TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS 1
TABLE DES MATIERES 3
TABLES DES ILLUSTRATIONS 5
INTRODUCTION 7
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 10
1. Systématique 11
2. Répartition mondiale 11
3. Morphologie 12
4. Cycle biologique 16
5. Activité trophique 19
6. Dynamique des populations 23
7. Nuisances 24
8. Moyens de lutte 28
MATERIELS & METHODES 37
1. Première partie: comparaison de quatre systèmes de piégeage de *Stomoxys calcitrans* 38
1. 1. Sites de capture 38
1. 2. Types de pièges utilisés (fig. 14) 39
1. 3. Protocole expérimental 41
2. Deuxième partie: évaluation d'une méthode de lutte: ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait) sur *Stomoxys calcitrans* 43
2. 1. Efficacité des produits en laboratoire 43
2. 2. Les sites du dispositif de contrôle des stomoxes sur le terrain 45
2. 3. Le dispositif ATSB 46
RESULTATS 47
1. Comparaison de l'efficacité et de la spécificité de 4 pièges sur *Stomoxys calcitrans* 48
2. Etude de l'efficacité de la méthode ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait) sur *Stomoxys calcitrans* 53
2.1. Tests en laboratoire 53
2.2. Sur le terrain 54
DISCUSSION 57

1. Comparaison des 4 systèmes de piégeage 58
2. ATSB: une nouvelle méthode de lutte contre les stomoxes 60
CONCLUSION 63
BIBLIOGRAPHIE 665

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: *Stomoxys calcitrans* & *Musca domestica* 12

Figure 2: pièces buccales de *Stomoxys calcitrans* 13

Figure 3: sexage de *Stomoxys calcitrans* se basant sur l'index frontal 14

Figure 4: (A) abdomen femelle vue ventrale (B) dorsal de l'oviscapte 144

Figure 5: sensibilité et attractivité visuelle de *Stomoxys calcitrans* 15

Figure 6: cycle de développement de *Stomoxys calcitrans* 156

Figure 7: Influence de la température sur la durée moyenne de développement de *Stomoxys calcitrans* de l'œuf en imago 17

Tableau 1: Données de différentes études sur l'influence de la température sur la durée moyenne de développement de *Stomoxys calcitrans* de l'œuf en imago 17

Figure 8: localisation des sites de piqûres préférentiels 20

Figure 9: dynamique de population de *Stomoxys calcitrans* observée en 2009 sur le site de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse à l'aide des pièges Vavoua et courbes de température en °C (maximales, minimales et moyennes) (Rouet, 2011) 242

Figure 10: nuisances provoquées par *Stomoxys calcitrans* 244

Tableau 2: Agents pathogènes et maladies transmis au bétail par *Stomoxys calcitrans* 27

Figure 11: piège Vavoua 29

Figure 12: pièges EZ (à gauche) et BiteFree (à droite) 31

Figure 13: les 4 emplacements des pièges sur le site de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse 388

Figure 14: les différents pièges testés 40

Tableau 3: disposition des pièges en carré latin pour les 4 séries de piégeage 41

Figure 15: dispositif pour l'évaluation de l'efficacité des produits sur des stomoxes d'élevage en laboratoire 444

Figure 16: les sites pour l'étude de l'ATSB 455

Figure 17: dynamique de population de *Stomoxys calcitrans*, courbes de températures (minimale, moyenne, maximale en °C) et précipitations quotidiennes (mm) 488

Tableau 4: matrice de corrélation entre le nombre de stomoxes capturé par tous les pièges confondus et les données climatiques 49

Figure 18: figure d'analyse des données climatiques et du nombre de stomoxes capturés chaque jour en composantes principales 49

Figure 19: dynamique de population de *Stomoxys calcitrans* et sex-ratio 500

Figure 20 & 21: analyse de la répartition des sexes par piège et par emplacement 511

Figure 22: nombre de stomoxes (S) et de pollinisateurs (P) (Hyménoptères et Syrphidés) capturés par les différents type de piège 511

Figure 23: nombre de stomoxes (S) et d'insectes pollinisateurs (P) (Hyménoptères et Syrphidés) capturés aux différents emplacements 522

Figure 24: mortalité observée de stomoxes nourris de la solution sucrée Ecobait seule, ou de la solution Ecobait+spinosad, ou de la solution Ecobait+Natural Active Ingredients 533

Figure 25: suivi de la population de stomoxes et des données météorologiques du 4 septembre au 13 novembre 2013 544

Figure 26: étude de l'impact du système de lutte sur la capture de stomoxes 555

Figure 27: comparaison du nombre de stomoxes mâles et femelles du 4 septembre au 13 novembre 2013 566

INTRODUCTION

De nombreux insectes hématophages parasitent le bétail. Parmi eux, on trouve *Stomoxys calcitrans*, seule espèce cosmopolite de stomoxes; les 17 autres espèces du genre *Stomoxys* sont présentes en régions tropicales uniquement. *Stomoxys calcitrans* constitue un véritable fléau dans les élevages bovins laitiers comme allaitants. Cet agent de nuisance est responsable de pertes économiques considérables, directes et indirectes. Les piqûres douloureuses des mâles et des femelles occasionnent des lésions cutanées, une spoliation sanguine, un stress, un effet immunosuppresseur accompagnés d'une diminution de la prise alimentaire et des productions. En cas de repas interrompu, ils peuvent transmettre mécaniquement des agents pathogènes.

Plusieurs méthodes de lutte ont déjà été envisagées: chimiques (par application de produits sur les animaux ou l'environnement), biologiques (avec des lâchers de parasitoïdes), mécaniques (plusieurs types de pièges ont déjà été utilisés). La recherche dans ce domaine est toujours active -que ce soit pour les stomoxes ou pour d'autres insectes piqueurs également responsables de nuisances- car, à l'heure actuelle, aucune solution ne semble être totalement satisfaisante. Le premier critère à prendre en compte dans une telle lutte est l'efficacité, c'est-à-dire une forte réduction des populations. Mais tout aussi importants sont les aspects économiques, environnementaux, et la facilité d'utilisation en élevage.

Une nouvelle méthode a été testée sur les Anophèles et les Culicidés, autres insectes hématophages nuisibles pour le bétail ou vecteurs de pathologies chez l'homme. Cette méthode s'appelle ASTB, pour Attractive Sugar Toxic Bait. Il s'agit de produits constitués d'un mélange d'une solution sucrée pour stimuler l'appétit de ces vecteurs, un parfum de fruit ou de fleur pour les attirer, et d'un insecticide. Mais, jusque là aucune étude n'a été menée pour les stomoxes, alors que ces insectes, bien qu'hématophages, se nourrissent également de nectar.

Cette étude présente deux objectifs:

- en premier lieu il s'agit de tester 4 systèmes de piégeage et d'évaluer leur efficacité et leur spécificité vis-à-vis des stomoxes.

Cette première partie servira d'étude préalable pour la deuxième partie, qui utilisera le système attractif identifié comme le plus efficace et le plus spécifique.

- dans un deuxième temps, on évaluera l'efficacité du couple système attractif et produits ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait). Il s'agit de voir ici, si cette nouvelle méthode peut apporter une contribution intéressante à la lutte contre les stomoxes. Cette méthode sera également testée en Thaïlande et, plus tard, au Maroc.

Dans une première partie, on rappellera des éléments de biologie des stomoxes, les nuisances occasionnées et les méthodes de lutte déjà utilisées avant d'exposer dans les parties suivantes l'étude réalisée.

Rapport-Gratuit.com

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Systématique

Position taxonomique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement	Hexapoda/Mandibulata
Classe	Insecta
Sous classe	Pterygota
Ordre	Diptera
Sous ordre	Brachycera
Section	Cyclorrhapha
Famille	Muscidae
Sous famille/Tribu	Muscinae/Stomoxyini
Genre	*Stomoxys*
Espèce	*Stomoxys calcitrans*

Les stomoxes sont des Arthropodes, Insectes, Diptères, appartenant à la famille des Muscidae, sous-famille des Muscinæ et à la tribu des Stomoxyini. Cette tribu regroupe dix genres dont les genres *Stomoxys*, *Haematobia* et *Haematobosca*. Le genre *Stomoxys* compte 18 espèces (Zumpt, 1973).

2. Répartition mondiale

Parmi les 18 espèces du genre *Stomoxys*, seule *Stomoxys calcitrans* est cosmopolite, les 17 autres sont tropicales: 12 espèces sont retrouvées en région éthiopienne (Afrique et îles voisines) (*S. niger, S. varipes, S. ochrosomus, S. inornatus, S. boueti, S. transvittatus, S. pallidus, S. luteolus, S. xanthomelas, S. omega, S. stigma, S. taeniatus*), 4 en région orientale (Asie, Extrême-Orient) (*S. indicus, S. uruma, S. bengalensis, S. pullus)* et une espèce, *Stomoxys sitiens*, est présente dans les deux régions biogéographiques.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3. Morphologie

La morphologie des stomoxes est très proche de celle de la mouche domestique *Musca domestica* (taille, couleur, antennes similaires).

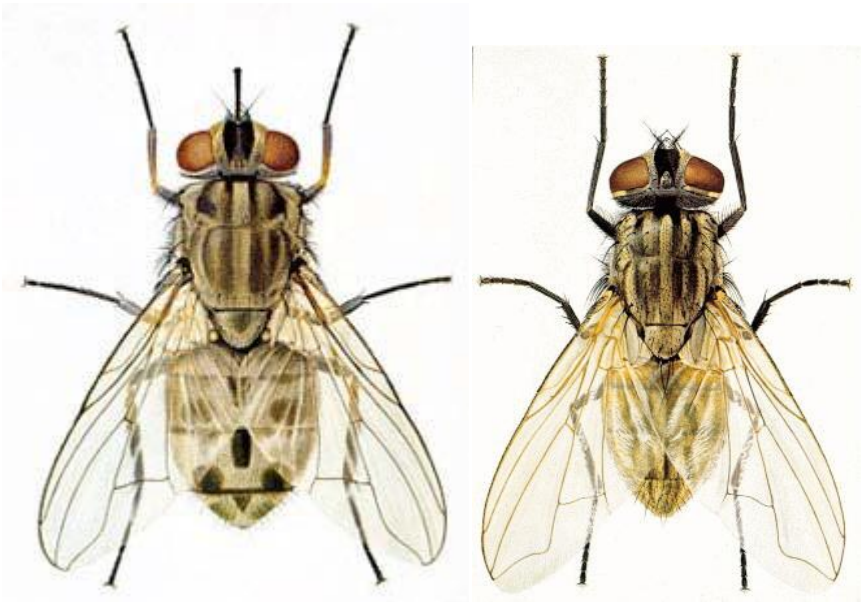


Figure 1: *Stomoxys calcitrans* & *Musca domestica*

sources: emfparacitarias.blogspot.ro; Agriculture and Agri-food Canada

La principale différence se situe au niveau de l'appareil buccal (fig. 1). Celui des stomoxes est de type piqueur. Leur proboscis est long, rigide, non rétractile, porté horizontalement vers l'avant dans l'axe du corps. Il est 2 fois plus long que les palpes maxillaires, ce qui les différencie des autres genres de Stomoxyini.

Le proboscis est composé de trois longues pièces fortement sclérifiées (fig. 2): le labium, le labre et l'hypopharynx. Le labium entoure les deux autres pièces qui forment deux tubes. Un premier tube correspond au canal salivaire, formé par l'hypopharynx, le deuxième correspond au canal alimentaire formé par le labre et la partie dorsale de l'hypopharynx (Zumpt, 1973).

Mâle et femelle sont hématophages et la piqûre est douloureuse.

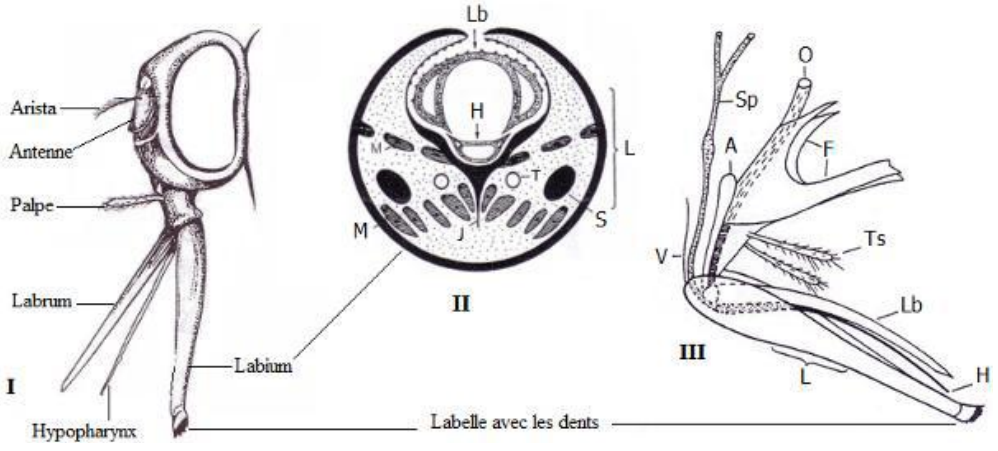


Figure 2: pièces buccales de *Stomoxys calcitrans*

(I) Tête vue de profil, (II) Proboscis en coupe transversale, (III) Pièces buccales en vue latérale (L) labium, (H) hypopharynx, (Lb) labre, (Ts) palpes, (V) membrane entre le proboscis et la capsule céphalique, (A) apodème, (F) fulcrum, (Sp) glande salivaire, (O) œsophage, (T) trachée, (J) endosquelette, (S) tendon des labelles, (M) muscles, (d'après Zumpt, 1973).

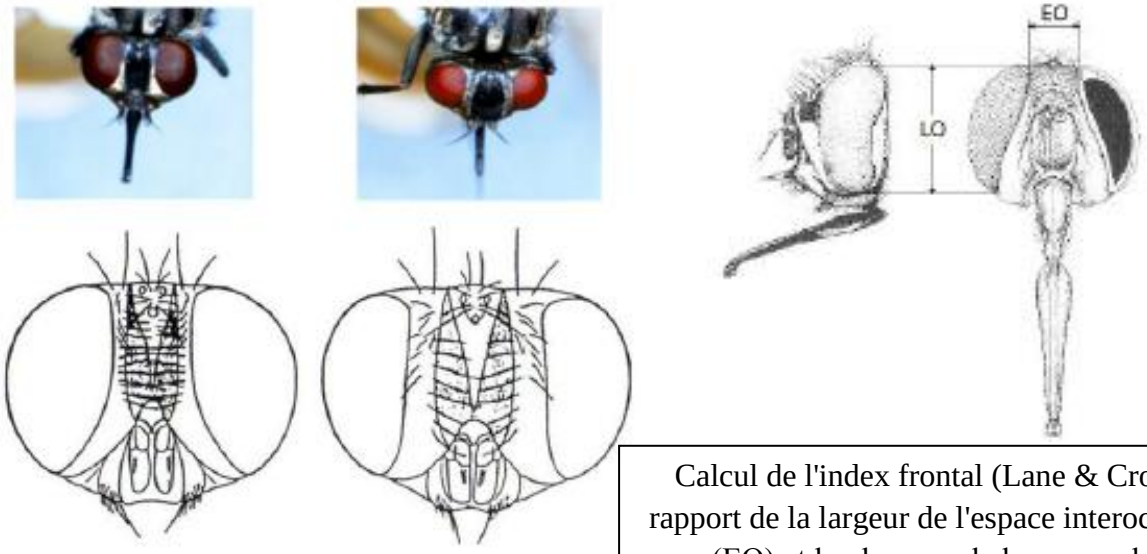
L'imago de *Stomoxys calcitrans* mesure de 4 à 7 mm de long.

La tête porte 2 yeux composés, plus rapprochés chez les mâles que chez les femelles, une paire d'antennes avec arista, des ocelles (ou yeux simples) et les pièces buccales décrites ci-dessus.

Le thorax est gris sombre avec 4 bandes noires longitudinales dessinées dorsalement. Il est composé de trois articles portant chacun une paire de pattes. Le deuxième segment porte la première paire d'ailes, membraneuses, disposées en V majuscule inversé au-dessus de l'abdomen au repos. Le troisième porte la deuxième paire d'ailes, réduites à des balanciers ou haltères.

L'abdomen est gris avec des tâches brunes dessinant un damier caractéristique (Zumpt, 1973).

Le sexage peut être réalisé à partir de l'index frontal (fig. 3). Il s'agit du rapport entre la largeur de l'espace interoculaire au vertex et la plus grande longueur de l'œil. L'écartement des yeux au niveau de l'apex de la tête et l'index frontal sont moins importants chez le mâle (0.3 à 0.4) que chez la femelle (0.5 à 0.6) (d'après A. Salem, 2012).



Calcul de l'index frontal (Lane & Crosskey, 1993): rapport de la largeur de l'espace interoculaire au vertex (EO) et la plus grande longueur de l'œil (LO)
⇨ mâle: 0.3 à 0.4; femelle: 0.5 à 0.6

e

Figure 3: sexage de *Stomoxys calcitrans* se basant sur l'index frontal (d'après A. Salem, 2012)

Lors du sexage à partir de l'espace interoculaire, un doute peut persister pour certains individus. Ce qui permet de les différencier avec certitude est leur appareil génital, constitué par le dernier segment abdominal qui a été transformé. Le mâle possède un *aedeagus*, ou organe d'intromission, qui au repos est partiellement enfermé dans la poche génitale, donnant un aspect arrondi de l'extrémité de l'abdomen. Chez la femelle, les segments terminaux forment un oviscapte tubulaire télescopique dont on ne voit que les cerques au repos (fig. 4).

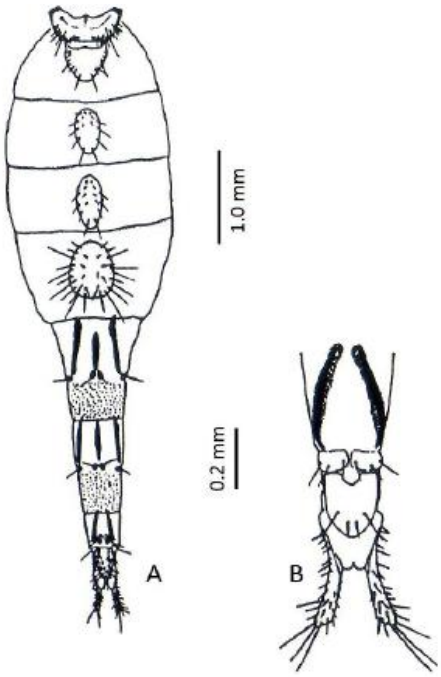


Figure 4: (A) abdomen femelle vue ventrale (B) dorsal de l'oviscapte (d'après Zumpt, 1973)

Comme la majorité des insectes, *Stomoxys calcitrans* possède deux types d'yeux (Peterson *et al*., 1916; Ranade, 1970):

- deux yeux composés, un de chaque côté de la tête en partie antérieure,
- trois ocelles en position dorsale sur le sommet de la tête et le front.

Les yeux composés ont des récepteurs spécialisés qui permettent de détecter les mouvements, les contrastes et les couleurs, tandis que les ocelles détectent la luminosité et la variation des rythmes circadiens (Horridge, 1975).

Les stomoxes ont un pic important de sensibilité et d'attractivité aux longueurs d'onde comprises entre 450 et 550nm (correspondant aux couleurs bleu/vert), un pic secondaire dans les longueurs d'onde proches des UV, vers 360 nm et un plateau de faible sensibilité visuelle à 625 nm (Agee, 1983). C'est-à-dire que les stomoxes distinguent et sont particulièrement attirés par les couleurs bleues/vertes et les rayonnements ultraviolets, mais très peu par les couleurs rouges.

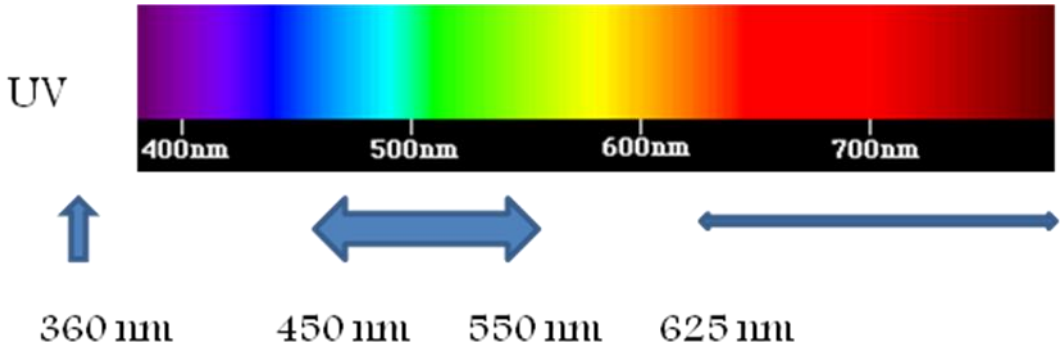


Figure 5: sensibilité et attractivité visuelle de *Stomoxys calcitrans*

Les stomoxes sont plus attirés par les contrastes couleurs claire/sombre (LaBrecque et al., 1972) que par les surfaces uniformément colorées. Ainsi, il a été observé que les stomoxes sont en plus grand nombre sur les bovins de couleur sombre (Parr, 1962; Bidgood, 1980).

Steverding (2013) a montré grâce à une étude sur les glossines que les ombres réfléchissaient la lumière dans des longueurs proches de 460nm, correspondant au pic d'attraction visuelle des glossines mais aussi des stomoxes.

4. Cycle biologique

Le cycle des stomoxes se déroule en six stades (fig.6) : l'œuf, trois stades larvaires, la nymphe (ou pupe) et l'adulte. Le passage d'un stade à l'autre dépend de la température et de l'humidité. Ainsi la durée du cycle de développement de *S. calcitrans* est d'environ 12 jours à 30°C et de 60 jours à 15°C (Lysyk, 1998) et de 19 jours à 25°C (Salem *et al.*, 2012).

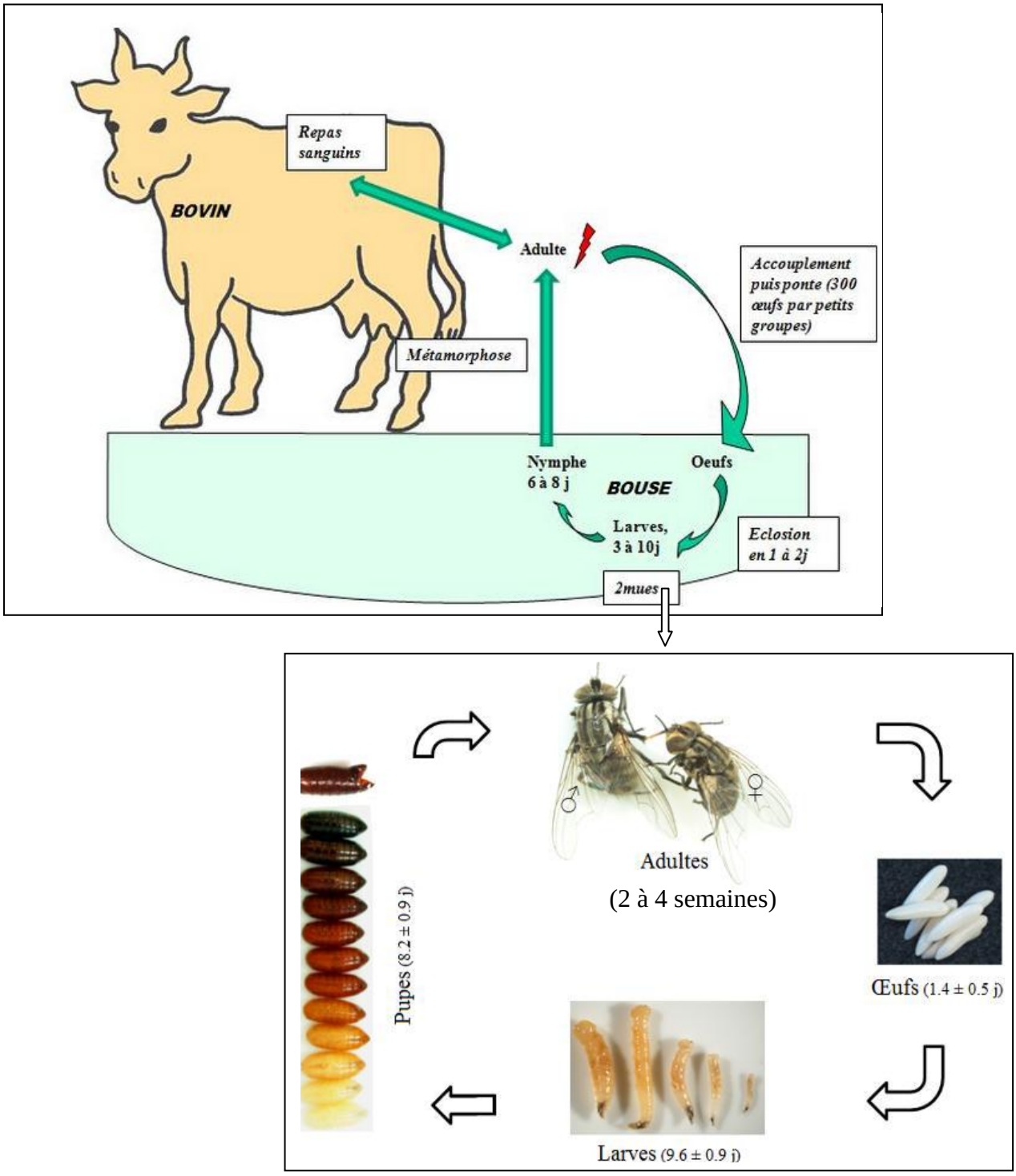


Figure 6: cycle de développement de *Stomoxys calcitrans*

(Source à gauche : Ecole vétérinaire nationale de Lyon ; à droite: A. Salem)

A 25°C, l'éclosion se fait 24 heures après la ponte et la pupaison 10-12 jours plus tard (tableau1 & fig.7). L'émergence des adultes a lieu 6-8 jours après la pupaison. La durée de vie d'un adulte varie de 2 à 4 semaines (Gilles, 2005).

T°C	15	20	23.9	25	29.4	30	35
Kunz *et al.* (1977)	-	-	16.6	-	11.6	-	12.1
Lysyk (1998)	62	29	-	-	-	12	-
Gilles *et al.* (2005)	70.66	32.36	-	16.65	-	12.92	13.17
Salem *et al.* (2012)	-	-	-	19.2	-	-	-

Tableau 1: données de différentes études sur l'influence de la température sur la durée moyenne de développement de *Stomoxys calcitrans* de l'œuf en imago

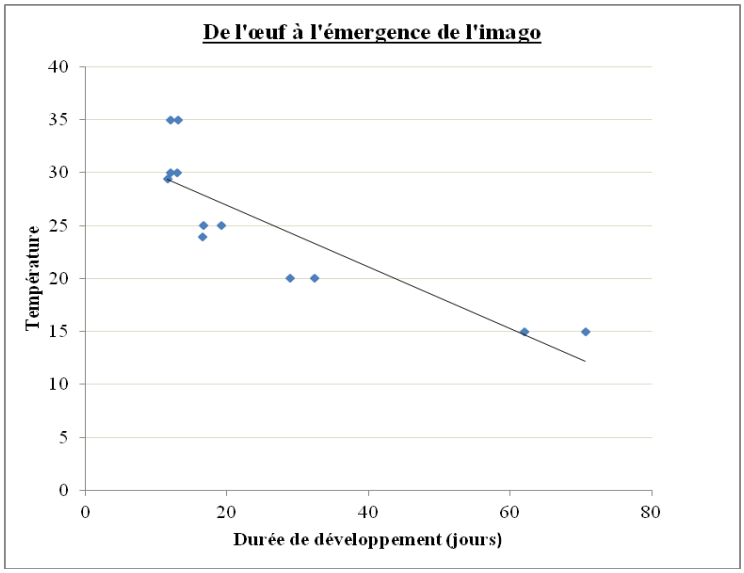


Figure 7: Influence de la température sur la durée moyenne de développement de *Stomoxys calcitrans* de l'œuf en imago

Une femelle peut pondre plusieurs centaines d'œufs au cours de sa vie et dépose les œufs par grappes, dont la taille varie en fonction de la température. Selon Gilles et al. (2005), le nombre varie de 63 à 20°C jusqu'à 19 œufs à 30°C. Les femelles pondent préférentiellement dans la matière organique végétale, en décomposition, éventuellement mélangée à des déjections animales (fumier, herbes ou autres végétaux en décomposition,

balles de foin stockées dans les champs...) (Barré, 1981 ; Lysyk, 1993). Les déjections pures d'animaux sont moins attractives (Zumpt, 1973 ; Foil & Hogsette, 1994). Le milieu de ponte doit aussi être friable, poreux, avoir un fort taux d'humidité, et une température comprise entre 15 et 30°C (Hafez & Gamal-Eddin, 1959a).

Le choix des lieux de ponte repose sur des facteurs olfactifs et correspond aux milieux appropriés pour le développement des larves. Les stomoxes sont attirés par le dioxyde de carbone libéré lors de la dégradation microbienne des glucides, lipides, et protéines contenus dans les matières fécales (Vale, 1980; Mihok et al., 1996). Celles des chevaux sont plus attractives que celles des bovins car plus riches en dioxyde de carbone.

L'œuf (blanchâtre, environ 1 mm de long sur 0.3 mm de large) se développe entre 10 et 40°C. Il éclot pour donner une jeune larve (stade L1) qui va se développer et se transformer (stades L2 et L3), préférentiellement quand la température est comprise entre 19,5 et 33,2°C et l'humidité comprise entre 26% et 40% (Sutherland, 1980). Les larves mesurent entre 4 et 12 mm; elles ont un appareil buccal qui permet de broyer les aliments. Les crochets buccaux (mandibules modifiées) aident à ramper, à creuser, à se cacher. Les larves sont dépourvues d'yeux mais possèdent une paire d'antennes. Le thorax des larves est apode. La présence de 2 plaques stigmatiques sur le dernier segment de l'abdomen permet les échanges gazeux.

Lors de leur croissance, les larves sont fortement attirées par l'odeur des fèces de cheval et de vache et de certains produits comme l'ammoniaque, l'éthylamine, le triméthylamine, l'acétone. A l'approche de la pupaison, elles s'immobilisent sous la matière organique en décomposition, dans le sol humide et se tassent sur elles-mêmes. La pupe est formée par l'exuvie de la L3. Elle a la forme d'un tonnelet dur et résistant qui conserve la segmentation larvaire. Elle contient la nymphe évoluant en imago, qui sort par une ouverture circulaire (espèce cyclorrhaphe). La longueur des pupes de *S. calcitrans* est d'environ 6 mm, leur couleur variant du blanc crème au marron foncé en fonction de l'âge (Skidmore, 1985; Meyer *et al*., 1991).

Les nymphes et les adultes de *Stomoxys calcitrans* ont une durée de vie optimale à des températures comprises entre 20°C et 30°C (Sutherland, 1979). La longévité dépend pour beaucoup des facteurs climatiques (notamment la température, optimale vers 25°C, l'humidité relative, optimale à 50%). Les causes de mortalité sont multiples: les anomalies

physiologiques, les agents pathogènes, les prédateurs comme les Acariens du genre *Macrocheles*, les Staphilinidae ou Hydrophilidae (Coléoptères), les compétiteurs (Coléoptères, Diptères…) ou encore des parasitoïdes de pupes tel que les Hyménoptères du genre *Spalangia* spp. (Smith et al., 1989 ; Romero et al., 2010 ; Skovgard & Steenberg, 2002).

La diapause hivernale n'est pas réellement observée pour *Stomoxys calcitrans*. Le cycle se poursuit dans les étables, mais de façon ralentie, et tous les stades de développement semblent passer l'hiver. La survie de *S. calcitrans* à l'hiver est permise par un allongement du cycle au niveau de tous les stades. Aux températures basses, proches du gel, le développement des larves peut prendre de 90 à 120 jours au lieu de 10 à 20 jours à des températures moyennes.

5. Activité trophique

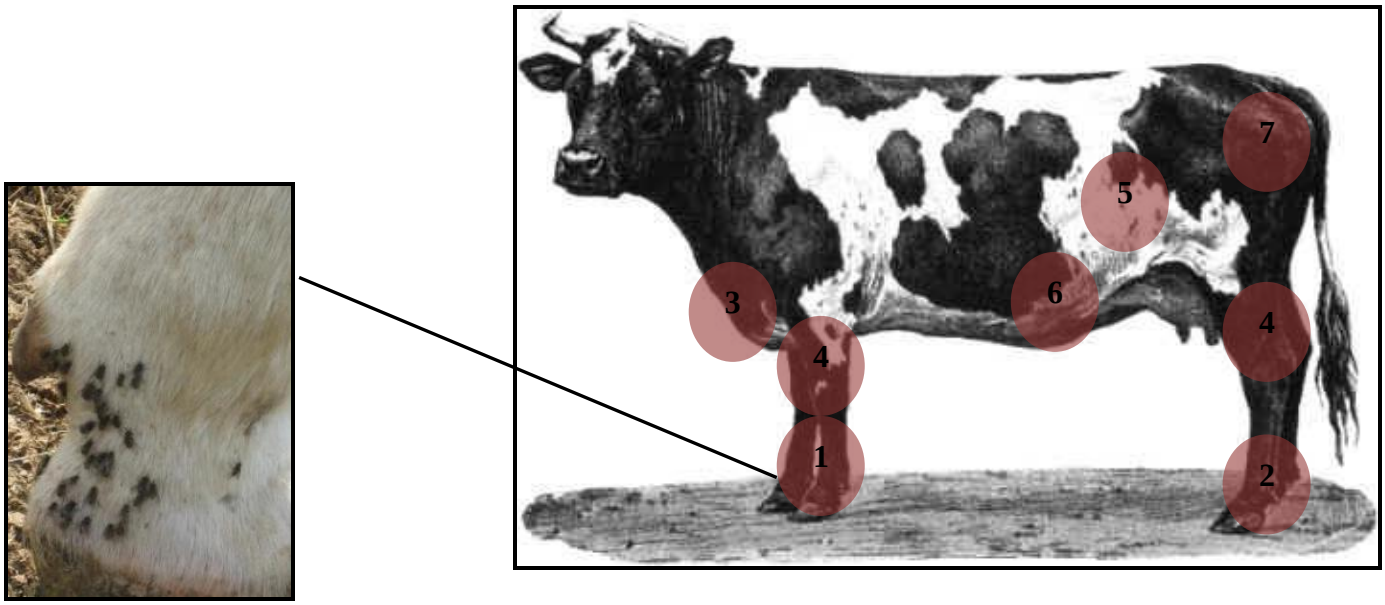
Les stomoxes repèrent leurs hôtes grâce à un thermotropisme et des sens visuel et olfactif développés. Le sens olfactif est précis grâce à des chémorécepteurs de contact (Leclercq, 1971). Les préférences trophiques de *S. calcitrans* sont, par ordre décroissant d'intérêt, les ânes, les chevaux, les buffles, les vaches, les chameaux, les moutons et les chèvres (Hafez & Gamal-Eddin, 1959). Leur choix se base sur la couleur, l'épaisseur du pelage, la température cutanée, la taille, les mouvements et des odeurs (transpiration, CO_2, odeurs particulières liées à la rumination: acétone, 1-octen-3-ol, 3-méthylphénol et différents alcools) (Warnes & Finlayson, 1985; 1986; Holloway & Phelps, 1991; Schofield *et al.*, 1997).

Jeanbourquin et Guerin (2007) ont étudié en laboratoire le comportement de *Stomoxys calcitrans* par rapport au contenu ruminal. Les récepteurs situés au niveau des antennes ont révélé, grâce à un électro-antennogramme associé à une chromatographie gazeuse, une sensibilité à 30 constituants mais avec une très forte affinité pour le diméthyl trisulphide. De la même façon, Schofield et al. (1995) avaient trouvé une affinité pour le 1-octen-3-ol et le 3-méthylphénol. Jeanbourquin et Guerin (2007) ont également trouvés une attraction, grâce à une expérience dans un tunnel de vol, de 3 agents volatils issus de la rumination: l'acide butanoique, le 3-méthylphénol et le diméthyl trisulphide.

Chez les bovins et les chevaux, les stomoxes se nourrissent préférentiellement sur la partie inférieure des membres et en particulier sur les membres antérieurs (fig. 8). En effet, à cet endroit, le pelage est plus fin, les vaisseaux sanguins sont plus proches de la surface de la

Rapport-Gratuit.com

peau. Les réactions de défense des animaux (mouvements de queue, frémissements de la peau par action des muscles peauciers, mouvements de tête et des oreilles) chassent les stomoxes des autres parties du corps. Quand le nombre de mouches augmente, les sites de piqûre sont plus étendus, les mouches attaquent alors par ordre de préférence le fanon, la partie supérieure des membres, les flancs, le ventre et enfin la partie postérieure de l'animal (Kunz *et al.*, 1976 ; Hafez *et al.*, 1959 ; Lysyk, 1995).



(source: P. Jacquiet)

Figure 8: localisation des sites de piqûres préférentiels

Dans des conditions extrêmes (densité de stomoxes très importante avec une faible disponibilité de chevaux et de bovins), les stomoxes peuvent également piquer les hommes (aux chevilles) et les chiens (aux oreilles) (Geden & Hogsette, 1994; Dougherty et al., 1995; Yeruham & Braverman, 1995; Vitela et al., 2007).

Les stomoxes font en général un repas de sang par jour et ingèrent 11.1± 3.8 mg de sang. La durée moyenne des repas est de 126± 42 secondes. Le premier repas peut avoir lieu dans les heures qui suivent l'émergence, environ 70% se gorgent dans les premières 24h de vie (Salem, 2012).

Les repas sanguins sont indispensables à la reproduction (Anderson, 1978). Le mâle doit avoir digéré au moins un repas de sang pour pouvoir inséminer une ou plusieurs femelles (Anderson, 1978). Chez la femelle, un repas sanguin est nécessaire au développement ovarien et il faut au minimum 3 repas sanguins pour la réalisation du premier cycle ovarien (Chia et

al., 1982; Venkatesh & Morrison, 1980), contrairement aux Diptères Nématocères, chez qui un seul repas de sang suffit pour produire la première série d'œufs (Sutcliffe et al., 1993). Un repas sanguin est nécessaire ensuite pour la production de chaque nouvelle série d'œufs (Moobola & Cupp, 1978; Skidmore, 1985; Foil & Hogsette, 1994). Ashrafi (1964) rapporte que l'activité de ponte perdure 20 jours, elle débute lorsque les femelles sont âgées de 5 jours et est maximale à 8 jours.

Sutherland (1979; 1980) a montré que la durée de pré-oviposition dépendait de la température: elle était de 4,3 jours à 30°C et de 11,7 jours à 20°C. Il n'a pas observé de pontes pour des températures inférieures à 15°C ou supérieures à 40°C.

Dans la nature, les stomoxes se nourrissent également de nectar, de pollen ou à partir de fruits mûrs ou moisis. Toutefois, la prise de repas sanguins augmente la longévité des adultes. Salem (2012) a mis en évidence que la durée de vie maximale des adultes est plus courte pour les mouches ne recevant que de l'eau et du miel uniquement (17 jours pour les mâles et 18 jours pour les femelles à 25°C) que pour celles disposant d'eau, de miel et de sang (23 jours pour les mâles et 24 jours pour les femelles).

La disponibilité en sucre seule ne permet pas la maturation des organes de reproduction mais il permet de multiplier par 5 la durée de vie des adultes par rapport à ceux qui n'ont que de l'eau à disposition (Jones et al., 1992) .

Taylor (2008) montre que 12% des mouches qu'il avait capturées s'étaient nourries de sucre, 21% en ville et 8% en campagne, et sans observer de différence significative entre mâle et femelle. Cela suggère que lorsqu'il y a moins d'hôtes disponibles pour prendre les repas sanguins, les stomoxes se nourrissent davantage de sucre, sur les fleurs ou les fruits.

Néanmoins, le repas de sucre semble nécessaire, pour apporter l'énergie pour le vol et la recherche d'hôte. Dans son étude en laboratoire, Taylor (2008) a observé que 100% des mouches capturées s'étaient nourries de sucre: 40% dans les dernières 24h précédant la capture et les autres dans les 24h précédentes. Les mouches capturées par les pièges en Alsynite étaient deux fois plus gorgées de sucre que de sang.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

L'activité, qu'il s'agisse du vol ou des repas, est très fortement liée aux variations de température (Lysyk, 1995; Gatehouse & Lewis, 1973; Berry & Campbell, 1985). La température minimale pour le vol serait de 11°C (Lysyk, 1995). Le nombre de *S. calcitrans* venant prendre un repas de sang est maximal entre 30°C et 32°C. Il diminue nettement au delà de 34°C et devient nul au-dessous de 14°C (Hafez et *al*., 1959). L'augmentation de l'intensité lumineuse et la diminution de l'humidité relative réduisent la proportion de stomoxes se gorgeant pour des températures élevées mais l'augmentent pour des températures basses (Berry, 1985).

En milieu tempéré, les stomoxes ont une activité unimodale (liée à la prise du repas sanguin quotidien) avec un pic d'activité en début d'après midi (Hafez & Gamal-Eddin, 1959b; Harley, 1965; Berry & Campbell, 1985). Mais dans les régions tropicales, et dans certaines conditions en milieu tempéré, lorsque les conditions en milieu de journée sont défavorables (températures trop élevées, une pluviométrie importante) deux pics d'activité peuvent être observés: un tôt le matin et l'autre en fin d'après-midi (Hafez & Gamal-Eddin, 1959b ; Harley, 1965 ; Kangwagye, 1973 ; Kunz & Monty, 1976 ; Charlwood & Lopes, 1980, Charlwood &Sama, 1996 ; Mihok & Clausen, 1996). En Thaïlande, Masmeatathip et al. (2006) ont observé un pic principal de *Stomoxys calcitrans* entre 8h et 10h et un deuxième pic moins important dans l'après-midi.

Enfin, les stomoxes semblent être capables de parcourir de grandes distances afin de se nourrir et de migrer vers des conditions plus favorables (Bailey *et al.,* 1979). *S. calcitrans* peut parcourir 5 km (Hogsette *et al.,* 1987) ou plus à la recherche d'un repas de sang et certaines mouches marquées ont même été retrouvées jusqu'à plus de 100 km de leur lieu de marquage. Des mouches ont été retrouvées en moins de 4 heures à 8 kilomètres de leur zone de lâcher et en 24 heures à 30 km.

De plus, les stomoxes prennent souvent des repas de sang interrompus car leur piqûre est douloureuse ce qui les oblige à changer fréquemment d'hôtes au cours d'un même repas (Zumpt, 1973).

Ils ne parasitent les mammifères que le temps du repas sanguin. En dehors des périodes d'activité trophique, les stomoxes se reposent sur les murs ensoleillés, les palissades claires et, en général, tout support clair à proximité des animaux: fils électriques, poteaux des

bâtiments, arbres (Leclercq, 1971). On peut les retrouver à l'intérieur des bâtiments lorsque le bétail y est présent.

6. Dynamique des populations

La température apparait comme le facteur principal qui influence la densité de stomoxes capturés. Lorsque la température augmente au printemps, la population de stomoxes, qui était en "vie ralentie" en hiver, voit son activité augmenter rapidement pour atteindre un pic estival. En effet, la température influence la durée du développement des stades immatures, la survie et la fécondité des adultes (Clero, 2004).

Parallèlement à la hausse des températures, la diminution de l'humidité relative, en dessous de 40%, semble jouer un rôle sur le taux de survie des adultes et a, par conséquence, une influence sur la densité des stomoxes (Berry & Kunz, 1977).

En 2009, sur le site de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, aucune activité dans les pièges Vavoua n'a pu être enregistrée avant le mois d'avril. Dès que les températures minimales ont dépassé les 10°C, la population a augmenté progressivement en avril et mai. Lorsque les températures moyennes ont été d'environ 25°C, associées à une humidité relative comprise entre 35 et 70%, un pic d'activité a été observé en juin et juillet. En août la densité de population était faible, liée à des températures trop élevées, dépassant 28°C, et une humidité relative trop faible (inférieure à 40%). Un deuxième pic de population a été observé à l'automne, jusqu'en novembre. A partir de mi décembre, plus aucun stomoxe n'a été capturé, avec des températures négatives (Rouet, 2011) (fig. 9).

Taylor (2007) a observé la même dynamique saisonnière bi-modale des populations en Amérique du Nord, avec un deuxième pic plus tôt dans la saison, autour de mi septembre.

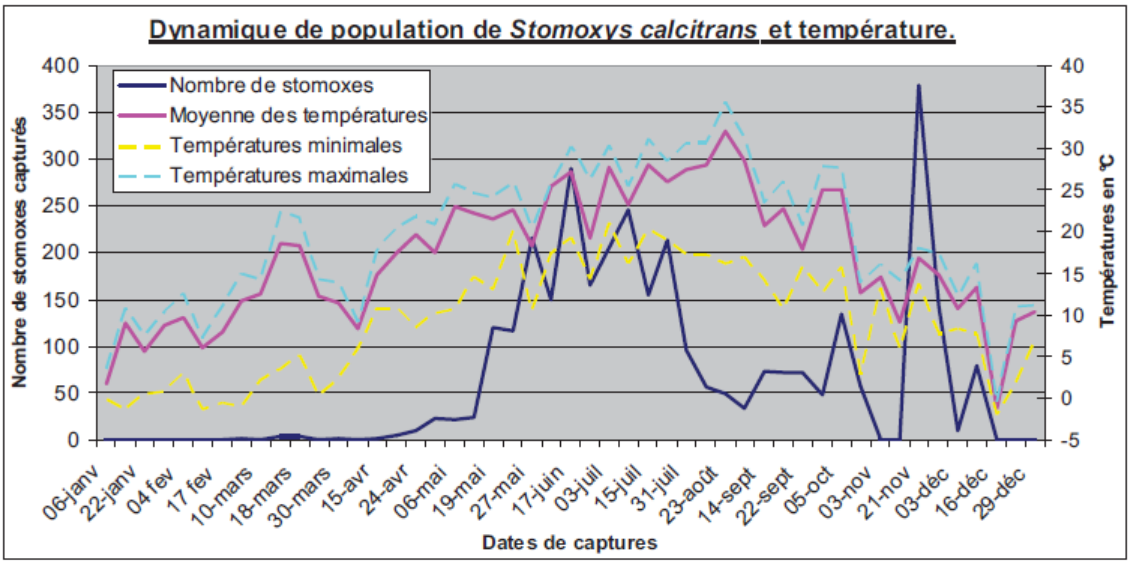


Figure 9: dynamique de population de *Stomoxys calcitrans* observée en 2009 sur le site de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse à l'aide des pièges Vavoua et courbes de température en °C (maximales, minimales et moyennes) (Rouet, 2011)

7. Nuisances

Les stomoxes constituent une des plus importantes nuisances pour le bétail. Le premier impact des stomoxes est la diminution de productions du bétail, et ce par différents moyens (fig.10).

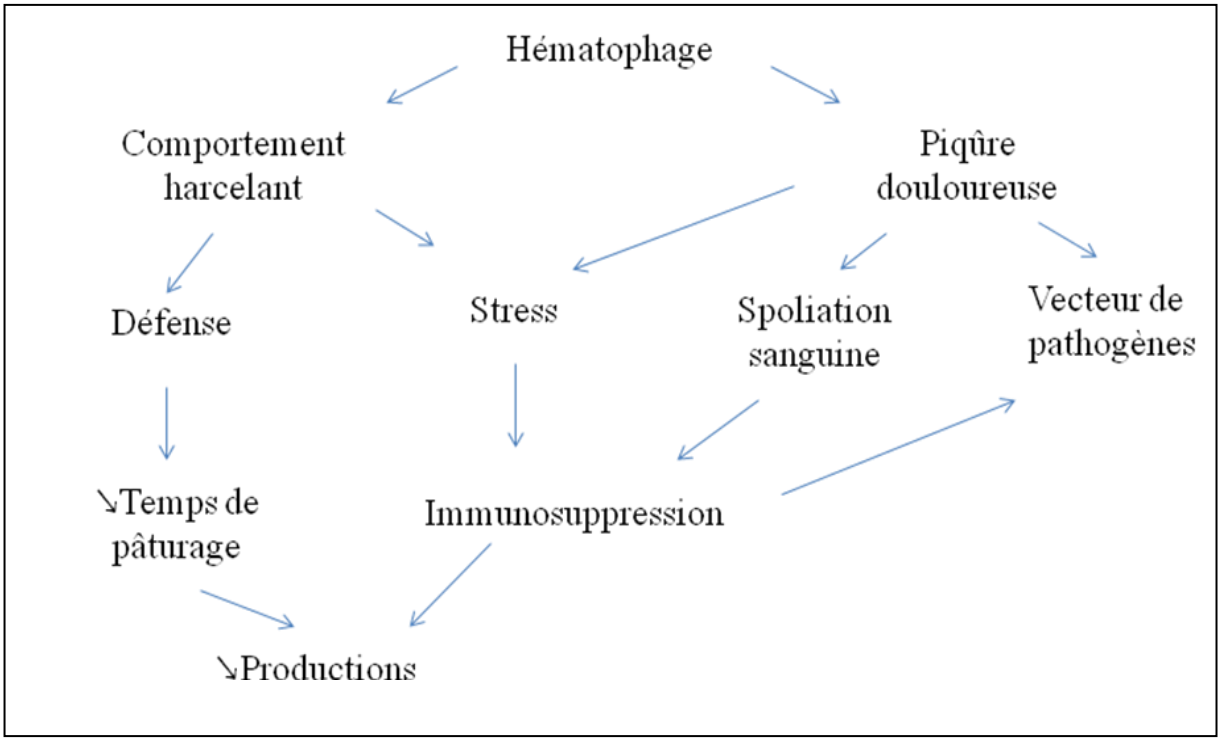


Figure 10: nuisances provoquées par *Stomoxys calcitrans*

Ils harcèlent le bétail et leur piqûre est douloureuse, ce qui a pour effet direct de diminuer le temps de pâture des bovins au profit des moments passés à se défendre contre les attaques (Dougherty et al., 1993, 1994; Mullens et al., 2006) : coup de queue et de pieds, trémulations des peauciers, mouvements de tête. Ce comportement est une source de stress importante.

Concernant les chevaux, les mêmes types de comportements sont observés, et peuvent se révéler dangereux pour les cavaliers.

Ces réactions de défense et le stress sont coûteux en énergie, à l'origine d'un affaiblissement des animaux, qui est majoré par la spoliation sanguine. Celle-ci est fonction du nombre de stomoxes présents, sachant que d'après Ali Salem et al. (2012) chaque stomoxe se nourrit de 11.1± 3.8 mg de sang par repas. Ainsi l'observation d'à peine 6 stomoxes à un instant t sur un animal suffit pour engendrer des pertes économiques (Campbell *et al*., 1987).

En moyenne, la production de lait est diminuée de 140 kg par vache laitière et par lactation, soit 40 $ par an et pour les bovins à l'engraissement une diminution de 10% du gain de poids quotidien. Au total, en 2009, les stomoxes auraient été à l'origine d'une perte pour les Etats Unis de 2.2 milliards$ (Taylor, 2012).

En 1987, Campbell et al. ont montré qu’il est économiquement rentable de traiter les animaux à partir de 2 stomoxes présents par membre antérieur.

Il y a également un impact sur la qualité du lait avec une diminution du taux butyreux: Warnes & Finlayson avaient estimé en 1987 une diminution de 0.7% de production laitière par stomoxe et par vache ainsi qu’une diminution de 0,65% du taux butyreux.

Les piqûres peuvent, en plus de provoquer une douleur importante, un stress, une spoliation sanguine, causer des lésions cutanées avec éventuellement des surinfections. (Yeruham & Braverman, 1995). La salive peut être à l'origine de réaction d'hypersensibilité (Gortel 1998), pouvant causer une dermatite estivale récidivante chez les chevaux.

Les stomoxes sont également des vecteurs mécaniques de maladies. Cela est lié à la prise de repas de sang interrompus. En effet, la piqûre étant douloureuse, l'hôte se défend, obligeant les stomoxes à changer d'hôtes au cours d'un même repas (Zumpt, 1973).

Les pièces buccales de *S. calcitrans* retiennent 0,03 nl de sang (Weber, 1988) et Foil (2000) a montré que *S. calcitrans* pouvait régurgiter du sang à partir du jabot. Ce phénomène de régurgitation, répandu chez les mouches piqueuses, est responsable de la transmission mécanique des agents pathogènes, l'insecte régurgitant chez son nouvel hôte une partie des matières infectieuses ingérées chez un hôte précédent.

Ce comportement est à l'origine de graves problèmes sanitaires pour le bétail (Leclerq, 1971 ; Zumpt, 1973). Le tableau 2 présente les pathogènes dont la transmission par *Stomoxys calcitrans* a été prouvée, d'autres agents pathogènes sont suspectés d'être transmis par les stomoxes mais la démonstration n'a pas pu être faite à ce jour.

Virus	*Capripoxvirus*	Dermatose nodulaire contagieuse
	Lentivirus	Leucose bovine enzootique
	Phlebovirus	Fièvre de la vallée du Rift
	Herpesvirus	Herpèsvirose bovine
	Flavivirus	Fièvre West Nile
	Asfivirus	Peste porcine africaine
	Vesiculovirus	Stomatite vésiculeuse
	Lentivirus	Anémie infectieuse des équidés
Bactéries	*Anaplasma marginale*	Anaplasmose bovine
	Coxiella burnetii	Fièvre Q
	Bacillus anthracis	Anthrax ou fièvre charbonneuse
	Dermatophilus congolensis	Dermatophilose
Parasites (protozoaires et helminthes)	*Besnoitia besnoiti*	Besnoitiose
	T. evansi, T. brucei, T. vivax, T. congolense	Trypanosomoses
	Habronema microstoma	Habronémose des équidés

Tableau 2: agents pathogènes et maladies transmis au bétail par *Stomoxys calcitrans*

(d'après Baldacchino et al., 2013)

8. Moyens de lutte

Les moyens de lutte mis en œuvre sont nombreux.

- **lutte environnementale** visant à supprimer les sites de reproduction.

Une mauvaise gestion des élevages (gestion des fourrages, des ensilages, des déchets alimentaires, des effluents…) semble multiplier les sites de ponte et de développement larvaire (Meyer & Petersen, 1983; Berkebile *et al*., 1994; Broce *et al*., 2005; Campbell, 2006). Dans l'idéal, l'élimination régulière des refus de foin et de paille constitue un moyen efficace de contrôle des stomoxes, mais sa mise en place peut être délicate. Ces résidus peuvent être brûlés (Hogsette *et al.,* 1987) ou déplacés sur les pâtures pour que les restes de foin mélangés aux bouses se dessèchent rapidement. La gestion du tas de fumier est un point clé, l'empilement régulier de celui-ci permet de limiter les sites de ponte et de détruire de nombreuses larves du fait de l'élévation de température et du manque d'oxygénation provoqués au cœur du tas de fumier. Cela peut être accentué par le recouvrement avec un film de polyéthylène noir (bâche noire). (Hogsette *et al.,* 1987; Schmidtmann, 1991; Foil & Hogsette, 1994).

- **lutte mécanique**

Le principe de base du piégeage consiste à intercepter les insectes à la recherche d'un hôte, en les attirant à l'intérieur de pièges, soit pour les conserver à l'aide d'un système de capture, soit pour les tuer au moyen d'un insecticide. Le piégeage représente depuis quelques années un outil efficace d'étude, de surveillance, de protection et de lutte écologique contre les vecteurs.

Plusieurs types de pièges ont déjà été utilisés pour le contrôle des stomoxes. Tout d'abord, on peut citer le piège Vavoua. Inspiré des pièges biconiques, il a été utilisé initialement pour piéger les glossines en Afrique (Laveissière & Grébault, 1990). Gilles et al. (2007) ont montré son efficacité sur les stomoxes. Mavoungou (2008) a confirmé son efficacité au Gabon et sa spécificité: les stomoxes constituaient 73% du total des insectes capturés. De nombreuses variantes sont utilisées, comme le piège Nzi (Mihok, 2002). Ils utilisent l'attraction visuelle. Selon Prokopy & Owens (1983), la vision jouerait un rôle très

important chez les insectes pour la localisation des ressources trophiques et la reproduction.

La longueur d'onde du rayonnement réfléchi (pic de sensibilité des stomoxes autour de 450-550nm) joue un rôle déterminant. Le bleu phtalogène est de loin la couleur la plus attractive pour de nombreux insectes hématophages comme les glossines ou les stomoxes. Le noir favoriserait la pose des insectes; d'où l'association du bleu et du noir dans les divers modèles de pièges ou d'écrans. Le bleu est utilisé à l'extérieur du piège pour l'attraction à distance, et le noir à l'intérieur du piège pour que les insectes y pénètrent et s'y posent.

Le piège Vavoua (fig. 11) est constitué de trois écrans se coupant à 120°. Ces écrans sont bicolores: une partie externe (75x30cm) bleu phtalogène et une partie interne (75x15cm) noire. Au dessus se trouve un cône en tulle de moustiquaire et un cône de soutien qui sert de dispositif anti-retour. Les stomoxes sont attirés par le bleu phtalogène, ils se posent sur le tissu noir à l'intérieur du piège et sont capturés dans la cage Roubaud qui surmonte le cône de soutien. Le piège mesure 1m80 environ et les panneaux sont situés à environ 50 cm du sol. Les adultes de *Stomoxys calcitrans* volent entre 30 cm et 1m du sol, et sont attirés par les couleurs sombres (Hansens, 1951). Le piège doit donc être bien en évidence dans une prairie et placé au soleil pour que la couleur bleue phtalogène soit la plus efficace possible.

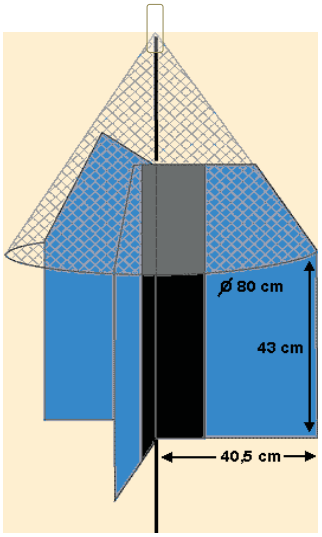


Figure 6: piège Vavoua

Plus simple et moins coûteux, de simples écrans de tissus collants sont utilisés contre les mouches Tsé Tsé: soit l'écran bleu carré de 1 m de côté (Gouteux & Challier, 1981), ou l'écran noir/bleu/noir (Laveissière, et al., 1987) formé d'une surface attractive (tissu bleu) flanquée de deux bandes de tissu noir qui améliorent les performances de ce dernier. Ces deux modèles d'écrans sont utilisés contre *Glossina palpalis* et *Glossina tachinoides*.

Un autre type de piège, toujours basé sur l'attraction visuelle, est utilisé. Il s'agit de pièges collants avec comme support attractif l'Alsynite ® (fibres de verre incorporées dans de la résine). Les stomoxes, mâles et femelles, sont sensibles et attirés par les radiations émises par l'Alsynite dans le proche ultraviolet sous l'éclairement du soleil, avec une réflectance comprise entre 360 et 430nm (Berry et al., 1986, Agee & Patterson 1983). Une autre

Rapport-Gratuit.com

hypothèse pour expliquer l'attractivité de ce type de piège a été avancée par Bushman & Patterson (1981) et met en jeu le mécanisme de thermorégulation. Les surfaces chaudes, de longueur d'onde proche de 620 nm, attirent les stomoxes uniquement aux basses températures (Agee and Patterson 1983).

L'attractivité de ces pièges est diminuée par l'application de la plupart des colles (Agee 1983). Toutefois, lorsqu'ils sont recouverts de perméthrine ou de bande adhésive (Tack trap), la réflectance est similaire à l'Alsynite seul. Lorsque l'Alsynite vieillit, il jaunit et perd 25% de son efficacité. L'accumulation de déchets et de mouches mortes diminue également l'efficacité. Au bout de 24h de capture, on observe une diminution de 40% des mouches piégées. Pour qu'il reste efficace, il faut le nettoyer tous les jours pour enlever un maximum de déchets, ce qui peut être un frein à son utilisation en élevage.

La mise au point de ce type de pièges a considérablement amélioré la capture de *S. calcitrans*. Le premier piège à Alsynite utilisé fut le piège Williams (1973). Il est composé de deux panneaux placés verticalement à 1,35 m au-dessus du sol et perpendiculairement entre eux, enduits de glu. Le second fut le piège Broce (1988), composé d'un panneau d'Alsynite de forme cylindrique, avec l'avantage d'utiliser moins de matériau, la surface et l'épaisseur du piège étant inférieures. Les deux types de pièges ont une efficacité comparable, toutefois celui de Broce piège davantage de femelles nullipares ou qui ne se sont pas encore accouplées alors que celui de Williams piège davantage de mâles (Broce, 1988; Hogsette & Ruff, 1990). Plusieurs matériaux collants ont été testés. Aucun n'est réellement plus efficace qu'un autre mais la bande collante (Hogsette & Ruff, 1990; Pickens, 1984) est plus simple d'utilisation.

Taylor & Berkebile (2006) ont testé d'autres pièges collants. Ils ont comparé 2 pièges en Alsynite à des pièges EZ (en plastique jaune) et des pièges BiteFree en polyéthylène téréphtalate (fig. 12). Ces derniers se sont révélés les plus efficaces, piégeant 2 à 3 fois plus de stomoxes que les pièges en Alsynite. Le piège EZ est apparu comme inefficace.

Figure 72: pièges EZ (à gauche) **et BiteFree** (à droite)

http://www.drsfostersmith.com pièges fabriqués par Farnam

Les insectes hématophages à la recherche d'un hôte font également appel à leur odorat et réagissent à certaines odeurs (Jeanbourquin & Guerin, 2007) comme celle de l'urine, des excréments, des exhalaisons (gaz émis par la bouche ou l'anus), des exhalations (odeurs corporelles des animaux). Dès lors, il apparait judicieux d'utiliser des attractifs, ou leurres olfactifs, pour améliorer le rendement des pièges. Le gaz carbonique semblerait être l'attractif le plus efficace mais il est difficile d'utilisation (bouteille de gaz encombrante ou glace carbonique très onéreuse). Des produits chimiques peuvent être utilisés en alternative:

– les *cétones*, tel que l'*acétone*, produit naturel se trouvant dans l'urine, le lait, diverses sécrétions et l'haleine, ou la butanone (urine, lait) ;

– l'*octénol* (1-octen-3 ol), produit de l'auto-oxydation des acides gras non saturés se trouvant naturellement dans l'odeur corporelle des bovins ;

– le *crésol*, dérivé phénolique se trouvant essentiellement dans l'urine des mammifères.

Mihok et al. (1995) ont obtenu au Kenya des captures 3 à 7 fois plus importantes avec les pièges Vavoua quand ils ont ajouté du 1-octen-3-ol.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- **lutte biologique**

Dans les conditions naturelles, 10 à 20% des pupes de stomoxes sont parasitées par des larves d'Hyménoptères, et principalement *Spalangia cameroni* et *Muscidifurax raptor* (Meyer &Petersen, 1982; Greene et al., 1989; Foil & Hogsette, 1994; Skovgard & Jespersen, 1999; Romero et al., 2010).

D'autres Hyménoptères (comme *Tachinaephagus stomoxicida* utilisé dans le programme Poséidom à la Réunion) ou des Coléoptères (Staphylinidae, *Aleochara sp.)* peuvent également parasiter les pupes de Stomoxes (Skovgard et Jespersen, 1999).

Hogsette (1999) a également utilisé *Hydrotaea aenescens* (Muscidé) comme prédateurs des larves de stomoxes. Il a observé la destruction d'une vingtaine de larves par jour.

Watson (1995) a obtenu une mortalité supérieure à 70% sur *Stomoxys calcitrans* en pulvérisant des conidies (10^8/cm²) de *Beauveria bassiana* (champignon entomopathogène) sur les murs ou la litière.

Ce type de lutte semble intéressante car moins coûteuse et moins néfaste pour l'environnement que la lutte chimique mais de nombreux problèmes se posent pour l'élevage et les lâchers de l'espèce parasitoïde. Cette méthode s'est révélée efficace en saison froide à la Réunion, limitée pendant le pic d'infestation (Squarzoni, 2001).

- **lutte chimique** (qui vise à traiter les lieux de repos, les hôtes et les gîtes larvaires.)

La lutte chimique sur les hôtes apparait plus difficile pour *Stomoxys calcitrans* que pour *Haematobia irritans* car le temps de contact stomoxe/hôte est court. En effet, *Haematobia irritans* reste en permanence sur le bovin alors que les stomoxes ne s'y posent qu'une à deux fois par jour pour le repas de sang. De plus, les concentrations en insecticides sont faibles au niveau des sites d'attaque (Vale, 1999).

Elle se base sur l'utilisation d'insecticides neurotoxiques. Plusieurs familles sont utilisées:

- les pyréthrinoïdes de synthèse (perméthrine, deltaméthrine): ils agissent au niveau des canaux sodiques présynaptiques et provoquent une paralysie tonique.
- les lactones macrocycliques (avermectines/milbémycines): elles provoquent une paralysie flasque par action sur les canaux à chlore glutamate-dépendants des cellules nerveuses ou musculaires des invertébrés. A fortes concentrations, elles stimulent aussi les récepteurs GABA.
- les spinosynes (spinosad): elles agissent sur le système nerveux en modulant la fixation de l'acétylcholine sur ses récepteurs nicotiniques et bloque le canal chlore du récepteur GABA. Elles provoquent en peu de temps une excitation du système nerveux entrainant des contractions musculaires involontaires, une prostration accompagnée de tremblements et une paralysie. Les insectes ne se nourrissent plus, se paralysent et meurent. Il agit rapidement par contact et par ingestion (la paralysie peut survenir quelques minutes après l'ingestion). La mort peut survenir jusqu'à trois jours après. Elles agissent également sur les larves et les pupes, il est recommandé d'appliquer les produits lorsque les seuils d'insectes sont atteints et que l'éclosion des œufs est à son point culminant. Le spinosad est peu toxique pour les mammifères, mais très toxique pour les abeilles. Des appâts contenant des phéromones, du sucre et du spinosad sont commercialisés pour lutter contre les mouches domestiques.

Le problème principal causé par ce type de lutte est le développement de résistances.

Une étude a été menée en laboratoire par A. Salem avec deux souches, l'une provenant de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse et l'autre de Cabanac en Ariège (élevage en agriculture biologique où aucun insecticide n'a été utilisé depuis 13 ans) pour tester la sensibilité des stomoxes à divers insecticides (cyperméthrine, deltaméthrine, cyalothrine, fenvalérate, phoxim). Il a obtenu une différence de sensibilité pour la cyperméthrine, la deltamétrine, et le fenvalérate: à Cabanac la DL90 était 4 fois inférieure aux doses recommandées pour les pyréthrinoides, alors qu'à l'ENVT les doses recommandées par le fabricant étaient insuffisantes, plus proches de la DL 50 que de la DL 90.

Des néoticotinoïdes comme l'imidaclopride (Reiner, 2002; Reiner et al., 2005), le dinotefuran, la nithiazine peuvent être utilisés pour le contrôle des stomoxes en application murale. Ils bloquent les récepteurs nicotiniques post-synaptiques à l'origine d'une mort par paralysie spastique.

Des inhibiteurs de croissance peuvent également être utilisés soit per os soit directement sur les matières fécales, pour empêcher le développement des immatures. On distingue les IGR de première génération (analogues de l'hormone juvénile) et les IGR de deuxième génération. Les premiers agissent sur les œufs et les L3, analogues de l'hormone de croissance, ils empêchent leur transformation au stade suivant et les deuxièmes inhibent la synthèse de la chitine et donc de la cuticule.

Taylor (2012) a testé l'efficacité de la Cyromazine (NEPOREX ND) qui fait partie des inhibiteurs de deuxième génération. Il a obtenu une diminution de l'émergence de 87% des stomoxes, avec une efficacité plus importante que sur les autres mouches, et cela pendant 2 semaines. Cette molécule a une toxicité faible pour les vertébrés, et agit spécifiquement sur les insectes et arthropodes (Tunaz & Uygun, 2004)

Des produits naturels peuvent être utilisés dans la lutte contre les insectes. Par exemple, les huiles essentielles et les monoterpènes qu'elles contiennent sont connus pour leur propriétés répulsives sur les insectes; mais aussi pour leur propriétés insecticides.

L'effet répulsif, notamment de l'huile de citronnelle, de l'eucalyptus citronné et du géraniol, a été démontré sur les moustiques (Revay et al., 2013), les tiques et certains diptères comme *Musca domestica* (Choi et al., 2002).

Tous les stades de *Musca domestica* sont touchés par les propriétés insecticides: les larves, les nymphes et les adultes (Rice and Coats, 1994, Choi et al. 2004). Sur les adultes, il y aurait impact fort sur la reproduction avec une action mortelle sur les œufs produits, et une inhibition du repas. L'huile de géranium, de lavande, d'orange, d'eucalyptus et de menthe peuvent également être utilisées en tant qu'insecticide (Tarelli, 2009; Kumar, 2013).

Les monoterpènes sont des molécules lipophiles, cette propriété leur permet de pénétrer le tégument des insectes. Ils peuvent être utilisés par contact ou par diffusion dans l'air (Isman, 2000). De plus, ils présentent l'avantage d'être spécifiques, avec une forte toxicité pour les insectes et les acariens et un faible impact écologique (Isman, 2000).

- **ATSB** (Attractive Toxic Sugar Bait)

Il s'agit de contrôler les populations d'insectes vecteurs en mélangeant un insecticide à une solution sucrée pour stimuler leur appétit et avec un parfum de fruit ou de fleur pour les attirer. Cette méthode a été testée sur des insectes piqueurs vecteurs de maladies comme les Anophèles et les Culicidés en Israël, en Floride et au Mali; elle repose sur le fait que les insectes hématophages se nourrissent également de nectar, elle pourrait donc être utilisée pour contrôler les populations de stomoxes.

Beier (2012), en Israël, avec une application d'ATSB a obtenu une diminution de la densité des femelles d'*Anopheles sergentii* de 95% et a quasiment éliminé les mâles. Cela dans un délai de 2 semaines dans les zones où peu de nectar était disponible dans la nature et dans un délai de 4 semaines dans les zones riches en substrat pour les insectes, l'ATSB étant en compétition avec ces sources naturelles de nectar.

Schlein et Müller (2008) ont obtenu des résultats similaires avec *Phlebotomus papatasi* en Israël, avec un délai de 4 à 6 semaines pour réduire la population de plus de 90%.

La solution ATSB peut être utilisée soit en la pulvérisant sur la végétation soit sur des supports attractifs. Müller et Schlein (2011) ont testé différents moyens d'utiliser la méthode ATSB: soit en pulvérisation sur 10% de la végétation, soit sur des barrières soit sur des pièges dispersés. Respectivement ces systèmes ont permis de réduire la population de *Phlebotomus papatasi* de 5, 12 et 40%.

Le support attractif utilisé en association à la solution ATSB doit être spécifique pour l'espèce ciblée par la lutte. La solution sucrée pourrait attirer d'autres insectes, notamment des espèces pollinisatrices. Or, il est essentiel que la lutte ait un impact limité sur ces espèces. Khallaayoune et al. (2013) ont montré que l'attraction visuelle primait sur l'attraction olfactive. Lorsque la solution ATSB était appliquée sur une végétation sans fleur, les insectes non cibles ne venaient pas se nourrir de solution sucrée (ASB=ATSB sans l'insecticide) car ils n'étaient pas attirés visuellement. Contrairement à l'utilisation de la solution sur une végétation fleurie, où le taux d'insectes non cibles gorgés était considérablement augmenté.

Dans une logique de sécurité environnementale, Khallaayoune et al. (2013) ont également montré le très faible impact de la méthode ATSB sur des populations de prédateurs des insectes ciblés par l'ATSB.

Müller et Hogsette ont étudié en 2012 l'attraction de 3 espèces du genre *Stomoxys* pour différents fruits et fleurs. Concernant *Stomoxys calcitrans*, un seul fruit *Piliostigma reticulatum* et 3 fleurs, notamment *Acacia albida*, se sont révélés attractifs.

L'étude présentée ci-après participe à la recherche de moyens de lutte efficaces et spécifiques vis-à-vis des stomoxes. D'abord, en comparant 4 systèmes de piégeage dont les pièges Vavoua et en Alsynite cités précédemment. Ensuite, elle associera à un de ces pièges des produits attractifs et contenant des produits insecticides, comme cela a été testé sur les Anophèles et les Phlébotomes.

MATERIELS & METHODES

1. Première partie: comparaison de quatre systèmes de piégeage de *Stomoxys calcitrans*

1. 1. Sites de capture

Cette étude a été réalisée sur le site de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (E.N.V.T.) car la dynamique des populations de *Stomoxys calcitrans* y avait déjà été étudiée (Rouet, 2011). L'objectif principal de le thèse de Doctorat Vétérinaire de Diane Rouet (2011) était d'analyser les variations temporelles de l'abondance des espèces d'insectes piqueurs présents sur le site de l'E.N.V.T. et en particulier de *Stomoxys calcitrans* et de déterminer les principaux facteurs impliqués dans ces variations comme la température, l'hygrométrie, le vent, la saison. Le suivi a été réalisé de manière hebdomadaire sur une année complète avec des pièges Vavoua placés à 6 emplacements.

Nous avons repris 4 de ces 6 emplacements pour la première partie de notre étude (fig. 13). Les 2 emplacements non retenus sont ceux qui avaient capturé le moins de stomoxes à savoir: le tas de fumier des hôpitaux des ruminants situé à 200 m des autres pièges et le piège placé entre les deux prés à moutons. En effet, concernant le premier les captures avaient été très variables selon les jours, et le deuxième était moins intéressant que les 4 autres pièges car les moutons semblent moins attractifs pour les stomoxes que les chevaux ou les bovins.

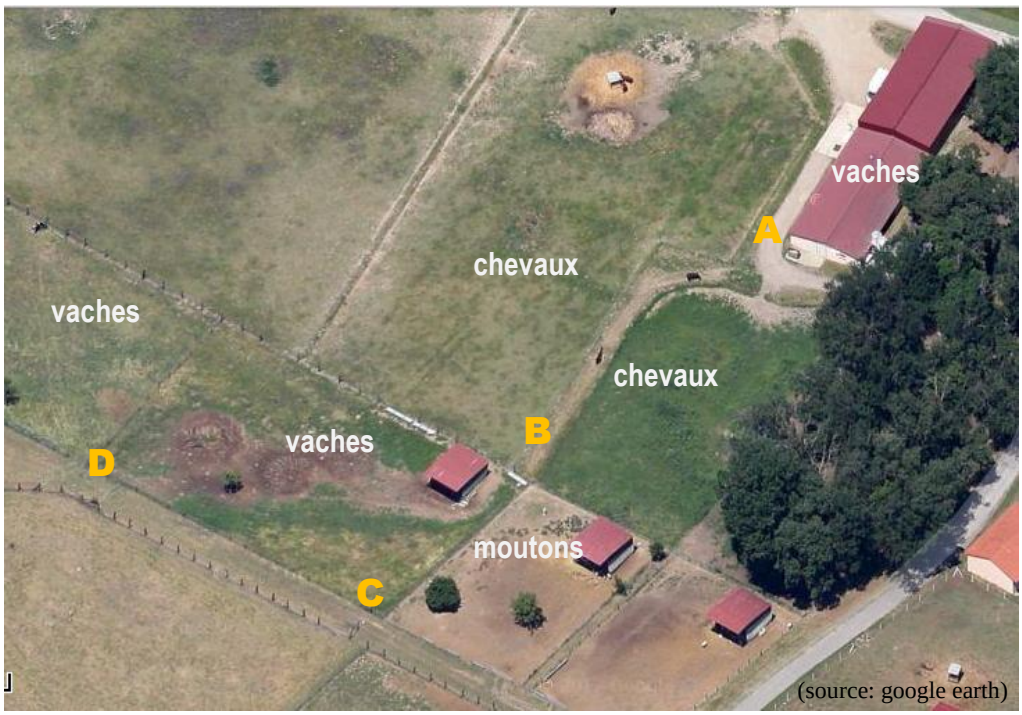


Figure 83: les 4 emplacements des pièges sur le site de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Une autre étude a été réalisée à l'E.N.V.T. par Ali Salem en 2012, qui avait mis en évidence, entre autres, une résistance aux pyréthrinoïdes des stomoxes sur ce site. D'où l'intérêt de trouver d'autres moyens de lutte que la lutte chimique, efficaces et spécifiques contre les stomoxes.

1. 2. Types de pièges utilisés (fig. 14)

- **piège Vavoua**, noté P2 (système de référence, piège utilisé dans l'étude de Rouet (2011) et dont l'efficacité a été prouvée).
- **écran en tissu bleu**, noté P3. Le tissu est produit par TDV industries (Laval). L'écran est de 50 cm x 50 cm en tissu, de coloris azur 023, composé de 65% de coton et de 35% de polyester, modèle S 250 sergé 250g/m².
- **piège Alsynite**, noté P4 (modèle original, le matériau est fourni par l'USDA).
- **piège Alsynite**, noté P1. Piège similaire au précédent mais en remplaçant l'Alsynite par la **fibre de verre/polycarbonate**, achetée à Castorama.

Rapport-Gratuit.com

(photos originales)

Figure 14: les différents pièges testés

Ces différents pièges sont tous placés entre 30 et 50 cm du sol et à des endroits dégagés. En effet, cette hauteur correspond à la hauteur de vol des stomoxes.

1. 3. Protocole expérimental

4 séries de 4 jours de capture ont été réalisées entre le 3 juin et le 4 juillet 2013. Chaque série suit une disposition en carré latin.

	Emplacements Jours	**A**	**B**	**C**	**D**
Série 1	**J1**	P1	P2	P3	P4
	J2	P2	P3	P4	P1
	J3	P3	P4	P1	P2
	J4	P4	P1	P2	P3
Série 2	**Emplacements Jours**	**A**	**B**	**C**	**D**
	J1	P2	P3	P4	P1
	J2	P3	P4	P1	P2
	J3	P4	P1	P2	P3
	J4	P1	P2	P3	P4
Série 3	**Emplacements Jours**	**A**	**B**	**C**	**D**
	J1	P3	P4	P1	P2
	J2	P4	P1	P2	P3
	J3	P1	P2	P3	P4
	J4	P2	P3	P4	P1
Série 4	**Emplacements Jours**	**A**	**B**	**C**	**D**
	J1	P4	P1	P2	P3
	J2	P1	P2	P3	P4
	J3	P2	P3	P4	P1
	J4	P3	P4	P1	P2

Tableau 3: disposition des pièges en carré latin pour les 4 séries de piégeage

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

L’écran de tissu bleu et les pièges Alsynite ont été couverts de glu pour la capture des mouches. Cette glu, en aérosol, de marque Rampastop ND fruitier est composée de 65% de polybutène et de 35% de polyisobutène. Elle est indiquée pour l'engluement des pièges contre les insectes volants ravageurs. Chaque jour de capture, de la colle a été pulvérisée à nouveau sur les pièges. Pour l'écran bleu, il a été changé à chaque série de manière à être toujours dans les mêmes conditions d'apparence.

Les jours de capture, choisis en fonction des conditions climatiques (pas de précipitation prévue, peu de vent), les pièges étaient posés entre 8h et 8h30 et relevés en fin d'après midi entre 16h30 et 17h.

Après une journée de capture, la cage Roubaud du piège Vavoua était placée au congélateur pour tuer les insectes capturés. Pendant ce temps, pour les autres pièges, tous les insectes étaient enlevés à la pince et triés en stomoxes (mâles/femelles), papillons, Hyménoptères, autres Diptères, et autres insectes.

Sur toute la période de l'étude, la station météorologique de l'aéroport de Toulouse-Blagnac (à 2 km du site) nous a transmis un relevé quotidien des conditions climatiques qui indiquait:

- les températures minimale et maximale (°C) (période allant de 6h du matin à 18h),
- la température moyenne (°C),
- l’humidité relative (%),
- la hauteur des précipitations (mm),
- la moyenne des vitesses du vent (m/s),
- la durée de l'insolation quotidienne (min).

1.4 . Analyse des résultats

L'analyse descriptive a été faite sur Excel et l'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel R (Free Software Foundation's GNU). Des analyses de variance à un ou deux facteurs (ANOVA) ont été utilisées. Si une différence significative était trouvée, ces ANOVA étaient suivies de comparaisons multiples de moyennes faisant appel à des tests de Student, afin de trouver à quel niveau se trouvait cette différence, entre quel piège ou quel emplacement par exemple. Pour étudier les corrélations entre le nombre de captures dans les pièges et les paramètres comme le jour de capture et les conditions météorologiques (températures, vitesse

du vent, humidité relative, ensoleillement...), une analyse en composantes principales a été réalisée avec le logiciel XLSTAT 2013.

2. Deuxième partie: évaluation d'une méthode de lutte: ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait) sur *Stomoxys calcitrans*

L'objectif de cette partie est d'évaluer l'efficacité de la méthode ATSB pour la lutte contre *Stomoxys calcitrans*. En premier lieu, les produits sucrés attractifs sont testés en laboratoire puis sur le terrain, en association avec un piège (écran bleu choisi dans la première partie).

2. 1. Efficacité des produits en laboratoire

La société Fasst Products (M. Herman FRIEND) nous a fourni deux produits à tester:

- un mélange de sucres attractifs pour les insectes hématophages dénommé "Eco-bait", auquel est incorporé du spinosad (solution fournie par l'IRD à une concentration de 120g/L et utilisée à 0.08%). Ce mélange a été appliqué sur les écrans près du centre équestre.

- la même solution Ecobait à laquelle était ajouté un mélange dénommé "Natural active ingredients". Ce mélange est à base d'eugénol encapsulé et d'huile d'ail.

L'eugénol, extrait de l'huile essentielle de clou de girofle, est encapsulé dans des capsules de levure de bière afin d'augmenter la rémanence du produit. L'huile d'ail permet la solubilisation de l'eugénol, monoterpène insoluble dans l'eau. Ce mélange a été appliqué sur les écrans près des hôpitaux des ruminants.

Nous avons testé l'effet de ces produits sur des stomoxes issus de l'élevage de l'E.N.V.T. en conditions expérimentales.

45 stomoxes ont été répartis dans 3 cages transparentes de 30x30x30 cm, à une température de 22°C (fig. 15). Au fond de chaque cage, il y avait 2 bouchons contenant des cotons imbibés pour l'un d'eau et pour l'autre de solution à tester:

- cage 1: Ecobait uniquement (témoin)
- cage 2: Ecobait + Spinosad
- cage 3: Ecobait + Natural Active Ingredients

Cette expérience a été répétée trois fois : une fois avec des stomoxes s'étant déjà gorgés de sang et deux fois avec des stomoxes juste émergés, non gorgés.

En effet, d'après A. Salem (2009), il y a une différence de sensibilité aux insecticides des stomoxes selon qu'ils sont gorgés de sang ou pas. Pour tous les insecticides testés dans son étude (perméthrine, deltaméthrine, fenvalérate, cyalothrine, cyperméthrine, phoxim), les DL 50 et les DL 90 sont systématiquement plus élevées pour les stomoxes gorgés que pour les non gorgés.

(photos originales)

Figure 15: dispositif pour l'évaluation de l'efficacité des produits sur des stomoxes d'élevage en laboratoire

Le nombre de stomoxes morts a été relevé quotidiennement jusqu'à observer une mortalité de 100% dans au moins une des cages.

2. 2. Les sites du dispositif de contrôle des stomoxes sur le terrain

Trois pièges Vavoua ont été placés deux jours par semaine du 4 septembre au 13 novembre 2013 dans le but de suivre la dynamique de population avant et pendant la mise en place du dispositif de lutte (début octobre 2013).

Un piège "témoin" a été placé à l'emplacement D. Aucune différence significative entre les différents emplacements n'ayant été trouvée précédemment (cf. résultats de la première partie), les 4 emplacements A, B, C, D auraient été possibles. Mais afin d'éviter d'éventuelles interactions avec le dispositif placé à cet endroit, le D a été choisi car il était le plus éloigné du centre équestre.

Les deux autres pièges Vavoua étaient destinés à évaluer l'efficacité des dispositifs de lutte. Ils ont donc été mis aux mêmes endroits que les dispositifs de lutte, installés à partir d'octobre. Les sites choisis sont les tas de fumiers présents sur l'école, lieux de développement des stades immatures: un au centre équestre et le deuxième aux hôpitaux des ruminants (fig. 16). En effet, pour avoir un impact plus fort sur la population de stomoxes, ce dispositif doit viser les adultes dès leur émergence.

Figure 16: les sites pour l'étude de l'ATSB

☆ tas de fumier → dispositif avec les 5 écrans

2. 3. Le dispositif ATSB

Le dispositif de lutte associe le piège reconnu comme le plus efficace et le plus spécifique en première partie et le produit ATSB. Schlein et Müller avaient montré en 2011 que la solution ATSB était plus efficace quand elle était utilisée pulvérisée sur des pièges isolés plutôt que sur la végétation ou sur des barrières.

L'analyse des résultats de la première partie a montré que les pièges P3 (écran bleu) et P4 (Alsynite fourni par l'USDA) étaient tous les deux plus efficaces que les 2 autres pièges. Le piège P3 étant apparu comme plus facile à fabriquer et plus économique, il est utilisé dans cette deuxième partie.

Cinq écrans par point, en tissu bleu (P3) ont été installés aux deux points de lutte choisis (les deux tas de fumier présents sur l'école) du 30 septembre 2013 au 13 novembre 2013, pendant le pic d'activité automnale des stomoxes. Les écrans ont été pulvérisés de produits les trois premiers jours du dispositif afin que le tissu soit suffisamment imprégné et après chaque épisode pluvieux.

RESULTATS

1. Comparaison de l'efficacité et de la spécificité de 4 pièges sur *Stomoxys calcitrans*

Les pièges ont été posés 16 jours entre le 1er juin 2013 et le 4 juillet 2013. Ces jours étaient choisis en fonction des conditions météorologiques: pas de précipitation ni trop de vent. Le graphique ci-dessous présente l'évolution des captures par les 4 pièges confondus, parallèlement aux conditions météorologiques.

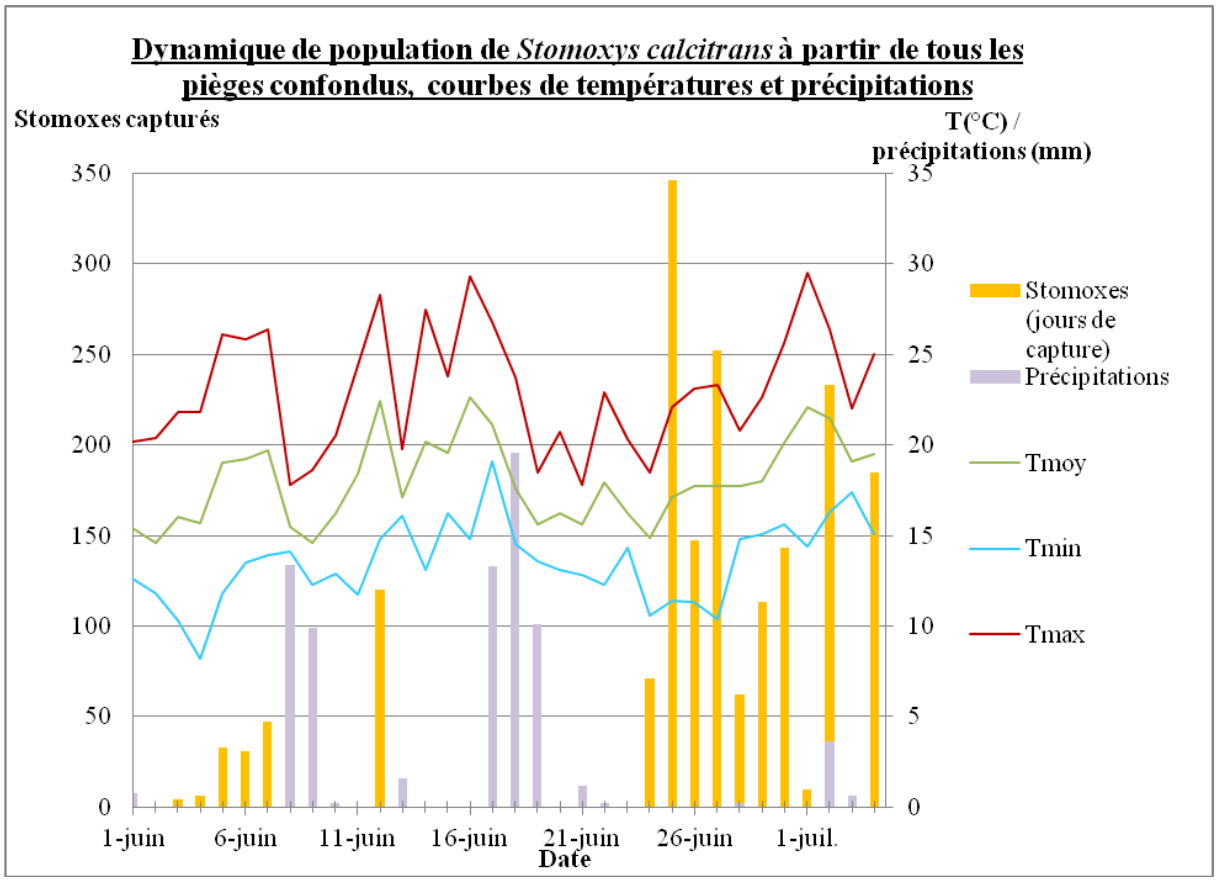


Figure 97: dynamique de population de *Stomoxys calcitrans*, courbes de températures (minimale, moyenne, maximale en °C) et précipitations quotidiennes (mm)

On observe qu'en début de période d'étude, très peu de stomoxes ont été capturés (moins de 10 individus les deux premiers jours et moins de 50 les 3 jours suivants). Puis, pendant près d'une quinzaine de jours, les pièges n'ont pas pu être posés à cause de conditions météorologiques défavorables (précipitations importantes). Lors de la reprise des captures, les stomoxes étaient présents en quantité plus importante; en moyenne 165 stomoxes capturés quotidiennement, tous pièges confondus.

Seule la variable jour de piégeage est significativement corrélée au nombre de stomoxes capturés. En revanche, sur la période considérée, les différents paramètres

climatiques ne sont pas significativement corrélés au nombre de stomoxes dans les pièges (tableau 4 et figure 18)

Variables	jour	Tmin	Tmax	Tmoy	HR	Vent	Ensoleillement	nombre
jour	**1**	0,681	0,227	0,454	0,522	-0,024	-0,236	0,575
Tmin	0,681	**1**	0,551	0,769	0,615	0,100	-0,156	0,186
Tmax	0,227	0,551	**1**	0,934	-0,031	-0,485	0,602	0,043
Tmoy	0,454	0,769	0,934	**1**	0,173	-0,393	0,402	0,179
HR	0,522	0,615	-0,031	0,173	**1**	0,166	-0,703	-0,054
Vent	-0,024	0,100	-0,485	-0,393	0,166	**1**	-0,437	-0,098
Ensoleillement	-0,236	-0,156	0,602	0,402	-0,703	-0,437	**1**	0,122
nombre	0,575	0,186	0,043	0,179	-0,054	-0,098	0,122	**1**

Tableau 4: matrice de corrélation entre le nombre de stomoxes capturés par tous les pièges confondus, et les données climatiques

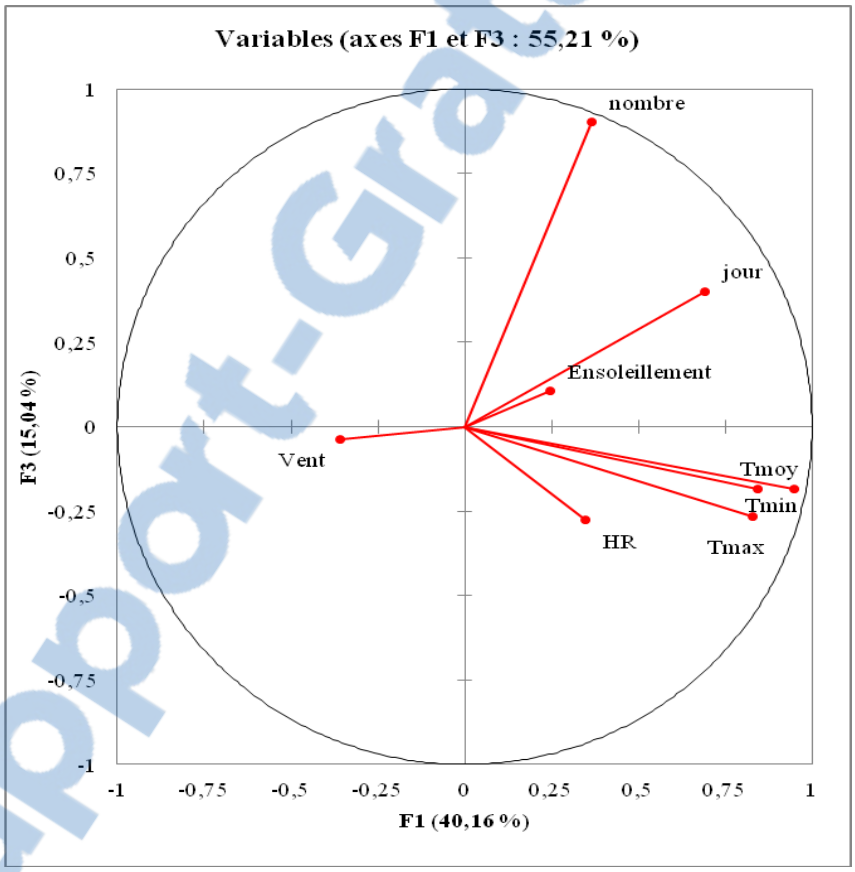


Figure 10: figure d'analyse des données climatiques et du nombre de stomoxes capturés chaque jour en composantes principales

Sur l'ensemble des captures, le sex-ratio est équilibré. En effet, sur un total de 1894 stomoxes capturés, 959 (51%) étaient des mâles, et 924 (49%) étaient des femelles. Cet équilibre est retrouvé quasi quotidiennement (fig.19), par piège (fig. 20) et par emplacement (fig.21).

Rapport-Gratuit.com

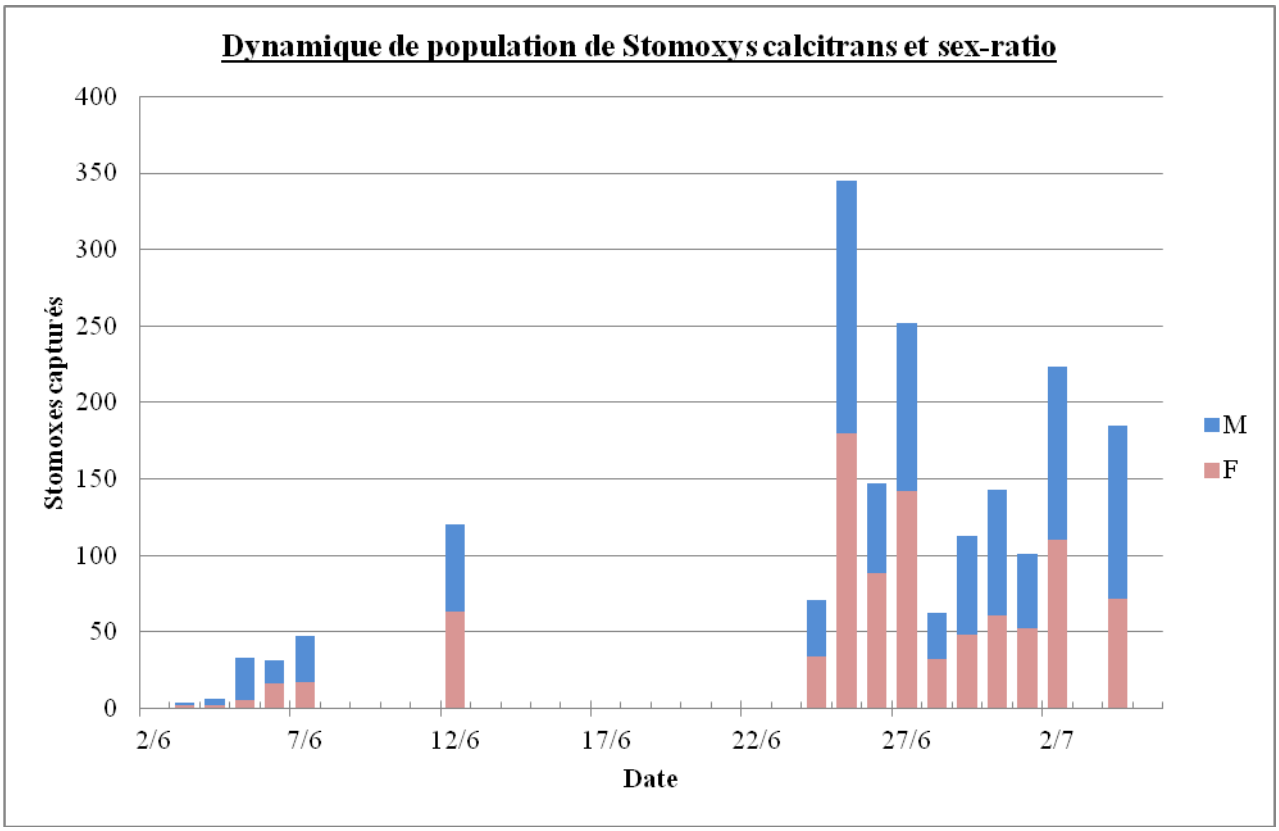
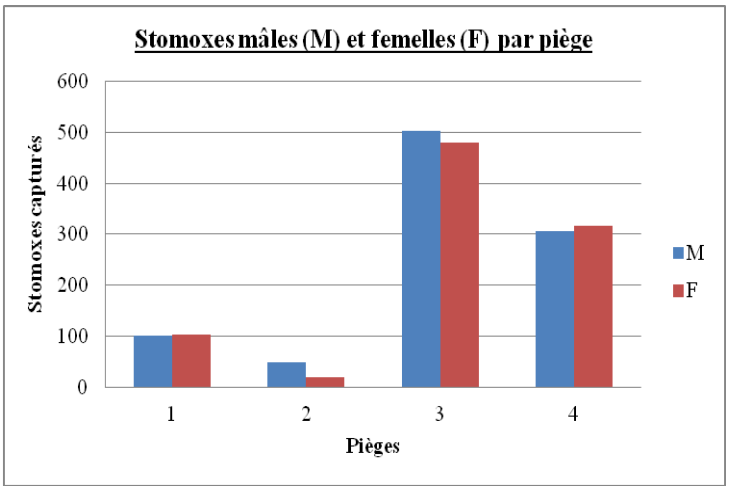


Figure 11: dynamique de population de *Stomoxys calcitrans* et sex-ratio



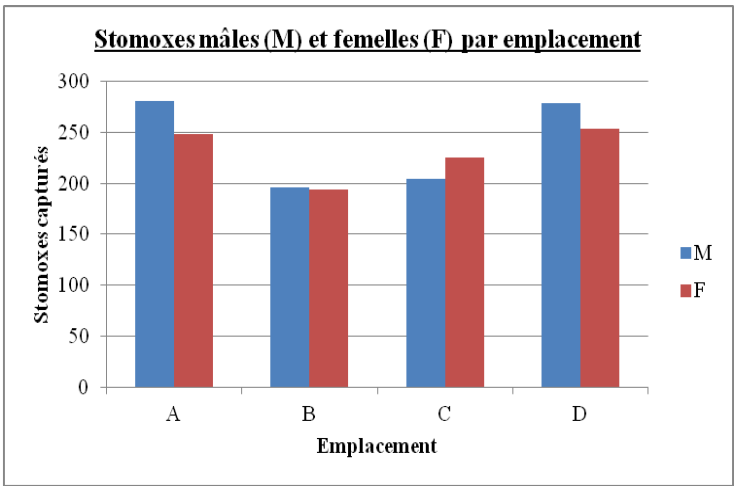
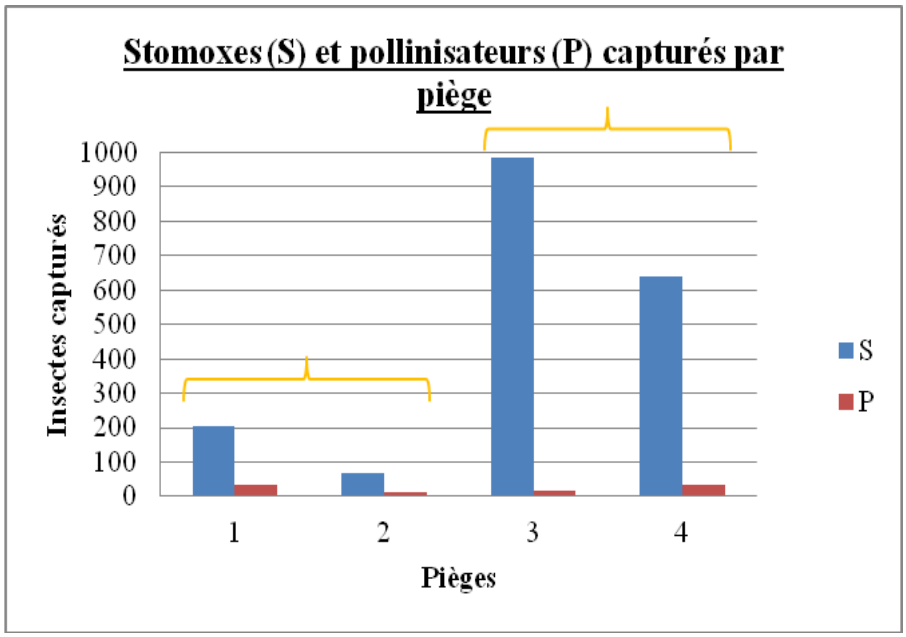


Figure 20 & 21: analyse de la répartition des sexes par piège et par emplacement

On observe un effet piège sur le nombre de stomoxes capturés (fig. 22): les pièges 3 (écran bleu, 52% des stomoxes capturés) et 4 (Alsynite, 34%) sont significativement plus efficaces que les pièges 1(fibre de verre, 11%) et 2 (Vavoua, 3%).



1- piège en fibre de verre à lames ondulées
2- piège Vavoua
3- écran bleu
4- piège en Alsynite à

Figure 12: nombre de stomoxes (S) et de pollinisateurs (P) (Hyménoptères et Syrphidés) capturés par les différents type de piège

Concernant la spécificité vis-à-vis des espèces non cibles, aucune différence significative n'a été notée entre les pièges. Les 4 pièges sont aussi spécifiques les uns que les autres. Au total, les pièges ont capturé presque 20 fois plus de stomoxes que d'Hyménoptères et de Syrphidés (total de 95).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Pour la suite de l'étude (ATSB), nous avons choisi d'utiliser le piège 3 plutôt que le piège 4 pour des raisons de praticité. En effet, ce piège est très facile à fabriquer et à moindre coût. On peut alors le changer facilement dès que les résidus d'insectes (ailes, pattes, petits insectes...) commencent à s'accumuler.

En ce qui concerne les 4 emplacements, aucune différence significative au niveau des captures des stomoxes et des espèces pollinisatrices n'a été mise en évidence (fig. 23).

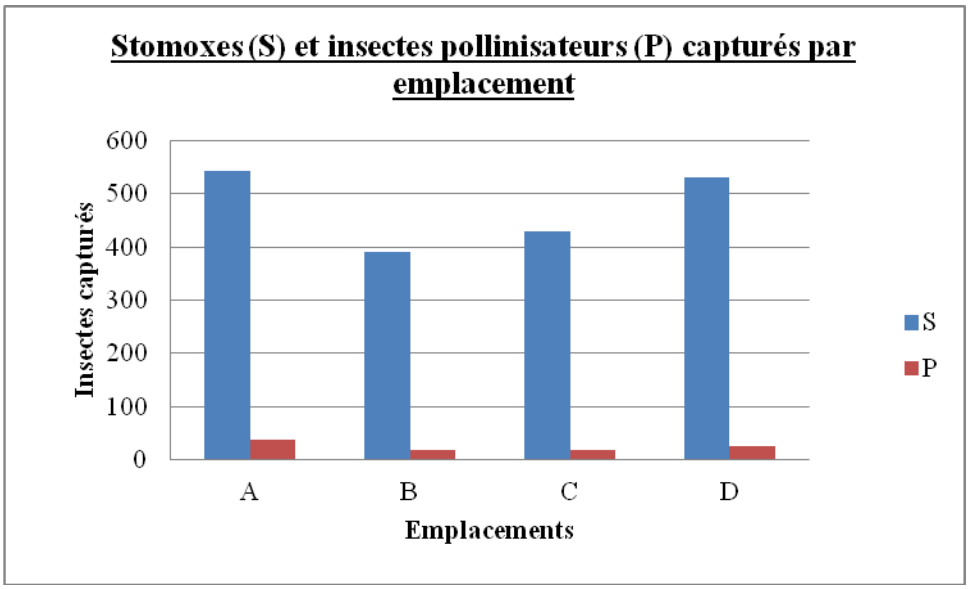


Figure 133: nombre de stomoxes (S) et d'insectes pollinisateurs (P) (Hyménoptères et Syrphidés) capturés aux différents emplacements

En conclusion de cette première partie, les 4 systèmes de piège testés ont montré une grande spécificité vis-à-vis des stomoxes. Deux d'entre eux, l'écran de tissu bleu et l'Alsynite, sont apparus plus efficaces que les pièges Vavoua et en fibre de verre. Pour des raisons de praticité et de coût, l'écran bleu (P3) semble être le piège le plus intéressant; c'est ce système qui est retenu pour la suite de l'étude.

2. Etude de l'efficacité de la méthode ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait) sur *Stomoxys calcitrans*

2.1. Tests en laboratoire

L'efficacité des produits de la société Fasst products a été testée en laboratoire. Trois séries d'expérience ont été réalisées: trois quinzaines de stomoxes ont été réparties dans 3 cages contenant soit la solution Ecobait seule (témoin), soit la solution Ecobait mélangée à du spinosad, soit la solution Ecobait mélangée à la solution insecticide à base de produits naturels (NAI). Une série a été faite avec des stomoxes gorgés et les 2 autres avec des stomoxes non gorgés. Pour une des séries avec les stomoxes non gorgés, les observations ont été faites sur 4 jours et à des intervalles plus espacés que pour les deux autres séries, suivies pendant trois jours. En effet, pour ces deux séries, une mortalité de 100% a été observée dans au moins une cage au bout de 48h (fig. 24).

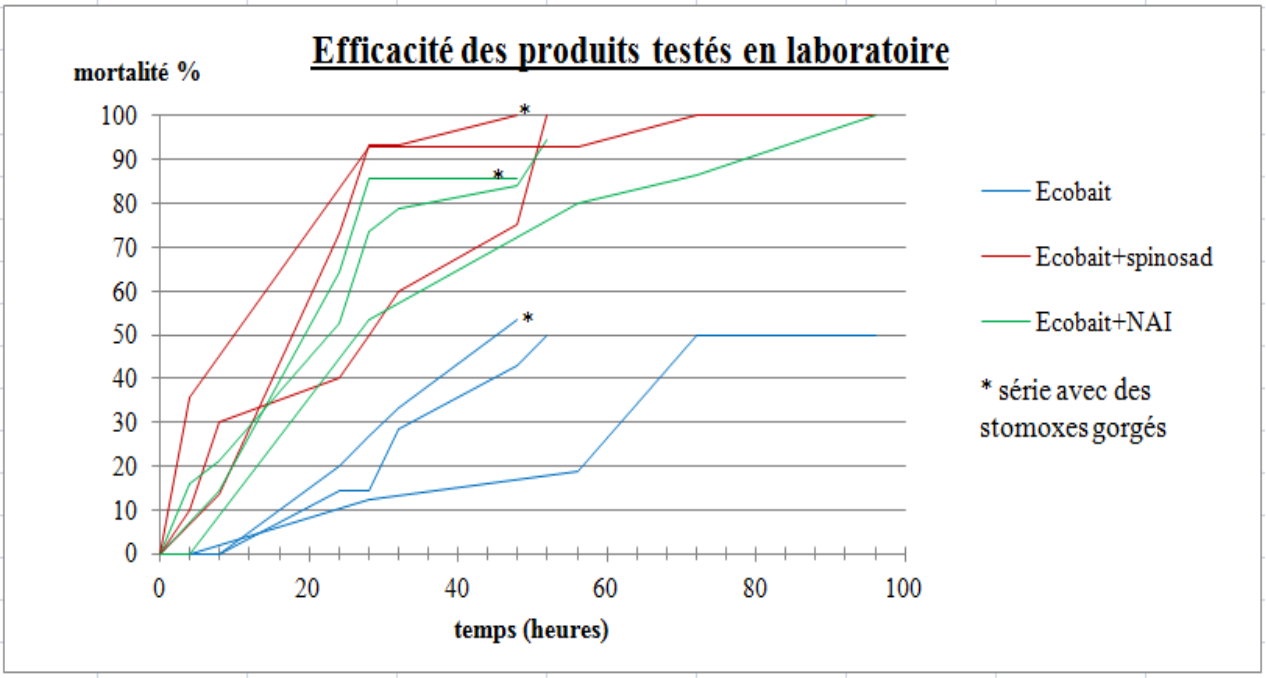


Figure 144: mortalité observée de stomoxes nourris de la solution sucrée Ecobait seule, ou de la solution Ecobait+spinosad, ou de la solution Ecobait+Natural Active Ingredients

Le premier jour, quelques heures après la mise en cage des stomoxes, certains stomoxes étaient déjà morts.

On observe une différence significative de la mortalité dans les différentes cages: elle est moins importante dans la cage où les stomoxes ont à disposition la solution sucrée Ecobait, que dans les deux autres cages; où on observe une mortalité similaire.

Le produit à base de produits naturels (eugénol et huile d'ail) apparaît aussi efficace que la solution sucrée additionnée de Spinosad.

Cette série d'expérience n'a pas révélé de différence significative de sensibilité aux différents produits en fonction de l'état de gorgement des stomoxes.

2.2. Sur le terrain

Les pièges Vavoua ont été posés environ 2 fois par semaine entre le 4 septembre 2013 et le 13 novembre 2013. Le dispositif de lutte a été mis en place du 30 septembre 2013 au 13 novembre. La figure 24 présente l'évolution concomitante des captures par les 3 pièges Vavoua confondus et des conditions météorologiques: températures minimales, moyennes, maximales et précipitations.

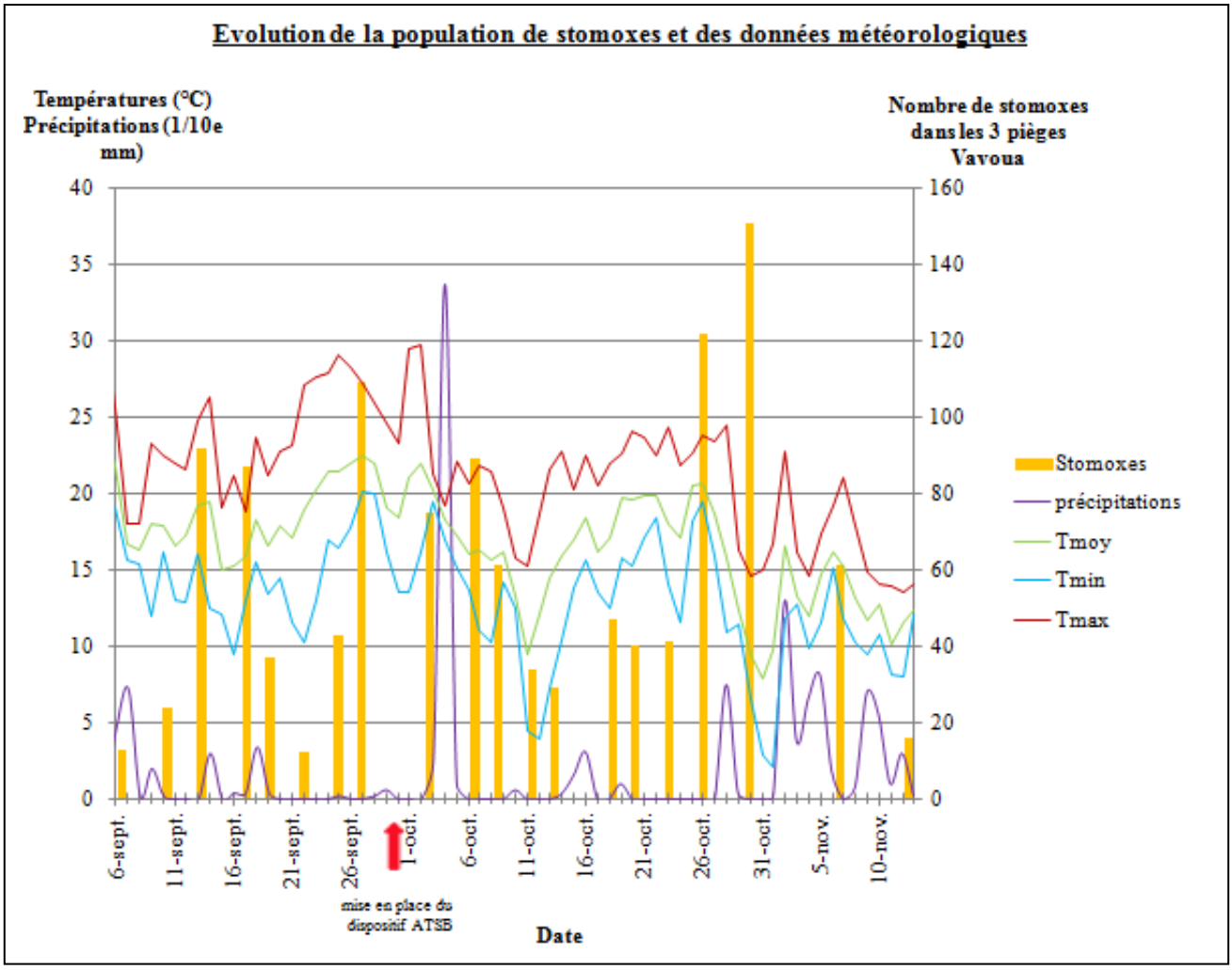


Figure 155: suivi de la population de stomoxes et des données météorologiques du 4 septembre au 13 novembre 2013

La mesure de la densité de population sur le mois de septembre confirme la présence de stomoxes en quantité relativement importante sur l'E.N.V.T., et a priori suffisante pour observer si le dispositif de lutte a un impact sur la population ou non. Ce suivi de population permet également de considérer que la période correspond au deuxième pic annuel de population.

Les conditions météorologiques (températures et humidité) sont restées stables au cours du mois de septembre et d'octobre avec des conditions compatibles avec le développement des stomoxes (fig. 25).

L'analyse statistique ne permet pas de mettre en évidence un impact significatif de la mise en place du dispositif ATSB sur la population de stomoxes (fig. 26). Si l'on prend emplacement par emplacement, on trouve une différence significative au niveau du nombre de stomoxes capturés seulement à l'emplacement témoin (D) mais on observe une augmentation et non une diminution de la population. Aussi le piège situé près du centre équestre a capturé significativement plus de stomoxes que les deux autres, mais avec une augmentation de stomoxes après-avant moindre qu'à l'emplacement D.

Il n'y a pas d'interaction efficace pour la lutte entre les emplacements et la présence ou non du système de lutte ATSB.

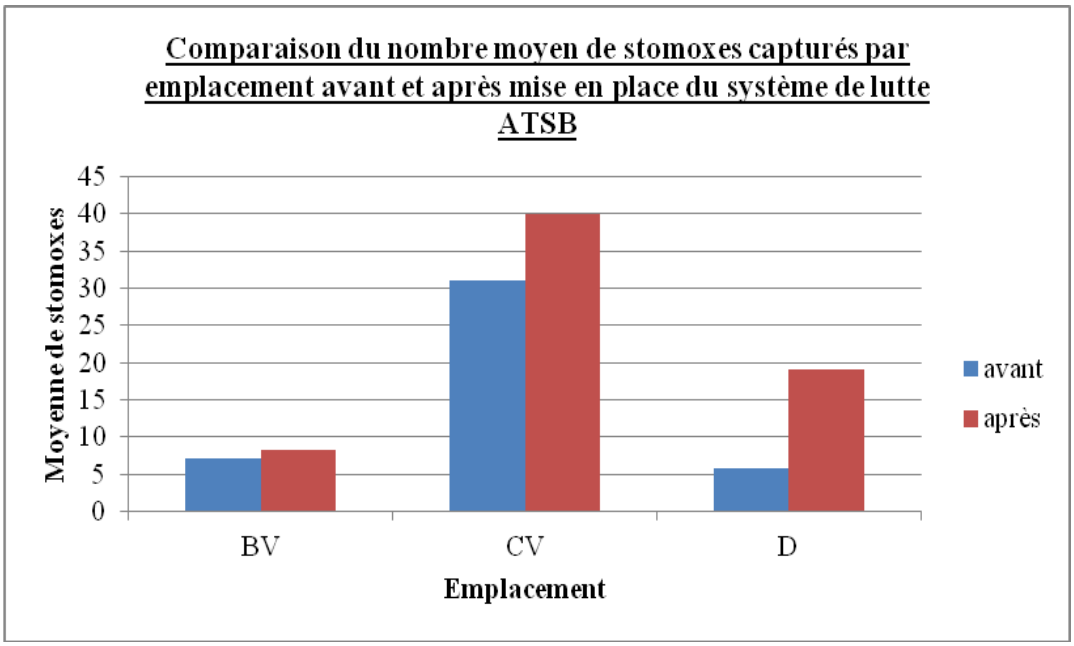


Figure 166: étude de l'impact du système de lutte sur la capture de stomoxes

Sur le terrain, dans les conditions où elle a été utilisée, la méthode ATSB n'a pas permis de prouver son efficacité pour lutter contre *Stomoxys calcitrans*. Mais la manipulation sur le terrain est à améliorer puisqu'en laboratoire, les produits se sont révélés efficaces.

Lors de la première partie en juin/juillet, le sex ratio était équilibré. Ce n'est plus le cas sur la période de septembre à novembre (fig.27). Les mâles sont environ quatre fois plus nombreux que les femelles.

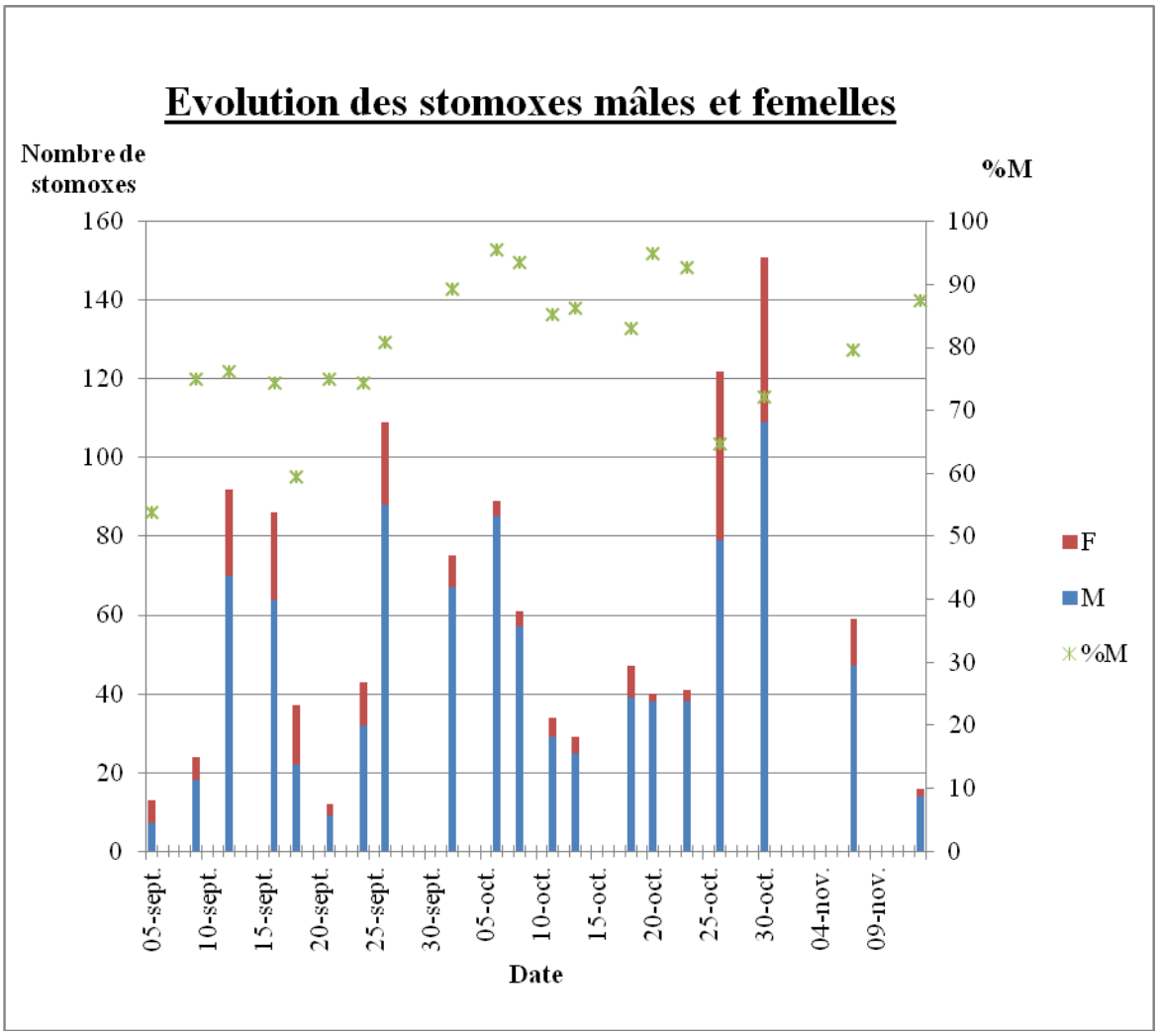


Figure 27: comparaison du nombre de stomoxes mâles et femelles du 4 septembre au 13 novembre 2013

DISCUSSION

1. Comparaison des 4 systèmes de piégeage

La première partie de cette étude a comparé quatre systèmes de lutte mécaniques pour trouver le plus efficace et le plus spécifique pour les stomoxes.

Deux pièges se sont révélés très efficaces: le piège en Alsynite à lames droites et l'écran bleu coloris azur 023. Pour mieux comprendre l'attractivité de l'écran bleu, sa réflectance a été mesurée au Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) à l'aide d'un réflectomètre[1], instrument habituellement utilisé par les ornithologues pour mesurer la couleur des plumes d'oiseaux. Un pic à 450 nm a été obtenu, longueur d'onde qui correspond à la sensibilité visuelle maximale des stomoxes. Il aurait été intéressant de faire de même pour l'Alsynite, mais le système disponible ne permet pas de mesurer sur du matériau translucide. Mais l'Alsynite, sous l'éclairement du soleil, émettrait des radiations comprise entre 360 et 430 nm d'après Berry et al. (1986) et Agee & Patterson (1983).

Mais, certains événements au cours des captures sont à relever, car ils ont pu influencer les résultats. Il faut noter que les deux premiers jours de piégeage en juin, l'écran bleu n'a pas permis de piéger d'insectes. En effet, le tissu étant poreux, il avait absorbé en totalité la colle appliquée. Ce piège était alors totalement inefficace.

Aussi, dans le protocole nous avons décidé de changer à chaque série de 4 jours l'écran bleu afin que les propriétés de ce piège soient le plus identiques possibles à chaque série. Ce changement était facile et possible pour l'écran mais pas pour les pièges en alsynite et en fibre de verre. L'efficacité de ces deux derniers pièges a probablement était diminuée au fur et à mesure des séries de manipulation, à cause de l'accumulation de colle et de déchets (ailes, pattes, pollens...) (Agee & Paterson, 1983).

Ensuite, à plusieurs reprises, certains pièges n'ont pas pu fonctionner toute la journée, certains étaient retrouvés au sol le soir, à cause du vent ou des mouvements d'animaux.

---

[1] Merci à Ismail Keddar, étudiant en thèse au CEFE-Montpellier, pour avoir réalisé ces mesures.

En effet, de nombreux mouvements ont été constatés durant la période d'étude:

- en journée avec le passage du troupeau de vaches devant le piège placé en B ou en D.
- changement de prés régulièrement pour les moutons et les vaches.

Si on compare à l'étude faite en 2009, les températures des mois de juin/juillet 2013 sont proches des températures qu'il y avait eu un peu plus tôt en 2009, au cours des mois de mai/juin. A cette période, le début du pic estival avait été observé. C'est ce que l'on retrouve ici, avec un décalage d'un mois environ, probablement dû aux conditions climatiques du printemps 2013. Pendant une dizaine de jours (du 8 au 18 juin), les conditions climatiques ont été défavorables pour le piégeage (couvert nuageux et précipitations importantes). Or l'humidité augmente la mortalité des adultes mais favorise le développement des immatures (Berry & Kunz, 1977). Cette période relativement pluvieuse peut expliquer le pic observé à la fin du mois de juin.

Le pic est relativement important, ce qui illustre bien la multiplication exponentielle des stomoxes et le fait qu'il est intéressant de commencer la lutte contre les stomoxes avant ou au tout début du pic d'abondance, afin d'avoir un impact plus important sur la dynamique de population.

La variation de la population de stomoxes dépend aussi de celle des parasitoïdes. Il serait intéressant de suivre ces deux dynamiques en parallèle.

L'influence du piégeage les jours précédents peut être considérée comme négligeable. En effet, si le piégeage est effectué sur plusieurs jours consécutifs, on pourrait s'attendre à voir une diminution de la population et au contraire une augmentation lors de la reprise du piégeage après une interruption de piégeage sur au moins une journée. Mais le nombre de stomoxes quotidiennement capturés peut être considéré comme faible par rapport à la réelle densité de population de stomoxes, puisqu'à l'heure de relève des pièges, de nombreux stomoxes se nourrissaient sur les membres des bovins et des chevaux.

Rapport-Gratuit.com

2. ATSB: une nouvelle méthode de lutte contre les stomoxes

La méthode ATSB avait montré son efficacité sur d'autres insectes hématophages (Anophèles et Culicidés), cette deuxième partie voulait explorer son efficacité sur les stomoxes.

Le travail sur le terrain pourrait indiquer une attirance préférentielle des stomoxes pour les chevaux plutôt que pour les bovins, puisque en comparant les captures des 3 pièges Vavoua, la population de stomoxes semblait être beaucoup plus dense près du centre équestre que près des hôpitaux des ruminants. En revanche, le système mis en place, en l'état, n'a pas été efficace pour lutter contre les stomoxes. La population n'a pas diminué suite à la mise en place du système de lutte. Le nombre de stomoxes n'a diminué qu'en novembre, lorsque les températures ont chuté. Toutefois, on a mis en évidence une augmentation de la population uniquement à l'emplacement témoin, les produits Ecobait additionnés d'insecticides ont peut être permis de contrôler la population de stomoxes localement, autour des dispositifs. Mais, cette éventuelle efficacité n'est pas suffisante pour protéger le bétail des nuisances des stomoxes.

La déviation du sex ratio observée en septembre/novembre par rapport à juin/juillet peut suggérer, qu'en fonction de la saison (premier ou deuxième pic d'abondance) ou peut-être selon les conditions météorologiques (humidité), la proportion de mâles émergeant varie.

Cela est contraire à ce qu'avaient trouvé Mihok et al. (1996) au Kenya. En début de saison humide, le sex ratio était très nettement en faveur des femelles pour tous les genres de *Stomoxys* sauf pour *Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys niger niger*. Puis le sex ratio s'était équilibré, dès l'émergence de la première génération de la saison des pluies. Il pourrait s'agir d'une stratégie développée par les stomoxes pour exploiter au mieux des conditions d'humidité optimales pour la reproduction.

On peut aussi supposer que dans la population de stomoxes en septembre/novembre, il y avait autant de mâles que de femelles mais que les mâles étaient plus attirés par les produits sucrés que les femelles; car les captures de juin/juillet ont montré que les mâles n'étaient pas plus attirés que les femelles par les différents pièges, quand ils étaient utilisés avec la colle. Les femelles ont davantage besoin de repas sanguin pour la reproduction (un seul indispensable au mâle contre quatre pour la femelle). Même si Taylor (2008) n'avait pas

trouvé de différence significative entre mâles et femelles concernant la prise de repas de nectar.

Comme dit précédemment, il aurait fallu agir plus tôt dans le cycle des stomoxes. En effet, pour être efficace dans la lutte contre les stomoxes, il faut agir dès le début de l'émergence de la population, c'est-à-dire juste avant le premier pic estival.

Mais cette étude ouvre des perspectives. En effet, dès la pose des écrans, on a pu confirmer l'attraction des stomoxes par la couleur bleue. Ensuite, après la pulvérisation des produits, notamment la solution Ecobait+spinosad, on peut voir les stomoxes abaisser leur proboscis et chercher à se nourrir. Toutefois, en quelques heures, le tissu sèche et les stomoxes, attirés par les écrans, se posent mais ils sont au repos (proboscis relevé). Le tissu, est composé de 65% coton et de 35% polyester, ce qui le rend poreux. De plus, le fabricant avait traité le tissu afin qu'il soit déperlant. Contrairement aux utilisations précédentes d'un tel produit (pulvérisé sur la végétation), le produit ne forme pas de "gouttes" permettant aux stomoxes de se nourrir. Il coule le long du tissu (du fait de la pesanteur et du traitement déperlant du tissu) et le peu de produit qui imprègne le tissu, est absorbé par les fibres de coton.

Pour remédier à ce problème observé, nous avons essayé plusieurs dilutions: 1/4 au début (dilution conseillée par Fasst Products), 1/2, et le produit pur. Le produit pur est trop épais et impossible à vaporiser. Nous avons également essayé d'appliquer une fine couche de colle (Rampastop ND, utilisée lors de la première partie d'expérience) afin de rendre le produit moins poreux; sachant qu'une fine couche de colle n'est pas suffisante pour coller les stomoxes (observation faite en juin).

L'étude en laboratoire a pu montrer l'efficacité des produits Ecobait+Spinosad et Ecobait+Natural Active Ingredients. Il faudrait donc renouveler l'expérience mais avec un tissu 100% en polyester, non déperlant et avec des fibres assez lâches, pour que suffisamment de produit soit stocké entre les fibres. D'autant plus que ce système, même en utilisant des insecticides, a peu d'impact sur les espèces pollinisatrices qui ne sont pas attirées par le piège bleu.

Des écrans de tissus imprégnés d'insecticides lors de leur fabrication (cela a déjà été réalisé avec de la perméthrine) pourraient également être une piste intéressante. Mais, les stomoxes de l'ENVT étant devenus résistants à la perméthrine, problème rencontré à l'échelle

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

internationale, il faudrait explorer cette piste avec d'autres insecticides, éventuellement associés à des inhibiteurs de croissance.

Toutefois, il faut noter que le contrôle de l'efficacité des produits était indirect et peu précis. Pour être plus précis et contrôler l'efficacité du produit appliqué sur le tissu, on pourrait envisager de réitérer l'expérience mais en chambres moustiquaires, en plaçant dans l'une d'elle un écran imprégné d'Ecobait et d'insecticide et dans l'autre un écran imprégné d'Ecobait uniquement et en observant les mortalités obtenues.

CONCLUSION

Les études concernant la lutte contre les stomoxes, et notamment contre la seule espèce cosmopolite, *Stomoxys calcitrans*, sont nombreuses. Ces insectes hématophages causent d'importantes nuisances et sont des vecteurs de pathogènes. Des moyens de lutte mécaniques, chimiques ou environnementaux, etc. ont déjà été mis en œuvre mais ne permettent pas un contrôle suffisant des populations. Par exemple, la lutte chimique a pu être une solution performante dans un premier temps, mais des résistances se sont progressivement développées; d'où la nécessité de poursuivre la recherche dans ce domaine et d'étudier de nouvelles pistes. Les critères de choix pour une méthode de lutte sont l'efficacité, la spécificité, avec un faible impact sur l'environnement et une simplicité d'utilisation en élevage.

Deux systèmes ont été testés aux périodes d'abondance des stomoxes (juin/juillet et septembre/octobre 2013): un système de lutte mécanique et une méthode de type ATSB.

Le piège Vavoua, déjà largement utilisé, a été comparé à deux pièges en Alsynite. Ce matériau avait montré son efficacité avec les pièges Williams et Broce par exemple. Nous avons testé une nouvelle conformation de piège. Les pièges étaient verticaux et formés de lamelles de 50 cm de long et 10 cm de large, accrochées les unes aux autres. Pour l'un les lamelles étaient plates, pour l'autre elles étaient ondulées. De plus, en s'appuyant sur les connaissances d'attraction du bleu phtalogène sur les stomoxes, un écran de tissu bleu azur 023 de 50cmx 50 cm a été également testé. Afin de pouvoir en mesurer l'efficacité, les 3 derniers pièges ont été recouverts de colle, habituellement utilisée sur les arbres fruitiers. Tous les pièges se sont révélés spécifiques, avec une capture non significative d'espèces pollinisatrices; deux pièges ont capturé plus de stomoxes que les autres: le piège en Alsynite à lamelles plates et l'écran de tissu bleu.

Ensuite, nous avons étudié l'impact de la méthode ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait) sur les stomoxes. Cette méthode ATSB peut être intéressante pour les stomoxes, puisqu'en plus des repas de sang, ils se nourrissent de nectar. L'efficacité de cette méthode a été montrée sur les Anophèles et les Phlébotomes, autres insectes nuisibles. Il s'agit d'attirer avec une solution sucrée les stomoxes et d'ajouter à cette solution un produit aux propriétés insecticides. La société Fasst Products nous a fourni cette solution, nommée "Ecobait". Les insecticides utilisés sont le Spinosad et un mélange naturel d'eugénol et d'huile d'ail. En laboratoire, on a observé une mortalité importante et rapide pour ces deux produits. Par contre, dans les conditions où cela a été fait, aucun impact sur la population n'a été observé

lors du couplage de ces produits avec l'écran bleu, piège choisi pour son efficacité, son faible coût et sa praticité.

En synthèse, cette étude a permis de mettre en évidence l'attractivité d'un nouveau tissu bleu, coloris azur 023, plus efficace que celui utilisé jusqu'ici pour les pièges Vavoua par exemple. De plus, il a une forte attraction pour les stomoxes mais elle est très faible pour les pollinisateurs.

Les produits alliant sucres et insecticides de la société Fasst Products ont révélé leur efficacité en laboratoire, y compris les produits uniquement à base d'ingrédients d'origine naturelle mais s'avèrent pour l'instant moins concluants pour une utilisation en élevage. La recherche sur cette piste doit être poursuivie, en améliorant le dispositif.

BIBLIOGRAPHIE

Agee, H.R. et Patterson, R. S. 1983. Spectral sensitivity of stable, face, and horn flies and behavorial responses of stable flies to visual traps. *Environ. Entomol. 12.* 1983, pp. 1823-1828.

Anderson, J.R. 1978. Mating behavior of *Stomoxys calcitrans.* Effects of a blood meal on the mating drive of males and its necessity as a prerequisite for proper insemination of females. *Journal of Economic Entomology, 71.* 1978, pp. 379-386.

Ashrafi, S.H. 1964. The cultivation and nutritional requirements of *Stomoxys calcitrans*. *Bull. World Health Org. 31.* 1964, pp. 519-520.

Bailey, D.L., Whitfield, T.L. et Smittle, B.J. 1979. Flight and dispersal of the stable fly. *Journal of Economic Entomology. 66.* 1979, pp. 410-411.

Baldacchino, F., et al. 2013. Transmission of pathogens by Stomoxys flies (Diptera, Muscidae): a review. *DOI: 10.1051/parasite/2013026; Parasite, 20, 26* . 2013.

Barré, N. 1981. Les stomoxes ou mouches bœuf à la Réunion. Pouvoir pathogène, écologie, moyen de lutte. *Maison Alfort (FRA) - GERDAT - IEMVT.* 1981, p. 90.

Beier, J.C. et Müller, G.C. 2012. Attractive toxic sugar bait (ATSB) methods decimate populations of Anopheles malaria vectors in arid environments regardless of the local availability of favoured sugar-source blossoms. *Malaria Journal, 11.* 2012, p. 31.

Berkebile, D.R., Thomas, G.D. et Campbell, J.B. 1994. Overwintering of the stable fly (Diptera: Muscidae) in southeastern Nebraska. *J. Econ. Entomol. 87.* 1994, pp. 1555-1563.

Berry, I.L. et Campbell, J. B. 1985. Time and weather effects on daily feeding patterns of stable flies. (Diptera: Muscidae). *Environ. Entomol. 14.* 1985, pp. 336-342.

Berry, I.L. et Kunz, S.E. 1977. Mortality of adult stable flies. *Environ. Entomol. 6.* 1977, pp. 569-574.

Berry, I.L., Nelson, A.K. et Broca, A.B. 1986. Effect of weather on capture of stable flies (Diptera: Muscidae) by Alsynite fiber glass traps. *Environ. Entomol. 15.* 1986, pp. 706-709.

Bidgood, H.M. 1980. Host location in *Stomoxys calcitrans* L. (the stable fly). *Ph. D. dissertation, University of Birmingham, United Kingdom. 152pp.* 1980.

Broce, A.B. 1988. An improved Alsynite trap for stable flies, *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *J. Med. Entomol. 25.* 1988, pp. 406-409.

Broce, A.B., Hogsette, J.A. et Paisle, S. 2005. Winter feeding sites of hay in round bales as major developmental sites of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) in pastures in spring and summer. *J. Econ. Entomol. 98.* 2005, pp. 2307-2312.

Bushman, L.L. et Patterson, R.S. 1981. Assembly, mating and thermoregulatory behavior of stable flies under field conditions. *Environ. Entomol. 10.* 1981, pp. 16-21.

Campbell, J.B. 2006. Horse insect control guide. *University of Nebraska-Lincoln Extension pub. G950.* 2006.

Campbell, J.B., et al. 1993. Effects of stable flies (Diptera: Muscidae) and heat stress on weight gain and feed conversion of feeder cattle. *J. Agric. Entomol. 10.* 1993, pp. 155-161.

Campbell, J.B., et al. 1987. Effects of stable flies (Diptera: Muscidae) on weight gain and feed efficiency of feedlot cattle. *J. Econ. Entomol. 80.* 1987, pp. 117-119.

Charlwood, J.D. et Lopez, J. 1980. The age-structure and biting behaviour of *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) from Manaus, Brazil. *Bull. Entomol. Res. 70.* 1980, pp. 549-555.

Chia, L. S., Baxter, J.A. et Morrison, P. E. 1982. Quantitative relationship between ingested blood and follicular growth in the stable fly, *Stomoxys calcitrans*. *Can. J. Zool. 60.* 1982, pp. 1917-1921.

Choi, W., et al. 2002. Repellent activities of essential oils and monoterpenes against *Cullex pipiens pallens*. *Journal of the American Mosquito Control Association.18. 348-351.* 2002.

Choi, W., et al. 2004. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of economic entomology. 97. 553-558.* 2004.

Clero, M. 2004. Les stomoxes (*Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys niger*) dans les élevages bovins laitiers du sud de l'île de la Réunion. *Thèse de doctorat vétérinaire : Nantes.* 2004, pp. -133.

D'Amico, F., et al. 1996. Are stable flies (Diptera: Stomoxyinae) vectors of *Trypanosoma vivax* in the Central African Republic? *Vet. Res., 27.* 1996, pp. 161-170.

Dougherty, C.T., et al. 1995. Behavior of grazing cattle exposed to small populations of stable flies (Stomoxys calcitrans).. *Appl. Anim. Behav. Sci. 42.* 1995, pp. 231-248.

Dougherty, C.T., et al. 1993. Stable flies (*Stomoxys calcitrans* L.) and the behavior of grazing beef cattle. *App. Anim. Behav. Sci. 35.* 1993, pp. 215-233.

Foil, L. D. et Gorham, J. R. 2000. Mechanical transmission of disease agents by arthropods. *Medical Entomology: a text book on public health and veterinary problems caused by arthropods. Kluwer Academic Publishers, 461-514.* 2000.

Foil, L. D. et Hogsette, J.A. 1994. Biology and control of tabanids, stable flies and horn flies. *Revue scientifique et technique de l'Office International des Epizooties 13(4).* 1994, pp. 1125-1158.

Gatehouse, A.G. et Lewis, C. T. 1973. Host location behaviour of *Stomoxys calcitrans*. *Ent. Exp. & Appl. 16.* 1973, pp. 275-290.

Geden, C.J. et Hogsette, J.A. 1994. Research and extension needs for integrated pest management for arthropods of veterinary importance. *Proceedings of a workshop. Lincoln, NE.* 1994.

Gilles, J. 2005. Dynamique et génétique des populations d'insectes vecteurs - Les stomoxes, *Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys niger niger* dans les élevages bovins réunionnais. *Université de La Réunion, Thèse de Doctorat.* 2005, p. 96.

Gilles, J., et al. 2007. Efficiency of traps for *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* on Reunion Island. *Med. Vet. Entomol., 21.* 2007, pp. 65-69.

Gortel, K. 1998. Equine parasitic hypersensitivity. *Equine Practice, 20, 14-16.* 1998.

Gouteux, J.P., Challier, A et Laveissiere, C. Modifications et essais du piège à glossines (Diptera, Glossinidae) Challier-Laveissiere. *Cahier Orstom Série Entomologie Médicale et Parasitologie.* Vol. 19(2), 87-99.

Greene, G.L., Hogsette, J.A. et Patterson, R.S. 1989. Parasites that attack stable flies and house flies (Diptera: Muscidae) puparia during the winter on dairies in Northwestern Florida. *J. econ. Entomol., 82.* 1989, pp. 412-415.

Hafez, M. et Gamal-Eddin, F. M. 1959a. Ecological studie on *Stomoxys calcitrans* L. and *Stomoxys sitiens* Rond in Egypt, with suggestions on their control. *Bulletin de la Société d'Entomologie d'Egypte 43.* 1959a, pp. 245-254.

—. 1959b. On the feeding habits of *Stomoxys calcitrans* L. and *sitiens* Rond., with special reference to their biting cycle in nature. *Bulletin de la Sociètè d'Entomologie d'Egypte 43.* 1959b, pp. 291-301.

Hanses, E.J. 1951. The stable fly and its effect on seashore recreational areas in New Jersey. *J. Econ. Entomol., 44, 4.* 1951, pp. 482-487.

Harley, J.M.B. 1965. Seasonal abundance and diurnal variations in activity of some Stomoxys and Tabanidae in Uganda. *Bull. Entomol. Res. 56.* 1965, pp. 319-332.

Hogsette, J.A. et Ruff, J.P. 1990. Comparative attraction of four different fiberglass traps to various age and sex classes of stable fly (Diptera: Muscidae) adults. *J. Econ. Entomol. 83.* 1990, pp. 883-856.

Hogsette, J.A. 1999. Management of ectoparasites with biological control organisms. *Int. J. Parasitol., 29.* 1999, pp. 147-151.

Hogsette, J.A., Ruff, J.P. et Jones, C.J. 1987. Stable fly biology and control in the northwest Florida. *Journal of Agricultural Entomology 4(1).* 1987, pp. 1-11.

Holloway, M.T.P. et Phelps, R.J. 1991. The responses of *Stomoxys spp*. (Diptera: Musicidae) to traps and artificial host odours in the field. *Bul. Entomol. Res., 81*. 1991, pp. 51-55.

Horridge, G. A. 1975. The Compound Eye and Vision in Insects. *Oxford: Clarendon.* 1975, p. 59.

Isman, M. B. 2000. Plant essential oil for pest and disease managment. *Crop protect.19. 603-606.* 2000.

Jeanbourquin, P. et Guerin, P. M. 2007. Sensory and behavioural responses of the stable flies *Stomoxys calcitrans* to rumen volatiles. *Medical and Veterinary Entomology 21, 217-224.* 2007.

Jones, C.J., et al. 1992. Nectar feeding by *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae): effects on reproduction and survival. *Environ. Entomol. 21.* 1992, pp. 141-147.

Jonsson, N.N. et Mayer, D.G. 1999. Estimation of the effects of buffalo fly (*Haematobia irritans exigua*) on the milk production of dairy cattle based on a meta-analysis of literature data. *Med. Vet. Entomol. 13.* 1999, pp. 372-376.

Kangwagye, T. N. 1973. Diurnal and nocturnal biting activity of flies (Diptera) in western Uganda. *Bull. Entomol. Res. 63.* 1973, pp. 17-29.

Khallaayoune et al, K. et. 2013. Attractive toxic sugar baits: control of mosquitoes with the low-risk active ingredient dinetofuran and potential impacts on nontarget organisms in Morocco. *Environmental Entomology 42(5): 1040-1045; DOI: http://dx.doi.org/10.1603/EN13119.* 2013.

Kumar, P., et al. 2013. Housefly (*Musca domestica* L.) control potential of *Cymbopogon citratus* Stapf. (Poales: Poaceae) essential oil and monoterpenes (citral and 1.8-cineole). *Parasitology research. 112.69-76.* 2013.

Kunz, S.E. et Monty, J. 1976. Biology and ecology of stomoxys nigra Macquart and *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera, Muscidae) in Mauritius. *Bulletin of Entomological Research 66.* 1976, pp. 745-755.

LaBrecque, G. C. et Meifert, D. W. 1972. Experimental control of stable fly. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) by releases of chemosterilized adults. *Can. Entomol. 104.* 1972, pp. 885-887.

Lane, R.P. et Crosskey, R. W. 1993. Medical insects and arachnids. 1st ed. *London: Chapman & Hall.* 1993, p. 723.

Rapport-Gratuit.com

Laveissière, C. et Grébaut, P. 1990. Recherche sur les pièges à glossine (Diptera : Glossinidae). Mise au point d'un modèle économique : le piège Vavoua. *Trop. Med. Parasit., 41.* 1990, pp. 185-192.

Laveissière, C., Couret, D. et Grébaut, P. 1987. Recherche sur les écrans pour la lutte contre les glossines en région forestière de Côte d'Ivoire: Mise au point d'un nouvel écran. *Cahier Orstom série Entomologie Médicale et Parasitologie.* 1987, Vol. 25(3), 145-164.

Leclercq, M. 1971. Les mouches nuisibles aux animaux domestiques. *Presses agronomiqes de Gembloux.* 1971, p. 199.

Lysyk, T. J. 1998. Relationships between temperature and life-history parameters of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *Journal of Medical Entomology 35(2).* 1998, pp. 107-119.

—. 1993. Adult resting and larval development sites of stable flies and house flies (Diptera : Muscidae) on dairies in alberta. Journal of Economic Entomology 86(6): 1746- 1753. *Journal of Economic Entomology 86(6).* 1993, pp. 1746-1753.

—. 1995. Temperature and population density effects on feeding activity of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *Journal of Medical Entomology. 32(4).* 1995, pp. 508-514.

Masmeatathip, R, et al. 2006. First survey of seasonal abundance and daily activity of *Stomoxys spp*. (Diptera: Muscidae) in Kamphaengsaen Campus, Nakornpathom province, Thailand. *Parasite.* 2006, Vol. 13, 245-250.

Mavoungou, J.F., et al. 2008b. Écologie des stomoxes (Diptera : Muscidae) au Gabon. II. Origine des repas de sang et conséquences épidémiologiques. *Parasite,15.* 2008b, pp. 611-615.

Mavoungou, J.F., et al. 2008a. Écologie des stomoxes (Diptera : Muscidae) au Gabon. I-Premier inventaire dans différentes zones écologiques. *Parasite, 15.* 2008a, pp. 27-34.

Meyer, H.J., Christie, R. D. et McBride, D.K. 1991. Insect pests of horses. *Extension Bulletin, 55.* 1991, pp. 1-12.

Meyer, J.A. et Petersen, J.J. 1982. Samping stable fly and house fly pupal parasites on beef feedlots and dairies in Eastern Nebraska. : 119-124. *Southwest. Entomol. 7.* 1982, pp. 119-124.

Meyer, J.A. et Peterson, J.J. 1983. Characterization and seasonal distribution of breeding sites of stable flies (Diptera: Muscidae) on eastern Nebraska feedlots and dairies. *J. Econ. Entomol. 76.* 1983, pp. 103-108.

Mihok, S. et Clausen, P.H. 1996. Feeding habits of *Stomoxys spp*. stable flies in a kenyan forest. *Medical and Veterinary Entomology. 10.* 1996, pp. 392-394.

Mihok, S. 2002. The development of a multipurpose trap (the Nzi) for tsetse and other biting flies.Bull. *Entomol. Res., 92.* 2002, pp. 385-403.

Mihok, S., Kang'ethe, E.K. et Kamau, G.K. 1995. Trials of traps and attractants for *Stomoxys spp.* (Diptera: Muscidae). *J. Med. Entomol., 32, 3.* . 1995, pp. 283-289.

Mihok, Steve, et al. 1996. Phenology of Stomoxyniae in a Kenyan forest. *Medical and Veterinary Entomology.* 1996, Vol. 10, 305-316.

Moobola, S.M. et Cupp, E. W. 1978. Ovarian development in the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, in relation to diet and juvenile hormone control. *Physiol. Entomol. 3.* 1978, pp. 317-321.

Mullens, B.A., et al. 2006. Behavioral responses of dairy cattle to the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, in an open field environment. *Med. Vet. Entomol. 20.* 2006, pp. 122-137.

Müller, G.C., et al. 2012. Attraction of *Stomoxys sp.* to various fruits and flowers in Mali. *doi: 10.1111/j.1365-2915.2011.01001.x; Medical and Veterinary Entomology,26.* 2012, pp. 178-187.

Müller, J.C. et Schlein, Y. 2011. Different methods of using attractive sugar baits (ATSB) for the control of *Phlebotomus papatasi*. *Journal of Vector Ecology, 36, (supplement1).* 2011, pp. 64-70.

Parr, H.C.M. 1962. Studies on *Stomoxys calcitrans* L. in Uganda, E. Africa. III. Notes on the life history and behaviour. *Bulletin of Entomological Research. 53:437-443.* 1962.

Peterson, A. 1916. The head-capsule and mouth-parts of diptera, with twenty-five plates. *Illinois Biological Monographs, Vol.3, N° 2.* 1916, p. 178.

Pickens, L.G. et Hayes, D.K. 1984. Evaluation of a new face fly and stable fly (Diptera: Muscidae) trap which segregates the catch of the two species. *Environ. Entomol.13.* 1984, pp. 1256-1260.

Prokopy, R. J. et Owens, E.D. 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. *Ann. Rev. Entomol.28.* 1983, pp. 337-64.

Ranade, D. R. 1970. The development of the eyes in *Stomoxys calcitrans* Linn. (Diptera-Cyclorrhapha-Muscidae-Stomoxydinae). *Plant Sci, 71.* 1970, pp. 145-152.

Reiner, P. Imidacloprid fly bait: a fast-acting formulation against flies in livestock. *International conference on urban pests. (4th : 2002: USA).*

Reiner, P, Juergen, J et Karin, H. Control of house flies, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), with Imidacloprid wg 10 in pig farms (Germany). *INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN PESTS. (5th : 2005: Malaysia).*

Revay, E. E, Junnila, A. et Xue, R-D. 2013. Evaluation of commercial products for personal protection against mosquitoes. *Acta Tropica. 125. 226-230.* 2013.

Rice, P. J. et Coats, J. R. 1994. Insecticidal properties of several monoterpenoids to house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), and southern corn

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of economic entomology. 87. 1172-1179.* 1994.

Romero, A., Hogsette, J.A. et Coronado, A. 2010. Distribution and abundance of natural parasitoid (Hymenoptera: Pteromalidae) populations of house flies and stable flies (Diptera: Muscidae) at the university of Florida dairy research unit. *Neotrop. Entomol., 39.* 2010, p. 424.

Rouet, D. 2009. Dynamique des populations de *Stomoxys calcitrans* dans un site urbain, l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. *Thèse de Doctorat Vétérinaire: Toulouse.* 2009, pp. -116.

Salem, A. 2012. *Stomoxys calcitrans* (L. 1758) : morphologie, biologie, rôle vecteur et moyens de lutte. *thèse d'Université-INP Toulouse.* 2012.

Schlein, Y. et Müller, G.C. 2010. Experimental control of Phlebotomus papatasi by spraying attractive toxic sugar bait (ATSB) on vegetation. *doi:10.1016/j.trstmh.2010.08.014; Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene.* 2010.

Schmidtmann, E.T. 1991. Suppressing immature house and stable flies in outdoor calf hutches with sand, gravel, and sawdust bedding. *J. Dairy Sci. 74.* 1991, pp. 3956-3960.

Schofield, S., Cork, A. et Brady, J. 1995. Electroantennogram responses of the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, to components of host odour. *Physiol. Entomol., 20.* 1995, pp. 273-280.

Schofield, S., Witty, C. et Brady, J. 1997. Effects of carbon dioxide, acetone, and 1-octen-3-ol on the flight response of the stable-fly, *Stomoxys calcitrans*, in a wind tunnel. *Physiol. Entomol., 22.* 1997, pp. 380-386.

Skidmore, P. 1985. The biology of the Muscidae of the world. *Dordrecht: Dr W. Junk Publisher (Series entomologica, v. 29).* 1985, pp. 2-274.

Skovgard, H. et Jespersen, J.B. 1999. Activity and relative abundance of hymenopterous parasitoids that attack puparia of *Musca domestica* and *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) on confined pig and cattle farms in Denmark. *Bull. Entomol. Res., 89.* 1999, pp. 263-269.

Skovgård, H. et Steenberg, T. 2002. Activity of pupal parasitoids of the stable *fly Stomoxys calcitrans* and prevalence of entomopathogenic fungi in the stable fly and the house fly *Musca domestica* in Denmark. *BioControl, 47(1).* 2002, pp. 45-60.

Smith, J.P., Hall, R.D. et Thomas, G.D. 1989. A review of natural mortality and enemies of the stable fly (Diptera: Muscidae) in Missouri. *The Florida Entomologist, 72.* 1989, pp. 351-360.

Squarzoni, Cécile. 2001. lutte biologique contre les stomoxes des bovins à la Réunion: exemple du "Poseidom vétérinaire". *thèse de doctorat vétérinaire.* 2001.

Steverding, D. 2013. Visible spectral distribution of shadows explains why blue targets with a high reflectivity at 460 nm are attractive to tsetse flies. *Parasites&Vectors, 6:285. doi:10.1186/1756-3305-6-285.* 2013.

Steverding, Dietmar. 2013. Visible spectral distribution of shadows explains why blue targets with a high reflectivity at 460 nm are attractive to tsetse flies. *Parasites & Vectors. doi: 10.1186/1756-3305-6-285.* 2013, Vol. 6, 285.

Sutcliffe, J.F., Dcambre, C. et Downe, A.E.R. 1993. Effects of two blood-feeding regimes on mortality and female reproduction in a laboratory colony of stable flies, *Stomoxys calcitrans. Med. Vet. Entomol. 7.* 1993, pp. 111-116.

Sutherland, B. 1979. Some effects of temperature on the adults, eggs and pupae *of Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae). *Onderstepoort Journal of Veterinary Research 46.* 1979, pp. 223-227.

—. 1980. The temperature preferences of the motile stages of *Stomoxys calcitrans* Linnaeus (Diptera: Muscidae). *Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 47.* 1980, pp. 7-11.

Tarelli, G., Zerba, E. N. et Alzobagay, R. A. 2009. Toxicity to vapor exposure and topical application of essential oils and monoterpenes on *Musca domestica*. *Journal economic of entomology. 102(3). 1383-1386.* 2009.

Taylor, D.B. et Berkebile, D.R. 2006. Comparative efficiency of six stable fly (Diptera: Muscidae) traps. *J. Econ. Entomol. 99.* 2006, pp. 1415-1419.

—. 2008. Sugar feeding in adult stable flies. *Environ. Entomol. 37.* 2008, pp. 625-629.

Taylor, D.B., Berkebile, D.R. et Scholl, P.J. 2007. Stable Fly Population Dynamics in Eastern Nebraska in Relation to Climatic Variables. *J. Med. Entomol. 44(5).* 2007, pp. 765-771.

Taylor, D.B., et al. 2012. Efficacy of Cyromazine to Control Immature Stable Flies (Diptera: Muscidae) Developing in Winter Hay Feeding Sites. *http://dx.doi.org/10.1603/EC11317; J. Econ. Entomol. 105(2).* 2012, pp. 726-731.

Taylor, D.B., Moon, R.D. et Mark, D.R. 2012. Economic Impact of Stable Flies (Diptera: Muscidae) on Dairy and Beef Cattle Production. *http://dx.doi.org/10.1603/ME10050; J. Med. Entomol. 49(1).* 2012, pp. 198-209.

Tunaz, H. et Uygun, N. 2004. Insect growth regulators for insect pest control. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28.* 2004, pp. 377-387.

Vale, G.A. 1980. Field studies of the responses of tsetse flies (Glossinidae) and other Diptera to carbon dioxide, acetone and other chemicals. *Bul. Entomol. Res., 70.* 1980, pp. 563-570.

Vale, G.A., Mutika, G. et Lovemore, D.F. 1999. Insecticide-treated cattle for controlling tsetse flies (Diptera: Glossinidae): some questions answered, many posed. *Bulletin of Entomological Research, 89.* 1999, pp. 569-578.

Venkatesh, K. et Morrison, P.E. 1980. Some aspects of oogenesis in the stable fly *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *J. Insect Physiol. 26.* 1980, pp. 711-715.

Vitela, M.I., et al. 2007. A note on the associations between the prevalence of stable flies (*Stomoxys calcitrans*) and the behaviour of dairy cows under semi-arid conditions. *J. Anim.Vet. Adv.,6.* 2007, pp. 1284-1290.

Warnes, M.L. et Finlayson, H. 1987. Effects of host behaviour on host preference in *Stomoxys calcitrans*. *Med. Vet. Entomol. 1.* 1987, pp. 53-57.

Warnes, M.L. et Finlayson, L.H. 1985. Responses of the stable fly, *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) to carbon dioxide and host odours. II. Orientation. *Bul. Entomol. Res., 75.* 1985, pp. 717-727.

Watson, D.W., et al. 1995. Efficacy of *Beauveria bassiana* for controlling the house fly and stable fly (Diptera: Muscidae). *Biol. Control, 5.* 1995, pp. 405-411.

Weber, A.F., et al. 1988. Evaluation of the stable fly (*Stomoxys calcitrans*) as a vector of enzootic bovine leukosis. *Am. J. Vet. Res. 49.* 1988, pp. 1543-15.

Williams, D.F. 1973. Sticky traps for sampling populations of *Stomoxys calcitrans*. *J. Econ. Entomol. 66.* 1973, pp. 1279-1280.

Yeruham, I. et Braverman, Y. 1995. Skin lesions in dogs, horses and calves caused by the stable fly *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 48, 347-349.* 1995.

—. 1995. Skin lesions in dogs, horses and calves caused by the stable fly *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae). *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 48, 4.* 1995, pp. 347-349.

Zumpt, F. 1973. The Stomoxyne biting flies of the world. Taxonomy, biology, economic importance and control measures. *Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.* 1973, p. 175.

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE

Université Paul Sabatier TOULOUSE III

AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, JACQUIET Philippe, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **NICOLAS Caroline** intitulée **« Contrôle de *stomoxys calcitrans (L.1758)* par la méthode ATBS (attractive toxic sugar baits) : essais en laboratoire et sur le terrain »** et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 20 mai 2014
Professeur Philippe JACQUIET
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain MILON

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Vu :
Le Président du jury :
Professeur Antoine BERRY

Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTHUBERT
Par délégation, la Vice-Présidente du CEVU
Madame Régine ANDRÉ OBRECHT

UNIVERSITE PAUL SABATIER

le 23/05/20

Conformément à l'Arrêté du 20 avril 2007, article 6, la soutenance de la thèse ne peut être autorisée qu'après validation de l'année d'approfondissement.

Université de Toulouse

NICOLAS Caroline, Audrey

CONTROLE DE *STOMOXYS CALCITRANS* (L.1758) PAR LA METHODE ATSB (ATTRACTIVE TOXIC SUGAR BAIT): ESSAIS EN LABORATOIRE ET SUR LE TERRAIN

Mots clés: efficacité - Attractive Toxic Sugar Bait - contrôle - *Stomoxys calcitrans* - piégeage

Cette étude participe à la recherche d'un moyen de lutte et de contrôle d'un nuisible: *Stomoxys calcitrans*. Cet insecte est un fléau pour les élevages de bovins essentiellement partout dans le monde. Le travail est composé de deux parties. Dans une première partie, il s'agit de comparer quatre systèmes de piégeage et d'identifier le plus efficace (attractivité et spécificité) pour *Stomoxys calcitrans*. Dans la deuxième partie, le piège choisi en première partie est associé à un produit attractif pour les stomoxes dans lequel est rajouté un produit insecticide. On teste ici une nouvelle méthode appelé ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait) qui a déjà montré son efficacité contre les Culicidés. Les résultats ont été encourageants avec la découverte d'un coloris de tissu particulièrement attractif pour les stomoxes et une efficacité des produits ATSB en laboratoire. La recherche doit être poursuivie dans ce sens.

CONTROL OF *STOMOXYS CALCITRANS* (L. 1758) WITH ATSB (ATTRACTIVE TOXIC SUGAR BAIT): TESTS IN LABORATORY AND FIELD

Key words: efficiency - Attractive Toxic Sugar Bait - control - *Stomoxys calcitrans* - trapping

This study acts for the research in fighting and control of a pest species: *Stomoxys calcitrans.* This insect is a plague for cattle farms all around the world. The work is divided in two parts. Firstly, it's a comparison between four traps to indentify the most effective (attractive and specific) for *Stomoxys calcitrans*. Secondly, the trap chosen in the first part is associated with an attractive and insecticide product. We have tested a new method named ATSB (Attractive Toxic Sugar Bait) which has already proved its efficiency against Culicidae. Results are encouraging with the discovery of a particularly attractive color fabric and a laboratory efficiency of ATSB products. Research should be continued in this way.