

# L'écologie chimique à l'entomologie forensique

Par Jessica Dekeirsschieter, Christine Frederickx, François Leterrier  
**Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive - Université de Liège**  
 Passage des connaissances

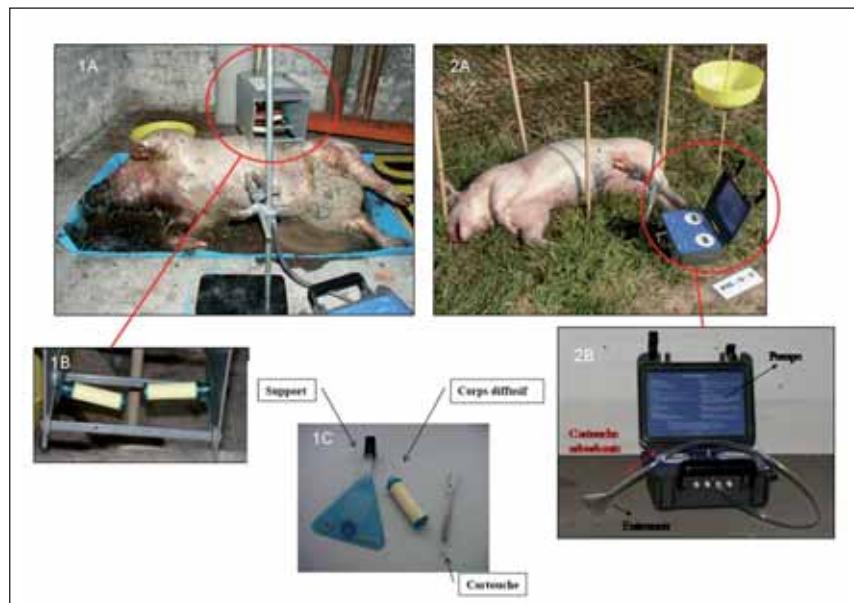
**L'entomologie forensique est une discipline peu connue mais en plein essor qui attise la curiosité de nombreuses personnes, en témoigne l'incroyable engouement du public pour les séries télévisées telles que les Experts et autres CSI. Cependant, l'idée d'utiliser les insectes en criminalistique n'est pas neuve, déjà en 1894, Mégnin nous parlait de la « faune des cadavres ». L'unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive développe une nouvelle approche pour caractériser cet écosystème particulier qu'est le cadavre en recourant aux outils de l'écologie chimique.**

12

## 1. Le cadavre : un écosystème à part entière

Lorsqu'une espèce animale meurt, elle est rapidement visitée et colonisée par de nombreux organismes tels que des bactéries, des champignons, des arthropodes dont les insectes ainsi que des vertébrés (mammifères et oiseaux)<sup>1</sup>. Au sein de nos écosystèmes tempérés, parmi les animaux consommateurs, les insectes nécrophages sont les plus spécialisés. Associés aux décomposeurs, ils participent à la minéralisation des matières organiques. Leur rôle est donc primordial au sein des écosystèmes terrestres où ils rem-

Figure 1 : Prélèvement passif Radiello® (1A,B,C) et prélèvement dynamique (2A,B) sur carcasse de porc en décomposition en plein air



plissent la fonction « d'éboueurs entomologiques »<sup>2</sup>. Le cadavre constitue pour ces différentes espèces un substrat nourricier, un site de reproduction, un refuge ou encore un territoire idéal bien que fluctuant au rythme des processus de décomposition. Parmi les insectes nécrophages, deux ordres sont largement présents sur les carcasses animales en décomposition : les Diptères et les Coléoptères. L'arrivée précoce de certaines espèces de mouches (Calliphoridae, Sarcophagidae) sur le cadavre en font de redoutables bio-indicateurs quant à la date de décès, on parle plus précisément d'intervalle post mortem ou d'IPM. L'utilisation des insectes et d'autres arthropodes (acariens) à des fins médico-légales est le centre d'intérêt de l'entomologie forensique. On parle aussi d'entomologie (médico-)légale, judiciaire ou criminelle<sup>3</sup>.

## 2. Écologie chimique autour d'un cadavre

Forte de plusieurs années d'expérience dans le domaine de l'écologie chimique, l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive a transposé les techniques chémo-écologiques aux sciences forensiques.

**L'écologie chimique est une discipline de l'écologie qui étudie les interactions entre un ou des organismes et leur environnement<sup>4</sup>.**

Très peu étudiée à l'heure actuelle, l'écologie chimique axée sur un organisme animal en décomposition permettrait de mieux comprendre les interactions au sein d'un écosystème particulier : le cadavre. En effet, la communication chimique est le principal mode d'interaction des grands groupes d'animaux incluant les insectes. Ceux-ci perçoivent les odeurs principalement grâce à leurs antennes, véritables bio-détecteurs de molécules volatiles. Le corps, en se décomposant, va émettre des odeurs attractives pour une entomofaune particulière : la « faune des cadavres ». Encore faut-il pouvoir identifier ces odeurs afin de déchiffrer le

# u service nsique

**çois Verheggen, Éric Haubrûge,  
ége, Gembloux Agro-Bio Tech  
Déportés, 2 - 5030 Gembloux**

« langage des insectes ». Les odeurs sont constituées d'un ensemble de molécules volatiles, appelées Composés Organiques Volatils (COVs), qu'il faut pouvoir prélever, identifier et quantifier. Il faut également pouvoir identifier le rôle de ces odeurs sur la physiologie et le comportement des insectes nécrophages. En combinant des études électrophysiologiques et olfactométriques, il est possible de mettre en évidence le rôle des molécules cadavériques sur les insectes nécrophages.

## 2.1. Les odeurs cadavériques

L'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive (Prof. É. Haubrûge) en collaboration avec l'Unité de Chimie analytique (Prof. G. Lognay) ont mis au point des techniques de prélèvements et d'analyses des odeurs émises par la décomposition de la matière organique animale. Les COVs cadavériques sont étudiés sur le porc domestique, modèle animal très utilisé en entomologie forensique de par ses similitudes avec l'homme. La signature olfactive d'un corps en décomposition en plein air a été étudiée dans plusieurs biotopes (urbain, forestier, agricole)<sup>5</sup> et sur plusieurs saisons. Les COVs cadavériques ont été échantillonnes avec différentes techniques de prélèvements d'odeurs. Parmi celles-ci, une méthode de prélèvements dynamiques (avec mise en mouvement de l'air) dans l'espace de tête du cadavre grâce à un système de pompe a été optimisée. Les molécules volatiles sont piégées sur des cartouches de SuperQ® (polymère adsorbant) et désorbées par solvant. Une technique passive a également été utilisée, il s'agit de l'échantillonneur passif Radiello® (Foundation Salvatore Maugeri - IRCCS, Padoue, Italie). Le tube Radiello® est constitué d'un corps diffusif poreux à l'intérieur duquel se trouve une cartouche adsorbante de Carbograph 4. Les molécules adsorbées sur le charbon graphité sont ensuite récupérées par thermodesorption. Les COVs sont ensuite analysés et identifiés par un système de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS).

D'autres méthodes de prélèvements d'odeurs telles que la SPME (Solid Phase MicroExtraction) sont également couramment utilisées. L'ensemble de ces méthodes analytiques très performantes, nous ont permis de mettre en évidence plus d'une centaine de composés volatils impliqués dans le processus de décomposition en plein air, et qui représentent la signature olfactive d'un cadavre.

L'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive a décidé d'aller un pas plus loin dans ses recherches en thanatochimie en caractérisant le profil des molécules volatiles émises par des carcasses de porc inhumées. En collaboration avec le Laboratoire de Spectrométrie de masse (Prof. E. De Pauw), des méthodes analytiques de chromatographie en phase gazeuse bidimensionnelle (*comprehensive GC*) couplée à la spectrométrie de masse sont actuellement mises au point.

## 2.2. Approche électrophysiologique

Les insectes ne sont pas capables de percevoir l'ensemble des COVs présents dans leur environnement. Par contre, ils se sont spécialisés dans la perception de composés typiquement émis par leur source de nourriture, ou leurs congénères, par exemple. L'approche électrophysiologique permet d'identifier les odeurs détectées par le système olfactif de l'insecte en enregistrant l'activité des neurones récepteurs olfactifs<sup>6</sup>, ceux-ci sont localisés sur les antennes. Plusieurs techniques électrophysiologiques existent, l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive a développé l'électroantennographie (EAG). L'électroantennographe va enregistrer et amplifier des variations de potentiel électrique entre deux électrodes placées sur les antennes de l'insecte lorsque celui-ci est soumis à un stimulus odorant. On observera une différence de potentiel lorsque l'antenne est stimulée par une molécule odorante active.

### La décomposition d'un corps en plein air...

La décomposition d'un corps comporte une série de processus dynamiques qui vont entraîner des changements physiques, chimiques et biologiques au niveau du cadavre. Hormis la décomposition biologique du corps par des microorganismes (bactéries, champignons saprophytes), des Arthropodes (dont les Insectes) et sa destruction par les Vertébrés (mammifères, oiseaux), le corps subit une thanatomorphose\*. Après la mort, les processus de décomposition s'enclenchent plus ou moins rapidement selon les conditions environnantes (température et humidité). Les entomologistes forensiques divisent le processus de décomposition en plusieurs stades ou phases. Cependant, ces phases de dégradation du corps doivent être interprétées comme étant une séquence de phénomènes qui se superposent et se combinent et non comme étant des stades clairement identifiables les uns des autres. En effet, il n'y a pas de distinction précise entre la fin d'un stade et le début du suivant. On distingue classiquement cinq stades de décomposition.

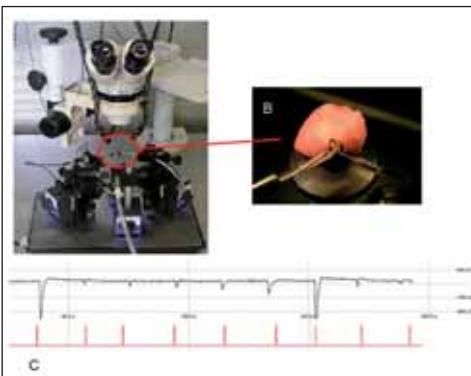
\* **thanatomorphose** : ensemble des modifications morphologiques post mortem subies par un corps.

<b>1: Cadavre « frais » (fresh)</b>
- du décès jusqu'aux premiers signes de gonflement du corps
- autolyse
- présence de Diptères adultes et premières pontes
<b>2: Gonflement (bloating)</b>
- apparition d'une tache verte abdominale et gonflement du corps (gaz de putréfaction)
- début de l'activité larvaire: œufs et larves dans les orifices naturels
<b>3: Décomposition active (active decay)</b>
- rupture de la peau sous la pression, dégonflement du corps
- noirissement de la peau et liquéfaction des tissus
- forte activité larvaire (= masses larvaires) sur le corps
<b>4: Décomposition avancée (advanced decay)</b>
- assèchement du corps
- os, cartilages, cheveux, phanères et quelques fragments de chair
<b>5: Squelettisation (dry or skeletonisation)</b>
- il ne reste que les os et les cheveux
- dégradation des matières osseuses (diagenèse)



Figure 2 (ci-dessus) : Stades de décomposition et définitions

Figure 3 (ci-contre) : Dispositif électroantennographique : électroantennographe (A), microélectrodes placées sur les antennes de l'insecte (B), enregistrement EAG (electroantennogramme) (C)



Cette approche électrophysiologique nous donne des informations sur la perception des odeurs par l'insecte, mais elle ne nous fournit pas d'information sur l'impact des composés volatils sur le comportement de l'insecte étudié. Une approche complémentaire est nécessaire, il s'agit d'une approche comportementale.

### 2.3. Approche comportementale

Contrairement à l'électroantennographie qui met en évidence les molécules perçues par l'insecte, l'approche comportementale permet d'identifier et de comprendre les réactions d'un insecte exposé à un stimulus olfactif. L'approche comportementale se base sur l'utilisation d'olfactomètres\*. Il en existe de plusieurs types (statiques ou dynamiques) et le choix du dispositif adéquat est notamment fonction du comportement normalement manifesté par l'espèce d'insecte étudiée ou des objectifs de l'étude. L'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive a conçu différents dispositifs olfactométriques : olfactomètres en Y, à choix binaire ou à quatre voies ou encore un tunnel de vol.

L'analyse comportementale nous permet d'identifier l'influence d'une ou plusieurs molécule(s) odorante(s) sur l'insecte étudié, et permet par exemple de démontrer l'effet attractif d'un composé sur un insecte.

\* **olfactomètre** : dispositif permettant l'étude du comportement d'un organisme (insecte) mis en présence de stimuli variés (odeurs par exemple)

Ces deux approches complémentaires, électrophysiologie et olfactométrie, sont utilisées pour étudier la perception des odeurs cadavériques et leur rôle sur différentes espèces nécrophages et nécrophiles\* élevées en conditions normalisées : un Diptère Calliphoridae (*Lucilia sericata* MEIGEN), un Coléoptère Silphidae (*Thanatophilus sinuata* FABRICIUS) et un Hyménoptère Pteromalidae parasitoïde des pupes de Diptères (*Nasonia vitripennis* WALKER).

\* **Nécrophage** : se dit d'une espèce qui se nourrit des tissus cadavériques et des liquides de décomposition

**Nécrophile** : se dit d'une espèce qui se nourrit des autres insectes se développant sur le cadavre (prédateur ou parasite des espèces nécrophages)

### 3. Perspectives : vers de nouveaux biosenseurs de cadavre

Les insectes sont des biosenseurs de plus en plus utilisés dans la détection d'odeurs et de molécules utiles à l'Homme\*. On utilise déjà des Hyménoptères (*Apis mellifera* L. et *Microplitis croceipes* CRESSION) pour détecter la présence d'explosifs. Les drogues et autres substances chimiques (armes chimiques) peuvent également être signalées par les insectes. On les utilise également pour détecter et identifier la présence d'agents biologiques pathogènes tels que des micro-organismes, des virus ou des toxines (lutte contre le bio-terrorisme). Certains insectes servent à poser des diagnostics médicaux, ils peuvent détecter la présence de COVs spécifiques dans l'haleine, le sang ou l'urine du patient (tuberculose, cancers). Dans les domaines de la sécurité alimentaire (contrôle qualité sur fruits et légumes) et de la contre-

Figure 4 : Olfactomètre en Y adapté à l'étude comportementale des Diptères Calliphoridae



façon (tabac, alcool, etc.), les insectes sont des bio-détecteurs très efficaces<sup>8</sup>.

Déjà utilisés dans de nombreux domaines, pourquoi ne pas utiliser les insectes en sciences forensiques et plus particulièrement au service de la recherche des corps afin d'en faire de véritables « traceurs de cadavre ». Une collaboration pluridisciplinaire avec le Disaster Victim Identification (DVI) de la Police Fédérale et l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive a vu le jour dans cette optique.

Jessica Dekeirsschieter et Christine Frederickx sont financées par le Fond pour la Formation à la Recherche dans l'Industrie et l'Agriculture (F.R.I.A.).

#### Références bibliographiques

- <sup>1</sup> Carter, D.O., Yellowlees, D. and Tibbett, M. (2007). Cadaver Decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften*. **94**: 12-24.
- <sup>2</sup> Leclercq, M. et Verstraeten, C. (1992). Éboueurs entomologiques bénévoles dans les écosystèmes terrestres. *Notes Fauniques de Gembloux*. **25**: 17-23.
- <sup>3</sup> Hall, R.D. (2001). Perceptions and Status of Forensic Entomology. In : *Forensic entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, J.H. Castner and J.L. Byrd. I-15.
- <sup>4</sup> Brossut, R. (1996). Phéromones : La communication chimique chez les animaux. CNRS Editions. Paris. 143p
- <sup>5</sup> Dekeirsschieter, J., Verheggen, F.J., Gohy, M., Hubrecht, F., Bourguignon, L., Lognay, G., Haubruege, É. (2009). Cadaveric volatile organic compounds released by decaying pig carcasses (*Sus domesticus* L.) in different biotopes. *Forensic Science International*. **189**: 46-53.
- <sup>6</sup> Bjostad, L.B. (1998). Electrophysiological methods. In : *Methods in chemical ecology*. Millar, J.C., Haynes, K.F. Kluwer Academic Publisher. I : 339-375.
- <sup>7</sup> Ziegler, C., Göpel, W. (1998). Biosensor development. Current opinion in chemical biology. **2** : 585-591.
- <sup>8</sup> Inscinetin Ltd, 2009 – <http://www.inscinetin.com>



**Dr Ir. François Verheggen**

a fait ses études d'ingénieur chimiste et des bio-industries à Gembloux Agro-Bio Tech. Depuis son engagement à l'unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive en 2004, il y développe l'étude des molécules olfactives impliquées dans les relations entre organismes vivants. Sa thèse de doctorat s'est axée sur les phéromones de pucerons et plus particulièrement sur l'utilisation de ces molécules par les ennemis naturels de ceux-ci. Depuis sa nomination au poste de 1<sup>er</sup> assistant en 2009, il s'implique dans divers projets de recherche nationaux et internationaux (Madagascar et Vietnam) et enseigne les matières de protection des cultures contre les ravageurs.



**Ir. Jessica Dekeirsschieter**

Depuis la fin de ses études de bioingénieur en 2007, Jessica Dekeirsschieter est doctorante, boursière F.R.I.A, au sein de l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive (Prof. É. Haubruege) à l'université de Liège (Gembloux Agro-Bio Tech). Elle est diplômée de la section Nature, Eaux et Forêts, de la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux avec la mention « Grande distinction » et a réalisé un mémoire de fin d'études intitulé « Étude des odeurs émises par des carcasses de porc (*Sus domesticus* L.) en décomposition et suivi de la colonisation post mortem par les insectes nécrophages ». Elle est d'ailleurs lauréate du prix AIGx 2007.



**Prof. Ir. Éric Haubruege**

M. Éric Haubruege est Vice-Recteur de l'Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech depuis 2009, Professeur ordinaire, responsable de l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive depuis 2003. Il est docteur en Sciences agronomiques et ingénierie biologique de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, aujourd'hui intégrée dans l'Université de Liège. Ses recherches sont centrées sur l'Entomologie. Les principales thématiques de recherche de son unité sont le contrôle des insectes des denrées stockées, l'entomologie forensique, le déprérisement des abeilles, l'écologie chimique et l'interaction plantes-insectes, l'entomologie moléculaire et l'approche protéomique et enfin l'étude des espèces invasives.



**Ir. Christine Frederickx**

Mme Christine Frederickx est Bioingénieur en Protection des végétaux, sortie de Gembloux Agro-Bio Tech, en 2008. Depuis, elle est doctorante F.R.I.A., son projet de recherche a pour but de comprendre l'écologie chimique et comportementale des interactions existant d'une part, entre le cadavre et le para-sitoïde, *Nasonia vitripennis* (Hyménoptère, Pteromalidae) et, d'autre part, entre les insectes nécrophages et ce para-sitoïde.