
IGS

Promotion : **2010-2011**

Date du Jury : **Octobre 2011**

Analyse des pratiques actuelles destinées à limiter la propagation d'*Aedes albopictus* dans la zone sud est de la France et propositions d'amélioration

Anthony Brasseur

Lieu de mémoire : Direction générale de la santé (RI)

Responsable pédagogique : Michèle Legeas

Référent professionnel : Thierry Comolet

Remerciements

Je tiens d'abord à remercier le docteur Bernadette Worms, Ghislaine Palix-Cantone et Dominique Mous pour m'avoir accueilli au sein de la sous direction prévention du risque infectieux.

Je tiens également à remercier le docteur Thierry Comolet pour m'avoir fait confiance durant ce stage et m'avoir aidé dans ma réflexion sur ce travail.

Je remercie également, ma référente pédagogique, Mme Michèle Legeas qui a su être disponible durant le stage et avec qui les discussions ont toujours été enrichissantes.

Je souhaite également remercier Frédéric Jourdain, d'avoir accepté de m'accorder du temps et m'avoir fait partager son expérience sur le sujet.

Sans pouvoir les nommer, pour raison de confidentialité, j'aimerais tout particulièrement remercier l'ensemble des personnes, qui ont accepté de se rendre disponible pour répondre aux questionnaires, m'accorder des entretiens téléphoniques ou en tête à tête, et sans qui ce travail n'aurait pas été possible.

Je tiens finalement à remercier les agents de la sous direction « prévention des risques infectieux » et bien d'autres à la DGS pour leur accueil et leur soutien.

Sommaire

Introduction.....	1
Partie 1 : Généralité sur <i>Aedes albopictus</i> , les maladies vectorielles et les moyens de lutte antivectorielle.....	3
I. <i>Aedes albopictus</i> , l'homme, l'environnement et la menace des maladies vectorielles	3
1. Origine et bioécologie d' <i>Aedes albopictus</i>	3
1.1 L'origine d' <i>Aedes Albopictus</i>	3
1.2 L'écologie d' <i>Aedes albopictus</i> :.....	4
2. <i>Aedes albopictus</i> , un vecteur adaptable à l'homme et son milieu.....	6
2.1 Les adaptations d' <i>Aedes albopictus</i>	6
2.2 L'homme et son environnement, quel rôle dans la propagation d' <i>Aedes albopictus</i> ?	10
3. <i>Aedes albopictus</i> , vecteur de maladie, une problématique de santé publique	11
3.1 <i>Aedes albopictus</i> , un vecteur compétent pour plusieurs agents pathogènes	11
3.2 Deux maladies et aucun vaccin	12
II. La lutte anti vectorielle, une approche plurielle	15
1. La LAV une réponse de santé publique à des menaces épidémiques	15
1.1 Généralité sur la LAV	15
1.2 Les méthodes de lutte actuelles.....	16
2. Quels nouveaux moyens de lutte en perspective ?.....	22
2.1 La technique des insectes stériles (TIS) :	22
2.2 La technique de libération d'Insectes Porteur de Gène Létal Dominant (RIDL) 23	
2.3 La technique d'insertion d'un gène rendant le vecteur réfractaire à un agent pathogène	23
2.4 La bactérie Wolbachia :.....	23
Partie 2 : La stratégie Française, ses forces et ses faiblesses du point de vue des acteurs :.....	25
I. La stratégie Française.....	25
II. Moyens utilisés pour l'analyse de la stratégie actuelle.....	28
1. L'identification des acteurs	29
2. Limites et difficultés perceptibles de l'exploitation du questionnaire :	30
III. Synthèse des entretiens et questionnaires	31
1. Réponses aux questionnaires	31
➤ Stratégie de lutte antivectorielle.....	31
➤ Surveillance entomologique	35

➤ Education et information communautaire	35
➤ Retour d'expérience et collaboration interdépartementale, communautaire et internationale :	36
2. Bilan et perspectives des personnes interrogées	38
Partie III : Recommandations	41
I. Trois grandes voies d'améliorations.....	41
1. Renforcer la collaboration intersectorielle :	41
2. Renforcer l'implication du grand public à travers une communication locale.....	42
3. Renforcer la recherche.....	45
II. Que faut-il mettre en œuvre sur le territoire Français ?	46
1. Sélection et discussion sur les méthodes recensées.....	46
2. Le SILAV un projet utile à l'avenir de la LAV	46
3. Une stratégie concrète de lutte en France métropolitaine : Une lutte intégrée s'appuyant sur les pièges pondoir létaux	47
Conclusion	49
Bibliographie	51
Liste des annexes	I

Liste des sigles utilisés

AFSSAPS	Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé
AFSSET	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail devenue
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS	Agence régionale de santé
BTP	Bâtiments et travaux publics
CAD	Cellule d'aide à la décision
CHU	Centre hospitalo-universitaire
CIRE	Cellule de l'InVS en région
CNES	Centre national d'étude spatial
CNEV	Centre national d'expertise des vecteurs
CNR	Centre national de référence
CODERST	Conseil de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques
CRES	Comité régional d'éducation pour la santé
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DRASS	Direction régionale des affaires sanitaires et sociales
ECDC	European centre for disease prevention and control
EID	Entente interdépartementale de démoustication
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
InVS	Institut de veille sanitaire
IRD	Institut de recherche pour le développement
IRPES	Institut régional de promotion et d'éducation pour la santé
LAV	Lutte antivectorielle
OMS	Organisation mondiale de la santé
PLU	Plan local d'urbanisme
RETEX	Retour d'expérience
RSI	Règlement sanitaire international
SCOT	Schéma de cohérence du territoire
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SI-LAV	Système d'information- lutte antivectorielle
TIS	Technique de l'insecte stérile

Introduction

La lutte contre les vecteurs et les maladies qu'ils sont susceptibles de transmettre n'est pas nouvelle en France métropolitaine. En effet, jusqu'au 20^e siècle, des cas de paludisme étaient signalés en Europe et en France dans la région Rhône Alpes et en Corse. Cette maladie a ensuite disparu du territoire Français. L'élimination des maladies transmises par les moustiques semblait acquise. Les arboviroses telles que le chikungunya, la dengue ou la fièvre jaune ne pouvaient pas, à priori toucher l'hexagone puisque leur vecteur, *Aedes aegypti*, est un moustique spécifique des régions chaudes tropicales. Cependant, depuis les années 1980, un moustique potentiellement vecteur de maladies infectieuses, *Aedes albopictus*, a atteint et s'est adapté au territoire Européen. Ainsi, les problématiques des maladies transmises par les moustiques et de la lutte antivectorielle sont de nouveau d'actualité en France métropolitaine.

Les épidémies récentes, de chikungunya en Italie (2007) et de dengue à la Réunion (2005), ont convaincu les politiques et les acteurs de santé publique que ces problématiques étaient incontournables dans les prochaines années et qu'il ne s'agissait plus d'une hypothèse théorique.

Ce mémoire est une étape permettant à la direction générale de la santé et en particulier à la sous direction « prévention des risques infectieux » de disposer d'un éclairage complémentaire et global en matière de lutte antivectorielle sur le territoire Français métropolitain. L'objectif de ce travail est de réaliser un état des lieux et un comparatif des pratiques actuelles pour en dégager des orientations stratégiques et des priorités d'action dans ce domaine d'intervention réellement nouveau. En ce sens, ce travail pourrait participer à l'éclairage de la décision en santé publique pour faire face à un péril inédit.

Ce mémoire s'attachera d'abord à comprendre les spécificités de l'espèce, *Aedes albopictus*, qui lui ont permis de s'implanter sur le territoire Français métropolitain. Il exposera ensuite les différentes stratégies utilisées en France et dans le monde pour lutter, ou du moins limiter, la propagation de ce moustique et/ou de moustiques qui en sont proches ainsi que des maladies qu'ils sont susceptibles de transmettre.

Enfin, l'analyse de questionnaires et d'entretiens avec différents acteurs de la lutte antivectorielle me permettra d'envisager des propositions d'amélioration de la stratégie de contrôle et de limitation d'*Aedes albopictus*, pertinentes, faisables et pérennes et de les discuter.

Partie 1 : Généralité sur *Aedes albopictus*, les maladies vectorielles et les moyens de lutte antivectorielle

I. *Aedes albopictus*, l'homme, l'environnement et la menace des maladies vectorielles

1. Origine et bioécologie d'*Aedes albopictus*

1.1 L'origine d'*Aedes Albopictus*

Aedes albopictus, communément appelé « moustique tigre » appartient à la famille des culicidae et à la sous-famille des culicinae. Il fait partie du genre *Aedes* et du sous genre *Stegomyia*. Il est membre, comme son nom l'indique, de l'espèce *albopictus*. (H. Delatte, 2009)

Le moustique *Aedes albopictus* est originaire d'Asie du sud est, des îles du Pacifique et de l'Océan Indien. Il a vraisemblablement été introduit sur le territoire Européen par l'intermédiaire de cargos venant d'Asie. L'importation, en Europe, de pneus usagés (qui constituent des sites de ponte privilégiés d'*Aedes albopictus*) en provenance d'Asie ou des Etats-Unis, et plus accessoirement des plantes venant du sud de la Chine, *dracaena sandariana* ou « Lucky bambou », sont les causes identifiées à ce jour de la colonisation de nos territoires par ce moustique. (N. G. Gratz, 2004; D. Roiz, 2011)

Ce moustique a été observé pour la première fois sur le territoire Européen en Albanie en 1979 puis a colonisé l'Italie où sa première mise en évidence a eu lieu à Gènes en 1990. La France a été colonisée plus tard. Les premières larves d'*Aedes albopictus* ont été observées sur un site de stockage de pneus usagés en Normandie en 1999. Le moustique a également été identifié dans d'autres pays Européens tels que la Belgique, les Pays bas ou encore la Suisse. Actuellement, son implantation principale est limitée à des pays côtiers comme l'Italie, l'Espagne, la Croatie ou la Grèce (M. Q. Benedict, 2007; ECDC, 2009). Le moustique s'est donc rapidement propagé sur une grande partie du sud de l'Europe où il semble s'installer durablement. Il est indispensable, pour lutter efficacement contre ce vecteur, de comprendre ses caractéristiques propres et les facteurs influençant son implantation qui lui ont permis de coloniser une partie de l'Europe et en particulier la zone Sud Est de la France métropolitaine.

Avant d'envisager les adaptations qu'a connues *Aedes albopictus* dans les régions tempérées, il est nécessaire de se familiariser avec son cycle biologique et son écologie.

1.2 L'écologie d'*Aedes albopictus* :

- Le cycle biologique d'*Aedes albopictus*

Aedes albopictus, comme toutes les espèces de moustique, passe par plusieurs étapes et transformations morphologiques au cours de sa vie. En effet, différents stades sont nécessaires à sa croissance et sa différenciation en un moustique adulte.

Ces quatre stades sont décrits dans le schéma suivant (Figure 1) :

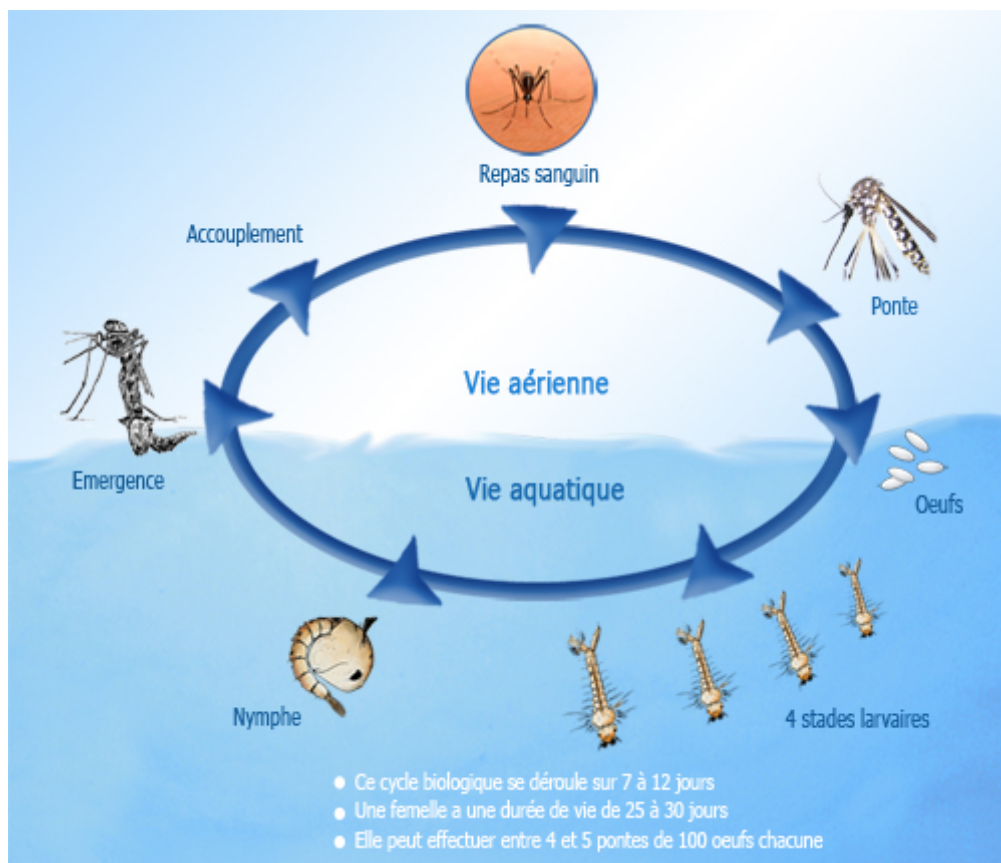


Figure 1 : cycle biologique d'*Aedes albopictus* (Malardé, 2008-2010)

- le stade de l'œuf
- les quatre stades larvaires (aquatiques)
- le stade nymphal (aquatique)
- le stade imaginal ou adulte (aérien)

Le cycle préimaginal comprend les trois premiers stades qui se déroulent principalement en milieu aquatique. Le cycle imaginal ou adulte se déroule en milieu aérien.

Une fois le stade adulte atteint, la femelle, après accouplement avec un insecte mâle, stocke les spermatozoïdes dans sa spermathèque. Elle va ensuite, environ tous les 4 jours, pondre après avoir piqué un animal à sang chaud. Les femelles *Aedes albopictus* ont deux pics d'agressivité : à l'aube et au crépuscule. Elles piquent majoritairement les humains mais, de part leur caractère opportuniste, également d'autres espèces (chat,

chiens, chevaux, rats...) (L. Valerio, 2010). Ces multiples repas sanguins augmentent la probabilité de prélever un agent pathogène.

Ces repas sanguins lui assurent l'obtention de protéines nécessaire à chacune de ses pontes. La femelle *Aedes albopictus* pond ses œufs, de préférence à l'ombre, sur support sec, de couleur foncé et à proximité d'une collection d'eau en les dispersant habituellement en plusieurs endroits. En France métropolitaine, la période de ponte se situe des mois de mai à novembre, les œufs, au nombre de 50 à 200 par oviposition, peuvent éclore en 48h dans des conditions normales (EID, 2011; DRASS de la Réunion).

Ils peuvent aussi résister à la dessiccation et entrer en dormance pendant plusieurs mois lorsque les conditions ne sont pas propices à leur développement. (cf 2.1 Les adaptations d'*Aedes albopictus*)

Après éclosion, les larves d'*Aedes albopictus* croissent pendant en moyenne 5 à 6 jours pour finalement former une nymphe qui en 24h à 48h (le développement aquatique peut durer Jusqu'à 20 jours en fonction de la température) donnera l'imago ou adulte qui quittant le milieu aquatique, s'envolera pour s'accoupler (EID, 2011).

Le cycle trophogonique d'*Aedes albopictus*, c'est à dire le temps qui sépare le repas sanguin de la ponte dure environ 3 jours, un moustique adulte ayant une longévité d'environ 30 jours, il peut pondre 7 à 8 fois au cours de sa vie. La femelle, une fois fécondée, pond donc plusieurs fois; de plus, à chacune de ses pontes, elle ne dépose pas tous ces œufs dans le même gîte. Ces deux facteurs associés facilitent beaucoup la dissémination de l'espèce et compliquent la lutte contre *Aedes albopictus* (H. Delatte, 2009).

2. *Aedes albopictus*, un vecteur adaptable à l'homme et son milieu

2.1 Les adaptations d'*Aedes albopictus*

Le moustique *Aedes albopictus* est au départ de type tropical forestier et vit donc préférentiellement sous des climats chauds et humides. Initialement, ses sites de pontes sont naturels tels que des creux d'arbres ; puis sa plasticité lui a permis de s'adapter à l'environnement anthropique urbain et d'élargir la gamme de ses gîtes de ponte. Le moustique utilise des sites de ponte diversifiés, de plus en plus proche des habitations, créés par l'activité humaine tels que des pots de fleurs, des soucoupes, des jouets, des gouttières et colonisent donc toutes sortes de creux ou de récipients, susceptibles de recevoir de l'eau de pluie. C'est ainsi notamment qu'il prospère sur l'île de la Réunion. Un grand nombre de données sur le comportement d'*Aedes albopictus* concerne d'ailleurs des écosystèmes périurbains tropicaux (M. Salvant, 1994).

En plus de s'être adapté au milieu qu'il a colonisé, passage d'un milieu naturel à un milieu urbain, ce moustique s'est également adapté à de nouveaux climats. Provenant de zones à climats plutôt chaud et humide, il est maintenant capable de vivre et de survivre à des climats tempérés. La souche présente dans la zone Sud Est de la France semble s'être implantée par propagation de la souche Italienne vers le Nord. Les moustiques auraient gagné la France soit par leur propre vol, soit par l'intermédiaire des transports terrestres (voiture, train) pour arriver à Menton en 2004 d'où ils sont partis infester la Provence.

Cette souche d'*Aedes albopictus* est proche de la souche présente aux Etats-Unis. De la même façon, elle a acquis des caractères facilitant son implantation à long terme dans une zone tempérée. Cette adaptation consiste en une capacité à faire entrer ses œufs en diapause pendant l'hiver (faculté qui ne s'exprime pas dans les zones chaudes). La diapause désigne l'état de dormance des œufs lorsque les conditions sont hostiles à leur développement en période hivernale.

A partir du moment où la température et la photopériode (période de jour) redeviennent favorables, au printemps, les œufs éclosent et l'insecte peut se développer. L'entrée en diapause se fait lorsque la température moyenne devient inférieure à environ 10°C et la photopériode devient inférieure à approximativement 11h (L. Toma, 2003). Cette capacité de résistance des œufs permet à l'espèce de survivre à des températures avoisinant les 0°C et même au dessous (Mitchell, 1995) et de rester durablement sur un territoire qui n'est pas au départ propice à son développement.

Finalement, il convient de préciser que pour s'installer durablement sur un territoire, trois conditions indispensables sont mentionnées dans la littérature, une température moyenne annuelle supérieure à 11°C, une température moyenne en janvier (ou mois le plus froid) supérieure à 0°C et une moyenne de précipitation annuelle supérieure à 500 mm/an. On peut remarquer qu'en France et en Europe, ces conditions sont majoritairement

respectées et permettent donc au moustique de potentiellement s'implanter sur un large territoire. Il a été montré que la surface du territoire colonisé par *Aedes albopictus* est passée de 1000 à 4000 km² entre 2008 et 2009 en France métropolitaine (ECDC, 2009). De plus, une étude de l'ECDC confirme qu'en prenant en compte les données relatives au climat actuel et à la photopériode, la souche Française ou Italienne est déjà en capacité de se propager sur une grande partie de la France et de l'Europe (Figure 2).

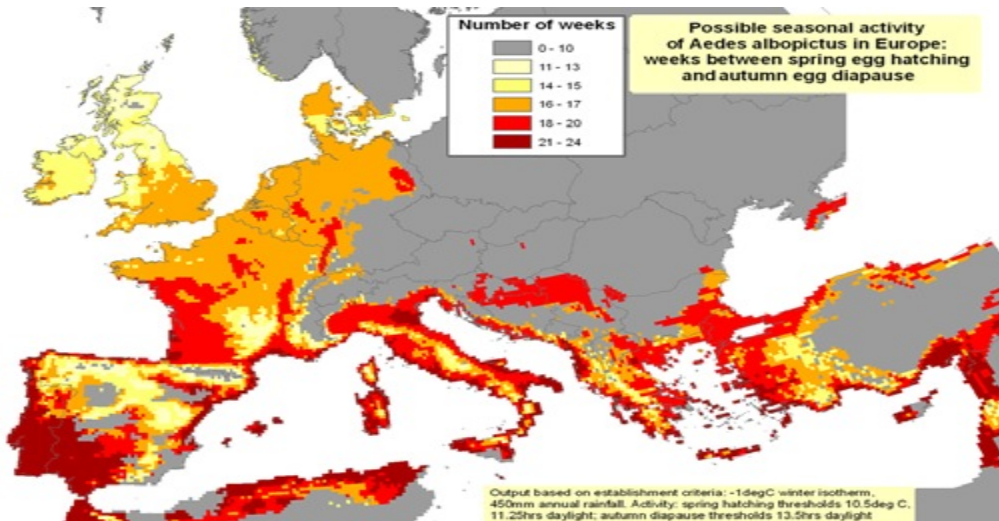


Figure 2 : Activité saisonnière possible d'*Aedes albopictus* en Europe : semaines entre l'éclosion des œufs au printemps et l'entrée des œufs en diapause en automne.

Source: ECDC, Technical report: Development of *Aedes albopictus* risk maps, Stockholm, May 2009

En métropole, une étude montre que la quasi-totalité des œufs prélevés sont entrés en diapause à la fin du mois de septembre. En effet, une diminution brusque du nombre d'éclosion est remarquable en semaine 35 lorsque la température est encore de 22°C alors que la photopériode est de moins de 13h (EID Méditerranée, 2010).

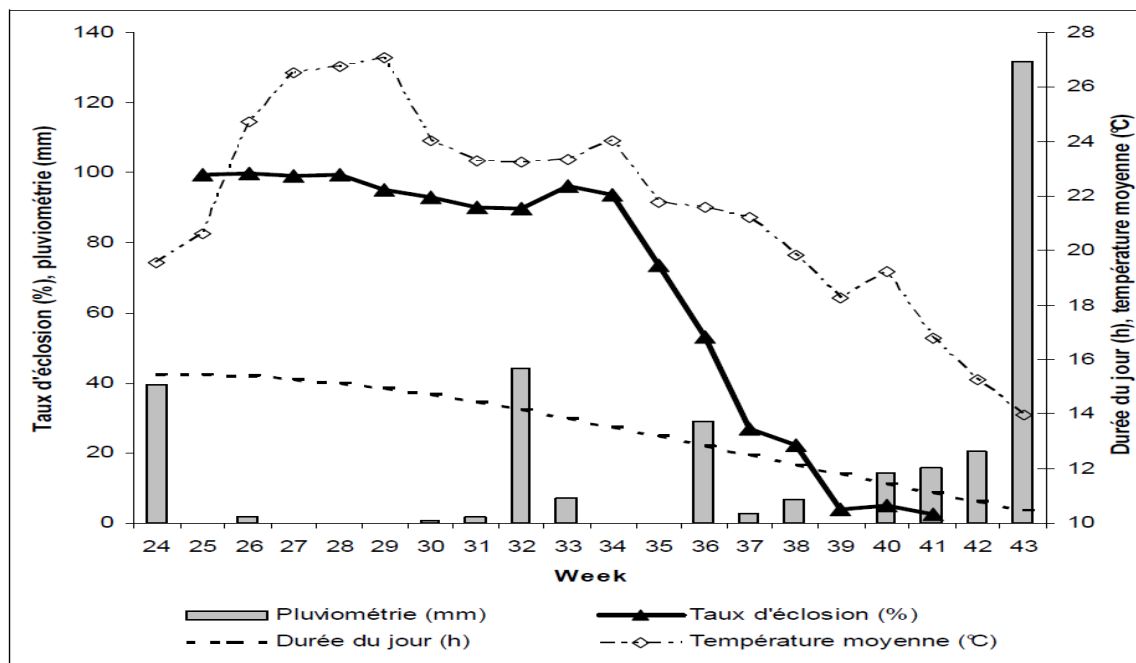


Figure 3 : Initiation de la diapause d'*Aedes albopictus* in natura (Cagnes-sur-Mer, 2010)

Source: EID Méditerranée

Une étude Italienne a confirmé que les températures moyennes seuil de 0°C en janvier et de 11°C annuellement étaient de bons indicateurs d'une zone d'implantation possible d'*Aedes albopictus* (D. Roiz, 2011). Grâce à des pièges pondoirs, les chercheurs ont montré que les zones où ces valeurs de températures sont observées correspondent aux zones d'implantation du moustique. Le moustique survit donc préférentiellement dans des zones correspondant à ces températures seuils.

De plus, *Aedes albopictus* qui est un moustique considéré comme plutôt exophile et exophage (vivant, piquant et pondant à l'extérieur) semble pouvoir également pondre à l'intérieur. En effet, une étude italienne montre que 80% des ovipositions ont lieu à l'extérieur contre 20% à l'intérieur (Valerio, 2008).

Les moustiques adultes ont une distance de vol maximale comprise entre 199 et 290 mètres. Cependant, de nombreuses publications insistent sur le fait que cette espèce est aisément transportée dans des containers ou des véhicules, ce qui renforce son potentiel de colonisation de nouveaux territoires (F. Marini, 2010).

Ces multiples études caractérisant pour la première fois le moustique « Européen » permettent d'avoir un premier ordre de grandeur de sa capacité de vol, de sa capacité de survie et de son comportement sur le territoire Européen.

Synthèse des caractéristiques d'*Aedes albopictus*

- **Urbain**
- **Majoritairement anthropophage mais pas exclusivement**
- **Majoritairement exophile**
- **Pic d'agressivité aube et crépuscule**
- **Piqures multiples**
- **Pontes multiples dans de petits récipients : pots de fleur, soucoupe, réservoirs d'eau de pluie...**
- **Distance de vol maximale comprise entre 190 et 290 m**

- **Survie et implantation pérenne lorsque :**
 - o **Température moyenne annuelle >11°C**
 - o **Température mois de janvier > 0°C**
 - o **Précipitations > 500mm/an**

- **Entrée en diapause lorsque :**
 - o **Température moyenne <10°C**
 - o **Photopériode <13 heures**

- **Compétent pour la dengue, le chikungunya et d'autres pathologies (west Nile)**

2.2 L'homme et son environnement, quel rôle dans la propagation d'*Aedes albopictus* ?

- L'impact des activités humaines

Des facteurs liés à l'activité humaine, déjà évoqués, ont favorisé la propagation d'*Aedes albopictus*, les échanges internationaux de pneus et de plantes, la multiplicité des gîtes disponibles aux moustiques pour ses pontes. Il s'agit maintenant de voir si d'autres facteurs ou comportements pourraient influencer l'extension de ce moustique.

Des facteurs tels que le mode de vie des populations du quart sud est de la France ont-ils une influence sur l'augmentation des gîtes larvaires et donc l'implantation d'*Aedes albopictus* ?

En effet, la région étant l'une des plus sèches du territoire Français, les populations ont l'habitude d'arroser leur jardin et donc de favoriser la mise en eau des gîtes larvaires et le développement d'*Aedes albopictus*. Ces modes de vie, adoptés par tous, sont difficiles à modifier. De plus, plusieurs plans locaux et nationaux (le SDAGE, le plan gouvernemental de lutte contre le changement climatique, le SCOT, le PLU...) encouragent la collecte des eaux de pluie sans jamais évoquer de précautions concernant le risque de créer de nouveaux gîtes larvaires.

Ainsi les habitudes de la population, les politiques d'aménagement du territoire ou de gestion de l'eau, pourtant souvent absolument indispensables, peuvent sans doute expliquer pour une part la propagation d'*Aedes albopictus*.

De plus, les régions Provence Alpes Côte d'Azur et Languedoc Roussillon sont celles où la part d'étrangers, respectivement 6,26 et 5,59% et l'afflux touristique sont les plus élevée en France. Il est possible que ces populations puissent potentiellement venir de zone à risque et/ou ne soient pas forcément à l'écoute des messages d'information relatifs à la lutte contre les gîtes larvaire en France métropolitaine. (INSEE, 2007)

Les facteurs développés dans cette partie sont des hypothèses et de nombreux autres comportements ont probablement une influence sur la propagation d'*Aedes albopictus* en favorisant les contacts moustiques-Homme ou la multiplication des sites de ponte. Pour améliorer les connaissances de l'impact de l'activité humaine et confirmer ou infirmer ces hypothèses, des études sociologiques et anthropologiques plus poussées doivent encore être menées.

3. *Aedes albopictus*, vecteur de maladie, une problématique de santé publique

3.1 *Aedes albopictus*, un vecteur compétent pour plusieurs agents pathogènes

La présence de moustiques sur le territoire Français n'est pas à priori un problème de santé publique, mais correspond davantage à une nuisance ressentie comme un critère d'inconfort par la population. En ce qui concerne *Aedes albopictus*, la problématique est plus complexe, cette espèce étant non seulement nuisible mais également, dans certaines conditions, vectrice d'arboviroses, 22 au moins selon la littérature (Mitchell C. G., 1997)). Les plus connus sont le chikungunya, la dengue, la fièvre jaune ou encore le West Nile. Le moustique tigre pourrait également transmettre à l'homme de façon exceptionnelle des nématodes du type *dirofilaria repens*, responsables, la plupart du temps, de parasitoses chez le chien. (L. De Jong, 2009)

Ce mémoire s'intéressera uniquement aux arboviroses majeures que sont la dengue et le chikungunya.

Pour pouvoir transmettre un virus à l'homme, le moustique doit être compétent. La compétence vectorielle est l'aptitude intrinsèque du vecteur à s'infecter sur un hôte vertébré, à assurer le développement d'un agent pathogène et à transmettre cet agent à un autre hôte. Ce paramètre se mesure en laboratoire et est déterminé par la physiologie de l'espèce.

Aedes albopictus n'était, au départ, pas connu pour être un vecteur capable de transmettre le chikungunya contrairement à *Aedes aegypti*. La capacité vectorielle dépend de la compétence du vecteur et du taux de contact vecteur-hôte, dépendant lui même de la préférence trophique, densité vectorielle et longévité vectorielle, et désigne la faculté du moustique à s'infecter, à développer et à transmettre un pathogène dans son milieu naturel. Cette capacité vectorielle, illustrée lors de l'épidémie de chikungunya survenue dans les îles de l'océan Indien et en particulier à la Réunion en 2005-2006, a été confirmée lors de l'épidémie de chikungunya en Italie dans la région d'Emilie Romagne en 2007. Cette dernière, due à la transmission du chikungunya par une souche d'*Aedes albopictus* identique à celle qui se propage actuellement dans le quart Sud Est de France, a engendré plus de 300 cas avérés de chikungunya.

De plus, une équipe de chercheur a testé la compétence vectorielle du moustique présent dans le quart Sud Est de la France pour le virus du chikungunya, responsable de l'épidémie à la Réunion (M. Vazeille, 2007). Le virus Réunionnais est caractérisé par une mutation aléatoire au niveau de la protéine E1 qui a entraîné une meilleure adaptabilité du virus chikungunya à *albopictus*. Cette mutation est probablement responsable d'un meilleur attachement du virus aux membranes cellulaires du moustique et d'une multiplication plus importante du virus chez l'insecte vecteur (E. A. Gould, 2008). Ces

recherches montrent que les moustiques présents sur le territoire métropolitain sont compétents pour le virus du chikungunya.

Cette compétence vectorielle associée à deux épidémies, l'une sur notre territoire et l'autre dans un pays proche géographiquement et climatiquement, montre l'importance de ne pas sous-estimer le risque de voir se déclarer en France métropolitaine une épidémie du même type.

De plus, lors de l'été 2010, quatre cas autochtones avérés, deux de chikungunya et deux de dengue, ont été observés respectivement dans le Var et dans les Alpes Maritimes, ce qui confirme indirectement la capacité vectorielle d'*Aedes albopictus* pour ces deux pathologies. Ces cas rappellent la possibilité de voir émerger de nouvelles pathologies jusque là absentes, en tout cas de façon pérennes, du territoire métropolitain.

Pour limiter la probabilité d'occurrence de ce type d'épidémie en France métropolitaine, il faut limiter au maximum les facteurs de risques influençant l'implantation de ces vecteurs et des maladies qui y sont liées.

3.2 Deux maladies et aucun vaccin

Les deux pathologies virales majeures que sont le chikungunya et la dengue ne sont que rarement mortelles mais peuvent entraîner dans certains cas d'importantes incapacités, il est important de donner la définition d'un cas de dengue et de chikungunya et d'en décrire la symptomatologie.

L'infection par le virus du chikungunya est asymptomatique dans au moins 10 à 15% des cas. Les patients asymptomatiques ou paucisymptomatiques présentent probablement une virémie, et sont donc vraisemblablement capable de transmettre l'infection, sans être détectés.

En cas d'infection symptomatique, dont la période d'incubation est de 4 à 7 jours en moyenne (1-12 jours), une fièvre élevée apparaît brutalement accompagnée d'arthralgies plus ou moins intenses, touchant principalement les petites articulations des extrémités. Surviennent également des myalgies (douleurs musculaires), des céphalées (maux de tête) et parfois une éruption maculopapuleuse. Des hémorragies bénignes à type de gingivorragies sont aussi possibles, surtout chez les enfants.

L'évolution est le plus souvent sans séquelle, mais peut dans certains cas donner lieu à une forme chronique manifestée par des arthralgies persistantes (InVS, 2011).

Le virus de la dengue contrairement à celui du chikungunya, dont il est très distinct, comprend quatre sérotypes différents dont les infections n'entraînent pas d'immunité croisée. Un individu infecté une première fois par un sérotype de la dengue (dengue primaire) n'est donc pas protégé contre les trois autres sérotypes, Il semble même, selon la théorie la plus communément admise que lors d'une deuxième infection (dengue

secondaire) le risque de développer une forme grave soit plus important que lors d'une dengue primaire.

L'infection par le virus de la dengue comprend donc plusieurs formes cliniques :

Une forme asymptomatique dans 40 à 75 % des cas, et des formes symptomatiques plus ou moins sévères.

La forme symptomatique « classique » est assez proche d'une infection au virus du chikungunya (quelques symptômes sont différents, douleurs retro orbitaires par exemple en phase aigue et moindre persistance d'arthralgies chroniques...) mais peut également être atypique notamment chez les jeunes enfants.

Dans la grande majorité des cas, les signes et symptômes disparaissent après 2 à 7 jours et le retour à la normale de la température (déferescence thermique).

Mais l'infection peut cependant évoluer vers une dengue sévère, qui peut être mortelle, caractérisée par trois éléments (OMS, 2009) :

- une fuite plasmatique sévère
- des hémorragies sévères
- une atteinte organique grave

La description de ces deux maladies, indispensable dans le cadre de ce mémoire, veut rappeler que ces arboviroses, même si elles sont la plupart du temps bénignes, peuvent engendrer des complications parfois majeures, et sont susceptibles de ré-émerger en Europe notamment. Cependant, ces pathologies endémiques dans certaines régions du monde, comme les territoires Français d'Outre Mer, sont, pour l'instant, absentes du territoire métropolitain où leur déclaration obligatoire doit permettre de surveiller les cas importés et d'éviter des cas secondaires autochtones par l'intermédiaire des moustiques locaux. Il est important de préciser également que pour ces deux infections, Il n'existe actuellement ni vaccin, ni traitement préventif, ni véritable traitement étiologique. Le seul moyen d'éviter ce type d'infection repose donc sur une stratégie de lutte antivectorielle adaptée, couplée à la surveillance épidémiologique et au contrôle des foyers émergents¹, pour éviter la transmission autochtone du virus.

Il faut enfin signaler que de nombreuses notions relatives à l'écologie et au comportement d'*Aedes albopictus*, utiles pour le combattre, sont dérivées de connaissances concernant un autre *Aedes*, *Aedes aegypti*, vecteur des mêmes maladies (transmission probablement plus efficace en ce qui concerne la dengue). Ces deux espèces sont clairement très proches, mais ce qui est vrai pour l'une n'est pas toujours absolument transposable à l'autre (par exemple *A. aegypti* est résolument intra-domestique /endophile, et il est bien moins tolérant au froid).

¹ Ce contrôle est essentiellement entomologique (lutte anti vectorielle péri-focale, objet de ce travail) mais comprend également les mesures d'isolement des patients (pour éviter les piqûres de moustiques) et il repose sur la rapidité et la réactivité des interventions : suspicion clinique, diagnostic biologique, signalement et isolement des cas humains

L'analyse des spécificités du vecteur *Aedes albopictus* est nécessaire à la mise en place d'une stratégie de lutte antivectorielle efficace. Mais avant de réfléchir à des méthodes ciblées sur *Albopictus*, il est indispensable de comprendre ce qu'est la lutte antivectorielle et sur quelles méthodes une stratégie de lutte antivectorielle peut s'appuyer.

II. La lutte anti vectorielle, une approche plurielle

1. La LAV une réponse de santé publique à des menaces épidémiques

1.1 Généralité sur la LAV

➤ Définition

La lutte antivectorielle est un terme qui n'est que très rarement explicitement défini. Nous retiendrons que « la LAV comprend la lutte et la protection contre les arthropodes hématophages (insectes et accariens) vecteurs d'agents pathogènes à l'homme et aux vertébrés et leur surveillance. Elle inclut la lutte contre les insectes nuisants lorsque ceux-ci sont des vecteurs potentiels ou lorsque la nuisance devient un problème de santé publique » (Fescherolle, 2008) Cette LAV contrairement à la lutte contre les insectes nuisants, à proprement parler, réalisée depuis des années en France, n'a pas pour but l'élimination d'une nuisance mais la gestion d'un risque potentiel pour la santé humaine. Elle vise, à travers la lutte contre les arthropodes, à éviter la propagation d'agents pathogènes tels que les virus de la dengue, du chikungunya ou encore du West Nile et appartient bien au champ de la santé publique. La LAV en diminuant la population d'arthropodes a pour finalité une diminution de l'incidence des maladies infectieuses dans les zones infestées.

La lutte antivectorielle ne se base pas sur un moyen de lutte unique mais sur un ensemble de méthodes. La mise en œuvre de façon concomitante de l'intégralité des méthodes permet de renforcer l'efficacité de la lutte, c'est la stratégie de lutte intégrée.

Il s'agit ici de présenter l'épidémiologie d'une maladie vectorielle, base de la stratégie de LAV.

➤ Épidémiologie d'une maladie vectorielle (D. Fontenille, 2009)

Les maladies infectieuses sont caractérisées par un degré plus ou moins grand de transmissibilité exprimé par un coefficient R_0 qui représente le nombre moyen de cas secondaires résultant du contact avec un sujet infectieux, au sein d'une population sensible et au niveau de laquelle aucune mesure de lutte n'est appliquée. Dans le cas d'une maladie à transmission vectorielle par un arthropode, la relation est la suivante :

$$R_0 = \left[\frac{m \times a^2 \times p \times b}{c+r} \right]$$

m: nombre de vecteurs en relation avec un sujet donné

a : nombre de pique par jour sur l'homme par un moustique donné

p : taux de survie quotidien pour un moustique

n : durée de développement de l'agent pathogène chez un moustique

b : proportion de moustiques qui répliquent et peuvent transmettre l'agent pathogène (capacité vectorielle)

c : probabilité de transmission du virus d'un sujet virémique au moustique pour une pique

r : taux de disparition de l'infectiosité de l'hôte.

L'équation du nombre de cas secondaires résultant du contact avec un sujet infectieux prend en compte de multiples facteurs dont certains ne sont pas modifiables par l'action humaine. D'autres au contraire sont d'importants leviers d'action pour diminuer le risque de voir, sur le territoire Français métropolitain, apparaître une épidémie de dengue ou de chikungunya.

Trois facteurs sont incontournables et sont ciblés par la stratégie de LAV :

- m: nombre de vecteurs en relation avec un sujet donné
- a : nombre de piques par jour sur l'homme par un moustique donné
- p : taux de survie quotidien pour un moustique

1.2 Les méthodes de lutte actuelles

Aujourd'hui *Aedes albopictus* et son homologue *aegypti* sont implantés sur de nombreux continents et sont responsables d'épidémie de dengue, de chikungunya et autres arboviroses. Les autorités sanitaires mondiales avec l'aide de spécialistes de la lutte antivectorielle tentent depuis quelques décennies de trouver des solutions efficaces pour limiter la diffusion de ces espèces dont l'impact sur la santé des populations est considérable. Selon l'OMS, il y aurait chaque année, dans le monde, 50 millions de cas de dengue. En 2007, plus de 890 000 cas ont été notifiés sur le continent américain, dont 26 000 cas de dengue hémorragique (OMS).

Comment éviter que ce moustique ne se propage davantage sur notre territoire ?

Pour répondre à cette question, cette partie vise à décrire l'ensemble des méthodes utilisées dans les stratégies de lutte antivectorielle en France, en Europe et dans le monde. Les stratégies présentées ne sont ni spécifiques à la lutte contre *Aedes albopictus* ni spécifiques au territoire Français métropolitain. Cette partie balaye le champ des possibilités. L'applicabilité de ces méthodes à la France et à ce vecteur spécifique qu'est *albopictus* sera envisagée dans la partie relative aux recommandations.

➤ **Le contrôle des stades immatures:**

L'objectif du contrôle des stades immatures est de diminuer la population d'*Aedes albopictus* en interrompant son cycle de croissance. Ces stades immatures constituent le « point faible » le plus vulnérable du moustique car nous verrons, plus loin, que la lutte contre les moustiques adultes, volants, est particulièrement ardue alors qu'il paraît plus simple de contrôler des petits récipients et collections d'eau situés à moins de 100 mètres des habitations.

- *Lutte mécanique :*

La lutte mécanique contre les œufs, larves ou nymphes d'*Aedes* est la composante de LAV la plus efficace et la plus utilisée. Elle se fonde sur le fait que le moustique ne vole pas très loin et consiste à détruire les larves existantes et à éliminer les gîtes de pontes autour des habitations. La lutte mécanique se concentre sur les larves car les œufs, pondus sur support secs et peu actifs métaboliquement sont presque impossible à repérer et à détruire en routine. En revanche, il est plus facile d'identifier les gîtes de pontes potentielles, afin de les assécher. Pour cela, il faut éviter l'accumulation d'eau de pluie ou d'arrosage, en vidant les coupelles, les pots de fleurs, en assurant l'écoulement des gouttières... Il faut également jeter ou ranger tous les éléments autour des habitations pouvant faire office de gîtes (pneus usagés, jouets, déchets, bâches, objets divers...) et isoler les gîtes connus (couvrir les réservoirs d'eau de pluie...). Cette lutte mécanique paraît simple, mais son efficacité dépend de son exhaustivité. Elle implique de bien réfléchir à tous les sites de pontes possibles (siphons et regards souterrain d'écoulement d'eau, citernes de captages d'eau...) et nécessite une grande régularité dans sa mise en œuvre (au moins chaque semaine). Pour être réellement exhaustif, il est indispensable que tous les lieux, toutes les propriétés (privés, jardins, entreprises, parking, cimetières etc.) fassent l'objet, systématiquement et régulièrement, d'explorations et de mesures de lutte mécanique si nécessaire, ce qui est très contraignant.

En ce qui concerne les opérateurs, la lutte mécanique peut être mise en œuvre de deux manières : soit elle s'appuie sur des services dédiés à la destruction des gîtes larvaires (collectivités locales, organismes de démoustication) soit elle s'appuie sur la population qui, après avoir été informée de l'existence de ces gîtes, prend l'initiative de les détruire, c'est la lutte communautaire proprement dite. La France a recours à ces deux modes opératoires en parallèle comme la plupart des pays ayant à faire face à des *Aedes*.

Ce type de lutte est indispensable mais compliqué à mettre en place. En effet, les gîtes larvaires sont nombreux et situés autour des habitations, on parle de gîtes péri-domiciliaires, La présence de ces gîtes chez les particuliers complique la mission des services dédiés qui se voient souvent refuser l'entrée (OMS, 2009).

La lutte communautaire est liée à la volonté et à la mobilisation de chacun et demande une forte implication de la population pour être réellement efficace. Dans plusieurs pays confrontés à la dengue hémorragique (Singapour, Malaisie...), les gouvernements ont mis en place un système de sanction prévoyant des amendes si, après un premier avertissement, rien n'a été entrepris par le propriétaire pour supprimer les zones à risques de son habitation. Mais en dépit de ces obligations réglementaires, ces pays n'arrivent pas à maîtriser l'ensemble des gîtes larvaires d'*Aedes aegypti* en l'occurrence.

La lutte mécanique doit être généralisée pour avoir un impact réel sur la densité vectorielle. En plus, elle doit être couplée à d'autres méthodes de lutte dont l'utilisation de larvicides déposés dans les gîtes que l'on ne peut supprimer.

- *La lutte biologique :*

La lutte biologique est basée sur l'utilisation d'un prédateur ou d'un pathogène naturellement dirigé contre l'espèce vectrice de maladie. Dans le cas des arthropodes de type *Aedes Albopictus*, la lutte biologique est ciblée sur les larves.

- Bti

Actuellement, en Europe seule une bactérie du nom de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) est autorisée par la réglementation (directive biocide) et utilisée dans la lutte anti-larvaire. Cette bactérie a pour caractéristique de former des spores, contenant des inclusions cristallines, qui lors de la lyse sont libérées dans le milieu naturel et ingérées par la larve. Le pH alcalin des larves assure le passage des protoxines en toxine actives qui provoquent l'éclatement du tube digestif des larves et donc leur destruction (Développement durable, environnement et parc, Québec, 2002).

Cette substance éliminant les larves, entraîne, consécutivement, une diminution du nombre d'adultes à éclore et donc de la densité vectorielle. Il faut rappeler que l'élimination mécanique devrait être effectuée préalablement ou parallèlement à la lutte biologique. Le Bti devrait normalement être utilisé pour le traitement des gîtes larvaires non supprimables, comme des bouches d'égout ou des trous d'arbres.

- Spinosad

Le spinosad est un insecticide naturel produit lors de la fermentation d'un actinomycète du sol *Saccharopolyspora Spinosa*. Ce biolarvicide est recommandé par l'OMS dans le traitement des gîtes larvaires non supprimables. Il n'est pas commercialisé comme biocide sur le territoire Français. Il semble avoir une toxicité plus aiguë, il n'est pas volatil et peut potentiellement se bioaccumuler dans les chaînes trophiques. Cependant, il est moins à risque que d'autres larvicides chimiques qui seront mentionnés par la suite (OMS, 2009; Afsset, juillet 2007).

- Poissons larvivores et copépodes

En Asie du Sud Est, des poissons larvivores de type *Gambusia affinis* et *Poecilia reticulata* sont utilisés pour éliminer les larves. Cette technique, faisant appel à des prédateurs connus des larves d'arthropodes, est surtout utilisable contre les anophèles et semble efficace dans la destruction d'*Aedes aegypti* dans certaines conditions. Pour être efficace, l'introduction de ces espèces doit se faire dans des containers d'eau de grands volumes qui ne s'assèchent jamais. Mais contrairement à la situation Asiatique où *Aedes aegypti* se développe dans ce type de gîtes, en France métropolitaine, le vecteur *Aedes albopictus* se développe principalement dans des gîtes de petites tailles. Ces espèces prédatrices n'ont, à l'heure actuelle, démontrées ni leur efficacité contre *Aedes Albopictus* ni leur capacité à éliminer un vecteur quel qu'il soit lorsqu'il est présent dans de petits volume d'eau (D. Fontenille, 2009).

- Pièges pondoirs létaux

Ces pièges appelés « lethal ovitrap », consistent à procurer un lieu de ponte aux moustiques, lieu mortel pour les larves et/ou les adultes en raison soit de la présence d'un produit larvicide, inhibiteur de croissance ou insecticide dans l'eau du piège soit de tulle/grillage fin, qui empêchent les larves de s'échapper vers la surface.

Dans des pays tels que l'Australie, les Philippines, la Malaisie ou encore Singapour sont déployés des milliers de pièges mécaniques simples grillagés (boite remplie d'eau), placés autour des maisons, et dans lesquels les *Aedes* vont pondre et être piégés.

En outre, certaines observations ont montré que les moustiques femelles pouvaient ainsi transporter passivement un biocide d'un gîte à un autre, empoisonnant ainsi passivement plusieurs sites de ponte avec du pyriproxifène collecté sur un piège (R. Gaugler, 2011).

Dans des régions endémiques comme Singapour ou le Brésil, la lutte communautaire est associée à la lutte mécanique. A Singapour en particulier, des volontaires sont formés par les membres des services de lutte antivectorielle. Des pièges pondoirs létaux sont distribués aux volontaires qui les installent dans leur jardin et peuvent chaque semaine, à l'aide de pipettes, prélever les œufs présents dans les pièges et les envoyer au

laboratoire pour analyse. Ils doivent en parallèle supprimer les gîtes larvaires de leur habitation. Ces activités permettent d'impliquer les populations dans la lutte antivectorielle et de diminuer la densité vectorielle d'*Aedes aegypti* pour descendre en dessous d'un seuil épidémiogène (National environment agency, 2002; M. J. Perich, 2003).

En France, on utilise de tels pièges pondoirs afin de mettre en évidence la présence d'œufs de moustiques, ce sont des outils de surveillance et non de LAV.

- *Lutte chimique*

Il existe de nombreux larvicides chimiques qui, bien que recommandés, de la même manière que le spinosad par l'OMS, ne sont pas utilisés sur le territoire Français. Le pyriproxifène, le méthoprène et la cyromazine (inhibiteurs de croissance d'origine chimique) pourraient être des alternatives intéressantes au Bti. Cependant, l'évaluation des risques menée par l'Afsset montre que comme le spinosad, le pyriproxifène a des risques de bioaccumulation dans la chaîne trophique et une importante toxicité pour les organismes aquatiques, les oiseaux, les mammifères, les vers de terre et les abeilles (Afsset, juillet 2007; OMS, 2009).

➤ **1.2.2 Le contrôle des moustiques adultes**

- *Lutte chimique :*

La lutte chimique s'appuie sur des produits insecticides qui rentrent dans la catégorie des biocides et sont donc soumis à la réglementation Européenne biocide. Le seul adulticide aujourd'hui utilisé en France est un pyréthrianoïde de synthèse, la Deltaméthrine.

Les produits adulticides sont rarement utilisés du fait de leur possible impact néfaste sur l'environnement. Bien que la deltaméthrine ait été évalué par l'Afsset comme non rémanent et non toxique pour l'environnement, l'utilisation de ce produit reste limitée à la lutte contre les insectes adultes situés autour d'un cas autochtone ou importé de chikungunya et de dengue, et donc susceptibles d'être porteurs du virus (Afsset, Octobre 2007).

Il peut également être utilisé lors de l'apparition d'*Aedes albopictus* dans une zone nouvellement colonisée pour empêcher son implantation durable et ralentir sa progression.

Bien que l'adulticide actuel soit un pyréthrianoïde de synthèse, d'autres produits tels que les organophosphorés ont été utilisés par le passé. Le malathion est un produit qui se dégrade rapidement dans l'environnement, est peu toxique pour les oiseaux et les mammifères, mais est un puissant biocide pour les abeilles et les poissons (F. Darriet, Juillet 2007). De la même famille que le malathion, le fénitrothion est considéré par l'OMS

comme plus toxique pour l'homme et la faune non cible ; de plus il a une action toxique par inhalation contrairement au malathion qui n'est toxique que par contact (OMS, 2009).

Aujourd'hui des molécules appartenant à la famille des organophosphorés sont testées et semblent présenter une toxicité moindre que les précédentes. Le chloropyriphos-méthyl ou encore le pyrimiphos méthyl, lors de leur évaluation d'efficacité en laboratoire, n'entraînaient pas de développement de résistance chez les *Aedes*. (F. Darriet, Juillet 2007).

En effet, l'une des craintes principale concerne l'émergence de résistances d'*Aedes albopictus* aux produits actuellement utilisés. Aujourd'hui, dans des territoires tels que la Guyane, 78% de la population d'*Aedes aegypti* sont résistants à la deltaméthrine. A l'heure actuelle, l'absence de produits alternatifs ne permet pas de résoudre les difficultés liées aux résistances et réduit l'efficacité des luttés chimiques.

- *Pièges à adultes :*

De la même manière que les pièges pondoirs ciblant les larves, il existe des pièges à adultes : ces pièges sont surtout employés pour la surveillance afin d'évaluer la densité de moustiques adultes en recherche de repas sanguin mais peuvent également constituer une méthode de LAV. Ils sont constitués d'un attractif chimique, d'un système d'aspiration (hélice relié à un moteur) et d'une nasse afin de récupérer les moustiques. Dans la plupart des cas, l'attractif utilisé est le CO₂ (par combustion de propane) qui est le principal stimulus pour un moustique en recherche de repas sanguin. D'autres pièges, comme le BG Sentinel®, utilisent comme attractif diverses substances chimiques (ex : odeur proche de la peau humaine). Ces divers attractifs peuvent également être combiné et associé à la chaleur. Le moustique une fois attiré dans le piège va être tué par des insecticides ou se dessécher et mourir (Kline, 2007).

- *Protection individuelle (OMS, 2009)*

La protection individuelle fait partie intégrante de la lutte antivectorielle.

A défaut de lutter contre le vecteur lui-même, la protection individuelle permet de limiter le contact de l'homme sain avec le vecteur et du vecteur avec une personne virémique ; les méthodes couramment utilisées sont :

- l'utilisation de moustiquaires ou de moustiquaires et de rideaux imprégnés d'insecticide
- l'installation de grillages au niveau des fenêtres et des portes, l'amélioration de l'habitat ;
- le recours à des répulsifs ;
- l'emploi de produits diffusant des insecticides domestiques (serpentins, plaquettes et bombes aérosols, par exemple) ;
- le port de vêtements de protection.

Les méthodes présentées ci-dessus sont connues et utilisées depuis longtemps dans la lutte contre les *Aedes*, il s'agit maintenant de décrire les nouveaux moyens de lutte à l'étude actuellement.

2. Quels nouveaux moyens de lutte en perspective ?

2.1 La technique des insectes stériles (TIS) :

La technique des insectes stériles consiste en un lâché quotidien de mâles stériles à plusieurs endroits. Ces mâles stériles vont ensuite féconder les femelles sauvages qui pondront alors des œufs non viables. Le maintien d'un lâché de mâles stériles fréquents entraîne une concurrence entre les mâles sauvages et les mâles stériles. Si la part de mâles stériles est supérieure à la part de mâles sauvages alors la probabilité qu'une femelle soit fécondée par un mâle stérile augmente. Ainsi, plus le nombre d'œufs fécondés viables diminue plus la population de moustiques sauvages baisse.

La TIS se base sur le fait que seules les femelles piquent. La technique qui repose sur le lâché de mâles stériles est donc éthiquement acceptable.

Il existe plusieurs méthodes de stérilisation des mâles, l'irradiation est la plus utilisée mais d'autres méthodes, notamment génétique, avec l'introduction d'un gène de stérilisation, et chimique avec des produits chimiostérilisants peuvent être mise en œuvre (D. Fontenille, 2009). Les techniques génétiques nécessitent auparavant une acceptation au niveau éthique et réglementaire.

La TIS, déjà utilisée à plusieurs reprises dans l'histoire, a permis dès 1967 d'éliminer une population de *Culex quinquefasciatus* en Birmanie (Boyer, 2011). La technique a auparavant été utilisée pour éradiquer la lucilie bouchère ou « mouche de Lybie » aux Etats-Unis en 1982 et en Afrique du Nord dans les années 90. Le Mexique produit encore chaque jour au minimum 20 millions de mouches stériles et les relâche ensuite dans les zones infestées pour lutter contre les dégâts sanitaires et économiques qu'elle engendre en s'attaquant au bétail et aux humains. De la même manière, la mouche tsé-tsé a été éradiquée de Zanzibar en quatre ans, après avoir préalablement effectué des traitements insecticides diminuant fortement la densité vectorielle. Elle semble ne pas avoir été détectée depuis.

L'efficacité de cette technique est donc démontrée pour certaines espèces. Cependant, la clé de l'efficacité est une production continue et donc considérable de mâles stériles compétitifs pour s'assurer qu'ils prennent le pas sur les mâles sauvages. Cette technique repose également sur un choix précis des zones de lâcher pour maximiser leur impact. (FAO, 1998). Il faut s'assurer aussi que cette éradication soit pertinente et qu'une recolonisation de la zone soit « impossible » (D. Fontenille, 2009).

2.2 La technique de libération d'Insectes Porteur de Gène Létal Dominant (RIDL)

Sur la même base que la TIS, la RIDL consiste à produire des insectes génétiquement modifiés grâce à l'insertion d'un gène létal d'un des promoteurs spécifique de la femelle. Cette technique engendre uniquement des descendants mâles et donc favorise, comme la TIS, une diminution de la population d'*Aedes albopictus* (F. Schaffner, 2008).

2.3 La technique d'insertion d'un gène rendant le vecteur réfractaire à un agent pathogène

Il s'agit ici de modifier le phénotype d'une espèce vectrice en lui insérant un gène ne lui permettant ni d'intégrer ni de développer le pathogène dans son organisme. Cette méthode empêche donc la transmission du pathogène de l'Homme au vecteur. De la même manière que les techniques précédentes, il faut que les vecteurs génétiquement modifiés transmettent leur matériel génétique en s'intégrant dans la population naturelle. On peut estimer que si cette technique montre son efficacité et que l'intégration de ce gène dans une population d'*Aedes albopictus* naturelle est possible, alors le vecteur constituerait une impasse épidémiologique pour le pathogène (D. Fontenille, 2009).

2.4 La bactérie Wolbachia :

Wolbachia est une alpha protéobactérie endocellulaire spécifique des arthropodes. Différentes souches bactériennes existent et toutes ne sont pas capables de symbiose avec l'espèce qu'elles colonisent. Les caractéristiques de cette bactérie sont encore à l'étude et semblent varier d'une espèce de moustique à l'autre.

L'utilisation de cette bactérie dans la lutte antivectorielle contre *Aedes albopictus* ou d'autres vecteurs nécessite encore des années de recherche, cependant des pistes très prometteuses semblent se dessiner :

- l'incompatibilité chromosomique : cette technique est similaire à la TIS mais au lieu de stériliser les mâles, leur infection par une souche de Wolbachia d'une autre espèce (ex : *Drosophila simulans*) entraîne une incompatibilité chromosomique avec les femelles naturelles non infectées par cette souche. Cela engendre une impossibilité de reproduction viable entre un mâle infecté par la bactérie et une femelle qui ne l'est pas et du même coup une sélection des moustiques infectés dans la population et une diminution de la densité vectorielle (D. Fontenille, 2009);
- Wolbachia semble aussi entraîner chez les espèces infectées une réduction de la durée de vie et donc un laps de temps plus court pour assurer l'implantation et la multiplication d'un potentiel agent pathogène (A. A. Hoffman, 2011) ;

- Wolbachia semble également engendrer chez les espèces infectées une augmentation des défenses innées qui retarde l'implantation et la multiplication des agents infectieux (L. Mousson, 2010).

Ces différentes caractéristiques de Wolbachia restent des hypothèses à valider à travers de futurs projets de recherche spécifiques concernant *Aedes albopictus*.

Toutes ces techniques sont nouvelles ou appliquées dans le cadre de lutte contre d'autres espèces. Chacune des techniques et des produits présentés dans cette partie doivent donc faire l'objet d'études plus poussées et spécifiques à l'espèce en cause, *Aedes albopictus*. Les enjeux de protection de l'environnement et de biodiversité doivent également être pris en compte en s'assurant que ces nouvelles stratégies n'ont pas d'impact majeur sur la faune et la flore environnante.

Partie 2 : La stratégie Française, ses forces et ses faiblesses du point de vue des acteurs :

Cette partie vise à faire évaluer la stratégie Française de limitation de la propagation d'*Aedes albopictus* par ses acteurs. Après avoir décrit la stratégie en elle même, les moyens de l'évaluer vont être explicités. Les méthodes d'élaboration des questionnaires et de choix des acteurs seront détaillées puis une synthèse des points forts et faibles retenus par les personnes interrogées sur cette stratégie sera finalement présentée.

I. La stratégie Française

Après une description globale de la lutte antivectorielle et des techniques sur lesquelles s'appuie sa mise en place, il est important de s'intéresser spécifiquement à ce qui est réalisé en France.

Il faut préciser que la stratégie Française n'est pas destinée à lutter spécifiquement contre l'insecte vecteur qu'est *Aedes albopictus* mais qu'elle vise à empêcher la transmission des maladies virales de la dengue et du chikungunya en France.

En effet, depuis 2006, après l'épidémie de chikungunya à la Réunion et l'arrivée du moustique tigre à Menton, la France s'est doté d'un plan anti dissémination du chikungunya et de la dengue. Ce plan est actualisé chaque année et il est important, avant de recueillir le point de vue des acteurs, d'en comprendre les fondements et les objectifs.

La stratégie Française est décrite dans le plan mis à jour en juin 2011, qui se décline en différentes fiches ayant chacune des objectifs clairement établis (Ministère du travail de l'emploi et de la santé, Juin 2011).

Fiche 1 : Surveillance entomologique : Cette surveillance permet d'une part de déceler la présence du moustique le plus tôt possible pour éviter son implantation durable dans une zone jusqu'alors indemne et d'autre part d'estimer la densité du moustique en zone colonisées. A cet effet un réseau de piège est installé dans les zones à risque (aires d'autoroute et de ferroutage proche des frontières Italienne et Espagnole, sites de stockage de pneu situé sur tout le territoire...)

Fiche 2 : Surveillance humaine : Cette surveillance est variable selon la partie du territoire. Sur l'ensemble du territoire métropolitain, les cas confirmés de dengue ou de chikungunya doivent être signalés et faire l'objet d'une déclaration obligatoire.

Dans les zones géographiques avec un potentiel d'installation d'*Aedes albopictus*, une information renforcée des déclarants doit être mise en place par les ARS.

Dans les zones géographiques avec présence avérée d'*Aedes albopictus*, tous les cas suspects de chikungunya et de dengue doivent être signalés à l'ARS et faire l'objet d'une demande de confirmation biologique.

Fiche 3 : Repère pour le diagnostic de la dengue et du chikungunya : Cette fiche vise à expliciter les diagnostics cliniques et biologiques de la dengue et du chikungunya. Elle décrit également le circuit des prélèvements pour la confirmation biologique et les clés de l'interprétation du diagnostic biologique lors d'une suspicion de cas autochtone en dehors d'un contexte épidémique ou d'un contexte de cas groupés.

Fiche 4 : Niveau de risque et instances : Ce plan se décline en 8 niveaux de risque dépendant de la situation entomologique et épidémiologique humaine.(0a ; 0b ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5a ; 5b)

Les stades vont de l'absence d'*Aedes albopictus* (stade 0) à son implantation active (stade 1) accompagnés d'un ou plusieurs cas ou foyer de cas humains autochtones (stade 2 ; 3 ; 4 ; 5a), voir d'une épidémie (5b).

Cette fiche présente également les instances à activer à l'échelle départementale, régionale et nationale en fonction des niveaux de risque

Fiche 5 : Mission des acteurs de la surveillance et de la gestion : Cette fiche synthétise la mission et le rôle de chacun (DGS, Préfet de département, ARS, InVS, AFSSAPS, CNEV, CNR et laboratoires associés, CHU de Nice, les EID, les collectivités territoriales : conseils généraux et communes et l'ARS de zone)

Fiche 6 : Cellule d'aide à la décision « éléments et produits du corps humain » : Cette fiche vise à expliciter les critères d'activation de la CAD qui met en place des mesures spécifiques de prévention relatives aux éléments du corps humain en cas d'épidémie de chikungunya et de dengue.

Annexe 1 : Fonctionnement et composition de la CAD ;

Annexe 2 : Répartition de la dengue et du chikungunya dans le monde.

Fiche 7 : Organisation de la prise en charge médicale des patients : Cette fiche décrit la prise en charge globale des patients, les soins pré-hospitaliers, ambulatoires puis hospitaliers. Cette fiche insiste sur la permanence des soins, et la coordination des acteurs et les mesures de prévention que doivent adopter les établissements de santé situés dans des zones de niveau 1 (programme de LAV, plan de protection des usagers, plan de protection, d'information et de formation des personnels...).

Fiche 8 : Protection personnelle antivectorielle : Cette fiche insiste sur la nécessité de sensibiliser la population générale exposée au risque de maladie transmise par les *Aedes* afin qu'elle adopte des mesures de protections individuelles (port de vêtements adéquats, utilisation de répulsifs cutanés, de moustiquaires....). Elle vise également à rappeler les recommandations principales à mettre en œuvre et à suivre dans un établissement hospitalier.

Fiche 9 : Quelques principes de lutte anti vectorielle et réglementation : Cette fiche vise à décrire les différents principes de lutte (préventive et curative) et la réglementation de la lutte anti-moustiques (définition des zones et mesures de lutte en fonction de la situation entomologique et de la circulation d'agents pathogènes)

Annexe 1 : Règlementation de l'utilisation des produits insecticides (actuellement seul le Bti et la Deltaméthrine sont utilisés en France métropolitaine).

Fiche 10 : Lutte contre l'importation et l'implantation des vecteurs : Cette fiche s'appuie sur le règlement sanitaire international de 2005 qui vise à limiter la propagation internationale des maladies et donc à éviter au maximum le risque de propagation des vecteurs dans les moyens de transports réalisant des voyages internationaux et au niveau des points d'entrée internationaux (port et aéroport).

Fiche 11 : information-communication : Elle explicite la stratégie de communication en fonction des niveaux de risque.

Niveau 0a : Aucune communication ni information n'est prévu dans le plan.

Niveau 0b : Information et communication aux collectivités territoriales, professionnels de santé et grand public sur le moustique, ses nuisances et la LAV.

Niveau 1 : Un plan de communication a été rédigé, il a pour objectif de prévenir le risque d'importation des maladies en sensibilisant la population, sur la lutte communautaire et la protection individuelle, et les professionnels de santé sur les conseils à donner à la population (voyages et lutte contre les gîtes larvaires) et le signalement rapide des cas suspects.

Niveau 2 : Plus qu'une sensibilisation, la stratégie de communication a pour objectif une prise de conscience de la population sur les mesures à adopter pour lutter contre le vecteur et une information/formation des professionnels de santé sur la prise en charge des patients, le diagnostic et le traitement de ces pathologies vectorielles.

Niveau 3 : La stratégie de communication est mise en place au niveau national et en cas d'épidémie un numéro vert national est activé.

Il est important de rappeler que le niveau de risque maximal atteint en métropole est le niveau 1 et concerne les départements des Alpes de hautes Provence, des Alpes Maritimes, des Bouches du Rhône et du Var.

La stratégie Française actuelle repose au départ sur quatre piliers (Ministère de la santé, 2006) :

- Les **surveillances entomologique** (faite par l'**EID**) et **épidémiologique** (faite par l'**InVS**, les **ARS** et les **CIREs**), qui permettent d'agir le plus rapidement possible après l'apparition d'*Aedes albopictus* dans une zone indemne ou après la découverte d'un cas de chikungunya et de dengue (Déclaration obligatoire) en mettant en place des traitements larvicides et adulticides dans la zone à risque.
- **La lutte contre les moustiques**, vecteurs potentiels de maladie, en engageant des actions de lutte dans les zones de présence durable et en empêchant l'entrée de vecteurs par l'intermédiaire du trafic aérien et aéroportuaire (RSI).
- une stratégie de **communication** aux collectivités, aux professionnels de santé et au grand public dès l'observation d'œuf d'*Aedes albopictus* dans une nouvelle zone.
- Le développement de la **recherche** et des connaissances entomologiques et épidémiologiques

II. Moyens utilisés pour l'analyse de la stratégie actuelle

L'analyse de la stratégie Française s'est faite par l'intermédiaire de questionnaires.

En amont de l'élaboration de ces questionnaires, des recherches ont été effectuées. Des recherches bibliographiques, concernant les plans déjà mis en place et les enjeux de la lutte anti-vectorielle ont été un préalable pour apprécier les techniques novatrices qui pourraient être adoptées. Ce travail présenté dans les parties 1 et 2 doit permettre d'assurer une base solide et donc la réalisation de questionnaires plus pertinents afin d'aborder au mieux la problématique de la limitation de la propagation d'*Aedes albopictus*. Après avoir étudié la littérature disponible sur les techniques de lutte et le plan anti dissémination de la dengue et du chikungunya, une première version du questionnaire a été élaborée. Celui-ci a ensuite été testé par mon maître de stage, la directrice du bureau des risques infectieux et un ingénieur du génie sanitaire ayant une bonne connaissance de la lutte anti-vectorielle.

Un certain nombre de commentaires ont été recueillis suite à ces consultations et ont été intégrés dans les questionnaires de façon à les améliorer. En effet l'expérience de ces

personnes m'a permis d'orienter davantage mes questions sur les pratiques tout en permettant aux destinataires du questionnaire de s'exprimer de façon libre. Le questionnaire final (annexe 1) doit permettre de recueillir le point de vue d'acteurs très différents. Le choix d'un questionnaire unique est consécutif au temps limité imparti à sa réalisation (stage court comprenant les mois de juillet et août, période de congés), de façon d'une part à donner un peu de marge aux acteurs (répondants) et d'autre part à assurer suffisamment de temps pour traiter les résultats. Donc à défaut de faire des questionnaires spécifiques par type de poste, un questionnaire élargi et unique a été établi en précisant, lors de son envoi, que chacun devait au moins répondre aux questions entrant dans son domaine de compétence. Chacun des acteurs était libre, par ailleurs, de donner son avis sur des domaines et des thématiques autres que les siennes.

1. L'identification des acteurs

En parallèle de ce travail de préparation des questionnaires, il a fallu identifier les acteurs de la lutte antivectorielle à intégrer dans la liste des destinataires du questionnaire. La première étape devait cibler les instances participant de près ou de loin à la lutte contre *Aedes albopictus*. Une fois ces instances identifiées, il s'agissait de repérer les membres pouvant participer au questionnaire (entretien téléphonique, rencontre face à face ou échange de courriel). Les annuaires de la Direction générale de la santé ainsi que les discussions avec les référents professionnel, pédagogique et autres interlocuteurs ont permis d'identifier clairement les personnes cibles auxquelles seraient adressées le questionnaire.

Des acteurs locaux de la lutte antivectorielle (quart sud est) mais aussi des acteurs expérimentés travaillant dans les territoires déjà impactés par ces problématiques (Guyane, Mayotte, Réunion, Martinique, Italie, Espagne...), de potentiels acteurs de la lutte contre *Aedes albopictus*, agents des ARS limitrophes à la zone actuellement colonisée par le moustique et membres des EID qui n'interviennent pas encore dans la lutte contre le moustique tigre, ont été sélectionnés. Ces derniers ne sont pas encore impactés par le vecteur mais sont susceptibles de l'être à l'avenir et donc d'avoir un point de vue sur la stratégie actuelle et future.

Vingt six personnes ont été choisies (des médecins, des ingénieurs, des entomologistes, des chercheurs, des épidémiologistes) ; parmi ces 26 personnes, 21 ont répondu, 20 ont renvoyé le questionnaire ou ont accordé un entretien et une personne n'a pas reçu le courriel.

Ces personnes sont membres de différents organismes. A défaut de citer les 20 personnes interrogées (clause de confidentialité), les divers organismes dont elles sont issues sont : les Agences régionales de santé (Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc Roussillon, Rhône-Alpes, Corse, Aquitaine, Guyane, Guadeloupe et Océan Indien-

Mayotte), la Cire sud, la Direction territoriale des Bouches-du-Rhône, les Conseils généraux des Bouches-du-Rhône et de Nice, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), l'InVS, les EID Méditerranée et Atlantique, le « Centro Agricoltura Ambiente "G.Nicoli" » en Italie et l'EHESP.

Ces multiples entretiens ont permis de recueillir un grand nombre d'informations qui ont été extraites soit de conversations, soit des retours de questionnaires.

La réactivité et la disponibilité des différents interlocuteurs ont été remarquables et ont permis grâce à la franchise des réponses de mener des échanges très enrichissant pour la réalisation de ce mémoire.

2. Limites et difficultés perceptibles de l'exploitation du questionnaire :

- Diversité des acteurs

Il est important de souligner que les personnes rencontrées viennent de structures différentes et jouent des rôles distincts. Chacun, défendant par nature son travail et sa structure, complique contre son gré l'analyse des données recueillies.

- Questionnaires ouverts pour plus de liberté dans les réponses

La volonté de faire des questionnaires ouverts a permis à chacune des personnes interrogées d'exprimer son opinion sur la stratégie actuelle de lutte anti-vectorielle. Il s'ensuit que chaque acteur a répondu dans son domaine de compétence mais ne peut que de façon personnelle proposer des solutions innovantes dans d'autres domaines.

- Questionnaires ouverts donc plus de difficultés dans l'exploitation des résultats

Ces questionnaires ouverts sont intéressants mais la synthèse est compliquée. Il s'avère relativement délicat à partir des explications de chaque acteur, de faire ressortir l'idée centrale résumant son propos. La synthèse de chaque questionnaire devant permettre ensuite d'organiser les réponses pour en tirer une analyse globale tout en respectant le sens donné et l'avis de chacun.

III. Synthèse des entretiens et questionnaires

1. Réponses aux questionnaires

➤ **Stratégie de lutte antivectorielle**

○ **Quelle évaluation de la LAV ?**

Les points de vue des personnes interrogées vont tous dans le même sens, l'évaluation de la LAV est liée à la surveillance entomologique.

Et deux types d'évaluation peuvent en ressortir :

- Une évaluation qualitative satisfaisante qui permet, à partir de pièges pondoir, de déterminer si le vecteur est présent ou absent d'un territoire.

Les pièges sont placés dans des zones situées à la marge des zones colonisées. Si le moustique ne pond pas dans ces pièges, on peut estimer qu'il est absent. Cependant, il faut rester prudent, même si cette évaluation qualitative est considérée comme fiable, le vecteur même présent peut ne pas être détecté. Cela dépend du nombre de gîtes larvaires disponibles autour du piège pondoir. S'il y a de nombreux gîtes larvaires présents, l'absence d'œufs dans le piège pondoir ne signifie pas pour autant l'absence du vecteur qui peut toujours aller pondre dans d'autres gîtes.

Ce type d'évaluation qualitative est mis en place après les traitements anti larvaires et adulticides réalisés soit autour d'un cas de dengue ou de chikungunya soit dans des zones nouvellement colonisées où le vecteur a été détecté grâce aux pièges pondoir. Cette évaluation qualitative permet de vérifier après traitement qu'il n'y a plus de ponte dans les pièges pondoirs donc plus d'adulte. Des pièges à adultes permettent également de vérifier l'efficacité des traitements.

Un deuxième type de mesure, à l'aide de pièges pondoir, consiste à vérifier la permanence de l'installation d'*Aedes albopictus* dans une zone géographique donnée et connue pour être colonisée.

Ces évaluations sont toutes deux qualitatives et peu d'études permettent une évaluation quantitative. Les études menées sont basées sur les indices stegomyiens et la quantification des indices larvaires présents chez les particuliers. Ces études demandent à la fois du temps et du personnel qui n'est pas forcément disponible pour faire ce type de travail. De plus, pour que ces études d'indices soit réellement représentatives de la densité vectorielle d'une zone, il faut que chaque maison soit visitée et donc que les personnels puissent se rendre à domicile, ce qui n'est pas toujours facile (absence, refus...). La Corse a mis en place ce type d'étude, qui a permis une bonne évaluation de la densité, tout en confirmant les limites de cette approche. Par exemple, une habitation non visitée peut contenir un gîte très producteur de larves. Les acteurs estiment que d'autres indicateurs représentatifs de la densité vectorielle devraient être étudiés. Les

pièges à adultes BG sentinelles actuellement testés par l'EID permettront certainement d'améliorer la connaissance de la densité vectorielle en métropole. Tant que la maladie est absente du territoire métropolitain les pièges à appât humain sont également intéressants mais posent déjà un problème éthique.

- **Quel impact les actions menées depuis 2004 ont-elles eu sur le ralentissement de la propagation d'*Aedes albopictus* ?**

Les personnes interrogées s'accordent à dire que les actions conduites par l'EID à la demande des collectivités locales ont permis de ralentir mais pas d'empêcher la propagation du moustique, ce qui leur semble impossible quels que soient les moyens et les stratégies mis en œuvre.

Par contre les traitements réalisés dans des zones ciblées, aires d'autoroutes, sites de stockage de pneus et zones limitrophes de la zone d'implantation ont souvent permis d'empêcher l'apparition du moustique dans de nouvelles zones.

Le ralentissement de la propagation d'*Aedes albopictus* doit permettre d'éviter le passage d'un risque entomologique simple à un risque à la fois entomologique et épidémiologique.

- **Pensez vous qu'il soit possible d'agir de façon plus prospective ?**

- Pour éviter l'apparition du moustique en zone indemne :

Les uns disent que ce moustique est doué d'une adaptation exceptionnelle au milieu et qu'il n'y a rien à faire tandis que les autres estiment qu'en élargissant le champ de la lutte à tous les domaines susceptibles d'être impliqués, on pourrait ralentir et presque empêcher sa propagation.

Comme précédemment, la surveillance du moustique à la frontière des zones colonisées et sur les aires d'autoroutes permet de détecter rapidement le moustique et de mettre en œuvre, le cas échéant, des actions d'éradications.

Pour être encore plus proactif, une information ciblée à la population des zones à risques d'implantation sur les mesures d'éliminations des gîtes larvaires pourrait être efficace. En revanche, il est signalé que les zones impactées étant très touristiques, les campagnes d'information pourraient nuire à cette activité centrale de l'économie locale.

De nouveaux secteurs devraient être impliqués :

Le Ministère de l'écologie et son antenne régionale qu'est la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) :

- En prenant en compte la problématique vectorielle dans les politiques d'aménagement du territoire

- En incluant cette thématique dans les dossiers Installation classées pour la protection de l'environnement (ICPE)
- En informant la population sur les risques liés aux produits biocides et les résistances qui émergent dans les populations d'insectes traitées et donc sur l'importance de lutter contre ces moustiques de manière naturelle et écologique en éliminant les gîtes larvaires, un meilleur contrôle de ce moustique est sans doute possible.

L'éducation nationale pourrait également inclure, dans ses programmes de 6eme de SVT, l'étude des insectes dont *Aedes albopictus* pour informer les enfants des caractéristiques de ce vecteur et des moyens de s'en prémunir.

- Pour éviter l'apparition de cas humain sur le territoire métropolitain :

Pour nos interlocuteurs, le dispositif de surveillance épidémiologique fonctionne très bien en France, l'implication des médecins est importante et la majorité des cas sont signalés à l'ARS qui peut ensuite en informer le conseil général et l'EID pour la mise en œuvre des traitements périfocaux.

Un système de surveillance ne peut, malheureusement, jamais être exhaustif et est donc perfectible. Il faut donc continuer en formant et informant les médecins sur la déclaration obligatoire (DO) des cas, préalablement bien défini, de dengue et de chikungunya. Il faut également impliquer les médecins dans l'information à la population sur la lutte contre les gîtes larvaires.

Une exhaustivité des DO assurera un traitement encore plus rapide et efficace autour de chaque cas importé pour éviter l'apparition de tous cas secondaires.

L'information active aux voyageurs permet également de les prévenir des risques vectoriels liés à certaines destinations et des mesures à prendre pour éviter de contracter le chikungunya ou la dengue.

- o **De nouvelles techniques de LAV vous paraissent elles applicables au territoire Français ?**

Les acteurs souhaitent disposer de nouvelles techniques et produits efficaces et ciblées contre l'espèce *Aedes albopictus*. L'inquiétude liée à l'émergence de résistances du moustique à ces produits est un enjeu sérieux, il faut donc anticiper l'apparition de résistance en France métropolitaine et n'utiliser que de façon exceptionnelle les biocides anti-adultes (traitement focal) pour être sûr de l'efficacité, à long terme, de ce type de traitement. De plus, peu de substances sont autorisées sur le sol Européen, pyréthrinoides en adulticides et Bti en larvicide, il faut donc favoriser le développement de

nouvelles molécules en évaluant leur devenir dans l'environnement et leur impact sur l'écosystème.

En ce qui concerne les techniques à l'étude, la plupart des acteurs attendent les résultats des études en cours, les informations à ce sujet sont donc limitées. Les interlocuteurs connaissent bien le dispositif actuel de lutte mais n'ont pas toujours d'avis sur les futures techniques applicables au territoire Français métropolitain. Ils estiment que de nouvelles pratiques pourraient voir le jour (TIS, moustique OGM, *Wolbachia*...) mais que d'autres recherches doivent être effectuées pour s'assurer d'une part de leur efficacité, et d'autre part de leur absence d'impact sur la faune et la flore environnante. Il faut également penser à l'acceptabilité, par la population, de ces techniques OGM, qui sont aujourd'hui redoutées et craintes.

Finalement, certains acteurs rappellent que la recherche et la mise en place de nouvelles stratégies de lutte dépendent beaucoup de la volonté politique des futurs décideurs.

Les scientifiques et chercheurs suivent les études faites à l'étranger. En Italie, la technique des insectes stériles est utilisée dans le cadre de la lutte intégrée. Y a-t-il un impact de cette technique, son utilisation explique-t-elle l'absence d'épidémie depuis 2007 ? Toutes ces questions restent en suspend. Pour évaluer de façon fiable cette technique, il faudrait pouvoir mesurer la densité avant et après la TIS avec précision, ce qui, à l'heure actuelle, est compliqué à mettre en place. De plus, la stratégie de lâcher de mâles stériles dépend des conditions météorologiques, de la géographie de la zone, du type de constructions présentes et surtout du nombre d'individus lâchés... Tous ces aspects doivent être pris en compte pour une efficacité optimale de la technique.

- **Pensez vous que d'autres secteurs devraient être impliqué dans la LAV ?**

De même que dans la question : « Comment empêcher l'apparition du moustique en zone indemne », les acteurs de la LAV estiment qu'il faut diversifier les secteurs impliqués dans la communication et l'information à la population.

Pour mettre en place une stratégie réellement efficace, il faut financer des projets de recherche visant à comprendre le mode de vie de ce moustique, dans ses moindres détails, pour le combattre au mieux. Comme expliqué auparavant, la stratégie de LAV doit être réfléchi de manière multidisciplinaire et impliquer à la fois l'écologie, la santé, le transport, l'éducation nationale, l'industrie, l'urbanisme...

Les acteurs croient beaucoup au rôle du CNEV pour impulser cette dynamique de travail intersectoriel, notamment en faisant appel à des experts de différents domaines (entomologie, épidémiologie, sciences sociales...).

- **Y-a-t-il des collaborations avec la DREAL ?**

Les acteurs travaillant dans les territoires français d'outre mer semblent avoir mis en place des collaborations avec la DREAL, notamment pour évaluer l'impact de la lutte antivectorielle sur l'environnement. En France métropolitaine, les DREAL participent au Conseil de l'Environnement et des Risques sanitaires et technologiques (Coderst) et instruisent les dossiers d'arrêtés préfectoraux de démoustication, mis à part ça, très peu de collaborations réelles sont mentionnés par les acteurs.

- **Surveillance entomologique**

- **La stratégie d'échantillonnage vous paraît elle représentative de la situation entomologique ?**

Les questions relatives à l'évaluation de la LAV recourent celles de la surveillance entomologique. Comme pour l'évaluation, la stratégie d'échantillonnage permet actuellement de repérer les nouvelles zones d'implantation du moustique mais ne permet pas de connaître avec précision la densité du vecteur dans les zones colonisées.

- **Quelles nouvelles stratégies d'échantillonnage doivent être mises en place ?**

Des travaux doivent être menés pour trouver des indices pertinents permettant d'estimer la densité vectorielle et d'en déduire les risques épidémiques liés à cette densité. De nouvelles méthodes telles que les pièges à adulte BG sentinelles et les pièges à appât humain doivent entrer en phase d'étude de faisabilité et d'efficacité.

- **Education et information communautaire**

- **Dans une zone indemne susceptible d'être colonisée, une information à la population est elle mise en place ?**

Un point de vue majoritaire ressort des questionnaires : les personnes interrogées trouvent qu'il est important de mettre en place une communication de fond, pour préparer le grand public à une possible colonisation de leur région par *Aedes albopictus*. Il faut pour cela mener des études sociologiques permettant d'orienter la stratégie de communication et trouver des relais efficaces pour transmettre des messages acceptés et compris par la population.

Cependant, beaucoup estiment que l'impact de la communication d'informations de façon préventive, avant que le risque soit avéré et donc le moustique implanté, serait faible. En effet, tant que les gens ne se sentent pas en danger, il est difficile de modifier leur comportement et de leur faire prendre de nouvelles habitudes telles que celles recommandées dans la stratégie de lutte communautaire.

- **Y a-t-il une information à la population sur la lutte communautaire ?**

Certaines régions diffusent des dépliants dans les écoles, des clips vidéo sur les chaînes de télévision et journaux régionaux, mettent en place des enquêtes sur les indices steygomiens en informant la population sur la lutte communautaire et les moyens d'éliminer les gîtes larvaires. D'autres organisent des réunions publiques pour informer la population.

Certains interlocuteurs estiment qu'il faudrait que ce type d'initiatives soit généralisé, que l'information soit diffusée plus localement par les mairies, les professionnels de santé (médecins, pharmaciens...), mais également que ce type d'informations soit transmis à des corps de métiers qui ont un rôle à jouer dans la lutte communautaire tel que les professionnels du bâtiment, les pépiniéristes (qui commencent à être sensibilisés), les agents d'entretiens des agglomérations...

Certains pensent qu'informer les citoyens sur la lutte communautaire ne permettra pas de changer les comportements et qu'il faut s'inspirer de pays comme Singapour et donner une aide financière symbolique aux personnes qui suppriment leurs gîtes larvaires et au contraire sanctionner les gens qui ne les suppriment pas.

Un des acteurs considère que 70% des gîtes larvaires sont créés par l'homme donc que leur élimination peut considérablement baisser la densité de moustique.

- **Retour d'expérience et collaboration interdépartementale, communautaire et internationale :**

- **Quels bénéfices tirez-vous de l'expérience d'autres territoires Français et étrangers confrontés à des risques similaires ?**

Les expériences des territoires Français comme la Guadeloupe ou la Guyane sont précieuses et permettent à la France métropolitaine de s'en inspirer. Cependant il faut rester prudent en sachant que le vecteur présents sur ces territoires est *Aedes aegypti* et a donc des caractéristiques écologiques différentes. Le moustique vecteur de la Réunion est bien *Aedes albopictus*. Pourtant, les adaptations qu'a connues le moustique situé dans le sud de la France font qu'encore une fois il faut utiliser les connaissances acquises à la Réunion mais aussi travailler sur leur applicabilité au territoire et au moustique métropolitain.

Des colloques en présence des Italiens, des Espagnols ou encore des Suisses ont été tenus. Des travaux menés par l'ECDC font collaborer de nombreux experts Européens ce qui permet un partage des connaissances entre chacun des acteurs des Etats

membres colonisés. Malgré tout, les études Européennes sur l'écologie du moustique sont encore peu nombreuses.

Autant des échanges existent entre les communautés scientifiques des différents territoires impactés par *Aedes*, autant il n'y a pas de collaboration politique entre les différents pays. Un acteur pense qu'il serait intéressant de travailler à une lutte Européenne et à une harmonisation de la stratégie à l'échelle des territoires Européens colonisés (Italie, Espagne, Croatie...)

- **Faites vous partager votre expérience à des territoires susceptibles d'être colonisés à l'avenir?**

Les départements où le moustique n'est pas implanté ne se sentent pas forcement concernés par cette problématique. Cependant, des réunions nationales sont organisées et permettent aux territoires impactés de partager leur expérience avec les acteurs de santé des territoires indemnes.

- **Existe-il des outils collaboratifs pour la LAV ? Ce type d'outils sont ou seraient ils utiles ?**

Le SI-LAV est en cours de développement en France, l'idée d'un géoportail européen a été soulevée par un acteur, cela permettrait un suivi Européen de la propagation du moustique et des moyens utilisés pour s'en prémunir.

2. Bilan et perspectives des personnes interrogées

Cette synthèse permet finalement de faire ressortir des points forts et faibles pour chaque aspect de la stratégie de lutte antivectorielle française actuelle. Le tableau 1 présente un bilan de ces questionnaires et entretiens et expose les aspects positifs et négatifs soulignés par les acteurs.

Tableau 1 : points forts et faibles de la stratégie Française, identifiés par les acteurs

		Points forts	Points faibles
Surveillance entomologique et évaluation		Qualitative ; connaissance de la plupart des zones où le vecteur est présent	Difficile d'estimer la densité du vecteur, le réseau de pièges n'est pas encore assez dense
Impact des actions menées depuis 2004 sur <i>Aedes albopictus</i>		-Éradication des zones à risque dès son apparition -Ralentissement de sa propagation	-Impossibilité d'une éradication totale
Action proactive	Apparition du moustique	Surveillance et action de LAV dès la détection du moustique dans une zone jusque là indemne	Manque d'interdisciplinarité et de coordination dans les actions et la communication (interministérialité, interprofessionnalité...)
	Apparition de cas	Tout est mis en œuvre pour que les cas soient déclarés le plus tôt possible	Il n'y a jamais une exhaustivité totale dans les systèmes de déclaration
Nouvelles stratégies		CNEV et projet de recherche en cours (TIS Réunion), refonte de la gouvernance	Peu de pistes actuellement, en attentes des résultats des projets de recherches.
Implication d'autres acteurs dans la LAV		Possibilité de s'inspirer de ce qui se fait dans les départements Français d'Outre mer (ex : DREAL...)	De nombreux acteurs importants ne prennent pas en considération la problématique des maladies vectorielles
Education et information communautaire		Beaucoup de dépliants distribués et de messages diffusés.	Impact pas aussi important que celui escompté. Manque de relais locaux de proximité.
Collaboration, retour d'expérience		Organisation de RETEX chaque année, échange et meeting entre scientifiques	Manque de stratégie politique transfrontalière : Italie, Espagne, France

Chaque personne interrogée a pu, dans ce questionnaire, faire son propre bilan de la LAV, au niveau de la stratégie globale actuelle et des évolutions qu'ils espèrent. Voici les principaux points qui se dégagent :

- Mise en place de méthodes et de procédures pour les traitements et leur évaluation :

Des procédures de mise en œuvre des traitements devraient à l'avenir être rédigées avec les EID dans le but d'instaurer des bonnes pratiques et d'éviter des traitements non appropriés par des entreprises privées méconnaissant la spécificité des insectes vecteurs de maladies. Ce genre de procédure devra prendre en compte la problématique de la résistance aux insecticides (larvicides, adulticides) et promouvoir l'utilisation raisonnée des pesticides.

L'évaluation des traitements, et la surveillance entomologique devront faire également l'objet de référentiel. Aujourd'hui, les méthodes d'estimation de la densité du moustique ne sont pas toujours satisfaisantes. Certains acteurs proposent d'établir des protocoles formalisés qui seraient intégrés au plan antidissémination du chikungunya et de la dengue. De plus, l'évaluation des actions de lutte contre *Aedes albopictus* permettra d'orienter et de modifier les pratiques en fonction des résultats obtenus (nouveaux indices, nouveaux positionnement des pièges pondoir...)

- Nécessité de renforcer la prévention

Même si les avis divergent, de nombreux acteurs estiment que l'information à la population pourrait être améliorée. Il faut anticiper l'arrivée du moustique et mettre en place une campagne de communication et des messages de prévention dès le niveau zéro du plan. Il faut trouver des messages permettant d'impliquer la population dans la lutte communautaire.

Le ministère de la santé peut envisager d'organiser chaque année une journée de sensibilisation des ARS non encore impactées par le moustique.

Une formation des médecins et des pharmaciens :

- aux bonnes pratiques de déclaration obligatoire
- à l'éducation et l'information sur la lutte communautaire des patients situés dans les zones à risques.

- Une collaboration renforcée :

Il est important à l'avenir d'impliquer tous les secteurs pouvant avoir un impact sur la densité du moustique :

- les acteurs locaux : mairie, associations de quartier...

- les domaines de l'aménagement du territoire (ministère de l'écologie, BTP...) pour une meilleure prise en compte du comportement d'*Aedes albopictus*
- les populations à travers la mise en place d'études sociologiques et anthropologiques sur le territoire Français métropolitain pour mieux cibler les messages de prévention
- l'éducation Nationale qui pourrait intégrer à ces programmes l'étude des insectes vecteurs.

- Importance de la réforme de la gouvernance

Il faut continuer à réfléchir à la gouvernance de la LAV tout en considérant la possibilité de colonisation de tout le territoire par *Aedes albopictus*. Il faut évaluer la possibilité de mettre en place une politique globale de lutte antivectorielle au niveau Européen.

- Soutenir la recherche

- Sur de nouvelles stratégies de surveillance et de lutte contre *Aedes albopictus*
- Sur l'étude de molécules innovantes, spécifiques de l'espèce à contrôler, sans effets sur les autres espèces et permettant d'élargir l'éventail des produits utilisables.

Partie III : Recommandations

Les acteurs ont donné leur point de vue sur la stratégie actuelle et ce qu'ils envisageaient pour l'avenir. Il s'agit maintenant, à partir de l'analyse à la fois bibliographique et de terrain qui a été faite dans ce mémoire, d'envisager une stratégie prenant en compte les spécificités du vecteur et de la région et de proposer des recommandations et actions concrètes à la direction générale de la santé dans le but de limiter et/ou retarder la propagation d'*Aedes albopictus*.

Dans cette partie plus personnelle, vont être présentés trois grands axes d'amélioration s'inspirant directement des pistes majeures proposées par les acteurs puis une idée concrète reprenant ces grands axes et qui pourrait être testée dans le quart Sud Est de la France.

I. Trois grandes voies d'améliorations

1. Renforcer la collaboration intersectorielle :

Compte tenu de la capacité du vecteur à coloniser de nombreux territoires et à survivre dans des régions à climat tempéré telle que la France métropolitaine, la stratégie de lutte à adopter doit réellement être intégrée, l'OMS parle de « integrated vector management », et s'appuyer sur tous les domaines pouvant impacter la propagation du moustique tigre. Il est nécessaire pour renforcer l'efficacité de la lutte antivectorielle que les services de l'état travaillent ensemble et que toutes les politiques mises en œuvre prennent en compte la problématique de la limitation de la propagation d'*Aedes albopictus*. En effet, à la suite des entretiens menés, il ressort que de nombreux secteurs, notamment dans la gestion de l'eau, liés de près ou de loin à la prolifération d'espèces vectrices n'intègrent absolument pas les aspects de LAV dans leurs travaux.

Pour faire évoluer les pratiques et impliquer de nouveaux acteurs qui ont un rôle crucial à jouer dans la limitation de la propagation d'*Aedes albopictus*, il faut, de la même manière que dans le plan national santé environnement, que chaque secteur ou ministère clé réfléchisse à des actions permettant de limiter la propagation d'*Aedes albopictus* et nomme un représentant qui participe à l'élaboration d'un plan national de lutte contre *Aedes albopictus* ou plus largement un plan national de lutte antivectorielle pouvant être décliné à l'échelle régionale.

Ces plans nationaux et régionaux pourraient permettre de prioriser des actions dans les territoires impactés et de préparer les régions qui ne le sont pas à l'arrivée, d'ici quelques années, d'*Aedes albopictus*.

La rédaction du plan doit évidemment faire appel aux acteurs territoriaux de la LAV (métropolitain et outre mer) pour détailler des grands axes d'amélioration, ce mémoire peut également donner de premières pistes.

Les ministères actuels pouvant être impliqués dans la réalisation d'un tel plan sont :

- ministère de la santé
- ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement
- ministère de l'intérieur, de l'Outre Mer, des collectivités territoriales et de l'immigration (expérience Outremer, implication des acteurs locaux)
- ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et de la vie associative (introduction de l'étude des moustiques dans le programme de SVT)
- ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et de la ruralité et de l'aménagement du territoire (prise en compte de la problématique de prolifération du moustique dans les politiques d'aménagement du territoire.
- ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (cofinancement de la recherche sur *Aedes albopictus*, les nouveaux produits ou techniques...)

Chacun de ces ministères peut participer à son niveau à la lutte antivectorielle et impulser un élan à ses services déconcentrés. Tous ces ministères doivent, de mon point de vue, travailler ensemble pour que la limitation de la propagation d'*Aedes albopictus* soit le plus efficace possible et que les politiques locales prennent en compte cette problématique émergente des maladies vectorielles. Il faut également, à l'avenir renforcer les moyens dédiés à la LAV sur les territoires et créer des services pluridisciplinaires dédiés à la LAV. En effet les prévisions montrent que le moustique va se propager à terme sur tout le territoire Français métropolitain, il faut donc créer un cadre réglementaire permettant aux services de l'état, des régions impactés par *Aedes albopictus* ou d'autres vecteurs, de se doter de moyens suffisants pour faire face à cette nouvelle problématique.

2. Renforcer l'implication du grand public à travers une communication locale

Durant cette étude, j'ai pu appréhender le rôle de la lutte communautaire et son impact sur la lutte contre *Aedes albopictus*. En effet, un membre de l'EID m'a assuré qu'avec une lutte communautaire efficace, une diminution de 70% des gîtes larvaires est possible. Cependant, cela demande une implication de l'ensemble des citoyens et donc une stratégie de communication large touchant l'ensemble de la population habitant dans les zones où le moustique est implanté ou serait susceptible de s'implanter. Le plan antidissémination du chikungunya et de la dengue prend en compte cet aspect communication et information du public, mais la stratégie mise en place au niveau local

ne semble pas bien coordonnée entre les différents acteurs (EID, CG, ARS) et manque de moyen. Il est donc nécessaire de clarifier le rôle de chacun dans la diffusion des messages abordant plusieurs thématiques distinctes (entomologiques, médicales, environnementales).

La lutte communautaire ne doit évidemment pas empêcher les autres types de lutte mais être mise en place en parallèle de celles-ci. Aujourd'hui le risque de voir une épidémie de chikungunya et de dengue sur le territoire Français métropolitain est faible, il est donc difficile d'impliquer le grand public qui ne perçoit pas le risque sanitaire qui découle de la présence du moustique sur le territoire.

Finalement, on peut se demander si la population vivant dans une zone où le moustique est implanté est destinataire de l'information et des campagnes de communication relatives à sa présence et aux moyens de limiter sa propagation.

- Un constat de terrain

En automne 2009, *Aedes albopictus* a été observé dans un quartier de Marseille, Saint Barnabé. Pour évaluer l'efficacité de la communication, je me suis rendu dans ce quartier et ai interrogé ses habitants. Sans prétendre que ce sondage soit représentatif de la population vivant dans cette zone, cela donne un aperçu de l'impact de l'information à la population.

Cette analyse n'est évidemment pas satisfaisante sur le plan statistique et n'est probablement pas représentative de la population locale, elle permet cependant d'avoir un aperçu de la sensibilisation de la population sur le moustique *Aedes albopictus*.

Vingt cinq personnes ont été interrogées, 7 femmes et 4 hommes âgés de 15 à 30 ans, 4 femmes et 5 hommes âgés de 30 à 50 ans, 3 femmes et 3 hommes âgés de 50 à 80 ans. Une fille et un garçon d'environ 18 ans avaient déjà entendus parler du « moustique tigre » et un homme d'environ 40 ans connaissait ce moustique et savait qu'il était susceptible, dans certaines conditions, de transmettre des arboviroses (chikungunya et dengue). Parmi ces trois personnes, aucune n'était sensibilisée à la lutte antilarvaire communautaire et toutes pensaient que les moyens de lutte les plus efficaces étaient des sprays anti-moustiques classiques. Il faut noter que ce sondage n'est pas complet, il aurait nécessité une stratification par type d'habitation et par zone de résidence des personnes interrogées. Cependant, il est aisé d'imaginer, sachant qu'aucune de ces personnes ou presque n'a entendu parler du moustique, que la stratégie de communication prévue au niveau 1 n'a pas été efficace et n'a pas atteint sa cible.

Ce sondage improvisé, même s'il n'a que très peu de valeur, montre que l'information à la population concernant la lutte communautaire (mécanique) n'est probablement pas encore assez efficace.

Voici donc quelques actions concrètes qui pourraient être menées au niveau local.

- Une stratégie de communication grand public

Si la communication n'est pas aussi efficace qu'on le souhaite à l'heure actuelle, il serait nécessaire de la renforcer à travers des messages à la radio, la télévision, dans les journaux locaux au risque de lasser la population et en tenant compte du coût de ces campagnes. Il serait également souhaitable de lancer des actions de communication et plus particulièrement d'éducation à la santé à travers des organismes locaux tels que les comités régionaux d'éducation pour la santé ou les instituts régionaux d'éducation et de promotion de la santé.

D'après les informations recueillies lors d'une prise de contact avec le CRES PACA et l'IREPS Languedoc Roussillon, ces organisations doivent être missionnées par l'ARS pour mettre en place des stratégies de communication et d'éducation pour la santé.

L'ARS PACA met déjà en place dans le cadre du service civique des campagnes d'information grand public réalisées par des jeunes volontaires, il serait utile de renforcer ce type de projet et de s'appuyer sur toutes les organisations locales.

- Les professionnels, un bon relais de communication

Il serait intéressant de continuer à diffuser l'information à des publics ciblés comme les pépiniéristes, les exploitants de décharges de pneus et d'élargir cette information à d'autres professionnels (BTP, agents d'entretien, paysagistes, responsables des parcs et jardins...) qui peuvent relayer l'information à la population et éviter la formation de nouveaux gîtes larvaires lors de leur activité.

Il serait également important d'envisager, dans le cadre d'un partenariat avec le conseil de l'ordre des médecins, des formations sur la lutte contre *Aedes albopictus* et les maladies qu'il est susceptible de transmettre (certaines associations proposent déjà des formations médicales continues sur ces thématiques, il faut les encourager). Même si les médecins et autres professionnels connaissent, pour la majorité, la symptomatologie des affections virales comme la dengue et le chikungunya, il est important de leur rappeler les gestes simples permettant de lutter contre la propagation du moustique et de les inciter à transmettre ces messages à leur patient lors des consultations. En effet, les particuliers ont confiance en leur médecin traitant et écoutent et appliquent plus facilement leur recommandation que celles des autorités sanitaires. Ces professionnels médicaux et paramédicaux constituent un intermédiaire indispensable à une sensibilisation large de la population.

Les élus locaux et les personnels administratifs pourraient aussi recevoir une formation sur les problématiques de la lutte antivectorielle, ils sont en contact régulier avec le grand public et peuvent également transmettre des messages à leurs administrés.

Pour que cette stratégie locale de communication fonctionne, il est nécessaire d'harmoniser au préalable les messages pour éviter des contradictions et de prendre en compte la perception du risque lié aux maladies vectorielles par la population. Dans ce cadre, il peut être intéressant de tenir des réunions publiques pour échanger avec la population du quart sud est de la France de leur ressenti sur la présence du moustique tigre chez eux, ce qu'il représente, le considère-t-il comme un nuisant, une gêne ou intègrent-ils la problématique de santé publique lié à la transmission de virus par cet insecte ? Il est également important de connaître leur point de vue sur la mise en œuvre de la lutte antivectorielle à proximité de leur habitation, y-sont-ils favorables ?

De nombreuses questions restent en suspens et il serait pertinent d'impliquer la population dans toutes ces réflexions et de partager avec eux les incertitudes qui existent sur cette thématique des maladies à vecteur (seuil épidémique, spécificité du vecteur...).

Enfin, il existe de nouvelles méthodes de communication, reposant sur des techniques de marketing social et déjà largement utilisées par l'OMS pour lutter contre le SIDA, le paludisme etc. Une de ces techniques appelée méthode COMBI repose sur la mobilisation sociale et communautaire et a été utilisée à la Réunion pour mobiliser la population contre le chikungunya. Un séminaire sera organisé par l'INPES à Paris au mois d'octobre pour présenter cette méthode. Il serait pertinent d'adapter ce type de méthode à la France métropolitaine pour changer durablement les comportements.

3. Renforcer la recherche

En parallèle de la communication et de l'échange d'information avec la population, il est utile de promouvoir et de faire progresser les connaissances sur le vecteur, les maladies qu'il est susceptible de transmettre et les moyens de ralentir la propagation de l'un et de l'autre. En effet, les deux premières parties de ce mémoire montrent qu'il y a peu d'études françaises publiées à l'heure actuelle sur *Aedes albopictus* et sur les stratégies de lutte anti vectorielle. Le développement de projets de recherche en France métropolitaine doit permettre d'appréhender au mieux le comportement d'*Aedes albopictus* sur notre territoire et d'adapter les méthodes de lutte utilisées dans le monde aux spécificités entomologiques, géographiques, climatiques et sociologiques de l'hexagone.

A défaut d'approfondir l'aspect des sciences sociales de ces problématiques de limitation de propagation d'*Aedes albopictus*, ce travail se devait de faire un comparatif des moyens techniques de restreindre la propagation d'*Aedes albopictus*, il s'agit maintenant de sélectionner les méthodes potentiellement applicables au territoire Français métropolitain et sur lesquelles il serait intéressant d'orienter la recherche.

II. Que faut-il mettre en œuvre sur le territoire Français ?

1. Sélection et discussion sur les méthodes recensées

Il s'agit maintenant de sélectionner de nouvelles méthodes applicables au territoire Français métropolitain dans le but de lutter efficacement contre l'*Aedes albopictus* qui l'a colonisé :

- La lutte mécanique « communautaire » doit être renforcée et sera abordée dans la partie suivante
- La lutte biologique basée sur l'utilisation de poissons larvivores ou copépodes pourrait être utile dans des conditions bien particulières et doit être évaluée par des équipes de recherche
- Le Bti doit continuer à être utilisé dans la lutte contre les gîtes non supprimables tout en surveillant l'apparition de résistances chez *Aedes albopictus*
- Les pièges pondoirs létaux sont intéressants et l'utilisation qui en est faite à Singapour et au Brésil devrait être développée en France
- D'autres molécules adulticides et larvicides doivent évidemment continuer d'être développées pour élargir le pannels de produits utilisables et éviter l'émergence de résistances chez les populations de moustiques
- Les autres techniques encore à l'étude doivent faire l'objet d'un suivi particulier notamment en ce qui concerne la mise en place de la TIS à la Réunion et en Italie.

2. Le SILAV un projet utile à l'avenir de la LAV

Il faut noter également que le système d'information de lutte antivectorielle (SILAV) devrait permettre un échange d'information entre les différents partenaires de la LAV et un suivi des actions mises en œuvre dans chaque région. En effet, le SI devrait permettre à terme d'effectuer en parallèle le suivi de :

- La surveillance entomologique
- Le contrôle, et le suivi des gîtes et des zones sensibles référencés
- Les interventions sur demande
- Les enquêtes entomo-épidémiologiques (à la suite d'un signal épidémiologique)
- Les interventions de traitements systématiques
- La communication sociale

Ceci assurera une coopération et un partenariat entre les différents acteurs de la lutte antivectorielle et donc une harmonisation des actions entreprises dans les régions où *Aedes albopictus* s'est implanté et une amélioration des pratiques et des stratégies. Cette interface entre les acteurs est présentée dans la Figure 4. Le SILAV pourrait peut être permettre une réelle évaluation des différentes méthodes présentées dans ce mémoire et de tester leur pertinence et leur applicabilité sur les différents territoires.

D'autres systèmes d'information sont développés par des chercheurs du centre national d'étude spatial. Ces SI géographiques ou de télé-épidémiologie permettent, au Sénégal, de réaliser des cartes prédictives satellitaires de risque entomologique en prenant en compte les collections d'eau. Cela permet également de comprendre les mécanismes entomologiques à l'origine de l'émergence des moustiques. Ces nouveaux systèmes d'information méritent donc une attention particulière dans la mesure où l'anticipation des zones de colonisation faciliterait la prise de décisions en matière sanitaire et de lutte antivectorielle ciblée (CNES, 2010).

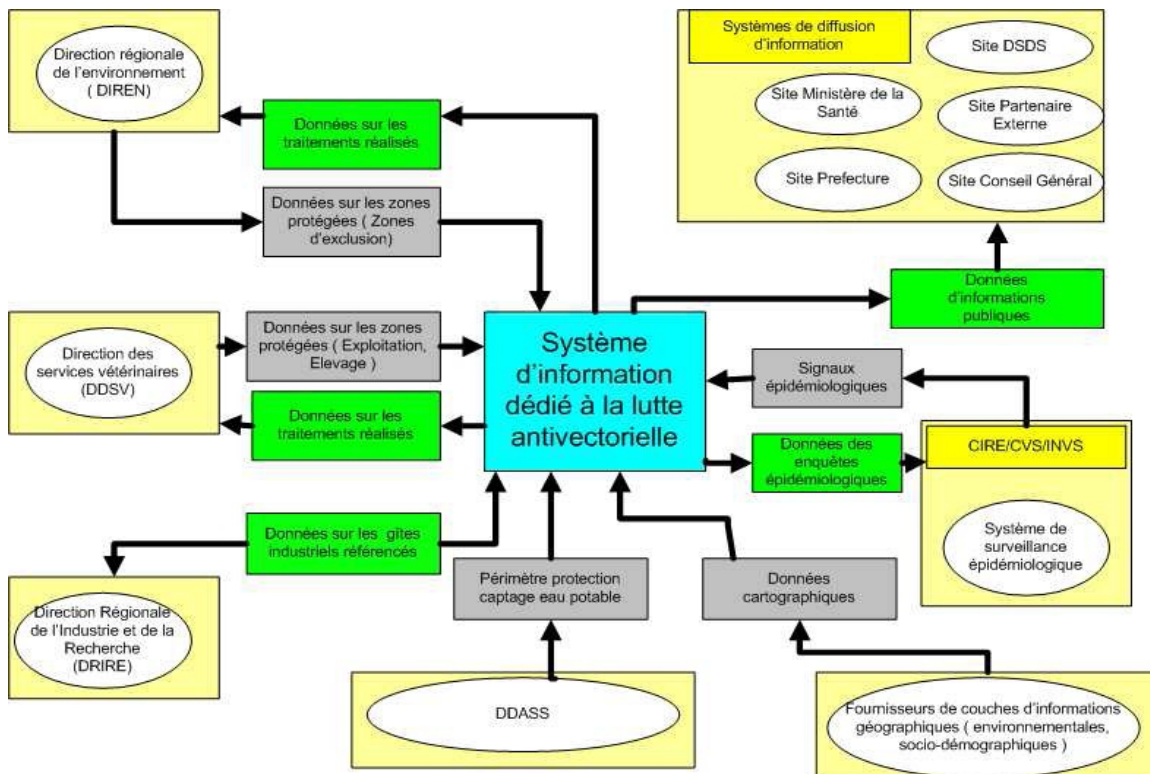


Figure 4 : Interfaces du SI-LAV (source : Ministère de la santé/DGS-étude d'opportunité du SI LAV-Rapport intermédiaire du SI cible)

3. Une stratégie concrète de lutte en France métropolitaine : Une lutte intégrée s'appuyant sur les pièges pondoir létaux

Le choix de cette stratégie est basé sur les recommandations de la partie précédente. En effet, la stratégie d'utilisation des pièges pondoirs létaux va en fait se structurer sur les trois recommandations à mettre en œuvre que sont l'intersectorialité, la communication et l'information à la population et la poursuite de la recherche. Cette stratégie doit évidemment s'accompagner d'une lutte intégrée indispensable pour être efficace.

Cette stratégie a pour but à la fois de renforcer la surveillance entomologique du moustique, d'impliquer davantage la population à travers sa participation au projet et donc de la sensibiliser à la problématique de lutte contre *Aedes albopictus*. Cette phase de test peut ainsi être considérée comme un projet de recherche permettant d'évaluer par la même occasion les autres stratégies mises en œuvre en parallèle à ce projet.

Il faut que la stratégie mise en place soit commune à tous les acteurs de la LAV. Voici la description de la phase de test qui pourrait être envisagée et les actions qui pourraient être menées par chaque acteur.

L'EID et les entomologistes participent au choix des pièges pondoires et à la stratégie d'échantillonnage à mettre en place pour être le plus représentatif possible de la situation entomologique réelle et essayer d'avoir un impact dans la diminution de la densité vectorielle. Un critère de fiabilité du matériel en terme entomologique doit également être pris en compte, c'est-à-dire que ce matériel soit attractif pour les populations d'*Aedes albopictus*,

La DREAL pourrait faire une étude d'impact de l'installation de pièges pondoires létaux en grand nombre sur un territoire en évaluant les risques liés aux produits utilisés dans ces pièges. La réglementation n'autorise à ce jour que la deltaméthrine et le Bti et des stratégies d'enfermement des moustiques sans produit sont possibles mais probablement moins efficaces. Cette évaluation doit prendre en compte les risques, à la fois pour l'homme mais aussi pour la faune et la flore environnante, liés aux produits et aux pièges en tant que tel.

L'ARS pourrait organiser et financer avec le conseil général une campagne de sensibilisation sur la lutte antivectorielle et de distribution de pièges pondoires létaux « individuels ». Des jeunes du service civique pourraient être recrutés, comme c'est déjà le cas, pour proposer aux populations d'une ville impactée par *Aedes albopictus* de participer à la surveillance et la lutte contre ce moustique. Ces rencontres avec les populations pourraient se faire avec un membre de l'EID chargé d'expliquer les modalités de cette étude test et l'impact qu'elle pourrait avoir sur le quotidien des personnes affectées par la présence de ce moustique en forte densité. De plus, il faut informer les personnes sur la lutte mécanique et l'éviction des gîtes larvaires indispensable à une lutte intégrée efficace. Il faut expliquer à la population que l'état et les services de lutte antivectorielle tels que l'EID ne peuvent pas à eux seuls lutter contre ce moustique qui se multiplie et se propage très rapidement sur le territoire. Il faut l'informer de la nécessité de l'implication de chacun pour limiter la propagation du moustique tigre.

Voici donc les grandes lignes d'une stratégie de lutte possible en France métropolitaine, celle-ci pourrait être mise en œuvre, dans le cadre d'un projet de recherche opérationnelle sur un territoire limité, puis évaluée.

Cette stratégie part du constat qu'il est difficile d'impliquer la population dans la lutte communautaire. Donc si une étude de terrain met en valeur l'intérêt de leur participation à la réduction de leur propre nuisance et à l'avancée de la recherche en trouvant de nouvelles stratégies, cela peut probablement inciter davantage chaque particulier à s'investir dans la limitation de la propagation d'*Aedes albopictus*.

Conclusion

Pour lutter ou du moins limiter l'émergence de maladies virales transmises par *Aedes albopictus* sur le territoire Français métropolitain, la direction générale de la santé s'est dotée d'un plan, « le plan antidissémination de la dengue et du chikungunya ». Ce plan rempli pour le moment ses objectifs, avec seulement quatre cas autochtones déclarés depuis 2006. Pour éviter que d'autres cas apparaissent sur le territoire Français métropolitain, il faut d'une part poursuivre le suivi épidémiologique des cas de dengue et de chikungunya mais aussi développer de nouvelles stratégies permettant de freiner l'inexorable progression du moustique tigre. De nombreuses méthodes, la technique des insectes stériles, l'utilisation renforcée de pièges pondoirs létaux, le développement de nouvelles molécules cibles du moustique et respectueuses de l'environnement, décrites dans ce mémoire, méritent d'être considérées et leur application au territoire métropolitain d'être approfondies. Ces nouvelles méthodes ne doivent cependant pas faire oublier la base d'une lutte efficace qui s'appuie sur la lutte intégrée. Une lutte multisectorielle, (s'appuyant sur les services de l'état au sens large, centraux et locaux, la population, les organismes dédiés à la lutte antivectorielle, les médecins, les entomologistes, les chercheurs, les professionnels du bâtiment, les pépiniéristes etc.) où chacun jouerait un rôle clair et défini dans une finalité de santé publique serait profitable.

Et si, malgré les efforts collectifs, le vecteur continue à se propager en France et en Europe, que le réchauffement climatique et les échanges internationaux l'y encourage, ne faudra-t-il pas considérer la possible apparition d'autres menaces vectorielles et sanitaire ? De nombreuses questions se posent pour l'avenir. Faut-il considérer les autres maladies transmises par *Aedes albopictus* (Fièvre de la vallée du Rift, La crosse...) ? *Aedes japonicus* peut-il s'implanter en Europe ? Le paludisme peut-il de nouveau sévir en Corse ? Il faut se préparer à d'autres éventualités et les évaluer pour y faire face.

De plus, bien que ce mémoire se restreigne à l'étude du territoire Français métropolitain, il faut également mentionner les difficultés rencontrées dans les territoires d'Outre Mer, où de multiples maladies surviennent, la papillonite ou la maladie de Chagas en Guyane, la fièvre de la vallée du Rift à Mayotte et surtout les cas de chikungunya à la Réunion et de dengue en Martinique et Guadeloupe avec de moins en moins d'armes efficaces pour mener la lutte.

Ce mémoire rend compte de la prise de conscience des autorités publiques de santé de ces risques sanitaires émergents et permet à la DGS d'avoir une vision transversale des possibilités actuelles disponibles pour limiter tant que possible la propagation d'*Aedes albopictus*.

Cette considération forte de la lutte antivectorielle comme un enjeu majeur de santé publique pour l'avenir s'est illustrée à travers la création du Centre National d'Expertise

sur les Vecteurs qui assurera l'évaluation de l'efficacité des différentes techniques à travers des travaux multidisciplinaires faisant appel à la fois à des composantes purement techniques et entomologiques mais aussi à des composantes anthropologiques et sociales indispensables à leur mise en œuvre.

Bibliographie

- A. A. Hoffman, B. M. (2011). Successful establishment of Wolbachia in Aedes populations to suppress dengue transmission. *Nature* , 476, 454-459.
- Afsset. (juillet 2007). *La lutte anti vectorielle dans le cadre de l'épidémie de Chikungunya sur l'île de la Réunion : evaluation des risques et de l'efficacité des produits larvicides*. Avis de l'Afsset.
- Afsset. (Octobre 2007). *La lutte antivectorielle dans le cadre de l'épidémie de Chikungunya sur l'île de la Réunion : Evaluation des risques et de l'efficacité des produits adulticides*. Avis de l'Afsset.
- Boyer, S. (2011, Février). TIS : une lutte ciblée sans insecticide. *Bulletin de veille sanitaire* , pp. 9-11.
- CNES. (2010). <http://www.cnes.fr/web/cnes-fr/9510-GP-tele-epidemiologie-prevoir-l-apparition-des-moustiques-par-satellite.php>. From <http://www.cnes.fr>.
- D. Fontenille, C. L.-R. (2009). *La lutte antivectorielle en France*. IRD.
- D. Roiz, M. N. (2011). Climatic factors driving invasion of the tiger mosquito (*Aedes albopictus*) into Aeras of Trentino, Northern Italy. *Plos One* , 6(4), 1-8.
- Developpement durable, environnement et parc, Quebec. (2002). <http://www.mddep.gouv.qc.ca/pesticide/virus-nil/bti/chap5.html>. (G. d. Quebec, Producer)
- DRASS de la Réunion. (n.d.). Le moustique à la Réunion.
- E. A. Gould, S. H. (2008). Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases. *Royal society of tropical medecine and hygiene* , 103, 109-121.
- ECDC, 2009. *Technical report : Development of Aedes albopictus risk map*. Stockholm, May 2009.
- EID Méditerranée, 2010. *Suivi de l'initiation naturelle de la diapause d'Aedes albopictus (Skuse 1894)* .
- F. Darriet, S. M. (Juillet 2007). *Insecticides et adulticides disponibles pour les opérations de lutte contre les moustiques*. Synthèse bibliographique, IRD.
- F. Marini, B. C. (2010). Study of *Aedes albopictus* dispersal in Rome, Italy, using sticky traps in mark-release-recapture experiments. *Medical and Veteribary Entomology* , 24, 361-368.
- F. Schaffner. (2008). Les méthodes sanitaires de contrôle des vecteurs pour la prévention de la transmission d'arbovirus par les moustiques en France métropolitaine. *Epidémiologie et santé animale* , 54, 29-40.
- FAO. (1998). <http://www.fao.org/nouvelle/1998/sit-f.htm>.

- Fescherolle, J. (2008). *Evaluation de l'efficacité des actions de lutte anti-vectorielle en France : état des lieux et recommandations*. Mémoire IGS, EHESP.
- GRATZ, N. (2004). Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Medical and veterinary Entomology* , 18, 215-227.
- H. Delatte, G. G. (2009). Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity and gonotrophic cycles of *Aedes albopictus*, vector of chikungunya and dengue in the Indian ocean. *journal of medical entomology* , 46(1), 33-41.
- INSEE. (2007). *INSEE statistiques locales*.
- InVS. (2011). <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladies-a-transmission-vectorielle>. From Maladies à transmission vectorielle.
- InVS. (2011). *Maladie à transmission vectorielle/chikungunya*. From www.invs.sante.fr.
- Kline, D. L. (2007). Semiochemicals, traps/target and mass trapping technology for mosquito management. *The mosquito control association* , 23, 241-250.
- L. De Jong, X. M. (2009). Molecular characterisation of the invasive Asian tiger mosquito, *Aedes (stegomia) albopictus* (Diptera: Culicidae) in Corsica. *Acta Tropica* , 112, 266-269.
- L. Mousson, E. M. (2010). Wolbachia modulates Chikungunya replication in *Aedes albopictus*. *Molecular ecology* , 19(9), 1953-1964.
- L. Toma, F. S. (2003). Seasonal patterns of oviposition and egg hatching rate of *Aedes albopictus* in Rome. *Journal of the American mosquito control association* , 19(1), 19-22.
- L. Valerio, F. M. (2010). Host feeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in urban and rural contexts within Rome Province, Italy. *Vector-borne and zoonotic diseases* , 10(3), 291-294.
- M. J. Perich, A. K. (2003). Field evaluation of a lethal ovitrap against dengue vectors in Bresil. *Medical and Veterinary Entomology* , 17, 205-210.
- M. Q. Benedict, R. S. (2007). Spread of the tiger : global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector-Borne and zoonotic diseases* , 7(1), 76-85.
- M. Salvant, J. M. (1994). *Aedes albopictus* et *Aedes Aegypti* à l'île de la Réunion. *Société Belge de médecine tropicale* , 74, 323-326.
- M. Vazeille, C. J.-B. (2007). Chikungunya : A risk for Mediterranean countries ? *Acta tropica* , 105, 200-202.
- M.Q. Benedict, R. L. (2007). Spread of the tiger : global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector-borne and Zoonotic diseases* , 7(1), 76-85.
- Malardé, I. L. (2008-2010). <http://www.ilm.pf/infomoustiques>. From www.ilm.pf.
- Ministère de la santé. (2006). Plan antidissémination du chikungunya et de la dengue.
- Ministère du travail de l'emploi et de la santé. (Juin 2011). Guide relatif aux modalités de mise en oeuvre du plan antidissémination du chikungunya et de la dengue en métropole.

Mitchell, C. G. (1997). *Aedes albopictus* in the United States : ten years presence and public health implications. *Emerging infectious diseases* , 3(3), 329-334.

Mitchell, C. J. (1995). Geographic spread of *Aedes albopictus* and potential for involvement in Arbovirus cycles in the Mediterranean basin. *Journal of vector ecology* , 20(1), 44-58.

N. G. Gratz. (2004). Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Medical and Veterinary Entomology* , 18, 215-227.

National environment agency. (2002). http://app2.nea.gov.sg/news_detail_2002.aspx?news_sid. (s. government, Producer)
From National environment agency.

Niebylski ML, S. H. (1994). Blood host of *Aedes albopictus* in the United States. *J Am Mosquito Control association* , 10 (3), 447-450.

OMS. (n.d.). From www.who.int/.

OMS, 2009. *Dengue, guideline for diagnosis, treatment, prevention and control*.

R. Gaugler, D. S. (2011). An autodissemination station for the transfer of an insect growth regulator to mosquito oviposition sites. *Medical and Veterinary Entomology* , 1-9.

Valerio, L. (2008). Analysis of exophily/endophily and host preferences of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in different ecological contexts in Rome. *PhD thesis* .

WHO. (2009). *Dengue, guideline for diagnosis, treatment, prevention and control*. World health organisation. WHO and TDR.

Liste des annexes

Annexe 1 : Questionnaire : Analyse des pratiques actuelles destinées à limiter la propagation d'*Aedes albopictus* dans la zone sud est de la France.

Annexe 2 : Le cycle biologique d'*Aedes albopictus* en image (DRASS de la Réunion. (s.d.). Le moustique à la Réunion) :

Annexe I : Questionnaire : Analyse des pratiques actuelles destinées à limiter la propagation d'*Aedes albopictus* dans la zone sud est de la France



Questionnaire : Analyse des pratiques actuelles destinées à limiter la propagation d'*Aedes albopictus* dans la zone sud est de la France

Actuellement en stage d'ingénieur du génie sanitaire, je travaille sur l'analyse des pratiques actuelles destinées à limiter la propagation d'*Aedes albopictus* dans la zone sud est de la France.

J'ai réalisé un questionnaire qui a pour but de recueillir vos points de vue sur la stratégie de limitation de la propagation de ce moustique en France métropolitaine. L'objectif est aussi de vous permettre de faire des propositions et de donner votre avis sur les futures actions à mener.

Les réponses que vous apporterez à ce questionnaire me permettront d'arriver à des propositions concrètes qui seront intégrées à mon mémoire. Je vous enverrai par la suite mon mémoire finalisé.

I. Stratégie de lutte anti vectorielle (LAV) :

1) Quel est votre rôle dans la stratégie de lutte antivectorielle ?

Si vous avez un rôle actif dans la LAV,

2) Que mettez vous en œuvre dans ces différentes situations :

- détection du moustique

- en milieu urbain

- en milieu rural

-détection du moustique

- en zone déjà colonisée

- en zone nouvellement colonisée

- présence de cas humains importés ou autochtones :

3) Une évaluation des différentes actions est elle mise en place ? Ces actions sont elles réellement efficaces ? pertinentes ?

En dépit de ces actions, le moustique gagne du terrain,

4) Pensez vous que les actions mises en place ont un impact réel sur le ralentissement de la propagation d'*Aedes albopictus* ? Se serait-il propagé plus vite si rien n'avait été fait ?

3) De nouvelles techniques (expérimentales ou menées dans d'autres environnements, notamment contre *Aedes aegypti*) vous paraissent-elles applicables au territoire Français métropolitain ? Si oui, dans quelles conditions ? (males stériles, modification génétique, BS+BTI, poissons larvivores, wolbachia...)

4) Pensez-vous que d'autres secteurs devraient être impliqués dans la lutte antivectorielle ? (industrie, écologie, éducation nationale, urbanisme...) Y-a-t-il déjà eu des projets de LAV en interministériel ? y a-t-il eu des exemples en démonstration « de confort » ? Ont-ils été efficaces ? Durables ? Si non, comment améliorer leur efficacité ?

5) Y a-t-il eu des collaborations avec la DREAL ? (ICPE) ont-elles été efficaces ? Si non, comment améliorer leur efficacité ?

II. Surveillance entomologique :

On sait que ce moustique se développe dans des gîtes très variés (pot de fleur, soucoupe, pneu, fûts, boîtes de conserve, réceptacle d'eau de pluie, souterrains, gouttières)

1) La stratégie d'échantillonnage actuelle vous paraît-elle représentative de la situation entomologique ?

a) Dans les zones indemnes

b) Dans les zones colonisées

D'autres stratégies vous paraissent-elles pertinentes ?

a) Dans les zones indemnes

b) Dans les zones colonisées

III. Education et information communautaire :

1) Dans une zone indemne susceptible d'être colonisée, une information à la population est elle mise en place de façon préventive ? Si oui, par quels moyens ?

2) Y a-t-il une information à la population sur le rôle de chacun dans la lutte contre les moustiques tels qu'*Aedes albopictus* ? Information dans les écoles ? Les entreprises ? Pensez vous que ce type de projet est envisageable ? (si il en existe détaillez les actions mises en place)

a) En zone indemne susceptible d'être colonisée

b) En zone déjà colonisée ou en partie

IV. Retour d'expérience et collaboration interdépartementale, communautaire et internationale

1) Quel bénéfice tirez-vous de l'expérience des autres territoires Français et étrangers confrontés à des risques similaires ?

2) Faites vous partager votre expérience à des territoires susceptibles d'être colonisés à l'avenir ?

2) Existe-t-il des outils collaboratifs dans le cadre de la LAV ? Est-ce que de tels outils sont ou seraient utiles ?

V. Bilan sur la LAV :

Attentes, suggestions :

1) relatives à la stratégie et aux techniques de LAV actuelle :

2) Relatives à son évolution souhaitable :

Questionnaire rempli par :

Numéro de téléphone :

Organisme :

Commentaires éventuels :

Je vous remercie de votre participation.

Je vous précise que ces données resteront anonymes et confidentielles et ne seront pas utilisées comme telles dans mon mémoire.

Figure 1. Activité saisonnière possible d'Aedes albopictus en Europe: semaines entre l'éclosion des œufs au printemps et l'entrée des œufs en diapause en automne.

Annexe II : Le cycle biologique d'*Aedes albopictus* en image (DRASS de la Réunion. (s.d.). Le moustique à la Réunion) :



Les œufs



La larve



La nymphe



L'adulte

Brasseur

Anthony

11 octobre 2011

Ingénieur du génie sanitaire

Promotion 2011

Analysis of means to reduce *Aedes albopictus* propagation in South East of France and recommendation for health authorities.

Abstract

Abstract :

Since 2004, the mosquito vector of chikungunya and dengue, *Aedes albopictus*, has been located in metropolitan France where it is gaining ground each year. The main objective of this memorandum is to propose axes of improving the strategy of limiting the spreading of the Tiger mosquito on the Metropolitan French territory.

These proposals are based on a state of the knowledge of the tiger mosquito and its environment, also on a inventory of the various vector control methods used in France, in Europe and in the world.

The intermediate goal is to have a global vision of the current and future possibilities to control the mosquito (community management, chemical, biological, genetical techniques...) by comparing their effectiveness.

This work is also studying the French strategy used to control *Aedes albopictus*. The mailing of questionnaires and the meetings with multiple actors of this struggle should help to collect their views and their ideas for strategic improvement.

Three areas of improvement emerged from these bibliographic researches and these interviews :

- Improved intersectorial collaboration,
- Raising awareness and involvement of the population,
- development of the research.

Taking into account these three axes, a concrete integrated action is proposed. It is based on the method of lethal ovitraps which enables on the one hand to mobilize the population and on the other hand to try and control *Aedes albopictus*.

Mots clés :

Aedes albopictus - Vector control – Inventory – strategy - recommendation

L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

Brasseur

Anthony

11 octobre 2011

Ingénieur du génie sanitaire

Promotion 2011

Analyse des pratiques actuelles destinées à limiter la propagation d'*Aedes albopictus* dans la zone sud est de la France et propositions d'amélioration

Résumé

Résumé :

Depuis 2004, le moustique vecteur du chikungunya et de la dengue, *Aedes albopictus*, s'est implanté en France métropolitaine où il gagne du terrain chaque année.

L'objectif principal de ce mémoire est de proposer des axes d'amélioration de la stratégie de limitation de la propagation du moustique tigre sur le territoire Français métropolitain.

Ces propositions sont basées sur un état des lieux des connaissances relatives au moustique vecteur français et notamment à sa bioécologie. Mais également sur un recensement des différentes méthodes de lutte antivectorielle utilisées en France, en Europe et dans le monde. L'objectif intermédiaire est d'avoir une vision globale des possibilités de lutte actuelles et futures (communautaire, chimique, biologique, génétique...) pour en comparer l'efficacité.

Ce travail étudie aussi la stratégie française de lutte contre *Aedes albopictus*. L'envoi de questionnaires et l'organisation d'entretiens avec de multiples acteurs de cette lutte permettent de recueillir leur point de vue et leurs pistes d'amélioration stratégique.

De ces recherches bibliographiques et de ces entretiens se dégagent trois axes d'amélioration :

- Amélioration de la collaboration intersectorielle,
- Renforcement de l'implication du grand public,
- Développement de la recherche.

En tenant compte de ces trois axes, une action concrète de lutte intégrée est proposée. Elle repose sur la méthode des pièges pondoirs létaux qui permet d'une part, de mobiliser la population et d'autre part, d'essayer de contrôler *Aedes albopictus*.

Mots clés :

Aedes albopictus – lutte antivectorielle – bioécologie – stratégies - recommandations

L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.