

**PREMIER BILAN SUR LES IMPACTS
DES TRAITEMENTS ANTI MOUSTIQUES,
DANS LE CADRE DE LA LUTTE CONTRE LE CHIKUNGUNYA,
SUR LES ESPÈCES ET LES MILIEUX DE L'ÎLE DE LA RÉUNION
Juin 2006**



Rapport rédigé par le Comité scientifique ad-hoc créé le 15 mars 2005

SOMMAIRE

1- Historique sur les traitements et les produits utilisés	p. 5
2- Consignes, précautions prises dans la LAV	p. 9
3- Motivations d'une évaluation environnementale	p.10
a) <u>Limites des connaissances concernant l'écotoxicité des produits en milieu tropical</u>	
b) <u>Enjeux patrimoniaux de La Réunion</u>	
c) <u>Utilité du suivi de l'impact des traitements antivectionnelles</u>	
4- Le comité scientifique, rôle et composition	p.13
5- Caractéristiques des produits utilisés	p.14
a) <u>Les produits de lutte aduicides</u>	
aa. Le fénitrothion	
ab. La deltaméthrine	
b) <u>Les produits de lutte larvicides</u>	
ba. Le téméphos	
bb. Le Bacillus thuringiensis var. israelensis	
6- Le suivi environnemental	p.16
a) <u>Différents modes d'action des pesticides dans les écosystèmes</u>	
b) <u>Les protocoles de suivi sélectionnés</u>	
c) <u>L'utilité de programmes de suivi à plus long terme</u>	
7- Les résultats concernant la contamination des milieux	p.19
a) <u>Le milieu aérien (annexe 3)</u>	
b) <u>Les milieux marins et estuariens (annexe 4)</u>	
ba. L'eau	
bb. Les sédiments	
bc. Les organismes vivants	
c) <u>Les eaux de captage</u>	
8- Les études concernant les effets	p.24
a) <u>Les abeilles (annexe 5)</u>	
aa. Suivi de colonies par les apiculteurs	
ab. Suivi de colonies par un agent sanitaire	
ac. Suivi des incidents et prélèvements	
b) <u>Les autres arthropodes (annexe 6)</u>	
c) <u>Les salanganes (annexe 7)</u>	
d) <u>Les chiroptères (annexe 8)</u>	
e) <u>Le suivi aux abords des habitations (cours et jardins)</u>	
f) <u>Les eaux douces (annexe 9)</u>	
9- Etude sur la répartition géographique d'espèces sensibles – Cas du Phelsuma de Manapany (annexe 10)	p.36
10- Conclusion	p.38
11- Préconisation pour l'avenir dans le cadre du dispositif pérenne de lutte anti-vectorielle	p.39

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : note de cadrage du comité scientifique.

Annexe 2 : courrier du Préfet aux membres du comité scientifique.

Annexe 3 : rapport de l'INERIS
caractérisation des distances d'impact des traitements antivectoriels.

Annexe 4 : rapport DIREN / ARVAM / ARDA
évaluation de la qualité de l'eau, des sédiments et de la contamination d'organismes aquatiques en milieu marin et estuarien.

Annexe 5 : rapport du syndicat des apiculteurs de La Réunion
Etude des impacts à court terme sur les abeilles de la lutte antivectorielle dans le cadre de l'épidémie de chikungunya.

Annexe 6 : rapport de l'association Insectarium de La Réunion
Evaluation de l'impact des traitements de démoustication sur la faune d'arthropodes non cible.

Annexe 7 : rapport de la SEOR
Evaluation de l'impact des traitements de démoustication sur la faune vertébrée.

Annexe 8 : rapport de l'office national des forêts
Compte-rendu – Suivi de chauve-souris pour la DIREN.

Annexe 9 : rapport de l'ARDA / OLE / BNOI
Impacts sur l'environnement de la lutte contre le chikungunya à l'île de La Réunion – Présentation des résultats du réseau d'alerte, volet « surveillance des eaux douces ».

Annexe 10 : rapport du bureau d'études Biotope
Contribution à la connaissance du lézard vert de Manapany dans le but de préserver cette espèce des effets indirects de la démoustication.

1- Historique de l'épidémie et des protocoles de lutte antivectorielle

La Réunion a été frappée par une épidémie de Chikungunya avec un premier pic modéré en mai 2005 et un second pic très élevé, caractérisant une phase d'hyper-épidémie, en février 2006 ; le nombre de cas, estimés depuis l'émergence de cette arbovirose à la Réunion en 2005, s'établit à 265 000 à la date du 30 juin 2006.

Identifiée au milieu du siècle dernier (1952-53) au Tanganyika (Tanzanie)(Robinson,1955), la maladie du Chikungunya sévit de façon sporadique en Afrique de l'est, en Asie du Sud-est et dans le sous continent indien. Cette arbovirose, peu documentée sur le plan médical, n'était jusqu'alors jamais apparue dans l'Océan Indien où elle peut donc être considérée comme une maladie émergente (Gaüzère et Aubry, 2006).

La réponse apportée à la Réunion face à l'épidémie de Chikungunya a consisté à appliquer un protocole de lutte anti-vectorielle, renforçant progressivement les moyens et les capacités de traitement, calibrés en fonction de l'évolution de la situation épidémiologique (figure 1).

La lutte a été organisée, dès les premiers cas signalés en mai 2005, autour de trois axes :

- l'intervention dans un rayon de 100 m autour des cas, telle que recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (20 000 maisons traitées de mai 2005 à janvier 2006)
- le repérage et la destruction de plus de 200 gîtes urbains productifs (dépôts sauvages, carcasses de véhicules...) avec l'aide des inter-communes et des forces armées,
- l'éducation sanitaire en porte-à-porte avec la formation de 800 agents médiateurs intervenant de façon ciblée dans les quartiers sensibles.

Dans un premier temps, les opérations de démoustication ont été réalisées avec le fénitrothion en tant qu'adulticide et le téméphos pour les traitements anti-larvaires. Ces insecticides organophosphorés sont régulièrement utilisés depuis une vingtaine d'années dans la lutte anti-vectorielle, y compris en métropole.

Le Préfet de la Réunion a ordonné la mise en œuvre d'un protocole de traitement systématique de l'ensemble des foyers urbains identifiés en réponse à l'hyper-épidémie de Chikungunya, qui s'est étendue de façon explosive sur l'ensemble du département de la Réunion à partir de janvier 2006.

Les capacités de traitement en lutte anti-vectorielle ont été augmentées grâce à la mobilisation des forces armées, qui ont constitué 40 brigades d'intervention entre le 23 janvier et le 15 février 2006.

Conformément aux recommandations de la mission IGAS de décembre 2005, la DRASS organise la venue d'un expert de la Martinique, le Dr YEBAKIMA, pour affiner le protocole de lutte anti-vectorielle dans le cadre de sa montée en charge.

Le protocole planifiant une lutte généralisée à l'ensemble de l'île et impliquant 3 passages en adulticide (dont 2 frappes de zone par pulvérisation spatiale à 4 jours d'intervalle, complétées par une pulvérisation de proximité au porte à porte), il est choisi de recourir à des molécules moins rémanentes, pour certaines plus sélectives et présentant une marge de sécurité plus importante (dose d'emploi moins importante du fait d'une plus grande toxicité vis-à-vis des insectes), pour limiter les quantités de matières actives et de solvants épandues dans l'environnement.

La deltaméthrine, insecticide adulticide, appartenant à la famille des pyréthrinoides de synthèse, est mise en œuvre sous les formulations commerciales K-Otrhine ULV 15/5 et Aqua K-Otrhine, et a été retenue puisqu'employée à des concentrations 100 fois moindres que les organo-phosphorés, tels que le fénitrothion.

Le recours au Bti (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) comme larvicide est également retenu pour diminuer l'impact environnemental.

A compter du 15 février 2005, seules les brigades militaires, le SDIS et la DRASS seront habilités à la pulvérisation d'insecticides adulticides, afin d'éviter une multiplication des intervenants.

Les principes du protocole de lutte anti-vectorielle

Le protocole de lutte anti-vectorielle repose sur deux piliers :

- la lutte systématique permettant de traiter 200 000 maisons de l'île susceptibles d'abriter le vecteur
- la lutte sur des petits foyers émergents ou à la demande des particuliers.

La stratégie adoptée comporte une phase de pulvérisation d'insecticides adulticides, pour réduire la population de moustiques piqueurs, potentiellement porteurs du virus, consolidée par une phase de contrôle anti-larvaire ciblée sur les principaux gîtes de reproduction des moustiques situés en milieu domestique (3 passages de brigades, dont 2 comportant exclusivement des mesures anti-larvaires).

Outre l'action des brigades sur les gîtes péri-domiciliaires appliquée en zones urbaines, la stratégie de lutte anti-larvaire est complétée par :

- des campagnes médiatiques d'appel à la lutte communautaire, incitant la population à éliminer les gîtes larvaires situés dans les cours et les jardins, soucoupes, déchets, vieux pneus, végétation...
- le lancement à compter du 02 mars 2006 d'un plan de contrôle des tronçons de ravines (milieu hydraulique végétalisé constituant des zones propices à la reproduction du moustique) situés dans le tissu urbain, en lien avec les communes et les brigades vertes du Conseil Général,
- un renforcement des collectes de déchet, une invitation faite aux réunionnais de nettoyer leurs jardins et des actions ciblées contre les dépôts sauvages.

Le déroulé de la lutte

La définition des secteurs devant faire l'objet d'une lutte systématique repose sur des critères entomologiques et épidémiologiques, la DRASS quadrille chaque commune en zones urbaines à traiter. Le traitement par zones est planifié par le centre opérationnel de la Préfecture.

Il est adopté, sur la base de l'intervention des brigades au porte à porte dans les zones urbaines programmées, le déroulement chronologique suivant, incluant l'information préalable des populations - par les communes - du commencement imminent du traitement :

J0 :

1/ Pulvérisation spatiale d'adulticide sous formulation ULV (Ultra Bas Volume) nébulisée à partir de véhicules 4X4.

Plage d'intervention 2 heures à 5 heures du matin.

2/ 1^{er} passage des brigades terrestres (FAZSOI) , appliquant les mesures suivantes :

- éducation sanitaire,
- destruction mécanique et/ou traitement larvicide des gîtes larvaires domiciliaires,
- traitement adulticide

J4 :

Pulvérisation spatiale d'adulticide sous formulation ULV (Ultra Bas Volume) nébulisée à partir de véhicules 4X4.

Plage d'intervention 2 heures à 5 heures du matin.

J7 :

Intervention des brigades spéciales appliquant les mesures anti-larvaires suivantes :

- éducation sanitaire,
- destruction mécanique et/ou traitement larvicide des gîtes larvaires domiciliaires,

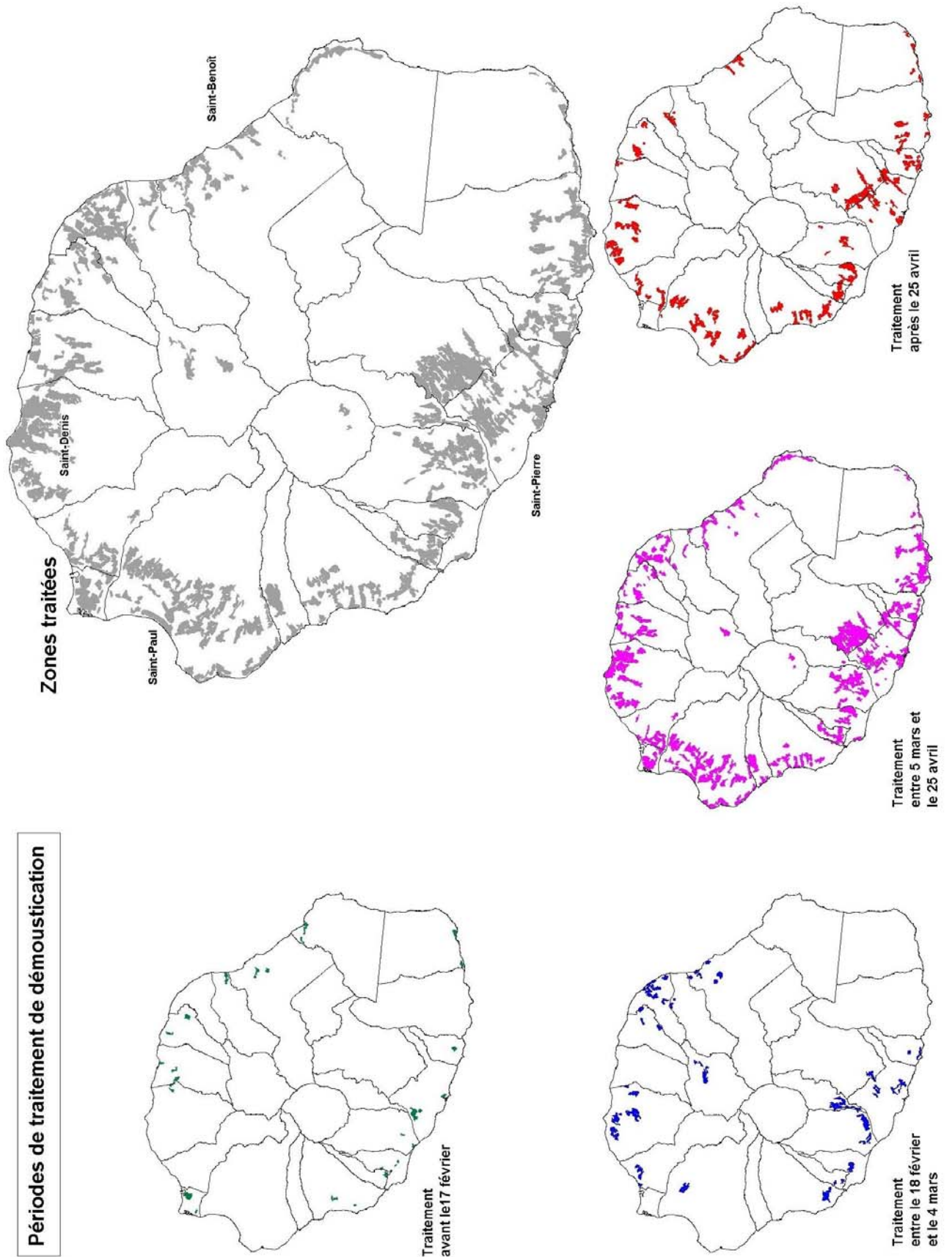
J14-J21 :

3^{ème} passage des brigades terrestres (brigades vertes du Conseil Régional, ou brigades du Conseil Général) appliquant les mesures anti-larvaires suivantes :

- éducation sanitaire,
- destruction mécanique et/ou traitement larvicide des gîtes larvaires domiciliaires

Enfin, une évaluation est réalisée à l'issue de ces opérations par le service de lutte anti-vectorielle de la DRASS. Si cette évaluation est favorable, le secteur est considéré comme étant traité ; en cas d'indices entomologiques non satisfaisants, la zone fait l'objet d'une reprogrammation.

Figure 1 : Evolution des surfaces traitées au cours du temps



2- Précautions prises dans la lutte antivectorielle

Les zones à traiter ne sont pas, par définition, situées en milieu naturel. Les foyers de transmission du chikungunya se situent en effet essentiellement en milieu urbain, où les densités humaines et vectorielles sont propices à la diffusion et à l'extension du virus.

L'un des problèmes posés par le traitement est bien évidemment sa bonne maîtrise ce qui conduit à précisément encadrer cette activité.

Ainsi, le dispositif de lutte a-t-il été réservé aux FAZSOI (Forces armées de la zone sud de l'Océan Indien) et aux pompiers. Les équipes municipales, qui dans un premier temps ont été formées à la lutte adulticide (avec comme cible les écoles) ont été déchargées de cette activité depuis le 15 février 2006.

Afin de limiter les impacts sur l'environnement tout en garantissant l'efficacité de la lutte, les traitements adulticides par pulvérisation sont proscrits lorsque le vent dépasse 20 km/h et en cas de pluie. Dans ce dernier cas une phase de 30 minutes après la fin de la pluie doit être respectée avant traitement.

Les cours d'eau ont été dès l'origine identifiés comme un enjeu fort, compte tenu de la toxicité des produits adulticides et en particulier de la deltaméthrine vis-à-vis des organismes aquatiques. En conséquence, les itinéraires précis que doivent respecter les véhicules 4X4 UBV (ultra bas volume) comprennent une zone d'exclusion de 50 mètres autour des cours d'eau pérennes. Pour les traitements à pieds, la zone d'exclusion est de 25 mètres.

De même, bien que les produits migrent et persistent peu dans les sols il a été décidé de ne pas effectuer de traitement dans les périmètres de protection de captage destinés à l'eau potable.

Pour le lézard de Manapany (espèce endémique protégée vivant à proximité des zones urbanisées), la carte de distribution de cette espèce établie en 1995 a été utilisée pour définir une zone d'exclusion des traitements adulticides.

Enfin, toutes les données cartographiques disponibles sur les emplacements des ruchers et sur les principales zones mellifères ont été intégrées dans la détermination des zones à traiter.

3- Motivations d'une évaluation environnementale

a) Limites des connaissances concernant l'écotoxicité des produits en milieu tropical

Les connaissances concernant les propriétés écotoxicologiques des molécules utilisées sont pour la plus grande majorité issues des dossiers d'homologation concernant l'utilisation agricole de ces composés.

La procédure d'homologation des produits phytosanitaires est une procédure encadrée par la directive européenne 91/414. Celle-ci définit deux niveaux d'examen, l'un européen concernant l'inscription de la matière active sur la liste positive européenne, l'autre nationale concernant le produit formulé et reposant sur une évaluation des risques liés à la formulation et à l'usage revendiqué pour les travailleurs, les consommateurs, les promeneurs et les écosystèmes.

Les connaissances sur les propriétés écotoxicologiques des substances actives et des produits sont donc limitées à quelques espèces modèles par groupe taxonomique (oiseaux, mammifères, poissons, invertébrés aquatiques, insectes non cibles, faune du sol). Outre le fait que la diversité des groupes taxonomiques est limitée, puisqu'en particulier les reptiles et les amphibiens ne sont pas considérés, les organismes modèles utilisés ne sont pour la plupart pas représentatifs des départements d'outre mer tel que La Réunion. Par ailleurs, en ce qui concerne les organismes aquatiques les informations requises ne concernent que les écosystèmes continentaux.

Par ailleurs, dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre *Aedes albopictus* à La Réunion les traitements sont réalisés en milieu urbain, donc dans des zones très particulières en terme d'espèces non cibles présentes et de conditions de traitement. Ainsi, les modèles de dérive couramment utilisés dans le cadre de l'utilisation agricole de ces molécules ne sont pas adaptés à la situation et la prévision des risques liés à cet usage des plus délicate à réaliser.

b) Enjeux patrimoniaux de La Réunion

D'un point de vue patrimoine naturel, l'île de La Réunion, un des ensembles de la zone Madagascar-Mascareignes identifié comme l'un des 35 « hot spots » de la biodiversité mondiale, est un site de valeur planétaire caractérisé par l'extrême diversité de ses milieux et de ses espèces.

En fonction de l'altitude depuis la côte, on peut caractériser quelques grands types de milieux (savane, forêt tropicale sèche et humide de basse altitude, forêt humide d'altitude incluant les bois de couleur des hauts et les fourrés marécageux à *Pandanus*, les forêts de montagne à Tamarin des hauts, endémiques) auxquels il faut rajouter la végétation littorale sur les falaises du sud de l'île et dans le milieu marin, le récif corallien (130 types de milieux selon la nomenclature CORINE biotope).

La faune et la flore terrestres constituant ces milieux sont caractérisées par un niveau d'endémisme très important, résultant des phénomènes adaptatifs liés à l'insularité.

La flore comprend près de 600 espèces indigènes d'angiospermes (dont 34% d'endémiques de La Réunion et 22% endémiques des Mascareignes), 250 espèces de ptéridophytes dont 24 endémiques strictes (mais on compte plus de 2400 espèces introduites).

La faune est riche de 18 espèces d'oiseaux indigènes (20 espèces introduites) dont 7 espèces et une sous espèce sont endémiques (*Coracina newtoni* - tuit tuit, *Circus maillardi* - papangue, *Hypsipetes borbonicus* - merle de Bourbon, *Pseudobulweria aterrima* - pétrel noir et *Pterodroma barau* - pétrel de Barau).

Pour les mammifères, seules deux espèces de chauve-souris (le petit molosse *Mormopterus acetabulosus* et le taphien de Maurice *Taphozous mauritianus*) sont indigènes. Une troisième espèce (la chauve-souris des hauts *Scotophilus borbonicus*) n'a pas été revue depuis plusieurs décennies. Les autres espèces de mammifères présentes sur l'île ont été introduites.

Pour les reptiles seules trois espèces indigènes sont présentes dont les deux geckos diurnes endémiques (*Phelsuma borbonica* et *P. inexpectata*). Dix espèces ont été introduites dont le Caméléon panthère d'origine malgache (*Furcifer pardalis*), seule espèce introduite protégée.

Pour les insectes, 439 espèces de lépidoptères dont 145 strictement endémiques de l'île, 102 espèces d'hémiptères auchenorrhynques (dont 17% endémiques) et environ 844 espèces de coléoptères dont 397 (47%) endémiques ont été inventoriées.

En milieu aquatique d'eau douce ont été décrites : 9 espèces indigènes de crustacés dont une espèce endémique des Mascareignes (*Macrobrachium hirtimanus*) devenue rare, 21 espèces de poissons indigènes dont une espèce endémique des îles de La Réunion et Maurice (*Cotylopus acutipinnis*) et trois de la zone Madagascar-Mascareigne.

En milieu marin, la présence de récifs coralliens remarquables assure une très grande diversité biologique, notamment 42 genres et 120 espèces de coraux présentes auxquels sont associées des algues (146 espèces), Alcyonaires, gorgonaires, antipathaires, actiniaires, spongiaires..., 2500 espèces de mollusques, 868 espèces de poissons réparties en 145 familles dont 9 espèces endémiques, 5 espèces de tortues marines et plusieurs espèces de cétacés.

c) Utilité du suivi de l'impact des traitements antivectorielles

Ce patrimoine exceptionnel est déjà l'objet de diverses menaces (introduction d'espèces exotiques, destruction des habitats, pression anthropique dont l'utilisation de pesticides par exemple).

L'application de traitements insecticides peu spécifiques, à large échelle pendant plusieurs mois, pose donc question quant à son impact sur ce patrimoine naturel et il a été jugé indispensable de réaliser une évaluation des conséquences sur l'environnement dues à ces opérations de démoustication. Bien que ces traitements aient lieu uniquement en milieu urbain et périurbain, et que l'on peut penser, vu la répartition géographique de cette faune remarquable, qu'il y a peu de risque que des impacts directs puissent avoir lieu tandis que la question des impacts indirects et/ou à long terme reste posée.

D'autre part, la structure des milieux urbains et périurbains présentant une couverture végétale importante et stratifiée (photos 1 et 2), pouvant être le refuge d'une faune sauvage (insectes, reptiles,...) ou une zone de nourriture (oiseaux, chauve-souris,...) montre la nécessité d'évaluer dans ces zones l'impact à court terme des traitements, impact pouvant donner des indications sur les perturbations biocénotiques induites par ceux-ci.

Cette étude vise également à répondre aux attentes légitimes exprimées par les associations et l'opinion publique. Elle vise également à apporter une contribution à la démarche permanente d'amélioration des protocoles de lutte antivectorielle.



Photo 1 : Vue de St Denis



Photo 2 : Vue du centre de St Denis

4- Le comité scientifique, rôle et composition

Afin d'offrir toutes les garanties sur la qualité de l'évaluation, le Préfet de La Réunion a décidé la mise en place d'un comité scientifique appelé à cibler cette évaluation sur les enjeux les plus pertinents, et à assurer une synthèse la mieux fondée et la plus objective possible des observations faites.

Le comité est chargé d'orienter et de valider les protocoles qui régissent les études et analyses qu'il a jugé utile d'entreprendre, d'en expertiser les résultats et de valider le rapport conclusif attendu pour le 1^{er} juillet 2006 (annexe 1).

La composition du Comité a été définie en accord avec la DIREN, par ailleurs chargée d'assurer le secrétariat et l'animation de cette instance, avec l'appui de la délégation régionale à la recherche et à la technologie (DRRT).

Le Préfet de La Réunion a transmis le 15 mars 2006, à chacun des membres, un courrier par lequel il le sollicitait pour participer aux travaux du comité scientifique..

La composition du Comité est présentée ci après :

BOSC	Pierre	Ichtyologue
BOULLET	Vincent	Botaniste
ECHAUBARD	Michel	Ecotoxicologue
LE CORRE	Matthieu	Ornithologue
QUILICI	Serge	Entomologiste
QUOD	Jean-Pascal	Océanologue
ROCHAT	Jacques	Entomologiste
RIBES	Sonia	Expert en biologie environnementale
SALAMOLARD	Marc	Ornithologue
THYBAUD	Eric	Ecotoxicologue

Le comité scientifique s'est adjoint les compétences des organismes suivants, pour mener à bien la présente étude :

- le syndicat apicole de la Réunion,
- l'office national des Forêts (ONF)
- le bureau d'études Biotope
- l'office local de l'eau (OLE)
- la brigade nature de l'Océan Indien (BNOI)
- l'observatoire réunionnais de l'air (ORA)
- la Société d'études ornithologiques de La Réunion (SEOR)
- l'agence pour la recherche et la valorisation marines (ARVAM)
- l'association réunionnaise de développement de l'aquaculture (ARDA)
- l'insectarium de La Réunion
- la fédération départementale de pêche de La Réunion
- l'association parc marin de La Réunion (APMR)

Plusieurs services de l'Etat ont également été associés à différents stades de l'étude. Il s'agit notamment de :

- la direction régionale des affaires sanitaires et sociales (DRASS),
- la direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE),
- la direction de l'agriculture et de la forêt (DAF)
- le Service Interministériel de Défense et de la Protection Civile (SIDPC),
- la direction des services vétérinaires (DSV)
- le laboratoire de la direction générale de la consommation, de la concurrence et de la répression des fraudes (DGCCRF)

5- Caractéristiques des produits utilisés

a) Les produits de lutte adulticides

aa. Le fénitrothion

Le fénitrothion est un insecticide de la classe des organophosphorés. Il s'agit d'un insecticide non systémique agissant par contact en se fixant sur le site esterase de l'acétylcholinestérase à la place du substrat naturel, l'acétylcholine.

Dans le cas de son utilisation comme adulticide sur *Aedes* à la Réunion, la dose hectare préconisée est de 200 g de matière active/ha. Deux formulations ont été utilisées, le paluthion (émulsion concentrée à 500g/l) et le fénitrothion 550 (émulsion concentrée à 550g/l). Dans le cas des pulvérisations à ultra bas volume (UBV ou ULV), la préparation paluthion est mélangée avec du pyretrex fogger, lui-même constitué d'un mélange de pyréthrine (3g/l) et de piperonyl butoxide (24g/l).

En 2003, 264 kg de matière active ont été importés à La Réunion (source SRPV).

Le fénitrothion est une molécule peu persistante dans le sol et l'eau.

La toxicité aiguë et chronique du fénitrothion pour les oiseaux est relativement élevée.

Le fénitrothion présente une faible toxicité aiguë pour les mammifères.

Le fénitrothion présente une toxicité élevée vis-à-vis des invertébrés aquatiques, de l'ordre du µg/l tandis que sa toxicité pour les poissons sans être faible est moins importante, de l'ordre de la centaine de µg/l.

ab. La deltaméthrine

La deltaméthrine est un insecticide de la famille des pyréthrinoïdes. C'est un toxique du système nerveux qui agit principalement au niveau des canaux sodium des fibres nerveuses qu'elle bloque en position ouverte. Accessoirement elle inhibe les ATP-ases Ca⁺⁺ / Mg⁺⁺ dépendantes et perturbe la transmission synaptique.

Dans le cas de son utilisation en lutte adulticide la deltaméthrine est utilisée à la dose de 1g matière active par hectare. Les formulations K-Othrine ULV 15/5, Aqua K-Othrine ont, en particulier, été utilisées. Ces formulations contiennent, outre de la deltaméthrine, de l'esbiotrine, dont le rôle est d'exciter le moustique, afin que, en se mettant à voler, il entre en contact avec une plus grande quantité de deltaméthrine. En effet, les traitements ayant lieu la nuit pendant la période de repos du moustique il a paru nécessaire d'optimiser l'exposition des organismes.

En 2003, 190 kg de matière active ont été importés à La Réunion (source SRPV).

La consommation de deltaméthrine dans le cadre de la lutte antivectorielle s'est élevée à 105 kg entre janvier et mai 2006.

La deltaméthrine est une molécule peu persistante dans le sol et dans l'eau.

Elle est peu mobile dans les sols et s'adsorbe très rapidement sur le sédiment.

La durée de demi-vie dans le système eau/sédiment est de 40 jours tandis que dans la phase aqueuse celle-ci est de 17 heures.

La deltaméthrine présente une faible toxicité pour les oiseaux tant en aigu qu'en chronique tandis qu'elle présente une toxicité aiguë relativement importante vis-à-vis des mammifères.

De très nombreuses données d'écotoxicité de laboratoire sont disponibles pour cette molécule, celles-ci mettent en évidence des toxicités aiguë et chronique très importantes pour cette molécule vis-à-vis des organismes aquatiques tant vertébrés qu'invertébrés et absence de toxicité vis-à-vis du phytoplancton.

Toutes ces études confirment également la faible persistance de la molécule dans le milieu.

b) Les produits de lutte larvicides

ba. Le téméphos

Le téméphos est un insecticide de la classe des organophosphorés. Comme le fénitrothion, il s'agit d'un insecticide non systémique agissant par contact en se fixant sur le site esterasique de l'acétylcholinestérase à la place du substrat naturel, l'acétylcholine.

Le téméphos est couramment utilisé comme larvicide contre les moustiques.

Les données disponibles suggèrent une faible persistance du téméphos dans l'environnement.

Le téméphos présente une faible toxicité aiguë pour les mammifères. En revanche la toxicité aiguë et chronique de cette molécule vis-à-vis des oiseaux est élevée.

Le téméphos présente une toxicité aiguë importante vis-à-vis des invertébrés aquatiques. A coté de ces effets toxiques directs, le téméphos induit des altérations du comportement de certains invertébrés aquatiques, comme par exemple le comportement de fuite, se traduisant par une augmentation de la prédation et donc une diminution des populations situées en zones traitées

La toxicité vis-à-vis des poissons est plus faible, les concentrations létales 50% étant de l'ordre de la dizaine voir de la centaine de mg/l.

Dans le cas de son utilisation comme larvicide à La Réunion la dose préconisée était de 2,5 g de matière active /l. Le téméphos a été appliqué sous forme de la préparation Abate 500. Les traitements sont limités, en principe, aux gîtes larvaires ne pouvant être détruits mécaniquement.

bb. Le *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*

Bacillus thuringiensis var. *israelensis* (BTi) est un larvicide particulièrement actif sur les larves de Diptères Culicidés.

Il s'agit d'une toxine extraite d'une bactérie vivant naturellement dans les marais. L'effet larvicide est obtenu après ingestion par les organismes exposés d'un cristal composé de 4 protoxines, résultant de la sporulation de la bactérie. Sous certaines conditions de pH et de composition enzymatique dans le tube digestif des organismes exposés, les protoxines inactives sont transformées en toxines actives qui vont se fixer sur un récepteur spécifique situé sur les cellules en brosse de l'épithélium intestinal entraînant la lyse des cellules et la mort de l'individu. L'action du BTi est donc relativement spécifique car il n'agit que dans une étroite gamme de pH intestinal. Cependant une partie de la faune non cible peut être affectée par un traitement au BTi, en particulier les peuplements de Diptères Chironomidés.

Dans le cadre de la lutte antivectorielle à La Réunion la consommation de BTi s'est élevée à 1645 kg entre janvier et mai 2006.

A moyen terme, l'effet des traitements au BTi sur les communautés non cibles reste inconnu. En effet, si la spécificité du BTi a été clairement montrée en conditions de laboratoire, *in situ*, les résultats sont plus controversés. Ainsi les études mettent en évidence un impact direct sur les chironomes (mortalité des larves et impact sur la structure du peuplement d'adultes). En revanche, ces mêmes études ne révèlent pas d'impact direct sur les Planaires, les Oligochètes, les Mollusques Gastéropodes, les Crustacés (Copépodes, Cladocères, ...), les Insectes Odonates, Hémiptères, Coléoptères ou Ephéméroptères.

6- Le suivi environnemental

a) Différents modes d'action des pesticides dans les écosystèmes

L'introduction d'un pesticide, présentant un certain pouvoir toxique dans le milieu naturel, va entraîner, une fois pénétré dans l'organisme, soit des modifications biochimiques au niveau cellulaire qui auraient elles mêmes des conséquences au niveau des régulations physiologiques de l'organisme ou de sa morphologie, soit des modifications comportementales. Ces effets vont entraîner par voie de conséquence des altérations des performances individuelles : mortalité (effet létal), succès de reproduction, vitesse de croissance, durée de développement, ... (effet subléthal).

Ces effets au niveau de l'individu, pourront avoir un effet direct sur la population ; abondance, structure d'âge, répartition et distribution dans le milieu, ...

Mais le pesticide n'agit pas seulement sur des individus isolés ou la population d'une seule espèce, mais au contraire sur un ensemble de populations de diverses espèces, sur des peuplements et, en définitive, sur des biocénoses entières (impact à court terme). La modification d'une population aura un effet indirect sur les populations des espèces ayant un lien direct avec celle-ci (proie, prédateur, parasite, compétiteur, ...).

Une modification de l'équilibre et de la dynamique des populations concernées s'en suivra. De nouveaux équilibres pourront se mettre en place, la structure et la dynamique des biocénoses en seront affectées pouvant entraîner des modifications du fonctionnement de l'écosystème (production et productivité primaire et secondaire, ...) (impact à long terme).

b) Les protocoles de suivi sélectionnés

L'objectif principal du programme de suivi a été une évaluation des expositions et des effets à court terme sur différents milieux ou organismes (figure 2).

Les protocoles visaient à évaluer la situation avant et après traitement afin d'apprécier l'impact des produits utilisés.

Lorsqu'un état des lieux préexistant était disponible il y a été fait référence. Dans le cas contraire un état initial a été inclus dans le protocole en lien endroits avec les lieux et les dates de traitement.

Ainsi, les protocoles de suivi des impacts environnementaux des actions de lutte anti-vectorielles ont concerné :

- l'inventaire des mortalités de vertébrés terrestres (oiseaux et reptiles),
- le suivi de deux colonies de salanganes,
- le suivi de l'impact sur la faune d'arthropodes non cibles,
- l'analyse de l'effet sur cinq espèces d'arthropodes,
- l'élaboration et la mise en place d'un réseau d'alerte « Faune aquatique »,
- le suivi de l'impact sur les abeilles,
- l'évaluation de l'impact sur les chiroptères,
- la connaissance de l'aire de répartition du lézard de Manapany.

En parallèle des études visant l'évaluation de la contamination de différents compartiments environnementaux ont été réalisés. Elles concernent :

- la dérive des brouillards de traitements aériens,
- de la qualité de l'eau et de sédiments marins et estuariens,
- l'évaluation de la contamination de différents organismes marins,
- l'évaluation de la contamination de différentes espèces de poissons d'eau douce,

c) L'utilité de programmes de suivi à plus long terme

Compte tenu du délai de réalisation de cette évaluation, ne pouvaient être envisagés que des effets massifs liés à une exposition à de fortes concentrations en insecticides. L'évaluation des effets à long terme nécessitera la mise en place de protocoles sur une plus longue durée et focalisant sur des impacts plus fins sur les organismes ou les populations, à travers des protocoles relatifs aux effets indirects des traitements insecticides sur la physiologie, la reproduction, la dynamique ou la structure des populations.

De telles études feront l'objet d'un programme de recherche à long terme associant des experts locaux à des équipes métropolitaines et déposé le 15 mai 2006 auprès de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre de l'appel à projet « Santé – Environnement » et « Santé – travail ».

Ce projet (*EnviroChik*) a pour objectif de définir et mettre en œuvre une démarche intégrée d'évaluation des risques environnementaux liés à l'utilisation d'insecticides pour la lutte contre les moustiques vecteurs d'arboviroses à La Réunion. Cette démarche inclura une analyse de la perception et de l'acceptabilité des risques par les différents acteurs concernés par la démoustication et conduira à des recommandations concernant l'usage des pesticides (insecticides déjà utilisés ou nouveaux produits dont l'usage pourrait être amené à se développer) dans la perspective de la mise en place, sur le long terme, de méthodes de lutte anti-vectorielle respectueuses de la qualité de l'environnement.

Le projet repose sur des champs de recherche complémentaires qui s'inscrivent dans la définition d'objectifs spécifiques :

- le suivi du devenir des produits de démoustication dans l'environnement, en prenant en compte les spécificités écorégionales, permettra d'élaborer des modèles de dispersion et de dégradation des molécules ;
- la recherche et le développement de biomarqueurs d'exposition des animaux aux insecticides seront basés sur l'étude des capacités de réponses de systèmes enzymatiques spécifiques ;
- l'évaluation de la sensibilité aux insecticides des vertébrés et invertébrés non-cibles visera à définir des groupes à risque au sein de la faune terrestre et aquatique ;
- l'analyse des dimensions sociales de la lutte anti-vectorielle s'intéressera aux déterminants de la représentation, de la perception et de l'acceptabilité des risques.

Afin d'appréhender les phénomènes de manière systémique et de mieux comprendre leur pluridimensionnalité, le projet *EnviroChik* reposera sur un réseau d'interactions entre opérateurs réunionnais et structures d'appui en métropole regroupant 18 partenaires.

Parallèlement un projet portant essentiellement sur l'évaluation du degré de pollusensibilité des organismes abondants et/ou d'importance écologique pour l'écosystème récifal a été déposé auprès du Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD) dans le cadre de l'appel d'offre « Pesticides ». Les évaluations proposées reposent sur l'adaptation de bioessais d'écotoxicité aux espèces spécifiques des zones tropicales et plus particulièrement aux récifs coralliens.

Associés aux programmes en cours, tels que les réseaux de surveillance, ou à venir, tel le projet *EnviroChik* soumis à l'ANR, ce projet doit permettre d'évaluer le danger, l'exposition et le risque pour les récifs coralliens des herbicides et insecticides.

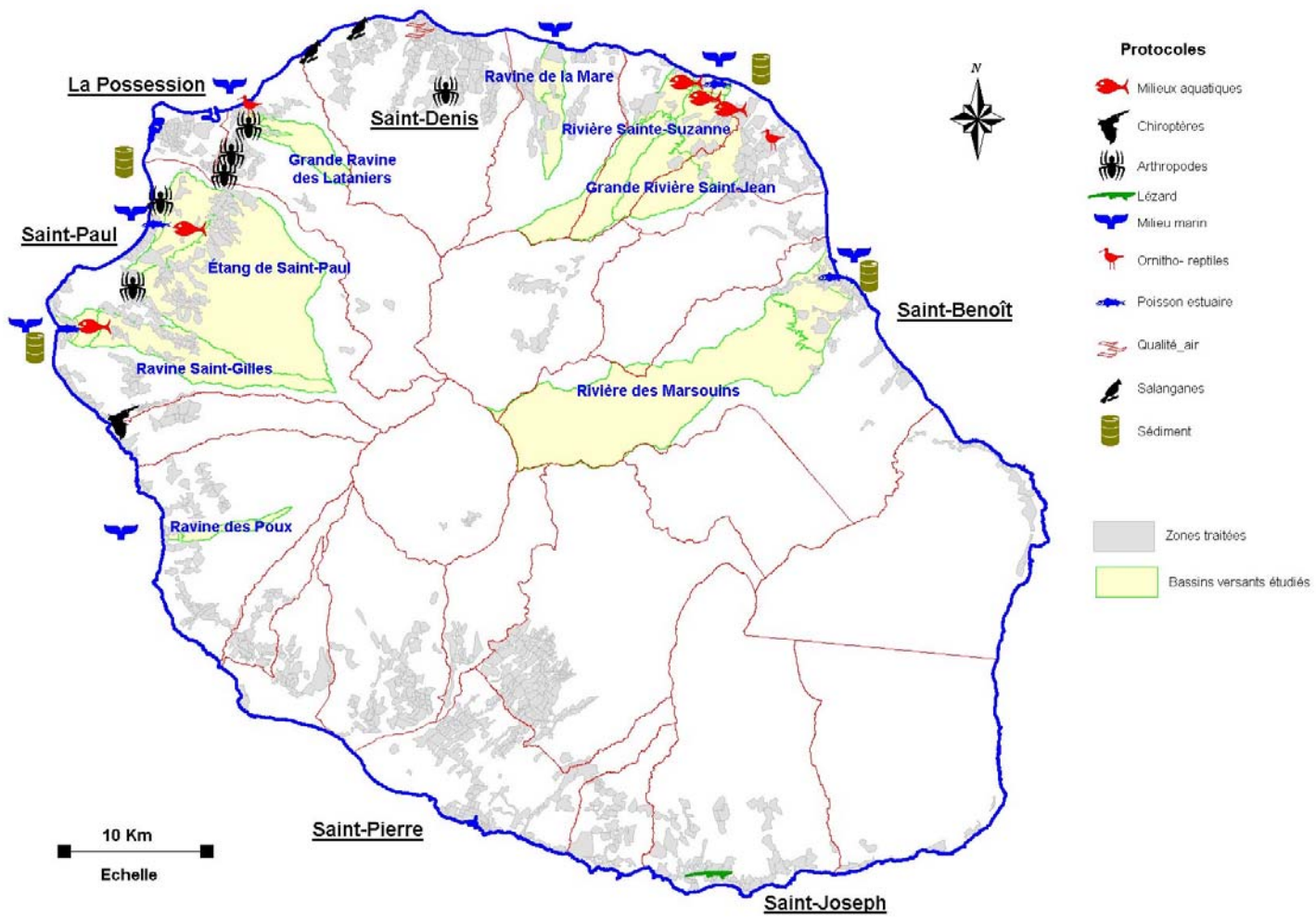


Figure 2 : Localisation des sites d'étude

7- Les résultats concernant la contamination des milieux

a) Le milieu aérien (annexe 3)

L'étude réalisée par l'Institut National de l'environnement industriel et des risques (INERIS) avec la collaboration de l'ORA a consisté à caractériser les distances d'impact du brouillard généré lors des traitements par pulvérisation ultra bas volume en déterminant les concentrations atmosphériques et les quantités de retombées au sol.

La campagne de mesures a été réalisée dans la nuit du 31 mars au 1 avril 2006 sur les sites du parking du personnel de la clinique St Vincent et le jardin de la villa Barre, situés rue de Paris dans le centre-ville de St Denis.

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide de dispositifs portables de faible dimension (pompes individuelles) prélevant un débit de 5 à 10 l/min au travers de cartouches spécifiques aux prélèvements de pesticides (tubes PUF SKC) contenant un filtre en quartz et une mousse de polyuréthane. Le filtre est destiné à collecter les composés particulaires, tandis que la mousse de polyuréthane piège les composés gazeux.

Ces dispositifs ont été complétés par les préleveurs Partisol de l'ORA équipés de cartouche PUF (mousse de polyuréthane) en sortie du porte-filtre. La tête de prélèvement était une tête TSP (collecte des particules totales) de manière à être cohérent avec le mode de collecte des pompes portables. Ces préleveurs fonctionnent à débit constant de 1 m³/h.

Les systèmes de collecte des retombées du brouillard étaient constitués de plaquettes de format A4 recouvertes d'un film d'aluminium (calciné afin d'éliminer toute trace de contamination organique) qui permet d'éviter la contamination de la feuille de collecte par les composés issus du traitement du bois. Une feuille de papier chromatographique absorbant (Whatman 3mm Chr) était ensuite placée sur chaque plaquette, laquelle était déposée soit à même le sol soit placée à 1.5 m du sol.

La chronologie des différentes phases de prélèvements et les heures de début et de fin de chacune de ces phases sont présentées sur le schéma suivant :

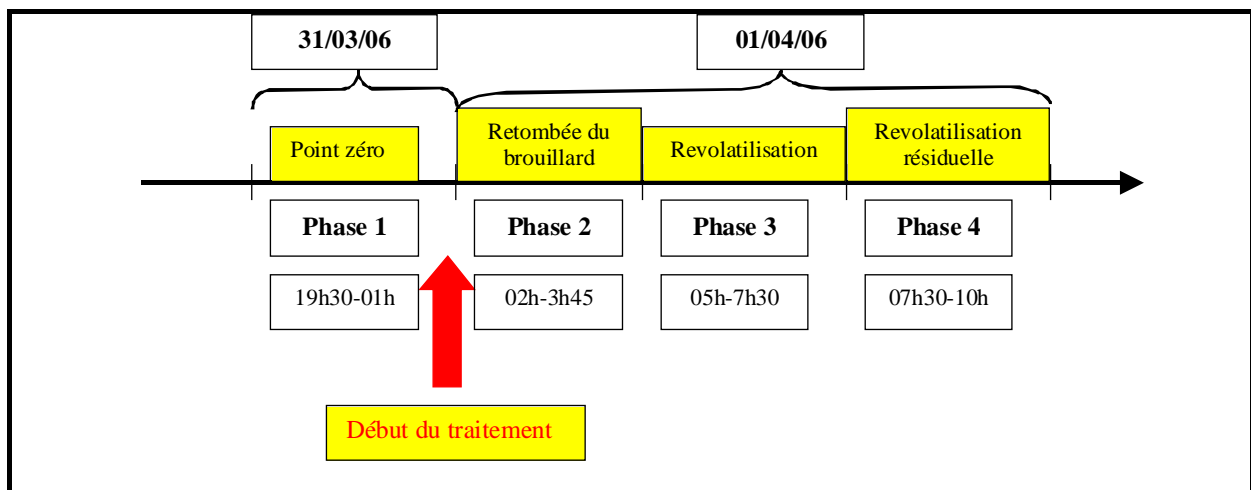


Figure 3 : déroulement des 4 phases de prélèvement

Au terme de cette étude, il ressort des observations et mesures que :

- la présence de deltaméthrine n'a pas été détectée dans le niveau de fond ambiant avant la réalisation des traitements ;
- l'influence du vent, même de faible vitesse, est à prendre en considération dans l'efficacité des traitements antivectoriels ULV,

- les caractéristiques des sites traités (zones enclavées, bâtiments ou végétation... faisant obstacle au traitement) sont également à intégrer dans la réalisation des traitements antivectoriels,
- le phénomène de revolatilisation dans les heures qui suivent les traitements antivectoriels a été confirmé par les concentrations atmosphériques mesurées, 4 à 5 fois plus faibles que celles observées lors du traitement. Ces concentrations sont caractéristiques du niveau de contamination du fond ambiant après traitements.
- les mesures de dépôts ont confirmé les indications des mesures atmosphériques, à savoir que le site de la clinique St Vincent n'a quasiment pas été touché par le brouillard de pulvérisation. A distance égale (10 m) les dépôts au sol de la clinique ont été 4 à 6 fois plus faibles que ceux de la Villa Barre.
- la distance d'impact du brouillard de pulvérisation a atteint 35 m. Les quantités déposées sont assez homogènes à 10 et 20 m, et légèrement supérieures à 35 m car ce point de mesures était potentiellement exposé à deux traitements consécutifs.

Ces résultats ne doivent pas être généralisés. En effet, provenant d'une expérimentation unique ils sont le reflet d'une situation particulière tant en terme de configuration spatiale que de conditions météorologiques.

b) Les milieux marins et estuariens (annexe n°4)

L'opération d'évaluation de la contamination potentielle du milieu marin par les biocides utilisés dans le cadre de la lutte contre le chikungunya a pour objet la réalisation de campagnes d'échantillonnage d'eau de mer (4 échantillons), de sédiments (10 échantillons) et d'organismes aquatiques marins et estuariens (23 échantillons) en vue de réaliser des analyses de niveaux de contamination par les biocides.

Deux campagnes d'échantillonnages ont été réalisées au cours du premier semestre 2006 par l'ARVAM et l'ARDA.

La première campagne (C1) a été réalisée les 21 et 22 février 2006, soit après la première tempête ayant générée une pluviométrie très abondante sur la Réunion (tempête n°9 du 18/02 au 20/02) et avant la tempête DIWA (qui est passée à proximité de la Réunion en engendrant de très fortes pluies du 03/03 au 07/03).

Le premier lessivage de la saison a ainsi pu être pris en compte.

La seconde campagne (C2) a été réalisée du 26 au 28 avril 2006.

Les échantillonnages ont été réalisés, soit depuis le bord de mer lorsque cela était possible, soit à partir d'une embarcation.

Pour tous les échantillons les analyses ont été réalisées au Laboratoire ETSA de Rouen.

Les seuils de détection sont précisés dans le tableau ci-dessous pour les trois molécules ciblées :

	Matrices animales	Eau brute
Téméphos	50 µg/kg	0,1 µg/kg voir moins si LC/MS
Fénitrothion	20 µg/kg	20 ng/l
Deltaméthrine	10-50 µg/kg	10 ng/l

Le spectre d'analyse a été élargi, sur les matrices animales uniquement, à d'autres molécules intéressantes à savoir, DDE, DDT, DDD, Endosulfan, Lindane, PCB, Alachlore, lambda Cyalothrine, Oxadiazon, Fipronil, Ethoprophos, Chlorpyriphos ethyl, Atrazine, Cadusafos, Diazinon, Diethion, Pendimethaline, Pyrazophos, Pyrimiphos, Terbutylazine, Trifluraline,)

ba. L'eau

Des prélèvements d'eau de mer ont été réalisés à proximité des embouchures de quatre cours d'eau (Rivière des Pluies à Ste Marie, Ravine des Lataniers à La Possession, Port de St Gilles à St Paul et Ravine des Poux à St Leu) les 21 et 22 février 2006.

Les résultats des analyses réalisées sur ces quatre échantillons d'eau brute n'ont permis de détecter aucune des molécules recherchées (temephos, fenitrothion, deltamethrine).

Il convient toutefois de noter qu'il s'agit là d'un échantillonnage extrêmement léger, réalisé afin d'évaluer l'intérêt de la mise en œuvre d'une seconde campagne plus importante.

Considérant l'absence de traces des molécules recherchées, en dépit d'un lessivage potentiellement important en raison des pluies très abondantes qui ont précédé les prélèvements, il a été décidé de ne pas relancer d'échantillonnage d'eau de mer et de concentrer les efforts sur les matrices animales et sédimentaires.

bb. Les sédiments

Les sites de prélèvement en milieu marin ont été fixés dans les zones d'influence du panache des rivières prioritaires. La sélection a été réalisée en fonction de la densité de zones ayant fait l'objet de traitements par bassin versant entre le 10 mars et le 13 avril (soit après les épisodes pluvieux exceptionnels de l'été).

Sur les quatre sites concernés par la campagne en milieu marin, deux techniques complémentaires sont appliquées par l'ARVAM, le prélèvement à la benne et le prélèvement par des pièges à sédiment.

Pour les prélèvements en milieu continental, un prélèvement manuel direct dans les flacons a été réalisé. La mise en œuvre a été confiée à l'ARDA.

Les prélèvements ont été réalisés sur 5 sites en milieu marin (Baie de St Paul, Grand Fond et Port de St Gilles à St Paul, Rivière des Marsouins à St Benoît et Rivière St Jean à Ste Suzanne) et 3 sites en milieu estuarien (Ravine St Gilles à St Paul, Rivière des Marsouins à St Benoît et Rivière St Jean à Ste Suzanne).

On constate que les trois molécules ayant fait l'objet d'une utilisation dans la lutte anti-vectorielle (LAV) n'ont pas été détectées dans les sédiments marins et estuariens analysés.

Les résultats concernant les sédiments estuariens sont à considérer avec précaution compte tenu de la nature grossière des sédiments prélevés (faible teneur en particules fines).

A noter en outre qu'un état initial de la contamination des sédiments marins avait été réalisé en décembre 2005 (DIREN et ARVAM, 2006).

A cette date, aucune des molécules recherchées dans le cadre du présent travail (incluant la recherche de la deltaméthrine) n'avait été détectée sur les 27 échantillons prélevés tout autour de l'île (à l'exception du DDT).

bc. Les organismes vivants

Des prélèvements de moules et d'oursins au niveau de différents sites répartis sur le littoral, Ste Marie (le port), Ravine des Lataniers à La Possession, Baie de St Paul, Grand Fond à St Paul, port de St Gilles à St Paul, St Leu (le port), Butor à St Benoît, et la Rivière St Jean à Ste Suzanne. Des prélèvements de poissons ont été réalisés sur les sites de Grand Fond et Ravine St Gilles à St Paul et au port de St Leu pour le milieu marin lui-même et dans les estuaires de la Rivière des Marsouins à St Benoît et de la Rivière St Jean à Ste Suzanne.

En ce qui concerne les substances actives utilisées dans le cadre de la lutte anti-vectorielle, le premier constat est l'absence d'observation du Temephos et du Fénitrothion sur l'ensemble des sites. Ces molécules, dont l'utilisation avait cessé depuis le 13 février 2006, ne semblent donc pas avoir été accumulées dans les animaux marins.

Une trace de deltaméthrine a été suspectée dans des oursins de la Baie de St Paul, dont le bassin versant a fait l'objet de traitements importants au cours de la période précédant les prélèvements (57 % des surfaces traitées dans la partie aval du bassin versant de l'Etang St Paul).

Ce résultat, certes unique - puisque aucune autre trace (< 10 µg/kg) de Deltaméthrine n'a pu être observée, ni dans les autres organismes aquatiques, ni dans les sédiments - n'en demeure pas moins très important compte tenu de la faible persistance de cette molécule dans l'environnement et de sa rapide métabolisation par les organismes vivants.

L'hypothèse d'une contamination très récente des oursins peut être avancée, de telle sorte qu'il ait été possible d'observer ces traces avant que la molécule n'ait été complètement métabolisée.

Cela sous-entendrait toutefois qu'une concentration importante ait été présente dans le milieu marin à ce moment là, qui pourrait faire craindre un impact potentiel sur les écosystèmes, bien que ce dernier ne soit pas réellement décelable dans le temps très court de la présente évaluation ou avec les méthodologies mises en œuvre.

En marge du sujet principal d'étude que constituaient les molécules utilisées dans la LAV, diverses autres molécules ont été observées à l'état de traces dans les échantillons prélevés (Fipronil, Endosulfan, Lindane, DDT, Alachlore, Terbutylazine, Oxadiazon, PCB).

c) Les eaux de captage

Un suivi renforcé de la des eaux de captage par la DRASS qui en a fait un bilan au 30 mai 2006. A cette date, 52% des prises d'eau de La Réunion ont été analysées. Sur les prélèvements réalisés avant le 15 février, 2% des captages présentaient des traces de fénitrothion et de téméphos bien qu'aucun traitement anti moustiques n'ait eu lieu dans les bassins versants correspondants. Les analyses de confirmation se sont révélées négatives. Dans les prélèvements réalisés après le 15 février, aucun résidu de fénitrothion, téméphos ou deltaméthrine n'a été détecté.

Il est à signaler que des résidus d'autres pesticides que ceux utilisés dans la lutte antivectorielle ont été détectés dans 36% des captages.

8- Les études concernant les effets

a) Les abeilles (annexe 5)

La présence importante d'abeilles dans les zones urbaines et périurbaines traitées dans le cadre de la lutte anti-vectorielle et l'imbrication des zones rurales et naturelles avec ces zones traitées amènent naturellement à se poser la question de l'impact sur le cheptel apicole : L'abeille a été retenue ici comme sentinelle des insectes pollinisateurs.

Les objectifs de l'étude sont triples :

- suivi de l'évolution à court terme de populations d'abeilles et de leur activité de production dans le cadre de la lutte anti-vectorielle.
- évaluation de l'efficacité du protocole de protection des ruchers mis en place en concertation avec la DRASS dès février 2006
- élaboration de mesures pour limiter l'impact de la lutte anti-vectorielle sur les abeilles.

Pour ce faire, trois types de suivi ont été mis en place :

- un suivi des colonies par les apiculteurs,
- un suivi des colonies par un agent sanitaire et enfin
- un suivi des incidents et la réalisation de prélèvements par le syndicat des apiculteurs.

Pour l'ensemble de ces études, les ruches suspectées de maladies ont été éliminées et le choix des essaims étudiés s'est fait sur des souches productrices de couvain et de pollen avec des reines jeunes.

L'ensemble de ces études a été coordonné par le syndicat apicole de La Réunion.

aa. Suivi de colonies par les apiculteurs

Un groupe d'une dizaine d'apiculteurs a été constitué selon les critères de sélection suivant :

- la motivation
- la répartition sur toute l'île
- une bonne connaissance apicole
- la possession de ruches témoins (zone traitée et non traitée)

Neuf d'entre eux ont effectivement fait un suivi sur trois ruches pendant huit semaines du 1^{er} au 25 juin 2006, soit 27 colonies étudiées.

Une fiche de suivi a été établie regroupant les informations nécessaires à l'étude. Elle a été orientée sur les symptômes connus que peut déclencher une intoxication des produits utilisés dans la LAV et ses conséquences. Elle a été remplie toutes les semaines pendant huit semaines, une fois par semaine. Les apiculteurs ont tous utilisé la même méthode de notation sur la fiche de suivi. Deux populations témoins ont été choisies, l'une en milieu traité, l'autre en milieu éloigné des traitements. Les conditions environnementales et de ressources mellifères des ruches suivies ont été à peu près identiques sur les deux populations. L'analyse des fiches s'est faite sur 3 regroupements de critères, qualité du couvain, quantité de réserve et apparition de symptômes.

ab. Suivi de colonies par un agent sanitaire

De façon à avoir une source de données différentes et uniformes, un agent sanitaire expérimenté a suivi sur huit semaines cinq ruchers (période du 1^{er} mai au 25 juin 2006), une fois par semaine, répartis uniformément sur l'île, trois en zone traitée et deux en zone non traitée. Trois ruches ont été suivies par rucher, soient quinze ruches.

Les fiches de suivi ont été utilisées dans les mêmes conditions. Les conditions météorologiques ont été prises en compte de façon à uniformiser le moment de recueil.

ac. Suivi des incidents et prélèvements

Dès le mois d'octobre 2005, le syndicat des apiculteurs a mis en place une veille des incidents de façon à faire remonter les problèmes rencontrés sur le terrain. Une fiche d'incident a été mise en place. Ces fiches ont été remplies par la même personne. Quatre incidents ont fait l'objet de prélèvements d'abeille mortes ou vivantes et de matériel dans la ruche comme la cire, le pollen et le nectar.

Dans le cadre du suivi des impacts, des prélèvements ont été déposés au laboratoire de la DGCCRF à des fins d'analyse : cinq échantillons de miel de 100g, de la cire et de la propolis. Les autres prélèvements de cire, pollen, nectar et abeilles seront conservés pour une étude à plus long terme.

Les analyses réalisées dans les échantillons de miel par le laboratoire régional de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes n'ont pas révélé la présence de résidus de fénitrothion, téméphos ou deltaméthrine.

Lors du premier protocole faisant appel au fénitrothion et au temephos et qui s'est terminé le 13 février 2006 de nombreux incidents ont été répertoriés avec des pertes directes à l'entrée des ruches et des dépopulations massives et rapides des colonies entraînant leur disparition. La perte du cheptel est évaluée par la profession à 15 à 20% sur l'ensemble de l'île avec des pointes sur le sud et l'ouest de l'île à 30%. Les facteurs extrinsèques aux traitements qui peuvent entraîner ce type de problèmes, conditions climatiques liées aux dépressions et maladies ont été limités. Il n'y a pas eu de saison des pluies importantes (mis à part l'épisode de Diwa) et les ressources ont été régulières (peu d'apiculteurs ont nourris leur ruches en janvier car les réserves internes étaient présentes). Ces incidents sont survenus à partir du mois de décembre et peuvent être rapprochés de quatre observations :

- Lors du premier protocole il n'y a pas eu d'organisation rigoureuse de la LAV et la multiplication des intervenants ainsi que leur absence de formation ont fait apparaître des sources d'incidents multiples liés plutôt à des surdosages et à de mauvaises applications des protocoles qu'aux produits proprement dit. Beaucoup de plantes en floraison ont été aspergées par les aérosols.
- Le traitement des ravines et des points d'eau, notamment par le téméphos, alors que le mois de janvier est une période d'intense activité de production de couvain nécessitant beaucoup d'eau a eu un impact certain sur la qualité du couvain et son importance.
- La forte volatilité du fénitrothion (40% de son volume) en période d'ensoleillement important (mois de janvier 2006 au-dessus des moyennes) et son action directe sur les abeilles
- En période de ressource moins importante comme en janvier, leur rayon d'action augmente, cela les exposant à se retrouver dans des zones traitées.

Au début de la saison de la miellée de baies roses, qui commence vers le 15 février, la plupart des colonies se sont retrouvées largement affaiblies. L'effet tampon et la bonne saison en terme de ressources ont permis de corriger en partie cette tendance. On peut noter que les régions qui commencent plus tôt la floraison ont mieux résisté que les autres : le sud et l'est.

Lors du deuxième protocole, les incidents répertoriés ont été divisés par cinq. Un tiers des ruches déclarées à la DSV ont été géoréférencées et les équipes de LAV les avaient indiquées sur leur plan. Les apiculteurs ont, de toute manière, été invités à se faire connaître auprès d'elle de façon à éviter les traitements dans un rayon de cent mètres autour des ruches. De plus les traitements ayant surtout lieu la nuit et la rémanence de la deltaméthrine étant courte, l'impact sur les colonies semble moins fort. Il y eu cependant quelques incidents directs dus surtout à une mauvaise coordination des services. Certaines équipes ne traitaient pas la zone incriminée mais celle qui passait de l'autre côté des limites de la carte ou traitaient sans respecter la distance puisque les ruches n'apparaissaient pas sur la carte. Actuellement, il n'est pas possible d'évaluer totalement l'impact du deuxième protocole car la récolte n'est pas terminée dans l'ouest. Elle y semble médiocre. Dans le sud et dans l'est de l'île, la récolte est bonne. Les conséquences de la tempête tropicale Diwa ont été les plus fortes dans l'ouest et les traitements de LAV ont été entrepris plus tard que dans le reste de

l'île donc avec des implications au moment de la miellée et un retard par rapport aux autres régions dans le renforcement des colonies.

Bien qu'il soit hâtif de donner des conclusions définitives, il semble juste de dire que l'impact des traitements est plus en rapport avec les protocoles de la LAV et de la communication des positions des ruchers d'une part et de la prise de conscience du risque par les apiculteurs d'autre part. On peut déjà établir la nécessité absolue de mettre en place une LAV en concertation avec les services de prophylaxie et des organismes apicoles. L'élaboration de ces règles de conduites pourra ensuite faire l'objet de diffusion auprès des services de prophylaxie afin de limiter l'impact des traitements sur le cheptel apicole. On ne peut en l'état donner des extrapolations sur l'entomofaune pollinisatrice.

b) Les autres arthropodes (annexe 6)

Pour évaluer l'impact potentiel des traitements adulticides sur la faune d'arthropodes non cible autre que les abeilles deux protocoles distincts ont été réalisés par l'équipe de l'insectarium de La Réunion

Le premier de type étude d'impact a été mené sur 5 sites du 21 mars au 4 avril 2006 :

St Paul, Plateau Caillou ;

St Denis, St François ;

La Possession, Ste Thérèse ;

St Paul, l'Etang St Paul et

La Possession, ravine des Lataniers.

Les premiers relevés ont été réalisés 4 à 7 jours avant le premier traitement spatial adulticide nocturne tandis que les échantillonnages de contrôle après traitement ont été effectués dans la matinée du deuxième jour après le deuxième traitement spatial adulticide nocturne, soit 50 à 55 heures après celui-ci, sauf sur deux zones pour lesquelles les conditions météorologiques ont contraint à repousser le contrôle au lendemain.

La diversité d'arthropodes a été évaluée à partir des arthropodes présents sur la végétation arbustive par battage sur un parapluie avec collecte exhaustive.

Trois paramètres descriptifs de la structure des populations d'arthropodes ont été mesurés :

- Abondance (nombre d'individus),
- Richesse spécifique (nombre d'espèces) et
- Diversité (paramètre prenant en compte à la fois le nombre d'espèces et le nombre d'individus par espèce).

En ce qui concerne l'abondance, 4209 individus ont été collectés dans les zones étudiées (288 Araignées, 3916 insectes et 5 myriapodes Diplopodes). Dans trois zones l'abondance est plus élevée après traitement (x1,5-2), dans les deux autres zones une tendance inverse est observée.

Pour la richesse spécifique, 147 espèces au total ont été collectées, dont quelques espèces très abondantes (fourmis, Psylles, ...). Après traitement, quelle que soit la zone, la richesse spécifique est plus élevée de 6 à 20%. Le nombre d'espèces nouvelles trouvées au deuxième échantillonnage est toujours supérieur au nombre de celles non retrouvées, un tiers du total des espèces rencontrées au premier échantillonnage se retrouve au deuxième.

Enfin, pour toutes les zones échantillonnées 55 heures après le traitement, l'indice de diversité de Fisher augmente tandis que pour les deux zones échantillonnées 75 heures après traitement il est diminué.

Une analyse en composantes principales ne permet pas d'associer la structure des peuplements d'arthropodes au traitement insecticide, les différences observées étant mineures comparées aux différences existant entre les sites étudiés.

En conclusion, les résultats montrent une augmentation de la richesse spécifique en arthropodes après traitement variable selon les sites étudiés, accompagnée d'une augmentation ou d'une diminution de l'abondance et de la diversité des arthropodes. Il est probable qu'un effet létal du traitement se soit manifesté de façon variable selon les espèces, mais la faiblesse des perturbations a pu être masquée par des phénomènes comme la multiplication des espèces à fort pouvoir reproducteur (Psylle par exemple), à des migrations dans un sens ou dans un autre (effet répulsif du produit, niche écologique restée vacante), mais ces premiers résultats ne présument pas d'effets à long terme sur les structures

des populations par suite d'effets létaux et sublétaux différents selon les espèces induisant des changements de celle-ci.

La seconde étude réalisée le 25 mai 2006 a eu pour objectif la mesure directe de l'impact d'un traitement nocturne par véhicule 4X4 sur 5 espèces d'arthropodes

Nephila inaurata (grosse araignée),

Periplaneta americana (blatte),

Aedes albopictus,

Solenopsis geminata (fourmi de feu) et

Ceratitis rosa (mouche des fruits).

Les organismes ont été encagés puis les cages ont été déposées au sol. Deux séries de deux transects séparées par 500m environ ont été réalisées. Sur chaque transect, les cages ont été placées à 5, 25 et 50m du passage du véhicule de traitement. Les organismes sont récupérés 1h30 à 1h45 après traitement et leur survie et celle des témoins est observée 12h après traitement.

La probabilité de survie à 12 heures est de 10% pour la fourmi de feu, 30% pour le moustique, 80% pour la mouche des fruits et 100% pour la blatte et l'araignée.

La grande différence entre les quatre transects montre l'importance des conditions météorologiques (vent en particulier) au moment du traitement.

Si le traitement se révèle avoir une efficacité, variable selon les espèces, on peut penser que l'impact se situe entre 5 et 25 mètres de part et d'autre du véhicule de traitement et qu'au-delà les effets à court terme sont pratiquement nuls.

Le cas particulier de l'*Aedes albopictus* peut sembler paradoxal car, au vu des résultats ci-dessus, on pourrait penser à une action limitée de la pulvérisation mais il faut bien noter que les conditions d'exposition minimalisent l'effet traitement par rapport aux autres espèces, l'insecticide ne pouvant atteindre le moustique qu'à travers le tulle obturant le gobelet imperméable.

L'absence d'effet sur les blattes est en contradiction avec les fortes mortalités observées chez ces organismes lors des études de dispersion atmosphériques réalisées par l'INERIS et l'ORA à St Denis. Cette contradiction pourrait peut être s'expliquer par une différence d'origine des organismes, des études de laboratoire ayant montrées que leur sensibilité est influencée par leurs conditions d'élevage.

c) Les salanganes (annexe 7)

La salangane *Aerodroma (Collocalia) francica*, petit oiseau des Mascareignes, de la famille des Apodides (Martinets) se nourrit en vol de plancton aérien. Cette espèce a donc pu être affectée par les produits utilisés pour la lutte anti-vectorielle.

Deux colonies de cette espèce situées toutes les deux dans le tunnel de l'ancien chemin de fer de La Réunion, l'une située à proximité immédiate de l'entrée ouest de St Denis (environ 3400 individus), l'autre à proximité de La Possession (environ 6000 individus) font l'objet de suivis mensuels par la SEOR depuis 1998. Ces observations ont donc servi d'état de référence pré traitement anti vectorielle.

Les données acquises en février, mars et avril 2006, sont comparées à celles des années antérieures (1998-2005) pour les même mois.

Les 10 visites réalisées entre février et avril 2006 dans ces deux colonies n'ont pas montré de présence de cadavres d'oiseaux sous les sites où se rassemblent chaque soir plusieurs milliers de salanganes.

La taille des ces deux colonies mesurée en 2006 reste proche des valeurs des années précédentes : 1200 à 2400 individus pour Saint Denis et 5500 à 6000 pour la Possession.

Chez les adultes, il n'y a pas de différence entre 2006 et les années antérieures du paramètre morphométrique de longueur de l'aile. Quelques différences, non significatives, apparaissent au niveau de la condition corporelle des oiseaux, mesurée sous forme d'un indice d'adiposité (niveau de graisse accumulée dans les fosses claviculaires), différences qui se répercutent, dans une moindre mesure, sur la masse corporelle, bien que cette différence n'apparaisse plus au niveau des écarts à la moyenne de la masse corporelle.

L'écart très net qui est mesuré en 2006 comparativement aux années précédentes est le retard dans l'avancement de la mue des salanganes adultes. Quels que soient les mois ou les sites, cette différence est observée : en 2006, les adultes remplacent leurs plumes du vol (appelées rémiges primaires) plus tardivement en 2006 que les années précédentes.

Le succès de la reproduction mesuré par la proportion de juvéniles dans l'ensemble de la population, atteint 25 à 30 % ce qui est identique aux pourcentages observés précédemment. Chez les juvéniles, la longueur de l'aile pliée et l'adiposité ne diffèrent pas significativement entre 2006 et les années précédentes. Par contre la masse corporelle des juvéniles est significativement plus faible en 2006 par rapport aux années précédentes.

Les deux seuls paramètres présentant de réelles différences en 2006 par rapport aux années précédentes sont la phénologie de la mue des adultes et la masse corporelle des juvéniles.

La mue correspond à une période très critique chez les oiseaux, période d'accroissement des besoins énergétiques et de diminution des capacités de vol pour la recherche alimentaire et pour échapper aux prédateurs. Les juvéniles de salanganes sont moins aptes que les adultes à se déplacer sur de plus grandes distances pour éviter des diminutions locales de l'accès aux ressources.

Le retard de remplacement des plumes des adultes et la plus faible masse corporelle des juvéniles sont, sans doute, à relier avec une diminution de l'accessibilité aux ressources alimentaires (plancton aérien), devenues plus rares ou moins accessibles. Les traitements chimiques utilisés dans les campagnes de lutte anti-vectorielle peuvent avoir conduit à une diminution des quantités d'arthropodes disponibles. Les phénomènes climatiques ont également de tels effets, longues périodes de sécheresse ou de pluies importantes. Ainsi, les périodes cycloniques, telles que Diwa en 2006, affectent à la fois les abondances d'arthropodes en suspension dans l'air ainsi que leur accessibilité pour les salanganes par une diminution des périodes favorables à la recherche alimentaire.

Les résultats de ces études ne mettent pas en évidence d'impact majeur des traitements insecticides sur la reproduction des salanganes. Cette conclusion doit être modulée par 1/ la

mise en place en urgence de ces protocoles et la nécessité de s'appuyer sur des protocoles déjà existants, 2/ par le manque de recul dans les analyses.

d) Les chiroptères (annexe 8)

Compte tenu de leur régime alimentaire insectivore, les chauves-souris *Mormopterus acetabulosus* et *Taphozous mauritianus* sont susceptibles d'être indirectement impactées par les traitements insecticides soit par disparition de la ressource alimentaire soit par ingestion de nourriture contaminée.

Pour mesurer d'éventuels impacts sur ces organismes, une colonie de *Mormopterus acetabulosus* située à la grotte de la Ravine Trois Bassins à La Saline et 3 groupes de *Taphozous mauritianus* (Mairie des roches noires à St Gilles les Bains, Pont de la Ravine Trois Bassins à La Saline et pont de la rivière Ste Suzanne à Ste Suzanne) ont fait l'objet par l'ONF, en collaboration avec la BNOI, de deux visites entre le 8 avril et le 24 mai 2006.

Après contact avec le BNOI, la SEOR, les ouvriers forestiers et les guides de montagne de l'AGGM, trois autres sites connus pour les chauves souris ont également été prospectés.

Les dortoirs à *Mormopterus acetabulosus* qui ont été visités n'ont pas connu de baisse d'effectif significative.

Pour les *Taphozous mauritianus*, il n'existe pas de dortoirs à grand effectif, mais les sites connus n'ont jamais été désertés et la reproduction a été vérifiée à plusieurs reprises.

e) Le suivi aux abords des habitations (cours et jardins)

Pour le premier suivi réalisé par la SEOR, il s'est agi de demander aux habitants (60) de signaler les cas de mortalité anormale observés à la suite des passages de lutte anti-vectorielle, ainsi que de rechercher activement dans 10 jardins, avant et après démoustication, tous cadavres de vertébrés. Ces enquêtes ont été réalisées dans un quartier de Saint-André entre le 25/03/06 et 07/04/06.

Aucun appel pour un signalement n'a été enregistré, de même qu'aucun cadavre n'a été trouvé après les 4 passages de lutte anti-vectorielle. A la lumière des remarques faites par les habitants, il est clair que ceux-ci étaient très vigilants sur ce sujet et informés des dates de passage réels des équipes de lutte anti-vectorielle.

Les faiblesses de ce protocole proviennent des difficultés de synchronisation avec les dates de passage des équipes de lutte, et, si des cadavres avaient été découverts, de l'impossibilité actuellement de confirmer une mortalité liée aux produits utilisés (fénitrothion puis deltaméthrine étant très labiles).

Le point fort est, sans conteste, l'accueil extrêmement favorable accordé aux enquêteurs de la S.E.O.R., les habitants ont expliqué être rassurés et satisfaits de savoir que des protocoles d'études étaient mis en place pour étudier les conséquences des actions de lutte anti-vectorielle sur l'environnement

La BNOI a par ailleurs été chargée d'assurer des observations dans les environs immédiats des habitations après le passage des équipes chargées de la démoustication, pour mesurer l'impact de la lutte anti-vectorielle sur des espèces diverses susceptibles d'être présentes localement.

Les observations portaient principalement sur les oiseaux, reptiles et accessoirement les insectes.

Initialement, quatre sites avaient été retenus, aux résidences personnelles des agents, car entourées d'un terrain suffisamment vaste pour mener des observations relativement concrètes, présentant une diversité appréciable en matière de faune et de flore, et faciles à observer quotidiennement, en fonction du calendrier des interventions de démoustication. Du fait de l'absence totale de démoustication pendant la période prévue 3 sites n'ont pas fait l'objet d'observations particulières.

Le quatrième site (Camp Magloire à La Possession Alt 30 m) a été l'objet d'observations continues, les pulvérisations par véhicule (insecticide) ou dans la cour (larvicide) s'y étant déroulées périodiquement, pas nécessairement aux dates prévues, mais en léger décalage, en raison soit de mauvaise météo, soit de prévisions initiales tombant pendant le week-end. Ce site offre un avantage certain : on peut, avec l'accord des résidents, circuler dans la pente se situant au-dessus des maisons voisines, ce qui représente une superficie non négligeable de deux à trois hectares de zone broussailleuse et bien arborée.

- Deux opérations par véhicule (insecticides) ont eu lieu pendant les nuits du 26 avril et du 3 mai.
- Trois opérations dans la cour ont été menées : les matins du 26 avril, du 3 mai et dans la semaine du 8 au 14 mai.

Suite à ces opérations, il semblerait que les espèces présentes n'aient pas été perturbées par les produits utilisés.

Bien que ces observations n'aient aucun caractère scientifique, il a été remarqué que les caméléons (deux mâles et deux à trois femelles connus, dont une jeune) n'ont pas déserté leur habitat et ont continué à fréquenter leurs branches habituelles, sur des acacias et des tamarins de l'Inde à environ 25 mètres de la rue, et sur des manguiers et des palmistes multipliant entre zéro et 10 mètres de la rue.

Il en est de même pour les agames (*Calotes versicolor*), pas de baisse sensible du nombre d'animaux.

Les geckos présents dans les résidences, sous les varangues ou sur les végétaux des cours ne semblent pas avoir été affectés par les produits pulvérisés. L'on a constaté le maintien des populations, ainsi que des naissances de plusieurs espèces telles que les geckos gris, blancs, *Phelsuma atriata semicarinata* (découvert sur le site en novembre 2003 et en expansion), *Phelsuma laticauda* (découvert sur le site tout récemment).

Les couleuvres loup, bien que très discrètes, fréquentent toujours ces milieux assez sauvages, leur principal indice de présence étant les mues accrochées aux murs de soutènement.

Le nombre de grenouilles, adultes et jeunes, et quelques crapauds ne paraît pas en diminution.

Bien que les oiseaux soient beaucoup plus mobiles que la faune terrestre, les observations n'ont pas décelé de disparition particulière sur les espèces présentes dans les cours du quartier. On note un nombre égal de commensaux tels que les moineaux, pas de diminution apparente de tourterelles zébrées, martins, tisserins, cardinaux, pigeons domestiques, bulbul orphée. Les oiseaux blancs sont toujours présents, ainsi que les hirondelles.

En ce qui concerne les mammifères, il convient de noter en premier lieu que les chauves-souris ne semblent pas avoir souffert des démoustications. La présence anecdotique de tangués se maintient, de même que celle de quelques musaraignes.

Enfin, aucune observation de mortalité n'a été constatée sur les insectes : papillons divers, mouches charbon, rares abeilles et nombreuses guêpes. Ces dernières sont présentes sur deux à trois nids, mais l'approche étant délicate, il n'a pas été possible de voir si les nids sont occupés par les larves. Vu de loin, cela semblerait possible.

f) Les eaux douces (annexe 9)

L'objectif du réseau d'alerte « surveillance des eaux douces » mis en place par l'ARDA et l'Office de l'Eau était d'assurer un suivi de l'impact des traitements sur la faune dulçaquicole sur le court terme.

Ce réseau fait intervenir deux approches ciblées sur des secteurs identifiés « à risque » :

- une surveillance des mortalités post-traitements consistant à reconnaître sur site les éventuelles mortalités ponctuelles anormales (reconnaissance visuelle ou par enquête),
- un suivi post-traitement de la faune piscicole et de macro-invertébrés benthiques mettant en œuvre une campagne spécifique d'échantillonnages standardisés.

Les sites de surveillance ont été sélectionnés selon des critères d'urbanisation, d'hydrologie, de morphologie et de conditions écologiques.

Enfin, les stations d'étude ont été localisées de manière superposée ou proche de celles du Réseau de Suivi Piscicole et du Réseau Qualité des Eaux.

In fine, les stations étaient localisées dans les secteurs suivants :

- Zone aval du Grand Bras Rivière St-Jean (St André)
- Zone aval de la Rivière Ste Suzanne (Ste Suzanne)
- Zone aval de l'étang St Paul (St Paul)
- Cours aval de la Ravine St Gilles (St Paul)

Pour l'interprétation des résultats, les données piscicoles et les données sur les macro invertébrés issues du « Suivi Piscicole » et du « Réseau Qualité » ont servi de référence. Sur l'étang St Paul les peuplements de poissons ne faisant pas l'objet de suivi, les données issues de l'inventaire réalisé en 1996 (ARDA/DIREN/CSP/Région Réunion) ont servi à titre de comparatif.

Le principe de la surveillance des mortalités est l'observation in situ d'éventuels cas de mortalités de poissons et/ou macro crustacés en s'appuyant sur les agents de la BNOI et sur des enquêteurs relais sur les sites du réseau d'alerte.

Pour le suivi de la faune piscicole le mode de capture a été la pêche électrique (méthode de pêche « totale », méthode de pêche par ambiances ou méthode de pêche par sondage par point selon les stations). Sur les deux stations en rivières échantillonnées pour les macro-invertébrés aquatiques la méthode de prélèvement utilisée est celle de l'IBGN (indice biologique global normalisé).

Le réseau d'alerte sur les milieux aquatiques a été techniquement mis en œuvre à partir du 10 avril 2006 par l'initiation des surveillances des mortalités. Par la suite, les échantillonnages du suivi de la faune piscicole et des macroinvertébrés benthiques ont été menés entre le 10 et le 31 mai 2006.

Au cours des surveillances réalisées, aucune mortalité de la faune aquatique n'a été relevée que ce soit par les agents de la BNOI ou par les enquêteurs relais. Il est à noter qu'une sensibilisation particulière des Présidents d'associations agréées de pêche et de protection des milieux aquatiques (AAPPMA) a été faite par le Président de la fédération départementale de pêche de La Réunion.

Compte tenu de l'absence de mortalité, les dosages de résidus prévus n'ont pas été réalisés.

Globalement, les échantillonnages réalisés n'ont pas mis en évidence de dégradation particulière des peuplements de poissons et macro crustacés au regard de la chronologie des données disponibles.

La comparaison du peuplement observé en mai 2006 avec les séries chronologiques disponibles ne laisse pas apparaître de modification significative dans l'évolution interannuelle du peuplement.

Sur l'étang St Paul, les sondages réalisés sur la zone des sources de l'étang ont permis de comparer les peuplements en terme de présence/absence des espèces entre les années 1996 et 2006. L'image des peuplements ainsi proposée montre une augmentation de la richesse spécifique observée sur ces zones.

Ces résultats ne permettent pas de proposer une caractérisation de l'état des peuplements, mais ils mettent en évidence une relative stabilité des principales populations sur les stations échantillonnées en 2006.

D'une façon générale, on n'observe pas de récente dégradation majeure des peuplements de poissons et de macro invertébrés sur les bassins versants du réseau d'alerte.

L'existence de chroniques de données issues du réseau de surveillance qualité géré par l'Office de l'eau a permis de confronter les résultats obtenus en mai 2006 à une tendance ou une image représentative des portions de cours d'eau étudiés pour des années antérieures à la lutte contre les moustiques vecteurs du chikungunya.

Concernant la ravine St Gilles, l'échantillonnage de mai 2006 confirme une situation plutôt bonne selon les critères retenus à La Réunion. Cependant, il y a une différence notable de composition faunistique, les dernières crues entraînées par la tempête tropicale Diwa en mars peuvent être à l'origine de cette restructuration. Concernant la Grande Rivière St Jean, la situation est également plutôt correcte. Néanmoins, bien que diversifié, le peuplement est largement dominé par une famille de mollusques.

Ces deux derniers résultats placent les deux sites d'étude dans la tranche supérieure de la grille de qualité définie à La Réunion à partir de la structure des peuplements ;

L'analyse de ces résultats ne révèle donc pas « d'anomalie » ou de « dérive » particulière par rapport à une situation antérieure.

Néanmoins, si ces études ne mettent pas en évidence de dégradation de milieux aquatiques d'eau douce à court terme, il est important de veiller à la non dégradation des milieux à plus long terme au travers d'une part des réseaux existants de suivi de la qualité des milieux (Suivi Piscicole et Suivi HydrobioQualité) et d'autre part, en cas de poursuite des pulvérisations massives, de la poursuite de la mobilisation concernant la surveillance des mortalités.

9- Etude sur la répartition géographique d'espèces sensibles – Cas du Phelsuma de Manapany (Annexe n° 10)

Le lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*) est une espèce endémique de La Réunion présente dans le sud de l'île, entre le niveau de la mer et 200 m d'altitude environ, sur les communes de Petite-Île et Saint Joseph.

Que cette espèce fréquente des milieux naturels ou artificiels (à l'extérieur et à l'intérieur des habitations notamment), elle est susceptible d'être affectée par des effets indirects de la démoustication.

Suite à des demandes d'associations relayées par la commune de St Joseph et compte tenu du caractère endémique et de la faible surface de l'aire de répartition de cette espèce, une étude visant à préciser son aire de répartition a été confiée au bureau d'études Biotope.

Le protocole mis en place ne correspond donc pas à un suivi de l'impact potentiel de la lutte antivectorielle sur cette espèce mais plutôt à une redéfinition de son aire de répartition dans le but de proposer une zone d'exclusion pour d'éventuels futurs traitements adulticides.

Les prospections se sont concentrées sur une zone périphérique à l'aire de répartition telle qu'actuellement définie par R. Bour, S. Ribes et JM. Probst en 1994. Cette aire est actuellement estimée à 5 km². La zone d'étude, large de 1 km couvre environ 13 km².

Afin de fournir un effort de prospection standard sur des sites choisis aléatoirement, la zone d'étude a été découpée en 210 mailles de 6,25 ha dont un tiers environ ont été tirées au sort et visitées.

Lors de chaque observation de *Phelsuma inexpectata*, le nombre minimum d'individus, leur sexe et une localisation GPS ont été notés.

Les observations de terrain ont été réalisées par un observateur, entre le 6 mai et le 6 juin et complétées par des observations ponctuelles collectées dans le cadre du Plan de gestion du littoral de Petite-Île.

Le Lézard vert de Manapany a été observé dans 16 stations sur un total de 76 visitées, le littoral, son habitat naturel, étant logiquement le plus représenté.

La grande majorité des lézards observés l'ont été sur des vacoas. Quelques stations en falaise concernent des faux-poivriers et des chocas verts. En zone urbaine, des perchoirs variés ont été notés : bananier, palmiste, yucca, aracées d'ornement, figuier, murs... Ces observations sont assez similaires à celles de Bour et al. (1995).

78 lézards verts ont été observés (moyenne de 4,9 par station, écart-type de 12). Seule la station de la plage de Manapany-les-Bains abrite une population importante estimée à au moins 51 individus (plus probablement entre 100 et 200 individus).

Pour comparaison, Bour et al. (1995) avaient localisé 26 stations occupées par l'espèce, totalisant 445 individus (moyenne de 17,1 par station, écart-type de 19,0). Parmi les deux stations totalisant plus de cinquante individus chacune, l'une d'elles (littoral des Grègues) a quasiment disparu en effet entre 1994 et 1997 (Probst & Turpin, 1997). L'autre (plage de Manapany) a conservé un effectif proche à ce jour de celui de 1994.

Si ces différences entre deux inventaires peuvent être imputées en partie à des conditions d'observation distinctes (nombre d'observateurs plus élevé en 1994, début de saison estivale (novembre) avec un plus grand nombre de jeunes...), il apparaît cependant qu'une tendance à la régression du lézard vert de Manapany se profile.

Des témoignages oraux d'habitants ont confirmé a posteriori l'absence du lézard vert de Manapany dans une vingtaine de stations potentiellement favorables, ou au contraire indiqué de manière certaine et fiable sa présence dans sept autres localités (en zone urbaine le plus souvent).

Plusieurs témoignages ont fait état d'une présence (très improbable) à la Marine de Vincenzo, ce qui semble infirmé par les prospections naturalistes déjà menées sur place et

les dires d'un habitant. Des mentions de lézards verts au Parc à Mouton de Vincenzo se rapportent vraisemblablement à *Phelsuma borbonica mater*, le Lézard vert des forêts.

Trois cas de disparition de populations et un cas de forte raréfaction ont été rapportés, attribués souvent directement à l'urbanisation de secteurs auparavant ruraux. L'usage de produits phytosanitaires pour les cultures a été aussi cité. Dans une localité la disparition remonte à 10 ans environ et dans une autre à quelques mois seulement.

La démoustication « atmosphérique » consécutive à l'épidémie de chikungunya n'est apparemment pas identifiée comme une cause de déclin de l'espèce, puisque de petites populations ont été observées après démoustication dans les cours de certaines maisons de Manapany-les-Bas.

Rappelons que Manapany-les-Bains est le seul secteur de l'aire d'étude où la démoustication se limite à un traitement des gîtes larvaires, à titre de précaution pour préserver la population locale de Lézard vert

Les prospections réalisées en 2006 n'apportent pas d'éléments nouveaux par rapport à la définition de l'aire de répartition de *Phelsuma inexpectata* par Bour et al. (1995). La distribution de l'espèce se concentre en effet dans une faible bande littorale entre Grande Anse à l'ouest et la rive droite de la Rivière Langevin à l'est. La présence éventuelle du Lézard vert à la Marine de Langevin (en rive gauche) n'est toujours pas exclue.

La carte figurant dans le rapport intégral en annexe n°8 fait apparaître une régression des effectifs et/ou des stations du Lézard vert de Manapany sur l'ensemble de son aire en 12 ans, ce qui demande certaines vérifications complémentaires (nouvelle campagne en été austral par exemple).

10- Conclusion

La lutte antivectorielle engagée contre le chikungunya à l'île de La Réunion a nécessité l'emploi de quantités importantes d'insecticides dont les caractéristiques écotoxicologiques pouvaient faire craindre des impacts non négligeables sur la faune non cible et les milieux, en particulier les milieux aquatiques.

Les recommandations prises dans le cadre de la lutte antivectorielle limitée aux zones périurbaines (arrêt des traitements lorsque le vent dépasse 20 km/h, zone d'exclusion de 25 à 50 mètres autour des cours d'eau pérennes selon le mode de traitement, protection des captages destinés à l'eau potable, zone d'exclusion des traitements adulticides pour la protection du lézard de Manapany, prise en compte des emplacements des ruchers et des principales zones mellifères dans la détermination des zones à traiter) et le choix des produits utilisés à partir du 13 février 2006 ont permis de minimiser les risques et d'éviter des impacts écologiques importants.

Ainsi, aussi bien dans les eaux de captage que dans les eaux douces et marines et les organismes vivants dans ces milieux, il n'a pas été retrouvé de résidus de pesticides utilisés dans la lutte antivectorielle.

Aucun impact n'a été mis en évidence sur la faune d'invertébrés et de poissons des milieux aquatiques d'eau douce.

Pour la faune terrestre, les observations réalisées n'ont pas mis en évidence de phénomènes de mortalité anormale dans les zones urbaines et périurbaines.

Les populations connues des 2 chauve-souris endémiques sont normales. Par contre, si pour les adultes de Salangane, les observations ne montrent pas de perturbations des organismes, en revanche des questions se posent pour l'avenir des juvéniles de cette année dont quelques caractéristiques morphométriques et physiologiques (phénologie de la mue et masse corporelle) sont significativement différentes par rapport aux années précédentes.

Pour la faune non cible d'arthropodes, un impact modéré mais détectable peut être mis en évidence sur les populations soumises aux traitements dans un rayon d'action et une durée qui reste à préciser.

Pour les ruchers, les fortes mortalités observées dans quelques cas sont plus liées à des dysfonctionnements dans la mise en œuvre du protocole de la lutte qu'aux insecticides, quels qu'ils soient, car ces molécules sont toutes fortement toxiques pour les abeilles (non connaissance de la présence des ruchers, erreurs de traitement, non application des mesures de protection des ruchers, ...).

Si on peut conclure, que ces traitements antivectoriels à grande échelle n'ont pas eu de conséquences graves sur les milieux et la faune terrestre et aquatique, il faut bien noter les limites de cette étude qui, dans le temps qui lui était imparti, ne pouvait prendre en compte que les effets létaux et sublétaux à court terme mais ne pouvait en aucun cas appréhender les effets indirects à long terme, tels que définis dans le chapitre 6-1.

Dans le cadre d'une généralisation de la lutte antivectorielle à La Réunion, les protocoles d'observation mis en œuvre au cours du premier semestre 2006 devraient être poursuivis par la mise en place d'un suivi régulier et la mise en œuvre de recherches approfondies concernant l'impact des pesticides en milieu tropical (voir préconisations chapitre 11)

11- Préconisation pour l'avenir dans le cadre du dispositif pérenne de lutte anti-vectorielle.

Au vu de ces conclusions le comité scientifique propose les préconisations suivantes :

1- La nécessité d'une bonne conception des programmes de traitement :

Dans le cadre de la mise en place d'une lutte pérenne, et afin d'assurer l'efficacité des moyens mis en œuvre, il faudra veiller à maintenir une coordination et une planification précise et claires des différents services impliqués dans le dispositif de lutte anti-vectorielle.

Cette nécessaire coordination et planification doit permettre de préciser d'un commun accord les zones devant être traitées (ou retraitées), de définir conjointement les consignes particulières à mettre en œuvre pour les zones sensibles, le choix des substances actives, la préconisation d'une lutte adulticide ou larvicide ou les deux simultanément, de connaître précisément les quantités utilisées globalement et par bassin versant.

Il faut que dans ce cadre, les consignes données aux équipes de démoustication sur le terrain soient claires, nettes et précises, ne prêtant pas aux interprétations, pour qu'elles soient respectées et appliquées.

2-La nécessité d'un bon respect des consignes :

Les traitements dans certaines conditions météorologiques sont inefficaces, voire dangereux pour la santé humaine et l'environnement.

Il est donc nécessaire de maintenir la vigilance quant au respect des prescriptions de non intervention dans certaines conditions météorologiques (pluie, vent).

De même, les zones sensibles définies dans le cadre du programme de traitement adulticide et les zones de non intervention (par exemple autour des ruchers) doivent être impérativement respectées si l'on veut éviter des incidents, condition essentielle à la bonne acceptation sociale des traitements par la population, et des contraintes imposées à certains acteurs (apiculteurs par exemple).

De même, certaines préconisations concernent non pas les applicateurs mais les usagers (apiculteurs par exemple), il est nécessaire qu'ils en soient bien informés pour les mettre en œuvre avant le passage des équipes d'intervention.

Pour pouvoir respecter les consignes, il est nécessaire que les futures équipes de démoustication, dans le cadre d'une lutte pérenne, reçoivent une formation de base dans le domaine de la connaissance de la flore et de la faune sensibles (comme par exemple les pollinisateurs et les plantes à fleurs essentielles).

3-Le besoin d'assurer une bonne maîtrise des autres traitements :

Des interventions ne rentrant pas dans le protocole coordonné mentionné au 1. peuvent avoir lieu à l'initiative de privés (entreprises, bailleurs sociaux, ...), mais aussi parfois de collectivités publiques.

Il est nécessaire que ces interventions soient programmées en accord avec le protocole d'action global, pour éviter les doubles interventions sur les mêmes zones et l'ignorance des zones sensibles, et permettre une bonne connaissance des produits et des tonnages utilisés.

4- La nécessité d'une bonne connaissance des points sensibles à protéger :

Un certain nombre de zones sensibles pour l'environnement ont été identifiées : zone de présence du lézard de Manapany, ruchers, points d'eau, ...

Des prescriptions particulières ont été édictées dans le cadre des programmes de traitements, des consignes particulières ont été données aux équipes de traitement.

Mais, pour le respect de ces prescriptions et consignes, il est indispensable que ces zones sensibles soient précisément géoréférencées et portées sur les cartes mises à disposition des équipes de démoustication en veillant aux problèmes des sites pouvant être en limite d'une zone traitée mais n'apparaissant pas sur les cartes susdites.

5- Une nécessité de mise en place d'un suivi à moyen et long terme élargi à d'autres menaces :

Les études réalisées suite à la mise en œuvre des traitements antivectorielle ont été centrées sur les impacts à court terme de ceux-ci sur la faune et les milieux, or, les impacts potentiels à long terme liés à ces traitements ne peuvent être déduits des observations court terme.

Par ailleurs, la détection dans des constituants des écosystèmes aquatiques de différentes substances non impliquées dans la lutte antivectorielle, comme des PCB par exemple, met bien en évidence le caractère multiple des agressions auxquelles sont soumis ces écosystèmes.

Dans ces conditions, la mise en place de réseaux de suivi à moyen et long terme de la qualité des milieux est donc indispensable.

En milieu aquatique, cette action doit se traduire par un renforcement des réseaux existant, tandis qu'en milieu terrestre une réflexion doit être menée concernant la définition des indicateurs les plus appropriés pour la création de tels réseaux.

6- Une nécessaire réflexion sur les protocoles de lutte dans les ravines :

Certains milieux en zone périurbaine, comme les ravines par exemple, présentent une flore et une faune d'un intérêt patrimonial certain (plantes aquatiques, invertébrés, insectes,...).

Dans le même temps, ces zones représentent souvent des lieux de gîte importants pour les moustiques (adultes et larves).

Il y a donc une contradiction entre les enjeux de santé publique et ceux de préservation de la biodiversité qu'il faudra gérer au mieux. En particulier, les actions visant à éliminer les déchets et encombrants pouvant être des gîtes larvaires, ainsi que le recours préférentiel à la lutte larvicide au dépend de la lutte adulticide devront être favorisés. En tout état de cause, la préservation, lors des passages de la structure des peuplements végétaux devra être recherchée.

7- Une nécessaire réflexion sur la préservation de la flore et de la faune dans le cadre de la lutte antivectorielle :

La lutte antivectorielle contre *Aedes albopictus* sur l'île de La Réunion est, compte tenu de l'écologie de ce moustique, mise en œuvre en zone urbaine et périurbaine. Le tissu urbain à La Réunion présente une couverture végétale importante dont la structure en strates (herbacée, arbustive et arborescente) offre des abris et des ressources alimentaires à toute une faune dont la valeur patrimoniale n'est pas négligeable (invertébrés, insectes, reptiles, oiseaux, chauve-souris,...).

Dans ces conditions, il serait nécessaire d'une part de mieux connaître qualitativement et quantitativement cette faune et d'autre part de pouvoir réitérer les observations concernant évaluer l'impact des traitements sur celle-ci, en impliquant les associations de protection de l'environnement, voire la population.

8- Une nécessité d'action et de protection spécifique pour le lézard de Manapany (*Phelsuma inexpectata*) :

Le lézard de Manapany est une des deux seules espèces de reptiles indigènes et endémiques de l'île de La Réunion, dont l'habitat situé entre 0 et 200 mètres d'altitude se trouve principalement en zones urbaines et périurbaines, susceptibles d'être traitées dans le cadre de la lutte antivectorielle.

La comparaison des données sur la répartition de cette espèce et de ses effectifs entre 1994 et 2006 montre un déclin de ses populations.

Les menaces sur cette espèce nécessitent, dans le cadre de la lutte antivectorielle, de limiter au maximum les traitements adulticides dans les secteurs de présence de l'espèce, voire les interdire dans le noyau dur de la population (Plage de Manapany les bains). Rappelons que l'autre noyau reconnu en 1994, situé sur le littoral des Grégues a disparu.

La mise en place d'un arrêté de protection de Biotope préfectoral sur cette zone est nécessaire. A moyen terme, dans le cadre de la Stratégie Nationale pour la biodiversité, la mise en place d'un plan d'action sera particulièrement adaptée.

9- La nécessité de la mise en place de programmes de recherche à long terme :

Les études court terme mises en place dès le mois de février 2006 ont montré tout leur intérêt du point de vue scientifique, mais aussi sociologique dans la mesure où elles permettent de répondre à une légitime interrogation de la population concernant l'impact de la lutte antivectorielle sur les milieux et la faune.

La mise en place de ces études a également montré la difficulté courante rencontrée dans de telles situations, à savoir le manque de connaissance sur les états initiaux.

Le développement de la lutte antivectorielle dans les DOM-TOM contre les vecteurs de maladies épidémiques (chikungunya, dengue, paludisme,...) nécessite la mise en place de protocoles de suivi adaptés aux zones tropicales et le développement d'étude à long terme sur l'impact des pesticides dans ces milieux et en particulier sur les récifs coralliens.

Dans ce contexte, les propositions de recherche 1. EnviroChik, déposée auprès de l'agence nationale pour la recherche et regroupant à la fois des chercheurs de La Réunion ayant participé au suivi à court terme et des chercheurs métropolitains appartenant aux grands organismes de recherche et 2. ERICOR déposée dans le cadre du programme « Pesticides » du ministère chargé de l'environnement doivent être soutenues, car elles s'appuient sur un acquis scientifique et technique reposant sur des investissements aussi bien humains que financier qu'il serait dommageable de ne pas valoriser en stoppant cet élan profitable à l'ensemble des DOM-TOM.

En parallèle à ces diverses préconisations, le comité scientifique souhaite attirer l'attention des pouvoirs publics sur les procédures de mise sur le marché de produits biocides en zone tropicale.

En effet, si la recherche des produits insecticides utilisés dans le cadre de la lutte antivectorielle dans les milieux aquatiques (eaux douces et marines) et dans les eaux de captage, s'est avérée négative, elle a révélé, en revanche la présence de toute une série de substances actives pesticides ou de leurs métabolites.

Ces substances, dont les formulations sont mises sur le marché après évaluation des risques pour les écosystèmes dans des conditions climatiques et d'usages métropolitains, ne font que très rarement l'objet d'évaluation pour les écosystèmes tropicaux dans des conditions climatiques représentatives de ces milieux.

Dans ces conditions, il serait nécessaire lors de l'autorisation de mise sur le marché de ces produits d'en limiter les usages en zone tropicale, si les essais pratiques dans de telles zones n'ont pas démontré l'innocuité pour ces milieux, et en particulier les récifs coralliens.