

# Étude de la diversité des insectes nécrophages associés à la décomposition d'une carcasse de porc (*Sus domesticus* Erxleben) au cours de l'hiver 2012-2013 au Québec

Amélie Grégoire Taillefer and Marjolaine Giroux

Volume 145, Number 1, Spring 2021

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1075816ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1075816ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

1929-3208 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Grégoire Taillefer, A. & Giroux, M. (2021). Étude de la diversité des insectes nécrophages associés à la décomposition d'une carcasse de porc (*Sus domesticus* Erxleben) au cours de l'hiver 2012-2013 au Québec. *Le Naturaliste canadien*, 145(1), 24–34. <https://doi.org/10.7202/1075816ar>

Article abstract

Vertebrate carcass decomposition studies are typically conducted in spring, summer or autumn, when necrophagous insects are most active. But what happens if an animal dies just before the onset of colder weather and the arrival of snow? To provide preliminary answers, a domestic piglet carcass weighing 30 kg was installed in a deciduous woodland in November 2012 and studied until May 2013. The carcass was photographed and examined for insects at regular intervals. The decomposition stages normally observed during warmer seasons (i.e., fresh, bloated, active decay, advanced decay and dry/remains) were disrupted by the cold. Furthermore, because of the weather conditions, only the fresh/frozen and active decay stages of the usual first three stages of physical decay were observed. The advanced decay and dry/remains stages were not documented because the experiment ended before these occurred. In November, small numbers of 6 species of Diptera belonging to 5 families were collected from the carcass. Warmer weather in March and April increased insect activity and 8 species of Coleoptera belonging to 4 families and 21 species of Diptera belonging to 11 families were recorded, with members of the Heleomyzidae being among the first to visit the carcass.

# Étude de la diversité des insectes nécrophages associés à la décomposition d'une carcasse de porc (*Sus domesticus* Erxleben) au cours de l'hiver 2012-2013 au Québec

Amélie Grégoire Taillefer et Marjolaine Giroux

## Résumé

L'étude de la décomposition des carcasses de vertébrés est généralement réalisée lorsque les insectes nécrophages sont actifs; au printemps, en été et en automne. Mais que se passe-t-il si un animal meurt quelques jours avant l'arrivée des températures froides et de la neige? Pour répondre à cette question de façon préliminaire, une carcasse de porcelet (30 kg) a été installée dans un boisé de feuillus de novembre 2012 à mai 2013. Pour documenter le processus de décomposition, la carcasse a été photographiée et les insectes échantillonnés à intervalles réguliers. Les résultats démontrent que les températures froides ont perturbé les étapes de décomposition normalement observées (corps frais, gonflé, putréfié, post-putréfié et sec/restes) lors des saisons plus chaudes. En outre, en raison de fluctuations climatiques, seules deux (corps frais/congelé et corps putréfié) des trois premières étapes ont été observées. Les stades post-putréfié et sec n'ont pas été documentés puisque l'expérience a pris fin très tôt au printemps. En novembre, seules 6 espèces de diptères appartenant à 5 familles ont été observées en très petits nombres. Enfin, les redoux des mois de mars et avril ont permis de capturer des coléoptères (8 espèces de 4 familles) et des diptères (21 espèces de 11 familles), dont des Heleomyzidæ qui ont été parmi les premiers à visiter la carcasse.

MOTS CLÉS : coléoptères, diptères, décomposition, entomologie judiciaire, habitat forestier

## Abstract

Vertebrate carcass decomposition studies are typically conducted in spring, summer or autumn, when necrophagous insects are most active. But what happens if an animal dies just before the onset of colder weather and the arrival of snow? To provide preliminary answers, a domestic piglet carcass weighing 30 kg was installed in a deciduous woodland in November 2012 and studied until May 2013. The carcass was photographed and examined for insects at regular intervals. The decomposition stages normally observed during warmer seasons (i.e., fresh, bloated, active decay, advanced decay and dry/remains) were disrupted by the cold. Furthermore, because of the weather conditions, only the fresh/frozen and active decay stages of the usual first three stages of physical decay were observed. The advanced decay and dry/remains stages were not documented because the experiment ended before these occurred. In November, small numbers of 6 species of Diptera belonging to 5 families were collected from the carcass. Warmer weather in March and April increased insect activity and 8 species of Coleoptera belonging to 4 families and 21 species of Diptera belonging to 11 families were recorded, with members of the Heleomyzidæ being among the first to visit the carcass.

KEYWORDS: Coleoptera, decomposition, Diptera, forensic entomology, forest habitat

## Introduction

Une carcasse de vertébré constitue une source alimentaire unique pour une communauté d'insectes plus ou moins spécialisés qui, de concert avec les bactéries et les microchampignons, rendent disponibles aux échelons supérieurs des chaînes alimentaires, l'énergie et les nutriments contenus dans cette matière morte. Cela est particulièrement vrai pour certaines familles de diptères et de coléoptères qui représentent plus de 60 % de la faune nécrophage totale trouvée sur une carcasse (Gomes et Von Zuben, 2006; Smith, 1986; Tabor et collab., 2005). En plus de leur rôle écologique de décomposeurs, essentiel au bon fonctionnement de nos écosystèmes (Merritt et De Jong, 2015), ces insectes, adultes et immatures, peuvent aussi être un outil important lors d'enquêtes

en droit criminel. En effet, certains insectes, en particulier les mouches Calliphoridae, Muscidae et Sarcophagidae, sont attirés par les substances chimiques émises lors de la décomposition d'un corps immédiatement après la mort d'un individu et certains coléoptères, dont les Silphidae et les Dermestidae,

*Amélie Grégoire Taillefer, Ph. D., est consultante indépendante en écologie et en entomologie chez BioÉco Environnement, Pincourt (Québec). Elle travaille au Québec et dans d'autres provinces du Canada depuis plus de 14 ans.*

*bioeco.environnement@gmail.com*

*Marjolaine Giroux, Ph. D., est entomologiste et taxonomiste. Elle travaille comme préposée aux renseignements entomologiques à l'Insectarium de Montréal depuis près de 30 ans.*

*marjolaine.giroux@montreal.qc.ca*

colonisent la carcasse à différents moments suivant la mort (Cruise et collab., 2018; Goff, 1993; Sharanowski et collab., 2008). En connaissant la succession temporelle de ces insectes sur un corps, le temps qu'il leur faut pour s'y développer ou encore leurs interactions avec l'écosystème environnant, un entomologiste travaillant de pair avec des enquêteurs, peut interpréter de nombreux aspects d'un décès, y compris le temps écoulé depuis la mort d'un individu appelé intervalle post-mortem (IPM) (Villet et Amendt, 2011; Wells et LaMotte, 2001). Ces informations peuvent aussi servir à développer des modèles de succession temporelle des insectes nécrophages pour interpréter les preuves entomologiques (Charabidze, 2012; Frederickx et collab., 2011). Ultiment, certaines informations entomologiques peuvent également contribuer à la résolution d'un crime (p. ex. : établir si un corps a été déplacé, déterminer l'emplacement initial du corps, détecter la présence de drogue ou de poison ingérés avant la mort, repérer la présence de blessures ante-mortem) (Di Luise et collab., 2008; Merritt et Wallace, 2001; Spitaleri et collab., 2006).

De nombreux facteurs influencent la succession des insectes et la décomposition des corps humains et animaux : la saison, la température, les conditions météorologiques, l'heure de la journée, l'accessibilité, la position et la taille du cadavre, la présence de vertébrés charognards, l'abondance ainsi que la biologie et la répartition géographique des insectes nécrophages (p. ex. : Charabidze, 2012; Gill, 2005; Matuszewski et collab., 2008; Merritt et De Jong, 2015). Tous ces facteurs ainsi que les espèces en cause varient considérablement selon les localités. Aussi, afin de connaître ces espèces et de documenter leur répartition dans l'espace et le temps, des études précises menées dans différentes zones géographiques et sous des conditions variées sont essentielles au travail de l'entomologiste qui souhaite collaborer aux enquêtes judiciaires (Wells et LaMotte, 2001).

L'étude de la décomposition des carcasses de vertébrés est généralement réalisée lorsque les insectes nécrophages sont actifs, c'est-à-dire lorsque la longueur du jour (photopériode) et la température locale sont encore au-dessus du seuil requis pour le développement de l'insecte et de la ponte. Alors, en tant que substituts aux cadavres humains, les études en entomologie médico-légale utilisent des carcasses fraîches de porcs domestiques (*Sus domesticus* Erxleben). En plus d'être relativement bon marché et disponible, cet animal, omnivore et monogastrique, présente une peau relativement glabre, similaire à celle d'un être humain. Une carcasse de porc représente donc un modèle fiable pour étudier la décomposition par les insectes telle qu'elle se produirait sur un corps humain (Anderson, 2001; Schoenly et collab., 2007). Bien que depuis quelques années l'utilisation de ce type de carcasse en tant que substitut aux corps humains soit remise en question (Adlam et Simmons, 2007; Wallman, 2017), celle-ci est toujours jugée appropriée comme modèle pour étudier la faune des insectes nécrophages (Matuszewski et collab., 2019). Ainsi, plusieurs études utilisant des carcasses de porc ont été réalisées au Canada pour documenter l'entomofaune et les patrons de colonisation

associés au printemps, à l'été et à l'automne dans les Maritimes (LeBlanc et Strongman, 2002; Michaud et collab., 2010; Simpson et Strongman, 2002), au Québec (Giroux et collab., en préparation; Maisonhaute et Forbes, 2020), en Ontario (Rosati et Vanlaerhoven, 2007), dans les Prairies (Gill, 2005; Komar et Beattie, 1998; Sharanowski et collab., 2008), en Colombie-Britannique (Anderson, 2001; Anderson et Vanlaerhoven, 1996; Dillon, 1997) et au Yukon (Bygarski et LeBlanc, 2013). Aussi, bien que certaines de ces études se soient poursuivies pendant l'hiver (Dillon, 1997; Gill, 2005) et que deux études aient été réalisées au Québec, aucune n'a encore été menée sous le climat des basses-terres du Saint-Laurent, modéré et humide, lorsqu'un animal meurt peu de temps avant l'arrivée des grands froids et de la neige. Cette étude a été réalisée afin de documenter, de façon préliminaire, l'impact de la saison hivernale sur le processus de décomposition d'une carcasse de porc. Elle visait également à identifier la faune des insectes nécrophages actifs en périodes plus froides et à contribuer ainsi au développement d'une première collection de référence regroupant les insectes nécrophages et d'importance judiciaire de la province de Québec.

## Matériel et méthodes

### ***Euthanasie du porcelet et récupération de la carcasse***

Un porcelet domestique (*Sus domesticus*) mâle de 30 kg a été euthanasié par un producteur de porcs, dans un abattoir, à l'aide d'un marteau percuteur. L'animal n'a pas souffert, et la mort a été immédiate. La procédure suivie respectait les normes du Conseil canadien de protection des animaux (CCPA, 2010). Immédiatement après l'euthanasie, la carcasse a été emballée hermétiquement dans du plastique afin d'éviter la contamination par les insectes environnants.

### ***Site d'échantillonnage***

La carcasse de porcelet a été installée à Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec (lat. 45,4365° N.; long. 73,9094° O.), le 31 octobre 2012. Celle-ci a été placée quelques heures après sa mort sur un terrain d'une superficie de 4,8 ha composé d'un peuplement de feuillus, à proximité de peuplements forestiers, de terres agricoles et d'un milieu urbain (figure 1). Ce site est caractérisé par un sol bien drainé, ayant un potentiel agricole de première qualité (classe 2) (ARDA, 1971). La litière est composée de feuilles et de branches mortes, d'écorces et de samares d'une épaisseur de 0 à 5 cm. Le peuplement, d'une hauteur de 12,5 m, est dominé par l'érable argenté (*Acer saccharinum* Linnæus) et le frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall). L'espèce arbustive dominante est le nerprun à feuilles d'aulne (*Rhamnus alnifolia* L'Héritier) et il y a aussi présence de nerprun bourdaine (*Rhamnus frangula* Linnæus) et de nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica* Linnæus) (tableau 1).

La carcasse a été installée dans une cage de protection en fer soudée (figure 2) de 50,9 cm × 60,9 cm × 45,7 cm et ancrée dans le sol (piquets en acier). Cette cage permettait de minimiser l'action des charognards (p. ex. : mammifères et

**Tableau 1. Pourcentage de recouvrement de la végétation dans une placette de 10 m × 10 m.**

| Strate                           | Pourcentage de recouvrement |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Muscinale                        | 20 %                        |
| Herbacée<br>(hauteur: 0 à 1 m)   | 85 %                        |
| Arbustive<br>(hauteur: 1 à 5 m)  | 75 %                        |
| Arborescente<br>(hauteur: > 5 m) | 65 %                        |
| Débris ligneux                   | 65 %                        |

oiseaux carnivores) tout en offrant l'accès complet à la carcasse pour l'échantillonnage. Avant de fixer la cage au sol, 5 à 8 cm de matière organique ont été retirés sous la cage. Une fois la cage mise en place, cette matière organique a été disposée dans le fond de la cage, sur le grillage. Ainsi, la carcasse reposait sur le sol et non directement sur le grillage. Afin d'éloigner les curieux potentiels, un cadenas fermait le dessus de la cage.

**Protocole de collecte et d'identification**

Pour suivre et documenter le processus de décomposition, la carcasse a été photographiée et les insectes trouvés sur l'animal ont été échantillonnés à la main et au filet tous les 7 à 9 jours, dépendamment des conditions météorologiques, à partir du 31 octobre 2012. Le 28 mai 2013, l'expérience a cessé, car notre but était d'évaluer l'impact de la saison hivernale sur la décomposition. Les insectes collectés étaient préservés dans l'éthanol à 70 %. Les gros spécimens ont ensuite été séchés à l'aide d'acétate d'éthyle et les petits à l'aide d'hexaméthylsilazane. Tous les spécimens ont été identifiés à l'espèce lorsque possible ou à l'espèce morphologique. Les



Source : Google Earth

**Figure 1. Carte présentant les types de milieux à proximité du site d'étude.**



**Figure 2. Photos de la cage de fer, du milieu environnant et de l'ouverture de la canopée. (Photos: Marjolaine Giroux)**

diptères heleomyzides, calliphorides, muscides, drosophilides, sepsides et piophilides ont été identifiés à l'aide des clés présentées dans Gill (1962); Marshall et collab. (2011); Hockett et Vockeroth (1987); Miller et collab. (2017); Steyskal (1987); Rochefort et collab. (2015), respectivement. Les coléoptères ont été identifiés avec l'assistance d'un spécialiste indépendant. Tous les spécimens ont été déposés à la collection scientifique de l'Insectarium de Montréal.

Les températures quotidiennes moyennes, minimales et maximales observées au cours de la période d'échantillonnage ont été recueillies sur le site du Gouvernement du Canada

(2019), pour la station de Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec (lat. 45,4280° N.; long. 73,9297° O.) (figure 3a).

**Résultats et discussion**

**Présence/absence des insectes**

Le tableau 2 présente la diversité et l'abondance des espèces échantillonnées en fonction de la durée de l'expérience. Au total, 11 familles de diptères, représentant 21 espèces, ont été recueillies et identifiées. Les coléoptères sont représentés par 4 familles regroupant 8 espèces. En comparaison, une carcasse de porclet (30 kg) a été installée à l'été 2011 au même

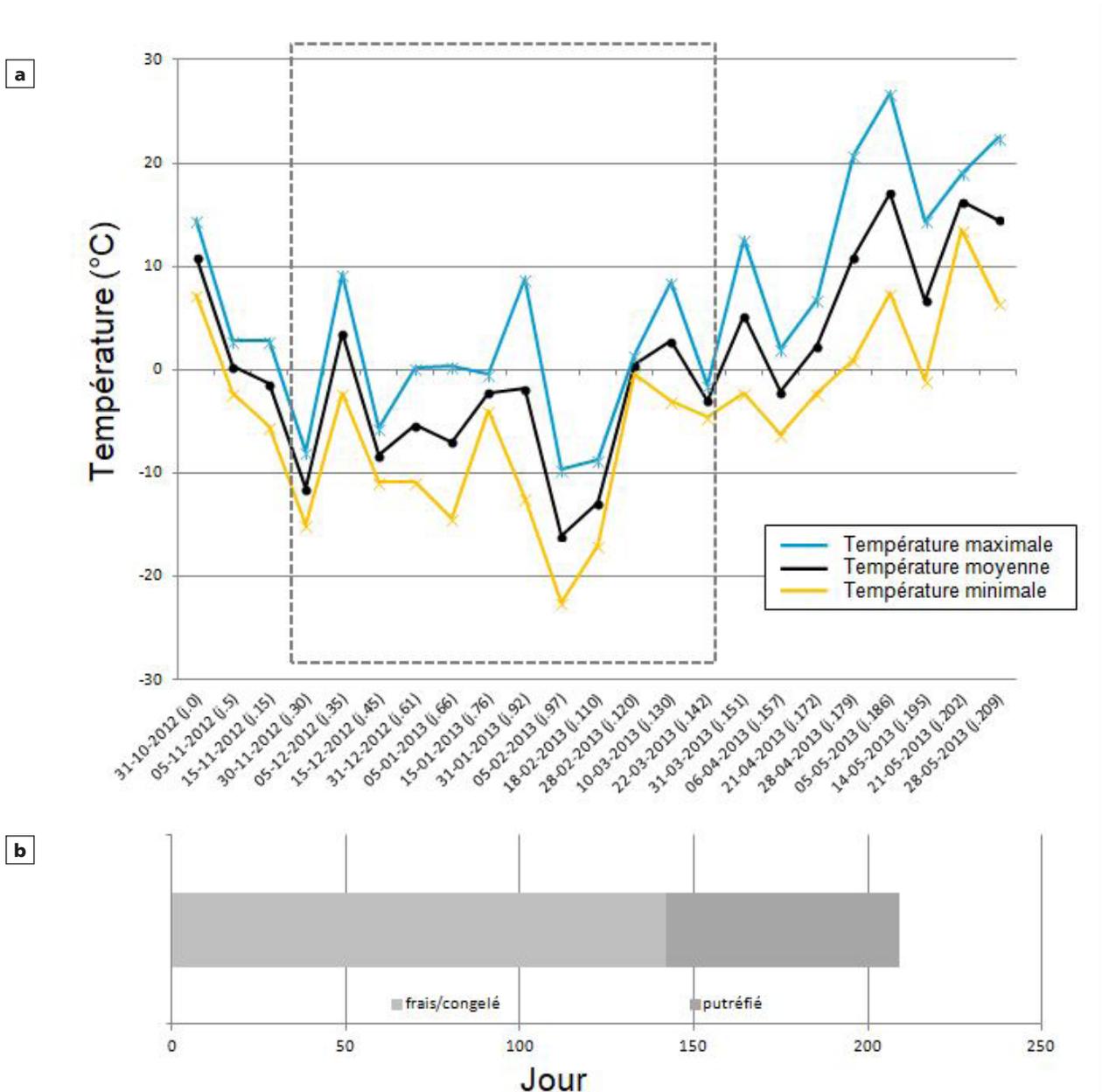


Figure 3. a) Températures quotidiennes moyennes (noir), minimales (jaune) et maximales (bleu clair) au moment de l'échantillonnage, durant la période d'étude (source : Gouvernement du Canada, 2019). L'encadré pointillé représente la période d'interruption des processus biologiques pendant laquelle la carcasse a été ensevelie sous la neige (j : jour). b) Étapes de la décomposition de la carcasse de porclet (de frais/congelé à putréfié) durant l'hiver 2012-2013.

**Tableau 2. Occurrence des espèces collectées du 31 octobre 2012 au 28 mai 2013. Les termes « rare », « commun » et « abondant » signifient que le nombre d'individus était respectivement de moins de 4, de 5 à 9 et de plus de 10 (inspiré de Michaud et collab., 2010).**

|   | Année  | 2012                   |         |        | 2013    |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
|---|--|------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   |  | Date de collecte       | 31 oct. | 5 nov. | 27 nov. | 1 mars | 22 mars | 31 mars | 4 juin | 21 avr.  | 28 avr.  | 5 mai    | 14 mai   | 21 mai   |
|   | Nombre de jours post-mortem                        | 0                      | 5       | 27     | 130     | 142    | 151     | 157     | 172    | 179      | 186      | 195      | 202      | 209      |
| Famille                                 | Espèce   | Période d'interruption |         |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
| <b>DIPTERA</b>                          |  |                        |         |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
| Anthomyiidae                            | <i>Hylemya</i> sp.                                 |                        | rare    |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
|   | <i>Pegomya</i> sp.                                 |                        | rare    |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
| Calliphoridae                           | <i>Calliphora montana</i> (Shannon)                |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     |          |          |          |          |
|   | <i>Calliphora vomitoria</i> (Linnaeus)             |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     |          | rare     |          |          |
|   | <i>Cynomya cadaverina</i> Robineau-Desvoidy        |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     |          |          |          |          |
|   | <i>Lucilia illustris</i> (Meigen)                  |                        | rare    |        |         |        |         |         |        | rare     |          |          |          |          |
|   | <i>Phormia regina</i> (Meigen)                     |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     | abondant |          |          |          |
| Drosophilidae                           | <i>Drosophila athabasca</i> Sturtevant & Dobhansky |                        |         |        |         |        | commun  | rare    |        |          |          |          |          |          |
| Heleomyzidae                            | <i>Amæbaleria sackeni</i> Garrett                  |                        |         |        |         |        | rare    |         |        |          |          |          |          |          |
|   | <i>Heleomyza serrata</i> (Linnaeus)                |                        |         |        |         |        | rare    |         |        |          |          |          |          |          |
|   | <i>Neoleria inscripta</i> (Meigen)                 |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     |          |          |          |          |
|   | <i>Schröderella iners</i> (Meigen)                 |                        | rare    |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
|   | <i>Scolioctenra tinctoria</i> (Walker)             |                        |         |        |         |        | rare    |         |        |          |          |          |          |          |
| Muscidae                                | <i>Hydrotaea scambus</i> (Zetterstedt)             |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     | commun   |          |          |          |
| Phoridae                                | <i>Diplonevra</i> sp.                              |                        | rare    |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
| Piophilidae                             | <i>Prochyliza xanthostoma</i> Walker               |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     | abondant |          |          |          |
| Sciaridae                               | <i>Lycoriella</i> sp.                              |                        | rare    |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
| Sepsidae                                | <i>Sepsis punctum</i> (Fabricius)                  |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     |          |          |          |          |
|   | <i>Themira nigricornis</i> (Meigen)                |                        |         |        |         |        |         |         |        | abondant | rare     |          |          |          |
| Sphaeroceridae                          | <i>Leptocera</i> sp.                               |                        |         |        |         |        |         |         |        |          | rare     |          |          |          |
| Trichoceridae                           | <i>Trichocera</i> sp.                              |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     |          |          |          |          |
| Masses d'œufs (diptères calyptrates)    |  |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     | commun   | abondant | abondant | abondant |
| Masse d'asticots (diptères calyptrates) |  |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     | rare     | commun   | commun   | abondant |
| Prédation (petits mammifères)           |  |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     |          |          |          |          |
| <b>COLEOPTERA</b>                       |  |                        |         |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          |          |
| Cleridae                                | <i>Necrobia violacea</i> (Linnaeus)                |                        |         |        |         |        |         |         |        |          | rare     |          | rare     |          |
| Nitidulidae                             | <i>Glischrochilus fasciatus</i> (Olivier)          |                        |         |        |         |        |         |         |        |          | rare     |          |          |          |
|   | <i>Omosita nearctica</i> Kirejtshuk                |                        |         |        |         |        |         |         |        |          | rare     |          |          |          |
| Silphidae                               | <i>Necrophila americana</i> (Linnaeus)             |                        |         |        |         |        |         |         |        |          |          |          |          | rare     |
|   | <i>Oiceoptoma noveboracense</i> (Forster)          |                        |         |        |         |        |         |         |        | rare     | rare     | commun   | commun   | abondant |
| Staphylinidae                           | <i>Creophilus maxillosus</i> (Linnaeus)            |                        |         |        |         |        |         |         |        |          | rare     |          |          | rare     |
|   | <i>Omalius rivulare</i> (Paykull)                  |                        |         |        |         |        |         | rare    |        |          |          |          |          |          |
|   | <i>Ontholestes cingulatus</i> (Gravenhorst)        |                        |         |        |         |        |         |         |        |          | rare     |          |          | rare     |

endroit (Giroux et collab., en préparation), ce qui a permis de capturer autant de familles de diptères représentant plus de 30 espèces y compris 9 de Muscidae, 6 de Piophilidae et 5 de Sepsidae. De plus, les espèces de 6 familles de coléoptères ont été recueillies dont, notamment, 5 de Silphidae et 11 de Staphylinidae.

Cette recherche démontre qu'une exposition de la carcasse aux températures froides, dès le début de l'expérience, a limité le nombre d'espèces d'insectes pouvant s'en nourrir (tableau 2). En novembre, seules 6 espèces de 5 familles de diptères ont été recueillies en très petit nombre. Par la suite, l'arrivée de la neige et des grands froids a retardé l'action des insectes nécrophages au printemps suivant. Selon la littérature, seules quelques espèces nécrophages de diptères des familles Heleomyzidae, Sphaeroceridae, Phoridae, Sepsidae, Piophilidae et deux familles de coléoptères Nitidulidae et Staphylinidae sont réputées présentes et actives durant l'hiver sur et sous la neige (Adair et Kondratieff, 1996; Anton et collab., 2011; Soszyńska-Maj et Woźnica, 2016). Toutefois, au cours de cette étude, parmi ces familles, seulement une espèce d'Heleomyzidae et une de Phoridae ont été trouvées juste avant l'arrivée de la neige, alors que les Sepsidae, les Piophilidae et les Staphylinidae ne l'ont été qu'à partir de la fin avril 2013 (tableau 2). Les piophilides et les sepsides sont de petites mouches (2 à 6 mm) dont la plupart des femelles pondent leurs œufs sur les cadavres, les excréments et les végétaux morts. Les piophilides hivernent au dernier stade larvaire (Scholl et collab., 2019), tandis que les sepsides hivernent au stade adulte (Zeender et collab., 2019). Les heleomyzides sont des mouches de taille moyenne, de couleur brun orangé, dont plusieurs espèces se reproduisent dans les cadavres en décomposition. Elles sont aussi reconnues pour être actives au stade adulte sur la neige en hiver (Soszyńska-Maj et Woźnica, 2016). En outre, certaines espèces émergent très tôt au printemps (Marshall, 2012). C'est ce que nous avons observé (tableau 2).

En zone tempérée, plusieurs espèces de calliphorides, de sarcophagides et de muscides sont, la plupart du temps, les premiers insectes à approcher un cadavre. Il s'agit généralement d'espèces cosmopolites, pour lesquelles les périodes de développement des larves sont bien connues et documentées (Marshall, 2012). En outre, dans la plupart des études réalisées en zones tempérées, l'activité des Calliphoridae est un facteur clé de la décomposition rapide et efficace des tissus mous de l'animal (Smith, 1986). Lors de cette étude, les mouches calliphorides ont pondu sur la carcasse uniquement au printemps 2013 et leur absence à l'automne 2012 est certes un facteur important qui a retardé la décomposition de la carcasse de porc. Il faut aussi remarquer l'absence d'espèces de la famille des Sarcophagidae dont certaines sont d'importance judiciaire. Ceci est probablement dû à la période d'expérimentation, car généralement, les Sarcophagidae nécrophages arrivent vers la fin du printemps, en dehors de la période de suivi post-mortem de cette étude.

Parmi les coléoptères, la majorité des espèces de silphides sont nécrophages. Les adultes arrivent très tôt sur un

corps en décomposition. Ils y dévorent les œufs et les larves de diptères (Rivers et Dahlem, 2014). De plus, les larves de certaines espèces du genre *Nicrophorus* peuvent être abondantes lors des derniers stades de la décomposition d'une carcasse (Smith, 1986). Les 3 espèces de Staphylinidae échantillonnées (tableau 2) passent l'hiver à l'état adulte (Brunke et collab. 2011), ce qui peut expliquer qu'*Omalius rivulare* (Paykull) ait été le premier coléoptère observé, le 31 mars 2013. Tout comme d'autres espèces de Staphylinidae, ces 3 espèces, attirées par l'odeur des carcasses animales, se nourrissent également d'asticots et de larves d'autres groupes d'insectes.

Lors de cette étude, nous n'avons pas observé d'Histeridae et de Dermestidae. Généralement, les Histeridae sont présents lors des stades gonflé, putréfié et post-putréfié (début) (Smith, 1986) où ils se nourrissent exclusivement d'œufs et d'asticots. L'absence de ces proies pendant une grande partie de l'expérience explique peut-être pourquoi nous n'avons pas trouvé ces insectes qui passent l'hiver au stade adulte (Bousquet et Laplante, 2006). Les Dermestidae sont surtout associés au stade post-putréfié de décomposition (Smith, 1986), lequel n'a pas été étudié lors de la présente expérience. Enfin, quelques espèces de Nitidulidae, dont *Glischrochilus fasciatus* (Olivier) ont été récoltées (tableau 2). Elles se nourrissent des liquides libérés par les carcasses animales.

### **Processus de décomposition, conditions de température et activité des insectes**

La décomposition d'une carcasse est un processus continu, associé à des changements chimiques et physiques, qui est toutefois caractérisé par des étapes relativement distinctes et prévisibles. Ces étapes, dont le nombre peut varier de 4 à 6, sont plus ou moins détaillées selon les auteurs (Rivers et Dahlem, 2014; Tullis et Goff, 1987).

Lors de cette étude, nous avons opté pour la nomenclature suivante: corps frais, gonflé, putréfié, post-putréfié et sec/restes (Rivers et Dahlem, 2014) (tableau 3). Ainsi, sur le terrain, seules les étapes corps frais/congelé (142 premiers jours) ainsi que corps putréfié (67 derniers jours) ont été notées (figure 3b). Le deuxième stade, corps gonflé, qui généralement ne dure que quelques jours, n'a pas été observé. Il est à noter que le troisième stade, corps putréfié, est parfois divisé par certains auteurs en putréfaction active et putréfaction avancée (Rivers et Dahlem, 2014). La différence entre ces deux états n'a pas été notée puisque notre expérience a cessé, alors que l'activité des insectes n'atteignait toujours pas son maximum et que des tissus mous étaient encore présents (putréfaction active) (figure 4j). Bien que la décomposition se soit poursuivie après l'arrêt des visites sur le terrain (soit après 209 jours), le quatrième (corps post-putréfié) et le cinquième (corps sec/restes) stades ont sûrement suivi, mais nous ne les avons pas observés et documentés. À titre de comparaison, Sharanowski et collab. (2008) présentent le cas de carcasses installées à l'ombre et au soleil au cours du printemps, de l'été et de l'automne. Lors de la décomposition de ces carcasses, le stade sec a été atteint en à peine 43 jours pour les carcasses

**Tableau 3. Résumé succinct des différents stades de décomposition d'une carcasse au cours de la période d'activité des insectes (printemps, été, automne) (inspiré de Rivers et Dahlem, 2014).**

| Séquence des stades de décomposition | Caractéristiques générales de la carcasse   | Observations entomologiques en période d'activité des insectes (printemps, été, automne)  |
|--------------------------------------|---|---|
| Corps frais                          | Ce stade débute au moment de la mort jusqu'à l'observation évidente du corps gonflé. Il ne dure que quelques jours.   | Des mouches calliphorides et sarcophagides peuvent détecter le corps et commencer à pondre. Des silphides adultes peuvent également être présents.  |
| Corps gonflé                         | C'est le signal que la décomposition s'active. Puisque le corps est entier, les gaz s'accumulent et les cavités du corps se gonflent comme un ballon. Au fur et à mesure que le processus évolue, il y a formation de fluides et décoloration de la peau qui devient mauve/verte. L'étape se termine par la libération des gaz et la fissure du ballonnement. | Les mouches calliphorides et sarcophagides sont davantage attirées par la carcasse. Les pontes sont commencées et les masses d'œufs sont visibles. Les mouches piophilides et muscides peuvent être présentes pour se nourrir de fluides. Les silphides et les staphylinides peuvent consommer les œufs et les jeunes larves de mouches.  |
| Corps putréfié                       | À ce stade, les gaz libérés produisent une odeur prononcée. Les tissus mous sont peu à peu dévorés par les insectes nécrophages qui arrivent au sommet de leur activité.  | Les asticots, surtout ceux des calliphorides et des sarcophagides, forment des masses près des orifices et partout sur le corps. Ils se développent et atteignent leur taille maximale. Les prédateurs et les guêpes parasitoïdes profitent de cette abondance de proies (putréfaction active). À ce moment, les asticots commencent à quitter la carcasse. Les larves de micro-diptères comme celles des piophilides complètent la décomposition en se nourrissant des derniers tissus disponibles (putréfaction avancée). |
| Corps post-putréfié                  | Ce stade débute avec une carcasse dont la plupart des tissus mous ont disparu, et les os et les cartilages sont exposés. Les chairs restantes se déshydratent et le stade est terminé lorsque les peaux sèches ont complètement été consommées.   | Tous les asticots de calliphorides et de sarcophagides ont pratiquement quitté la carcasse. Les dermestes et piophilides complètent leur développement en se nourrissant des tissus secs.   |
| Corps sec/restes                     | Il ne reste que la peau, les poils et les os. Avec le temps, ceux-ci blanchissent et se dessèchent. Ce qui reste n'a pas de valeur nutritive et, par conséquent, les insectes sont absents. La fin de ce stade n'est pas bien définie, peut durer des mois, des années.   | Des traces d'activités passées des insectes peuvent être présentes dont des <i>puparia</i> vides (petits cocons brunâtres) de diptères ayant émergé. Des mites présentes dans le sol peuvent être observées sur les restes.   |

exposées au soleil et en 46 jours pour celles situées à l'ombre. La température ambiante était le principal facteur influençant la variation du taux de décomposition.

Les principaux facteurs contrôlant la ponte et les taux de développement des insectes nécrophages étant la température et l'humidité (Charabidze, 2012; Merritt et De Jong, 2015; Sharanowski et collab., 2008; Smith, 1986), il est également clair que, dès les premiers jours d'exposition de la carcasse, le temps froid et la neige ont inhibé l'activité des insectes (tableau 2). En effet, au jour 0, soit le jour de la mort du porcelet (31 octobre 2012) qui marquait le début du stade frais de décomposition (figure 4a), la température moyenne était de 10,9 °C et le temps ensoleillé, mais aucun insecte n'a été observé. À titre d'exemple, le seuil de température pour la ponte de *Calliphora vomitoria* (Linnæus), une espèce collectée dans cette étude, est de 16 °C (Ody et collab., 2017). La première neige est tombée le 4 novembre 2012 sans accumulation. Le jour suivant, le jour 5 suivant la mort (5 novembre 2012) (figure 4b), quelques Phoridae (*Diplonevra* sp.) et Sciaridae (*Lycoriella* sp.) ont été parmi les premiers spécimens échantillonnés sur la carcasse (tableau 2). Or, selon la littérature, les Phoridae se trouvent généralement sur les carcasses en décomposition de stade avancé (Disney, 1994; Rivers et Dahlem, 2014) et s'y activent davantage pour

s'y nourrir que pour s'y reproduire (Disney, 1994). Il est donc probable que les spécimens de *Diplonevra* aient été présents sur la carcasse à la recherche de parties liquéfiées. De la même façon, les sciarides sont très abondants en forêt où ils vivent et se développent dans les feuilles mortes et humides en décomposition (Mohrig et collab., 2012). Leur présence sur la carcasse ce jour-là, tout comme celle des deux espèces d'Anthomyiidae qui ne sont généralement pas associées aux corps en décomposition, pourrait donc être circonstancielle.

Au jour 27 (27 novembre), il est tombé une première accumulation de 4 cm de neige. La carcasse a été ensevelie (p. ex. : jour 130, figure 4c), jusqu'au jour 142 (22 mars 2013) où débute alors le stade putréfié (figure 3b). Le couvert de neige a interrompu les processus biologiques de décomposition puisque la carcasse n'était pas accessible aux insectes même nivocoles. La température moyenne atteignait alors -3,0 °C. La faible présence d'insectes a, elle aussi, fortement affecté le processus de décomposition du corps, qui est demeuré pratiquement intact jusqu'à l'arrivée des premières accumulations de neige.

Au jour 151 (31 mars 2013), la température moyenne a monté à 5,2 °C et la neige était toujours présente autour de la carcasse (figure 4d). En cette journée, une espèce de Staphylinidae, *Omalium rivulare* (Paykull), 3 d'Heleomyzidae



a) jour 0 (31 octobre 2012)



b) jour 5 (5 novembre 2012)



c) jour 130 (10 mars 2013)



d) jour 151 (31 mars 2013)



e) jour 157 (6 avril 2013)



f) jour 172 (21 avril 2013)



g) jour 179 (28 avril 2013)



h) jour 186 (5 mai 2013)



i) jour 195 (14 mai 2013)



j) jour 209 (28 mai 2013)

Figure 4. Photos de l'évolution de la décomposition de la carcasse de porcelet du jour 1 au jour 209 en fonction du temps et de la température. (Photos: Marjolaine Giroux)

et la drosophile *Drosophila athabasca* Sturtevant & Dobhansky, relativement abondante, ont été récoltées. Cette espèce de drosophile a également été la seule capturée au jour 157 (6 avril 2013), alors que la température moyenne était de  $-2,1^{\circ}\text{C}$  et que la neige avait fondu autour de la carcasse (figure 4e). *Drosophila athabasca* est une Drosophilidæ holarctique appartenant au groupe d'espèces *obscura*. Ce groupe rassemble des espèces abondantes dans la forêt boréale et ce sont les premières à émerger tôt au printemps. Le site de reproduction naturel de cette espèce est toutefois inconnu (Miller et collab., 2017).

Au jour 172 (21 avril 2013), la température moyenne était de  $2,3^{\circ}\text{C}$  et la maximale de  $6,8^{\circ}\text{C}$  (figure 3a). Les premières pontes de diptères ont été observées et une première petite masse d'asticots (stade 1) a été localisée sur les tissus frais mis à jour par un petit mammifère carnassier (figure 4f). En outre, les premiers Sepsidæ et Piophilidæ ainsi que la seule espèce de Trichoceridæ ont également été capturés. Certaines espèces de Trichoceridæ, dont *Trichocera annulata* Meigen, sont reconnues comme étant nécrophages et d'importance judiciaire (Erzinçlioğlu, 1983). En outre, les espèces *T. annulata* et *T. saltator* (Harris) ont déjà été trouvées dans des carcasses pendant des périodes de grands froids (Broadhead, 1980; Erzinçlioğlu, 1980).

Au jour 179 (28 avril 2013), la température moyenne était de  $10,9^{\circ}\text{C}$  (figure 4g) et de nombreux individus de piophilide *Prochyliza xanthostoma* Walker, de muscive *Hydrotæa scambus* (Zetterstedt) ainsi que de calliphoride *Phormia regina* (Meigen) ont été recueillis. Les masses d'œufs étaient devenues plus abondantes. C'est aussi à cette date que la seule espèce de Sphæroceridæ, appartenant au genre *Leptocera*, a été capturée. Selon la littérature, d'autres espèces de cette famille sont connues pour être actives en hiver dans l'espace subnival (Marshall et Richards, 1987). De plus, la grande majorité des Sphæroceridæ se reproduisent dans la matière organique en décomposition. Il n'est donc pas étonnant d'observer un individu de cette famille, sur la carcasse, si tôt au printemps.

Au jour 186 (5 mai 2013), la température moyenne atteignait  $17,1^{\circ}\text{C}$  et la carcasse était encore presque entière (figure 4h). Les asticots de stades 1 à 3 étaient très nombreux et quelques Staphylinidæ et Silphidæ s'en nourrissaient. Une espèce de Nitidulidæ, *Glischrochilus fasciatus* (Olivier), attirée par les liquides de décomposition, ainsi qu'une espèce de Cleridæ *Necrobia violacea* (Linnæus), prédatrice d'autres insectes, ont été également trouvées. Au jour 195 (14 mai 2013), la température moyenne chutait à  $6,7^{\circ}\text{C}$  et les asticots quittaient la section abdominale (figure 4i). D'autres masses d'œufs ont toutefois été localisées sur la tête, le dos et les fesses de l'animal (figure 4i). Quelques Piophilidæ s'accouplaient sur la carcasse, mais nous n'avons pas réussi à les capturer. Aux jours 202 et 209 (21 et 28 mai 2013), les larves et les adultes du silphe marginé *Oiceoptoma noveboracense* (Foster) étaient nombreux : la carcasse leur servait de lieu d'alimentation et de reproduction (figure 5). Ces mêmes journées, ce qui restait de l'animal était couvert d'une deuxième vague d'asticots (figure 4j et figure 5). Au cours de ces deux dernières visites, la carcasse n'était toujours pas décomposée et la température moyenne se maintenait au-dessus de  $16,3^{\circ}\text{C}$  (21 mai 2013) et de  $14,5^{\circ}\text{C}$  (28 mai 2013). Bien que la décomposition se soit poursuivie, l'étude a pris fin puisque le printemps était commencé et que notre but était d'évaluer l'impact de la saison hivernale sur la décomposition.

## Conclusion

Cette étude préliminaire, bien que qualitative et anecdotique, contribue à documenter la décomposition hivernale des carcasses de mammifères au Canada et la succession des insectes nécrophages. De plus, elle constitue une ressource pour la création d'une collection de référence sur les insectes nécrophages et d'importance judiciaire au Québec. Nous étions limités en ayant une seule carcasse et un seul hiver de collecte. Cependant, nos résultats, tout comme ceux d'Anton et collab. (2011), montrent que les stades de décomposition et la succession des communautés d'insectes



Figure 5. Au jour 209 (28 mai 2013), les adultes du silphe marginé *Oiceoptoma noveboracense* (Foster) s'alimentent et s'accouplent sur la carcasse. La tête du porcelet est couverte d'une deuxième vague d'asticots. (Photos: Marjolaine Giroux)

sont perturbés par les conditions hivernales. Durant la phase de précolonisation, la détection de la carcasse par les insectes communément attirés par le stade frais (Calliphoridae, Muscidae) a été perturbée par la température ambiante et l'humidité. De ce fait, les différents stades de vie de ces diptères d'importance judiciaire bien connus n'étaient pas disponibles pour contribuer à la décomposition de la carcasse. Par conséquent, dans le cas d'une enquête judiciaire, un calcul de l'intervalle post-mortem n'aurait pas pu être réalisé à l'aide de ces diptères qui sont parmi les plus utilisés pour évaluer l'IPM. Par contre, la présence de coléoptères dont les adultes passent l'hiver (p. ex. : certains Staphylinidae tels *Creophilus maxillosus* (Linnæus) et *Ontholestes cingulatus* (Gravenhorst)) ou qui s'activent tôt au printemps (p. ex. : Histeridae) ainsi que celle d'espèces nivicoles pourrait être primordiale pour estimer l'IPM. Les phases de colonisation et de post-colonisation sont décalées et occupées par des espèces différentes (Benbow et collab., 2013) de celles observées lors de la saison estivale. Ces variations devraient être étudiées plus en détail et prises en compte lors d'études similaires réalisées à des fins médico-légales. L'utilisation de répétitions, autant en ce qui concerne le nombre de carcasses que d'années, ainsi que la répétition de l'expérience sous différentes conditions, permettrait une évaluation quantitative de la variation des communautés d'insectes nécrophages durant l'hiver et pourrait servir à développer des modèles de succession, notamment pour l'estimation de l'IPM, en particulier lorsqu'un corps est découvert très tôt au printemps.

## Remerciements

Nous tenons à remercier particulièrement Julien Baylet pour son aide lors de l'échantillonnage, Pierre de Tonnancour, un taxonomiste indépendant, pour l'identification de coléoptères, ainsi que le Laboratoire de santé publique du Québec pour avoir autorisé l'accès au site. Merci aussi à M. Robert Loiselle, entomologiste responsable des laboratoires de biologie (maintenant retraité) et secrétaire du comité de protection des animaux de l'UQAC. Merci enfin à tous les réviseurs. Cette étude a été financée par des fonds privés. ◀

## Références

- ADAIR, T.W. et B.C. KONDRATIEFF, 1996. The occurrence of *Nitidula flavomaculata* (Coleoptera: Nitidulidae) on a human corpse. *Entomological News*, 107: 233-236.
- ADLAM, R.E. et T. SIMMONS, 2007. The effect of repeated physical disturbance on soft tissue decomposition – Are taphonomic studies an accurate reflection of decomposition? *Journal of Forensic Sciences*, 52: 1007-1014.
- ANDERSON, G.S., 2001. Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. Dans: BIRD, J.H. (édit.). *The utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press, Boca Raton, p. 143-176.
- ANDERSON, G. et S. VANLAERHOVEN, 1996. Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*, 41: 617-625. <https://doi.org/10.1520/JFS13964J>.
- ANTON, E., S. NIEDEREGGER et R.G. BEUTEL, 2011. Beetles and flies collected on pig carrion in an experimental setting in Thuringia and their forensic implications. *Medical and Veterinary Entomology*, 25: 353-364. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2011.00975.x>.
- [ARDA] AMÉNAGEMENT RURAL ET DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE, 1971. The assessment of soil productivity for agriculture. Rapport n° 4 de l'inventaire des terres du Canada. Disponible en ligne à : <https://www.irda.qc.ca/fr/services/protection-ressources/sante-sols/information-sols/inventaire-terres-canada/>. [Visité le 2020-10-08].
- BENBOW, M.E., A.J. LEWIS, J.K. TOMBERLIN et J.L. PECHAL, 2013. Seasonal necrophagous insect community assembly during vertebrate carrion decomposition. *Journal of Medical Entomology*, 50: 440-450. <https://dx.doi.org/10.1603/ME12194>.
- BOUSQUET, Y. et S. LAPLANTE, 2006. *The insects and arachnids of Canada: Coleoptera: Histeridae*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, 485 p.
- BROADHEAD, E.C., 1980. Larvae of trichocerid flies found on human corpse. *Entomologist's Monthly Magazine*, 116: 23-24.
- BRUNKE, A., A. NEWTON, J. KLIMASZEWSKI, C.G. MAJKA et S. MARSHALL, 2011. Staphylinidae of eastern Canada and adjacent United States. Key to subfamilies; Staphylininae: Tribes and subtribes, and species of Staphylinina. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 12 (20). Disponible en ligne à : <https://doi.org/10.3752/cjai.2011.12>.
- BYGARSKI, K. et H.N. LEBLANC, 2013. Decomposition and arthropod succession in Whitehorse, Yukon Territory, Canada. *Journal of Forensic Sciences*, 58: 413-418.
- [CCPA] CONSEIL CANADIEN DE PROTECTION DES ANIMAUX, 2010. CCAC guidelines on: Euthanasia of animals used in science. Disponible en ligne à : <http://www.ccac.ca/Documents/Standards/Guidelines/Euthanasia.pdf>. [Visité le 2012-05-01].
- CHARABIDZE, D., 2012. La biologie des insectes nécrophages et leur utilisation pour dater le décès en entomologie médico-légale. *Annales de la Société Entomologique de France*, 48: 239-252.
- CRUISE, A., D.W. WATSON et C. SCHAL, 2018. Ecological succession of adult necrophilous insects on neonate *Sus scrofa domesticus* in central North Carolina. *PLoS ONE*, 13(4): e0195785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195785>.
- DILLON, L.C., 1997. Insect succession on carrion in three biogeoclimatic zones in British Columbia. Thèse de maîtrise, Université Simon Fraser, Colombie-Britannique, 76 p. Disponible en ligne à : <http://summit.sfu.ca/item/7239>.
- DI LUISE, E., P. MAGNI, N. STAITI, S. SPITALERI et C. ROMANO, 2008. Genotyping of human nuclear DNA recovered from the gut of fly larvae. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 1: 591-592.
- DISNEY, H., 1994. *Scuttle flies: The Phoridae*. Chapman & Hall, London, 466 p.
- ERZINÇLIOĞLU, Y.Z., 1980. On the role of Trichocera larvae (Diptera, Trichoceridae) in the decomposition of carrion in winter. *The Naturalist*, 105: 133-134.
- ERZINÇLIOĞLU, Y.Z., 1983. The application of entomology to forensic medicine. *Medicine, Science and the Law*, 23: 57-63.
- FREDERICKX, C., J. DEKEIRSSCHIETER, F. VERHEGGEN et E. HAUBRUGE, 2011. L'entomologie forensique, les insectes résolvent les crimes. *Entomologie Faunistique*, 63: 237-249.
- GILL, G.D., 1962. The Heleomyzid flies of America North of Mexico (Diptera: Heleomyzidae). *Proceedings of the United States National Museum*, 113: 495-603.
- GILL, G.J., 2005. Decomposition and arthropod succession on above ground pig carrion in rural Manitoba. Thèse de maîtrise, Université du Manitoba, Winnipeg, 199 p. Disponible en ligne à : <https://mspace.lib.umanitoba.ca/xmlui/handle/1993/7911>. [Visité le 2020-10-02].
- GIROUX, M., J. SAVAGE et A. GRÉGOIRE TAILLEFER, en préparation. Étude de la diversité des insectes associés à la décomposition de carcasses de porcs dans trois régions du Québec (Montréal, Estrie, Saguenay).
- GOFF, M.L., 1993. Estimation of postmortem interval using arthropod development and successional patterns. *Forensic Science Review*, 5: 81-94.
- GOMES, L. et C.J. VON ZUBEN, 2006. Forensic entomology and main challenges in Brazil. *Neotropical Entomology*, 35: 1-11.
- GOVERNEMENT DU CANADA, 2019. Données historiques. Disponible en ligne à : [https://climat.meteo.gc.ca/historical\\_data/search\\_historic\\_data\\_f.html](https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html). [Visité le 2020-11-01].

- HUCKETT, H.C. et J.R. VOCKEROTH, 1987. Muscidae. Dans: MCALPINE, J.F., B.V. PETERSON, G.E. SHEWELL, H.J. TESKEY, J.R. VOCKEROTH et D.M. WOOD (édit.). *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Agriculture Canada Monograph, 28 : i-vi, p. 1193-1269.
- KOMAR, D. et O. BEATTIE, 1998. Effects of carcass size on decay rates of shade and sun exposed carrion. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 31 : 35-43.
- LEBLANC, H.N. et D.B. STRONGMAN, 2002. Carrion insects associated with small pig carcasses during fall in Nova Scotia. *Journal of the Canadian Society of Forensic Science*, 35 : 145-152.
- MAISONHAUTE, J.E. et S.L. FORBES, 2020. Decomposition process and arthropod succession on pig carcasses in Quebec (Canada). *Canadian Society of Forensic Science Journal*, <https://doi.org/10.1080/00085030.2020.1820799>.
- MARSHALL, S.A., 2012. *Flies: The natural history and diversity of Diptera*. Firefly Books Ltd., Richmond, Ontario, 616 p.
- MARSHALL, S.A. et O.W. RICHARDS, 1987. Sphaeroceridae. Dans: MCALPINE, J.F., B.V. PETERSON, G.E. SHEWELL, H.J. TESKEY, J.R. VOCKEROTH et D.M. WOOD (édit.). *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Agriculture Canada Monograph, 28 : i-vi, p. 993-1006.
- MARSHALL, S.A., T. WHITWORTH et L. ROSCOE, 2011. Blow flies (Diptera: Calliphoridae) of eastern Canada with a key to Calliphoridae subfamilies and genera of eastern North America, and a key to the eastern Canadian species of Calliphorinae, Luciliinae and Chrysomyiinae. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 11 : 1-93. <https://doi.org/10.3752/cjai.2011.11>.
- MATUSZEWSKI, S., D. BAJERLEIN, S. KONWERSKI et K. SZPILA, 2008. An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Science International*, 180 : 61-69.
- MATUSZEWSKI, S., M.J.R. HALL, G. MOREAU, K.G. SCHOENLY, A.M. TARONE et M.H. VILLET, 2019. Pigs vs people: The use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research. *International Journal of Legal Medicine*, 134 : 793-810. <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02074-5>.
- MERRITT, R.W. et G.D. DE JONG, 2015. Arthropod communities in terrestrial environments. Dans: BENBOW, M.E., J.K. TOMBERLIN et A.M. TARONE (édit.). *Carrion ecology, evolution, and their applications*. CRC Press, Boca Raton, Floride, p. 65-91.
- MERRITT, R.W. et J.R. WALLACE, 2001. The role of aquatic insects in forensic investigations. Dans: BYRD, J.H. et J.L. CASTNER (édit.). *Forensic Entomology: The utility of arthropods in legal investigation*. CRC Press, Boca Raton, Floride, p. 177-222.
- MICHAUD, J.-P., C.G. MAJKA, J.-P. PRIVÉ et G. MOREAU, 2010. Natural and anthropogenic changes in the insect fauna associated with carcasses in the North American Maritime lowlands. *Forensic Science International*, 202 : 64-70.
- MILLER, M.E., S.A. MARSHALL et D.A. GRIMALDI, 2017. A review of the species of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) and genera of Drosophilidae of northeastern North America. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 31 : 1-282. <https://doi.org/10.3752/cjai.2017.31>.
- MOHRIG, W., K. HELLER, H. HIPPA, P. VILKAMAA et F. MENZEL, 2012. Revision of the black fungus gnats (Diptera: Sciaridae) of North America. *Studia Dipterologica*, 19 : 141-286.
- ODY, H., M.T. BULLING et K.M. BARNES, 2017. Effects of environmental temperature on oviposition behavior in three blow fly species of forensic importance. *Forensic Science International*, 275 : 138-143.
- RIVERS, D.B. et G.A. DAHLEM, 2014. *The science of forensic entomology*. John Wiley & Sons, West Sussex, UK, 382 p.
- ROCHFORT, S., M. GIROUX, J. SAVAGE et T.A. WHEELER, 2015. Key to forensically important Piophilidae (Diptera) in the Nearctic Region. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 27 : 1-37. <https://doi.org/10.3752/cjai.2015.27>.
- ROSATI, J.Y. et S.L. VANLAERHOVEN, 2007. New record of *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae) in Canada: Predicted range expansion and potential effects on native species. *The Canadian Entomologist*, 139 : 670-677.
- SCHOENLY, K.G., N.H. HASKELL, R.D. HALL et J.R. GBUR, 2007. Comparative performance and complementarity of four sampling methods and arthropod preference tests from human and porcine remains at the Forensic Anthropology Center in Knoxville, Tennessee. *Journal of Medical Entomology*, 44 : 881-894.
- SCHOLL, P.J., D.D. COLWELL et R. CEPEDA-PALACIOS, 2019. *Myiasis* (Muscoidea, Oestroidea). Dans: MULLEN, G.R. et L.A. DURDEN (édit.). *Medical and veterinary entomology* (3<sup>rd</sup> edition). Academic Press, p. 383-419. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00019-4>.
- SHARANOWSKI, B.J., E.G. WALKER et G.S. ANDERSON, 2008. Insect succession and decomposition patterns on shaded and sunlit carrion in Saskatchewan in three different seasons. *Forensic Science International*, 179 : 219-240.
- SIMPSON, G. et D.B. STRONGMAN, 2002. Carrion insects on pig carcasses at a rural and at an urban site in Nova Scotia. *Canadian Society of Forensic Science*, 35 : 123-143.
- SMITH, K.G., 1986. *A manual of forensic entomology*. Cornell University Press, Ithaca, NY, 208 p.
- SOSZYŃSKA-MAJ, A. et A.J. WOŹNICA, 2016. A case study of Heleomyzidae (Diptera) recorded on snow in Poland with a review of their winter activity in Europe. *European Journal of Entomology*, 113 : 279-294.
- SPITALERI, S., C. ROMANO, E. DI LUISE, E. GINESTRA et L. SARAVO, 2006. Genotyping of human DNA recovered from mosquitoes found on a crime scene. *International Congress Series*, 1288 : 574-576.
- STEYSKAL, G.C., 1987. Sepsidae. Dans: MCALPINE, J.F., B.V. PETERSON, G.E. SHEWELL, H.J. TESKEY, J.R. VOCKEROTH et D.M. WOOD (édit.). *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Agriculture Canada Monograph, 28 : i-vi, p. 1193-1269.
- TABOR, K.L., R.D. FELL et C.C. BREWSTER, 2005. Insect fauna visiting carrion in southwest Virginia. *Forensic Science International*, 150 : 73-80.
- TULLIS, K. et M.L. GOFF, 1987. Arthropod succession in exposed carrion in a tropical rainforest on Oahu Island, Hawaii. *Journal of Medical Entomology*, 24 : 332-339.
- VILLET, M.H. et J. AMENDT, 2011. Advances in entomological methods for death time estimation. Dans: TURK, E.E. (édit.). *Forensic Pathology Reviews 6*. Springer Science + Business Media LLC, Philadelphia, Pennsylvanie, p. 213-237.
- WALLMAN, J.F., 2017. Body farms. *Forensic Science Medicine and Pathology*, 13 : 487-489.
- WELLS, J.D. et L.R. LAMOTTE, 2001. Estimating the postmortem interval. Dans: BYRD, J.H. et J.L. CASTNE (édit.). *Forensic Entomology: The utility of arthropods in legal investigations*, 2<sup>nd</sup> edition. CRC Press, Boca Raton, Floride, p. 263-285.
- ZEENDER, V., J. ROY, A. WEGMANN, M.A. SCHÄFER, N. GOURGOULIANNI, W.U. BLANCKENHORN et P.T. ROHNER, 2019. Comparative reproductive dormancy differentiation in European black scavenger flies (Diptera: Sepsidae). *Oecologia*, 189 : 905-917. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04378-0>.

# LA FAUNE, notre mission, notre passion !

Grâce à la générosité de nos donateurs et aux contributions des chasseurs, pêcheurs et piégeurs, 270 projets de conservation de la faune ont été soutenus en 2019-2020 !

- Des initiatives réalisées par des organismes du milieu ;
- Sélectionnées avec rigueur par des experts ;
- Pour des impacts réels sur les milieux de vie de la faune.



Jean-Simon Bégin / Québec couleur nature

## › Faites partie du mouvement faunique !

Devenez donateur mensuel : [www.jedonneenligne.org/fondationdelafaune/CAMP/](http://www.jedonneenligne.org/fondationdelafaune/CAMP/)



Fondation  
de la faune  
du Québec



**Gervais Comeau** Conseiller en placement  
[gervais.comeau@iagto.ca](mailto:gervais.comeau@iagto.ca) · [gervaiscomeau.com](http://gervaiscomeau.com)

[iagestionprivee.ca](http://iagestionprivee.ca)



**Yvan Bedard**  
PHOTONATURE  
Ph.D. Prof. émérite  
Neuville, Qc  
Canada G0A 2R0  
1-418-561-7046

[yvan\\_bedard@hotmail.com](mailto:yvan_bedard@hotmail.com)

PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS

<http://yvanbedardphotonature.com>