

Les stomoxes (Diptera : Muscidae) : quelques rappels, nouvelles données et nouvelle méthode de lutte

Gérard Duvallet

Professeur émérite, Université Paul-Valéry Montpellier 3,
Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR 5175-CEFE)
(gduvallet@aol.com)

Résumé

Cette publication tente de résumer une partie des études que nous avons menées depuis une dizaine d'années sur les stomoxes (Diptera, Muscidae) dans différentes régions biogéographiques. Une meilleure connaissance de la biologie et de l'écologie de ces diptères hématophages, ayant un impact important sur la filière élevage, nous permet désormais d'évaluer l'efficacité et la faisabilité sur le terrain de nouvelles méthodes de contrôle, plus respectueuses de l'environnement.

Mots-clés : stomoxes, diptères hématophages, biologie, écologie, lutte.

Abstract

This paper summarizes around 10 years of research on *Stomoxys* flies (Diptera, Muscidae) in different biogeographic regions. We got now a better knowledge of the biology and ecology of these blood sucking flies, which have an important impact on livestock industry. This knowledge enables us to evaluate on the field the efficiency and feasibility of new control methods, more environmentally friendly.

Keywords : *Stomoxys* flies, blood-sucking Diptera, biology, ecology, control.

Introduction

Après plus de 20 ans à étudier en Afrique les glossines (mouches tsétsé) et les trypanosomes qu'elles transmettent, j'ai entrepris, depuis mon retour en France métropolitaine, un vaste programme d'étude et de recherche sur les stomoxes. Ces mouches piqueuses étaient en effet peu connues ; seuls les américains et les canadiens avaient entrepris des recherches approfondies pour contrôler la seule espèce présente dans le Nouveau Monde, *Stomoxys calcitrans* (L. 1758), et des collègues français avaient indiqué les graves nuisances provoquées par les deux espèces présentes sur l'île de La Réunion (Barré, 1981). Et nous avions à notre disposition une revue synthétisant toutes les données accumulées jusque-là (Zumpt, 1973). Ces insectes me sont vite apparus comme un modèle d'étude permettant d'associer des recherches plus fondamentales sur leur origine, leur biologie, leur écologie, et des recherches plus finalisées devant permettre de comprendre leur rôle épidémiologique (simple nuisance et/ou rôle important de transmission d'agents pathogènes) et de tester des méthodes de lutte efficaces tout en étant respectueuses de l'environnement. J'ai tenté de résumer dans cet article les recherches menées à ce jour dans notre laboratoire.

Quelques rappels

Systematique

Après bien des modifications, il semble qu'un consensus place désormais les stomoxes (*Stomoxys* spp.) et genres voisins dans la tribu des Stomoxyini, la sous-famille des Muscinae, dans la famille des Muscidae (Diptera), dont l'espèce principale est la mouche domestique *Musca domestica* L. 1758 (Fig. 1). Cette tribu comprend 10 genres et 52 espèces (Tab. 1) (Zumpt, 1973 ; Pont & Mihok, 2000 ; Pont et Dsouli, 2009). Les genres les plus importants en nombre d'espèces et nuisances pour l'homme et ses animaux domestiques sont les genres *Stomoxys*, *Haematobosca* et *Haematobia*. Le genre *Stomoxys*, originaire de l'ancien monde, comprend 18 espèces, appelées vulgairement stomoxes (nom masculin). Parmi celles-ci, 17 ont une distribution tropicale, en grande majorité africaine ou asiatique, et une seule est cosmopolite *Stomoxys calcitrans*. Cette espèce est plus connue sous le nom de mouche des étables (« stable fly » en anglais), mais aussi de mouche charbonneuse, en raison de son rôle dans la transmission du charbon, y compris à l'homme.

Genres	Nombre d'espèces décrites
<i>Rhinomusca</i> Malloch (1932)	2
<i>Neivamyia</i> Pinto & Fonseca (1930)	5
<i>Bruceomyia</i> Malloch (1932)	1
<i>Parastomoxys</i> Zumpt (1973)	1
<i>Prostomoxys</i> Zumpt (1973)	1
<i>Stygeromyia</i> Austen (1907)	2
<i>Haematobosca</i> Bezzi (1907)	15
<i>Haematobia</i> Lepelletier & Serville (1828)	6
<i>Haematostoma</i> Malloch (1932)	1
<i>Stomoxys</i> Geoffroy (1762)	18

Tab. 1 : Liste des genres et nombre d'espèces connues en 2013 dans la tribu des Stomoxyini (Diptera : Muscidae).

Morphologie

Ces mouches piqueuses, de 3 à 10 mm de longueur, hématophages, ont l'aspect d'une mouche domestique (Fig. 1). Elles s'en distinguent par des pièces buccales adaptées à la piqûre et une nervation alaire différente. L'appareil buccal adapté à la piqûre, ou proboscis (trompe), est dirigé vers l'avant dans l'axe du corps et capable de percer la peau.

Le proboscis (Fig. 2) est composé de 3 longues pièces fortement sclérifiées, non rétractiles : un labium (lèvre inférieure), un labre (lèvre supérieure) et un hypopharynx, formant ensemble deux tubes. La salive est injectée dans le derme de l'hôte par le tube le plus fin, l'hypopharynx, tandis que le sang est aspiré par le tube le plus large formé par le labre et la partie dorsale de l'hypopharynx. Les deux sexes sont hématophages, le sang est nécessaire à leur reproduction mais les mouches s'alimentent aussi de nectar dont les sucres sont nécessaires à l'énergie du vol. Ces pièces buccales, et les antennes, permettent de différencier les 3 genres principaux évoqués plus haut. Dans le genre *Stomoxys*, les palpes maxillaires sont courts, alors qu'ils sont aussi longs que le proboscis dans les deux autres genres. Les antennes permettent de différencier ces derniers : l'arista portée par le troisième article de l'antenne a des soies des côtés dorsal et ventral chez *Haematobosca* et uniquement du côté dorsal chez *Haematobia*.

La partie postérieure de l'abdomen est modifiée pour la reproduction et l'examen à la loupe permet facilement de reconnaître les sexes. Chez le mâle, l'extrémité de l'abdomen est enroulée au repos et cachée ventralement, donnant un aspect arrondi. Chez la femelle, elle constitue l'ovipositeur, rétracté

au repos comme un tube télescopique ; seuls deux cerques caudaux sont visibles, et l'extrémité de l'abdomen est pointue. De plus, comme chez de nombreux diptères, les yeux composés sont beaucoup plus écartés chez les femelles que chez les mâles.

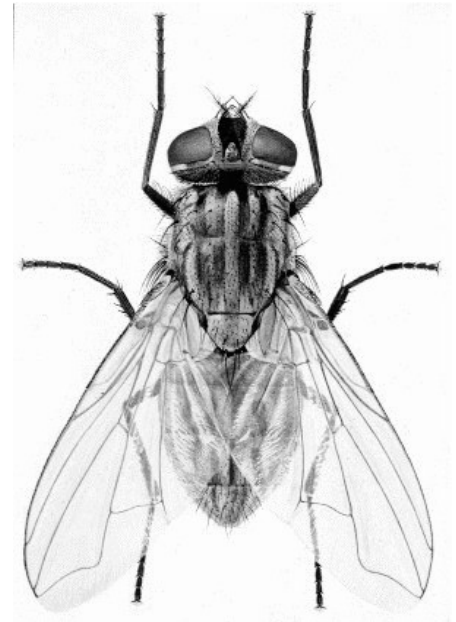
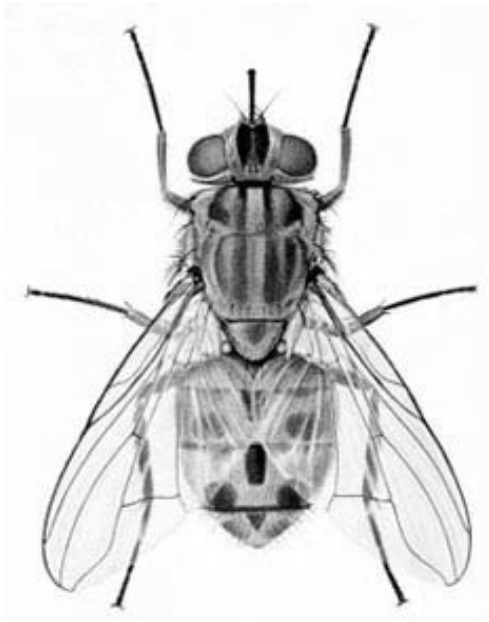


Fig. 1 : *Stomoxys calcitrans* (à gauche) et *Musca domestica* (à droite).

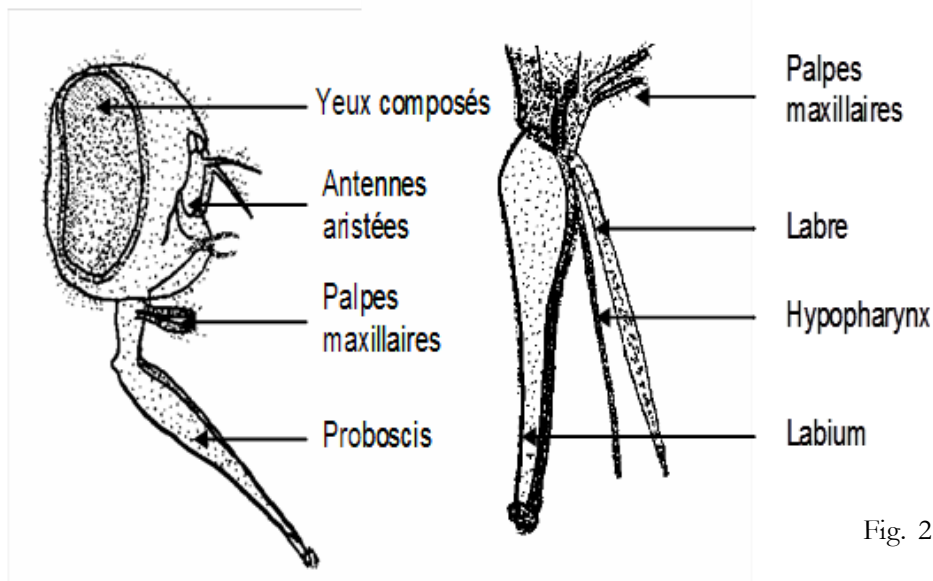


Fig. 2 : Tête et pièces buccales de *Stomoxys* sp., en vue latérale.

Biologie

Les stomoxes sont en général diurnes et piquent avec agressivité. Les hôtes préférés de *S. calcitrans* sont les animaux domestiques : ânes, chevaux, bovins, moutons, chèvres et chiens. En régions tropicales, elles peuvent aussi piquer buffles, chameaux et animaux sauvages (Hafez & Gamal-Eddin, 1959). Chez les bovins, les stomoxes se nourrissent préférentiellement sur la partie inférieure des membres, et on peut obtenir un bon indice d'abondance dans les prairies en comptant les mouches sur les pattes avant à l'aide d'une paire de jumelles. *S. calcitrans* prend en général un repas de sang par jour. En dehors des périodes d'activité, les stomoxes se reposent sur les murs ensoleillés, les palissades ou les végétaux denses (herbacés et arbustes) proches des animaux. Les femelles pondent leurs œufs dans de la matière végétale en décomposition, souvent souillée par les déjections des animaux : tas de fumier,

mais aussi tas de gazon coupé, rouleaux de paille conservant un peu d'humidité, restes d'aliments autour des nourrisseurs dans les prairies, etc. Par contre, les mouches des cornes, *Haematobia irritans*, restent en permanence sur le dos des animaux. On les voit là en nombre, côte à côte, souvent la tête en bas. Lorsque des mouvements péristaltiques du bovin annoncent la sortie prochaine d'une bouse, le groupe d'*Haematobia* se dirige vers l'arrière de l'animal. Et dès que la bouse est déposée, les femelles vont aussitôt y pondre leurs œufs. La nature et la qualité des sites de ponte sont influencées par les pratiques d'élevage (gestion des effluents) et la localisation géographique des exploitations (Meyer & Petersen, 1983).

Le cycle de développement comprend 6 stades principaux. Après accouplement, les femelles pondent des œufs qui éclosent en donnant 3 stades larvaires successifs (asticots). La larve de stade III se transforme en puppe (ou nymphe). Puis un nouvel adulte émerge de la puppe (Fig. 3).

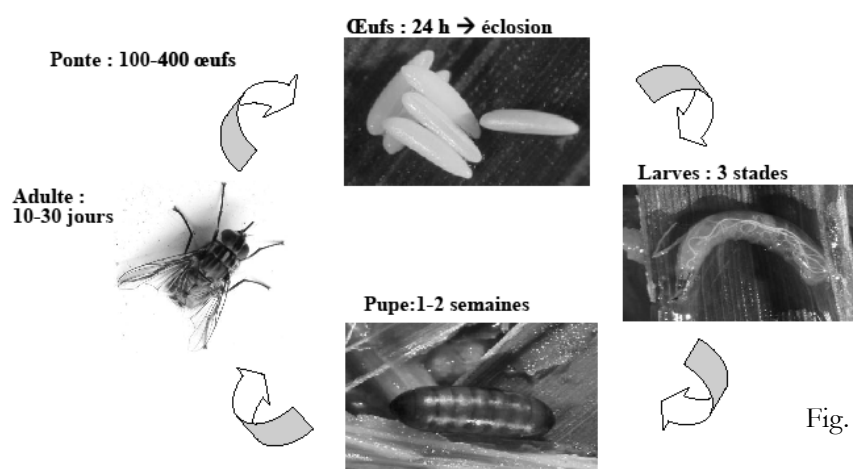


Fig. 3 : Cycle de développement des stomoxes avec les différents stades : œuf (environ 1 mm), larves (jusqu'à 1 cm au stade L3), puppe (4 à 7 mm) et adulte (ou imago).

Les adultes doivent rapidement prendre un repas de sucre pour l'énergie du vol et des repas de sang pour se reproduire avec succès. Les femelles ont besoin de plusieurs repas de sang pour produire des œufs (Killough & McKinstry, 1965).

Chez *S. calcitrans*, le cycle de vie, de l'œuf à l'adulte, dure en moyenne plus de 60 jours à 15°C mais moins de 12 jours à 30°C, la durée minimale étant observée à 31°C (Lysyk, 1998). Les pupes de *S. calcitrans* tolèrent apparemment des températures comprises entre 20°C et 30°C, mais leur mortalité augmente considérablement en dehors de cette gamme de température (Gilles *et al.*, 2005a).

Effets pathogènes

Les stomoxes sont des vecteurs mécaniques de nombreux pathogènes présents dans le sang et les tissus cutanés de leurs hôtes, spécialement le bétail, mais aussi parfois les humains. Pour le bétail, leurs effets directs liés à la piqûre sont principalement le harcèlement des animaux, les lésions de la peau, la réduction de l'alimentation, le stress, la spoliation sanguine et un effet immunosuppresseur global. Pour se protéger mutuellement, les animaux se regroupent, ce qui favorise la transmission d'agents pathogènes. Leur effet indirect est la transmission mécanique de pathogènes. En cas de repas interrompu, lié à

la douleur de la piqûre, les stomoxes peuvent reprendre leur repas de sang sur un autre hôte. En injectant de la salive avant l'absorption de sang, ils peuvent inoculer du sang infecté qui restait sur leurs pièces buccales. En plus de cette transmission immédiate, il a été observé que les stomoxes pouvaient conserver du sang dans leur jabot, où l'environnement est meilleur que l'intestin moyen pour la survie des pathogènes. Ces derniers peuvent être régurgités lors du prochain repas de sang. Ainsi, une transmission retardée semble possible par les stomoxes. Un tel mécanisme, dont il faudrait confirmer expérimentalement l'importance, a une conséquence épidémiologique considérable, puisqu'il permettrait une transmission inter-troupeaux d'agents pathogènes, alors que la transmission mécanique classique ne permet qu'une transmission intra-troupeaux (Baldacchino *et al.*, 2013).

Les stomoxes entraînent ainsi des pertes économiques importantes dans les élevages. Aux Etats-Unis, en 2012, les pertes économiques infligées par les stomoxes à la filière élevage ont été évaluées à 2,2 milliards de dollars par an (Taylor *et al.*, 2012). Dans les régions tempérées, ce sont les effets pathogènes directs qui prédominent. Le harcèlement des animaux par ces mouches pendant la période de pululation les empêche de se nourrir correctement. Les chercheurs canadiens et américains ont estimé que 36 mouches en moyenne par patte avant sur les bovins entraînaient une baisse de 20% du gain moyen quotidien (poids) ; de même une baisse de production laitière de 0,7% par mouche présente a été enregistrée, avec des baisses pouvant aller jusqu'à 40%. En régions chaudes, la transmission de pathogènes s'ajoute aux effets directs. Nous avons publié en 2013 une revue des agents pathogènes transmis par les stomoxes dans le monde en analysant 136 références bibliographiques (Baldacchino *et al.*, 2013). Le tableau 2 synthétise les données connues à ce jour (Tab. 2).

Pour résumer, *S. calcitrans* est reconnu comme hôte intermédiaire de *Habronema sp.*, nématode parasite des muqueuses de la lumière intestinale des chevaux. Mais les stomoxes sont surtout reconnus comme vecteurs mécaniques de trypanosomes (*Trypanosoma evansi*, *T. vivax*, *T. brucei*) en régions tropicales. De même, plusieurs expériences et des observations épidémiologiques indiquent que les stomoxes transmettent mécaniquement l'anaplasmose bovine due à la rickettsie *Anaplasma marginale* et la besnoitiose due au protozoaire *Besnoitia besnoiti*. Les stomoxes ont aussi été incriminés dans la transmission possible des virus de la leucose bovine enzootique, de la dermatose nodulaire contagieuse, de l'herpès bovin, de la peste porcine africaine, de la fièvre de la vallée du Nil, de la stomatite vésiculeuse, de l'anémie infectieuse des équidés, mais il subsiste encore beaucoup d'incertitude et des recherches sont nécessaires (cf. Baldacchino *et al.*, 2013). Autrefois, *S. calcitrans* était connu sous le nom de mouche charbonneuse, car elle est réputée transmettre d'un hôte à l'autre *Bacillus anthracis*, agent causal de la fièvre charbonneuse. Les espèces sensibles sont : ovins, caprins, bovins, équins, carnivores, porcins et Homme (Chantal, 1997).

Données nouvelles

Nous avons eu l'opportunité, au sein de l'équipe « Écologie des Arthropodes et changements globaux » du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), de mener un certain nombre de recherches originales, grâce à plusieurs étudiants qui ont effectué leurs travaux de thèse avec nous.

Phylogénie du genre *Stomoxys*

La systématique phylogénétique ou cladistique, fondée par l'entomologiste Willi Hennig en 1950, propose de retrouver les parentés évolutives entre espèces en les rassemblant en groupes monophylétiques, c'est-à-dire en groupes comportant un ancêtre commun et la totalité des descendants. Pour cela, elle exploite avec un maximum de rigueur le concept darwinien de descendance avec modifications. L'école phylogénétique classe les espèces en fonction de l'âge de leur plus proche ancêtre commun. Aujourd'hui, la classification a pour objectif de retracer l'histoire évolutive ou l'histoire de spéciation des organismes en établissant des arbres phylogénétiques et en estimant le temps de divergence entre

les organismes depuis leur dernier ancêtre commun.

Dans notre laboratoire, Dsouli *et al.* (2011a) ont étudié les relations phylogénétiques entre espèces du genre *Stomoxys* sur des critères morphologiques et moléculaires et ont tenté d'élucider l'histoire évolutive de ce genre. Pour cela, ils ont utilisé les 10 espèces différentes du genre *Stomoxys* (sur les 18 connues dans le monde) que nous avons pu rassembler au laboratoire, ainsi que des espèces appartenant aux genres voisins *Prostomoxys* Zumpt, *Haematobosca* Bezzi et *Haematobia* Lepelletier et Serville. Les relations phylogénétiques ont été inférées en utilisant différentes méthodes (maximum de vraisemblance et méthodes bayésiennes) à partir des séquences de 2 gènes mitochondriaux (COI et CytB) et un gène nucléaire (ITS2).

Parmi les résultats principaux de cette étude, il faut retenir que :

- dans l'ensemble des arbres phylogénétiques obtenus, l'espèce asiatique *Stomoxys indicus* apparaît comme la plus ancienne, toutes les autres étant des espèces sœurs de celle-ci. L'évaluation grossière des temps de divergence indique que le genre *Stomoxys* serait apparu il y a environ 30 millions d'années (Oligocène) dans la région orientale, et non en Afrique comme on le supposait jusqu'à présent. Il y a donc eu des migrations ultérieures entre Asie et Afrique ;
- l'espèce *Prostomoxys saegerae* apparaît dans tous les arbres au milieu des espèces du genre *Stomoxys*. Cela signifie que ce genre *Prostomoxys*, créé par Zumpt pour cette unique espèce en raison d'un seul caractère morphologique (palpes maxillaires aussi long que le proboscis), devrait en fait être réintégrée au genre *Stomoxys* ;
- les sous-espèces *S. niger niger* Macquart et *S. niger bilineatus* Grünberg, pour lesquelles nous avons déjà observé des écologies différentes lors de nos études au Gabon, montrent un temps de divergence d'environ 16 millions d'années. Elles devraient sans doute être considérées comme des espèces différentes.

Il faudrait maintenant pouvoir valider ces résultats par des scénarii biogéographiques plausibles de liaisons entre régions orientale et afro-tropicale.

Phylogéographie de l'espèce cosmopolite *S. calcitrans*

Comme nous l'avons déjà indiqué, seule l'espèce *S. calcitrans*, parmi les 18 espèces connues, est cosmopolite. Au cours de sa thèse Najla Dsouli (2009) a cherché à comprendre les processus gouvernant la distribution géographique de cette espèce. La phylogéographie, en faisant appel à différentes disciplines (génétique moléculaire, génétique des populations, éthologie, démographie, phylogénie, paléontologie, géologie, géographie historique) nous renseigne sur la distribution des différentes lignées génétiques. Le but de ce travail était donc de déduire les processus historiques ayant mené à la structuration génétique et géographique actuelle de *S. calcitrans* dans le monde. Dans cette étude, 20 populations provenant de 6 régions biogéographiques ont été analysées. Les séquences de 3 gènes mitochondriaux (COI, CytB et ND1-16S) et 1 gène nucléaire (ITS2) ont été comparées.

Les résultats montrent une différence importante entre les populations de la région Orientale et celles des autres régions (Afro-tropicale, Paléarctique, Néarctique, Néotropicale et Océanienne). On observe ainsi 2 lignées qui semblent s'être séparées au milieu du pléistocène (Dsouli *et al.*, 2011b).

Ces 2 lignées appartiennent-elles encore à la même espèce ? Il faudrait maintenant établir là aussi des scénarii biogéographiques précisant l'origine de cette espèce et sa distribution à travers le monde. Il s'agit actuellement d'une espèce très anthropophile, vivant à proximité des humains et de leurs animaux domestiques qui les ont suivis dans toutes leurs pérégrinations.

Écophysiologie

A une époque où l'on cherche à connaître les réponses qu'apporteront les différentes espèces aux

Tab. 2. Agents pathogènes associés aux stomoxes.

Agent pathogène	Distribution géographique	Transmission	Association*
Virus			
Anémie infectieuse équine	Cosmopolite	Mécanique	Transmission expérimentale et naturelle, isolement
Fièvre porcine africaine	Afrique, Sardaigne (Italie)	Mécanique	Transmission expérimentale
Fièvre à West Nile	Cosmopolite	Mécanique	Transmission expérimentale, isolement
Fièvre de la Vallée du Rift	Afrique, Moyen-Orient	Mécanique	Transmission expérimentale
Dermatose nodulaire contagieuse	Afrique, Moyen-Orient	Mécanique	Transmission expérimentale, isolement.
Herpes bovin	Cosmopolite	Mécanique	Transmission expérimentale
Leucose bovine	Cosmopolite	Mécanique	Transmission expérimentale
Stomatique vésiculeuse	Amérique	Mécanique	Transmission expérimentale
Bactéries			
<i>Bacillus anthracis</i>	Cosmopolite	Mécanique	Transmission expérimentale et naturelle
<i>Pasteurella multocida</i>	Cosmopolite	Mécanique	Transmission expérimentale
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	Cosmopolite	Mécanique	Transmission expérimentale
<i>Francisella tularensis</i>	Amérique du Nord, Europe, Afrique du Nord, Moyen-Orient, Asie	Mécanique	Transmission expérimentale
<i>Enterobacter sakazakii</i>	Cosmopolite	Biologique et mécanique	Transmission naturelle, isolement et développement.
<i>Dermatophilus congolensis</i>	Cosmopolite	Mécanique	Transmission expérimentale et naturelle

Rickettsies				
<i>Anaplasma marginale</i>		Cosmopolite (Tropiques)	Mécanique	Transmission expérimentale et naturelle, isolement
Protozoaires				
<i>Trypanosoma evansi</i>		Amérique du Sud, Afrique du Nord, Asie, Europe	Mécanique	Transmission expérimentale
<i>Trypanosoma vivax</i>		Amérique du Sud, Afrique	Mécanique	Transmission expérimentale
<i>Trypanosoma brucei</i>		Afrique	Mécanique	Transmission expérimentale, isolement.
<i>Trypanosoma congolense</i>		Afrique	Mécanique	
<i>Besnoitia besnoiti</i>		Amérique du Sud, Europe, Afrique, Moyen-Orient, Asie	Mécanique	Transmission expérimentale et naturelle
<i>Leishmania tropica</i>		Afrique du Nord, Moyen-Orient, Asie	Mécanique	Transmission expérimentale
Helminthes				
<i>Habronema microstoma</i>		Cosmopolite	Biologique	Transmission expérimentale, isolement et développement

* Les types d'association entre agents pathogènes et stomoxes sont décrits ainsi : isolement (agents isolés de stomoxes), développement (comme si les stomoxes étaient des hôtes intermédiaires naturels), transmission expérimentale (transmission d'un agent par un mode d'infection non naturel ou à un hôte inhabituel), transmission naturelle (transmission d'un agent d'un hôte naturel à un autre par exposition aux stomoxes), d'après Krinsky (1976) et Baldacchino *et al.* (2013).

changements climatiques, il est regrettable que peu d'études d'écophysiologie soient menées dans notre pays. Au cours de sa thèse sur l'île de La Réunion, Jérémie Gilles (2005) a cherché à comprendre les différences physiologiques entre les 2 espèces présentes localement : *S. calcitrans*, cosmopolite, vivant dans les hauts de l'île et *S. niger niger*, tropicale, vivant dans les bas au niveau des plantations de canne à sucre. Pour cela l'île de La Réunion est un véritable laboratoire naturel, puisque l'on peut aller des zones tropicales en bordure de l'Océan Indien à des zones tempérées sur les pentes et les hauts des volcans, en moins de 25 kms. Grâce à un laboratoire nouvellement équipé du Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), J. Gilles a pu reconstituer au laboratoire les cycles de vie des 2 espèces à différentes températures (15, 20, 25, 30 et 35°C).

Il a pu alors comprendre que les œufs des stomoxes sont très sensibles aux températures froides, que les pupes sont sensibles aux températures élevées, et que l'optimum de développement pour les stades pré-imaginaux (œufs, larves, pupes) se situe entre 20 et 30°C. La durée de vie de ces stades diminue lorsque la température augmente. De plus, à 15°C, les femelles de l'espèce tropicale présentent une fécondité quasi-nulle alors qu'elle est encore positive pour l'espèce cosmopolite. Toutes ces données permettent de calculer le taux r d'accroissement des populations à chaque température. A 15°C ce taux est positif pour *S. calcitrans* (population encore en croissance) mais négatif pour *S. niger niger* (population en régression). A partir de 25°C, les courbes se croisent : ce taux r est plus élevé pour *S. n. niger* que pour *S. calcitrans*, ce qui montre la meilleure adaptation de *S. n. niger* aux régions chaudes (Gilles *et al.*, 2005a ; 2005b).

A noter que ces données apportent des informations pour un meilleur contrôle de ces mouches. Ainsi, au Canada, il est conseillé de recouvrir les tas de fumier d'une bâche noire pour en augmenter la température et ainsi tuer les pupes de mouches qui seraient présentes.

Dynamique de populations

De nombreux travaux ont été menés au Maroc, au Gabon et en Thaïlande sur les dynamiques journalières et saisonnières d'activité des stomoxes sous différents climats. Nous avons pu ainsi observer :

- que les populations de *S. calcitrans* présentent en France et au Maroc 2 pics d'activité (au printemps et en automne), alors qu'en Thaïlande les mouches sont actives tout au long de l'année avec un pic d'abondance en saison des pluies (Muenworn *et al.*, 2010) ;
- que certaines espèces de stomoxes, notamment *S. indicus* et *S. sitiens* en Thaïlande, étaient plus actives à l'aube et au crépuscule alors que les autres espèces ont une activité diurne (Masmeatathip *et al.*, 2006) ;
- que certaines espèces, notamment *S. calcitrans*, *S. niger niger* et *S. sitiens* étaient très anthropophiles, liées aux activités d'élevage, alors que les autres espèces étaient liées à la faune sauvage. Ces observations ont été faites au Gabon où 8 espèces différentes ont pu être étudiées (Mavoungou *et al.*, 2013b) ;
- que l'espèce *S. xanthomelas* vivait au Gabon dans la canopée des arbres en zone forestière et prenait la majorité de ses repas de sang sur singe (Mavoungou *et al.*, 2013a). Cette observation est très importante d'un point de vue épidémiologique, car cette espèce, qui prend parfois aussi un repas de sang sur homme, pourrait être un vecteur de pathogènes entre les populations de singes et les humains. La région de Makokou, dans l'est du Gabon, où cette observation a été faite, est appelée à un développement important lié à l'exploitation minière. L'augmentation du nombre de contacts singes-stomoxes-hommes pourrait être à l'origine de nouvelles arboviroses émergentes.

Méthodes de lutte

Toutes nos études de dynamique de populations montrent une relation évidente entre la propreté des fermes d'élevage et l'abondance des mouches. La première méthode de lutte est donc environnemen-

tale et porte sur une bonne gestion des effluents de la ferme (fumier, lisier, paille humide, refus alimentaires, etc.). À l'île de la Réunion, un projet de lutte a fait appel à deux autres techniques complémentaires de la gestion des effluents : le piégeage des mouches avec des pièges Vavoua (couleur bleue attractive) d'une part et le lâcher de parasitoïdes qui vont pondre dans les pupes de mouches. A ces techniques respectueuses de l'environnement, s'ajoute souvent l'utilisation d'insecticides. Mais des études récentes sur le campus de l'École nationale vétérinaire de Toulouse (ENVT) montrent que les stomoxes sont devenus résistants à tous les pyréthrinoides commercialisés (Salem *et al.*, 2012). C'est pourquoi nous tentons actuellement, toujours avec nos collègues de l'ENVT et des partenaires américains, d'adapter la technique ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait) à la lutte contre ces mouches. Cette technique a montré son efficacité pour lutter contre des anophèles ou des phlébotomes (Müller *et al.*, 2012). En associant le « spraying » de sucres sur des systèmes attractifs à un insecticide le plus spécifique possible, peu toxique pour les pollinisateurs, on devrait pouvoir contrôler ces populations de mouches autour de leurs gîtes larvaires. Les études sont en cours.

Remarques conclusives

Les stomoxes, mouches piqueuses qui harcèlent les animaux et parfois les humains lors des fortes chaleurs d'été, ont trop longtemps été combattues uniquement à l'aide de pulvérisations d'insecticides. De nombreuses populations de ces mouches sont devenues résistantes aux insecticides les plus utilisés. Une meilleure connaissance de leur biologie et de leur écologie, que nous avons acquise dans différentes régions biogéographiques et sous différents climats, nous permet désormais d'envisager de nouvelles méthodes de lutte plus respectueuses de l'environnement. Le principe étant de piéger les mouches avec des systèmes attractifs les plus sélectifs possibles et de les tuer dans ces pièges avec des produits biocides qu'il n'est plus nécessaire de pulvériser dans la nature.

Références bibliographiques

- Baldacchino F., Muenworn V., Desquesnes M., Desoli F., Charoenviriyaphap T. & Duvallat G., 2013. Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera, Muscidae): a review. *Parasite* **20** : 26-38.
- Barré N., 1981. *Les stomoxes ou « mouches bœufs » à la Réunion. Pouvoir pathogène, écologie, moyen de lutte*. GERDAT-IEMVT, Maisons-Alfort, France.
- Chantal J., 1997. Actualités de l'antrax ou fièvre charbonneuse. *Médecine Tropicale* **57** : 52S -60S .
- Dsouli N., 2009. *Contribution à la phylogénie du genre Stomoxys (Diptera, Muscidae) et à la phylogéographie de Stomoxys calcitrans (L. 1758)*. Thèse, Université Montpellier 3, 140 p.
- Dsouli N., Delsuc F., Michaux J., De Stordeur E., Couloux A., Veuille M. & Duvallat G., 2011a. Phylogenetic analyses of mitochondrial and nuclear data in haematophagous flies support the paraphyly of the genus *Stomoxys* (Diptera: Muscidae). *Infection, Genetics and Evolution* **11** : 663–670.
- Dsouli N., Michaux J., De Stordeur E., Couloux A., Veuille M. & Duvallat G., 2011b. Global population structure of the stablefly (*Stomoxys calcitrans*) inferred by mitochondrial and nuclear sequence data. *Infection, Genetics and Evolution* **11** : 334–342.
- Gilles J., 2005. *Dynamique et génétique des populations d'insectes vecteurs. Les stomoxes, Stomoxys calcitrans et Stomoxys niger niger dans les élevages bovins réunionnais*. Thèse, Université de La Réunion, 140 p.
- Gilles J., David J.-F. & Duvallat G., 2005a. Temperature effects on the development and survival of two stable flies, *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* (Diptera: Muscidae), in La Réunion island. *Journal of Medical Entomology* **42** : 260-265.
- Gilles J., David J.-F. & Duvallat G., 2005b. Effects of temperature on the rate of increase of two stable flies from La Réunion island, *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* (Diptera: Muscidae). *Journal of Medical Entomology* **42** : 959-965.
- Hafez M. & Gamal-Eddin F.M., 1959. On the feeding habitats of *Stomoxys calcitrans* (L.) and *Stomoxys*

- sitiens* Rond., with special reference to their biting cycle in nature. *Bulletin of the Entomological Society of Egypt* **43** : 291-301.
- Killough R.A. & McKinstry D.M., 1965. Mating and oviposition studies of the stable fly. *Journal of Economic Entomology* **58** : 489-491.
- Krinsky W.L., 1976. Animal disease agents transmitted by horse flies and deer flies (Diptera: Tabanidae). *Journal of Medical Entomology* **13** : 225-275.
- Lysyk T.J., 1998. Relationship between temperature and life history parameters of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *Journal of Medical Entomology* **35** : 107-119.
- Masmeatathip R., Gilles J., Ketavan C. & Duvallet G., 2006. First survey of seasonal abundance and daily activity of *Stomoxys* spp. (Diptera: Muscidae) in Kamphaengsaen Campus, Nakornpathom Province, Thailand. *Parasite* **13** : 245-250.
- Mavoungou J.-F., Kohagne T.L., Acapovi-Yao G.L., Gilles J., Ketoh K.G. & Duvallet G., 2013a. Vertical distribution of *Stomoxys* spp. (Diptera: Muscidae) in a rainforest area of Gabon. *African Journal of Ecology* **51** : 147-153.
- Mavoungou J.-F., Picard N., Kohagne L.T., M'batchi B., Gilles J. & Duvallet G., 2013b. Spatio-temporal variation of biting flies, *Stomoxys* spp. (Diptera: Muscidae), along a man-made disturbance gradient, from primary forest to the city of Makokou (North-East, Gabon). *Medical and Veterinary Entomology* **27** : 339-345.
- Meyer J.A. & Petersen J.J., 1983. Characterization and seasonal distribution of breeding sites of stable flies and house flies (Diptera: Muscidae) on eastern Nebraska feedlot and dairies. *Journal of Economic Entomology* **76** : 103-108.
- Muenworn V., Duvallet G., Thainchum K., Tuntakom S., Tanasilchayakul S., Prabaripai A., Akratanakul P., Sukonthabhirom S. & Chareonviriyaphap T., 2010. Geographic distribution of stomoxysine flies (Diptera: Muscidae) and diurnal activity of *Stomoxys calcitrans* in Thailand. *Journal of Medical Entomology* **47** : 791-797.
- Müller G.C., Hogsette J.A., Beier J.C., Traore S.F., Toure M.B., Traore M.M. Bah S., Doumbia S. & Schlein Y., 2012. Attraction of *Stomoxys* sp. to various fruits and flowers in Mali. *Medical and Veterinary Entomology* **26** : 178-187.
- Pont A.C. & Dsouli N., 2009. A new species of *Haematobosca* Bezzi from Gabon (Diptera, Muscidae). *Studia dipterologica* **15** : 259-266.
- Pont A.C. & Mihok S., 2000. A new species of *Haematobosca* Bezzi from Kenya (Diptera, Muscidae). *Studia Dipterologica* **7** : 25-32.
- Salem A., Bouhsira E., Liénard E., Bousquet Melou A., Jacquiet P. & Franc M., 2012. Susceptibility of two European strains of *Stomoxys calcitrans* (L.) to Cypermethrin, Deltamethrin, Fenvalerate, λ -cyhalothrin, Permethrin and Phoxim. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine* **10** : 249-257.
- Taylor D.B., Moon R.D. & Mark, D.R., 2012. Economic impact of stable flies (Diptera: Muscidae) on dairy and beef cattle production. *Journal of Medical Entomology* **49** : 198-209.
- Zumpt F., 1973. *The Stomoxysine biting flies of the world. Taxonomy, biology, economic importance and control measures*. Gustav Fischer Verlag, 175 p. Stuttgart.