ils interviennent durant le stade de décomposition avancé contrairement aux Diptères. Les informations recueillies seraient alors d'un intérêt non négligeable dans le domaine de l'entomologie médico-légale.

Afin d'aboutir à des résultats plus précis en forensique, il serait souhaitable d'utiliser des substrats dont la physiologie se rapproche de celle de l'homme, tel le porc !

D'autres perspectives concernant la biodiversité des insectes nécrophages en fonction de l'état du cadavre pourraient être envisagées. Nous pourrions ainsi prospecter un cadavre enfoui dans le sol, immergé dans l'eau, suspendu à un arbre, brûlé, etc.

Des informations intéressantes pourraient être prises en compte pour mieux évaluer l'influence du milieu sur la décomposition d'un cadavre. Ainsi des investigations entomologiques dans différents sites (forêt, zone urbaine...) mais aussi des analyses de facteurs extrinsèque (pluviosité, analyses physicochimiques du sol...) pourraient être considérés pour permettre de rassembler le maximum de données indispensables dans les enquêtes médico-légales.

Hormis ces perspectives, l'étude du cycle de vie d'autres espèces de Coléoptères prélevées sur un cadavre tels que les Histeridae bien représenté dans nos investigations, devraient être envisagée pour mieux appréhender leur implication dans la détermination de l'intervalle post mortem (IPM) au même titre que les Diptères. Il serait également intéressant de déterminer les composés odorants cadavériques pour évaluer les interactions qui existent entre le substrat et les Silphidae ou Dermestidae, relativement bien représentés.

En Algérie, le domaine de l'entomologie forensique en est à ses début et il devient impératif pour les entomologistes d'exploiter toutes les ressources pour apporter leur aide à la justice afin de résoudre des affaires criminelles, parfois complexes.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abell D.H., Wasti S.S., Hartmann G.C., 1982** - Saprophagous arthropod fauna associated with turtle carrion. *Applied Entomology and Zoology.*, **17**: 301- 307.
- Ahi, R.S., & Garg, V., 2011** - Role of vitreous potassium level in estimating postmortem interval and the factors affecting it. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, **5**: 13-15.
- Ame J. M., J. Halloy, C. Rivault, C. Detrain, & J. L. Deneubourg., 2006** - Collegial decision making based on social amplification leads to optimal group formation. *PNAS*, **103**: 5835-5840.
- Amendt J, Krettek R., & Zehner R., 2004** - Forensic Entomology. *Naturwissenschaften*, **91**: 51-65. *Annual Review of Entomology.*, **37**: 253-272.
- Amendt J., Goff, M. L., Campobasso, C. P. & Grassberger, M., 2010** - Current Concepts in Forensic Entomology. Springer, Dordrecht, 93-108.
- Anderson, R. S., 1982** - On the decreasing abundance of *Nicrophorus americanus* Olivier (Coleoptera:Silphidae) in eastern North America. *Coleopterist's Bulletin*. **36**: 362-365.
- Anderson R.S., & Peck S.B., 1985** - The insects and arachnids of Canada and Alaska, Part 13. The carrion beetles of Canada and Alaska. (Coleoptera: Silphidae and Agyrtidae). Research Branch, Agriculture Canada. Ottawa, Publication 1778, 121pp.
- Anderson GS., VanLaerhoven SL., 1996** - Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences.*, **41**: 617-25.
- Anderson, G., 2001** - Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. In: Byrd, J. H., and Castner, J. L., (Eds), *Forensic Entomology: The utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press. Boca Raton: 143 – 175.
- Anonyme., 2012-** <https://fr.climate-data.org/location/499/>.
- Anonyme., 2014-** <http://www.afblum.be/bioafb/insectes/insectes.htm>
- Anton E. Niederegger S. & Beutel R.G., 2011** - Beetles and flies collected on pig carrion in an experimental setting in Thuringia and their forensic implications. Germany. *Medical Veterinary Entomology*. 12 p.
- Archer MS., Elgar MA., 1998** - Cannibalism and delayed pupation in hide beetles, *Dermestes maculatus* DeGeer (Coleoptera: Dermestidae). *Australian Journal of Entomology* **37**:158–161.
- Arnaldos, M.I., Garcia, M.D., Romera, E., Presa, J.J., & Luna, A., 2005** – Estimation of Postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Science International*. **149**: 57-65.

- Azwandi, A., Nina Keterina, H., Owen, L.C., Nurizzati, M.D. & Omar, B., 2013** -Adult carrion arthropod communiti in a tropical rainforest of Malaysia: Analysis on three common forensic entomology animal models. - *Tropical Biomedicine*. **30** (3):481-494.
- Barton Browne, L., 1962** - The relationship between oviposition in the blowfly *Lucilia cuprina* and the presence of water. *Journal of Insect Physiology*, 8, 383–390
- Benecke M., 2001** - A brief history of forensic entomology. *Forensic Sciences International.*, **120** : 2-14. **Beneck M., 2002** - Les insectes judiciaires. Pour la Science, 296 : 76-83 p.
- Benecke M., 2004** - Forensic entomology: Arthropods and Corpses. In M. Tsokos (éd.), *Forensic Pathology Reviews*, Vol. 2, p. 207-240. Humana Press, Totowa.
- Benmira S., 2010** - Contribution à l'étude systématique des insectes nécrophages d'intérêt médico-légal, Mémoire de Master Université de Constantine, 39p.
- Bensaada F., Baba Aissa N., Saifi M., Doumandji S., 2014** - First Data on Insects to Forensic Interest in the Region of Gouraya, Algeria. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 3(2): 2319-1473
- Beyer JC., Enos YF., Stajic M., 1980** - Drug identification through analysis phora erythrocephala Mg. under the influence of shortened feeding of maggots . *Journal of Forensic Sciences* 26:411–2.
- Bigot L. & Bodot P., 1973** - Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*. Composition biotique du peuplement des invertébrés. -Vie et milieu. **23** :299 - 249.
- Blondel J., 1979** - Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173p.
- Blondel J., Ferry C & Frochot B., 1979** - Avifaune et et végétation, essai d'analyse de la diversité. *Alauda*, **12**(1) :7-13.
- Bouchehit. H., 2014** - Contribution à l'étude des Coléoptères impliqués dans la décomposition de substrats de petites tailles. Cas particulier *Dermestes peruvianus* (Laporte de Castelnau, 1840) *Insecta Coleoptera*.52p.
- Boulkenafet, F., 2016** - Caractérisation des insectes nécrophages, leur utilité en médecine légale et dans les enquêtes judiciaires. Thèse Doctorat, Université des frères Mentouri, Constantine. 139p.
- Boulkenafet, F., Berchi, S., Lambiase, S., 2015** - Preliminary study of necrophagous Diptera succession on a dog carrion in Skikda, North-east of Algeria. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. **3**(5): 364-369.
- Bournemissza G. F., 1957** - An analysis of arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. *Australian Journal of Zoology* **5**: 1-12.
- Bourel, B., Martin-Bouyer, L., Hedouin, V., Cailliez, J.C., Derout, D. & Gosset, D., 1999** - Necrophilous insect succession on rabbit carrion in sand dune habitats in northern France. *Journal of Medical Entomology*, **36**:420-425.

- Braack, L. E. O., 1987** - Community dynamics of carrion-attendant arthropods in tropical African woodland. *Oecologia*, **72**:402 – 409.
- Byrd, J. H., & Castner, J. L., 2000** - Forensic entomology, Utility of Arthropods in **F., 1995** Legal Investigations. Boca Raton: CRC Press, pp. 440.
- Byrd H., & Castner J.L., 2001** - Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. 437 p.
- Byrd J.H & Castner J.L., 2009** - Insects of forensic importance. In: Byrd J.H. & Castner J.L., eds. Forensic entomology – The utility of arthropods in legal investigations. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 39-126.
- Campobasso C.P., Di Vella G., Introna F., 2001** - Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International*. 120: 18-27
- Catts, E.P., 1992** - Problems in estimating the postmortem interval in death investigations. *Journal of Agricultural Entomology* 9: 245–255.
- Carter D. O. Yellwlees D. Tibbett M., 2007** - Cadaver decomposition in terrestrial ecosystem. *Naturwissenschaften*, **94**: 12-24.
- Castner, J. L., Byrd, J. H. & Butler, J.** - Forensic insect field identification cards. *Colorado Springs, CO: Forensic Sciences Foundation*.
- Catts, E. P & Haskell, N. H., 1990** - Entomology and Death. A Procedural Guide. Clemson, SC: Joyce's Print Shop, pp.182.
- Charabidze D., 2008** - Etude de la biologie des insectes nécrophages et application à l'expertise en entomologie médico-légale. Thèse Doctorat, Université de Lille, 205 p.
- Charabidze D., 2012a** - La biologie des insectes necrophages et leur utilisation pour dater le décès en entomologie médico-légale. *Annales de Société entomologique de France*. **48** (3-4) : 239-252.
- Charabidze D., 2012b** - Les prélèvements entomologiques. Société Française de Médecine Légale. 1p
- Charabidze D., & Bourel B., 2007** - Entomologie médico-légale : les insectes au service de la justice. *Insectes*, n° 147, p 29-32.
- Charabidze. D, Colard. T, Vincent. B, Pasquerault. T, Hedouin. V., 2013** - Involvement of larder beetles (Coleoptera: Dermestidae) on human cadavers: a review of 81 forensic cases. *International. Journal of Legal Medicine*: 00414-013-0945-1.
- Charabidze, D. & Gosselin M.** 2014 - Insectes, cadavres et scènes de crime. Principes et applications de l'entomologie médico-légale. Ed. De Boeck, pp. 261.

- Charabidze. D, Vincent. B, Pasquerault. T & Hedouin. V.**, 2015- The biology and ecology of *Necrodes littoralis*, a species of forensic interest in Europe. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. **130** (1):273-280.
- Chapman R. F. Sankey J. H. P.**, 1955- The larger invertebrate fauna of three rabbit carcasses. *Journal of animal Ecology* **24**: 395-402.
- Cornabay B.W.**, 1974 - Carrion reduction by animals in contrasting tropical habitats, *Biotropica*. **6**: 51–63.
- Cruz A.M.**, 2006 - Crime Scene Intelligence, An Experiment in Forensic Entomology. WASHINGTON: Occasional Paper Number Twelve, 59 p.
- Daget J.**, 1976 - Les méthodes mathématiques en écologie. Ed. Masson, Paris, 172p.
- Dajoz R.**, 2000 – Précis d'écologie 7ème Ed. Dunod, Paris, 443p.
- De Jong. G. D and Chadwick. J. W.**, 1999 - Decomposition and arthropod succession on exposed rabbit carrion during summer at high altitudes in Colorado, USA. *Journal of Medical Entomology*, **36**: 833-845.
- Dekeirsschieter J**, 2007- Etudes des odeurs émises par des carcasses de porcs (*Sus domesticus* L.) en décomposition et suivi de la colonisation postmortem par les insectes nécrophages. Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du grade de Bio ingénieur en Nature, Eaux et Forêts. 104p.
- Dekeirsschieter J**, 2012b - Etude des interactions entre l'entomofaune et un cadavre: approches biologique, comportementale et chémo-écologique du coléoptère nécrophage, *Thanatophilus sinuatus* Fabricius (Col., Silphidae). Thèse de Doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Université de Liège, 284p.
- Dekeirsschieter J., Verheugen F., Haubruge E.**, 2010 - Les Silphidae de nouveaux bio-indicateurs en entomologie forensique? *VII Conférence Internationale Francophone d'Entomologie: Interactions et Biodiversité*.
- Dekeirsschieter J., Verheggen F.J., Haubruge E., Brostaux Y.**, 2011a - Carrion beetles visiting pig carcasses during early spring in urban, forest and agricultural biotypes of Western Europe. *Journal of Insect Science* **11**: 1-13.
- Dekeirsschieter J., Verheggen F., Lognay G., Haubruge E.**, 2011b - Large carrion beetles (Coleoptera, Silphidae) in *Western Europe: a review*, p 435-447.
- Dekeirsschieter, J., Verheggen, F., Brostaux, Y., & Haubruge, E.**, 2010 - Study of the life cycle of two species of forensic interest carrion beetles (Coleoptera, Silphidae): *Thanatophilus sinuatus* F. & *Necrodes littoralis* L. 17 th Benelux Congress of Zoology: Classic Biology in Modern Times: Programme and Abstracts (pp. 60).
- Dekeirsschieter J. Verheggen F. Frederickx C., Marlet C., Lognay G. Haubruge E.**, 2012 - Comment les insectes communiquent-ils au sein de « l'écosystème-cadavre »? L'écologie chimique des insectes nécrophages et nécrophiles. *Faunistic Entomology*. **65** : 3-13.

- Dekeirsschieter, J., Frederickx, C., Lognay, G., Brostaux, Y., Verheggen, F.J. & Haubruge E., 2013** - Electrophysiological and behavioral responses of *Thanatophilus sinuatus Fabricius* (Coleoptera : Silphidae) to selected cadaveric volatile organic compounds. *Journal of Forensic Sciences*, **58**: 917-923.
- Dhang Chen C , Nazni W.A , Ramli R, Karen Huey Min Chia et Mohd Sofian-Azirun., 2011** - First study on the larval growth parameter and growth rate of a forensically important blow fly, *Hypopygiopsis violacea* (Macquart,1835) (Diptera: Calliphoridae). Evolution in the Silphinae (coleoptera: silphidae). Food habit, loss of flight, and reproductive traits: life-46 history. International Conference on Biomedical Engineering and Technology.IPCBEE vol.11 ACSIT Press, Singapore, 5p.
- Djeghar R, Roubhi H., 2013** - Contribution à l'étude de l'implication des coléoptères nécrophages dans la décomposition d'un substrat animal. Cas particulier de *Silpha rugosa* L., 1758. Mémoire de Master Université de Constantine, 61p.
- Du chatenet, G., 1990** - Guide des Coléoptères d'Europe. Coll. Delachaux et Niestlé, 480pp.
- Easton A. M. & Smith K. G. V., 1970** - The entomology of the cadaver. *Medicine, Science dan the law*, **10**: 208-215.
- Estracanhalli E.S., Kurachi, C., Vicente J.R., Campos de Menezes P.F., Castro e Silva Junior O. & Bagnato V.S., 2009** - Determination of post-mortem interval using in situ tissue optical fluorescence. *Optics Express*, **17**: 8185–8192
- Farinha Ana, Catarina G, Dourado, Neiva Centeio, Ana Rita Oliveira, Deodàlia Dias & Maria Teresa Rebelo., 2014** - Small Bait Traps as Accurate Predictors of Dipteran Early Colonizers in Forensic Studies. *Journal of Insect Science*.**14**:77p.
- Frederickx C. Dekeirsschieter J., Verheggen F., Haubruge E., 2010** - Electrophysiological and behavioral activity of selected cadaveric volatile molecules in the greenbottle fly: *Lucilia sericata*. 20th International Symposium on the Forensic Sciences of the Australian and New Zealand Forensic Science Society (ANZFSS 2010). Sydney, Australie. 5-9.
- Frederick Christine, Jessica Dekeirsschieter, François J. Verheggen & Eric Haubruge., 2011**- L'entomologie forensique, les insectes résolvent les crimes. *Faunistic Entomology*. **63** (4) 237-249.
- Frontier S., 1983** - L'échantillonnage de la diversité spécifique. In Stratégie d'échantillonnage en écologie, Frontier et Masson édit., Paris (Coll. d'Ecologie), XVIII, 494 p.
- Fuller M.E., 1934**-The insect inhabitants of carrion: a study of animal ecology. *Bull. Coun. Sci. Industr. Res. Austr.*, **82**: 1–62.
- Galal L. A, Abd-El-hameed S. Y, Attia R. A. H. and Uonis D. A., 2009**- An initial study on arthropod succession on exposed human tissues in assiut, Egypt. 23 p.

- 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.
- Gaudry E. et Dourel L., 2009** - Guide des Coléoptères d'Europe. Coll. Arthaud PP: 5-29.
- Gennard D. E., 2007** - Forensic Entomology An Introduction. John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom, 1st Ed., 224 p.
- Gennard D. E., 2012** - Forensic Entomology: An Introduction. Wiley-Blackwell, 2nd Ed., 11 p.
- Grall, J. et Coïc, N. , 2006** – Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Institut Universitaire Européen de la Mer – Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire des sciences de l'Environnement marin, 91p.
- Grassberger. M., Friedrich, E. & Reiter, C., 2003** - The blow fly *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae) as a new forensic indicator in central Europe. *International Journal of Legal Medicine.*, **117**: 75-81.
- Grassberger M. & Frank C., 2004** - Initial study of arthropod succession on pig carrion in a central European urban habitat. *Journal of Medical Entomology.*, **41**: 511-523.
- Greenberg B., 1991**- Flies as forensic indicators. *Journal Medical Entomologie*, **28**: 77-565.
- Greenberg & Kunich., 2002** - Entomology and the Law: Flies as Forensic Indicators. Cambridge, UK: *Cambridge University Press*, pp. 332.
- Gretia., 2009** - Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ; bilan final. Rapport GREZIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. 395 p.
- Goff M. L., 1993** - Estimating of post-mortem interval using arthropod development and successional patterns. *Forensic Science Review* **5**: 81-94.
- Goff, M., 2009** - Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental Applied Acarology*, **49**: 21-36.
- Goff M. L., 2010** - Early postmortem changes and stages of decomposition. In *Current Concepts in Forensic Entomology*.(ed.by J. Amendt, C.P.Campobasso, M.L.Goff & M. Grassberger).Springer, London.pp. 1–24.
- Gosselin. M., 2009** - L'entomotoxicologie légale. *Insectes*. **155**(4):33-34.
- Gosselin M. , Di Fazio V. , M. R. Wille S. , del Mar Ramirez Fernandez M. , Samyn N. ,
- Bourel B., Rasmont P., 2011**- Methadone determination in puparia and its effect on the development of *Lucilia sericata* (Diptera, Calliphoridae). *Forensic Science International*. **209**: 154–159

- Gupta A. & Setia L., 2004** - Forensic Entomology Past, Present and Future. *Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology* **5**(1) : 50-53.
- Hackston.M., 2009** - Family Trogidae. Edited by A. G. Duff : 3 p.
- Hagadorn, M.A. and D.L. Price., 2012** - Quick Guide for the Identification of Maryland Scarabaeoidea. Salisbury University. P, 54.
- Haines CP, Rees DP., 1989** - *Dermestes spp.* A field guide to the types of insects and mites infesting cured fish. <http://www.fao.org/docrep/003/t0146e/T0146E04.htm>.
- Hall, R. D., 2001** - "Introduction: perceptions and status of forensic entomology," in *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, J. H. Byrd and J. L. Castner, Eds., pp. 1–15, CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 2001
- Hanski I., 1989** - Metapopulation dynamics: does it help to have more of the same? *Trends in Ecology and Evolution*. **4** :113–114
- Haskell N., Hall R., Cervenka V., Clark M., 1997** - On the body: insects' life stage presence and their postmortem artifacts. In: Haglund W.D. & Sorg M.H., eds. *Forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains*. USA : CRC Press, 415-445.
- Hastir P et Gaspar C., 2001**- Diagnose d'une famille de fossoyeurs : les Silphidae. *Notes fauniques de Gembloux*, **44** : 13-25.
- Hava, J. & Kadej, M., 2006** - New data on the occurrence of Dermestidae (Coleoptera) from Hispaniola. Part 1. genus *Dermestes*. *Polish Journal of Entomology*, **75**: 375-377.
- Hawkeswood Trevor J., et Turner J.R., 2008** - Record of the Australian burying beetle, *Ptomaphila perlata* Kraatz., 1876 (Coleoptera: Silphidae) feeding and breeding in the dead carcass of a Swamp Wallaby (*Wallabia bicolor*, Mammalia: Macropodidae), with a review of its biology and habitat. *Calodema Supplementary Paper*. **79**, 5 p
- Hewadikaram, K. A., and Goff, M. L., 1991**- Effect of carcass size on rate of decomposition and arthropod succession patterns . *American Journal of Forensic Medicine and Pathology.*, **12** (3): 235-240.
- Hocking M. D. Darimont C.T., Christie K. S., Reimchen T. E., 2007**- Niche variation in burying beetles (*Nicrophorus spp.*) associated with marine and terrestrial carrion . *Canadian Journal of Zoology*, **85**: 437-442.
- Hough, G. D. N., 1897** - The Fauna of Dead Bodies, With a Special Reference to Diptera. *British Medical Journal.*, 1853-1854.
- Ikeda H, Shi mano S., & Yamagami A., 2011**- Differentiation in Searching Behavior for Carcasses Based on Flight Height Differences in Carrion Beetles (Coleoptera: Silphidae). *Journal of Insect Behavior*, 24:167 –174.
- Jones TM., Mcnamara KB., Colvin PGR., Featherston R., Elgar MA., 2006** - Mating frequency, fecundity and fertilization success in the hide beetle, *Dermestes maculatus*. *J. Insect Behav*,**19** (3):357 – 371.

- Kalinova B., Podskalska H., Ruzicka J., Hoskovec M., 2009** - Irresistible bouquet of death_ how are burying beetles (Coleoptera: Silphidae: *Nicrophorus*) attracted by carcasses. *Naturwissen chaftem*, **96**: 889-899.
- Keshavarzi D., Moemenbellah-Fard MD., Fereidooni M, Montazeri M., 2015** - First Report of *Dermestes frischii Kugelann* (Coleoptera: Dermestidae) on a Human Corpse, South of Iran. *International Journal of Forensic Sciences and Pathology*. 3(4), 113-115
- Kocarek P., 2001** - Diurnal Activity Rhythms and Niche Differentiation in a Carrion Beetles Assemblage (Coleoptera: Silphidae) in Opava, the Czech Republic. *Biological Rhythm Research*: 32(4): 431-438.
- Kocarek P., 2002** - Diel activity patterns of carrion-visiting Coleoptera studied by time.- sorting pitfall traps- *Biologia Bratislava*. **57**(2):199-211
- Kocarek P., 2003** - Decomposition and Coleoptera succession on exposed carrion of small mammal in Opava, the Czech Republic. *European Journal of Soil Biology* **39**: 31 –45.
- Lane R. P., 1975** - An investigation into blowflies (Diptera: Calliphoridae) succession on corpses. *Journal of Natural History* **9**: 581-588.
- LeBlanc. H.N., Logan J.G., 2010** - Exploiting insect olfaction in forensic entomology. In Amendt J., Goff M.L., Campobasso C.P. & Grassberger M. (Eds.), *Current concepts in forensic entomology*. Springer, Dordrecht, pp. 205-221.
- Leclercq M., 1996** - A propos de l'entomofaune d'un cadavre de sanglier. *Bulletin et Annales de la société royale de Belgique. Entomologie*. **182** :417-422.
- Leclercq M., 2008** - Marcel Leclercq 1924-2008, Médecin Diététiste Parasitologue et Pionnier de l'entomologie forensique Part.1. *Entomologie forensique*, **61**(4), 129-150.
- Leclercq J., 2009** - Marcel Leclercq (1924-2008), médecin, diptériste, parasitologue et pionnier de l'entomologie forensique. *Faunistic Entomology* **65** : 129-150.
- Leclercq M., et Verstraeten C., 1992** - Eboueurs entomologiques bénévoles dans les écosystèmes terrestres : observation inédite. *Note Faunique de Gembloux* **25** :17-22.
- Lefebvre. F et Gaudry E., 2009** - Forensic entomology: a new hypothesis for the chronological succession pattern of necrophagous insect on human corpses. *Annales de la Société Entomologique de France*. **45**: 377-392.
- Madra. A, Fratzczak. K, Grzywacz. A, Matuszewski. S., 2015** - long-term study of pig carrion entomofauna. *Forensic science international* **252**: 1-10.
- Magurran, A.E., 1988** - Ecological diversity and its measurement. Princeton, New Jersey, *Princeton University Press*, 179 p.

- Mann R.W., Bass W.M., Meadows B.A., 1990** - Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *Journal of Forensic Sciences* **35**: 103-111.
- Marchenko, M. I., 1988** - Medico-legal relevance of cadaver Entomofauna for the determination of the time since death. *Acta Medicinae Legalis et Socialis journal.*, **38**(1): 257-302.
- Marchenko, M.I., 2001** - Medicolegal relevance of cadaver entomofaune for the determination of time of death. *Forensic Science International*, **120**: 89-109.
- Martinez. E, Duque P. & Wolff. M., 2007** - Succession pattern of carrion. -feeding insects in Paramo, Colombia. *Forensic Science International*, **166**: 182-189.
- Matuszewski, S., Bajerlein, D., Konwerski, S. and Szpila, K., 2008** - An initial study of Insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Science International*, **18**: 61-69.
- Matuszewski. S, Bajerlein. D, Konwerski. S & Szpila. K., 2010** - Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 1: pattern and rate of decomposition. *Forensic Science International*, **194**: 85–93
- Matuszewski S., Bajerlein D., Konwerski S., Szpila K., 2011** - Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 3: Succession of carrion fauna. *Forensic Science International*, **63**: 207:150.
- Matuszewski. S, Michał Sza.f A & Andrzej Grzywacz3. K., 2014** - Temperaturedependent appearance of forensically useful flies on carcasses . *International Journal of Legal Medecine, springer.*, **128** :1013–1020.
- Megnin, P., 1894** - La faune de cadavres. Application de l'Entomologie a la Medicine Legale. Encyclopedie scientifique des aides Mémoire. Masson, Paris : Gauthier – Villars.
- Menezes L. C. C. R, Rossi M. N et Reigoda C., 2005**- Consequences of refuge for the functional response of *Dermestes ater* (Coleoptera: Dermestidae) to *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Population Ecology.*, **47**: 213-219.
- Menezes, L.C.C.R., Rossi, M.N., & Godoy, W.A.C., 2006** - The effect of refuge on *Dermestes ater* (Coleoptera: Dermestidae) predation on *Musca domestica* (Diptera: Muscidae): Refuge for prey or the predator? *Journal of Insect Behaviour.* **19**(6): 717-729.
- Merrick J. et Smith R. J., 2004** - Temperature regulation in burying beetles *Nicrophorus* spp. (Coleoptera: Silphidae): effects of body size, morphology and environmental temperature. *Journal of Experimental Biology*, **207** : 723-733.
- Mezedjri, L., 2008** - Modélisation de l'impact de la pollution industriel hydrique dans le golfe de Skikda (littoral Est-Algérien). Thèse doctorat en science de la Mer, Département des sciences de la Mer, Université Badji Mokhtar, Annaba, pp.147.
- Midgley J. M., 2007**- Aspects of the thermal ecology of six species of carcass beetles in South Africa (A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science of Rhodes University). 63 p.

- Midgley J.M., Villet M.H., 2009** - Development of *Thanatophilus micans* (Fabricius 1794) (Coleoptera Silphidae) at constant temperatures. *International Journal of Legal Medicine* **123**: 285-292.
- Midgley J.M, Richards C.S, and Villet M.H., 2010** - *The Utility of Coleoptera in Forensic Investigations. Current Concepts in Forensic Entomology*: 57-68.
- Miller, J.S. et Naples, V.L., 2002** - Forensic Entomology for the Laboratory-based Biology Classroom. *American Biology Teacher*. **64** (2): 136-142
- Mise, K.M., Souza, A.S.B., Campos, C.M., Keppler, R.L.F. & Almeida, L.M., 2010** - Coleoptera associated with pig carcasses exposed in a forest reserve, Manaus, Amazonas, Brasil. *Biota Neotropica*. **10**(1): 321-324.
- Morris B., 1988** - Carcass decomposition and early arthropod succession, Abstracts, Forensic Entomology Symposium, *Proceedings of the 18th International Congress of Entomology, Vancouver, Canada*. 3-9 pp. 267.
- Nia N., 2012** - Contribution à l'étude des coléoptères bio-indicateurs en entomologie forensique. Mémoire de Master Université des frères Mentouri de Constantine. 42p.
- Odat. N, Hazem. S, Obeidat.H. M & Aladailehé. S., 2015** - Relationships between diversity and evenness of necrophagous diptera and environmental conditions in three habitats of Jordan. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. **3**(5): 89-94.
- Ortloff. A, Pena. P, Riquelme.M., 2012**- Preliminary study of the succession pattern of necrobiont insects, colonising species and larvae on pig carcasses in Temuco (Chile) for forensic applications. *Forensic Science International*, **222** : 36-41.
- Paulian. R., 1979** - Faune de Madagascar, Publiée sous les auspices du Gouvernement de la République Malgache. 82 p.
- Payne, J.A. 1965** - A summer carrion study on the baby pig (*Sus scrofa* L). *Ecology* 46:592-602 .
- Peacock E.R., 1993** - Adults and Larvae of Hide, Larder and Carpet beetles and their relatives (Coleoptera: Dermestidae) and of Derodontid beetles (Coleoptera: Derodontidae). *Royal Entomological Society of London*. Vol.5, Part 3.
- Pielou E. C., 1966** - The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, Volume 13, Pages 131-144. 48
- Prado e Castro Catarina Barros., 2011** - Seasonal Carrion Diptera and Coleoptera Communities from LISBON (PORTUGAL) and the utility of forensic entomology in legal medicine. *Annales de la société entomologique de France*. (n.s.), **47** (1-2): 128-139.
- Prado e Castro C., García. MD., Martins da Silva P., Faria e Silva I, Serrano A., 2013** - Coleoptera of forensic interest: a study of season-al community composition and succession in Lisbon, Portugal. *Forensic Sciences International* **232** :73-83.
- Ramade. F., 1984** - Éléments d'écologie : Écologie fondamentale. Éd. McGraw. Hill. Paris. 397p.

- Ramdane E., 2011** - Contribution à l'étude de la biodiversité des insectes nécrophages prélevés sur un cadavre animal, Mémoire de Master Université de Constantine. 59p.
- Reed. H.B., 1958** - A study of dog carcass communities in Tennessee, with special reference to the insects, *American Midland Naturalist*. **59**: 213–245
- Richardson M.S., et Goff M.L., 2001**- Effects of temperature and intraspecific interaction on the development of *Dermestes maculatus* (Coleoptera : Dermestidae). *Journal of Medical Entomology.*, **38**: 347-351.
- Rodriguez W. C., et Bass W. M., 1983**- Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in East Tennessee. *J. Forensic Sci.* **28** : 423-432.
- Rosenbaum. F., Devigne C., & Charabidzé.D., 2016** - Ecologie des Dermestidae, une famille de Coléoptères nécrophages associée aux cadavres squelettisés . *Annales de la Société Entomologique de France.*, 2168-6351.
- Rudy C., M., 2010** - Etude comparative de la colonisation entomologique post-mortem sur carcasses de porc (*Sus domesticus* L.) mort par overdose de cocaïne et de pentobarbital. Mémoire de Master Université de Liège. 42p.
- Salazar J.L., 2006** - Insectos de importancia forense en cadáveres de ratas, Carabobo - Venezuela. *Rev Peruana Med Exp Salud Publ*, **23**:33–38.
- Schoenly K., et Reid. W., 1987**- Dynamics of heterotrophic succession on carrion arthropod assemblages: discrete seres or a continuum of change? *Oecologia (Berl.)* **73**: 192 –202
- Scott, M. P., Traniello. J.F.A., and Fetherston. I. A., 1987**- Competition for prey between ants and burying beetles (*Nicrophorus* spp.): differences between northern and southern temperate sites. *Psyche*, **94**: 325-331
- Secchi F, 2002** - Histeridae de France. 20p.
https://www.insecte.org/photos/archives/histeridae_Secchi.pdf
- Sikes D.S., 2005** - Silphidae Latreille, 1807. In: Kristensen N.P. & Beutel R.G., *Handbook of Zoology. Arthropoda: Insecta*. Berlin, Germany, **4**:288-296.
- Sikes D.S., 2008**. Carrion beetles (Coleoptera: Silphidae). In: Capinera J.L. *Encyclopedia of entomology*. Dordrecht, the Netherlands: Springer, 749-757.
- Sikes D.K., Madge R.B., and Trumbo S.T., 2006** - Revision of *Nicrophorus* in part: new species and inferred phylogeny of the nepalensis-group based on evidence from morphology and mitochondrial DNA (Coleoptera:Silphidae: Nicrophorinae): 305-365.
- Smari H.K et Louadi K., 2016** - Development of *Calliphora vicina* (Robineau Desvoid) (Diptera: Calliphoridae) under different biotic and abiotic conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. **5**(1) : 683-691
- Smith K.G.V., 1986** - A manual of forensic entomology. London: The Trustees of the British Museum, Natural History, 195 p.

- Sutherland A., Myburgh J., Steyn M., Becker P.J., 2013** - The effect of body size on the rate of decomposition in a temperate region of South Africa . *Forensic Sciences International*. 231:257– 262.
- Swift B., 2006** - The Timing of Death. In: Ruty G.N. (Ed.). *Essentials of Autopsy Practice*. Springer. London. pp. 189- 214.
- Tabor. K., Bewster. C et Fell R., 2004** - Analysis of the successional Patterns of Insects on Carrion in Southwest Virginia. *Journal of Medical Entomology*. 41(4): 785-795.
- Tantawi T.I., El-Kady E.M., Greenberg B., El-Ghaffar H.A., 1996** - Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria , Egypt , *Journal of Medical Entomology*.,33: 566–580
- 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.
- Turchetto M. et Vanin S., 2010** - *Climate change and Forensic entomology*. In: Current Concepts in Forensic Entomology. Springer, New York, USA, pp. 327-352.
- Varatharajan R., Sen A., 2000-** Role of entomology in forensic sciences. *Current Science*, **78**(5): 544-546.
- Vasconcelos S. D., & Araujo M. C. S., 2012-**Necrophagous species of Diptera and Coleoptera in northeastern Brazil: state of the art and challenges for the Forensic Entomologist. *Review of Brasil Entomology*., **56**(1): 7-14.
- Vass. A., 2001** - Beyond the grave-understanding human decomposition. *Microbiology Today* **28**: 3 p
- Velásquez1 Y et Viloría Angel L., 2009** - Effects of temperature on the development of the Neotropical carrion beetle *Oxelytrum.discicolle* (Brullé, 1840) (Coleoptera: Silphidae). *Forensic Science International* **185**: 107-109.
- Velásquez .Y, Martínez- Sánchez A., Rojo. S., 2011-** A preliminary analysis of early colonisation of pig carcasses by blowflies (Diptera : Calliphoridae) in the Iberian Peninsulaet. *Pest technology* **5**(1): 23-25.
- Von Hoermann C., Ruther J., Ayasse M., 2012** - The attraction of virgin female hide beetles (*Dermestes maculatus*) to cada-vers by a combination of decomposition odour and male sex pheromones. *Frontiers in Zoology*, 9-18.
- Von Hoermann C., Steiger S., Muller J., Ayasse M., 2013** - Too Fresh Is Unattractive! The Attraction of Newly Emerged *Nicrophorus vespilloides* Females to Odour Bouquets of Large Cadavers at Various Stages of Decomposition. *PLoS One* **8**(3): e58524.
- Wall R, Warnes ML., 1994** - Responses of the sheep blowflies *Lucilia sericata* to carrion odour and carbon dioxide. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **73**: 239-246.
- Watson E.J et Carlton C.E., 2005** - Succession of forensically significant carrion beetle larvae on large carcasses (Coleoptera: Silphidae). *Southern Naturalist* **4**(2): 335- 346.

- Wells. J. D., and LaMotte L. R., 1995** - Estimating maggot age from weight using inverse prediction. *Journal of Forensic Sciences*. 40(4): 585-590.
- Woodcock L., Gennard D., Eady P., 2013** - Egg laying preferences and larval performance in *Dermestes maculatus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata.*, **148**: 188–195.
- Wyss C., 1999** – <http://www.Entomologieforensique.ch>
- Wyss C., 2004** - Entomologie forensique en Suisse. <http://www.Entomologieforensique.ch>
- Wyss C., & Cherix D., 1999** - Les insectes nécrophages au service de la justice , entomologie forensique en Suisse Romande.- Labmed : 1-9.
- Wyss C., and Cherix D., 2006** - Traité d'entomologie forensique. Dater le décès en entomologie medico-legale, **49** : 239-252.
- Wyss C., Cherix D., Michaud K., et Romain N., 2003** - Pontes de *Calliphora vicina*, Robineau-Desvoidy et de *Calliphora vomitoria*, (Linné) (Diptères, Calliphoridae) sur un cadavre humain enseveli dans la neige. *Revue internationale de criminologie et de police technique et scientifique* : Suisse, Vol LVI, N° 1.
- Wyss C., & Cherix D., 2014** - les diptères nécrophages. In *Insectes, cadavre et scènes de crime: Principe et application de l'entomologiemédico-légale*(ed.By D. Charabidzé &M. Gosselin). Deboeck, pp.59-78.
- Zanettia N., Elena C., Visciarelli N.D., Centeno A., 2015** - Trophic roles of scavenger beetles in relation to decomposition stages and seasons. *Revista Brasileira de Entomologia*, **59** : 132–137.
- Zhantiev R. D., 2008** - Ecology and Classification of Dermestidae Beetles (Coleoptera, Dermestidae) of the Palearctic Fauna. *Zoologicheski Zhurnal*, **88**(2) : 176-192.
- Zimmerman C.E., 1939** - Identification Tables for the Introduced Hawaiian, Nitidulidae (Coleoptera). *Proc. Haw. Ent. Soc.*, X, No.2. 331-333.

ANNEXES

Annexe 1 : Observations spatio-temporelles des substrats en décomposition

Tableau 1. Observations journalières du cadavre du chien adulte durant la saison printanière

Jours	Temps	Observations
05/04/2012	couvert	l'arrivée de quelques Diptères 45min après le dépôt.
08/04/2012	ensoleillé	le cadavre toujours en bon état et nous avons remarqué la présence de quelques œufs de Diptères au museau, naseau et des plis cutanées au niveau des pieds.
09/04/2012	ensoleillé	les odeurs cadavériques apparaissent légèrement. Arrivée
10/04/2012	ensoleillé	Gonflement du cadavre.
12/04/2012	ensoleillé	gonflement total du cadavre et présence de larves de Coléoptères au niveau du museau. Nous avons placé des pièges au sol tout autour du cadavre.
14/04/2012	ensoleillé	les larves de Diptères apparaissent au niveau d'un trou qui est apparu dans le ventre du chien.
15/04/2012	couvert	Cadavre humide
16/04/2012	pluvieux	Cadavre humide
17/04/2012	pluvieux	Cadavre humide
19/04/2012	pluvieux	Présence d'insectes nécrophages dans le piège au sol.
21/04/2012	ensoleillé	Dégonflement du cadavre, abondance d'insectes nécrophages.
22/04/2012	ensoleillé	Présence d'insectes nécrophages
23/04/2012	ensoleillé	Présence de masse larvaire.
24/04/2012	ensoleillé	Présence de masse larvaire.
25/04/2012	ensoleillé	Présence de masse larvaire.
26/04/2012	couvert	Diminution de nombre d'insectes nécrophage.
28/04/2012	ensoleillé	Décomposition du cadavre et toujours présence de masse larvaire

29/04/2012	pluvieux	Cadavre humide dépourvu d'insectes
30/04/2012	couvert	Apparition de pupes.
02/05/2012	ensoleillé	peu d'insectes
03/05/2012	ensoleillé	peu d'insectes
04/05/2012	ensoleillé	Cadavre desséché
06/05/2012	ensoleillé	Cadavre desséché
07/05/2012	ensoleillé	Cadavre desséché, décomposition totale

Tableau 2. Observations journalières du cadavre du chiot durant la saison printanière

Jours	Temps	Observations
28/03/2012	Ensoleillé	Gonflement au niveau de l'abdomen, présence d'œufs au niveau du museau
29/03/2012	Frais/Pluvieux	Début d'odeur
01/04/2012	Ensoleillé	Gonflement au niveau de l'abdomen, début d'apparition des os de la mâchoire, présence de larve, odeur forte, orifices (yeux) remplis de larves
02/04/2012	Ensoleillé	Décomposé, os du crâne apparents, chute des poils
03/04/2012	Temps couvert	Peau et os
04/04/2012	Ensoleillé	Décomposition totale
05/04/2012	Ensoleillé	Peau et os
08/04/2012	Ensoleillé	Desséché
09/04/2012	Ensoleillé	Desséché
10/04/2012	Ensoleillé	Desséché
11/04/2012	Ensoleillé	Desséché
12/04/2012	Ensoleillé	Desséché

Tableau 3. Observations journalières du cadavre du chien adulte durant la saison estivale

Jours	Temps	Observations
07/07/2012	Ensoleillé Très chaud	Etat normal du cadavre, arrivé de quelques mouches.
08/07/2012	ensoleillé	le cadavre toujours en bon état
09/07/2012	Ensoleillé Peu de pluies	Début de gonflement au niveau de l'abdomen. Une forte odeur cadavérique. Les mouches sont très actives et difficiles à récolter. Nombre important d'insectes le matin et peu d'insectes l'après midi.
10/07/2012	ensoleillé	Présence de masse larvaire en dessous du cadavre..
11/07/2012	ensoleillé	odeur très forte insectes très rapides présence de masse larvaire sur tout le corps du cadavre. Détachement de la fourrure.
12/07/2012	ensoleillé	Toujours la présence d'une masse larvaire.
14/07/2012	ensoleillé	Cadavre desséché.
15/07/2012	ensoleillé	Cadavre desséché. Passage des larves au stade nymphal Dépôt du piège à émergence
16/07/2012	ensoleillé	Cadavre très sec et dur, presque dépourvu d'insectes. Présence d'une seule mouche dans le piège à émergence.
17/07/2012	ensoleillé	Absence d'insectes dans le piège à émergence. Cadavre très sec. Dépôt du piège au sol.
18/07/2012	ensoleillé	Absence d'insectes.
19/07/2012	Ensoleillé Très chaud	Cadavre très sec dépourvu d'insectes.

21/07/2012	Ensoleillé Très chaud	Cadavre très sec dépourvu d'insectes.
22/07/2012	Ensoleillé Très chaud	Cadavre très sec dépourvu d'insectes.
23/07/2012	Ensoleillé Très chaud	Cadavre très sec dépourvu d'insectes.
24/07/2012	Ensoleillé Très chaud	Cadavre très sec dépourvu d'insectes.
25/07/2012	Ensoleillé Très chaud	Décomposition totale absenced'insectes.

Tableau 4. Observations journalières du cadavre du lapin durant la saison estivale

Jours	Temps	Observations
16/09/2012	Ensoleillé	Après 2heure et demi du dépôt on a remarqué que les orifices du cadavre sont colonisées par un grand nombre de fourmis noires .
17/09/2012	Ensoleillé	Cadavre frais
18/09/2012	ensoleillé	Gonflement du cadavre. Ponte des œufs. Insectes très actifs surtout l'après midi
19/09/2012	Ensoleillé	Odeur cadavérique.

20/09/2012	Ensoleillé Très chaud	Présence de masse larvaire et de quelques adultes de diptères et de coléoptères. Forte odeur cadavérique. Décomposition avancé.
22/09/2012	Ensoleillé	pas d'adultes. Odeur cadavérique très forte. Toujours présence de masse larvaire.
23/09/2012	Ensoleillé Très chaud	Absence d'adultes. Passage des larves au stade nymphal.
24/09/2012	Ensoleillé Très chaud	Absence d'insectes. Piège au sol plein de fourmis Présence des pupes. Décomposition totale du cadavre.

Tableau 5. Observations journalières du cadavre du chien adulte durant la saison automnale

Jours	Temps	Observations
08/12/2012	Ensoleillé	Etat normal du cadavre.
09/12/2012	ensoleillé	le cadavre toujours en bon état.
10/12/2012	Couvert froid	Cadavre dépourvu d'insectes.
11/12/2012	couvert	Cadavre dépourvu d'insectes.
12/12/2012	ensoleillé	Présence des œufs au niveau du museau.
13/12/2012	ensoleillé	Cadavre en bon état. Cadavre dépourvu d'insectes
16/12/2012	nuageux	Cadavre dépourvu d'insectes.
17/12/2012	couvert	Cadavre desséché

Tableau 6. Observations journalières du cadavre du lapin durant la saison automnale

Jours	Temps	Observations
22/11/2012	couvert/froid	Dépôt du cadavre
23/11/2012	Ensoleillé/froid	Présence des mouches, un léger gonflement au niveau de l'abdomen et présence des œufs dans les orifices.
24/11/2012	Couvert/ froid	Peu d'insectes
25/11/2012	couvert	Peu d'insectes
26/11/2012	couver	Apparition des larves
27/11/2012	Froid/pluvieux	Cadavre mouille, apparition de la masse larvaire au niveau du torax, pas d'insectes nécrophages
30/11/2012	couvert	Présence de la masse larvaire sur tout le cadavre
31/11/2012	couvert	Présence de masse larvaire, pas d'insectes
2/12/2012	couvert	Diminution du nombre de larves
3/12/2012	couvert	Décomposition presque totale du cadavre, pas d'insectes
6/12/2012	couvert	Décomposition complète, disparition de la masse larvaire, présence des insectes nécrophages.

Tableau 7. Observations journalières du cadavre du chien adulte durant la saison hivernale

Jours	Temps	Observations
11/03/2013	couvert	Etat normal du cadavre
12/03/2013	couvert	le cadavre toujours en bon état et pente de mouches
13/03/2013	Pluvieux froid	Cadavre frais
14/03/2013	pluvieux	Corps rigide Cadavre frai
17/03/2013	enseleillé	Pas d'odeurs présence de mouches.
18/03/2013	couvert	Corps moins rigide Présence de mouches et de coléoptères
19/03/2013	enseleillé	Début du gonflement au niveau de l'abdomen Présence de larves de diptères
20/03/2013	couvert	Gonflement du cadavre Odeur forte
21/03/2013	enseleillé	Cadavre toujours gonflé
23/03/2013	couvert	Gonflement abdominal Odeur forte
24/03/2013	enseleillé	Absence d'insectes.
25/03/2013	Ensoleillé	Gonflement du cadavr, observation de l masse larvaire
26/03/2013	couvert	Masse larvaire Présence de liquide de putréfaction
27/03/2013	couvert	Putréfaction du corps
28/03/2013	couvert	Putréfaction du corps
30/03/2013	pluvieux	Dégonflement de l'abdomen

		Rupture de l'abdomen
31/03/2013	nuageux	Dégonflement du cadavre Masse larvaire.
01/04/2013	nuageux	Dégonflement du cadavre, masse larvaire réduite Détachement des poils.
02/04/2013	nuageux	Liquide noir de purification
03/04/2013	nuageux	Dégonflement, liquide noir en dessous du cadavre.
04/04/2013	ensoleillé	Cadavre humide, décomposition avancée, pate détaché.
06/04/2013	ensoleillé	Décomposition avancée.
07/04/2013	pluvieux	Décomposition avancée, odeur cadavérique forte.
08/04/2013	couvert	Décomposition avancée, odeur forte.
09/04/2013	couvert	Stade de décomposition avancé
10/04/2013	couvert	Stade de décomposition avancé
11/04/2013	nuageux	Stade de décomposition avancé
13/04/2013	ensoleillé	Stade de décomposition avancé
14/04/2013	ensoleillé	Stade de décomposition avancé
15/04/2013	ensoleillé	Stade de décomposition avancé
16/04/2013	couvert	Stade de décomposition avancé
17/04/2013	couvert	Stade de décomposition avancé
18/04/2013	couvert	Stade de décomposition avancé
21/04/2013	ensoleillé	Stade de décomposition avancé
22/04/2013	ensoleillé	Stade de décomposition avancé
23/04/2013	ensoleillé	Stade de décomposition avancé
24/04/2013	nuageux	Stade de décomposition avancé
25/04/2013	ensoleillé	Début de dessèchement
26/04/2013	ensoleillé	cadavre desséché
28/04/2013	ensoleillé	cadavre desséché
29/04/2013	couvert	Stade de dessèchement
30/04/2013	couvert	Cadavre desséché

		Présence de quelques pupes.
02/05/2013	ensoleillé	Cadavre desséché
05/05/2013	ensoleillé	Stade de desséchement
06/05/2013	ensoleillé	cadavre desséché dépôt de piège à émergence
07/05/2013	ensoleillé	Stade de desséchement Apparition des os
08/05/2013	ensoleillé	Cadavre desséché
09/05/2013	ensoleillé	Stade de desséchement
10/05/2013	ensoleillé	Stade de desséchement
12/05/2013	ensoleillé	cadavre desséché
13/05/2013	ensoleillé	cadavre desséché
14/05/2013	ensoleillé	cadavre desséché
15/05/2013	ensoleillé	Cadavre desséché
18/05/2013	ensoleillé	Cadavre desséché Apparition des os
19/05/2013	ensoleillé	Cadavre desséché
20/05/2013	ensoleillé	cadavre desséché
22/05/2013	ensoleillé	Décomposition presque totale Cadavre dépourvu d'insectes
23/05/2013	ensoleillé	Décomposition presque totale
27/05/2013	ensoleillé	Cadavre desséché
28/05/2013	ensoleillé	Cadavre desséché
29/05/2013	ensoleillé	Décomposition totale du cadavre
30/05/2013	ensoleillé	Décomposition totale et absence d'insectes.

Tableau 8. Observations journalières du cadavre du lapin durant la saison hivernale

Jour	Temps	Observations
26/02/2013	Ensoleillé /froid	frais
27/02/2013	Ensoleillé/froid	Présence de quelques mouches
28/02/2013	couvert	Gonflement au niveau de l'abdomen
02/03/2013	couvert	gonflement
03/03/2013	couvert	augmentation de nombre de mouches
04/03/2013	couvert	présence des œufs sur l'orifice anal, odeur cadavérique
05/03/2013	couvert	Présence de coléoptères
06/03/2013	ensoleillé	Décomposition avancée, odeur cadavérique, présence de larves dans l'orifice anal
07/03/2013	ensoleillé	Observation de masse larvaire en-dessous du cadavre
08/03/2013	nuageux	Dégonflement de l'abdomen
09/03/2013	couvert	Odeur cadavérique forte
10/03/2013	ensoleillé	cadavre vide à l'intérieur
11/03/2013	couvert	Cadavre sec, présence de pupes, placement du piège au sol.
12/03/2013	couvert	Placement de piège à émergence.
13/03/2013	Couvert, pluvieux	décomposition presque totale
14/3/2013	Couvert, pluvieux	.décomposition presque totale
17/03/2013	ensoleillé	Cadavre desséché Peu rétracté
18/03/2013	couvert	Cadavre dessèche

19/03/2013	ensoleillé	Présence de quelques dans les pièges
21/03/2013	ensoleillé	Cadavre sec
24/03/2013	couvert	Présence de fourmis
25/03/2013	couvert	desséché
27/03/2013	ensoleillé	desséché

Annexe 2 : Espèces de Coléoptères identifiées

<p><i>Silpha sinuata</i></p>  <p>5mm \updownarrow $\times 4$</p>	<p><i>Silpha rugosa</i></p>  <p>5 mm \updownarrow $\times 8$</p>
<p><i>Dermestidae peruvianus</i></p>  <p>5 mm \updownarrow $\times 12$</p>	<p><i>Hister unicolor</i></p>  <p>5 mm \updownarrow $\times 8$</p>
<p><i>Creophilus maxillosus</i></p>  <p>\longleftrightarrow $\times 8$ 5 mm</p>	<p><i>Saprinus semistriatus</i></p>  <p>5 mm \updownarrow $\times 8$</p>

Trox sp.



× 8



5 mm

Saprinus aenus



× 20



2 mm

Hister purpurascens



× 15

Annexe 3 : Photographies des différents stades de *Silpha rugosa* (Linnaeus, 1758)



Stade œuf (photo originale)



Stade larvaire (photos originales)



1 cm

Stade larvaire (photos originales)



Stade nymphale (photo originale)



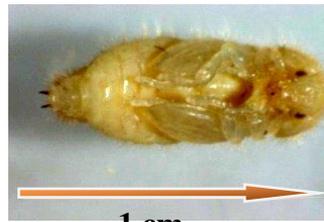
Pré-adulte (photo originale)

Annexe 4 : Photographies de différents stades de *Dermestes peruvianus* (Laporte de Castelnau, 1840)



1 cm

Stade larvaire (photos originales)



1 cm

Stade nymphale (photo originale)

RESUMES

Résumé

L'entomologie forensique ou médico-légale est l'une des plus anciennes disciplines, mais reste peu connue. Elle représente l'outil qui met en scène les insectes pour résoudre une enquête criminelle. L'entomologie forensique permet de déterminer l'intervalle post-mortem (IPM), qui est le temps écoulé entre la mort et la découverte du cadavre.

En Algérie, les travaux traitant l'entomologie médico-légale sont très récents et fragmentaires et concernent principalement les Diptères ; quant aux Coléoptères nécrophages, aucune étude n'a été menée. C'est dans cette perspective que nos investigations ont été faites sur huit cadavres animaux, quatre chiens adulte, un chiot et trois lapins.

L'étude s'est déroulée durant les quatre saisons de l'année 2012/2013, dans un espace ouvert localisé à proximité du laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes situé à Chaabat Erssas, Constantine, Algérie. Dans cet espace, les deux substrats de chaque saison sont installés dans deux cages séparées, spécialement conçues pour les accueillir et les protéger des éventuels prédateurs. Quelques heures seulement après leur dépôt, les deux cadavres sont déjà visités par des insectes qui commencent à pondre. Après la capture des insectes adultes et leur identification, les résultats des spécimens appartiennent principalement à deux ordres, les Diptères et les Coléoptères qui représentent le mieux la faune nécrophage. Une attention particulière concerne une espèce de Silphidae, *Silpha rugosa*, et une autre espèce de Dermestidae, *Dermestes peruvianus* pour lesquelles nous avons tenté d'étudier leur cycle de développement.

Notre échantillonnage quotidien nous a permis de récolter un total de 2654 insectes nécrophages, dont 44,73% sont des Diptères et 55,27 sont des Coléoptères. L'analyse des résultats révèle une meilleure diversité des insectes nécrophages sur le chien adulte du printemps, et contrairement aux grands cadavres, le nombre de coléoptères récoltés sur les petits cadavres est supérieur à celui de Diptères à l'exception des deux cadavres expertisés en hiver où ce résultat est inversé. Concernant le cycle de vie de *Silpha rugosa* et *Demestes peruvianus*, nous avons pu reconnaître tous les stades de développement et constaté l'influence de la température sur les différents stades.

Par ailleurs, nous confirmons l'influence de la taille du substrat et des paramètres climatiques (température) sur la dégradation des cadavres et leur colonisation par les insectes nécrophages.

Au final, les deux espèces *Silpha rugosa* et *Dermestes peruvianus*, intervenant activement dans la décomposition du cadavre, aurait un intérêt certain dans les sciences forensiques

Mots clés : Entomologie forensique, cadavres animaux, insectes nécrophages, Coléoptères nécrophages . *Silpha rugosa* , *Dermestes peruvianus* , décomposition cadavérique

Abstract

Forensic or medico-legal entomology is one of the oldest disciplines, but remains little known. It represents the tool that stages insects to solve a criminal investigation. Forensic entomology is used to determine the postmortem interval (MPI), which is the time elapsed between death and the discovery of the corpse. In Algeria, works on forensic entomology are in their first steps, especially for both Coleoptera on which no work has been done yet. That's why we have chosen to deal with this subject, by choosing eight dead animals, for adult dogs, a puppy and three rabbits.

The study was led in during the four seasons of the year 2012/2013, in an open area localized near the Biosystematic and Ecology of Arthropods laboratory, Chaabat Erssas Constantine, Algeria. The two corpses of every season were put in two separate cages to protect them from any possible predators. A few hours later the two animal cadavers were already visited by insects on which they begin to lay. After the capture of insects, the identification revealed that they belong to two major insect orders which are flies and beetles. These insects partly constitute the necrophagous fauna.

Our daily sampling has allowed us to collect a total a total of 2654 necrophagous insects, of which 44.73% are Diptera and 55.27 are Coleoptera. The analysis of the results reveals a better diversity of necrophagous insects on the adult dog of spring, and unlike large corpses, the number of beetles harvested on small bodies is higher than that of Diptera except for the two cadavers assessed in winter Where this result is reversed

About the life cycle of *Silpha rugosa* and *Dermestes peruvianus*, we could recognize all stages of development and found the influence of temperature on different stages.

Furthermore, we confirm the influence of the size of the corpse and climatic parameters (temperature) on the degradation of the bodies and their Colonization by necrophagous insects.

Finally, the species *Silpha rugosa* and *Dermestes peruvianus* actively involved in the decomposition of the corpses would have interest in the forensic sciences.

Keywords: Forensic entomology, Animals cadavers, necrophagous insects, carrion beetles, *Silpha rugosa*, *Dermestes peruvianus*, cadaverous decomposition

ملخص

علم الحشرات في الطب الشرعي هو واحد من أقدم التخصصات، ولكن لا يزال غير معروف. انه الأداة التي تعرض الحشرات لحل التحقيق الجنائي. علم حشرات الطب الشرعي يسمح بتحديد الفترة ما بين الموت و اكتشاف الجثة في الجزائر البحث في علم الحشرات في الطب الشرعي جد متأخر وخاص بذوات الجناحين؛ اما حول الخنافس ، لم تجر أية دراسة. ومن هذا المنظور، قمنا بتحقيقتنا على ثمانية جثث لحيوانات، أربعة كلاب كبار، جرو وثلاث أرانب

جرت الدراسة خلال الفصول الأربعة من السنة 2012/2013، في فضاء مفتوح يقع بالقرب من مخبر التنوع الحيوي وعلم البيئة من المفصليات الذي يقع بشعبة الرصاص قسنطينة، الجزائر. في هذا الفضاء، يتم وضع جثتين من كل موسم في أقفاص منفصلة، والمصممة خصيصا لاستيعابها وحمايتها من الحيوانات المفترسة. بعد ساعات فقط الإيداع تأتي الحشرات وتبدأ في وضع البيض. بعد القبض على الحشرات الكبار والتعرف عليهم تبين ان العينات تنتمي أساسا إلى أمرين ذوات الجناحين و الخنافس

اهتمام خاص لنوع من درقيات، سيلفا ريغوزا، ونوع آخر من عثيات، درمستس بيريفينس البيروفية حاولنا دراسة دورة نموها

أخذ العينات اليومية سمحت لنا بجمع ما مجموعه 2654 الحشرات الكسح، والتي هي 44.73% ذوات الجناح و 55.27 Coléoptères

تحليل النتائج تكشف عن أفضل تنوع من الحشرات على الكلب الكبير للربيع، وعلى عكس الجثث الكبيرة، عدد الخنافس التي تم جمعها على الأجسام الصغيرة هو أعلى من ذوات الجناحين باستثناء جثتين المقدره في فصل الشتاء حيث يتم عكس

وعلاوة على ذلك، فإننا نؤكد تأثير حجم الركيزة والمعلومات المناخية (درجة الحرارة) على تدهور الجثث والاستعمار من خلال مسح الحشرات

في نهاية المطاف، فإن اثنين من الأنواع سيلفا ريغوزا، درمستس بيريفينس، سيكون له مصلحة معينة في العلوم الشرعية البيروفية، والمشاركة بنشاط في تحلل الجثة

كلمات المفتاحية: علم الحشرات في الطب الشرعي، جثث الحيوانات، الحشرات الميتة، خنافس الجيف التحلل الجيفي، سيلفا ريغوزا، درمستس بيريفينس