

## LA SURVEILLANCE ENTOMOLOGIQUE : CAS DES MALADIES À TRANSMISSION VECTORIELLE \*

Gérard Duvallet <sup>1</sup>, Bruno Mathieu <sup>2</sup>, Charles Jeannin <sup>2</sup> et Alexandre Carron <sup>2</sup>

### RÉSUMÉ

Les insectes interviennent dans de nombreuses maladies animales, en particulier celles à transmission vectorielle. Face aux menaces actuelles d'émergence ou de réémergence de ces maladies, en lien avec les changements planétaires, il est important de mettre en place une surveillance entomologique, intégrée à la surveillance épidémiologique. Les objectifs de la surveillance entomologique seront 1) la détection précoce de vecteurs potentiels sur un territoire et le suivi de ces populations, 2) l'identification précise du ou des vecteurs potentiels sur un territoire et 3) la mise en œuvre rapide et coordonnée de mesures efficaces de contrôle et de protection des personnes/animaux. Ces objectifs ne peuvent se développer qu'en lien étroit avec la recherche en entomologie médicale et en épidémiologie.

**Mots-clés** : Surveillance entomologique, épidémiologie, entomologie médicale et vétérinaire.

### SUMMARY

Insects play an important role in a variety of animal diseases, primarily vector-borne diseases. Faced with threats of emergence or re-emergence of these diseases, further to global climate he objectives of entomological surveys are 1) to detect as early as possible potential vectors in a given area and to follow up the changes in insect populations, 2) to accurately identify potential vectors and 3) to organize and coordinate control measures for protection of men and/animals. Those objectives require a strong link between research in medical entomology and epidemiology.

**Keywords** : Entomological survey, Epidemiology, Medical and veterinary entomology.



\* Texte de la conférence présentée lors des Journées AEEMA, 22-23 mai 2008

<sup>1</sup> Université de Montpellier, UMR 5175 CEFE (Centre d'Écologie fonctionnelle et évolutive), Route de Mende, 34199 Montpellier Cedex 5, France

<sup>2</sup> EID-Med (Entente Interdépartementale pour la déoustication du littoral méditerranéen), 165, avenue Paul-Rimbaud, 34184 Montpellier Cedex 4, France

---

## I - INTRODUCTION

---

Les insectes interviennent dans de nombreuses maladies animales. Un inventaire rapide débouche sur les groupes suivants [Rodhain et Perez, 1985] :

- **Les insectes venimeux** : ils injectent du venin par piqûre. Ce sont principalement des Hyménoptères : abeilles, guêpes, bourdons, frelons, fourmis, etc. Mais d'autres insectes sont aussi capables d'infliger des piqûres, lors de réactions de défense ; ce sont par exemples des Hétéroptères : Réduves, Notonectes, Nèpes, Belostomes, etc.
- **Les insectes allergisants** : ce sont souvent des insectes hématophages, dont l'injection de salive, lors du repas de sang, peut entraîner des phénomènes d'ordre allergique. C'est le cas par exemple de la dermatite estivale des chevaux.
- **Les insectes urticants et vésicants** : les principaux sont des Lépidoptères et des Coléoptères. Pour les lépidoptères, ce sont soit les adultes (lépidoptérisme) soit les chenilles (érucisme) qui sont à l'origine de ces phénomènes. Pour les érucismes, les troubles proviennent de sécrétions toxiques émises par les chenilles ou de soies urticantes associées à des glandes à venin. En Europe, les plus fréquemment en cause sont les processionnaires du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) et du chêne (*T. processionea*), et les maladies engendrées chez le chien de chasse notamment sont bien connues. On connaît de nombreux Coléoptères vésicants : les cantharides (*Lytta vesicatoria*), dont le contact provoque de sévères irritations cutanées ; des staphylins (genre *Paederus*), à l'origine de dermatites ou de conjonctivites ; etc.
- **Les agents de myiases** : il s'agit de Diptères qui vont pondre sur le corps de l'homme ou des animaux, soit dans les plaies, soit dans les cavités naturelles. Les larves se nourrissent alors des tissus vivants ou morts de l'hôte. Parmi les myiases des plaies, *Wohlfahrtia magnifica* (Diptera : *Sarcophagidae*), présente en Afrique du Nord et dans le Sud et l'Est de l'Europe, est un véritable fléau.
- **Les hôtes intermédiaires** : les mouches domestiques et les stomoxes peuvent être hôtes intermédiaires d'*Habronema*, vers

nématodes parasites des chevaux. Les puces et des fourmis peuvent être également hôtes intermédiaires de divers helminthes.

- **Les vecteurs passifs** : il s'agit d'insectes de divers ordres vivant en contact étroit avec les animaux et leurs déjections. Leurs téguments peuvent être porteurs de près d'une centaine d'agents pathogènes différents.
- **Les vecteurs actifs** : ce sont les vecteurs biologiques ou mécaniques (selon qu'il y a ou non un cycle du pathogène dans le corps de l'insecte) qui assurent le passage d'agents pathogènes d'un hôte infecté vers un hôte sain à l'occasion d'un repas de sang. De nombreux ordres ou familles d'insectes sont impliqués : Anoploures, Hémiptères (*Reduviidae*, *Cimicidae*), Siphonaptères, Diptères (*Psychodidae*, *Ceratopogonidae*, *Simuliidae*, *Culicidae*, *Tabanidae*, *Muscidae* (Stomoxes), *Glossinidae*, *Hippoboscidae*) [Rodhain, 1999].

Au total, on se rend compte que les insectes peuvent être pathogènes par eux-mêmes ou bien vecteurs d'agents pathogènes, et qu'ils jouent un rôle considérable en santé animale.

### 1. IMPORTANCE DES MALADIES A TRANSMISSION VECTORIELLE

Ce sont les maladies qui correspondent au transfert, par un vecteur, d'un hôte infecté à un hôte sain d'un agent pathogène, qu'il soit virus, bactérie, protozoaire ou helminthe. La transmission peut être mécanique, à l'occasion d'un repas interrompu, ou biologique lorsque l'agent pathogène subit un cycle de développement à l'intérieur du vecteur. Les conséquences épidémiologiques de ces deux types de vection sont différentes. Les exemples en santé animale sont très nombreux ; on peut citer parmi les plus importants pour les régions tempérées : leishmaniose canine, fièvre à virus West Nile, fièvre catarrhale ovine (FCO), besnoitiose, dirofilariose, etc.

Pourquoi un tel succès ? De manière générale, pour être transmis, les agents pathogènes doivent (i) pénétrer dans un hôte réceptif (vertébré, invertébré, plante...), (ii) se développer dans cet hôte (transformation et/ou

multiplication), (iii) quitter ce premier hôte et, (iv) trouver un nouvel hôte réceptif. L'utilisation d'un vecteur permet à ces agents pathogènes de résoudre trois de ces problématiques i.e. (i), (iii) et (iv). Cette excellente utilisation d'un vecteur explique, par exemple, pourquoi le paludisme est largement le plus grand problème de santé publique au monde. Et la FCO, en santé animale, montre l'impact économique considérable que peut entraîner une telle maladie.

Il faut noter aussi l'importance que les changements planétaires, changement climatique et changements de pratiques, ont sur ces maladies à transmission vectorielle. Ils sont à l'origine des émergences observées de plus en plus fréquemment. Les agents pathogènes profitent des modifications souvent brutales, sociales, écologiques ou climatiques, pour s'implanter sur de nouveaux territoires.

## 2. NECESSITE D'UNE SURVEILLANCE ENTOMOLOGIQUE

Pour l'ensemble des maladies humaines et animales, l'utilisation de systèmes d'alerte et de surveillance, est primordiale pour permettre, notamment aux autorités sanitaires compétentes, de gérer les occurrences de foyers (soins, vaccinations, actions préventives...). Pour les maladies vectorielles, la surveillance va s'intéresser, d'une part, à l'évolution de la maladie (surveillance épidémiologique ou épidémiosurveillance) et, d'autre part, à la surveillance entomologique ou entomosurveillance. Notons que les

épidémiologistes distinguent les termes d'épidémiosurveillance et d'épidémiovigilance selon notamment la durée du réseau mis en place dans le temps, pérenne ou limité respectivement [Dufour *et al.*, 2006]. Concernant une maladie vectorielle, les deux volets épidémiologique et entomologique sont indissociables car la présence concomitante de l'agent pathogène et du vecteur est obligatoire pour que la maladie s'exprime. Les objectifs des surveillances épidémiologiques et entomologiques sont (i) la détection précoce de vecteurs et/ou de patients/animaux potentiellement infectés et, (ii) la mise en œuvre rapide et coordonnée de mesures de contrôle et de protection des personnes/animaux. Il est important de noter que pour l'ensemble des maladies vectorielles, un volet recherche doit y être étroitement lié. L'ensemble des volets de surveillance ainsi que des axes de recherche parallèle ont tous la même finalité : la lutte contre l'apparition et/ou l'extension de foyers de maladie. Cette lutte s'organise différemment et le plus souvent en ciblant plusieurs phases du cycle de l'agent pathogène tels que : campagne de vaccination, traitement prophylactique médicamenteux, lutte anti-vectorielle, limitation du contact hôte-vecteur (e.g. moustiquaires, répulsifs).

La mise en place de réseaux d'entomosurveillance est abordée d'un point de vue théorique et méthodologique puis, présentée au travers d'exemples concrets, sur le terrain, auxquels la France est confrontée depuis dix ans.

---

## II - DIFFERENTS OUTILS

---

### 1. ESTIMATION DE L'IMPORTANCE DES POPULATIONS POUR LA SURVEILLANCE ET LA LUTTE : DENSITE ABSOLUE, DENSITE RELATIVE

Que ce soit pour les réseaux de surveillance entomologique ou pour la lutte contre des espèces nuisantes ou vectrices, il est nécessaire de réaliser des estimations d'abondance et de densité des populations. Ces estimations permettent de savoir si une situation est risquée en termes de transmission vectorielle ou si les méthodes de lutte ont été efficaces.

L'abondance se définit comme un nombre d'individus alors que la densité est le rapport entre ce nombre d'individus et une unité de surface ou de volume. Les estimations de ces deux paramètres peuvent être classées en deux groupes : estimation absolue et relative [Morris, 1955]. Une estimation absolue donne le nombre total d'individus rencontrés dans un milieu donné. L'estimation relative permet de ne connaître que la taille d'une partie de la population, en générale la partie qui a été échantillonnée à l'aide de pièges.

Certaines méthodes existent pour réaliser une estimation absolue. Les plus connues sont celles de capture-marquage-recapture [Hasset et Jenkins, 1949 ; Bailey, 1952 ; Croset *et al.*, 1976] et d'épuisement (connue principalement sous le nom de « removal method ») [Service, 1971 ; Croset *et al.*, 1976]. Cependant, pour être fiables, celles-ci demandent des échantillonnages importants. Par exemple, la méthode par épuisement donne des résultats satisfaisants lorsque plus de 70% de la population a été échantillonnée. On peut imaginer que c'est pratiquement impossible à réaliser, en particulier dans le cas de réseaux de surveillance où la distribution spatiale des individus est soit inconnue soit en évolution. Ainsi, la plupart du temps, seules des estimations relatives sont utilisées. Celles-ci ne donnent pas le nombre total d'individus, mais permettent, en réalisant des échantillonnages répartis dans l'espace ou le temps, d'obtenir une idée fiable de la variation spatio-temporelle de l'espèce étudiée. Et la connaissance de cette variation est le seul objectif des réseaux de surveillance car elle permet l'identification des zones et périodes à risque et des zones et périodes d'expansion.

## 2. L'INTERPRETATION EPIDEMIOLOGIQUE

Les réseaux de surveillance permettent d'obtenir une estimation spatio-temporelle des abondances ou des densités relatives d'un vecteur. Afin d'avoir une bonne interprétation du risque épidémiologique encouru, ces réseaux sont toujours complétés par des études de la biologie de l'espèce incriminée. Celles-ci portent en général sur l'ensemble du cycle de vie de l'espèce. Un cycle de vie est constitué d'une phase œuf, d'une phase pré imaginaire et imaginaire. La connaissance des mécanismes de mise en diapause des œufs est essentielle pour bien connaître les périodes propices au développement de l'espèce. Afin d'estimer la productivité d'une population, il est nécessaire d'estimer les temps de développement et les survies de la phase pré imaginaire. Enfin, l'interprétation épidémiologique ne serait rien sans la détermination de la durée du cycle trophogonique, de la fécondité et de la longévité de la phase imaginaire. En effet, ces trois derniers paramètres permettent le calcul de la capacité vectorielle et du taux de croissance des populations. La **capacité vectorielle** est l'aptitude du vecteur à s'infecter sur un hôte vertébré, à assurer le développement d'un agent pathogène et à

transmettre cet agent à un autre hôte dans les conditions du milieu. Ce paramètre dépend de l'abondance (densité de vecteur suffisante pour qu'il y ait transmission), de la dispersion (active ou passive), des préférences écologiques (type d'habitat, lieu de repos, lieu d'activité) et trophiques (choix de l'espèce de vertébré pour le repas sanguin), de l'âge physiologique et de la longévité du vecteur (plus la longévité est importante et plus le risque qu'il s'infecte et devienne infectant est important). Sa quantification est possible. Elle exprime le degré de coadaptation parasite-vecteur et le fonctionnement du système dans un environnement donné à une saison précise. Les techniques pour estimer l'ensemble de ces traits d'histoire de vie sont variables selon les espèces étudiées. La plupart des estimations sont réalisées en laboratoire mais il est nécessaire, dans la mesure du possible, de les effectuer aussi sur le terrain pour avoir des valeurs plus réalistes [Carron, 2008].

## 3. LA CAPTURE NORMALISEE, STANDARDISEE DE CERTAINS INSECTES HEMATOPHAGES

### 3.1. LES PIEGES A SUCCION

De manière générale, les pièges à succion, très utilisés, présentent trois parties. Une partie contient bien évidemment le système d'aspiration des insectes, produit par un ventilateur électrique alimenté par une batterie. Les deux autres parties, l'attractif et le collecteur, sont variables et à adapter en fonction de l'insecte cible. Par exemple, pour les moucheron du genre *Culicoides* (Diptera : *Ceratopogonidae*), l'attractif actuellement le plus efficace est la lumière UV. Pour les moustiques (Diptera : *Culicidae*), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est un bon attractif d'espèces mammophiles. Le choix de la partie qui concerne la collecte des insectes n'est pas à négliger. Il faut tenir compte de l'état de conservation pour faciliter l'identification et de la finalité de l'échantillon (e.g. recherche et isolement viral). Pour les *Culicoides*, il convient de les capturer dans du mouillant pour que les spécimens restent en bon état pour l'identification (la capture à sec les déshydrate rapidement et rend leur identification plus délicate). A l'inverse, pour les moustiques, la capture dans du mouillant engendre la perte des écailles très utiles pour leur identification ; dans ce cas, la capture à sec est préférable. Par ailleurs, certaines espèces de moustiques tels que celles du genre *Stegomyia* ne sont pas attirées significativement par le CO<sub>2</sub> ; il

convient alors d'utiliser d'autres pièges à succion utilisant des attractifs chimiques et/ou dégageant de la chaleur.

Les pièges décrits ci-dessus sont les plus répandus et ciblent les femelles hématophages en recherche de repas sanguin («agressives»). D'autres pièges peuvent être utilisés en fonction du but de la surveillance ou de l'étude tels que le piège à femelles gravides (capturées lors de la recherche d'un site de ponte), le piège pondoir (collecte les œufs de certains moustiques du genre *Aedes*), le piégeage sur « appât humain » (capture des espèces anthropophiles) ou enfin la recherche de la faune résiduelle par aspiration (capture des femelles gorgées au repos dans une habitation ou un abri afin de connaître la provenance du sang).

### 3.2. LE PIÈGE VAVOUA

Le piège Vavoua [Laveissière et Grébaut, 1990] a été développé initialement pour la

capture des glossines ou mouches tsé-tsé en Afrique. Basé sur l'attractivité du bleu phtallogène pour les insectes hématophages, il est facile à fabriquer et à mettre en œuvre si l'on dispose du tissu adéquat. Utilisé d'abord pour des études de suivi des populations en mesurant l'évolution de la densité apparente par piège au cours du temps, il a été transformé en piège de lutte en imprégnant le tissu d'insecticides rémanents. Ce piège a ensuite été utilisé pour l'étude et la lutte contre les stomoxes [Gilles *et al.*, 2007]. Un dispositif de pièges Vavoua disposés dans plusieurs fermes d'élevage sur l'île de La Réunion a permis de comparer les différents facteurs influant sur l'abondance des mouches. Ce dispositif a permis de bien séparer les facteurs abiotiques (température, humidité) et les pratiques des éleveurs (gestion des effluents, transport de paille) sur la densité [Gilles, 2005].

Le tissu bleu est utilisé pour de nombreux pièges destinés à la capture de mouches hématophages [Mihok, 2002].

---

## III - EXEMPLES DE RESEAUX D'ENTOMOSURVEILLANCE

---

### 1. EXEMPLE DE SURVEILLANCE DE L'INTRODUCTION D'UNE ESPECE VECTRICE EXOTIQUE : CAS D'AEDES ALBOPICTUS

En 1998, l'ADEGE<sup>3</sup> alerte la DGS<sup>4</sup> du ministère de la santé sur la nécessité de prendre en compte la possibilité d'introduction d'une espèce de moustique exotique, *Aedes albopictus*, sur le territoire national. Compte tenu du rôle connu de vecteur du virus chikungunya notamment, la DGS sollicite l'ADEGE de mettre en place une entomosurveillance. En 1998, l'objectif est de surveiller l'introduction de cette espèce de moustique exotique. L'importance du transport passif dans la dissémination de cette espèce, notamment par le commerce international de pneus, est connue de la communauté scientifique depuis la fin des années 80 (Hawley *et al.*, 1987). Un indice est établi pour prioriser les enquêtes entomologiques *in situ* des presque deux cents importateurs. Cette méthode consiste à affecter des coefficients

selon l'origine des importations, le tonnage ainsi que le mode de stockage. Grâce à cette surveillance, quelques apparitions ont pu être contrôlées de 1999 à 2005. L'espèce étant présente en Italie depuis 1990, les premiers adultes et œufs (pièges) sont observés en 2002 sur la plaine orientale de Haute-Corse, et en 2004 à Menton. A la suite de l'épidémie de chikungunya en 2006 à La Réunion, un plan anti-dissémination des virus chikungunya et de la dengue a été mis en place en métropole (Circulaire N°DGS/DUS/R11/ EA/2008/138 du 17 avril 2008). Dans ce cadre, la surveillance s'est focalisée et a été renforcée dans le sud de la France et plus particulièrement dans les départements des Alpes-Maritimes et de Haute-Corse. Plus de 300 pièges pondoirs ont été disposés dans les principales agglomérations ainsi que le long des principaux axes de communication (compte tenu du transport passif des œufs ou des adultes par des véhicules).

<sup>3</sup> ADEGE : Agence nationale pour la démoustication et la gestion des espaces naturels démoustiqués.

<sup>4</sup> DGS : Direction générale de la santé.

Ce réseau a permis de suivre l'avancée de l'espèce dans les Alpes-Maritimes et en Haute-Corse et d'établir des cartes de répartition en 2006 et 2007. En quatre ans de surveillance, *Ae. albopictus* a colonisé l'ensemble du littoral des Alpes-Maritimes et la plaine orientale de Haute-Corse. Lors de cette dernière année, sa présence a été également détectée dans les villes de Calvi, Solenzara et Porto-Vecchio (Corse-du-sud) ainsi qu'à Sainte-Maxime et à Fréjus (Var). Parallèlement à l'entomosurveillance, le plan prévoit une surveillance des cas importés de chikungunya et de dengue grâce à la déclaration obligatoire (DO) des cas confirmés dans l'ensemble des départements métropolitains. Dans les départements colonisés, une double procédure de signalement des cas suspects est réalisée. Des opérations anti-vectorielles sont réalisées lorsque les cas sont estimés potentiellement virémiques sur notre territoire. En 2007, neuf cas suspects ont nécessité de telles opérations (trois cas de dengue ont été confirmés).

Une fois l'espèce installée en milieu urbain, la plupart des gîtes larvaires étant dans les jardins des particuliers (domaine privé), son éradication est illusoire. A ce stade, le piège pondoïr perd de son utilité (résultat plus qualitatif que quantitatif). Même si le réseau de pièges pondoïrs permet le suivi de l'activité saisonnière du moustique, il ne permet pas une évaluation du degré d'infestation en un lieu donné. Ainsi, une lutte communautaire a été mise en place par l'EID Méditerranée sous l'égide du Conseil général des Alpes-maritimes dans ce département. Cette lutte est fondée sur la communication (affiche, dépliants ...) suivie d'interventions de lutte chez des particuliers (suite aux appels sur un numéro vert : 0 800 740 606) et sur le suivi de sites à risque tels que des stocks de pneus. Ces interventions ont également permis de caractériser les gîtes larvaires d'*Aedes albopictus* afin d'améliorer les recommandations (connaissance sur la biologie de la population des Alpes-Maritimes) et la lutte (formulation d'insecticide à utiliser). De plus, afin d'estimer le degré d'infestation, des opérations de porte à porte vont être réalisées les saisons suivantes. Il s'agit de recenser l'ensemble des gîtes larvaires chez les particuliers. Ce recensement permet le calcul d'indices tel que l'indice de Breteau pondéré (nombre de gîtes positifs en *Aedes albopictus* rapporté à 100 maisons visitées). Ces indices sont utilisés afin d'évaluer le risque épidémique (seuil de densité vectorielle) dans les zones où circulent les virus chikungunya et de dengue. Une première

évaluation de tels indices en métropole permettrait un état des lieux en début d'infestation hors contexte épidémique.

Cet exemple de surveillance montre les limites d'un outil tel que le piège pondoïr. Celui-ci permet une détection précoce d'*Ae. albopictus*, mais lorsque cette espèce est installée, l'évaluation du niveau d'infestation doit être réalisée sur le stade larvaire (indice).

On peut noter que l'épidémie à virus chikungunya, apparue en Emilie-Romagne au nord de l'Italie (Castiglione-di-Cervia et Castiglione-di-Ravenna) en 2007, est la première transmission vectorielle de chikungunya en Europe. Même si des comparaisons entomologiques sont impossibles (outils différents), le virus a circulé dans un environnement rural (maisons avec petits jardins) similaire à beaucoup de quartiers périurbains ou de villages du sud de la France. Le rapport de mission de l'European Center of Disease Control (ECDC) et de l'OMS (Organisation mondiale de la santé) conclut que le risque de transmission du chikungunya est possible en Europe (ECDC, 2006). Ceci étant notamment dû à une forte affinité entre la souche circulant dans l'Océan Indien et *Aedes albopictus* [Vazeille *et al.*, 2007]. D'autre part, il rappelle que *Aedes albopictus* peut être vecteur d'autres arbovirus tel que celui de la dengue.

## 2. EXEMPLE DE SURVEILLANCE DE VECTEURS AUTOCHTONES : CAS DE LA FIEVRE A VIRUS WEST NILE

En fin d'été 2000, des cas d'encéphalite liés au virus West Nile (WNV) sont apparus chez 76 chevaux dans la zone entre Montpellier et la Camargue. Aucun cas humain n'a été à déplorer à cette période. Cette maladie virale est une zoonose et son cycle sauvage passe des moustiques aux oiseaux. Les chevaux et l'homme sont des hôtes accidentels et constituent des culs-de-sac épidémiologiques. Compte tenu de cette diversité d'hôtes potentiels, des équipes multidisciplinaires ont été mobilisées pour mettre en place plusieurs volets de surveillance : humaine, équestre, avifaune et entomologique. L'objectif de cette dernière est d'identifier la ou les espèces vectrices, avec comme finalité d'étudier la faisabilité du contrôle des populations de vecteurs. Pour mettre en place cette entomosurveillance, la première étape est de déterminer quelle est la méthode la plus adaptée pour la capture du vecteur. La biologie et l'écologie du vecteur sont essentielles pour

déterminer le moyen de capture, la période, le lieu et la fréquence. Dans le cas du WNV, les vecteurs sont mammophiles et ornithophiles, le choix du piège se porte donc sur un piège à succion avec comme attractif du CO<sub>2</sub> produit par sublimation de carboglace. Pour l'aspect passage du virus à l'homme, l'idéal pour capturer des insectes anthropophiles est la méthode de capture sur appât humain. Dans ce cas, un captureur expose un bras ou un mollet et récolte tous les moustiques qui se posent pour le piquer. Il est important de noter que dans un contexte de possible transmission du virus à l'homme, la capture sur appât humain doit être éthiquement évitée. Cela conforte le choix méthodologique de piège automatisé. Autre avantage méthodologique, l'utilisation de ce type de piège permet une standardisation de l'échantillonnage. Il est en effet bien connu qu'il y a des différences individuelles d'attractivité chez l'Homme et des différences également d'habileté des captureurs. En clair, le piège à CO<sub>2</sub> permet la capture standardisée de moustiques mammophiles (incluant chevaux et Homme) et ornithophiles. L'étendue de la zone de surveillance doit être appréciée car elle conditionne pour beaucoup le maillage de répartition des récoltes d'insectes. Dans notre cas, la répartition géographique, de manière à couvrir la zone de Montpellier à la Camargue, permet la sélection d'un premier maillage de vingt sites de capture. Ensuite, d'autres critères de choix vont permettre la position précise du piège. Les oiseaux peuvent avoir des déplacements importants et l'identité des oiseaux dans lesquels le virus circule n'était pas connue lors de la mise en place du réseau. C'est pourquoi le critère de la présence d'espèces précises d'oiseaux sur les sites n'a pas été déterminant. Par contre, les chevaux sont très présents dans cette région et l'Homme affectionne des liens étroits avec eux. Dans cette région au climat doux, la majorité des chevaux est le plus souvent en permanence en plein air ou sous un abri très largement ouvert et accessible aux moustiques. De plus, les seules observations cliniques à cette période étaient sur chevaux. Pour ces raisons, le positionnement du piège est prioritairement orienté par la proximité de chevaux. Concernant le(s) vecteur(s), son identité(s) n'est toujours pas claire à l'heure actuelle ; il a donc été privilégié la proximité de gîtes potentiels à diverses espèces de moustiques tels que roselière, canaux, rizières, sansouire. Dans le but d'éclaircir cette question, les moustiques ont été récoltés/identifiés/conditionnés dans le respect

de la chaîne du froid pour permettre la recherche du virus par RT-PCR, puis par isolement en cas de résultat positif. La recherche de virus dans le moustique est délicate et demande un très grand nombre de spécimens pour aboutir. En effet, la capture n'est qu'un échantillonnage d'une population de moustiques à un endroit donné à un moment donné et généralement, les taux de moustiques trouvés infectés sur le terrain sont de l'ordre de 1-3 p 1000. La fréquence de l'échantillonnage dans ce contexte WNV en 2001 a été hebdomadaire. L'importance du déploiement de moyens pour gérer ce réseau n'ayant pas abouti à éclaircir l'identité du ou des vecteur(s), la pérennité du réseau au-delà de 2001 n'a pu être validée. Entre 2002 et 2007, des captures entomologiques ont été uniquement mises en place lorsqu'il y avait mise en évidence de circulation virale.

### 3. EXEMPLE DE LA SURVEILLANCE DE DYNAMIQUE ET DE L'EXTENSION DE VECTEUR : CAS DE LA FIEVRE CATARRHALE OVINE

En octobre 2000, la Corse est touchée par une épizootie de fièvre catarrhale ovine (FCO), sérotype 2. Une mission entomologique précédant de quelques semaines les premiers foyers a mis en évidence la présence d'une espèce afro-asiatique *Culicoides imicola* (Diptera : *Ceratopogonidae*), un des vecteurs connus de l'agent pathogène de la FCO : le virus Bluetongue (BTV). Au cours de l'hiver 2000-2001, la direction générale de l'alimentation du ministère de l'agriculture de la pêche et des affaires rurales, commandite une surveillance pluridisciplinaire de la FCO : clinique, sérologique et entomologique. De 1998 à 2000, la FCO était présente autour du bassin méditerranéen par ordre chronologique en Turquie, Grèce, Bulgarie, Espagne, Italie puis France (Corse). Compte tenu de la progression de la FCO dans un contexte de présence de *C. imicola* (hormis foyers en Bulgarie où *C. groupe obsoletus* est suspecté), la zone la plus à risque en France semblait être le littoral méditerranéen. Un réseau de piégeage lumineux (moyen de capture le plus efficace pour ces moucheron) a été mis en place en Corse et sur les sept départements du littoral méditerranéen : Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault, Gard, Bouches-du-Rhône, Var et Alpes-Maritimes. Les objectifs sur ces deux zones sont différents en fonction du contexte. En Corse, ce vecteur est bien installé et le virus circule. Ce réseau étudie donc la dynamique des populations de vecteur

*C. imicola* au cours de toutes les périodes de l'année. Jusqu'en 2006, seuls les ovins présentaient une morbidité et une mortalité plus ou moins importantes en fonction des sérotypes et de la sensibilité de la race ovine. C'est pourquoi, les sites de capture ont été sélectionnés parmi des bergeries. En Corse, un réseau de 12 sites échantillonnés toutes les 3 semaines incluant la période hivernale est opérationnel. La prolongation des captures au cours de l'hiver permet d'étudier le comportement de cette espèce pendant la saison défavorable en région tempérée. Sur le littoral méditerranéen, le contexte est différent. En effet, aucune donnée récente sur ces moucheron n'a été recueillie dans cette zone. C'est pourquoi, dans un premier temps, l'information consistant à vérifier l'absence de *C. imicola* était primordiale. Après la confirmation de son absence, les objectifs ont été de surveiller son introduction en France continentale et d'inventorier les autres espèces de *Culicoides* pouvant jouer un rôle dans la transmission. Pour cette zone, la fréquence de piégeage choisie a été mensuelle puisque l'objectif relève plus de l'inventaire régulier que de l'étude de dynamique. Ces objectifs étaient valables dans ce contexte qui peut être résumé par la surveillance de la progression de l'espèce *C. imicola* qui lorsqu'elle est installée et en densité suffisante, peut faire

circuler le BTV introduit par un animal virémique et/ou un moucheron infecté. En 2006, une importante épizootie due au BTV sérotype 8 s'étend à partir de la Belgique et de l'Allemagne. La France est touchée par ce BTV-8 avec sept foyers (d'un seul animal) le long de la frontière Nord-est. Une mission entomologique confirme que nous ne sommes pas dans un contexte de présence de *C. imicola*. Il est donc évident que le contexte de l'extension de l'épizootie de BTV-8 à partir du Nord de l'Europe progresse par d'autre(s) vecteur(s) que *C. imicola*. Etant donné qu'il n'a pas été observé de présence et d'extension d'une autre espèce exotique, il est clair qu'une ou des espèces locales, autochtones, assurent la transmission. Plusieurs espèces sont à ce jour suspectées (RT-PCR positives avec/sans isolement), mais aucune transmission complète n'a été encore prouvée. A la suite de ces foyers BTV-8, les objectifs de surveillance ont été modifiés. La zone à surveiller devient l'ensemble de la France métropolitaine. Les densités de toutes les espèces de *Culicoides* sont surveillées et pas seulement *C. imicola*. Des recherches virales dans les moucheron sont à l'ordre du jour dans le but d'éclaircir l'identité du ou des vecteur(s) avec, par contre, la même finalité de lutte commune à toutes les surveillances de maladies vectorielles.

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Bailey R.M. - Life history and ecology of the sculpin *Cottus bairdii punctulatus* in southwestern Montana. *Copeia*, 1952, 243-255.
- Carron A. - Traits d'histoire de vie et démographie du moustique *Aedes caspius* (Pallas, 1771) (Diptera : Culicidae) : impact des traitements larvicides, 2008.
- Croset H., Papierok B., Rioux J.A., Gabinaud A., Cousserans J., Arnaud D. - Absolute estimates of larval populations of culicid mosquitos - Comparison of capture-recapture, removal and dipping methods. *Ecological Entomology*, 1976, 1, 251-256.
- Dufour B., Hendriks P., Toma B. - Élaboration et mise en place de systèmes de surveillance épidémiologique des maladies à haut risque dans les pays développés. Revue scientifique et technique - *Office international des épizooties*, 2006, 25, 187-198.
- ECDC, 2006. [http://ecdc.europa.eu/documents/pdf/Final\\_chik\\_meeting\\_report.pdf](http://ecdc.europa.eu/documents/pdf/Final_chik_meeting_report.pdf).
- Gilles J., David J.F., Duvallet G., De La Rocque S., Tillard E. - Efficiency of traps for *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* on Reunion Island. *Medical and Veterinary Entomology*, 2007, 21, 65-69.
- Gilles J. - Dynamique et génétique des populations d'insectes vecteurs. Les stomoxes, *Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys niger niger* dans les élevages bovins réunionnais. Thèse de Doctorat, Université de La Réunion, Saint-Denis, 2005.
- Hasset C.C., Jenkins D.W.j. - Production of radioactive mosquitoes. *Science*, 1949, 110, 109-110.

- Hawley W.A., Reiter P., Copeland R.S., Pumpuni C.B., Craig G.B. - *Aedes albopictus* in North America – Probable introduction in used tires from Northern Asia. *Science*, 1987, **236**, 1114-1116.
- Laveissière C., Grébaud P. - Recherches sur les pièges à glossines (Diptera, Glossinidae). Mise au point d'un modèle économique: le piège Vavoua. *Tropical Medicine and Parasitology*, 1990, **41**, 185-192.
- Mihok S. - The development of a multipurpose trap (the Nzi) for tsetse and other biting flies. *Bulletin of Entomological Research*, 2002, **92**, 385-403.
- Morris R.F. - The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm. *Canadian J. Zool.*, 1955, **33**, 225-294.
- Rodhain F., Perez C. - Précis d'entomologie médicale et vétérinaire, 459 pages, Maloine, Paris, 1985.
- Rodhain F. - Les maladies à vecteurs, 128 pages, Que sais-je ? PUF, Paris, 1999.
- Service M.W. - Flight periodicities and vertical distribution of *Aedes cantans* (Mg), *Ae. geniculatus* (Ol), *Anopheles plumbeus* Steph and *Culex pipiens* L (Dipt, Culicidae) in southern England. *Bulletin of Entomological Research*, 1971, **60**, 639.
- Vazeille M., Moutailler S., Coudrier D., Rousseaux C., Khun H., Huerre M., Thiria J., Dehecq J.S., Fontenille D., Schuffenecker I., Desprès P., Failloux A.B. - Two chikungunya isolates from the outbreak of La Réunion (Indian Ocean) exhibit different patterns of infection in the mosquito, *Aedes albopictus*. *PLoS ONE*, 2007, **2** (11), e1168.

