

UNIVERSITE DE NANTES

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2012

Thèse N° 049

L'ENTOMOLOGIE FORENSIQUE

THESE POUR LE DIPLÔME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*Présentée et
soutenue publiquement par*

Karine MOUGEAT
née le 10/02/1987

Le 29 Octobre 2012 devant le jury ci-dessous :

Président du jury : Monsieur le Professeur Bernard GIUMELLI
Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Gilles AMADOR DEL VALLE
Co-directrice : Madame le Docteur Bénédicte CASTELOT-ENKEL
Assesseur : Monsieur le Professeur Olivier RODAT

Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

TABLE DES MATIERES

I. Introduction

II. Principes et généralités de l'entomologie médico-légale

- II. 1. Définition
- II. 2. Intérêt
- II. 3. Historique

III. Le recyclage de la matière effectué par les insectes au sein de l'écosystème constitué par le cadavre

- III. 1. Processus de décomposition du corps
- III. 2. Entomofaune nécrophage
 - III. 2 a. Les insectes nécrophages
 - III.2.b. Les insectes nécrophiles
 - III.2.c. Les insectes opportunistes
 - III.2.d. Les insectes omnivores
- III. 3. Cycle de développement et biologie de l'insecte

IV. La datation de l'intervalle post mortem par méthode entomologique

- IV. 1. Concernant les intervalles post-mortem courts
 - IV.1.a. Méthode indirecte : détermination de l'âge de l'insecte après métamorphose complète
 - IV.1.b. Méthode directe : détermination immédiate de l'âge de l'insecte
- IV. 2. Concernant les intervalles post-mortem longs
 - IV.2.a. Les escouades selon MEGNIN
 - IV.2.b. Détermination par évaluation du nombre de génération d'insectes

V. Les limites et indications de l'entomologie forensique

- V. 1. Réfutation de la théorie de MEGNIN
- V. 2. Biais de résultats
 - V.2.a. Difficulté d'identification d'une espèce
 - V.2.b. Difficulté d'évaluation de l'âge de l'insecte
 - V.2.c. Difficulté à retracer l'historique des températures
 - V.2.d. Facteurs affectant la colonisation du corps
- V.3 Cas des corps immergés

VI. Conclusion

ENTOMOLOGIE MEDICO-LEGALE

I. Introduction

La datation post-mortem est l'une des thématiques les plus pertinentes de la Médecine et Odontologie légale parce qu'elle permet l'identification de la victime, la détermination des causes et circonstances d'un décès ou encore permet l'obtention de preuve de la culpabilité ou de l'innocence des suspects. Les progrès techniques et l'intérêt des médias ne cessant de croître à l'égard de cette discipline, de nombreuses études sont actuellement menées afin d'affiner l'estimation de la datation post-mortem. Les insectes nécrophages, participant de façon active à la décomposition des cadavres, se sont révélés être de très bons marqueurs temporels et sont ainsi de plus en plus utilisés.

II. Principes et généralités de l'entomologie médico-légale

II. 1. Définition

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

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

II. 2. Intérêt

La détermination du temps écoulé depuis le décès, communément appelée intervalle post-mortem (IPM) peut être établie grâce à l'étude sémiologique de critères thanatologiques comme l'évolution de la rigidité et de la lividité cadavérique (rigor et livor mortis), de la thermométrie du corps, la déshydratation du corps ou même si cette technique reste peu fiable, par le dosage de potassium présent dans l'humeur vitrée de l'œil.

Cependant passé un délai relativement court, la rigidité cadavérique du corps disparaît, les lividités deviennent fixes, la température du corps devient identique à celle extérieure, la concentration de potassium atteint un seuil maximum, empêchant ainsi toute détermination précise de l'intervalle post-mortem. Reste alors au légiste l'état général du cadavre pour estimer l'IPM, mais celui-ci demeure très influencé par de nombreux facteurs (environnements, conditions climatiques, etc.).

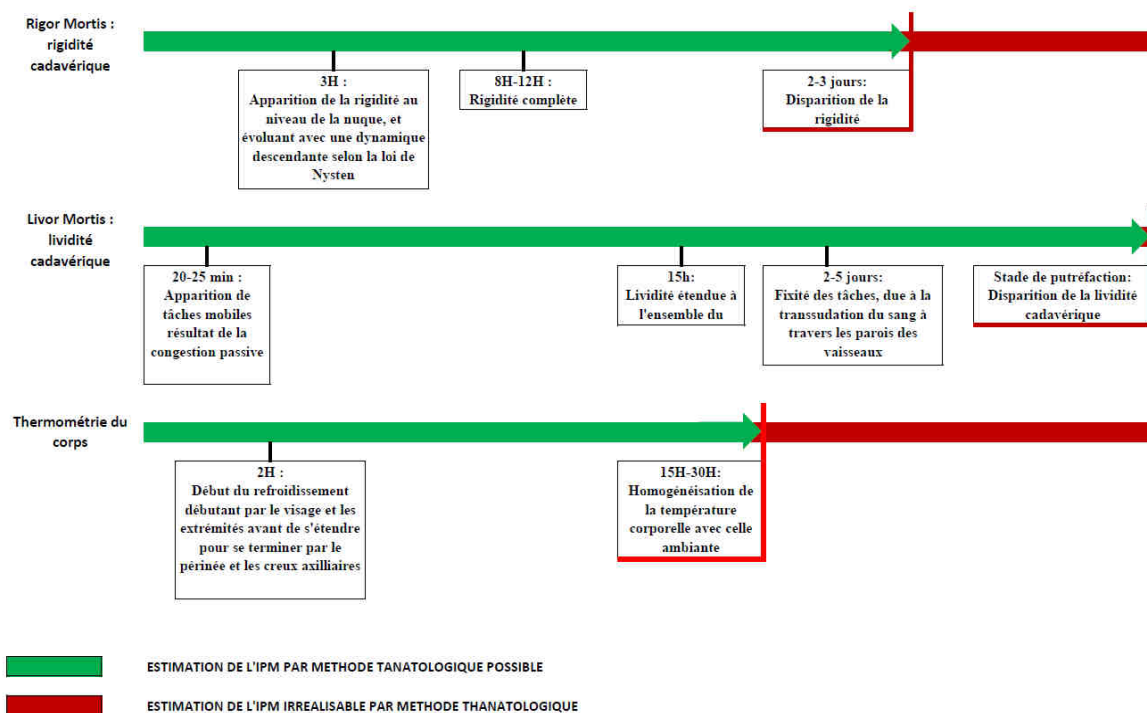


Figure 1 : Evolution des critères thanatologiques en fonction du temps

L'étude des insectes présents sur le cadavre devient donc l'une des solutions les plus pertinentes pour déterminer un IPM (BENECKE -2004 ; SABANOGLU - 2010).

II. 3 Historique

Les premiers balbutiements de l'entomologie médico-légale remontent au XIII siècle en Chine. Il s'agit là de la première enquête criminelle résolue par l'utilisation des insectes. L'assassin, qui avait tué sa victime à coups de hache, a été trahi par la présence de mouches, attirées par les vestiges de sang laissé sur l'arme du crime.

Toutefois, même si on reconnaît aux insectes la particularité d'être attirés par le sang, il faudra attendre jusqu'au XVIIe siècle en Europe pour qu'on admette que ces derniers sont aussi capables de coloniser un cadavre et de l'utiliser comme source alimentaire. En effet jusque là, la présence d'asticots sur un corps sans vie correspondait au courant de pensée du moment, la génération spontanée.

Redi FRANCISCO (1671) fut l'un des premiers à réfuter cette théorie par une série d'expériences visant à prouver que la présence de larves de mouches n'était possible que si le substrat était accessible à celles-ci.

Le recours au temps de développement des insectes présents sur un corps pour dater le décès a ainsi été utilisé pour la première fois en 1850 par le docteur Bergeret dans une affaire d'infanticide. Même si les démarches suivies étaient identiques à celles utilisées aujourd'hui, les conclusions étaient très souvent erronées.

Grâce aux connaissances acquises sur la biologie, les différentes espèces ainsi que sur la distribution des insectes et notamment des diptères Calliphoridae et Sarcophagidae, les techniques en entomologie médico-légale n'ont cessé de se développer et s'affiner depuis la fin du XXème siècle.

III. Le recyclage de la matière par les insectes au sein de l'écosystème constitué par le cadavre

III. 1. Processus de décomposition du corps

La thanatomorphose, qui correspond à l'ensemble des modifications morphologiques post-mortem, est un processus physico-chimique complexe dont l'avancé est dépendant de facteurs intrinsèques (âge du défunt, constitution du corps, cause de la mort, intégrité du cadavre) et de facteurs extrinsèques (température ambiante, humidité, courants aériens, etc...) (CAMPOBASSO et coll. 2001). Il ne s'agit pas là de stades clairement définissables, mais de phénomènes qui se combinent et se superposent.

Le stade initial, appelé phase de dégradation passive, débute quelques minutes après le décès. L'organisme étant privé d'oxygène, le sang va alors s'acidifier et les enzymes cellulaires vont débiter l'autolyse des tissus. Cette dégradation est responsable d'un développement de l'activité bactérienne et parasitaire, lui-même à l'origine de la dégradation des molécules organiques complexes, en gaz et fragments protéiques élémentaires. Le premier signe de cette putréfaction est l'apparition au bout de 48h d'une tâche abdominale verdâtre et d'un gonflement de cette zone sous l'effet des gaz produits. Ces derniers vont être évacués par les voies naturelles ou causer la rupture de l'abdomen.

La phase de dégradation active qui suit, est caractérisée par la dégradation des muscles en acides gras volatils et la formation d'adipocérose à partir des tissus gras. Cette étape dure quelques mois et aboutit à la momification du corps.

Enfin, la décomposition se termine par les os et la peau, processus de minéralisation qui conduit à la substitution des éléments organiques initialement présents en éléments minéraux. Ce phénomène peut selon les facteurs influents durer quelques années.

Pendant toute les phases d'autolyse et de putréfaction, le corps va dégager des odeurs spécifiques, perceptibles ou non par l'homme, mais extrêmement attractives pour les voraces insectes nécrophages.

III. 2. L'entomofaune nécrophage

Les insectes s'inscrivent au sein des arthropodes, animaux invertébrés caractérisés par un exosquelette rigide et la présence de pattes articulées. SMITH (1986) a distingué 4 types d'insectes en fonction de leur mode d'alimentation et de dépendance vis-à-vis du corps inanimé :

a. Les insectes nécrophages

Les insectes nécrophages, grâce à de puissants chimiorécepteurs présents dans leurs antennes, sont dotés d'un odorat très performant leur permettant de détecter l'odeur d'un cadavre frais quelques minutes seulement après le décès, voire parfois même au moment de l'agonie et ce jusqu'à une distance de plusieurs kilomètres. Ils se nourrissent du substrat et l'utilisent pour assurer la subsistance de leurs larves. Les diptères Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae, Fanniidae, Piophilidae et Phoridae, mais aussi les Coléoptères Dermestidae, Silphidae, Cleridae et Nitidulidae, restent les principaux insectes nécrophages présents sur le corps sans vie (WYSS et CHERIX, 2006).

b. Les insectes nécrophiles

Ces insectes ne se nourrissent pas directement du substrat formé par le cadavre, mais sont prédateurs ou parasites des espèces nécrophages. Ce sont principalement des Coléoptères mais il existe aussi des Acariens et des Diptères.

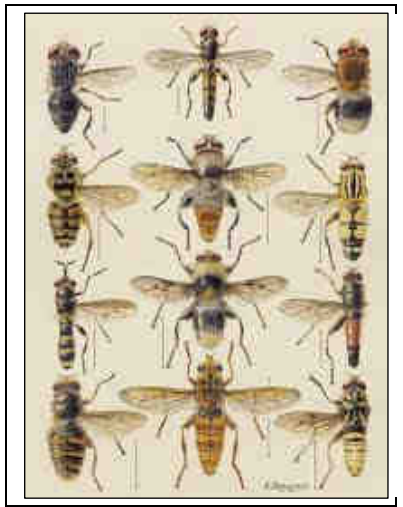


Figure 2 : Planche de Diptères d'Europe, planche d'Eugene Séguy (Muséum national d'Histoire naturelle de Paris)

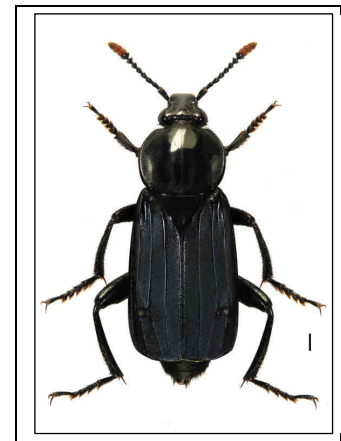


Figure 3 : Coléoptère Necrodes littoralis, famille des Sylphidae (photographie de David Vidoré, www.naturainneustria.blog.fr)

c. Les insectes opportunistes

Ils utilisent le cadavre comme refuge pour étendre leur habitat. On parle ici des chenilles et papillons ainsi que des araignées.

d. Les insectes omnivores

Ces insectes ne sont pas forcément nécrophages mais utilisent le cadavre comme source alimentaire et se nourrissent des poils, tissus, etc. Ils peuvent également se nourrir d'insectes présents. Les principaux omnivores rencontrés sont certains coléoptères, les guêpes et les fourmis.

Dans le domaine de l'entomologie médico-légale, 2 classes d'insectes restent particulièrement intéressantes, les diptères (nom vernaculaire de mouches, taons, moustiques) et les coléoptères (nom vernaculaire de scarabées, coccinelles, lucanes, chrysomèles, hannetons, carabes, charançons). Les espèces de ces ordres sont holométaboles, c'est-à-dire à métamorphose complète, et ptérygotes (les adultes possèdent deux paires d'ailes, avec possibilité de perte secondaire). On peut aussi parfois utiliser les hyménoptères (abeilles, guêpes, fourmis) et les lépidoptères (communément appelés chenilles puis papillon). Ces espèces peuvent être majoritaires et omniprésentes tandis que d'autres sont plus sporadiques.

Les diptères, essentiellement les Calliphoridae et Muscidae, restent plus représentés que les coléoptères ; leur colonisation étant plus précoce et leur développement plus connu, ils restent le meilleur indicateur dans le cadre de l'entomologie médico-légale (ANDERSON - 2005).

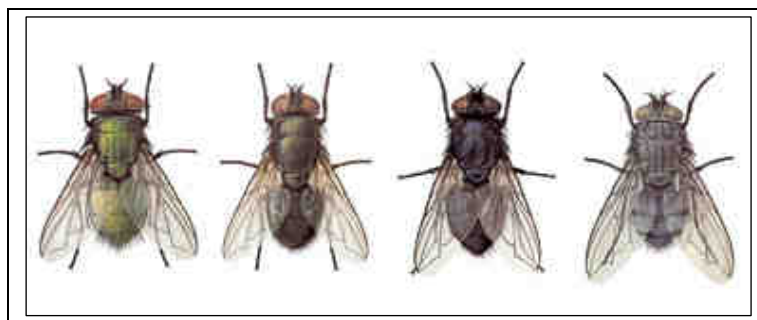
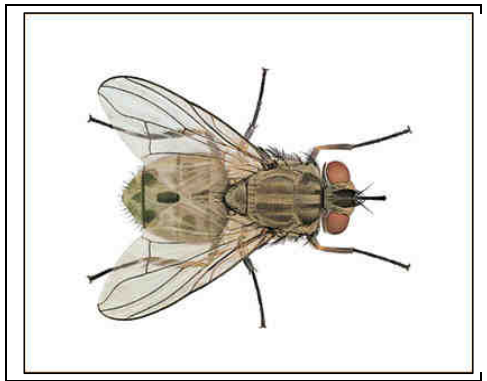


Figure 4 : Différentes espèces de Calliphoridae, planche d'Eugène SEGUY (Muséum national d'histoire naturelle de Paris)



Figures 5 et 6 : Diptères Muscidae, planches d'Eugène Séguéy (Muséum national d'histoire naturelle de Paris)

III. 3. Cycle de développement et biologie de l'insecte

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

Le cycle de développement des diptères (espèce la plus intéressante pour nous en entomologie médico-légale) est holométabolique, ce qui signifie qu'il s'agit d'une métamorphose complète.

Après la ponte, qui se fait préférentiellement dans les orifices humains, les œufs vont éclore pour donner naissance à des larves de premier stade. Celles-ci vont alors muer et croître en larve de second stade puis de troisième stade. C'est à ce moment que les asticots s'éloignent du corps pour s'empurger avant de se transformer en nymphe lors de la nymphose, aussi appelée mue nymphale. A ce stade, la nymphe vit à l'intérieur de son enveloppe et sur ses réserves. Pour devenir un insecte parfait appelé imago, celui-ci devra rompre sa cuticule larvaire (mue imaginale).

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

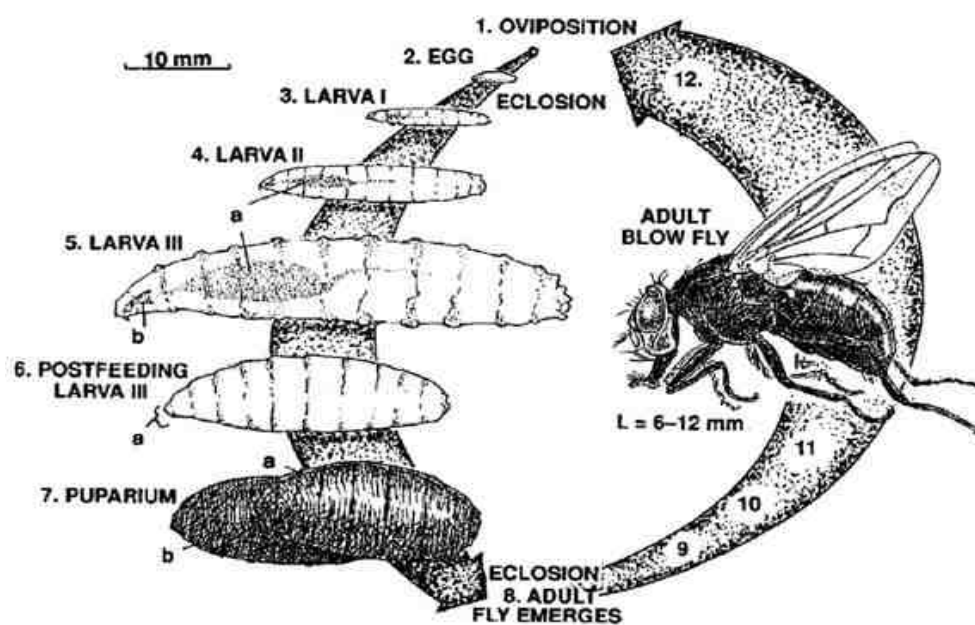


Figure 7 : Cycle de développement des diptères, de l'œuf à l'émergence (extraite du site internet de CHERIX et WYSS, www.entomologieforensique.ch)



Figure 8 : Différents stade de développement d'un diptère (œuf, larve, pupa, imago), photographie du département d'entomologie du Nebraska.

La durée de développement des diptères est connue selon les espèces mais reste très dépendante de facteurs extrinsèques, en particulier de la température avec laquelle il existe une relation linéaire et croissante.

IV. La datation de l'intervalle post mortem par méthode entomologique

Qu'il s'agisse d'évaluer un intervalle post mortem de quelques heures ou de plusieurs mois, la méthode d'analyse reste identique et débute par le prélèvement du matériel entomologique présent sur le lieu de la découverte macabre.

Cette première étape du processus d'expertise, idéalement réalisée par une personne formée, tel un technicien en identification criminelle de la gendarmerie, un technicien de la police ou un médecin légiste, doit répondre à un protocole standardisé (HASKELL et CATTs - 1990, BYRD et COSTNER - 2001).

Le prélèvement qui concerne toutes les espèces et à tous les stades de développement rencontrés, est effectué rapidement et de façon systématique sur le corps et à proximité (les insectes s'éloignant du corps au stade de pré-pupe). Une partie de celui-ci est conservée vivant dans des flacons avec orifices et l'autre est plongée dans de l'éthanol à 70% pour fixer le stade de développement atteint par l'insecte le jour de la récolte. On procède ensuite à l'identification des espèces et l'on détermine si il s'agit d'espèces précoces en cours de développement (IPM court) ou d'espèces qui se sont déjà succédées (IMP long).

Dans les deux cas, il est nécessaire ensuite d'estimer l'âge de l'insecte, afin de déterminer le moment de la ponte grâce à la corrélation existante entre le taux de développement et la température. Sachant qu'il ait pu exister un décalage entre la colonisation et la date du décès, on parle d'intervalle post-mortem minimal (IPM mini).

Comme nous l'avons dit précédemment les larves de diptères, particulièrement des Calliphoridae et Sarcophagidae, sont les plus utilisées comme indicateur médico-légale, mais cela n'exclut pas l'utilisation d'autres représentants de la famille des Diptères (Muscidae, Piophilidae, etc).

IV. 1. Concernant les intervalles post-mortem courts

On considère que l'intervalle post-mortem est court lorsque les premiers insectes colonisateurs sont toujours en développement sur le cadavre. Cet intervalle débute après le décès et se termine généralement quelques semaines plus tard.

a. Méthode indirecte : détermination de l'âge de l'insecte après métamorphose complète

Après prélèvement du matériel entomologique, les insectes sont mis en élevage jusqu'à l'émergence de l'imago. Les larves de diptères extraites vivantes sont ainsi placées sur un substrat nutritif (muscle de bœuf) dans des boîtes de plexiglas contenant un lit de sable favorisant la nymphose, tandis que les pupes sont déposées directement dans des boîtes à insectes vivants. Les élevages sont alors maintenus dans des enceintes climatiques thermo-régulées à 24°C et avec une humidité à 70%.

En partant de l'émergence on calcule pour chaque jour le pourcentage de développement de l'insecte, celui-ci étant en fonction linéaire et croissante de la température. On arrive alors à reconstruire, à l'aide des données météorologiques ayant régné durant l'intervalle post-mortem, la partie de développement avant élevage et évaluer la date de la ponte. En considérant que les insectes aient colonisé le corps dans les heures suivant le décès, on obtient la date à laquelle la victime a perdu la vie.

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

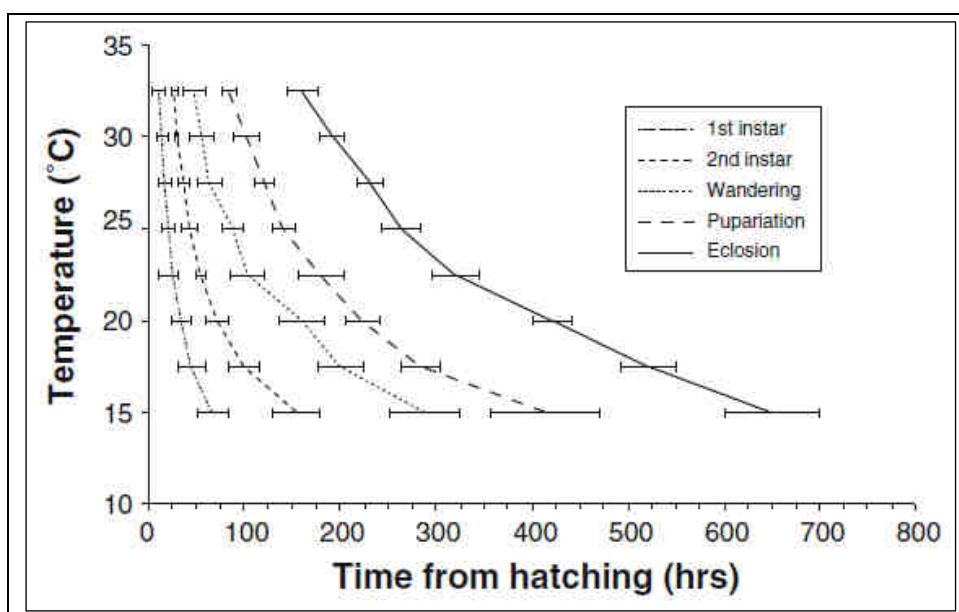


Figure 8: Temps en heure de développement pour chaque stade des diptères Calliphoridae en fonction de la température (AMENDT,COMPOBASSO, HALL et coll., 2011)

b. Méthode directe : Détermination immédiate de l'âge de l'insecte

Il s'agit là d'une méthode plus sophistiquée permettant de déterminer l'âge des larves ou plus communément des insectes en fonction de certains critères morphologiques, anatomiques, hormonaux ou de constitution.

Les plus grandes larves, même mortes, sont ainsi collectées sur le cadavre et ses environs, identifiées et analysées selon le paramètre retenu. En comparant le résultat obtenu à celui standardisé, on va alors pouvoir estimer l'âge de l'insecte et obtenir par la même méthode que précédemment, la date de ponte en corrélant le niveau de développement aux températures enregistrées.

L'un des modèles les plus connus est le modèle à 3 entrées, encore appelé Isomegalen diagram, qui permet de déterminer quasi-instantanément l'âge d'un diptère immature à partir de sa longueur.

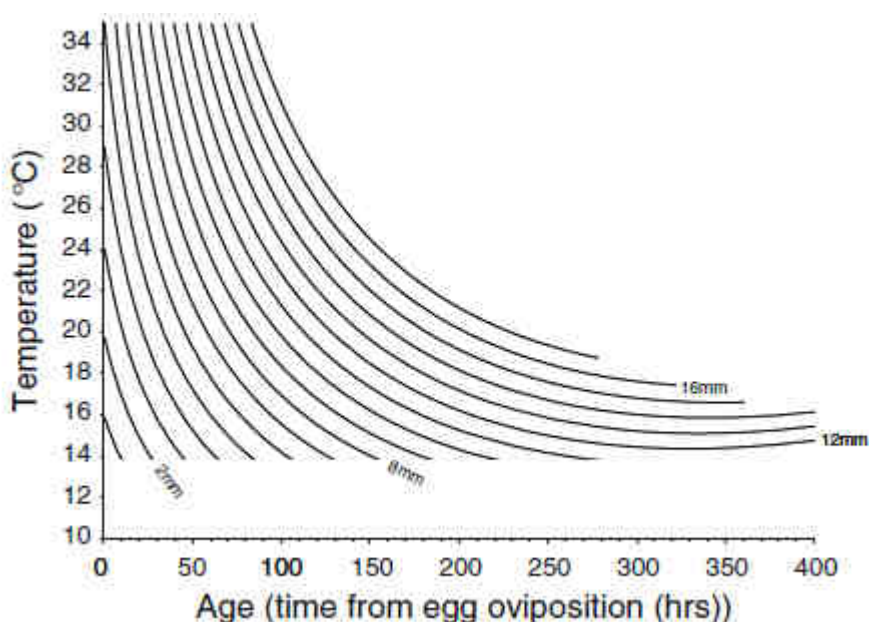


Figure 9: «Isomegalen diagram», graphique à 3 entrées permettant de déterminer l'âge des insectes en fonction de la température et de la taille des larves (AMENDT, COMPOBASSO, HALL et coll., 2011)

	Mouche domestique <i>(Musca domestica)</i>	Mouche bleue <i>(Calliphore vicina)</i>	Mouche verte <i>(Lucilia caesar)</i>	Mouche noire <i>(Sarcophaga carnaria)</i>
1 (ponte)	Œufs	Œufs	Œufs	Larves
1 jours	Éclosion (2 mm)	Éclosion (2 mm)	Éclosion (2 mm)	Éclosion (2 mm)
2 jours	Larve (3 mm)	Larve (5 mm)	Larve (3 mm)	Larve (5 mm)
4 jours	Larve (1 mm)	Larve (7 mm)	Larve (9 mm)	Larve (11 mm)
5 jours	Larve (4 mm)	Larve (6 mm)	Larve (9 mm)	Larve (21 mm)
8 jours	Larve (7 mm)	Larve (13 mm)	Larve (17 mm)	Larve (19 mm)
9 jours	Larve (8 mm)	Larve (8 mm)	Larve (9 mm)	Larve (15 mm)
8 jours	Pupaison (5 mm)	Pupaison (9 mm)	Pupaison (6 mm)	
10 jours				Pupaison (10 mm)
14 jours	Adulte			
20 jours				Adulte

Remarque : L'[incubation](#) des [œufs](#) dure entre 12 h et 24 h lorsque la [température](#) ambiante avoisine 25 °C ; elle est inférieure à 12 h si elle vaut environ 15 °C.

Figure 9 : Comparaison du développement en millimètres des [larves](#) de quelques [mouches](#) en fonction du temps

IV. 2. Concernant les intervalles post-mortem longs

a. Les escouades selon MEGNIN

Jean-Pierre MEGNIN, vétérinaire et entomologiste français du XIX^{ème} siècle remarqua qu'au fur et à mesure de l'autolyse et de la putréfaction du corps, celui-ci dégageait différents composés volatils, caractéristiques d'une phase de décomposition. Les insectes seraient, selon les espèces, attirés par le composé le plus adapté au développement de leur larve. Ainsi, différentes escouades d'insectes se succéderaient sur les cadavres selon un ordre établi.

Pour estimer la date du décès, il suffit alors selon MEGNIN de prélever l'entomofaune nécrophage présente sur le lieu macabre, d'identifier les espèces et les corréliser aux phases de décomposition du corps. Cette théorie a plus récemment été reprise et complétée par ANDERSON, qui précise que les insectes ne sont pas les mêmes non plus selon les saisons et qu'ainsi, en fonction de la composition d'insectes on peut connaître la période de l'année pendant laquelle le corps a été colonisé.

Tableau 1 / Principales espèces de la faune cadavérique se succédant sur un corps. D'après Mégnin (1894) et Smith (1973).			
Faune		Etat du corps	Datation approximative
A. Corps exposés			
1 ^{re} escouade	<i>Calliphora vicina</i> (Diptères, Calliphoridae) <i>Calliphora vomitoria</i> (Diptères, Calliphoridae) <i>Lucilia</i> sp. (Diptères, Calliphoridae) <i>Musca domestica</i> (Diptères, Muscidae) <i>Musca autumnalis</i> (Diptères, Muscidae) <i>Muscina stabulans</i> (Diptères, Muscidae)	« Frais » (variable selon la saison)	3 premiers mois
2 ^e escouade	<i>Sarcophaga</i> spp. (Diptères, Sarcophagidae) ¹ <i>Cyrtomya</i> sp.	Odeur cadavérique développée	3-6 mois
3 ^e escouade	<i>Dermestes</i> sp. (Coléoptères, Dermestidae) <i>Agathidium</i> sp. (Lépidoptères, Pyralidae)	Rancissement des graisses	
4 ^e escouade	<i>Proctos casei</i> (Diptères, Proctilidae) <i>Machia glabra</i> (Diptères, Muscidae) <i>Fannia</i> sp. (Diptères, Fanniidae) <i>Drosophilidae</i> (Diptères) <i>Sepsidae</i> (Diptères) <i>Sphaeroceridae</i> (Diptères) <i>Eristalis</i> sp. (Diptères, Syrphidae) <i>Tachomyia fusca</i> (Diptères, Ephydriidae) <i>Corynetes</i> et <i>Necrobia</i> sp. (Coléoptères, Cleridae)	Fermentation butyrique et fermentation caséique	
5 ^e escouade	<i>Ophyra</i> sp. <i>Phoridae</i> (Diptères) <i>Thyreochoridae</i> (Diptères) <i>Nicrophorus</i> sp. (Coléoptères, Silphidae) <i>Silpha</i> sp. (Coléoptères, Silphidae) <i>Hister</i> sp. (Coléoptères, Histeridae) <i>Saenurus</i> sp. (Coléoptères, Histeridae)	Fermentation ammoniacale et évaporation des fluides	4-8 mois
6 ^e escouade	Acariens	Fluides non absorbés	6-12 mois
7 ^e escouade	<i>Attagenus pello</i> (Coléoptères, Dermestidae) <i>Anthrenus rufescens</i> (Coléoptères, Dermestidae) <i>Dermestes maculatus</i> (Coléoptères, Dermestidae) <i>Tineola bisellata</i> (Lépidoptères, Tineidae) <i>Tineola pellionella</i> (Lépidoptères, Tineidae) <i>Monoleia rusticella</i> (Lépidoptères, Tineidae)	Dessèchement complet	1-3 ans
8 ^e escouade	<i>Ptinus brunneus</i> (Coléoptères, Ptinidae) <i>Tenebrio obscurus</i> (Coléoptères, Tenebrionidae)		3 ans et plus
B. Corps enterrés			
1 ^{re} escouade	<i>Calliphora</i> sp. et <i>Muscina stabulans</i>		
2 ^e escouade	<i>Ophyra</i> sp.		
3 ^e escouade	Phoridae (Concours peut apparaître en surface)		1 an
4 ^e escouade	<i>Rhagochagus parafavocollis</i> (Coléoptères, Rhagochagidae) <i>Philonitus</i> sp. (Coléoptères, Staphylinidae)		2 ans

1. En 1^{re} escouade parfois.

Figure 10 : Tableau des différentes escouades de Mégnin(1894) corrigé par Smith(1973)

b. Détermination par évaluation du nombre de générations d'insectes

Les cadavres dont la découverte fut plus tardive (quelques mois) ont pu être colonisés par plusieurs générations d'insectes qui se sont succédées. La difficulté pour estimer l'IPM est plus grande car il faut connaître le nombre de génération d'insectes et savoir si celles-ci se sont chevauchées ou non. Cette détermination est de ce fait moins précise que celle des IPM courts (WYSS et CHERIX -2006)

V. Les limites et indications de l'entomologie forensique

V. 1. Réfutation de la théorie de MEGNIN

La succession immuable et établie des escouades d'insectes de MEGNIN, bien que longtemps prise comme référence par les entomologistes du monde entier, est désormais largement controversée et remise en cause par de nombreuses études. Dès 1909, A. LACASSAGNE, dans son Précis de Médecine Légale, ajoutait une restriction à la théorie de MEGNIN, à savoir que les différentes escouades ne se suivaient pas et qu'elles pouvaient également se chevaucher.

Plus tard, COLYER (1954), SMITH (1986) et DISNEY (1994) remarquèrent que dans des conditions de corps enfouis, non seulement on ne relevait pas la présence des insectes de la première escouade, mais que de plus les *Conicera Tibialis*, à l'origine classé dans la 5^{ème} escouades ou 3^{ème} pour les corps enfouis, pouvait mettre jusqu'à 5 ans pour coloniser le corps.

LECLERC (1999) constata quant à lui que les Phoridaes pouvaient être présents aux escouades précédentes et même aux dernières escouades pour éliminer les restes tissulaires putréfiés après un intervalle post mortem de plusieurs années.

Les études de WEISS et CHERIX (expérience réalisées entre 1997 et 2003 sur des porcs en milieux ouverts et fermés) ont conforté cette remise en cause du modèle de MEGNIN. Ainsi d'après leur résultat, les espèces de Colliphoridae et de Sarcophagidae correspondant aux premières et secondes escouades, arriveraient sur le cadavre en même temps dès le premier jour. Ces espèces seraient également capables de recoloniser un corps des mois après le décès, si celui-ci a subi une période de grand froid ayant entraîné la perte du matériel entomologique. L'arrivée des différentes espèces de mouches se feraient ainsi de façon aléatoire et on retrouverait dans les 30 premiers jours, des espèces telles que les Muscidae , Phoridae, Piophilidae et Simuliidae, dont la colonisation est plus tardive selon MEGNIN.

La théorie des escouades de MEGNIN, fondée sur l'observation de plusieurs cas au contexte similaire, semble ainsi erronée car elle ne prend pas en compte les différents facteurs susceptibles d'affecter la colonisation (saison, lieu géographique, accessibilité du corps, etc.). La théorie de MEGNIN peut donc être un indice et servir d'appui à d'autres éléments de l'enquête mais ne doit pas être considérée comme une méthode entomologique médico-légale suffisante à la datation d'un corps.

V. 2 Biais de résultats

Les autres méthodes utilisées pour évaluer l'IPM en entomologie médico-légale nécessitent d'identifier l'insecte et d'estimer son âge au moment de la découverte du cadavre, de connaître les températures ayant régné lors de la période de la décomposition du corps et de savoir la relation existante entre ces dernières et le développement de l'insecte.

La moindre erreur concernant l'un de ces paramètres entraîne une évaluation erronée de la date de ponte et, celle-ci correspondant à l'IPM, une répercussion sur ou sous estimée de celui-ci.

a. Difficulté d'identification des espèces

L'évaluation de l'âge d'un insecte est possible car il existe pour une espèce donnée, une corrélation croissante et linéaire entre le taux de développement et la température.

Néanmoins, l'identification d'un insecte s'opérant par observations sous stéréo microscope des caractères morphologiques et biométriques de celui-ci, reste une tâche, qui, même effectuée par des experts, peut se révéler complexe. De nombreuses espèces ont une morphologie similaire et de nouvelles familles sont recensées chaque année. Ainsi confondre 2 espèces peut amener à évaluer une valeur erronée concernant le développement de l'insecte et donc de l'IPM. Aussi pour pallier à cela et identifier avec davantage de précisions les individus nécrophages, des nombreuses études génétiques sont actuellement menées. GUO et coll. se sont intéressés à l'ADN mitochondrial, spécifiquement à la sous unité 1 du cytochrome oxydase et à la portion 16 rADN, comme indicateur moléculaire. Ils ont ainsi procédé à l'analyse de l'ordre des nucléotides sur cette portion de gène après amplification par PCR et électrophorèse capillaire. Si l'ordre de nucléotides analysés correspond à un ordre de référence, cela permet l'identification de l'espèce en question. Toutefois malgré que ces régions semblent avoir un pouvoir discriminant important, d'autres études (étude non publiée de ZEHNER sur ILLUSTRIS) montrent qu'il peut exister des différences allant jusqu'à l'ordre de 3% dans les séquences de nucléotides de mêmes espèces. De plus, ces études ayant toutes été menées sur un échantillon faible d'individus, les erreurs peuvent exister d'où la nécessité de compléter l'étude moléculaire à l'étude morphologique pour une exactitude plus grande.

b. Difficulté d'évaluation de l'âge de l'insecte

- Par méthode directe

Concernant l'estimation de l'âge de l'insecte au moment de sa capture, différents paramètres peuvent être pris en compte.

Pour l'estimation de l'âge à partir de la taille des larves (modèle à 3 entrées), il est nécessaire d'être prudent car il existe une variabilité inter individuelle qui peut être source d'erreur. En effet, il n'est pas rare de constater que deux larves pondues le même jour n'auront pas tout à fait les mêmes dimensions.

D'autre part, il a été observé que la taille des larves diminuait légèrement avant chaque entrée dans un nouveau stade et que les conditions de conservation, comme la nature du milieu et son titrage, par leur impact sur la structure des tissus, avait également une influence sur les dimensions de l'insecte.

C'est pourquoi, dans l'objectif d'améliorer la précision de l'estimation de l'âge de l'insecte, d'autres paramètres sont aujourd'hui exploités : LEVY et BAUTZ se sont basés sur les modifications structurelles des glandes salivaires des larves *Calliphora Vicina* pendant la pupariation tandis que BIRT et BARRIT ont établi une description complète des modifications morphologiques au niveau cellulaire chez *Lucilia Cuprina*.

L'étude la plus complète sur le développement de la mouche à viande de LOWNE, vieille de plus d'un siècle, se voit ainsi dépassée par des modélisations toujours plus poussées. L'équipe de RICHARDS, SIMONSEN, SCHWYN et coll., a montré dans une étude récente (2012) l'intérêt de son modèle informatique, qui en plus de prendre en compte les caractéristiques morphologiques externes, s'intéresse à celles internes de l'insecte pour une modélisation en trois dimensions de l'évolution de celui-ci. L'intérêt est de pouvoir connaître l'âge de l'insecte retrouvé en le comparant à la reconstitution 3D réalisée par ordinateur.

YE et coll, se sont quant à eux penchés sur la composition d'hydrocarbures trouvés sur les cuticules de larves et de pupe, qui varie quantitativement et qualitativement au cours du temps et pourrait ainsi être considérée comme un indicateur temporel.

De même pour les produits volatils émis par les larves et pupes qui connaissent une variation au niveau de la composition et de la quantité au fil du développement ce qui permettrait d'évaluer l'âge des insectes et déterminer ainsi l'IPM (C.FREDERICKX et coll, 2012). Ces études sont toutefois à leur balbutiements et il semblerait qu'encore une fois les résultats soient biaisés car dépendant d'autres facteurs, en particulier génétique et environnementaux. De nouvelles recherches vont prochainement voir le jour en Belgique au sein du Département d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux.

L'analyse génétique est depuis peu également utilisée pour déterminer l'âge des insectes. En effet, la synthèse de certains produits de gène nécessaires à la croissance va croître ou diminuer selon les étapes de développement de l'insecte. En analysant le modèle d'expression du gène, on peut alors le corréler à un stade développement et déterminer l'âge de l'insecte.

- Par méthode indirecte

La principale source d'erreur concernant l'évaluation de l'âge de l'insecte par méthode indirecte est le problème de conservation de l'échantillon. En effet, il est primordial qu'entre la réalisation du prélèvement de l'entomofaune nécrophage et son envoi au laboratoire il soit conservé à température stable et contrôlée, comme il le sera ensuite lors de la culture. Sinon il est impossible de reconstituer l'historique des températures auxquelles les insectes ont été soumis et donc d'estimer leur temps de développement.

c. Difficulté à retracer l'historique des températures

- Recueil délicat des données météorologiques

Les températures enregistrées par les stations météorologiques les plus proches de la scène de crime ne suffisent pas à retracer l'historique des températures. Elles ne prennent pas en compte certains éléments, pouvant influencer notablement sur la température ambiante et celle du corps, tel que l'ensoleillement, l'altitude, le vent, la présence d'humidité, et peuvent fausser ainsi l'estimation de l'IPM. Il est donc nécessaire de relever les températures présentes sur le site après la découverte du corps et de les comparer à celles enregistrées dans les stations météorologiques afin de pondérer les résultats (GOSSELIN et coll, 2006) si l'on veut obtenir une estimation plus fiable.

- Phénomène de grégarisme

Un autre élément doit être pris en compte pour évaluer la température à laquelle ont été soumis les insectes pendant leur développement : le phénomène de grégarisme.

Cet aspect caractéristique du comportement social des larves, est la tendance qu'ont les larves à se regrouper et à former des masses. Ce phénomène s'observe chez toutes les espèces, essentiellement au niveau des plaies ou des orifices du cadavre, zones choisies par la femelle gravide pour leur fragilité et leur humidité, et perdure durant toute la phase d'alimentation active des larves sur le corps. Les larves semblent se rassembler ainsi en réponse à un message chimique délivré par chacune d'entre elles, ou par attraction des défécations (étude de LIU et OFLAHERTY - 2006). Ce phénomène leur permettrait de se protéger des prédateurs et/ou de faciliter la dissolution des substrats.

La conséquence majeure de ce grégarisme est l'augmentation de température locale due à l'activité importante de digestion des larves. Selon les études menées, on constate en effet une augmentation de température au sein des masses pouvant atteindre quasiment 25 degrés et une température à l'intérieur du cadavre pouvant atteindre une cinquantaine de degrés (étude de VILLET et coll). Cette élévation, d'après les expérimentations de WYSS, semble atteindre son sommet lorsque les larves sont de 3ème stade, phase durant laquelle les larves sont les plus voraces et donc la consommation la plus importante. Un feed-back de ce phénomène semble toutefois exister, puisqu'en cas de grande chaleur les larves semblent se dissocier pour réguler l'excès de température alors nocif à leur développement.

Il est important de tenir compte de ce phénomène et des variations de température dont il est responsable car celui-ci pourrait modifier la vitesse de développement des insectes et fausser ainsi l'estimation de l'IPM. Cependant à l'heure actuelle et d'après les dernières études menées, notamment celle de Charabidze Bourel et Gosset, publié en 2011, nous n'avons aucune preuve significative qui affirme que cette hausse de température entraîne un développement plus important des larves.

d. Facteurs affectant la colonisation du corps

Les méthodes utilisées pour estimer la date de décès posent le postulat que les insectes colonisent le cadavre dans les heures suivant le décès. Or encore une fois, nombre sont les paramètres qui retardent ou empêchent la colonisation, et faussent ainsi l'évaluation de l'intervalle post-mortem.

- Accessibilité du cadavre

Comme nous l'avons vu précédemment, les insectes grâce aux signaux olfactifs décèlent la présence d'un cadavre et le colonisent rapidement. Cependant, pour que cette colonisation ait lieu, l'accessibilité du cadavre reste la condition sine qua non. Aussi, dans certains cas où le cadavre se trouve dans un lieu clos, cette colonisation peut être retardée voire impossible.

Des études réalisées en Finlande par JAAKKO et coll. ont par ailleurs affirmé la présence d'un décalage de la colonisation, avec un retard en moyenne de 4 jours pour les cadavres découverts en lieux clos. La présence de barrière physique (porte, filet anti insectes dans les voies d'aération, etc...), les conditions thermiques régnantes (chaleur, absence d'air) ou encore la présence d'éléments plus favorables en extérieur (local poubelle etc...) sont autant d'éléments justifiant ce délai de latence de colonisation.

Le Professeur BROUARDEL, Président de la commission municipale d'assainissement des cimetières, en déterrant des cadavres enterrés à des périodes connues fut ainsi amené à constater que ces derniers étaient bien colonisés par des larves mais que le nombre d'espèces était très réduit par rapport à celui observé sur les cadavres à l'air libre. Cette notion fut par ailleurs reprise par MEGNIN. Plus récemment, l'étude menée par GOFF sur 35 cas à Hawaï a ainsi révélé la pauvreté qualitative des espèces retrouvées sur les cadavres ; contre 22 espèces différentes en moyenne retrouvées sur un cadavre en extérieur seuls 5 ont été prélevées sur les corps en intérieur.

Ceci laisse penser que tous les insectes de l'entomofaune nécrophage n'ont pas les mêmes capacités à pénétrer dans les lieux clos pour coloniser des corps. D'après les résultats *C. Vicina*, *C. Vomitoria linnaeus* et *L. Sericota* semblent être les plus habiles pour accéder aux cadavres résidant dans ces lieux sombres et clos (coffre, sous-sol, cabine isolée, etc...)

Il est donc important de prendre en compte le paramètre de l'accessibilité du corps car celui-ci déterminera la possibilité et la rapidité de la colonisation et donc l'estimation de l'IPM.

- Conditions climatiques

Le développement et les activités biologiques de l'entomofaune nécrophage sont extrêmement influencés par les conditions climatiques.

En effet, au-delà de certains seuils de température, les réactions enzymatiques responsables du développement de l'insecte ne peuvent se faire ou sont ralenties aux abords de ce seuil (le développement n'est alors plus linéaire et décroissant en fonction de la température).

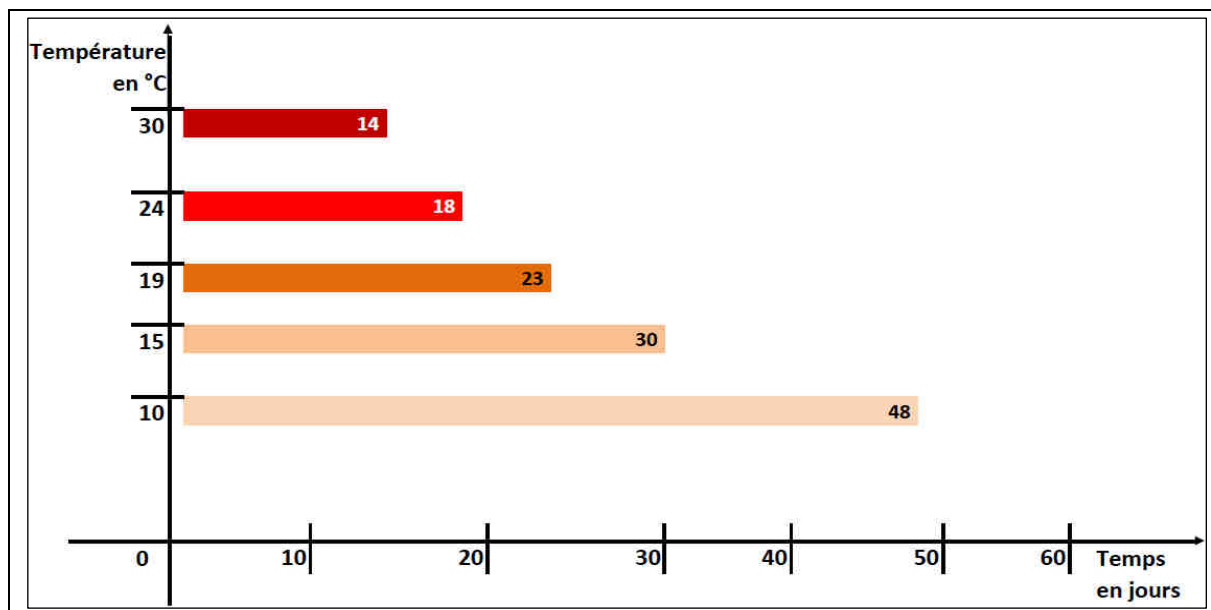


Figure 11 : Temps de développement moyen des diptères en fonction de la température (d’après la Conférence expérimentale sur l’entomologie légale de l’ESPCI Paris Tech)

De même les activités de l’insecte sont souvent réduites lors d’un climat hostile : les précipitations, en plus de modifier l’état du cadavre, diminue les activités des insectes adultes, le vent est défavorable au vol et à l’olfaction, nécessaire à la colonisation, et un manque de luminosité diminue la ponte.

Les observations réalisées affirment même qu’en dessous d’un certain seuil, les insectes ne pondent et ne volent pas. Ainsi, en 1940, DEONIER écrit qu’en général, les espèces *Calliphora* ne pondent qu’à partir de 1 à 7°C ou 4,5 à 10°C, pour WILLIAM (1984), il faut une température minimale de 10°C, supérieure à 5-6°C pour NUERTEVA (1959) pour l’espèce *C. Vomitoria* et *Vicina*, supérieure à 12°C pour ERZINCLIAGLU (1996) et supérieure à 5°C pour WYSS (2006). Même si les températures ne sont pas toutes identiques, les auteurs s’accordent à dire qu’en dessous d’un certain seuil l’activité de ponte et/ou de vol est impossible. Cela semble expliquer l’appauvrissement quantitatif des colonisations sur les cadavres ou le décalage de la colonisation du corps par rapport à la date de décès lors de conditions climatiques extrêmes.

Cependant une étude réalisée par WYSS et coll. en 2000, dans laquelle des œufs de mouches ont été retrouvés sur un corps enseveli sous 50 cm de neige, semble contredire les données précédentes ou du moins, montre les amplitudes thermiques tout à fait extraordinaires de certaines espèces (*Calliphora Vicina* et *Vomitora*) qui sont aptes à déposer leurs œufs dans des conditions locales de températures et d'accès défavorables.

Enfin, les périodes de reproduction n'étant pas les mêmes nous n'avons pas les mêmes insectes et en quantité suffisante toute l'année.

- Utilisation de drogues et de médicaments

Selon les études menées par KANESHRAJAH et TOURNEUR ou GUNATILAKE et GOFF, certaines drogues et médicaments ingérés par le défunt et retrouvés au niveau du substrat, seraient capables de ralentir la colonisation du corps par les insectes et même d'affecter leur vitesse de développement. Certains médicaments comme les dérivés de la morphine ou du paracétamol potentialiseraient ainsi la croissance des insectes. D'après les recherches de GOFF et coll., il en serait de même pour la cocaïne, qui permet d'accélérer à des doses létales, le développement ainsi que pour l'héroïne. Le diazepam quant à lui entraînerait des modifications morphologiques de l'insecte tandis que l'alcool ne semble pas avoir d'effet.

Selon les études, on retrouve des décalages de croissance allant de 18 à 96h selon la substance, l'espèce d'insecte concerné et son stade de développement. Certains auteurs comme WYSS considèrent cependant qu'en moyenne l'utilisation de drogue pré mortem n'entraînerait qu'une différence d'en moyenne 24h, ce qui reste dans la marge de confiance et n'affecte que très peu l'IPM. D'autres (AMENDT et coll.) recommandent toutefois d'être vigilants et de garder à l'esprit que la prise de substances capables de modifier le développement de l'insecte peut être à l'origine d'un IPM sous ou surévalué.

- Phénomène de larviposition

Certaines espèces préférentiellement choisies en entomologie forensique, comme Sarcophagidae et certaines Calliphoridae, ont la particularité de pouvoir maintenir leurs œufs dans les voies génitales de la femelle après fécondation et de déposer directement les larves de premier stade sur le cadavre. Ce phénomène de larviposition peut être une source d'erreur à l'évaluation de l'intervalle post mortem, puisque la détermination de la durée de développement de l'insecte prendra en compte le temps écoulé entre la ponte et le premier stade larvaire alors que celui-ci aura pu être antérieur à la colonisation du corps et donc à la date du décès.

- Le phénomène de diapause

Certaines espèces sont capables, lors de climat très hostile, de stopper temporairement leur développement larvaire en attendant le retour de conditions plus favorables. Ce caractère se transmet de façon facultative par la mère.

Une femelle adulte pourra ainsi, si elle est soumise à des températures extrêmes ou un rythme nyctéméral altéré, transmettre à sa descendance la faculté d'interrompre son développement appelé phénomène de diapause. Encore une fois, on démontre donc l'importance du climat sur le développement des insectes et l'intérêt d'avoir une connaissance exacte des conditions météorologiques afin d'évaluer l'IPM de façon précise.

- Le phénomène de compétition

La surpopulation au sein des masses semble d'après les différentes études menées, être un frein pour le développement des insectes. Non pas, par insuffisance de substrat mais du fait de la difficulté d'accès à la nourriture.

V. 3. Cas des corps immergés

L'évaluation de l'intervalle post mortem par méthode entomologique, dans le cas des corps immergés, reste compliquée. En effet le corps n'est pas accessible à l'entomofaune nécrophage présente dans l'air tant qu'il reste totalement immergé. Il faut attendre l'émergence du cadavre, possible grâce à l'accumulation de gaz produit dans les poumons et le système gastro-intestinal, pour que celui-ci soit colonisé par les mêmes espèces que les cadavres à l'air libre. Sous l'eau, il est toutefois envahi par certains insectes aquatiques d'une grande voracité. Les plus présents sont les trichoptères, insectes apparentés de près aux Lépidoptères (mites et papillons) et adaptés pour la vie en eau douce dans leur stade larvaire, et les Dytiques, coléoptères dulçaquicoles qui vivent sous l'eau aussi bien au stade larvaire que sous leur forme adulte.

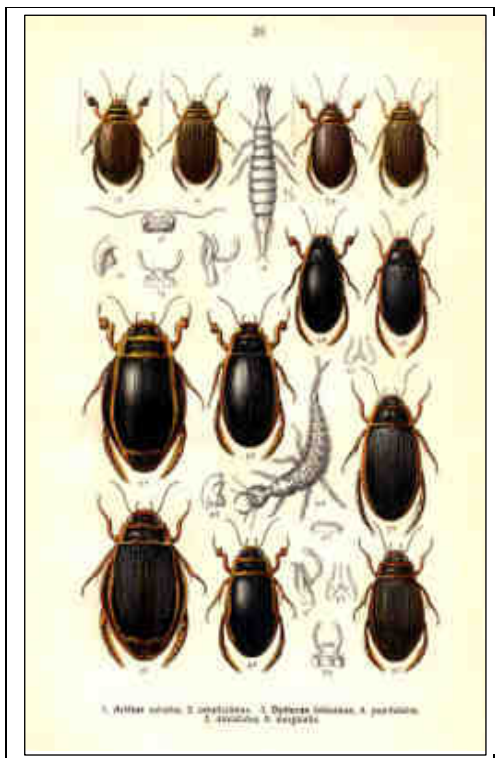


Figure 14 : Dytiques hydrophilidae
(www.wykipédia.fr)



Figure 15 : Larve de trichoptère (extrait de lakahapelle-sous-chaux.fr)

Le temps de remontée du corps à la surface de l'eau dépend principalement de la température de celle-ci : ainsi en été, on compte en moyenne un délai de 2 jours, tandis que des températures glaciales peuvent maintenir un corps immergé 3 semaines voire des mois. Les insectes peuvent dès lors venir coloniser le cadavre au dessus de la ligne de flottaison mais leur activité reste beaucoup plus instable car menacée par les mouvements aquatiques. On compte ainsi un tiers des insectes présents sur un corps à l'air libre.

Le calcul de l'intervalle post-mortem à partir du développement des espèces aquatiques en est à ses balbutiements (seulement quelques études menées sur des porcs immergés au Etats-Unis) et l'utilisation des espèces terrestres nécessite de prendre en compte le temps d'immersion totale et la difficulté rencontrée par l'entomofaune pour coloniser le reste du corps. Aussi, plus particulièrement dans ce cas de figure, il faudra corréliser les indices entomologiques à d'autres pour évaluer de façon plus précise l'IPM.

Le stade de décomposition du cadavre peut être utilisé mais il ne faut pas négliger le fait qu'il est dépendant des caractéristiques de l'eau en présence : salinité, flux aquatique, température, pH. Même si on admet que, d'une façon générale, la décomposition d'un corps immergé est de moitié plus lente qu'à l'air libre, du fait de la température plus fraîche de l'eau et de l'inhibition de l'activité des insectes, celle-ci va ainsi être accélérée par une eau acide, une température élevée, une eau en mouvement ou une forte salinité.

VI. Conclusion

La datation de l'intervalle post-mortem devenant rapidement délicate et imprécise par étude thanatologique, le recours à l'entomologie médico-légale et l'utilisation des insectes comme horloges biologiques apparaît comme une solution pertinente. Toutefois, l'écosystème dans lequel nous travaillons demeure tellement complexe du fait des nombreux paramètres influents (température, pluviométrie, prédation, comportement grégaire, inertie thermique, etc...) qu'il se révèle compliqué d'estimer le taux de développement de l'insecte ainsi que d'évaluer son âge avec certitude au-delà de 50 jours (WYSS 2006). Les études nombreuses sur le sujet ouvrent des perspectives encourageantes mais trop souvent celles-ci sont menées sur de faibles échantillons et dans des conditions non standardisées, ce qui est à l'origine de nombreuses erreurs.

C'est dans ces conditions qu'est né le projet Forenseek, un système informatique d'aide à la décision, qui permet de modéliser le comportement et le développement des larves de diptères nécrophages sur un corps. Ce système multi-agents, issu des recherches en intelligence artificielle distribuée, ouvre des perspectives pour la réalisation future d'expertise assistée par ordinateur.

Références bibliographiques

Référence	Typologie	Niveau de preuve scientifique
1. AMENDT J, COMPOBASSO CP, RICHARD CS et coll (2011).	Revue systématique	Preuve scientifique établie
2. ANDERSON GS (2005).	Analyse d'expert sur la base de données d'autres experts	Présomption scientifique
3. BENECKE M (2004).	Revue systématique	Preuve scientifique établie
4. BOONEN T, BRAET Y, GOSSELIN M et coll(2006).	Etude de cohorte	Faible niveau de preuve
5. BOUREL B et CHARABIDZE D(2007).	Généralités	Preuve scientifique établie
6. BOUREL B, CHARABIDZE D et GOSSET D(2011).	Etude d'observation, données longitudinales	Présomption scientifique
7. BOUREL B, CHARABIDZE D, GOSSET D et coll.(2009).	Etude de cohorte	Présomption scientifique
8. BOUREL B, CHARABIDZE D, DUPONT D et coll(2008).	Analyse d'expert sur la base d'avis d'autres experts	Présomption scientifique
9. BOUREL B, HEDOUIN V et MARTIN BAYER L(1996).	Méta analyse	Preuve scientifique établie
10. BROSTAU Y, DEKEIRSSCHIETER J, FREDERIX C et coll.(2012).	Etude d'observation, données longitudinales avec biais important	Faible niveau de preuve

11. BUGELLI V, DI PAOLO M, GHERARDI M et coll(2011).	Etude cas témoin	Faible niveau de preuve
12. CAI J, CHANG Y, GUO G et coll.(2011).	Etude d'observation, données longitudinales	Faible niveau de preuve
13. CAMPOBASSO CP et INTRONA F.(2001).	Revue systématique	Preuve scientifique établie
14. CATTS EP et HASKELL N.(1990).	Protocole	Présomption scientifique
15 .CHAUVET B, DOUREL L, GAUDRY E et coll(2007).	Revue systématique	Preuve scientifique établie
16. CHERIX D, MICHAUD K, ROMAIN N et coll(2003).	Etude cas témoin	Faible niveau de preuve
17.CHERIX D et WEISS C.(2006).	Etude de série de cas	Faible niveau de preuve
18. ERZINCLIOGLU Z(1996).	Analyse d'expert sur la base d'autres données d'expert	Faible niveau de preuve
19. FANTON L, MASSELOT G, MYSKOWIAK J.B et coll.(2010).	Etude cas témoin	Faible niveau de preuve
20. GOEBELER S, KARHUNEN J, PONJOISMAKI L.O et coll(2010).	Etude comparative non randomisée bien menée	Présomption scientifique
21. GOFF ML, GOODDBROD JR et OMOR AI.(1989).	Etude comparative non randomisée bien menée	Présomption scientifique
22. GOFF ML et LORD J(1994).	Etude série de cas	Faible niveau de preuve

23. HU C, LI K, YE GY et coll(2007).	Etude d'observation, données longitudinales	Faibles niveau de preuve
24. LECLERCQ M.(1978).	Avis d'expert	Faible niveau de preuve
25. LIU S. et OFLAHERTY(2008).	Avis d'expert	Faible niveau de preuve
26. MARCHENKO MI.(1988).	Analyse d'expert sur la base d'autres données d'expert	Présomption scientifique
27. MEGNIN JP(1894).	Avis d'expert	Faible niveau de preuve
28. RICHARD CS, SIMONSEN J, SCHWYN DA et coll.(2012)	Etude comparative non randomisée bien menée	Présomption scientifique
29. RICHARD C.S et VILLET M.H.(2008).	Etude de cas	Faible niveau de preuve
30.SABANOGLU B et SERTO (2010)	Etude de cohorte	Faible niveau de preuve
31. SMITH(1986).	Avis d'expert	Faible niveau de preuve
32. WYSS C(2005).	Avis d'expert	Faible niveau de preuve

Références bibliographiques

1. AMENDT J, COMPOBASSO CP, RICHARD CS et coll.

Forensic entomology : Application and limitation.
Forensic Sci Med Pathol 2011;**7**(4):379-392.

2. ANDERSON GS

Forensic entomology in forensic science, an introduction to scientific and investigative techniques
Boca Raton : Taylor et Francis, 2005.

3. BENECKE M.

Arthropods and Corpses.
Forensic Pathol Rev 2004; **2**(10): 207-240.

4. BOONEN T, BRAET Y, GOSSELIN M et coll.

Forensic entomology: beyond simple temperature measurements.
European Association for Forensic Entomology, annual meeting, Bari(Italie) 2006.

5. BOUREL B et CHARABIDZE D.

Entomologie médico-légale : les insectes au service de la justice.
Insectes 2007;**147**(4):29-32.

6. BOUREL B, CHARABIDZE D et GOSSET D.

Larval-masse effect : characterisation of head emission by necrophageous blow flies (Diptera : Calliphoridae) larval aggregates.
Forensic Sci Int 2011;**11**(2):61-66.

7. BOUREL B, CHARABIDZE D, GOSSET D et coll.

Repellent effect of some household products on fly attractions to cadavers.
Forensic Sci international 2009;**189**(1/3):28-33.

8. BOUREL B, CHARABIDZE D, DUPONT D et coll.

Forenseek : un programme de simulation des développement des insectes nécrophages dédié à l'entomologie médico-légale.
Ann Soc Entomol 2008 ; 44(3) :385-392.

9. BOUREL B, HEDOUIN V et MARTIN BAYER L.

Influence de la température sur la ponte des diptères : applications à l'entomologie médico-légale.
J Méd Lég Droit Méd 1996;**39**(2):3-157.

10. BROSTAUX Y, DEKEIRSSCHIETER J, FREDERIX C et coll.

Volatile organic compounds released by blowfly larvae and pupae : new perspectives in forensic entomology.
Forensic Sci Int 2012;**219**(1/3) :215-220.

11. BUGELLI V, DI PAOLO M, GHERARDI M et coll.

Insects found on a human cadaver in central Italy including the blowfly *Calliphora Loewi* (Diptera, Calliphoridae), a new species of forensic interest.

Forensic Sci Int 2011; **207**(1/3):30-33.

12. CAI J, CHANG Y, GUO G et coll.

Identification of forensically important sarcophagid flies (diptera : sarcophagidae) in China, based on COI and 16s Rdna gene sequences.

J Forensic Sci 2011; **56**(6):1534-1540.

13. CAMPOBASSO CP et INTRONA F.

Factors affecting decomposition and Diptera colonization.

Forensic Sci Int 2001 ; **120**(1/2): 18-27.

14. CATTS EP et HASKELL N.

Entomology and death, a procedural guide.

Clemson, Joyce's Print Shop, 1990.

15 .CHAUVET B, DOUREL L, GAUDRY E et coll.

L'entomologie légale : lorsque insecte rime avec indice.

Méd Lég Biol 2007; **382**(7):23-32.

16. CHERIX D, MICHAUD K, ROMAIN N et coll.

Ponte de *Calliphora Vicina*, *Trobineau-Desvoidy* et de *Calliphora Vomitoria* (Diptères Calliphoridae) sur un cadavre humain enseveli dans la neige.

Rev Int Criminol Police Tech Sci 2003; **1**(3):112-116.

17. CHERIX D et WEISS C.

Traité d'entomologie forensique, les insectes sur la scène de crime.

Lausanne : Presses Polytechniques et Universités romandes, 2006.

18. ERZINCLIOGLU Z.

Blowflies.

Slough: The Richmond Publishing, 1996.

19. FANTON L, MASSELOT G, MYSKOWIAK J.B et coll.

Freshwater invertebrates and Wagner's parsimony method (WPM) : tools for the submersion time estimation of a cadaver found in a natural aquatic environment. Description of a sampling protocol.

Rev Med Lég 2010; **1**: 47-60.

20. GOEBELER S, KARHUNEN J, PONJOISMAKI L.O et coll.

Indoors forensic entomology: colonisation of human remains in closed environment by specific species of sarcosapeopagous flies.

Forensic Sci Int 2010; **199**(1/3):38-42.

21. GOFF ML, GOODDBROD JR et OMOR AI.

Effects of cocaine in tissues of the rate of developpement of Boettcherisca pereguina.
J Med Entomol 1989;**26**(5):91-93.

22. GOFF ML et LORD J.

Entomotoxicology. A new area for forensic investigation.
Am J Forensic Med Pathol 1994;**15**(2): 51-57.

23. HU C, LI K, YE GY et coll.

Cuticular hydrocarbon composition in pupae exuviae for taxonomic differentiation of six necrophageous flies.

J Med Entomol,2007;**44**(3):450-456.

24. LECLERCQ M.

Entomologie et médecine légale : datation de la mort.
Paris : Masson, 1978.

25. LIU S et OFLAHERTY.

Determinants of Maggot Aggregation Behavior in Carrion, 2008.

<http://yjsp.ucdavis.edu/Research06/lius/default.html>.

26. MARCHENKO MI.

Medico-legal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time since death.

Acta Med Leg Soc 1988;**38**(1):257-302.

27. MEGNIN JP.

La faune des cadavres.

Paris : Masson, Gauthier-Villars et fils, 1894.

28. RICHARD CS, SIMONSEN J, SCHWYN DA et coll.

Virtual forensic entomology : Improving estimates of minimum post-mortem interval with 3D micro-computed tomography.

Forensic Sci Int 2012;**220**:251-264.

29. RICHARD C.S et VILLET M.H.

Factors affecting accuracy and precision of thermal summation models of insect development used to estimate postmortem intervals,

European Association for Forensic Entomology, EAFE meeting, Kolymbari(Crete) 2008.

30.SABANOGLU B et SERT O.

Determination of Calliphoridae (Diptera) fauna and seasonal distribution on carrion in Ankara province.

J Forensic Sci, 2010; 55(4):1003-1007.

31. SMITH

A manual of forensic entomology.

London: Trustees of the British Museum (Natural history), 1986.

32. WYSS C.

Entomologie forensique : science ou utopie ?

Sud Ouest Nature 2005;**129** :18-22.

MOUGEAT (Karine).- L'entomologie forensique.
pages ; ill. ; réf. (Thèse. Chir Dent ; Nantes ; 2012)

RESUME

L'entomologie médico-légale, aussi connue sous l'anglicisme entomologie forensique, est une discipline de la Médecine légale utilisant les insectes nécrophages. Considérés comme de véritables horloges biologiques, ces insectes, essentiellement des diptères, permettent d'obtenir des indices sur les circonstances du décès mais surtout d'estimer le délai écoulé entre le décès et la découverte du corps, communément appelé délai post-mortem. En effet, après récolte et analyse du matériel entomologique, selon l'ordre d'arrivée et le stade de développement des insectes, les experts vont pouvoir déterminer la date de colonisation du cadavre et en déduire la date du décès. Cette méthode de datation, contrairement à celle basée sur la modification des critères thanatologiques, peut être utilisée pour des intervalles relativement longs ce qui la rend particulièrement intéressante. Grâce aux progrès techniques et aux connaissances acquises en terme d'entomologie, la datation de l'intervalle post-mortem devient plus précise.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Médecine et Odontologie légale

MOTS CLES MESH

Entomologie -Entomology
Médecine légale -Medicine, forensic
Modifications postmortem - Change, postmortem
Cadavre - Cadavers

JURY

Directeur : Docteur Gilles AMADOR DEL VALLE
Assesseur : Docteur Bénédicte CASTELLOT-ENKEL
Président : Professeur Bernard GIUMELLI
Assesseur : Professeur Olivier RODAT