

Quelles sont les stratégies de la LAV en France ?

Coordinateurs : T. BALENGHIEN, A. YEBAKIMA

Cette question vise à dresser le tableau des principales maladies vectorielles présentes en France et à présenter les stratégies de lutte antivectorielle mises en œuvre.

1. Bref aperçu des méthodes de lutte antivectorielle

La lutte antivectorielle utilisera des outils et techniques différents en fonction de ses objectifs, mais aussi du groupe de vecteurs ciblés. Elle peut viser : 1) la diminution des populations de vecteurs en dessous des seuils nécessaires à la transmission ; 2) l'évitement du contact hôte/vecteur pour empêcher la transmission ; ou 3) l'élimination de populations d'une zone géographique donnée.

Les moyens de lutte sont variés : modifications de l'environnement, lutte biologique, lutte *génétique*, lutte mécanique, ou lutte insecticide.

La lutte « environnementale » regroupe toutes les actions menées sur l'environnement pour rendre ce dernier hostile au développement des populations de vecteurs. Certains arthropodes sont en effet très sensibles aux modifications de l'environnement. C'est le cas de ceux qui présentent une forte spécificité à un moment donné de leur cycle : préférence trophique stricte (un type d'hôte nourricier est sélectionné), gîte larvaire spécifique (*Culicoides paolae* est inféodé aux figuiers de barbarie pour sa reproduction). Par exemple, les glossines de savanes se nourrissent quasi exclusivement sur des grands ongulés sauvages. La disparition de la faune sauvage au Burkina Faso, suite à l'intensification des cultures, a entraîné la

disparition de *Glossina morsitans submorsitans* (Bouyer *et al.*, 2005). Ainsi, historiquement, l'élimination de la faune sauvage a été un moyen de lutte contre les glossines sylvicoles.

Un des moyens de lutte antivectorielle le plus pérenne est l'élimination des gîtes larvaires du vecteur ciblé. Il peut s'agir d'actions de drainage (assécher les zones marécageuses, modifier la salinité de l'eau), de modifications topographiques, de régularisation des berges des fleuves, d'ensoleillement des gîtes ombragés, d'élimination des gîtes anthropiques (coupelle de pot de fleur, pneus abandonnés, gouttière bouchée).

Ces méthodes sont uniquement envisageables si le vecteur présente une spécificité biologique, notamment dans ses gîtes larvaires, si ses gîtes peuvent être « détruits » – les larves de certaines espèces de moustiques se retrouvent dans les trous d'arbres – et si la bio-écologie des populations du vecteur cible est parfaitement connue.

Le principe de la lutte biologique est d'utiliser un « ennemi naturel » d'un arthropode pour en diminuer les populations et ainsi réduire les risques de transmission du pathogène. L'apparition et la diffusion des phénomènes de résistances aux insecticides chimiques, les effets de ces substances sur les écosystèmes, l'impossibilité d'intervenir sur certains arthropodes sauvages avec des méthodes classiques sont autant de raisons qui ont fait rechercher d'autres méthodes pour pallier ces inconvénients. On peut séparer les agents de lutte biologique en prédateur et pathogène.

Il existe des larves de moustiques prédatrices d'autres larves. Par exemple, les *Toxorhynchites* présentent des larves très voraces qui se développent dans de petits gîtes comme les creux d'arbres ou les feuilles engainantes (gîtes inaccessibles aux autres méthodes et abritant d'importants vecteurs) ; certaines espèces s'élèvent et sont productibles en nombre ; enfin, ces moustiques ne sont pas hématophages. Néanmoins, souvent, s'instaurent des processus de régulations naturelles entre proies et prédateurs (Rodhain, Perez, 1985). Certaines espèces de poissons sont utilisées notamment dans les rizières dans la lutte contre le paludisme. L'utilisation des poissons – mais cela est aussi généralisable pour les autres prédateurs – ne peut être efficace que s'ils sont très abondants, non consommables et non compétitifs d'espèces consommables, et relativement spécifiques de l'espèce cible (mais pas trop pour survivre en l'absence de ces proies).

Les pathogènes des arthropodes peuvent être des virus, des bactéries, des rickettsies, des champignons, ou des parasites. La toxine d'une bactérie *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) est actuellement largement utilisée dans la démoustication du littoral méditerranéen français, en remplacement des insecticides chimiques, dont l'utilisation est de plus en plus réglementée. Enfin, certains arthropodes, parasites d'autres arthropodes, que

l'on nomme parasitoïdes, peuvent être utilisés comme agents de lutte biologique. Ainsi, la guêpe *Spalangia nigroaenea* pond ses œufs dans la puppe de diptères, que ses larves parasitent. Cette guêpe est utilisée sur l'île de la Réunion comme un des moyens de lutte contre les stomoxes (Hüe, Ceniceros, 2008).

Les applications sur le terrain de méthodes de lutte biologique restent encore rares, à cause des faibles connaissances sur l'écologie des agents potentiels de lutte biologique, et sur les difficultés rencontrées dans l'évaluation de l'efficacité de ces méthodes. À noter que la lutte biologique est depuis longtemps déjà utilisée par les agronomes dans la lutte contre les ravageurs des cultures et des forêts.

Sous le vocable de lutte génétique, on définit « l'emploi de toutes les conditions et méthodes de traitement susceptibles de réduire le potentiel reproductif des formes nuisibles par une altération ou un remplacement du matériel héréditaire » (définition de l'OMS, citée par Rodhain et Pérez (1985).

La principale est la technique dite des mâles stériles, ou *sterile insects technique* (SIT). Le principe est simple. Chez des espèces dont la femelle s'accouple une seule fois dans sa vie, l'accouplement avec un mâle stérilisé entraîne l'absence de descendance viable. On peut donc élever des mâles, les stériliser par rayonnements, par chimiostérilisants ou par introduction d'un gène de stérilité, et les lâcher en masse pour qu'en s'accouplant avec les femelles de la souche locale ils les rendent infécondes. Il faut cependant que les mâles stérilisés gardent leur compétitivité par rapport aux mâles sauvages, et que leur élevage en masse soit facile. Cette technique a été utilisée avec succès dans la lutte contre les glossines, en particulier elle a permis d'éliminer deux espèces de glossines riveraines du bassin de Sidéradougou, Burkina Faso (Politzar, Cuisance, 1984) et d'éradiquer *Glossina austeni* de l'île Unguja, Zanzibar (Vreysen *et al.*, 2000). Elle est à la base d'une campagne d'élimination des mouches tsé-tsé à l'échelle du continent africain dans certaines zones prioritaires (*Pan African tsetse and trypanosomiasis eradication campaign* Pattec). De plus, elle est en cours d'essai dans la lutte contre *Aedes albopictus* en Italie (Bellini *et al.*, 2007). Cette technique apparaît très élégante, parfaitement spécifique, non polluante et sans danger. En revanche, elle est extrêmement chère et est à préconiser dans des buts d'élimination des populations de vecteurs d'une zone géographique donnée, pour laquelle on s'est assuré de l'impossibilité d'une recolonisation (voir question 13 « Comment la recherche contribue-t-elle à l'amélioration de la LAV ? »).

Le croisement de certaines populations d'une même espèce peut produire des œufs stériles : on parle d'« incompatibilité ». Ce sont des rickettsies du genre *Wolbachia* qui sont responsables de ces incompatibilités

dites cytoplasmiques. Par exemple, chez *Culex pipiens*, moustique commun vecteur par exemple du virus de la fièvre du Nil occidental, *Wolbachia pipientis* est transmise par la femelle (voie transovarienne) à la descendance. Seule l'infection des mâles entraîne l'incompatibilité, et donc le lâcher de mâles infectés entraîne une diminution de la fertilité des femelles, et peut dans certains cas équivaloir à la technique des mâles stériles. Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de programme sur le terrain utilisant cette technologie dans la lutte contre un vecteur.

Les progrès des outils de la génétique rendent possibles la production d'insectes génétiquement modifiés porteurs d'une anomalie génétique défavorable à la transmission : insecte non compétent pour le pathogène, gènes létaux dominants ou conditionnels, gènes perturbant le sex-ratio... La principale difficulté est de réussir à faire diffuser cette anomalie génétique au sein des populations sauvages, les insectes issus de production de masse présentant toujours un *fitness* inférieur aux populations sauvages dans leur écosystème naturel. L'infection des insectes lâchés par des bactéries du genre *Wolbachia*, utilisant les incompatibilités cytoplasmiques, peut être utilisée dans ce sens (Bourtzis, 2007). Néanmoins, dans des conditions naturelles, toutes ces anomalies sont toujours rapidement éliminées.

On peut regrouper sous le vocable de lutte mécanique les méthodes de capture des vecteurs (dans un but de diminution de l'abondance), celles qui s'opposent au contact hôte/vecteur et, par extension, les méthodes d'évitement du contact avec l'hôte.

En effet, la première méthode qui vient à l'esprit pour diminuer, voire éliminer, les populations de vecteurs, est de capturer le plus grand nombre d'individus pour les détruire. Une grande variété de méthodes est utilisable, depuis le simple « détiqage » des animaux, jusqu'à des pièges élaborés pouvant employer un attractant olfactif. C'est sans conteste pour la capture des glossines que les pièges présentent le plus haut degré de raffinement. Des pièges spécifiques et très attractifs, mis au point dans les années 1970, peuvent être utilisés avec efficacité pour diminuer fortement l'abondance des glossines. Il est vrai, cependant, que les glossines présentent des taux de reproduction extrêmement faibles (au maximum 9 descendants au cours de la vie d'une femelle), et que ce type de lutte est illusoire contre des vecteurs plus prolifiques comme les *Culicoides* ou les stomoxes.

Lorsque l'on pense à une méthode mécanique pour s'opposer au contact hôte/vecteur, la première idée est celle de la moustiquaire, utilisée dans la lutte contre le paludisme (Hougard, 2008). Dans le domaine vétérinaire, la stabulation des animaux à l'intérieur des bâtiments pendant la période d'activité du vecteur peut être une méthode efficace pour lutter contre un vecteur fortement exophage (c'est-à-dire ne pénétrant pas dans les

bâtiments pour piquer). Ainsi, rentrer les chevaux la nuit à l'intérieur des écuries permet de les protéger contre les piqûres de *Culicoides imicola* vecteur nocturne et exophage de la peste équine (Meiswinkel *et al.*, 2000). Dans le contexte de la transmission du sérotype 8 de la FCO en Europe, la situation est plus complexe. Dans les zones d'élevage, où les taons représentent un réel problème, on peut être amené à faire pâturer les animaux la nuit, plutôt que pendant les heures d'activité de ces insectes. En Guyane, le boucanage peut être considéré comme un répulsif, la fumée écartant les taons des troupeaux. Les méthodes de lutte ne sont pas nécessairement extrapolables d'une situation à une autre, en particulier dans le cas des répulsifs ; par exemple, en Afrique de l'Ouest, les vecteurs de la loase humaine (tabanidés) sont attirés par les feux de brousse (Rodhain, Perez, 1985).

Dans la lutte chimique, il s'agit d'employer des produits chimiques, d'origine végétale ou de synthèse, en tant que répulsifs, attractifs (couplés à des pièges), ou insecticides.

Les répulsifs sont très peu utilisés dans le domaine vétérinaire. Certains propriétaires de chevaux utilisent des produits à base de citriodiol ou d'icaridine. Pour l'homme, il existe pour le moment 4 grands types de molécules, comme le DEET (N, N-diéthyl-3-méthylbenzamide), le KBR 3023 (icaridine), l'IR 3535 et le citriodiol à appliquer sur la peau ou sur les vêtements pour empêcher les piqûres de moustiques. Les répulsifs ont en général sur la peau une durée d'action assez courte, de l'ordre de quelques heures, alors que des vêtements ou moustiquaires traités avec des répulsifs peuvent conserver leurs propriétés pendant plusieurs semaines. L'emploi d'attractifs pour augmenter l'efficacité de pièges n'est rencontré quasiment que dans la lutte contre les glossines.

Les insecticides regroupent différentes molécules aux propriétés et modes d'action très variés (organochlorés, des organophosphorés, des carbamates, ou des pyréthrinoïdes). Les qualités recherchées pour un insecticide sont une toxicité importante pour l'arthropode visé, une action rapide, une rémanence importante, une toxicité aussi faible que possible pour l'homme ou les animaux domestiques, la faune non cible, et les végétaux, un emploi facile, une stabilité importante et un faible prix de revient. Ils sont largement utilisés dans les programmes de lutte antivectorielle, malgré la possible apparition de résistances, et les conséquences potentielles sur l'environnement, en particulier sur la faune non cible.

Généralement, par l'utilisation des insecticides, on cherche à diminuer l'abondance des vecteurs, en ciblant les phases larvaires ou adultes. L'avantage de cibler les stades immatures est que ces derniers représentent souvent une phase de concentration des populations dans l'espace. Lorsque les gîtes de ponte sont bien connus (lutte écologique), il

est possible d'atteindre en traitant des zones restreintes une part importante des populations de vecteurs, avant qu'ils ne présentent un risque de transmission. Ainsi, en établissant la relation entre communautés végétales et larves de moustiques, il a été établi des cartes phyto-sociologiques pour cibler la démoustication du littoral méditerranéen (Rioux *et al.*, 1968). La lutte insecticide contre les stades imaginaux des vecteurs est souvent réservée à des situations épidémiques, où le but des traitements (fumigation d'insecticides) est de diminuer les densités de vecteurs pour briser le cycle de transmission. L'épandage d'insecticide antiadulte a cependant été longtemps utilisé par voie aérienne pour lutter contre les glossines (Allsopp, 2001). Chez ce groupe d'insectes, la parfaite connaissance des gîtes de repos des adultes (les glossines de galeries forestières se reposent durant la journée à moins de 3 mètres de hauteur sur les troncs d'arbres de diamètre supérieur à 8 cm, les faces inférieures des branches, les racines, ou le feuillage bas) permet de cibler les traitements insecticides lors de campagnes terrestres (Cuisance, 2002). L'imprégnation avec des insecticides de dispositifs attractifs peut permettre une action sélective et respectueuse de l'environnement, comme c'est le cas des pièges ou écrans imprégnés dans la lutte contre les glossines (Merot *et al.*, 1984, Schoenefeld, 1983). C'est également sur ce principe que se base la lutte adulticide contre les anophèles vecteurs de *Plasmodium* (paludisme). Certaines espèces vectrices, en particulier en Afrique, piquent et restent au repos à l'intérieur des maisons. Il suffit alors de pulvériser les murs des habitations, ou d'utiliser des moustiquaires imprégnées d'insecticides, pour tuer les femelles hématophages.

L'épandage d'insecticides dans l'environnement, notamment par voie aérienne, est de plus en plus restreint, notamment par la réglementation européenne, à cause des conséquences potentielles pour l'environnement. En effet, sur proposition de la Commission européenne, le Parlement européen a adopté le 27 mars 2003, par 227 voix contre 198, l'avis qui soutient au point 7 « la recommandation d'interdiction de l'épandage aérien et la possibilité de désigner des zones exemptes de pesticides... » (*in* « Vers une stratégie thématique concernant l'utilisation durable des pesticides, 2002/2277 (INI) Rapport du Parlement européen, 3 mars 2003). Il restera sans doute une possibilité d'autoriser à titre dérogatoire les traitements aériens dans la mesure exclusive où tout autre moyen serait matériellement inopérant.

Cette stratégie a été admise et adoptée dans le cadre du 6^e programme d'action pour l'environnement (décision n° 1600/2002/CE du PE et du CE du 22 juin 2002) et vise clairement les produits de protection des plantes (directive 91/414/CE). Lors du Conseil agricole européen du 17 décembre 2007, une position commune concernant la proposition de directive visant à instaurer un cadre d'action communautaire pour une

utilisation durable des pesticides a été trouvée par les ministres des états membres chargés de ce dossier. Cette directive a notamment pour objectif de promouvoir une utilisation raisonnée des pesticides et une meilleure information du public et des utilisateurs.

Les principaux points sont la mise en place de méthode alternative à la lutte chimique quand c'est possible, l'interdiction des traitements aériens sauf dérogation, la possibilité à chaque État membre de prendre des mesures spécifique, la mise en place d'indicateurs de risque harmonisés au niveau européen, l'échange d'information sur les bonnes pratiques agricoles entre les états membres, le contrôles des équipements, l'utilisation et le lieu de stockage, davantage de communication vers le grand public. Cette proposition avait été adoptée en première lecture par le Parlement européen (PE) le 23 octobre 2007.

La France est déjà engagée dans le plan interministériel de réduction des risques pesticides. Toutefois, le conseil n'a pas retenu un objectif de réduction quantitative des usages de pesticides comme cela avait été voté le 23 octobre. Les décisions du Grenelle de l'environnement sur la réduction de 50 % des applications de pesticides entrent dans le cadre des mesures spécifiques que peut prendre chaque État.

Il est clair que les produits couverts par la directive biocides, et auxquels sont assimilés les insecticides utilisés en démoustication et en lutte antivectorielle, seront concernés à terme (cf. Communication de la CE sur la stratégie thématique concernant l'utilisation durable des pesticides, COM (2006) 372 Final, 20 juillet 2006).

Incidemment, la réglementation, concernant les traitements phytosanitaires par voie aérienne a évolué également en France avec la publication de l'arrêté du 5 mars 2004 (modifiant celui du 25 février 1975) relatif à l'utilisation des produits mentionnés à l'article L. 253-1 du Code rural et, plus récemment, de l'arrêté du 12 septembre 2006 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits visés à l'article 253-1 du Code rural. Ces arrêtés ne concernent toutefois que les traitements réalisés à des fins de protection des végétaux à l'exclusion des biocides.

En référence à l'arrêté de mars 2004, le rapport d'un groupe de travail institutionnel en charge d'une saisine Afsse en juin 2005 (Afsse, Ineris), portant sur l'« épandage aérien de produits phytosanitaires pour la protection des végétaux », a émis plusieurs recommandations :

- procéder à des études comparatives sur la dérive par voie aérienne et terrestre et à des analyses coût-bénéfice ;
- évaluer systématiquement les produits qui seraient dûment autorisés (AMM spécifique, étiquetage) pour le mode d'épandage aérien ;
- définir des distances minimales de sécurité selon le produit et des délais de déclaration préalable, élaborer un guide des bonnes pratiques de la

procédure d'application des aéronefs (agrément des entreprises de travaux agricoles) ;

– évaluer les conditions d'une information du public afin de réduire les risques d'exposition des personnes (affichage en mairie, en parcelles).

Il existe une proposition d'un courrier officiel de l'Adege à l'attention des instances officielles nationales (Medad, DGS, Minagri,...) et européenne (Commission européenne...) pour clarifier cette réglementation et prévenir toute dérive pouvant aboutir à l'interdiction pure et simple des épandages par voie aérienne¹.

Enfin, dans le domaine vétérinaire, les insecticides peuvent être appliqués directement sur les animaux (formulations *pour-on*, baignade, pulvérisation, boucles auriculaires, pédiluves, collier). Ces applications peuvent permettre une réduction de l'abondance de vecteurs à faible capacité de reproduction comme les glossines (Bauer *et al.*, 1995, Thomson *et al.*, 1991). L'utilisation de *pour-on* d'insecticides peut être efficace dans la lutte contre les tiques, en particulier contre celles monotropes (c'est-à-dire dont la larve, la nymphe et l'adulte se gorgent sur le même hôte), ou contre *Amblyomma variegatum* dont l'adulte se gorge presque exclusivement sur le bétail. Ainsi, dans les îles anglophones de la

¹ Réglementation européenne

– Vers une stratégie thématique concernant l'utilisation durable des pesticides, 2002/2277 (INI) Rapport du Parlement européen, 3 mars 2003, 24 p. (voir p.10).

– Communication de la CE au Conseil, au Parlement européen, au comité économique et social européen et au Comité des régions : Stratégie thématique concernant l'utilisation durable des pesticides, COM (2006) 372 Final, 20 juillet 2006, 14 p. (voir p.9).

– Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil instaurant un cadre communautaire pour parvenir à une utilisation durable des pesticides (présentée par la commission, 12.7.2006 COM (2006)373 final, SEC(2006)894 et SEC(2006)914, 44 p. (voir article 9, p.12).

– Commission staff working document accompanying the communication from the commission to the council, the European Parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions: A thematic strategy on the sustainable use of pesticides. Technical annex. COM (2006) 372 Final. 12.7.2006 (SEC(2006)895, 22 p. (voir §2.1.5, p.7).

Réglementation nationale en vigueur

– Arrêté du 25 février 1975 modifié fixant les dispositions relatives à l'application des produits antiparasitaires à usage agricole.

– Arrêté du 5 mars 2004 relatif à l'utilisation par voie aérienne de produits mentionnés à l'article L.253-1 du code rural (modifiant celui du 25 février 1975).

– Arrêté du 12 septembre 2006 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits visés à l'article 253-1 du code rural.

Pour mémoire et à toutes fins utiles :

– Code de l'aviation civile (article L. 110-1).

Boudet C. et Mandin C., 2005 - Épandage aérien de produits phytosanitaires pour la protection des végétaux. Rapport du groupe de travail institutionnel en charge d'une saisine AFSSE, juin 2005 (Afsse, Ineris), 99 p.

Caraïbe, un programme d'élimination de cette tique exotique – cette tique, qui transmet en particulier la cowdriose, a été introduite dans les Caraïbes à partir d'Afrique, en même temps que du bétail accompagnant le trafic d'esclaves il y a 200 à 300 ans – le CAP (*Caribbean Amblyomma Program*) a été lancé à l'initiative de la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) et largement soutenu financièrement par le ministère de l'agriculture américain (*United States Department of Agriculture USDA*). La stratégie consistait en une intense communication et en un traitement gratuit de tous les bovins et ovins des îles avec des *pour-on* à base de fluméthrine de tous les 15 jours par des équipes de « détiqueurs » pendant 2 ans (temps vie supposé de la tique dans l'environnement sans repas de sang). Elle a abouti à l'élimination d'*Amblyomma variegatum* de certaines îles de la Caraïbe ; la réussite de la lutte dépendant du niveau d'infestation initial, mais aussi du niveau d'organisation des services vétérinaires. Là encore, la parfaite connaissance de la bio-écologie du vecteur ciblé permet d'envisager des méthodes efficaces plus ciblées. Par exemple, au Burkina Faso, il a été observé que les tiques se fixaient entre les onglons des bovins en pâture, et qu'elles n'atteignaient leur site définitif (mamelle et poitrine) que lorsque les animaux se couchaient une fois le parc de nuit atteint (Stachurski, 2006). Ainsi, la construction d'un pédiluve à l'entrée des parcs de nuit représente un moyen simple et peu coûteux pour éliminer la quasi-totalité des tiques avant leur fixation définitive (Stachurski, Lancelot, 2006).

Les endectocides sont des antiparasitaires ayant des propriétés insecticides, qui se retrouvent dans le sang circulant des animaux traités. Ils n'ont aucun effet protecteur (n'empêchent pas les vecteurs infectés de piquer l'animal traité), mais, s'ils entraînent une mortalité importante des vecteurs gorgés, ils pourraient diminuer la transmission (en diminuant la longévité des vecteurs), ou permettre le contrôle des populations (d'autant plus efficace que le vecteur présente des préférences trophiques strictes). Les résultats de l'effet de ces molécules sur les *Culicoides* semblent contradictoires. La mortalité de femelles *Culicoides brevitarsis* (vecteur du virus de la FCO en Australie) est de 99 % après gorgement sur un animal traité à l'ivermectine un jour auparavant – ce taux est maintenu supérieur à 40 % pendant 18 jours (Standfast *et al.*, 1985), alors qu'aucune mortalité n'est observée chez *Culicoides sonorensis* (vecteur du virus de la FCO aux États-Unis) (Holbrook, Mullens, 1994). Ces produits n'ont jamais été employés dans le cadre d'une lutte antivectorielle. De plus, ils ont des conséquences néfastes graves pour la faune coprophage non cible.

Les méthodes de lutte antivectorielle sont donc variées, elles doivent être choisies en fonction du système vectoriel : vecteur, vertébré, contexte épidémiologique, mais aussi du contexte économique, social et politique. Elles doivent aussi être intégrées dans un dispositif plus global de lutte contre les maladies à vecteurs.

2. Maladies vectorielles et stratégies de lutte en santé humaine

2.1. Stratégies de contrôle des maladies humaines en outre-mer

À ce jour, les maladies humaines à transmission vectorielle concernent essentiellement les territoires de l'outre-mer. Les différentes stratégies seront donc passées en revue en fonction des territoires.

2.1.1. La Guadeloupe

La seule maladie d'actualité est la dengue qui sévit depuis quelques années selon un mode endémo-épidémique (voir question « Le Contexte »). Le vecteur est *Aedes aegypti*.

La stratégie de base : *Aedes aegypti* est un moustique domestique qui se reproduit essentiellement dans les petites collections d'eau claire, à l'intérieur ou autour des habitations. En Guadeloupe, il s'agit essentiellement de fûts destinés au stockage de l'eau (30 % des gîtes larvaires répertoriés), de vases à fleurs (10 % des gîtes répertoriés), de citernes, de gouttières (mais peu de données globales sur ces gîtes aériens de reproduction), d'objets et détritiques divers susceptibles de contenir de l'eau pluviale (pneumatiques usés, déchets de consommation...) de portions plus ou moins importantes de réseaux hydrauliques.

Compte tenu de l'écologie du vecteur, la stratégie de base consiste essentiellement en des visites domiciliaires au cours desquelles les agents de la LAV réalisent la destruction ou le traitement chimique (temephos granulé) des gîtes de reproduction d'*Aedes aegypti*. Ils assurent également l'éducation sanitaire de la population lors de leur passage. Les actions de mobilisation sociale sont développées en liaison avec les municipalités (projet de santé de type communautaire), ainsi que des actions de sensibilisation dans les écoles ou, plus ponctuellement, à la demande avec des associations.

Des efforts importants sont déployés pour rechercher des solutions pérennes non chimiques de contrôle des vecteurs : couvercles pour les fûts, solutions techniques pour les gouttières, élimination des pneumatiques usés (mobilisation des entreprises sur la gestion et l'élimination des stocks). Actuellement, la rédaction de plans communaux de lutte contre les moustiques et de prévention de la dengue est en cours.

Des mesures spécifiques de pulvérisations des conteneurs de pneumatiques sont opérées pour prévenir l'introduction d'*Aedes albopictus*.

La surveillance entomologique : en dehors de celle réalisée dans le cadre d'*Aedes aegypti*, elle concerne essentiellement la surveillance d'*Aedes albopictus* au niveau des ports et des aéroports.

La lutte contre les nuisants : elle concerne essentiellement *Culex quinquefasciatus* : traitements réguliers des canaux, ministations d'épurations... Sinon, pas d'actions réellement structurées en dehors de pulvérisations ULV limitées dans le temps et l'espace en cas de fortes invasions (*Cx quinquefasciatus* ou *Oc taeniorhynchus* essentiellement).

Le Psage : un Psage dengue (Plan de surveillance d'alerte et de gestion des épidémies) a été rédigé par la Cire-AG et le service de démoustication de la Martinique, les CVS de Martinique et de Guadeloupe ainsi que le service LAV de Guadeloupe. Ce Psage poursuit deux objectifs : contractualiser le rôle et les missions de chacun des partenaires impliqués dans la lutte contre la dengue d'une part, et, d'autre part, de fournir les outils nécessaires pour la conduite des différentes actions du programme dans les domaines de la surveillance épidémiologique et entomologique, de la démoustication de la communication et de la prise en charge des malades. Il propose une graduation des stratégies de surveillance et de contrôle de la dengue, selon le risque épidémique, évalué à partir des résultats de la surveillance épidémiologique. Un Psage chikungunya est en cours d'élaboration par les trois départements français d'Amérique.

La nouveauté est l'utilisation de plus en plus importante des SIG comme aide à la décision dans la gestion des alertes et des épidémies. En cas d'épidémie ou de menace, les pulvérisations ULV sont privilégiées.

La difficulté majeure, par-delà les tensions sociales liées au transfert des personnels au conseil général, est le manque d'encadrement : manque d'encadrement intermédiaire, impossibilité de gérer un service comme celui-là à mi-temps (l'ingénieur-entomologiste n'intervient qu'à 70 % de son temps, sur un territoire plus grand que la Martinique où sont affectés deux entomologistes et un ingénieur à temps plein).

2.1.2. La Guyane

En Guyane, il existe un comité de suivi des maladies humaines transmises par les insectes. Ce comité est composé des différents acteurs de la santé et de la lutte antivectorielle en Guyane : DSDS, SDD, IPG, hôpitaux, université, médecins libéraux.

Des points sur la situation épidémiologique de ces différentes maladies à transmission vectorielle, principalement le paludisme et la dengue sont faits régulièrement et des décisions sur la conduite à tenir pour améliorer la lutte contre ces maladies peuvent être prises au cours des réunions.

2.1.2.1. *Aedes*, DENGUE, FIEVRE JAUNE ET CHIKUNGUNYA

..... La fièvre jaune

Le dernier cas de fièvre jaune recensé en Guyane remonte à 1998. La principale prévention réside dans la vaccination.

La LAV peut être intégrée dans la surveillance et la lutte contre *Aedes aegypti*, potentiel vecteur en ville mais surtout vecteur de la dengue. En effet, la fièvre jaune est transmise en forêt par des vecteurs sauvages, en particulier *Haemagogus* sp., contre lesquels il n'y a actuellement pas de contrôle possible.

..... La dengue

La surveillance entomologique consiste à :

- établir des indices de Breteau (IB) mensuels par échantillonnage dans l'ensemble des secteurs des communes de l'île de Cayenne ;
- établir des IB à l'occasion des visites domiciliaires systématiques dans les autres communes.

La LAV proprement dite comporte plusieurs phases en fonction de la situation épidémique (Psage Guyane) et en fonction de la situation. Elle peut se résumer comme ci-après :

- visites domiciliaires systématiques pouvant être orientés par les IB avec élimination mécanique des gîtes larvaires avec les habitants et traitement des gîtes ne pouvant être éliminés par du *Bti* ;
- épandage spatial d'insecticide par appareil tracté (ULV) :
 - . dans toutes les zones accessibles en voiture selon un programme pré-établi, et dépendant des conditions climatiques ;
- autour des cas signalés par la DSDS, avec adresse précise :
 - . au domicile du patient ;
 - . brumisation de deltaméthrine à l'intérieur du domicile ;
 - . élimination mécanique des gîtes larvaires ou au besoin traitement larvicide au *Bti* ;
 - . distribution de plaquettes informatives ;
- autour du cas, en zone urbanisée type Cayenne :
 - . élimination mécanique des gîtes larvaires dans le bloc où se situe le cas, avec traitement larvicide en cas de besoin ;
 - . pulvérisation spatiale d'insecticide dans le bloc où se situe le cas ;
- autour du cas, en quartier résidentiel type villas :
 - . intervention dans un rayon de 100 m autour du cas ;
 - . élimination mécanique des gîtes larvaires avec traitement larvicide en cas de besoin ;

- . pulvérisation spatiale d'insecticide à l'extérieur des maisons se trouvant dans le rayon ;
 - si adresse imprécise ne permettant pas de localiser le cas :
- . épandage spatial d'insecticide dans l'ensemble de la résidence ou du lieu supposé du ou des cas à raison d'un passage toutes les semaines (2 semaines de suite).

2.1.2.2. ANOPHELES ET PALUDISME

Le paludisme est un problème de santé publique en Guyane. Il sévit plus particulièrement dans les zones en bordure des deux fleuves principaux qui constituent les frontières avec le Surinam à l'ouest et avec le Brésil à l'est et également dans les régions de l'intérieur. Le vecteur principal est *Anopheles darlingi*, qui présente un comportement relativement sauvage. Il existe plusieurs vecteurs secondaires.

La LAV est principalement basée sur les pulvérisations murales d'insecticides (deltaméthrine) tous les 3 à 4 mois dans les zones d'endémie. Cette opération est effectuée par le SDD.

Des interventions ponctuelles peuvent également être menées autour des cas.

Des « opérations moustiquaires imprégnées de longue durée » ont commencé l'année dernière et ont vu la participation des services de PMI, la Croix-Rouge, le SDD et autres partenaires.

Les principaux gîtes larvaires comme les marécages et les canaux sont traités par le téméphos.

Le port de vêtements à manches longues et de pantalons à la tombée de la nuit ainsi que l'usage de répulsifs en protection individuelle sont, par ailleurs, préconisés pour les non-résidents qui doivent se déplacer dans ces zones.

Une carte de la Guyane mentionnant les zones où il y a des risques de transmission (important, moyen ou modéré) est d'ailleurs disponible sur le site de la préfecture de la Guyane, et est mise à jour régulièrement par le comité de suivi.

2.1.2.3. LA FIEVRE WEST NILE

La surveillance repose sur le suivi des chevaux par les services vétérinaires.

Aucune action spécifique de LAV n'est consacrée à cette maladie en Guyane. Elle peut être intégrée dans la lutte contre les moustiques nuisants.

2.1.2.4. PHLEBOTOMES ET LEISHMANIOSES

Aucune action de LAV spécifique.

Conseils aux personnes se rendant en forêt : l'utilisation de répulsifs et le port d'un pantalon et de vêtements à manches longues.

2.1.2.5. TRIATOMES ET MALADIE DE CHAGAS

Aucune action de LAV spécifique à grande échelle. Un programme de recherches est mené par l'équipe du laboratoire de Parasitologie du CHU de Cayenne (Dr C. Aznar).

2.1.2.6. NUISANCES

Les nuisances sont principalement constituées par les moustiques de genre *Culex*, *Aedes*, *Coquillettidia* et *Mansonia*.

Les gîtes larvaires sont traités par le *Bti* ou le *Bacillus sphaericus*.

La lutte contre les adultes repose sur l'épandage spatial de malathion par la méthode ULV selon un programme pré-établi (toujours perturbé au cours de la saison des pluies) ou effectué lors de la recrudescence des moustiques dans une zone donnée.

La nuisance occasionnée par le papillon *Hylesia metabus* est traitée à la phase chenilles par pulvérisation de deltaméthrine. Contre les adultes, on utilise des pièges constitués d'un grand bac contenant de l'eau et de l'huile de vidange dans lesquels les papillons attirés par un projecteur tombent et se noient.

2.1.3. La Martinique

Depuis 1991, suite à une convention de mise en commun des moyens humains et matériels de l'État et du conseil général, les activités du service de démoustication généralisée vise aussi bien les vecteurs de maladies que les nuisants.

Compte tenu de l'écologie des principales espèces de moustiques (Yébakima, 1991), la stratégie mise en place porte sur :

- l'information de toutes les couches de la population ;
- l'assainissement du milieu (au niveau individuel et collectif) ;
- le développement d'une approche communautaire : intervention des relais municipaux-démoustication, opération Toussaint (depuis 1998), outils pédagogiques en partenariat avec l'Éducation nationale, journée de lutte contre le moustique, ateliers démoustication (élus et agents municipaux, communautés des communes, agents LAV/démoustication) ;
- l'utilisation rationnelle des molécules insecticides (chimiques et biologiques).

Une activité de recherche à visée opérationnelle a été développée depuis de nombreuses années : écologie d'*Aedes aegypti* (Yébakima, 1991 ; Etienne, 2006), résistance aux insecticides, indicateurs entomologiques...

2.1.3.1. *Aedes aegypti* ET DENGUE

Depuis 2006, les interventions sont formalisées dans le cadre du Psage. Cet outil permet une meilleure adéquation entre les différents acteurs et une meilleure réactivité du service de démoustication. Des fiches réflexes ont été mises au point et permettent d'orienter les interventions en fonction du niveau de la situation.

Les interventions se font en fonction des critères épidémiologiques (intervention autour des cas de dengue signalés par la Cellule de veille sanitaire de la DSDS) ou en fonction des critères entomologiques (niveau de l'indice de Breteau Pondéré ou indice de Productivité, typologie des gîtes).

2.1.3.2. *Anopheles* ET PALUDISME

Les cas de paludisme importés sont signalés au service de démoustication qui mène alors des investigations entomo-épidémiologiques et au besoin met en place une action de contrôle vectoriel contre les anophèles (en particulier *An. albimanus*) : traitement adulticide intradomociliaire, traitement ou suppression physique des gîtes larvaires, message d'éducation sanitaire.

2.1.3.3. *West Nile*

Bien qu'aucun cas humain ou animal n'ait été recensé, une action a été initiée depuis 2003 avec les services vétérinaires. Une cartographie de la localisation des élevages équins et ovins est tenue à jour. Ces sites font l'objet d'une surveillance entomologique. Les gîtes larvaires identifiés sont systématiquement supprimés ou traités.

2.1.3.4. VEILLE ENTOMOLOGIQUE SUR *Aedes albopictus*

Un réseau de surveillance a été mis en place depuis 1987 et renforcé depuis 2004 au niveau de certains sites sensibles : zones portuaires et aéroportuaires, marinas, casses-autos... Les nombreux échantillons récoltés n'ont pas encore permis d'identifier cette espèce localement.

2.1.3.5. CONTROLE DE LA NUISANCE

L'espèce principale est *Culex quinquefasciatus*. Des taux de 250 à 300 piqûres par homme et par nuit ont été enregistrés dans les années 1990 (Yébakima, 1991) dans certaines localités de l'île. Les gîtes majeurs sont

cartographiés et font l'objet d'un suivi régulier par le service de démoustication ou en collaboration avec les services municipaux.

Une autre espèce, *Ochlerotatus taeniorhynchus*, est présente dans les zones de mangroves. Ses gîtes sont traités au *Bti*.

2.1.4. La Réunion et Mayotte

2.1.4.1. ANOPHELES ET PALUDISME

Le paludisme représentait, en 1946, 32 % des motifs de consultation et 25 % des décès. (D'Ortenzio, Dehecq *et al.*, 2008). Les campagnes de lutte antipaludique intensives menées à partir des années 1950 ont permis en 30 ans l'élimination autochtone du parasite (label d'éradication du paludisme décerné par l'OMS en 1979). L'île est aujourd'hui dans une situation d'anophélisme sans paludisme. Toutefois, la Réunion demeure une zone réceptive au paludisme : *Anopheles arabiensis* (Girod, Salvan *et al.*, 1999), le vecteur du paludisme, est présent sur l'ensemble des zones littorales de l'île et l'intensification des échanges avec les pays voisins impaludés contribue à l'importation permanente du *plasmodium* par les voyageurs. Il en résulte donc un réel risque de transmission autochtone secondaire du paludisme à la Réunion.

La stratégie actuelle de lutte contre le paludisme vise à éviter la réintroduction et l'installation stable du parasite dans l'île, en maintenant une pression insecticide sur les gîtes larvaires productifs (trous de rochers en bord de ravines, ornières des champs de canne) et en intervenant autour des cas de paludisme déclarés.

Les zones connues d'existence du vecteur sont régulièrement prospectées et chaque découverte de gîtes positifs déclenche un traitement antilarvaire. Les principaux gîtes sont systématiquement cartographiés, permettant ainsi de suivre l'évolution du domaine d'existence du vecteur et d'orienter les traitements préventifs. L'objectif est de maintenir le vecteur en zone rurale, où les campagnes de traitement l'ont maintenu depuis les années 1980.

Les enquêtes épidémiologiques sont menées dès le signalement des cas par les établissements hospitaliers ou les laboratoires. Une prospection suivie de traitement au besoin est effectuée dans un rayon de 500 m, et de l'éducation sanitaire est réalisée dans l'entourage du cas. La quasi-totalité des cas (de 100 à 150 par an) sont importés en provenance essentiellement de l'archipel des Comores (48 %) et de Madagascar (41 %) (Sissoko, Thiria *et al.*, 2006). Les trois derniers cas autochtones datent de 2006, 2005 et 2001.

L'île de Mayotte, collectivité départementale française de l'océan Indien d'environ 180 000 habitants, est une zone d'endémicité palustre. Le taux d'incidence annuelle se situe entre 3,1 ‰ et 5 ‰, avec une diminution

du nombre de cas de paludisme déclarés depuis 5 ans (792 cas en 2003, 496 cas en 2006) (Loos, Quatresous *et al.*, 2006 ; Solet, Balleydier *et al.*, 2007). Le paludisme autochtone est également en recul (86 % en 2003-2004, 82,7 % en 2006). Le paludisme importé provient essentiellement de l'archipel des Comores.

La stratégie de lutte contre les vecteurs du plasmodium *Anopheles gambiae* et *Anopheles funestus* (Elissa, Karch, 2005) repose sur la lutte imagocide et larvicide chimique. Des traitements intra-domiciliaire à effet rémanent (environ 60 000 habitations à Mayotte) sont effectués tous les 4 à 5 mois, avec un assez bon taux de couverture (80 % environ).

Des traitements antilarvaires aux organophosphorés sont régulièrement réalisés dans les flaques et ornières temporaires, eaux stagnantes...). Les grands bassins permanents et retenues collinaires sont égalementensemencés avec des poissons larvivores.

Des enquêtes entomologiques sont menées autour de chaque cas de paludisme déclaré, avec destruction des gîtes si présence. Les maisons environnantes du cas font l'objet d'un traitement intra-domiciliaire si la dernière intervention date de plus de 4 mois.

Une campagne de distribution de moustiquaires avait été réalisée en 1996, mais il s'est avéré que la population n'avait pas utilisé cet équipement dans un objectif de prévention, réduisant ainsi son efficacité.

Il convient enfin de noter que la stratégie de contrôle du paludisme à Mayotte ne pourra être pleinement efficace que si la lutte antipaludique s'intensifie aussi au niveau régional en intégrant notamment les îles de l'archipel des Comores.

2.1.4.2. *Aedes*, DENGUE, FIEVRE JAUNE, CHIKUNGUNYA, FVR

C'est à l'occasion de la résurgence de la dengue (Pierre, Thiria *et al.*, 2005) que le service de LAV de la Réunion, dont les missions s'articulaient essentiellement autour de la lutte contre la réintroduction du paludisme, a commencé à développer une stratégie de lutte contre les vecteurs urbains, et notamment *Aedes albopictus*. Cette première base (lutte périefocale, éducation sanitaire) a, par la suite, été complétée à la lumière des expériences tirées de la gestion de l'épidémie de chikungunya en 2006 (Delatte, Paupy *et al.*, 2008), durant laquelle plusieurs protocoles de lutte se sont succédé, depuis le traitement périefocal autour des cas jusqu'à l'intervention généralisée sur l'ensemble des zones urbaines au plus fort de l'épidémie.

À la Réunion, l'omniprésence d'*Aedes albopictus* dans toutes les zones urbaines jusqu'à 1 200 m d'altitude, et durant toute l'année sur le littoral, oblige le service de la LAV à focaliser la lutte contre ce vecteur

dans les zones urbaines où l'espèce colonise essentiellement des gîtes larvaires anthropiques. Afin de faciliter les interventions, les 24 communes de l'île ont été découpées en 1 093 zones regroupées en 273 quartiers urbains. Ces zones « homogènes » ont été définies selon des critères dépendants de la typologie de l'habitat, de l'environnement et de l'intensité de la transmission observée lors des épidémies de dengue (2004) et de chikungunya (2005-2006). Chaque zone doit pouvoir être traitée (lutte mécanique) en 1 journée par une équipe de 10 personnes. Ces zones s'étendent sur 275 km² soit 11 % de l'île.

Chaque mois, 150 à 200 évaluations (mesure des indices larvaires sur une soixantaine de maisons) sont réalisées sur les zones. Ces évaluations constituent le cœur de la surveillance entomologique et permettent de cibler la lutte vers les zones où les densités de vecteurs sont les plus élevées. En cas d'indices larvaires importants, la zone fait l'objet de deux traitements chimiques par pulvérisation spatiale (à intervalle de 3-4 jours) et d'un passage d'une équipe à pied dans les habitations pour des actions de destruction mécanique de gîtes et d'éducation sanitaire.

L'action est également portée sur la diminution des stades aquatiques du vecteur en agissant sur les principaux gîtes larvaires productifs en continu (cimetières, ravines, bassins naturels...) ou temporaires (décharges, carcasses, chantiers...). Ceux-ci sont régulièrement prospectés et traités au besoin.

La stratégie repose également sur le traitement autour des cas d'arboviroses pour éviter localement la transmission des virus et l'apparition de cas secondaires. Cette action s'appuie sur un système de surveillance épidémiologique qui collecte les signaux en provenance des hôpitaux et des laboratoires d'analyses. Une cellule de veille sanitaire mise en place à la Direction régionale des affaires sanitaires et sociales (Drass) depuis décembre 2006 gère les signalements et les renvoie au service de LAV pour une intervention périefocale intégrée (enquêtes épidémiologique, traitements larvicide et imagocide dans un rayon de 50 m, recherche active de cas secondaires, éducation sanitaire).

La stratégie développe aussi dans toutes ses composantes une approche communautaire, visant à informer la population des mesures qu'elle peut mettre en œuvre à son niveau à partir de la méthode Combi (« communication pour agir sur les comportements – Organisation mondiale de la santé). Ainsi, chaque action de traitement est accompagnée de messages d'éducation sanitaire. De l'information plus générale est délivrée par média (radio, TV, Internet...) ou auprès de stands tenus lors d'événements particuliers. Des actions de sensibilisation dans les établissements scolaires ou les centres de loisirs sont menées très régulièrement. Depuis l'épidémie de chikungunya, la demande, par les

particuliers, de démositication suite à des nuisances s'est fortement accrue. De même, les entreprises et les administrations sont très demandeuses de conseils pour limiter la production de moustiques sur leurs sites. Le service de LAV a donc développé l'organisation d'une réponse à ces demandes, permettant ainsi de découvrir des gîtes productifs qui font par la suite l'objet d'un suivi.

Afin de coordonner les politiques publiques en matière de lutte contre les vecteurs, un groupement d'intérêt public « service de prophylaxie renforcé » (SPR) a été créé en octobre 2006. Il comprend l'État, ainsi que les collectivités territoriales et locales. Les actions menées au sein de cette structure bénéficient ainsi d'une meilleure visibilité pour la population, et leur efficacité est décuplée par la mise en commun de ressources humaines et matérielles.

Enfin, toutes les actions du service (interventions chez les particuliers, indices larvaires, enquêtes épidémiologiques, gîtes productifs, zones traitées...) sont géo-référencées par pointage GPS ou suivant la zone d'intervention, et saisies dans une base de données. Les informations sont analysées chaque semaine et servent à réorienter géographiquement les interventions, par mise en relation des signalements de nuisance, des densités larvaires observées, et de la localisation temporo-spatiale des cas d'arboviroses. Cet outil permet également une rétro information rapide des partenaires du SPR.

La mise en œuvre de cette stratégie rencontre cependant des contraintes liées à la plasticité écologique du vecteur, à sa forte adaptabilité au milieu urbain, mais aussi à la difficulté d'accéder aux jardins privatifs ne permettant pas le traitement exhaustif des zones.

La stratégie de lutte mise en place à la Réunion a l'avantage d'inclure une large partie de mobilisation sociale, ce qui contribue à une meilleure responsabilisation et action de la population face à un vecteur qui se développe essentiellement dans des gîtes larvaires anthropiques, en péri-domiciliaire. L'orientation prise de cibler au plus près les actions de traitements grâce à l'utilisation d'un outil géo-référencé a également conduit la LAV à réduire l'utilisation d'insecticides chimiques, ce qui était devenu une priorité pour des questions d'impact environnemental et de risque d'apparition de résistances chez les vecteurs. Le fait que les pouvoirs publics de la Réunion se coordonnent autour d'une même structure-référence constitue également un atout en termes d'efficience et de visibilité de l'action. Ce point sera primordial si l'île devait connaître un nouvel épisode épidémique majeur comme celui du chikungunya en 2006.

À Mayotte, la lutte soutenue contre les arboviroses et ses vecteurs est assez récente. Il convient de signaler que la priorité de la LAV était jusqu'alors la lutte contre le paludisme qui constitue une priorité de santé

publique sur l'île. L'épidémie de chikungunya en 2006, à l'instar de la Réunion, a été l'occasion de tourner le service de LAV vers la lutte contre les vecteurs urbains, et notamment *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*. Signalé pour la première fois sur l'île en 2001 (Girod), *Aedes albopictus* s'est, depuis, largement étendu sur toute l'île, notamment en milieu urbain où il investit peu à peu la niche écologique de *Aedes aegypti*.

Si la stratégie avant 2006 consistait essentiellement à communiquer en direction de la population pour l'inciter à détruire les gîtes larvaires anthropiques, l'action s'est étendue dès l'été austral 2006 à une campagne généralisée de traitement chimique (imagocide et larvicide en périodomiciliaire) commune par commune. Cette campagne, d'une durée de 4 mois pour deux passages sur l'ensemble des habitations de l'île, a nécessité le renfort de près de 150 vacataires.

L'approche communautaire a également été renforcée, par la mise en place d'un programme de mobilisation sociale et d'éducation sanitaire selon la méthode Combi. Trois changements de comportement ont été identifiés et ont fait l'objet de très larges campagnes de mobilisation : jeter à la poubelle les déchets, couvrir les réserves d'eau, vider les récipients qui contiennent inutilement de l'eau.

C'est très récemment qu'ont été identifiés à Mayotte une dizaine de cas humains de fièvre de la vallée du Rift, ainsi que des cheptels (bovins et petits ruminants) contaminés. Ce nouveau risque a conduit à développer des actions de lutte ciblées, notamment des prospections entomologiques et des captures de moustiques autour des cas et des cheptels contaminés, et des traitements préventifs en vue de limiter l'extension du virus.

La stratégie de lutte contre les vecteurs d'arboviroses devrait prochainement être revue pour intégrer notamment la lutte périefocale autour des cas signalés (la création d'une cellule de veille sanitaire chargée de collecter et de relayer les signaux est en cours) et développer la surveillance entomologique pour orienter les actions de lutte.

Bibliographie

DELATTE H., PAUPY C. *et al.*, 2008 - *Aedes albopictus*, vecteur des virus du chikungunya et de la dengue à la Réunion : biologie et contrôle. Parasite. 15 : 3-13.

D'ORTENZIO E., DEHECQ J. *et al.*, 2008 – Paludisme d'importation à la Réunion – 9^e journées nationales d'infectiologie, 4, 5 et 6 juin 2008, Marseille.

ELISSA N., KARCH S., 2005 - Re-emergence of *Anopheles funestus* and its possible effect on malaria transmission on Mayotte Island, Indian Ocean. *J Am Mosq Control Assoc*, 21(4):472-3.

GIROD R., SALVAN M. *et al.*, 1999 – Évaluation de la capacité vectorielle d'*Anopheles arabiensis* (Diptera : Culicidae) à l'île de la Réunion : une approche sanitaire liée au paludisme d'importation en zone d'éradication. *Bull Soc Pathol Exot*; 92 :203-9.

GIROD R. - First record of *Aedes albopictus* in Mayotte Island, Comoros archipelago.

LOOS S., QUATRESOUS I. *et al.*, 2006 – Situation épidémiologique du paludisme à Mayotte en 2003 et 2004 - BEH n° 32/2006. 29 août 2006.

PIERRE V., THIRIA J. *et al.*, 2005 - Épidémie de dengue 1 à la Réunion en 2004. Journées scientifiques de l'InVS. Paris ; 30-31 novembre 2005.

SISSOKO D., THIRIA J. *et al.*, 2006 – Surveillance du paludisme à la Réunion en 2003-2004 : tendances et perspectives d'actions – BEH n° 32/2006. 29 août 2006.

SOLET J. L., BALLEYDIER E. *et al.*, 2007 – Situation épidémiologique du paludisme à Mayotte, France en 2005 et 2006 – BEH n° 48-49/2007. 4 décembre 2007.

2.2. Contrôle de la nuisance en France métropolitaine

2.2.1. La Corse

La lutte antivectorielle concerne essentiellement les moustiques nuisants : *Culex* sp., *Aedes (Ochlerotatus) caspius*, *Aedes detritus*, *Aedes vexans* et *Aedes mariae*, et les vecteurs potentiels d'arbovirus (*Aedes albopictus*), ou de *Plasmodium* agent du paludisme (*Anopheles* du complexe *Maculipennis* dont *An. labranchiae*). À noter que *Aedes albopictus* a été signalé pour la première fois en Corse en 2006, et que la dernière épidémie de paludisme en Corse date de 1972 (avec un cas autochtone en 2006).

Haute-Corse : les actions se font dans le cadre de la surveillance et du contrôle des vecteurs de *Plasmodium* (identification et traitement des gîtes larvaires) et d'*Aedes albopictus* (traitements antilarvaires et adulticides).

Corse-du-Sud : près de 1 400 gîtes à anophèles sont suivis et traités, prioritairement en antilarvaire. Depuis l'apparition d'*Aedes albopictus* dans cette partie de l'île, l'activité du service est en train de se diversifier. Les moustiques de nuisance font également l'objet d'un contrôle, notamment au niveau des étangs.

Dans les deux cas (Haute-Corse et Corse-du-Sud), la lutte antivectorielle est à un tournant sur le plan stratégique et organisationnel, compte tenu de l'implantation récente d'*Aedes albopictus* et du transfert d'une partie du personnel au conseil général (Corse-du-Sud).

2.2.2. *Le continent*

Pour rappel, les principes d'organisation de la lutte contre les moustiques sont définis par la loi n° 64-1246 du 16 décembre 1964 modifiée par la loi n° 2004-809 du 13 août 2004. Trois cas de figures peuvent justifier des actions de lutte contre les moustiques (cf. encadré ci-dessous).

1) le constat de l'existence de conditions entraînant le développement de maladies humaines transmises par l'intermédiaire d'insectes conformément à l'article L. 1314-5 du Code de la santé publique (lutte antivectorielle) ;

2) les départements où les moustiques constituent une menace pour la santé de la population (liste arrêtée par les ministères de la Santé et de l'Écologie) ;

3) en cas de besoin, dans les départements dont les conseils généraux le demandent (lutte contre les « insectes nuisants » ou lutte dit « de confort »).

La loi du 13 août 2004 relative aux responsabilités locales a procédé à la décentralisation totale de la lutte contre les moustiques et ce, quelle qu'en soit la justification (contre les nuisances ou contre les maladies). La mise en œuvre des actions de lutte est désormais confiée aux conseils généraux.

Toutefois, la loi n° 64-1246, modifiée par le décret n° 2005-1763, stipule que les « zones de lutte contre les moustiques sont délimitées par arrêté préfectoral pris après avis du Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques » (Coderst). En outre, conformément à l'article 1^{er} du décret 65-1046 du 1^{er} décembre 1965 modifié, cet arrêté préfectoral délimitant une ou plusieurs zones de lutte contre les moustiques :

- énumère les communes intéressées par les mesures prescrites ;
- définit les opérations à entreprendre ;
- fixe la date de début de ces opérations ;
- et, en tant que de besoin, décrit les procédés à utiliser en tenant compte de leurs effets sur la faune, la flore, et les milieux naturels.

À l'intérieur de ces zones, les services du conseil général sont autorisés à procéder d'office aux prospections, traitements, travaux et contrôles nécessaires à cette action. Le conseil général peut confier la réalisation de ces opérations à un organisme de droit public.

Dans les départements en lutte antivectorielle, la définition des mesures nécessaires relève de la compétence de l'État. L'article R. 3114-9 du Code de la santé publique détermine la nature des mesures susceptibles d'être prises par le préfet pour faire obstacles à ce risque.

Les plans *West Nile* et *chikungunya* de la DGS entre dans ces cas de figures.

Circulaire interministérielle DGS/RI1/DNP/DGAI n° 2008-253 du 9 juillet 2008, relative aux mesures visant à limiter la circulation du virus *West Nile* en France métropolitaine

Et

Circulaire DGS/DUS/RI1/2008/138 du 17 avril 2008, relative aux modalités de mise en oeuvre du plan antidissémination du *chikungunya* et de la dengue en métropole.

Les opérations de contrôle des moustiques nuisants confiés aux opérateurs publics de démoustication (les EID) sont optimisées par rapport à une triple contrainte d'efficacité, de moindre impact environnemental et de coût, en intégrant la panoplie des moyens disponibles et autorisés en matière de gestion des biotopes et d'utilisation d'insecticides appropriés.

La déclinaison opérationnelle de cette mission évolue donc en permanence puisqu'elle doit s'adapter au contexte réglementaire, environnemental et socio-économique du moment. À titre d'exemple, citons les évolutions récentes en matière d'utilisation de biocides, qui ont des répercussions à la fois d'ordre technique (procédures de traitement adaptées selon les produits), sociétal (appréhension de la nuisance par les populations concernées) et financier (le coût est fonction du ou des produits utilisés).

Un ensemble de modes opératoires permet d'obtenir une stratégie de lutte efficace, ciblée et sélective (spatialement et temporellement), tout en limitant les effets potentiels sur l'environnement.

Si la stratégie de lutte, en milieu rural comme en milieu urbain, est prioritairement basée sur un contrôle antilarvaire, en raison d'un meilleur *ciblage*. Ce choix *par principe* permet en effet une identification précise des espèces à cibler, contours de surfaces à traiter bien définis dans l'espace et le temps, meilleure sélectivité des insecticides et donc diminution de l'impact. Intervenir exclusivement sur le stade adulte reviendrait à multiplier considérablement la fréquence des traitements et les superficies avec une efficacité nettement moindre et des effets sévères sur la faune non

cible. Toutefois, l'utilisation ponctuelle, localisée et raisonnée d'adulticides, malgré son caractère exceptionnel, fait également partie intégrante de toute stratégie antilarvaire.

Par ailleurs, le contrôle ne porte pas sur toutes les espèces de moustiques, mais seulement les plus nuisantes.

Ainsi, sur les 105 espèces de moustiques régulièrement présentes en France, en Méditerranée, seules trois espèces sont à l'origine des principales nuisances causées envers l'Homme et justifiant une intervention : deux espèces sont inféodées aux milieux naturels à submersion temporaires : *Aedes (Ochlerotatus) caspius* et *Aedes (Oc.) detritus*, qui représentent l'essentiel des actions de lutte, et une espèce, commensale de l'Homme, est présente en milieu urbain : *Culex pipiens molestus*. D'autres espèces sont également source de nuisances plus ou moins fortes, locales ou saisonnières et font l'objet de contrôle spécifique par les trois EID : *Aedes rusticus*, *Aedes cantans*, *Aedes annulipes*, *Aedes cinereus*, *Aedes sticticus*, *Aedes vexans*, *Aedes cataphylla*, *Aedes pullatus*, *Aedes punctor*, *Anopheles maculipennis*, *An. hyrcanus*, *An. plumbeus*, *Coquillettidia buxtonii*, *Cq. richiardi*, *Culiseta annulata*, *Cs. morsitans*. Depuis peu, *Aedes albopictus* fait également l'objet de contrôle à la demande, ou dans le cadre du plan antidissémination du chikungunya et de la dengue en métropole, en plus de la surveillance de sa distribution.

Trois espèces nuisantes en Méditerranée

• *Aedes (Oc.) caspius* et *Aedes (Oc.) detritus*, espèces halophiles inféodées aux milieux naturels humides saumâtres semi-temporaires : les moustiques de ces deux espèces, particulièrement bien adaptés au climat méditerranéen, déposent leurs œufs directement sur le sol dans les zones marécageuses halophiles ou semi-halophiles, parfois rassemblés par dizaines de milliers au mètre carré, où les éclosions sont provoquées par les submersions qui ont lieu entre mars et octobre, pour le premier, et en hiver, pour le deuxième. En l'absence de mise en eau, les œufs restent viables plusieurs années.

Chaque mise en eau (précipitations, « coups de mer » ou submersions artificielles) de la zone de ponte génère ainsi l'apparition simultanée d'une multitude de larves dont le développement aquatique est accompli en moins d'une semaine, en été.

Après l'émergence, la dispersion des femelles en quête d'un repas sanguin peut atteindre, selon les conditions climatiques et la période de l'année, 15 à 20 et parfois 40 km en quelques jours. Cette propagation, favorisée par les vents de mer faibles et humides, gagne des zones humides situées à proximité d'agglomérations et à l'intérieur des terres en suivant

préférentiellement la répartition des gîtes de repos (zones boisées, cultures à fort couvert végétal, etc.).

Du fait du synchronisme des émergences et de leur caractère aléatoire, la nuisance est généralement discontinuée dans le temps. Elle s'exprime toujours brutalement, essentiellement à l'aube et au crépuscule, à l'extérieur des habitations. Elle sévit également en plein jour, ainsi qu'à l'intérieur, lors des plus fortes éclosions.

La gestion hydraulique des milieux naturels a donc des répercussions importantes sur les éclosions : si, par exemple, la préservation et la restauration des cordons dunaires, qui évitent les entrées d'eau de mer dans les dépressions d'arrière-dune, réduisent d'autant les opportunités d'éclosions, à l'inverse, les irrigations pratiquées dans les prés salés et les marais temporaires constituent un facteur augmentant considérablement les éclosions dans de nombreux secteurs. Il faut préciser que la fréquence et le nombre d'irrigations est en constante croissance.

- En milieu urbain, *Culex pipiens molestus* colonise les eaux stagnantes domestiques et les eaux usées (bidons, bassins, bouches d'égout pluviales, etc.). Il pique la nuit, à proximité immédiate des gîtes larvaires, essentiellement à l'intérieur des habitations. Cette espèce, présente dans toutes les agglomérations, est à l'origine de phénomènes de nuisance localisés, contrairement à la nuisance potentielle des *Aedes* qui peuvent investir en masse les zones habitées depuis leurs gîtes littoraux. Les actions de communication et de sensibilisation tout comme certaines interventions physiques – par exemple, en évitant la présence d'eaux stagnantes (curage régulier, clapet antiretours...) ou encore en rendant inaccessibles les sites potentiels de ponte (grillage) – peuvent limiter sensiblement, par leur action préventive, les traitements.

La stratégie de lutte antilarvaire repose sur une parfaite connaissance de la biologie des espèces cibles et des milieux auxquels elles sont inféodées, ainsi que sur des modes opératoires adaptés à l'ensemble de ces caractéristiques et prenant en compte les contraintes diverses du moment (réglementaires, techniques, financières, sociales, etc.).

La stratégie s'appuie sur un processus d'intervention par étapes successives déclinées ci-après et s'appuyant sur autant d'outils spécifiques.

2.2.2.1. CARTOGRAPHIE DES BIOTOPES LARVAIRES A MOUSTIQUES ET DES POTENTIALITES D'ECLOSIONS

Cette cartographie, élaborée à une échelle très fine et dont la méthodologie et la typologie pour les milieux naturels et urbains ont été définies par l'EID Méditerranée (et validées dans les années 1960), est un

outil indispensable, garant du savoir-faire de l'opérateur. Elle a pour objectif d'identifier, de caractériser et de cartographier les habitats larvaires à moustiques et permet l'extrapolation et la définition des zones de fonctionnement probable. Cet outil dynamique (mise à jour régulière de l'information sur carte numérisée et recours aux fonctionnalités d'un SIG) permet ainsi d'effectuer une prospection de qualité et de décider de contours de traitements précis.

En milieu naturel, les sites de reproduction sont identifiés et recensés en utilisant les corrélations « milieu-moustique-végétation » établies par l'opérateur pour les zones humides de sa zone d'action. La cartographie est constituée d'éléments botaniques, de repères topographiques utiles et de renseignements concernant les origines et les moyens de mises en eau (réseau hydraulique, unités de mise en eau...). La végétation, utilisée alors comme indicateur, permet d'identifier des habitats spécifiques appelés « niveaux écologiques ». Les relevés sont effectués directement, lors d'observations sur le terrain, à l'aide de photos aériennes récentes et à l'échelle du 1/5 000^e. La cartographie écologique permet, aux agents qui la réalisent et qui vont ensuite assurer la lutte, d'appréhender le fonctionnement des milieux naturels sur lesquels ils vont intervenir. Il s'agit ainsi d'un véritable outil de formation, de diagnostic, de gestion et de communication pour mener à bien la lutte intégrée contre les moustiques nuisants.

En milieu urbain, les gîtes pérennes et/ou à fort potentiel de production du domaine public (réseaux d'avaloirs pluviaux, lagunages, fossés, etc.) et du domaine privé (vides sanitaires inondés) font l'objet de recensements systématiques qui peuvent donner lieu à des cartographies spécifiques. Les gîtes urbains occasionnels et intradomiciliaires sont dépistés à la suite de demandes d'intervention motivées (via un numéro Vert) par de petites nuisances ponctuelles de *Culex pipiens* ou suscitées par la diffusion d'informations (scolaires, journaux municipaux, etc.).

2.2.2.2. LA PROSPECTION OU PHASE D'OBSERVATION DES VARIATIONS DE NIVEAUX D'EAU ET D'IDENTIFICATION DES ECLOSIONS

Cette étape a pour but le repérage des zones à traiter et la délimitation des contours de traitements, à partir des mises en eau identifiées sur les habitats larvaires. Elle s'appuie donc sur la cartographie des biotopes larvaires et des fonctionnalités d'éclosions. Le principe consiste à surveiller étroitement les évolutions des immersions des biotopes larvaires synonymes de l'apparition et de l'évolution des larves aquatiques. Afin de garantir la plus grande efficacité, les traitements doivent en effet se situer le plus en amont possible, autant que faire se peut dès l'apparition du premier stade larvaire (meilleure efficacité du produit et limitation du risque

d'impact sur la faune non cible, qui n'apparaît que dans un deuxième temps dans le cas des milieux à submersion temporaire (espèces halophiles). Les biotopes potentiels de chaque zone humide ou secteur urbain font ainsi l'objet d'observations de terrain répétées, à des rythmes extrêmement variables (le plus souvent quotidiens), directement liés aux espèces pressenties, aux phénomènes météorologiques (précipitations, « coups de mer »), à l'évolution des conditions de milieu et à toutes les interventions humaines dans la gestion des eaux (irrigations, création de nouveaux gîtes, etc.). En milieu naturel, les prospections sont réalisées à l'aide de plateau (par *dipping*) ou d'un filet (de type Langeron), par traits successifs d'environ 0,50 m, et en milieu urbain, par échantillonnage à la louche. Les points de prélèvements sont choisis par la connaissance empirique du secteur et du comportement de l'espèce visée (tropisme, comportement plus ou moins agrégatif). Les espèces sont systématiquement identifiées, les stades larvaires dominants et la densité larvaire enregistrés.

Cette phase, qui garantit la précision ultérieure des traitements, représente en général plus de 60 % du temps des agents et nécessite de leur part une connaissance très précise des secteurs qui leur sont confiés, tant en termes de dynamique des milieux que d'accessibilité à ces milieux. Elle est le garant d'une démoustication ciblée limitant les éventuels impacts sur l'environnement.

2.2.2.3. LA DECISION D'INTERVENTION ET LE CHOIX DU TYPE D'INTERVENTION

Au vu des résultats des prospections, le type d'intervention (physique, biocide), et le cas échéant, les modalités de traitement sont décidées à partir d'enjeux spécifiques, au cas par cas. La décision d'intervention prend notamment en compte les éléments suivants :

- la mise en eau des habitats larvaires fonctionnels ;
- le stade de développement larvaire, qui détermine le temps disponible pour réaliser l'intervention ;
- la densité larvaire qui peut orienter les priorités entre les différents gîtes à traiter ;
- la probabilité d'éclosions continues dans le même gîte (par exemple : montée progressive des eaux par irrigations) qui peut, dans une certaine mesure, inciter à reporter autant que possible le traitement, mais en prenant garde de ne pas atteindre un stade de développement larvaire trop avancé qui peut être facteur d'échec plus ou moins important d'un traitement antilarvaire à base de *Bti* ;
- le contexte météorologique qui peut s'avérer favorable, par exemple, en cas de fort vent de terre, en provoquant un assec naturel des

gîtes avant l'émergence des moustiques adultes, ou au contraire rendre impossible toute intervention par voie aérienne ;

- la disponibilité des moyens d'intervention, notamment en fonction des superficies concernées, l'accessibilité du gîte (propriétaire récalcitrant, période de chasse, occupation humaine...);

- la distance entre le gîte et la zone à protéger : les adultes d'*Aedes (Ochlerotatus) caspius* et *Aedes (Oc.) detritus*, dont la capacité de dispersion peut atteindre 15 à 20 km, voire parfois 40 km en quelques jours, selon les conditions climatiques et la période de l'année, sont ainsi contrôlés sur l'ensemble de la zone d'action de l'EID Méditerranée ; ceux d'*Anopheles*, peu mobiles, ne le sont pas systématiquement ;

- les résultats attendus par rapport à la sensibilité des populations humaines, au niveau d'activités sociales et économiques, à la période de l'année, etc. ;

- le niveau de protection réglementaire des sites et les risques d'impacts sur l'environnement.

C'est donc cet ensemble d'éléments qui guide les modalités du traitement et notamment le choix du type de traitement le plus approprié (par voie terrestre ou aérienne).

D'autres moyens d'actions sont par ailleurs possibles, mais font davantage partie du domaine de la gestion et de la prévention :

- des travaux peuvent être entrepris qui permettent par l'entretien ou la rénovation des marais de supprimer les gîtes larvaires (lutte physique réalisée par les EID en façade atlantique et dans la région Rhône-Alpes) ;

- la réhabilitation des cordons dunaires contribue à restreindre les mises en eau des marais par entrées marines (mission de réfection dans les attributions de l'EID Méditerranée) ;

- la gestion de l'eau au quotidien dans ces marais permet de réduire le rythme des éclosions larvaires et d'éviter l'évolution des milieux en biotopes à moustiques.

2.2.2.4. LES OPERATIONS DE TRAITEMENT PROPREMENT DITES

Le choix du mode de traitement, par voie terrestre ou aérienne, dépend principalement des superficies à traiter :

Les traitements terrestres sont réalisés de différentes manières : Sur les petits parcellaires, en application manuelle à l'aide de pulvérisateur à dos voire en épandage à la volée dans le cas de granulés Le recours au traitement mécanisé à l'aide d'engins adaptés (Quad, chenillés amphibies ou non, 4x4) est envisagé selon la taille et la configuration du gîte (plein champ, fossés) (en 2007 : EID Atlantique 5 500 ha, EID Rhône-Alpes 2 200 ha, EID Méditerranée : 8 037 ha). Les traitements terrestres ont

globalement une efficacité satisfaisante avec le *Bti* mais il faut néanmoins prendre en compte les contraintes particulières du terrain (fermeture naturelle ou artificielle des voies d'accès, notamment), qui peuvent en limiter l'emploi. Dans le cas des traitements périurbains (fossés d'eaux usées, bouches d'égouts, bassins de lagunage de station d'épuration, etc.), il est impératif d'atteindre une bonne efficacité globale, celle du *Bti* est généralement suffisante, mais souffre d'un manque de persistance.

Les traitements aériens permettent de gérer des superficies nettement plus importantes (> 50 – 1 000 ha/jour). dans des délais courts de l'ordre de 12 à 24 h. En Languedoc-Roussillon, 31 932 ha soit 75 % du total des interventions ont été traités en 2007 au moyen d'aéronefs à voilure fixe (biplan Grumman AgCat, 1 000 l d'emport, monoplane Piper Brave PA36, 800 l d'emport). La même année, sur la façade atlantique et en Rhône-Alpes, des épandages aériens ont été réalisés par hélicoptère sur 1 500 et 1 830 ha respectivement. Certaines contraintes (vents, proximité de zones urbanisées, couvert arboré important, parcelles de petites tailles ou très découpées...) ne permettent pas de recourir aux traitements aériens. L'EID Méditerranée dispose d'une station d'approvisionnement (aérodrome de Candillargues, Hérault) et d'une flotte d'avions (6 avions depuis 2007). Un système de positionnement par satellite (DGPS) permet d'enregistrer la trace des vols et les andains de traitement. L'EID Méditerranée informe préalablement le service régional de la protection des végétaux (SRPV 34) de la réalisation de ses traitements aériens, en spécifiant à chaque fois les communes concernées, la superficie, le produit utilisé et son dosage.

Les produits biocides utilisés pour la démoustication en milieu naturel ont, par le passé, fait l'objet d'une autorisation du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, au titre de l'article L. 253-1 du Code rural. La loi d'orientation agricole n° 2006-11 du 5 janvier 2006, entrée en vigueur au 1^{er} juillet 2006, redéfinit les produits autorisés par le ministère de l'Agriculture au titre de l'article L. 253-1 du Code rural, en les limitant aux seuls produits phytopharmaceutiques. Ainsi, les produits de lutte contre les moustiques en milieu naturel, qu'ils soient destinés à la lutte contre les gîtes larvaires ou qu'ils aient une action adulticide, ne sont pas soumis à une autorisation du ministère de l'Agriculture, mais à celle du ministère de l'Écologie, de l'Énergie du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire au titre de la réglementation biocides (directive 98/8/CE). Seuls les produits dont l'efficacité est prouvée et qui ne présentent pas de risques inacceptables pour l'homme et son environnement pourront être mis sur le marché à l'avenir. Pour faire face notamment à la problématique de la disparition du téméphos, un des larvicides utilisés jusqu'alors, le Meeddat a établi la circulaire DPPR/DGS/DGT du 21 juin 2007, pour clarifier l'utilisation de produits insecticides pour lutter contre les moustiques. Celle-ci présente les principes de la lutte, le contexte réglementaire toujours en

phase transitoire, les conditions d'utilisation et les produits applicables pour lutter contre les moustiques. À ce jour, aucune substance active biocide n'a reçu une autorisation de mise sur le marché en France. *De facto*, seuls les produits contenant des substances actives notifiées pour le type de produit biocide 18 « Insecticides, acaricides et produits utilisés pour lutter contre les autres arthropodes » peuvent être mis sur le marché pour cet usage. La circulaire citée ci-dessus présente les méthodes relatives à la lutte contre les moustiques et notamment l'utilisation de produits insecticides dans ce cadre.

À l'échelle opérationnelle, seul le *Bti* (sous son appellation commerciale VectoBac®, conditionné sous différentes formulations SC, WG, GR, TB), ayant fait l'objet d'une notification par son fabricant (Valent BioSciences Corp., Sumitomo), est utilisé comme larvicide depuis l'application de la directive européenne 98/8/CE. Ce bio-insecticide, très sélectif à l'égard de la faune non cible, agit par ingestion sur les larves de Culicidés. La conjonction de certains facteurs (températures basses, couvert végétal dense, hauteurs d'eau très faibles ou très importantes, présence de larves à des stades avancés ou de nymphes) pouvant interférer sur la capacité d'ingestion des larves, des pertes d'efficacité peuvent survenir dans le temps et dans l'espace. Selon les lieux et périodes de l'année concernés, celles-ci peuvent avoir un retentissement très négatif sur le cadre de vie des populations autochtones, le tourisme et les activités socio-économiques et, *in fine*, sur l'image de la région. Les seules substances actives adulticides utilisées en zone naturelle sont le fénitrothion (Paluthion®CE, 500 g fénitrothion/l, EC de la société SPCI), qui sera retiré du marché fin 2009. En milieu urbain non confiné ou en périphéries urbaines, la deltaméthrine, associée à l'esbiothrine (K-Othrine® 15/5 ULV de Bayer Environmental Science, ou Cérathrine® ULV 161 de SPCI, à base de 15 g deltaméthrine + 5 g esbiothrine/l, UL) ou seule (Aqua K-Othrine, 20 g/l, EW, Bayer Environmental Science) sont utilisées par les opérateurs publics. La réglementation en vigueur interdit leur utilisation directement sur les plans d'eau.

2.2.2.5. LE CONTROLE DE L'EFFICACITE APRES TRAITEMENT

En fonction du délai passé depuis l'éclosion, le contrôle après traitement consiste dans un premier temps à effectuer à nouveau des prospections puis, dans un second temps, à réaliser des captures d'adultes. Cette nouvelle prospection permet d'évaluer l'efficacité du traitement, de valider ou d'infirmer pour les épisodes suivants les choix et extrapolations faits en première intention et d'envisager d'éventuelles reprises terrestres ou aériennes. Le contrôle par captures d'adultes, ou « l'évaluation des résultats en termes de nuisance résiduelle », a pour but de vérifier la présence éventuelle d'adultes piqueurs après le traitement initial et les reprises éventuelles effectuées. Réalisés sur la base de piégeage sur appât humain

(méthode de capture normalisée) ou de pièges à CO₂ et à un pas de temps régulier, ces contrôles permettent de mesurer le niveau de nuisance dans l'espace et dans le temps. Les résultats des contrôles après traitements peuvent conduire à :

– d'éventuelles reprises de traitements antilarvaires : elles interviennent sur les secteurs où l'efficacité du premier traitement a été insuffisante, à partir des résultats du suivi de la mortalité. Comme c'est le cas pour les traitements initiaux, les moyens à mettre en œuvre dépendent des particularités locales et sont décidés au cas par cas ;

– un recours ultime aux traitements adulticides, pratiqués dans des cas particuliers : l'utilisation d'adulticides peut en effet être décidée lorsque les traitements antilarvaires réalisés n'ont pas atteint l'efficacité souhaitée par rapport aux attentes socio-économiques, ou sur des secteurs subissant l'invasion de moustiques provenant de zones non démoustiquées. En effet, l'émergence d'adultes sur certains gîtes, même de faible superficie, peut dans certains cas (en particulier à proximité des zones urbanisées) réduire considérablement l'efficacité d'ensemble du dispositif de démoustication.

3. Maladies vectorielles et lutte en santé vétérinaire

3.1. Dans les départements français d'Amérique (DFA)

Les principales maladies vectorielles animales dans les DFA sont les maladies transmises par les tiques. *Amblyomma variegatum*, tique d'origine africaine, a été importée dans certaines îles de la Caraïbe il y a environ 200 ans avec du bétail en provenance d'Afrique (commerce triangulaire). La Guadeloupe est fortement infestée, avec une date d'introduction ancienne : 40 % des élevages et 20 % des animaux infestés sur les îles principales, 75 % des élevages et 40 % des animaux infestés à Marie-Galante. Alors qu'Antigua et la Martinique (uniquement le sud) sont faiblement infestées à cause d'une date d'introduction supposée plus tardive (il y a 50 ans). *Amblyomma variegatum* transmet la cowdriose en Guadeloupe, à Marie-Galante et à Antigua, alors que la Martinique est indemne. Partout où elle est présente, elle est responsable de dermatophilose (infection des plaies laissées après morsure de tique). Dans les trois DFA, les babésioses et l'anaplasmose est intensément transmise par *Boophilus microplus*. Par exemple, une étude menée par le Cirad entre 1991 et 1992 une séroprévalence de 60 % pour l'anaplasmose et de 60 à 70 % pour la babésiose en Guyane.

De plus, plusieurs sérotypes de FCO sont transmis intensément dans les 3 DFA (100 % d'animaux séropositifs (100 prélèvements dans 7 exploitations) en Guyane en 2004), sans qu'il n'existe réellement de conséquences cliniques importantes. Enfin, en Guyane, on note la présence importante de trypanosomose à *Trypanosoma vivax* (séroprévalence de 22 % en Guyane, enquête Cirad de 1996) transmis mécaniquement par stomoxes et tabanidés.

3.1.1. La lutte antivectorielle dans les DFA

En Guyane, il n'existe pas de GDS, et les services vétérinaires départementaux, qui fournissaient des soins gratuits aux éleveurs, ont été fermés en juillet 2007, alors que le secteur vétérinaire privé est tourné exclusivement vers la médecine des animaux de compagnie. Il n'existe donc pas de lutte antivectorielle organisée en Guyane. En l'absence d'une base juridique pour imposer un traitement insecticide des animaux importés en provenance de zones infestées par *Amblyomma variegatum*, les mesures de contrôle aux frontières se limitent à une sensibilisation des éleveurs par la DDSV pour dissuader les importations d'animaux de zones infestées.

En parallèle du *Caribbean Amblyomma Program* (cf. « Bref aperçu des méthodes de lutte antivectorielle »), un programme Poseidom a été initié par l'État, représenté par les DDSV, en association avec le Cirad pour l'expertise scientifique et avec les GDS pour la partie opérationnelle, dans les départements de Guadeloupe et de Martinique, pour lutter contre les maladies transmises par les tiques. La stratégie envisagée est un traitement épicutané du bétail réalisé tous les 15 jours par des équipes des GDS d'abord à l'amitraz (acaricide), puis à la fluméthrine (pyréthrianoïde) à partir de 2000. Les traitements ne sont pas gratuits (contrairement au CAP), mais fortement subventionnés par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche et par des fonds européens. Des arrêtés préfectoraux rendent obligatoires ces mesures. De plus, en Martinique, les élevages sont classés selon leur statut vis-à-vis de la présence d'*Amblyomma variegatum* : infesté, voisin d'un élevage infesté, indemne. Il est à noter que depuis 2003, suite à des problèmes politiques au sein du GDS de la Guadeloupe, les programmes de lutte ont été fortement réduits. De plus, l'élevage dans ces départements – élevage familial avec de nombreux bovins élevés au piquet – rend impossible la couverture de l'ensemble des bovins par les traitements.

Si la stratégie retenue, traitement épicutané du bétail, a été démontrée efficace pour la lutte contre les maladies transmises par les tiques (élimination d'*Amblyomma variegatum* de certaines îles de la Caraïbe dans le cadre du CAP), sa mise en œuvre se heurte à : 1) une infestation extrêmement forte dans certaines zones, en particulier Guadeloupe ; 2) le type d'élevage dans ces départements (bovins au piquet) ; et 3) les problèmes d'organisation des GDS en particulier en Guadeloupe.

3.2. Sur l'île de la Réunion

Les hémoparasitoses des bovins représentent à la Réunion le principal problème en santé animale (4^e cause de mortalité en 2004, taux de mortalité estimé entre 14 et 19 % jusqu'en 2004, 12 % en 2005 et 11 % en 2006). Ce sont les babésioses (*Babesia bigemina* et *Babesia bovis* transmise par *Boophilus microplus*), l'anaplasmose (*Anaplasma marginale* transmise par *B. microplus* ou par des stomoxes *Stomoxys calcitrans* et *Stomoxys niger niger*), la cowdriose (*Cowdria ruminantium* transmise par *Amblyomma variegatum*). On peut noter la présence sur l'île de la Réunion d'une transmission de plusieurs sérotypes de FCO, sans que des conséquences cliniques soient enregistrées.

En 1994, a été initié le programme Piseidom, financé par l'État, la collectivité territoriale compétente pour l'agriculture (la région, puis le département) et la Commission européenne, qui a pour but une lutte contre les vecteurs de ces hémoparasitoses. Ce programme a été mis en œuvre à la Réunion par le groupement régional de défense sanitaire du bétail de la Réunion (GRDSBR). Initialement, il consistait en une distribution gratuite de deltaméthrine en *pour-on* par les cliniques vétérinaires. En 1996, ce programme a évolué pour diversifier les offres de lutte. La lutte proposée contre les stomoxes associe lutte biologique (lâchers de parasitoïdes), mécanique (piège Vavoua, fil à colle), chimique (essentiellement pyréthriinoïdes), environnementale (élimination, bâchage ou traitement des effluents, élimination des sites de repos composés de cannes fourragères mais surtout d'arbustes...), celle contre les tiques *Boophilus* associe traitement chimique (pyréthriinoïdes) et lutte environnementale (élimination ou mise en défend des lieux de vie de la tique en phase libre), et celle contre les tiques *Amblyomma* se repose uniquement sur le traitement chimique (tique polytrophe dispersée dans l'environnement). À partir de 2002, un contrat d'engagement est signé avec les éleveurs décidant de rejoindre le programme qui propose une aide technique (conseils, prestations...) et financière (subvention directe). De plus, des études sur l'écologie et la biologie des stomoxes de la Réunion ont été menées dans le cadre d'une thèse d'université soutenue en 2006 (J. Gilles, Cefe, financement Région et Cirad).

L'évaluation a été réalisée sur la base de suivi des résultats d'autopsie par un réseau d'épidémiologie-surveillance et d'analyses sérologiques (données disponibles pour *Babesia bigemina* et *Anaplasma marginale*). En comparant les résultats en 1994, 2004, 2005 et 2006, on constate que la séroprévalence entre 1994 et 2006 n'a que faiblement diminué pour la babésiose et a augmenté pour l'anaplasmose, avec des fortes variations interannuelles (augmentation de la séroprévalence entre 2004 et 2005 pour l'anaplasmose, et diminution entre 2005 et 2006 pour les 2 pathogènes et

pour toutes les classes d'âge). Cette relative absence de résultats pourrait s'expliquer par une diminution des abondances insuffisante pour briser les cycles de transmission.

La lutte antivectorielle dans ce département a souffert d'une insuffisance de recherche entomologique pour mieux connaître la biologie des vecteurs avant le démarrage de la lutte, de manière à proposer des outils innovants, efficaces et évalués.

3.3. En France métropolitaine

La principale maladie vectorielle touchant actuellement la France métropolitaine est la fièvre catarrhale ovine (FCO). Entre 2000 et 2004, la seule partie du territoire concernée par la FCO était la Corse, où se succédèrent les sérotypes 2, 4 et 16, après que la présence de *Culicoides imicola*, le principal vecteur du virus de la FCO dans l'Ancien Monde, a été confirmée (Delécolle, de la Rocque, 2002). La transmission du virus de la FCO en Corse, comme dans le reste du bassin méditerranéen, est associée à la remontée nord de la limite de distribution de *C. imicola*, potentiellement liée au changement des écosystèmes méditerranéens qui deviennent favorables à cette espèce suite à une augmentation globale des températures (Purse *et al.*, 2005), même si la transmission de ces virus par des espèces européennes autochtones avait été mise en évidence. À partir de 2006, l'Europe du Nord connaît pour la première fois une épizootie de FCO. Le sérotype 8, qui n'était pas présent dans le bassin méditerranéen, est introduit en Belgique, et se répand rapidement à de nombreux pays européens. Fin 2008, les deux tiers nord du territoire français sont concernés. De plus, fin 2007, le sérotype 1 est introduit dans le Pays basque espagnol et français. Il s'étend en 2008 pour concerner le quart sud-ouest de la France. Ces épisodes montrent indiscutablement que les espèces de *Culicoides* européens sont capables de transmettre intensément le virus de la FCO. La FCO entraîne des pertes économiques directes (mortalité chez les ovins principalement, coût des traitements, chute de production lactée, avortements et problèmes de reproduction), mais surtout indirectes liées aux entraves à l'exportation.

En dehors de la FCO, on peut citer, comme maladies d'importance vétérinaire en France, les maladies à tiques, en particulier la piroplasmose, et la besnoïdiose, maladie habituellement limitée à certaines zones de l'Ariège, qui est actuellement en expansion en particulier dans la région Paca. Il faut signaler aussi le premier foyer de *surra* (trypanosomose à *Trypanosoma evansi*) sur le continent européen dans un troupeau de dromadaires aveyronnais en octobre 2006, montrant la possible importation de ce pathogène. Enfin, un cas de nuisance importante à simulies a été décrit

dans l'Hérault (région de Lodève), avec notamment des chutes de production lactée. L'EID Méditerranée n'a pas pu intervenir pour des raisons essentiellement réglementaires. En effet, toute intervention de traitement spécifique de ce type doit, comme signalé ci-dessus, être autorisée au préalable par arrêté préfectoral, suite à un passage devant le Coderst (avec notamment implication et avis de la Diren, de la DDAF et du CSP). Pour émettre son avis, le Coderst prendra en compte le fait que le ruisseau en question présente une biodiversité très élevée (classé en 1^{re} catégorie). Si ces cas sont exceptionnels, la nuisance peut être telle qu'elle pousse les exploitants à déménager en l'absence de la possibilité de mener une lutte antisimulie.

3.3.1. Lutte antivectorielle contre la FCO

La directive européenne 2000/75, transposée en droit national par l'arrêté ministériel du 24 août 2001 (remplacé par celui du 1^{er} avril 2008), impose en cas de suspicion ou de confirmation d'un foyer : 1) le confinement des animaux à l'intérieur aux heures d'activité des vecteurs ; et 2) le traitement régulier des animaux à l'aide d'insecticides. De plus, le règlement européen 1266/2007 définit des dérogations à l'autorisation à l'exportation si les animaux sont « protégés des attaques du vecteur *Culicoides* » pendant leur transport, et pendant un certain nombre de jours avant leur déplacement. La France traduit cette sibylline protection contre les vecteurs par le traitement insecticide épicutané des animaux (note de service DGAL/SDSPA/N2007-8276).

En Corse, le produit (solution *pour-on* de deltaméthrine) est disponible gratuitement par le biais des antennes des Groupements de défense sanitaire (GDS), préconisé toutes les 6 semaines d'avril à novembre et appliqué par les éleveurs. Sur le continent, aucune mesure de ce type n'a été mise en place, et l'achat des insecticides reste à la charge des éleveurs. Une enquête réalisée par la Fédération nationale des GDS a montré que peu d'éleveurs du nord de la France avaient traité leurs animaux en 2007.

L'utilisation d'insecticides épicutanés à base de pyréthrinoïdes dans la lutte contre les *Culicoides* est basée sur les constats suivants : 1) étant données l'absence de connaissances précises sur les espèces de *Culicoides* impliquées dans la transmission, l'absence de l'identification et de la difficulté de traitement des gîtes larvaires, l'utilisation d'insecticide sur les animaux reste le principal moyen d'atteindre les vecteurs dans un but de protection animale et de diminution de la transmission ; et 2) étant donnée l'absence de produits homologués pour la lutte contre les *Culicoides*, les produits à base de pyréthrinoïdes (possédant une AMM) peuvent être utilisés par défaut (Avis Afssa du 13 septembre 2007).

Le traitement est laissé à la responsabilité des éleveurs, même si il est théoriquement rendu obligatoire par la réglementation. L'adhésion à ces programmes de lutte antivectorielle est rendue difficile par : 1) l'absence de certitude sur l'efficacité des produits disponibles ; et 2) la méfiance des éleveurs vis-à-vis des conséquences néfastes des insecticides (principalement sur la reproduction des animaux). De plus, cette adhésion varie selon les départements en fonction de la conviction des GDS de l'utilité ou de la nocivité des insecticides.

Bibliographie

ALLSOPP R. 2001 - Options for vector control against trypanosomiasis in Africa. *Trends Parasitol*, 17 (1): 15-9. (Jan). http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11137735

BAUER B., AMSLER-DELAFOSSÉ S. *et al.*, 1995 - Successful application of deltamethrin pour on to cattle in a campaign tsetse flies (*Glossina* spp.) in the pastoral zone of Samorogouan, Burkina Faso. *Tropical Medicine and Parasitology*, 46: 183-189.

BELLINI R., CALVITTI M. *et al.*, 2007 - Use of the Sterile Insect Technique Against *Aedes albopictus* in Italy: First Results of a Pilot Trial. In Vreysen M.J.B., Robinson A.S., Hendrichs J. *Area-Wide Control of Insect Pests*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, p. 505-515.

BOURTZIS K., 2007 - Wolbachia-Induced Cytoplasmic Incompatibility to Control Insect Pests? In Vreysen M.J.B., Robinson A.S., Hendrichs J. *Area-Wide Control of Insect Pests*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, p. 125-135.

BOUYER J., GUERRINI L. *et al.*, 2005 - A phyto-sociological analysis of the distribution of riverine tsetse flies in Burkina Faso. *Med Vet Entomol*, 19 (4): 372-8. (Dec). http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16336302

CUISANCE D., 2002 - Lutte contre les tsé-tsé. Montpellier : Cirad, 28 p.

DELECOLLE J. C., DE LA ROCQUE S., 2002 - Contribution à l'étude des Culicoides de Corse. Liste des espèces recensées en 2000/2001 et redescription du principal vecteur de la fièvre catarrhale ovine: *C. imicola* Kieffer, 1913 (Diptera, Ceratopogonidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 107 (4): 371-379.

HOLBROOK F. R., MULLENS B. A., 1994 - Effects of ivermectin on survival, fecundity, and egg fertility in *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). *J Am Mosq Control Assoc*, 10 (1): 70-3. (Mar). http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=8014631

HOUGARD, 2008 - Les moustiquaires imprégnées. Pour la Science, 366 : 48-52.

HÜE T., CENICEROS R., 2008 - Gestion de la lutte contre les hémoparasitoses et leurs vecteurs. Île de la Réunion. État des connaissances en 2007. Programme Poseidom Vétérinaire, 106 p.

MEISWINKEL R., BAYLIS M. *et al.*, 2000 - Stabling and the protection of horses from *Culicoides bolitinos* (Diptera: Ceratopogonidae), a recently identified vector of African horse sickness. *Bull Entomol Res*, 90 (6): 509-15. (Dec). http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11107252

MEROT P., POLITZAR H. *et al.*, 1984 - Résultats d'une campagne de lutte contre les glossines riveraines au Burkina par l'emploi d'écrans imprégnés de deltaméthrine. *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 37 (2): 175-184.

POLITZAR H., CUISANCE D., 1984 - An integrated campaign against riverine tsetse, *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoïdes* by trapping and the release of sterile males. *Insect Science and its Application*, 5 (5): 439-442.

PURSE B. V., MELLOR P. S. *et al.*, 2005 - Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe. *Nat Rev Microbiol*, 3 (2): 171-81. (Feb). http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15685226

RIOUX J. A., CROSET H. *et al.*, 1968 - Phyto-ecological basis of mosquito control: cartography of larval biotopes. *Mosquito news*, 28 (4): 572-582.

RODHAIN F., PEREZ C., 1985 - Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Paris: Maloinés éditeur, 458 p.

SCHOENEFELD A., 1983 - Essai de lutte contre *Glossina morsitans submorsitans* par utilisation d'écrans imprégnés de deltaméthrine. *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 36 (1): 33-43.

STACHURSKI F., 2006 - Attachment kinetics of the adult tick *Amblyomma variegatum* to cattle. *Med Vet Entomol*, 20 (3): 317-24. (Sep) http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17044883

STACHURSKI F., LANCELOT R., 2006 - Footbath acaricide treatment to control cattle infestation by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med Vet Entomol*, 20 (4): 402-12. (Dec). http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17199752

STANDFAST H. A., MULLER M. J. *et al.*, 1985 - Mortality of *Culicoides brevitarsis* fed on cattle treated with ivermectin. *Progress in clinical and biological research*, 178: 611-6.

THOMSON J. W., MITCHELL M. *et al.*, 1991 - Studies on the efficacy of deltamethrin applied to cattle for the control of tsetse flies (*Glossina* spp.) in Southern Africa. *Tropical Animal Health and Production*, 23: 221-226.

VREYSEN M. J., SALEH K. M. *et al.*, 2000 - *Glossina austeni* (Diptera: Glossinidae) eradicated on the island of Unguja, Zanzibar, using the sterile insect technique. *J Econ Entomol*, 93 (1): 123-35. (Feb). http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=14658522

4. Recommandations

En santé humaine, le contrôle des vecteurs et des nuisants, particulièrement en outre-mer et en Corse, se heurte actuellement à plusieurs problèmes : définition de la stratégie et des objectifs, conduite quotidienne des opérations, résistance aux insecticides, faible qualification des intervenants de terrain, faible encadrement des équipes, faible participation des autres partenaires et des populations, faibles recours aux travaux d'assainissement ou à ceux entrant dans le cadre de la salubrité publique.

Ainsi, les recommandations portent prioritairement sur le renforcement des structures par l'embauche de cadres techniques de bon niveau, l'évaluation permanente des stratégies et des actions, l'implication des populations et des collectivités municipales.

En santé animale, la lutte antivectorielle est essentiellement basée sur l'application d'insecticides directement sur les animaux – à l'exception notable de la lutte antivectorielle sur l'île de la Réunion. Si cette stratégie est adaptée à la lutte contre les tiques, elle trahit surtout dans la lutte contre les *Culicoides* de l'absence d'autre solution.

Les recommandations portent sur la nécessité d'intensifier la recherche, afin de disposer de moyens de lutte efficaces contre les vecteurs de maladies animales, notamment les maladies émergentes.