

Le 27 avril 2015

Réponse à la saisine « Vecteurs et lutte antivectorielle à Mayotte »

Composition du groupe de travail :

Thomas BALENGHIEN (CIRAD), Pierre CARNEVALE, Frédéric DARRIET (IRD), Dominique PECAUD (Université de Nantes), Nicolas POCQUET (CNEV).

Contributions et relecture :

Fabrice CHANDRE (IRD), Gérard DUVALLET (Université de Montpellier III), Anna-Bella FAILLOUX (Institut Pasteur), François MANSOTTE (ARS de l'Orne), Frédéric PAGES (Cire Océan Indien), Julien THIRIA (ARS Océan Indien).

Coordination de l'expertise :

Frédéric JOURDAIN (CNEV), Yvon PERRIN (CNEV).

Résumé exécutif

Mayotte est confrontée depuis de nombreuses années à plusieurs maladies à transmission vectorielle : le paludisme, la dengue, le chikungunya, la filariose de Bancroft, et plus récemment, la fièvre de la vallée du Rift.

En matière de paludisme, Mayotte est l'un des deux départements français, avec la Guyane, où il existe une transmission autochtone. L'une des principales évolutions dans la stratégie de lutte contre le paludisme à Mayotte a été la mise en place en 2010 d'une campagne de distribution généralisée de moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée d'action (MIILD). Cette méthode de lutte a progressivement remplacé les aspersion intradomiciliaires (AID). L'évaluation de cette distribution montre que le programme a été bien conçu et suivi. En revanche, après 3 ans, le taux de couverture a diminué. La pérennisation d'une telle distribution est aujourd'hui discutée.

Dans le contexte mahorais actuel, il serait cependant souhaitable de maintenir une couverture universelle de la population en MIILD alors même qu'un objectif d'élimination du paludisme à Mayotte est envisageable.

Il convient également de s'interroger sur la possibilité de considérer d'un point de vue réglementaire les MIILD comme des produits de santé. Ceci semble justifié dans le contexte mahorais, eu égard aux bénéfices des MIILD en matière de prévention et de contrôle de maladies à transmission vectorielle. Un tel statut permettrait en particulier d'envisager des mécanismes facilitant l'accès à ce type de moustiquaires.

A Mayotte, il existe cependant deux principaux obstacles à la distribution des MIILD. Le premier est d'ordre économique au vu du coût d'un tel programme de distribution. Le second est d'ordre réglementaire. En effet, suite à la mise en œuvre de la réglementation communautaire biocides, l'offre en moustiquaires s'est considérablement réduite sur le marché européen et aucune solution n'est aujourd'hui envisageable pour la mise en place pérenne d'une stratégie de distribution à large échelle dans un objectif de santé publique. Il est par conséquent nécessaire de mobiliser le secteur industriel pour la mise sur le marché européen de moustiquaires imprégnées efficaces et compatibles avec des programmes de distribution à large échelle. Ceci nécessite une volonté et une action politique en partie de la part des ministères chargés de la santé et de l'environnement.

Culex quinquefasciatus représente également une menace importante sur l'île de Mayotte. Outre son rôle vectoriel reconnu dans la transmission de *Wuchereria bancrofti*, parasite responsable de la filariose lymphatique, cette espèce pourrait également jouer un rôle important en cas d'introduction du virus West Nile, en particulier dans les zones de contact entre volailles et hommes. La compétence vectorielle de *Cx. quinquefasciatus* vis-à-vis du virus de la fièvre de la vallée du Rift, démontrée au laboratoire, incite également à la vigilance.

Une résistance importante de *Cx. quinquefasciatus* à la deltaméthrine et au téméphos a été démontrée lors d'études précédentes. La résistance à la deltaméthrine, seul adulticide disponible à Mayotte, est particulièrement problématique et limite les traitements insecticides possibles aux seuls larvicides (en particulier *Bti+Bs*). L'utilisation de moustiquaires imprégnées peut également avoir un impact significatif sur le risque de transmission de la filariose lymphatique. Cependant, l'action la plus importante, bien que la plus difficile à mettre en œuvre, reste l'entretien et la modification des ouvrages de gestion des eaux pluviales et une amélioration de l'assainissement

individuel, qui regroupent les principaux gîtes larvaires de *Cx. quinquefasciatus* sur l'île.

Concernant la surveillance et la lutte contre les vecteurs potentiels du virus de la fièvre de la vallée du Rift , la mise en place d'un programme en continu n'est pas recommandée. Il serait en revanche utile, en cas de circulation suspecte ou avérée, de collecter les moustiques présents dans l'optique d'identifier les espèces impliquées dans la transmission par le biais d'une recherche virale sur les spécimens capturés. En cas de transmission suspecte ou avérée, il conviendra d'éliminer ou de traiter les habitats larvaires. Des traitements adulticides peuvent également être envisagés autour des cas.

Sommaire

1.	Contexte de la saisine et principaux risques vectoriels à Mayotte	1
1.1.	Contexte général	1
1.2.	Les enjeux de la lutte contre le paludisme à Mayotte	2
2.	Quelles orientations pour la LAV à Mayotte	4
2.1.	Stratégie de distribution des moustiquaires imprégnées à Mayotte.....	4
2.1.1.	Intérêt des MIILD dans la lutte contre le paludisme	4
2.1.2.	Intérêt des MIILD dans la prévention de la dengue et du chikungunya	4
2.1.3.	Les différentes stratégies existantes en matière de distribution de moustiquaires.....	5
2.1.4.	Programme actuel de distribution à Mayotte.....	9
2.1.5.	La nécessité d’une appropriation de l’outil par la population	14
2.1.6.	Quelle est la stratégie la plus adaptée au contexte mahorais ?	16
2.2.	La lutte contre <i>Culex quinquefasciatus</i> à Mayotte.....	24
2.2.1.	Quel est le rôle vectoriel de <i>Cx. quinquefasciatus</i> ?.....	24
2.2.2.	Biologie de l’espèce à Mayotte	24
2.2.3.	Quelle stratégie de lutte contre <i>Cx. quinquefasciatus</i> ?	27
2.3.	La lutte contre les vecteurs du virus de la FVR à Mayotte	28
2.3.1.	Quels sont les espèces de moustiques impliquées dans la transmission du virus à Mayotte ?	28
2.3.2.	Quelle stratégie adopter pour la prise en compte de ce risque (surveillance, contrôle) et besoins en termes de développement des connaissances	30
	Annexe 1 : saisine du CNEV par la Direction Générale de la Santé.....	36
	Annexe 2 : exemples de réémergences du paludisme (revue dans Cohen <i>et al.</i> , 2012).	38
	Annexe 3 : prospectus distribué avec les MIILD à Mayotte	41
	Annexe 4 : principaux résultats des enquêtes réalisées 3 mois, 8 mois, 1 an et 3 ans après la distribution des MIILD dans le village pilote de Dzoumogné.....	42
	Annexe 5 : Courrier du CNEV à la Direction Générale de la Prévention des Risques.....	44
	Annexe 6 : Larvicides testés sur <i>Culex quinquefasciatus</i> en conditions de terrain à Mayotte	48

1. Contexte de la saisine et principaux risques vectoriels à Mayotte

1.1. Contexte général

Mayotte est confrontée depuis de nombreuses années à plusieurs maladies à transmission vectorielle : le paludisme, la dengue, le chikungunya, la filariose de Bancroft, et plus récemment, la fièvre de la vallée du Rift. Ces différentes maladies sont liées à des agents pathogènes (parasites ou virus) transmis par différentes espèces de moustiques. Le paludisme, bien que toujours présent à Mayotte, a très nettement reculé ces dernières années, passant de 436 cas en 2010 (dont 39 % de cas autochtones) à 82 cas en 2013 (un seul cas autochtone) et 15 cas en 2014. Il n'en va pas de même pour la dengue qui a fortement touché l'île de janvier à novembre 2014, avec 519 cas détectés, dont une grande majorité (91 %) étant identifiés comme autochtones. Depuis l'épidémie de chikungunya qui a fortement touché l'île en 2005-2006 (une enquête de séroprévalence ayant montré un taux d'attaque de 38 %, quasiment le même qu'à la Réunion), des cas sporadiques sont régulièrement enregistrés. Enfin, des cas de fièvre de la vallée du Rift et de filariose de Bancroft ont été récemment enregistrés sur l'île.

La lutte antivectorielle (LAV) représente l'un des principaux outils pour limiter l'impact de ces maladies sur la population humaine. A Mayotte, elle est assurée par un service dédié de l'Agence de Santé Océan Indien (ARS OI). Ce service de LAV de la délégation de Mayotte a souhaité recueillir un avis quant à la définition des contours de sa stratégie de lutte pour les années à venir. En effet, plusieurs limitations se posent aujourd'hui aux stratégies mises en place.

L'une des principales évolutions dans la stratégie de LAV contre le paludisme à Mayotte a été le début de la mise en place en 2010 d'une campagne de distribution généralisée de moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée d'action (MIILD). Cette méthode de lutte a progressivement remplacé les aspersion intradomiciliaires (AID) de deltaméthrine, qui étaient de moins en moins acceptées par la population mahoraise, et que le service de LAV ne pouvait plus mettre en œuvre compte tenu de l'augmentation du nombre de logements et de la faible rémanence de la deltaméthrine sur des supports comme la tôle ou le bois. Aujourd'hui, la distribution gratuite de MIILD ne peut plus être soutenue par l'ARS, et se pose donc la question de la pérennité de cette action. Cette question est d'autant plus prégnante que les premières MIILD distribuées en 2012 (après la phase de test initiée en 2010) arrivent à la fin de leur durée de vie (3 à 5 ans), et devraient donc être remplacées. Plus récemment, une situation particulièrement problématique a été mise en évidence. En effet, aucune moustiquaire imprégnée de deltaméthrine, et recommandée par l'OMS dans la lutte contre le paludisme, n'est actuellement autorisée à être mise sur le marché français, compromettant ainsi totalement la mise en œuvre d'une stratégie de lutte contre le paludisme qui serait basée sur ce moyen de prévention individuel et collectif. Plus largement, aucun industriel produisant une moustiquaire imprégnée d'un autre pyréthrianoïde et recommandée par l'OMS n'a actuellement déposé de demande d'autorisation de mise sur le marché dans les pays de l'Union Européenne, ce qui risque de conduire rapidement à la disparition de cet outil en Europe.

A cela s'ajoute un panel extrêmement restreint de biocides utilisables en France (et donc à Mayotte), du fait de la réglementation européenne, mais également du fait de la nécessaire protection des milieux fragiles de l'île (mangroves et lagon).

Enfin, la multiplicité des espèces vectrices présentes à Mayotte constitue un réel défi pour la LAV, avec plusieurs espèces d'anophèles vectrices de *Plasmodium* (*An. gambiae*, *An. funestus*, *An. mascarensis*), deux espèces d'*Aedes* vectrices des virus de la dengue et du chikungunya (*Ae. aegypti* et *Ae. albopictus*), et d'autres espèces de moustiques pouvant être impliquées dans la transmission de parasites ou d'arbovirus, dont *Culex quinquefasciatus*. Chacune de ces espèces ayant des comportements très différents (diurne ou nocturne, urbain ou périurbain, gîtes naturels ou artificiels...), les actions de LAV doivent nécessairement être adaptées à l'espèce visée. L'existence de plusieurs espèces vectrices, ou potentiellement vectrices, pour chacun des différents agents pathogènes transmis sur l'île pose également la question de l'identification de leurs rôles respectifs dans la transmission. Enfin, la multiplicité des vecteurs pose la question de la communication à mettre en place et du risque de confusion des messages pour la lutte communautaire.

Dans ce contexte, la DGS, sur demande de la délégation de Mayotte de l'ARS OI, a saisi le CNEV pour proposer une stratégie de LAV qui pourrait être mise en place à Mayotte (Annexe 1). En particulier, les questions du maintien des moustiquaires imprégnées, de la lutte contre les moustiques vecteurs d'arbovirus et de l'intérêt de la mise en place d'un contrôle de *Cx. quinquefasciatus* ont été soulevées.

1.2. Les enjeux de la lutte contre le paludisme à Mayotte

L'incidence du paludisme a fortement baissé ces dernières années à Mayotte. Le dernier point épidémiologique émis par l'InVS sur l'incidence du paludisme faisait état de 74 cas déclarés sur l'ensemble de l'île en 2012, soit un taux d'incidence de 0,3 ‰. Ce taux d'incidence est très nettement inférieur à celui observé entre 2003 et 2010 (3 ‰ en moyenne sur cette période). De plus, sur l'ensemble des cas déclarés en 2012, seuls 25 étaient des cas liés à une transmission autochtone (InVS, 2013). Cette faible incidence du paludisme s'est confirmée en 2013, avec 82 cas déclarés pour cette année, dont un seul cas autochtone (WHO, 2014a). Les faibles niveaux de transmission observés entre 2011 et 2013 sont certainement liés, au moins pour partie, aux actions de lutte antivectorielle mises en place à Mayotte, et notamment à la distribution de MIILD initiée en 2010. Il faut toutefois noter que Mayotte n'est pas isolée et la chute de la transmission à Mohéli et à Anjouan ainsi qu'à Madagascar sont une des raisons de cette baisse. L'OMS définit l'élimination du paludisme comme la réduction à zéro, suite à des efforts délibérés, de l'incidence de l'infection causée par une espèce de *Plasmodium* sur une aire géographique donnée, associée à des mesures visant à prévenir toute réémergence de la transmission. Lorsque la chaîne de transmission locale a été interrompue depuis au moins trois années consécutives, il est alors possible de parler d'élimination du paludisme (WHO, 2014b ; WHO, 2014c). Il semble par conséquent légitime de traiter la question de la lutte contre le paludisme sous l'angle de l'objectif d'élimination.

Même si les résultats observés à Mayotte ces deux dernières années sont encourageants et permettent d'envisager une élimination rapide du paludisme sur l'île, il n'en reste pas moins

nécessaire de maintenir des actions de surveillance et de lutte. En effet, un relâchement des actions risquerait de favoriser une réémergence du paludisme. Une revue réalisée en 2012 s'est intéressée aux cas de réémergence du paludisme signalés dans la littérature, et aux raisons invoquées pour expliquer ces réémergences (Cohen et al., 2012)¹. Dans cette étude, 75 événements de réémergence du paludisme ont été identifiés dans 61 pays. Dans la grande majorité des cas (91 %), la réémergence du paludisme a été attribuée, au moins pour partie, à l'affaiblissement des programmes de lutte. Différentes raisons peuvent expliquer cet affaiblissement, les trois principales étant une diminution des financements alloués à la lutte contre le paludisme (dans 54 % des cas), un relâchement des efforts de lutte suite à la réussite d'un programme (47 %), ou des événements extrêmes comme des guerres ou catastrophes naturelles (25 %). A titre de comparaison, les phénomènes de résistance des moustiques aux insecticides ou des parasites aux médicaments n'ont été invoqués que dans 32 % des cas de réémergence du paludisme.

En absence d'action, le risque est de revenir à un niveau de transmission de base, lié à un certain nombre de caractéristiques de la zone géographique considérée. Parmi ces caractéristiques, on peut notamment citer les espèces d'anophèles présentes, leur abondance et leur comportement, les espèces de *Plasmodium* transmises, la qualité de l'habitat, la qualité du système de santé ou encore le nombre de cas importés sur la zone (WHO, 2014c). Il est relativement difficile d'estimer le niveau de transmission de base du paludisme. L'une des approches est de se référer aux données historiques de prévalence, et principalement aux études réalisées immédiatement avant la mise en place des actions de lutte. A Mayotte, cette approche est difficilement utilisable, du fait de la mise en place d'actions de lutte depuis le début des années 1950 sur l'île (Robert et Lagneau, 2009), mais aussi du fait du développement économique qu'a connu l'île durant cette période. Toutefois, il est raisonnable de penser qu'un arrêt des actions de lutte conduirait à une augmentation du nombre de cas, à des niveaux de prévalence au moins équivalent à ceux observés entre 2003 et 2010 (InVS, 2013).

¹ Différents exemples de réémergence du paludisme issus de cette étude sont présentés en annexe 1.

2. Quelles orientations pour la LAV à Mayotte

2.1. Stratégie de distribution des moustiquaires imprégnées à Mayotte

2.1.1. Intérêt des MIILD dans la lutte contre le paludisme

Les moustiquaires traditionnelles (*i.e.* non imprégnées d'insecticides) constituent une barrière physique empêchant le moustique d'accéder à son hôte. Si elles sont correctement utilisées et maintenues en bon état, elles protègent théoriquement le dormeur durant toute la période d'utilisation. En pratique, il est fréquent que les moustiquaires soient mal installées ou trouées, ce qui les rend quasiment inefficaces (Darriet et al., 2000). Les MIILD compensent ce problème en associant à la barrière physique de la moustiquaire l'effet létal et excito-répulsif des pyréthrinoïdes, seule famille d'insecticides actuellement utilisée pour l'imprégnation des moustiquaires (Mouchet et al., 2004 ; WHO, 2014f). Utilisée à une échelle individuelle, les MIILD constituent donc un excellent moyen de protection personnelle contre les vecteurs du paludisme.

En plus de la simple protection individuelle qu'elles confèrent, les MIILD fournissent également une protection communautaire lorsque le taux de couverture est élevé (Darriet, 2007). Il est communément admis qu'un taux de couverture de 80 à 85 % est l'objectif minimum à atteindre pour espérer avoir un effet sur les densités de vecteurs et sur la transmission du paludisme (RBM, 2011). A cette condition, les MIILD constituent donc un réel outil de lutte anti-vectorielle. L'OMS prône cet effet communautaire de l'action des MIILD depuis plus de 25 ans.

2.1.2. Intérêt des MIILD dans la prévention de la dengue et du chikungunya

L'utilisation de moustiquaires imprégnées pour lutter contre les *Aedes*, vecteurs de la dengue et du chikungunya, peut surprendre. En effet, les *Aedes* (contrairement aux anophèles) ayant une activité diurne, l'intérêt des MIILD pour lutter contre ces espèces semble donc limité. Il n'existe d'ailleurs que peu de données sur l'impact des moustiquaires imprégnées sur les densités d'espèces du genre *Aedes*, ou sur la transmission des virus de la dengue et du chikungunya. La seule étude disponible a été réalisée à Haïti, où l'impact des MIILD sur *Ae. aegypti* a été suivi *via* plusieurs indices entomologiques, et comparés entre zones couvertes ou non couvertes en MIILD (Lenhart et al., 2008). Dans cette étude, cinq mois après l'introduction des MIILD, une baisse de certains indices entomologiques a été observée, tels que le nombre de nymphes par personne² (36 % de réduction) ou le nombre de pièges pondoirs positifs à l'intérieur des habitations (77 % de réduction). Cependant, cet effet bénéfique des MIILD ne s'est pas vérifié sur l'ensemble des indices suivis, avec notamment une augmentation de l'indice de Breteau et de l'indice maison (60 % et 56 % d'augmentation respectivement ; Lenhart et al., 2008). Il n'est cependant pas impossible qu'une large couverture en MIILD puisse avoir un effet sur les densités d'*Aedes*, notamment pour *Ae. aegypti* qui présente généralement un comportement endophile et pourrait donc être exposé à l'insecticide.

² Nombre de nymphes comptabilisées dans une zone donnée rapporté au nombre d'habitants de la zone. Cet indice permet une mesure plus fine de la densité vectorielle que, par exemple, l'indice de Breteau

D'autres études seraient cependant nécessaires pour confirmer un éventuel effet bénéfique des MIILD sur les densités des vecteurs de la dengue ou du chikungunya.

Les MIILD peuvent toutefois présenter un intérêt dans la prévention de la transmission des virus de la dengue et du chikungunya. En effet, l'isolement des malades suspectés infectés sous moustiquaire peut éviter que des moustiques venant se nourrir de leur sang ne se contaminent et n'infectent d'autres personnes. Les moustiquaires permettent par ailleurs de protéger les populations vulnérables comme les jeunes enfants qui ne marchent pas encore, les personnes alitées ou bien encore les femmes enceintes. Il est cependant important de rappeler que le principal moyen de lutte ayant un impact avéré en termes de santé publique est la destruction des moustiques, adultes ou larves avec des produits insecticides, et la destruction des gîtes larvaires manuellement ou par des aménagements de l'environnement, et ce, dans le cadre des opérations de démoustication (AFSSET, 2007).

2.1.3. Les différentes stratégies existantes en matière de distribution de moustiquaires

Il n'existe pas, à proprement parler, de stratégies types pour la distribution des moustiquaires imprégnées d'insecticides. Les stratégies sont en effet adaptées aux contextes de transmission et aux financements disponibles pour chaque pays ou zones à couvrir. Il est cependant possible de distinguer les différentes stratégies existantes au regard de leur objectif opérationnel. Les deux objectifs possibles d'une campagne de distribution sont soit la couverture universelle d'une population soit une couverture ciblées sur certaines populations. Les différentes stratégies se distinguent ensuite par les canaux de distribution mis en œuvre, les cibles principales à couvrir, la durée de la distribution, le coût des MIILD pour les utilisateurs, éventuellement le choix de la MIILD (coloris et formes), et enfin les secteurs sollicités pour la distribution. A terme, ces deux objectifs opérationnels peuvent être complémentaires afin d'atteindre ou de maintenir un taux de couverture élevé. Kilian et ses collaborateurs ont proposé en 2009 une grille permettant de décrire les différentes stratégies de distribution existantes (figure 1 ; d'après Kilian et al., 2009).

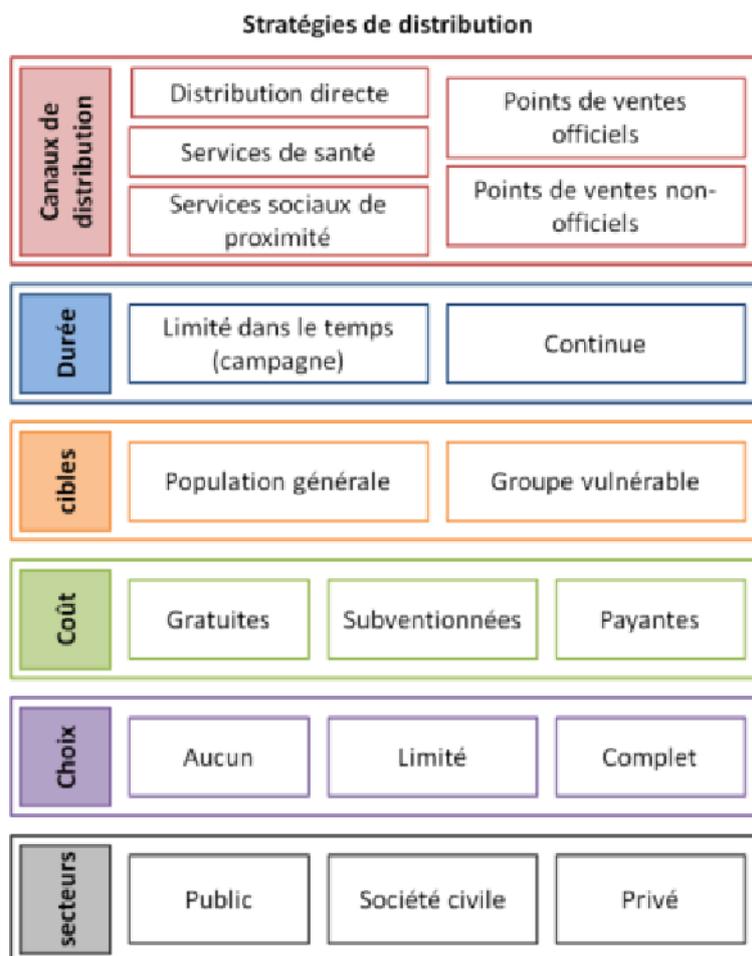


Figure 1 : Caractéristiques des systèmes de distribution de moustiquaires imprégnées. Les stratégies de distribution de MIILD peuvent être définies par six critères, le plus important étant le ou les canaux de distribution utilisés. Les stratégies sont choisies en fonction de l'objectif final de la distribution (d'après Kilian et al., 2009).

Les canaux de distribution : il s'agit de l'un des principaux critères de description d'une stratégie de distribution. Les différents canaux existants ne sont pas exclusifs et peuvent donc être combinés dans une seule et même stratégie de distribution. Il est possible de distinguer les canaux suivants :

- *la distribution directe* : elle peut être réalisée en porte-à-porte ou à un point de distribution facilement accessible par l'ensemble de la population (écoles, lieux de culte...). Il s'agit du principal canal de distribution utilisé lors des campagnes de distribution universelle ;
- *Les services de santé* : les dispensaires, les centres de PMI, les maternités ou les centres de vaccination peuvent permettre une distribution ciblée de moustiquaires vers une partie de la population considérée comme plus vulnérable (ex : femmes enceintes ou enfants de moins de cinq ans). Il est également possible de fournir une moustiquaire aux patients atteints de paludisme, *via* le système hospitalier ;
- *Les services sociaux de proximité* : ils peuvent être mis à profit pour cibler une partie de la population, généralement plus défavorisée. Si ces services disposent d'équipes mobiles, ils peuvent distribuer directement les moustiquaires à ces populations ;

- *Les points de ventes officiels* : les moustiquaires peuvent être vendues dans des pharmacies, ou tout autre point de vente, améliorant ainsi la disponibilité des moustiquaires à l'échelle du territoire. Ce canal de distribution peut également permettre la mise en place de bons de réduction distribués à certaines catégories de la population ;
- *Les points de ventes non-officiels* : dans certains pays, les moustiquaires peuvent également être vendues par des marchands ambulants ou dans de petites échoppes. Ce canal ne permet pas de contrôler la distribution.

La durée de la distribution : la distribution de moustiquaires imprégnées peut être limitée dans le temps ou continue. Lorsque la distribution est limitée dans le temps et passe par une distribution directe à la population, on parle alors de campagne de distribution.

Les cibles : le groupe ciblé par une distribution peut être la population générale, à l'échelle du pays ou d'une zone géographique plus restreinte, ou une partie de la population considérée comme vulnérable (femmes enceintes, enfants de moins de cinq ans, classes socio-économiques fragiles...).

Le coût pour l'utilisateur : les moustiquaires peuvent être distribuées gratuitement, être subventionnées à différents degrés, ou non subventionnées (prix déterminé par le marché). Lorsque les MIILD sont payantes, différents systèmes peuvent être utilisés pour moduler le coût pour l'utilisateur, comme les coupons (échangés contre une MIILD gratuite) ou les bons de réduction.

Le choix : différents niveaux de choix de moustiquaires peuvent être proposés à l'utilisateur, en termes de formes et de couleurs. Dans certaines situations, ce choix permet une meilleure acceptation et appropriation des moustiquaires.

Les secteurs impliqués : les secteurs impliqués dans la distribution de moustiquaires peuvent être le secteur public par des agences nationales ou régionales, la société civile via des organisations non gouvernementales (ONG), des associations ou des groupes religieux, ou le secteur privé dans le cas d'une mise en place d'un circuit de vente de moustiquaires.

Evaluation des stratégies de distribution

Le principal critère d'évaluation des stratégies de distribution utilisé à l'heure actuelle est le taux de couverture de la population cible. Ce taux de couverture est généralement exprimé en pourcentage d'habitants possédant au moins une moustiquaire imprégnée (WHO, 2014d). Même si il s'agit d'une bonne approximation du niveau de couverture d'un pays ou d'une zone géographique, ce critère ne renvoie pas d'informations sur l'utilisation réelle des MIILD et sur la proportion de personnes protégées dans chaque foyer. Des critères plus précis peuvent être utilisés, tels que le pourcentage de la population ayant accès à une MIILD à l'intérieur de chaque foyer, ou le pourcentage de la population déclarant avoir dormi sous une MIILD la nuit précédente.

Les deux autres critères à prendre en compte pour l'évaluation d'une stratégie de distribution de MIILD sont l'équité de la distribution et le coût des moustiquaires. L'équité correspond à la possibilité, pour la proportion la plus pauvre de la population, d'accéder aux MIILD, en comparaison des catégories plus aisées. Le coût quant à lui peut être exprimé en coût par MIILD distribué. Ce coût varie en fonction des volumes de MIILD distribuées, des coûts de transports et des taxes éventuelles.

Avantages et inconvénients des stratégies les plus couramment utilisées

Les campagnes de distribution massive de moustiquaires présentent l'avantage d'atteindre rapidement un taux de couverture important de la population. Les moustiquaires sont généralement fournies gratuitement, ce qui permet de respecter une bonne équité entre les différentes classes socio-économiques de la population. En revanche, après la campagne de distribution, une baisse du niveau de couverture est généralement observée. Les deux premières années suivant la distribution, cette baisse peut atteindre 5 à 13 % par an (Kilian et al., 2009). Les raisons invoquées pour expliquer cette disparition sont variables, mais il peut notamment s'agir d'une détérioration des MIILD ou, dans certains cas, d'un détournement d'usage des MIILD (Dhiman and Veer, 2014).

Les stratégies de distribution continue ont pour résultat une augmentation lente du taux de couverture, de l'ordre de 3 à 5 % par an lorsqu'elles sont uniquement basées sur la vente des MIILD dans le secteur privé, et de l'ordre de 6 à 25 % par an lorsque la vente des moustiquaires est combinée à un système de distribution gratuite ou fortement subventionnée (Kilian et al., 2009). L'un des principaux défauts des systèmes de distribution continue de MIILD est qu'ils ne permettent que rarement de respecter une bonne équité de la distribution. En effet, la vente des moustiquaires défavorise nécessairement les catégories les plus pauvres de la population qui sont, bien souvent, également les plus à risques. De plus, même si les moustiquaires sont distribuées gratuitement, dans des structures sanitaires ou des écoles par exemple, il faut que l'accès à ces structures soit équitable pour que la distribution le soit également, ce qui n'est pas toujours le cas (RBM, 2011).

La question du coût des MIILD pour la population

La question du coût pour l'utilisateur d'un produit est une question qui se pose fréquemment dans les programmes de santé publique. Dans une revue de 2012, Bates et ses collaborateurs ont analysé dix études portant sur l'impact du coût d'un produit sur l'acquisition et l'utilisation de ce produit par la population (Bates et al., 2012). Dans ces études, des individus ont reçu, gratuitement ou à des prix variables, des produits tels que des moustiquaires imprégnées, des médicaments antiparasitaires ou des désinfectants pour l'eau. L'impact du prix sur l'obtention et l'utilisation du produit a ensuite été mesuré. Il ressort de cette analyse que, pour l'ensemble des produits étudiés, la demande diminue fortement à mesure que le prix du produit augmente, et ce même si les prix proposés sont faibles. De plus, le fait de payer un produit n'en favorise pas particulièrement l'usage et ne réduit pas non plus le gaspillage. Enfin, la participation aux frais ne permet pas d'atteindre les individus les plus pauvres de la population, qui sont pourtant ceux ayant généralement le plus besoin des produits de santé publique.

A titre d'exemple, une étude de 2010 réalisée au Kenya s'est intéressée en particulier à la question du coût des moustiquaires imprégnées sur leur obtention et leur utilisation par des femmes enceintes (Cohen et Dupas, 2010). Dans cette étude, le fait que les MIILD soient distribuées gratuitement n'a pas entraîné une baisse de leur utilisation. En revanche, la demande en MIILD a chuté de 60 % lorsque les MIILD sont passées de 0 à 0,60 USD, ce prix ne représentant pourtant que 10 % du coût réel d'une MIILD dans ce pays (*i.e.* prix subventionné à 90 %).

Dans un programme de santé publique visant une large couverture en MIILD de la population, il est donc particulièrement risqué de faire payer les MIILD, même à un prix fortement subventionné. Ce coût pour l'utilisateur risque en effet d'impacter fortement le taux de couverture de la population en MIILD, tout en ne couvrant qu'une part limitée des frais engagés par les autorités sanitaires. La encore, les populations les plus défavorisées, par ailleurs parmi les plus à risque, seraient les plus impactées.

Stratégie recommandée par l'OMS

Dans la lutte contre le paludisme, la couverture universelle en MIILD des populations à risque et le maintien de cette couverture reste le principal objectif à atteindre (RBM, 2011 ; WHO, 2013b). Les campagnes de distribution de masse de moustiquaires reste la méthode la plus efficace et la plus rapide pour atteindre de hauts niveaux de couverture, tout en respectant une bonne équité. Cependant, la disparition rapide des MIILD après distribution et la durée de vie limitée des MIILD impliquent de mettre en place d'autres actions pour maintenir un fort taux de couverture.

Pour maintenir une couverture universelle en MIILD, l'OMS recommande la combinaison de campagnes répétées de distribution gratuite de MIILD, associées à la mise en place d'un système de distribution continu par différents canaux, en particulier via les maternités et les centres de vaccination. Dans ces recommandations, l'OMS indique que les campagnes de masse doivent être répétées dans un intervalle de temps n'excédant pas trois ans. Les systèmes de distribution continue sont quant à eux recommandés pour combler la disparition des MIILD survenant entre chaque campagne de distribution (WHO, 2014d).

2.1.4. Programme actuel de distribution à Mayotte

Moustiquaires distribuées

Les MIILD initialement distribuées à Mayotte étaient des Permanet® 2.0 (Vestergaard Frandsen S.A.). Cette moustiquaire, fabriquée en fibre polyester, est imprégnée de deltaméthrine à la dose de 55 mg/m². L'insecticide est directement appliqué par enrobage aux fibres de polyester lors de leur fabrication, ce qui confère à cette moustiquaire une plus longue durée d'action, et une résistance à plus de 20 lavages. Plus récemment, l'option retenue suite à l'appel d'offres est une autre moustiquaire à longue durée d'action fabriquée par Yorkool (Yorkool®LN). Cette moustiquaire présente les mêmes caractéristiques que la Permanet®2.0 (fibres polyester, 55 mg/m² de deltaméthrine). La Permanet®2.0 et la Yorkool®LN ont toutes deux reçues une recommandation complète de l'OMS en 2009 (WHO, 2009a; b).

Méthode de distribution

La distribution de MIILD à Mayotte a débuté fin 2010 par la couverture du village de Dzoumogné, au nord de l'île. L'objectif de cette première distribution sur le village pilote de Dzoumogné était d'évaluer la faisabilité d'une distribution à plus large échelle et la couverture de l'ensemble de l'île. Dans ce village, la distribution a consisté en une visite en porte-à-porte des habitations et une installation des moustiquaires au-dessus des couchages par les agents de l'ARS. Une session de rattrapage a également été organisée, toujours en porte-à-porte. Pour chaque foyer, une moustiquaire par couchage a été distribuée gratuitement. Un choix de la forme et de la couleur des MIILD (circulaire blanche, ou rectangulaire blanche, bleue ou rose) a également été proposé aux habitants. Au total, 943 foyers ont été équipés en MIILD sur les 1 009 foyers du village, et près de 2 200 moustiquaires ont été installées, y compris pour les populations étrangères en situation irrégulière. Bien que très efficace en termes de taux de couverture, avec 93 % des foyers du village équipés en MIILD, ce système de distribution a toutefois nécessité la mobilisation d'un personnel important durant trois semaines.

Un deuxième système de distribution a ensuite été testé début 2011 dans deux villages du nord de l'île, Handréma et Mtsangboua. Il s'agissait d'une distribution de MIILD en porte-à-porte, mais sans installation des moustiquaires ni session de rattrapage. Pour les personnes absentes lors de la distribution, une permanence a été mise en place dans les villages. Les moustiquaires pouvaient y être récupérées en échange d'un bon distribué dans la boîte aux lettres lors de la campagne de porte-à-porte. Cette deuxième stratégie de distribution a également permis une excellente couverture des villages avec plus de 98 % des foyers ayant reçu des MIILD. En revanche, une proportion relativement importante des MIILD reçues n'avait pas été installée 2 mois après la distribution (15 et 26 % de MIILD non installées dans les deux villages).

La distribution généralisée à l'ensemble de l'île a débuté le 6 février 2012 et devrait se terminer en 2015. La stratégie qui a finalement été retenue par l'ARS de Mayotte pour cette distribution générale est une stratégie intermédiaire aux deux précédemment évoquées. Les MIILD sont installées par les agents de l'ARS lors de campagnes de distribution en porte-à-porte. Pour les absents, un bon est déposé dans la boîte aux lettres et permet le retrait des MIILD à une permanence installée dans le village en fin d'après-midi. Un choix plus large de MIILD est également proposé (circulaire ou rectangulaire, blanche, bleue, rose ou verte). Les MIILD restent gratuites et une moustiquaire par couchage est distribuée. Un effort particulier est mis sur l'information des habitants lors de l'installation, sur l'utilisation et l'entretien des MIILD, notamment par la distribution de prospectus en français et arabe (annexe 3) avec la collaboration de l'IREPS de Mayotte (Instance régionale d'éducation et de promotion de la santé). Des efforts de communication sont également réalisés en amont de la distribution, avec des messages diffusés à la radio (en français, shimaoré et shibushi) deux jours avant la distribution dans un village, et une sensibilisation des écoles, des associations et des imams du village. A l'heure actuelle, une grande partie de l'île a été couverte en MIILD. En juillet 2014, la principale zone urbaine de l'île (Mamoudzou et sa périphérie, ainsi que Petite Terre) restait cependant à couvrir.

Evaluation à long terme

La distribution de MIILD dans le village pilote de Dzoumogné a été suivie de quatre enquêtes visant à évaluer l'évolution du taux de couverture dans le temps, l'utilisation des MIILD et la perception de celles-ci par la population. Les principaux résultats de ces enquêtes sont présentés en annexe 4. En parallèle, une étude a été menée pour mesurer l'efficacité et la rémanence des MIILD après plusieurs années d'utilisation sur le terrain (Pocquet et al., 2013a). En termes d'efficacité, les MIILD prélevées après un et deux ans d'utilisation sur le terrain se sont avérées parfaitement efficaces, induisant sur une souche sensible de moustiques un effet choc et un pourcentage de mortalité conforme aux critères de l'OMS (mortalité > 80 %, effet KD > 95 % ; WHO, 2006a).

En revanche, l'utilisation des MIILD a fortement baissé au cours du temps, dans des proportions comparables à celles observées dans d'autres contextes (Kilian et al., 2009). La figure 2 représente les proportions de MIILD présentes et de MIILD installées au dessus des couchages lors de quatre enquêtes réalisées 3 mois, 8 mois, 1 an et 3 ans après la distribution. Le taux de possession des MIILD est resté important un an après la distribution (84 % des MIILD distribuées étaient encore présentes dans les foyers). Leur utilisation a cependant diminué dans le temps, avec 51 % des moustiquaires distribuées encore installées au dessus des couchages après un an. Trois ans après la distribution, 48 % des moustiquaires distribuées étaient présentes dans les foyers, mais seulement 27 % étaient effectivement en place. Les critères de l'OMS pour l'évaluation du taux de couverture sont cependant moins restrictifs que ceux utilisés dans cette étude. L'un des principaux critères est la proportion de foyers possédant au moins une moustiquaire. Prenant en compte ce critère utilisé par l'OMS, trois ans après la distribution, 62 % des foyers possédaient encore au moins une moustiquaire, mais seulement 43 % des foyers possédaient au moins une moustiquaire encore installée.

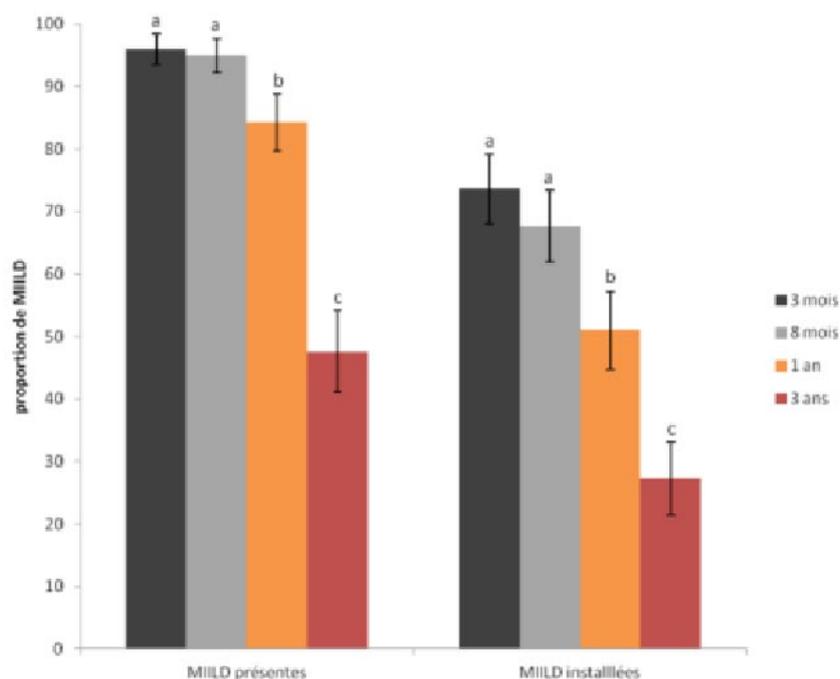


Figure 2 : évolution de l'utilisation des MIILD à Dzoumogné. Les proportions de MIILD (\pm intervalle de confiance à 95 %) encore présentes dans les foyers 3 mois, 8 mois, 1 an et 3 ans après la distribution sont présentées à gauche de la figure. Les proportions de MIILD réellement installées au dessus des couchages sont présentées à droite. Pour chaque catégorie, les proportions présentant une même lettre (a, b ou c) ne sont pas significativement différentes (test de Fisher, p corrigées $\geq 0,05$).

Lors de la dernière enquête, réalisée trois ans après la distribution, la grande majorité des moustiquaires absentes dans les foyers avaient été jetées par les habitants (71 %) ou données à des tiers (26 %). Les moustiquaires qui étaient présentes dans les foyers mais non-installées au dessus des couchages étaient principalement en cours de nettoyage (57 %), ou non installées pour d'autres raisons que celle proposées dans le questionnaire (37 % des cas, majoritairement en lien avec un mauvais état de la moustiquaire). Parmi les questions posées, l'une d'entre elle portait sur les inconvénients des MIILD. Lors de la dernière enquête, 55 % des répondants ont signalé que les moustiquaires étaient trop fragiles. Cette proportion est nettement supérieure à celles observées pour les trois premières enquêtes (9, 21 et 26 % respectivement 3, 8 et 12 mois après la distribution). Cette évolution de perception vis-à-vis de la solidité des MIILD, associée à la proportion importante de moustiquaires jetées trois ans après la distribution, semble indiquer que la disparition des MIILD est principalement liée à leur détérioration.

Le niveau global de satisfaction vis-à-vis des MIILD est resté élevé quelle que soit l'enquête, avec plus de 80 % des répondants se déclarant totalement satisfaits par les moustiquaires. Lors de la dernière enquête, le principal avantage perçu par la population était la protection contre les moustiques (98 % des répondants). En revanche, seules 36 % des personnes interrogées lors de cette enquête ont déclaré que les moustiquaires permettaient de se protéger contre le paludisme. Un effort reste donc à fournir quant à la perception des MIILD par la population comme un outil de protection contre cette maladie.

Trois ans après la distribution, 70 % des personnes interrogées se déclaraient prêtes à acheter une MIILD. Lors des deux premières enquêtes, plus de 80 % (84 et 82 %) des répondants avaient déclaré être prêts à acheter une MIILD, mais lors de l'enquête réalisée un an après la distribution, seules 33 % d'intentions d'achat avait été rapportées. Parmi les répondants ayant déclaré être prêts à acheter une MIILD, le prix moyen d'achat souhaité a varié entre les différentes enquêtes de 5 à 7 €, mais le prix médian a quant à lui toujours été de 5 €. A l'heure actuelle, le coût par MIILD distribuée est estimé à 6 € par l'ARS (communication personnelle). Si un réseau de vente est mis en place à Mayotte, la question du subventionnement d'une partie du coût des MIILD devra donc être posée.

Il faut noter que les MIILD distribuées à Dzoumogné (village pilote) étaient légèrement différentes des MIILD distribuées depuis 2012 sur l'ensemble de l'île.

Ce sont les premières enquêtes de perception et d'observance réalisées sur ce village qui ont permis de réorienter les achats pour tenir compte des observations émises par la population.

Les MIILD distribuées actuellement sont plus solides (tulle de 100 deniers au lieu de 75 deniers à Dzoumogné), plus grandes (donc mieux adaptées aux cadres pré-existants sur les lits), et présentent une double ouverture. Elles se déchirent donc moins facilement et correspondent plus aux attentes de la population.

Conclusion quant à la distribution des MIILD réalisée à Mayotte

A Mayotte, le travail engagé en amont de la distribution généralisée des moustiquaires imprégnées, notamment sur la stratégie de distribution à adopter, ainsi que le suivi du devenir des MIILD dans le village pilote de Dzoumogné, ont été particulièrement bien menés. Il est en effet rare d'avoir un tel retour sur le devenir des MIILD après distribution et sur la perception de cet outil par la population.

Les enquêtes réalisées trois ans après la distribution indiquent que le niveau de satisfaction globale vis-à-vis des MIILD est resté très élevé et qu'une proportion importante de la population se déclare prête à acheter une MIILD, à un prix cependant inférieur à son coût réel. En revanche, et comme cela est généralement observé dans d'autres contextes, le niveau de couverture a baissé au cours du temps. Cette baisse du niveau de couverture semble en grande partie liée à la détérioration des MIILD du fait de leur utilisation quotidienne. Il semble donc important de mettre en place des systèmes permettant de combler cette disparition des MIILD.

2.1.5. La nécessité d'une appropriation de l'outil par la population

Afin d'améliorer la prévention des risques et l'efficacité d'actions de santé publique telles qu'un programme de distribution de moustiquaires imprégnées, il est essentiel de comprendre quels sont les processus de décision que les populations mettent en œuvre vis-à-vis de la préservation de leur santé.

De manière générale, il est possible de distinguer trois logiques distinctes auxquelles répondent les individus qui s'engagent plus ou moins dans la lutte antivectorielle au sens large :

- une logique **hygiéniste** qui vise une gestion de soi et de son environnement : il faut rester propre, dans un environnement propre. Dans cette perspective, le moustique renvoie à ce qui est sale. Cette logique peut s'inscrire dans des politiques publiques et des interventions plus larges que la seule lutte antivectorielle. Il peut être utile de chercher à faire d'une pierre deux coups.
- une logique **pratique** qui consiste à éviter que l'eau stagne (vider les différents types de récipients et/ou les couvrir). Cette seconde logique est une forme réduite de la première. L'environnement doit être géré de manière à rester propre, mais l'hygiène individuelle n'entre plus en compte.
- une logique **technique** qui repose sur l'utilisation de produit insecticide et de moustiquaire. Dans cette perspective, l'individu et l'environnement sont occultés. L'approche technique permet de corriger l'inévitabilité du développement et de la multiplication des moustiques

De ces trois logiques d'action, il ressort que la lutte antivectorielle, dans sa dimension individuelle, s'appuie sur des rapports à l'environnement et à la préservation de soi différents.

Des travaux de nature socio-anthropologique doivent être menés régulièrement pour mieux définir les modes d'influence qui peuvent mener à cette préservation et identifier les principaux freins à l'utilisation de la moustiquaire (cf. exemples au sein du tableau 1), en particulier pour la part très importante de la population en situation irrégulière et/ou maîtrisant peu le français. Ils sont principalement à rechercher dans le poids des institutions et la valeur que les différentes populations leur accordent, dans les relations au sein des groupes de proximité (famille, école, communauté religieuse, travail...). Les variables telles que le sexe, la catégorie socioprofessionnelle ou le lieu de résidence, ne sont pas forcément suffisantes dans le sens où elles rendent imparfaitement compte des systèmes culturels spécifiques dans lesquels s'inscrivent ces rapports.

Outre l'amélioration des connaissances, ce type de travaux peut également contribuer au développement d'actions de mobilisation sociale en étant diffusés auprès des populations sous forme participative (on peut citer à titre d'exemple les techniques du "théâtre forum" qui auraient pour vocation à faciliter la diffusion et la compréhension d'informations de groupes de proximité à propos des maladies vectorielles et de leur prévention, et surtout d'aider à la prise de conscience des rôles que chacun peut s'approprier pour améliorer cette prévention).

Freins éventuels à l'usage rationnel de la moustiquaire imprégnée

Frein éventuel	Description
Efficacité perçue des MIILD	idée qu'individuellement ou que collectivement (groupe institué ou groupe ici et maintenant), il est fait de son efficacité <i>a priori</i> ou constatée. Cette idée est socialement et culturellement construite. L'importance qu'elle prend pour orienter toute action de prévention est à croiser avec les caractéristiques de celui qui la porte et la diffuse.
Point de vue du groupe sur les MIILD	point de vue du groupe d'appartenance ou du groupe référence envers la moustiquaire comme solution de prévention et son usage. Comparaison et hiérarchisation avec d'autres modes de prévention.
Partage d'expérience vis-à-vis des MIILD	poids de l'expérience (positive et négative), et valeur attachée à celui qui en fait part (statut, référence symbolique, affective).
Distinction de genres et/ou de générations	distinction des genres (division H/F du travail social), et/ou des générations. Influence des uns sur les autres.
Risques liés aux moustiques	idée du danger que représentent les moustiques, ou tel moustique en particulier (pour lequel la moustiquaire apparaîtrait comme une bonne solution de protection).
Différenciation des espèces de moustiques	les mœurs des différentes espèces de moustiques présents et leur éventuelle asynchronie au regard de l'usage de la moustiquaire. Vision globale des moustiques ou vision particulière de telle espèce repérée pour l'heure de son apparition dans la journée ou dans la nuit. Temps et durée d'usage de la moustiquaire.
Difficultés matérielles de mise en œuvre	difficultés matérielles de la mise en œuvre des moustiquaires (achat ou distribution gratuite, installation dans la maison, durée d'efficacité, caractéristique de l'environnement domestique ou autre, entretien, remplacement...).
Coût des MIILD	coût économique, durée de vie, au regard des revenus. relation entre gratuité et efficacité.
Confiance accordée aux acteurs	manque de confiance et toute caractérisation négative de la relation envers le fabricant, le distributeur (ou le vendeur) de la moustiquaire.
Rapport à l'environnement	orientation des valeurs concernant le rapport à la nature (préciser les formes de ce concept), à la maladie (idem), à la préservation de soi dans des systèmes culturels spécifiques (famille, communautés religieuses, état, autres institutions...).

2.1.6. Quelle est la stratégie la plus adaptée au contexte mahorais ?

Vers l'élimination du paludisme à Mayotte

L'absence de cas autochtone de paludisme observée en 2013 et en 2014 à Mayotte est encourageante et permet d'envisager son élimination de l'île à plus ou moins brève échéance. Dans les zones de faible transmission (incidence du paludisme inférieure à 1 cas pour 1 000 habitants) où une stratégie d'élimination est possible, l'OMS recommande une intensification des actions de lutte et la couverture universelle de la population, ce qui est en passe d'être achevé à Mayotte. Lorsque la transmission est interrompue, et que cette interruption de la transmission est maintenue plusieurs années, le programme d'élimination doit alors être réorienté vers un programme de prévention de la réintroduction du paludisme, ce qui passe principalement par la détection quasi-exhaustive des cas importés, le traitement de ces cas, et par des actions de lutte plus ciblées autour des cas détectés, visant à empêcher toute transmission locale du parasite (WHO, 2007b).

Maurice constitue un bon exemple de programme réussi d'élimination et de prévention de la réintroduction du paludisme, dans un contexte relativement proche de celui de Mayotte (cf. encadré). Si un tel programme est mis en place à Mayotte, le principal risque à prendre en considération sera l'introduction de parasite, mais la gestion de ce risque sera certainement plus complexe qu'à Maurice. En effet, il existe à Mayotte une forte immigration illégale notamment en provenance des Comores qui constituent une zone d'endémie palustre. Dans un rapport d'information du sénat de 2012, la population clandestine présente à Mayotte était estimée entre 50 000 et 60 000 personnes, à 90 % d'origine comorienne, soit près d'un tiers de la population totale de l'île (Sueur et al., 2012). Le nombre d'immigrés illégaux arrivant à Mayotte chaque année est difficile à estimer par nature, mais les chiffres de reconduites à la frontière (de 13 000 à 20 000 personnes par an entre 2010 et 2012 ; Ministère de l'intérieur, 2013) donnent la mesure des flux pouvant exister entre les Comores et Mayotte. L'impossibilité de mettre en place un contrôle sanitaire sur les immigrants illégaux, à leur entrée sur le territoire, limite de fait les possibilités de gestion précoce des cas importés, ce qui augmente le risque de réintroduction.

Malgré la difficulté politique à cibler ces populations, elles constituent sans aucun doute les principales populations à risque et, en ce sens, devraient être prioritairement ciblées tant en termes de dépistage que d'accès aux mesures collectives de prévention.

Maurice : un exemple réussi d'élimination et prévention de la réintroduction du paludisme

A Maurice, l'élimination du paludisme est à l'heure actuelle un succès. Sur cette île de l'océan indien, une première campagne d'élimination a été réalisée dans les années 1950 et a conduit à une première élimination du paludisme, validée par l'OMS en 1973. Cependant, en 1975, suite à un cyclone ayant favorisé le développement des populations d'anophèles sur l'île et l'arrivée de travailleurs migrants, le paludisme a été réintroduit à Maurice. Une deuxième campagne d'élimination a donc été menée, combinant des actions de LAV (pulvérisations intradomiciliaires en couverture universelle, pulvérisation spatiale, traitement des gîtes larvaires) et des actions de lutte contre le parasite (détection active des cas, traitement des cas). Ces actions ont conduit à une forte réduction du nombre de cas autochtones entre 1992 et 1996, et le dernier cas autochtone à Maurice a été enregistré en 1997 (Ministry of Health of Mauritius et al., 2012). Bien que les actions menées à

Maurice n'incluaient pas l'utilisation de MIILD, les niveaux de transmission observés dans les années 1990 sont comparables à ceux observés actuellement à Mayotte. Maurice constitue donc un bon exemple des actions à mettre en place pour maintenir l'élimination.

En 1998, le programme a été réorienté vers un programme de prévention de la réintroduction du paludisme, programme qui a toujours cours aujourd'hui. Les actions qui y sont menées sont principalement basées sur la détection rigoureuse des cas. Le premier outil utilisé est la détection passive, qui correspond au signalement des cas par les professionnels de santé. A cela s'ajoute une recherche active des cas, avec la surveillance de l'ensemble des voyageurs en provenance de zones d'endémie palustre. Les voyageurs présentant des fièvres sont examinés et traités gratuitement le cas échéant. Jusqu'en 2008, certains voyageurs étaient suivis pendant 42 jours après leur arrivée pour détecter la survenue d'éventuels symptômes. Lorsqu'un cas est détecté sur l'île, des actions spécifiques sont menées : surveillance des cas de fièvre qui surviendraient dans le voisinage du cas dans les 18 à 24 jours après le début des symptômes, traitements antilarvaires dans un rayon de 500 m autour du cas et, que le cas soit autochtone ou introduit, traitement par pulvérisation intradomiciliaire des habitations dans un rayon de 500 m autour du cas. Des actions de lutte antivectorielle sont également menées en routine à tous les points d'entrée potentiels (ports et aéroports), et le traitement des gîtes productifs identifiés est réalisé de façon régulière (Ministry of Health of Mauritius et al., 2012). A Maurice, les activités visant à minimiser l'introduction du parasite sur l'île constituent donc la base de la stratégie mise en place pour maintenir l'élimination, et une attention particulière est portée aux populations à haut risque, une fois entrées sur le territoire.

Les freins à la distribution de MIILD à Mayotte

A Mayotte, il existe plusieurs obstacles à la distribution des MIILD. Le premier obstacle est d'ordre économique. Dans son courrier adressé à la DGS, l'ARS OI fait état de son incapacité à soutenir financièrement une nouvelle campagne de distribution gratuite de MIILD sur l'ensemble de l'île (ARS OI, 2014). D'un point de vue économique, le coût des MIILD installées à l'échelle communautaire est pourtant considéré comme inférieur au coût de mise en œuvre des aspersion intradomiciliaire, qui représentaient la stratégie précédemment utilisée à Mayotte (WHO, 2007a). Cependant, la lutte antivectorielle à Mayotte, qui était essentiellement dirigée contre les vecteurs de paludisme jusqu'en 2008, doit maintenant faire face au problème que représentent les vecteurs d'arboviroses, principalement les *Aedes* vecteurs des virus du chikungunya et de la dengue. Ces nouvelles activités représentent aujourd'hui près de la moitié des actions de LAV menées à Mayotte et ont été intégrées à moyens constants (ARS, communication personnelle). Il semble également important de souligner qu'à l'heure actuelle, les capacités du service de LAV de Mayotte ne permettraient pas de réaliser plus d'un passage par an en aspersion intradomiciliaire de deltaméthrine, ce qui est inférieur de moitié aux recommandations en vigueur. De plus, ces AID sont également remises en cause en termes d'efficacité du fait de leur très faible rémanence, évaluée à environ 1 à 4 mois en conditions opérationnelles à Mayotte (Pocquet et al., 2013a). La remise en place d'une couverture universelle en aspersion intradomiciliaires n'est donc pas non plus envisageable.

Le deuxième frein à la distribution des MIILD à Mayotte est d'ordre réglementaire. En effet, suite à la mise en œuvre de la réglementation communautaire biocides (Règlement UE n°528/2012 du 22/05/12 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides), l'offre en moustiquaires s'est considérablement réduite sur le marché européen. La base de données

Simmbad (<https://simmbad.fr/>) répertorie l'ensemble des produits biocides qui ont été déclarés et dont la déclaration a été acceptée ainsi que les produits bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché au titre de la réglementation biocides. Il ressort de son interrogation qu'à l'heure actuelle :

- il n'existe plus d'offre de moustiquaires imprégnées de deltaméthrine (recommandée par l'OMS ou non),
- aucune MIILD recommandée par l'OMS (contenant de la perméthrine ou de l'alpha-cyperméthrine) n'est autorisée à être vendue en France, à l'exception d'un seul produit, la moustiquaire Interceptor® (contenant de l'alpha-cyperméthrine). Néanmoins, il est important de souligner que si aucun dossier de demande d'autorisation de mise sur le marché n'est déposé suite à l'évaluation de la substance active, ce produit devra également être retiré du marché dans un avenir très proche (d'ici 2 ou 3 ans très vraisemblablement)³. Cette moustiquaire ne constitue donc pas une solution pérenne à la lutte contre le paludisme en l'état,
- les autres moustiquaires imprégnées actuellement disponibles sur le marché français sont essentiellement des produits haut de gamme (qui s'adressent à un public particulier, comme par exemple les voyageurs) et ne font pas partie des moustiquaires recommandées par l'OMS (ces moustiquaires contiennent de la perméthrine ou de l'alpha-cyperméthrine) et pourraient également être retirées du marché faute d'un dépôt de dossier d'AMM à l'issue de l'inscription de leur substance active (comme les produits similaires contenant de la deltaméthrine).

Les moustiquaires recommandées par l'OMS (tableau 2, WHO, 2014f) font l'objet d'une évaluation rigoureuse, en laboratoire et sur le terrain, et répondent à des exigences d'efficacité, mais aussi de solidité pour une utilisation quotidienne pour des durées de 3 ans (WHO, 2013a). Par conséquent, les produits actuellement disponibles ne sont pas compatibles avec la mise en place pérenne d'une stratégie de distribution à large échelle dans un objectif de santé publique.

L'application de la réglementation biocide a donc un impact négatif sur la politique de santé publique mise en œuvre à Mayotte (mais également en Guyane), au sein de laquelle les moustiquaires imprégnées constituent un outil majeur de lutte contre le paludisme. Plusieurs pistes peuvent être proposées pour remédier à ce problème. Dans un premier temps, il serait nécessaire de vérifier si des moustiquaires recommandées par l'OMS sont disponibles dans d'autres pays européens. Auquel cas, une reconnaissance mutuelle pourrait être obtenue pour le marché français. D'autre part, il serait nécessaire d'inciter les industriels à déposer des dossiers et faciliter leur traitement administratif (par exemple par des exonérations de frais), comme cela a d'ailleurs été proposé pour les substances biocides utilisables en lutte antivectorielle qui seraient identifiées par l'Anses.

Ce constat a donné lieu à la rédaction d'un courrier du CNEV à la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) qui soulève ce problème (annexe 5). Il y est rappelé que la seule alternative aux MIILD actuellement utilisable en France sont les aspersion intradomiciliaires de deltaméthrine, à réaliser tous les trois à six mois (WHO, 2006b), et qui représente un risque supérieur d'exposition des habitants et de l'environnement à cet insecticide. Par ailleurs, ce type de traitement n'avait présenté qu'une très faible rémanence en condition de terrain à Mayotte et était de moins en moins accepté par la population.

³ Un échange a eu lieu avec l'industriel proposant cette moustiquaire le 17 mars 2015. Celui-ci n'envisage pas, à cette date, de soumettre de dossier d'autorisation pour la moustiquaire Interceptor® en Europe.

De manière plus générale, il est regrettable que la France, second contributeur du Fonds Mondial de lutte contre le sida, la tuberculose et le paludisme, dont l'un des objectifs est le financement massif des campagnes de distributions de moustiquaires imprégnées pour la prévention du paludisme, ne puisse pas disposer de ces outils de lutte pour ces propres départements situés en zone d'endémie.

Tableau 2 : Moustiquaires imprégnées recommandées par l'OMS (WHO, 2014f).

Nom du produit	Type de produit	recommandation OMS
DawaPlus® 2.0	Moustiquaire en fibres polyester imprégnée de deltaméthrine	En cours
Duranet®	Moustiquaire en fibres polyéthylène imprégnée d'alpha-cyperméthrine	Complète
Interceptor®	Moustiquaire en fibres polyester imprégnée d'alpha-cyperméthrine	Complète
LifeNet®	Moustiquaire en fibres polypropylène imprégnée de deltaméthrine	En cours
MAGNet®	Moustiquaire en fibres polyéthylène imprégnée d'alpha-cyperméthrine	Complète
Olyset Net®	Moustiquaire en fibres polyéthylène imprégnée de perméthrine	Complète
Olyset® Plus	Moustiquaire en fibres polyéthylène imprégnée de perméthrine et de PBO (synergiste)	En cours
Permanet® 2.0	Moustiquaire en fibres polyester imprégnée de deltaméthrine	Complète
Permanet® 3.0	Moustiquaire dont les cotés sont en fibres polyester imprégnée de deltaméthrine et le toit en fibres polyéthylène imprégnée de deltaméthrine et de PBO	En cours
Royal Sentry®	Moustiquaire en fibres polyéthylène imprégnée d'alpha-cyperméthrine	Complète
Yorkool® LN	Moustiquaire en fibres polyester imprégnée de deltaméthrine	Complète

La place des MIILD dans les futures stratégies de lutte contre le paludisme à Mayotte

Comme nous venons de le voir, il existe à l'heure actuelle un obstacle réglementaire majeur à l'utilisation des MIILD en Europe. Pour pouvoir envisager d'intégrer les MIILD dans les stratégies de LAV à Mayotte, il convient, avant toute chose, de pouvoir disposer de cet outil, ce qui n'est plus le cas pour les MIILD imprégnées de deltaméthrine, et ne sera bientôt plus le cas pour les autres MIILD recommandées par l'OMS, en fonction du programme d'examen des substances actives et plus particulièrement de la perméthrine et de l'alpha-cyperméthrine. Il est donc particulièrement critique et urgent que les ministères en charge de la santé (les moustiquaires étant un outil de santé publique) et de l'environnement (autorité compétente en matière de biocides) s'emparent au plus vite de ce sujet, sans laisser la mise sur le marché de moustiquaires imprégnées adaptées à des enjeux de santé publique à la seule volonté des industriels les produisant.

Néanmoins, s'il s'avérait possible de disposer rapidement, sur le marché français, d'une MIILD recommandée par l'OMS, deux scénarios peuvent être proposés pour la distribution de moustiquaires à Mayotte.

Scénario n°1

La première stratégie serait de maintenir une couverture universelle de la population en MIILD. Cette stratégie, actuellement recommandée par l'OMS pour la lutte contre le paludisme (WHO, 2013b), pourrait être déclinée de la manière suivante :

- réalisation d'une nouvelle campagne de distribution d'ici à 2016 Une telle campagne de distribution gratuite de MIILD implique nécessairement un engagement fort de l'état, principalement en termes de financement ;
- mise en place en parallèle d'un système de distribution continue de MIILD, nécessaire pour combler la disparition progressive des moustiquaires entre les campagnes de 2012 et de 2016, et après la campagne de 2016. Pour cela, une distribution de MIILD gratuite via les services de **maternité du Centre Hospitalier de Mayotte (CHM)** permettrait de protéger plus particulièrement les populations sensibles. Il est également important d'identifier dès à présent d'autres canaux de distribution sur l'île, notamment via le **secteur privé** (les pharmacies par exemple), mais aussi **d'identifier un importateur-distributeur** susceptible de gérer l'approvisionnement en MIILD pour ces nouveaux canaux de distribution.

Au regard du risque d'introduction de parasites, notamment lié à la forte immigration illégale qui touche Mayotte, cette stratégie est sans aucun doute celle qui présenterait la meilleure efficacité, et permettrait de maintenir les bons résultats observés ces dernières années.

Scénario n°2

L'autre stratégie envisageable à Mayotte est le passage à une distribution plus ciblée des MIILD. Dans une telle stratégie, les populations les plus à risques devraient bénéficier d'une distribution gratuite de moustiquaires sur l'ensemble de l'île par l'intermédiaire du CHM et . Ces populations sont :

- les malades suspectés ou atteints de paludisme, dans le but d'éviter que des moustiques ne s'infectent et ne transmettent l'agent pathogène à des personnes saines ;
- les populations vulnérables comme les nouveau-nés et les enfants jusqu'à l'âge de 5 ans ;
- les malades hospitalisés et incapables de se déplacer seuls ;
- les personnes alitées à domicile et ayant des difficultés à se déplacer seules ;
- les femmes enceintes, afin d'éviter la contamination materno-néonatale.

Cette stratégie nécessite également la mise en place d'un circuit de distribution pérenne de moustiquaires à Mayotte, permettant aux personnes souhaitant s'équiper en MIILD de pouvoir le faire. Un subventionnement partiel, voire total pour les franges les plus pauvres de la population, est à prévoir pour limiter le manque d'équité dans l'accès aux MIILD. Pour ce faire, il conviendrait que les moustiquaires imprégnées dans un territoire impaludé tel que Mayotte, soient considérées comme de véritables produits de santé.

Ce type de stratégie pose plusieurs problèmes, non seulement du point de vue de l'efficacité des actions, mais également d'un point de vue éthique. En premier lieu, une stratégie de distribution ciblée de MIILD implique la perte de tout effet sur les densités de vecteurs. En effet, les taux de

couverture y sont faibles et ne permettent pas d'assurer une protection communautaire. Dans ces stratégies, les MIILD ne constituent donc plus qu'un outil de protection personnelle.

D'autre part, dans les zones de faible endémie, comme c'est le cas à Mayotte, l'immunité de la population humaine vis-à-vis des *Plasmodium* est quasiment nulle. Toute personne infectée, quel que soit son âge, risque donc de sévères complications si elle n'est pas traitée rapidement. Dans une telle situation, il est donc discutable de ne protéger qu'une partie de la population par des MIILD.

Il est évident qu'en termes d'efficacité, le premier scénario devrait être privilégié. Cependant, sa mise en œuvre pourrait être limitée, en particulier par un manque de moyens financiers de l'ARS. Le scénario n°2 peut constituer une alternative, afin de répondre à ces enjeux, mais une telle adaptation de la stratégie semble prématurée et serait regrettable au regard de l'important effort consenti lors de la première opération de distribution. En effet, la mise en place d'une stratégie de distribution ciblée de MIILD est justifiée dans une situation de maintien d'un niveau très faible voire inexistant de la transmission autochtone, et doit en tout état de cause être couplée avec un effort important de surveillance humaine des cas (importés et éventuellement autochtones).

La place des AID dans les stratégies de lutte contre le paludisme à Mayotte

A Mayotte (et ailleurs en Europe), seuls les pyréthriinoïdes peuvent être utilisés en AID. Des essais réalisés en conditions opérationnelles sur l'île ont montré une faible rémanence des AID réalisées à la deltaméthrine dans les maisons en tôle (inférieure à 1 mois) et une rémanence légèrement supérieure dans des habitations en béton (inférieure à 4 mois; Pocquet et al., 2013a). Une utilisation des AID en couverture universelle n'est donc pas envisageable à Mayotte. En effet, ces faibles rémanences rendent cet outil inutilisable en lutte à grande échelle, car cela impliquerait plus de deux passages par an, ce qui dépasse les capacités d'intervention du service de LAV de l'ARS.

De même, Il est difficile de conclure quant à l'intérêt d'associer les AID aux MIILD, d'autant que les études réalisées jusqu'à présent se sont principalement concentrées sur la lutte à grande échelle (cf. encadré). La faible rémanence des AID dans les maisons en tôle à Mayotte et le fait que la matière active utilisée pour ces deux stratégies soit la même (deltaméthrine) ne permet pas de conclure à l'intérêt d'une telle stratégie.

Une utilisation des AID seules autour des cas déclarés, visant à limiter le risque d'une transmission secondaire à partir d'un cas importé, reste envisageable, mais uniquement en cas d'absence de MIILD disponible sur le marché français. Dans ce cas de figure, elle pourrait être la seule méthode de lutte applicable. Une réflexion quant à la formulation employée reste cependant à mener, dans le but d'augmenter la rémanence de ces traitements. Bien qu'il existe sur le marché international, des produits à longue durée d'action spécifiquement développés pour les AID et recommandés par l'OMS, telles que des formulations micro encapsulées, seuls les produits à base de pyréthriinoïdes sont autorisés en Europe et donc à Mayotte. De plus, aucune des formulations de pyréthriinoïdes actuellement recommandées par l'OMS ne présente de rémanence supérieure à 6 mois (WHO, 2014e).

Utilisation conjointe des AID et des MIILD

Il n'existe que peu d'études sur le bénéfice apporté par l'utilisation conjointe des AID et des MIILD, par rapport à l'utilisation des MIILD seules. Au Kenya, une étude a montré une meilleure protection contre l'infection à *Plasmodium falciparum* des habitants de maisons couvertes en AID et en MIILD, par rapport à ceux uniquement protégés par des MIILD (Hamel et al., 2011). En Tanzanie, une meilleure protection des populations a également été observée dans des zones couvertes en AID et en MIILD par rapport à des zones couvertes uniquement en MIILD, mais avec des taux d'utilisation des MIILD relativement faibles (36 à 50 % ; West et al., 2014). A l'inverse, une étude réalisée au Bénin n'a pas démontré d'effet bénéfique de l'association des AID et des MIILD sur les taux d'infection par rapport aux MIILD seules (Corbel et al., 2012). Enfin, une analyse de données récoltées dans 17 pays d'Afrique sub-saharienne semble indiquer que le gain de protection liée à l'association de ces deux méthodes de lutte dépend du contexte de transmission, et n'est pas significatif dans les zones de faible transmission (Fullman et al., 2013). Par ailleurs, outre les contextes épidémiologiques, les insecticides utilisés pour les AID (carbamates ou pyréthriinoïdes) et les statuts de résistance des vecteurs étaient aussi différents entre les études.

Actions communes aux différentes stratégies

Comme mentionné précédemment, il convient de s'interroger quant au statut actuel des MIILD, en particulier dans des territoires tel que Mayotte, où le paludisme constitue un risque sanitaire. Ainsi, les MIILD, en tant que produit permettant la prévention et le contrôle de maladies pourraient être considérées comme un produit de santé. Un tel statut permettrait en particulier d'envisager des mécanismes facilitant l'accès aux MIILD, dont notamment la fixation d'un taux de remboursement.

Quel que soit le scénario retenu, un effort d'information, de communication et, plus largement de mobilisation communautaire pour l'utilisation des moustiquaires doit être poursuivi en se basant sur les différents atouts dont dispose le département de Mayotte et qui constituent des leviers pour la mise en place et l'acceptation d'une stratégie de lutte antipaludique. Ainsi, selon le Schéma de Prévention et Promotion de la Santé du Projet de Santé Réunion-Mayotte (2012-2016), plusieurs forces ont été identifiées à Mayotte en termes de prévention et qu'il conviendrait ici de mobiliser. C'est par exemple le cas de groupes communautaires structurés (associations environnementales, culturelles et traditionnelles, associations féminines). De même, des leaders d'opinion sont aujourd'hui bien identifiés dans chaque village et peuvent contribuer à une meilleure acceptation des mesures de prévention proposées.

Comme le souligne le Schéma de Prévention et Promotion de la Santé évoqué précédemment, il n'existe pas ou peu de dispositifs transversaux et intersectoriels à Mayotte permettant un travail en partenariat entre les différents acteurs pouvant être impliqués dans une action de santé publique et la définition de stratégies communes d'intervention. Or, la mobilisation communautaire et les relais de distribution vers des populations à risque implique de facto un large panel d'intervenants.

Aussi, les actions suivantes devraient constituer le socle commun de toute stratégie de lutte contre le paludisme à Mayotte :

- formalisation d'un volet de mobilisation communautaire dédié à la lutte contre le paludisme afin de lever les freins relatifs à l'acquisition et l'utilisation des moustiquaires ;
- Mobilisation de tous les acteurs potentiels au sein d'un pôle de compétence dédié à « l'élimination du paludisme à Mayotte ».

De même quelle que soit l'option choisie en termes de stratégie de distribution, des actions doivent être poursuivies :

- cartographie des principaux gîtes productifs et zones favorables au développement des vecteurs du paludisme accompagnée d'une lutte antilarvaire ;
- suivi de la sensibilité aux insecticides des populations d'*An. gambiae* et d'*An. funestus*.

Néanmoins, l'efficacité de la lutte antilarvaire contre *An. gambiae* et *An. funestus* reste limitée. En effet, les gîtes d'*An. gambiae* sont principalement temporaires et par essence difficiles à recenser de manière exhaustive. Les gîtes plus ou moins permanents et les gîtes temporaires identifiés pourront être traités, en particulier en milieu urbain et dans l'environnement immédiat d'habitations. En ce qui concerne *An. funestus*, les gîtes sont des zones humides comportant une faune associée importante. Tout traitement de ce type de zone devrait intégrer un suivi environnemental des impacts des traitements sur la faune non cible.

Enfin, au vu des échanges entre Mayotte et les îles voisines, une coopération régionale doit être promue dans le domaine de la lutte contre le paludisme. En effet, seule une initiative régionale associant Mayotte et les trois autres îles des Comores serait de nature à atteindre un objectif d'élimination du paludisme dans un délai raisonnable et à l'inscrire dans la durée. Un tel objectif devrait s'appuyer sur une volonté politique forte et une coordination des activités de lutte.

2.2. La lutte contre *Culex quinquefasciatus* à Mayotte

2.2.1. Quel est le rôle vectoriel de *Cx. quinquefasciatus* ?

Culex quinquefasciatus est considéré comme un vecteur efficace du virus *West Nile* dans différentes régions du monde (Inde, Pakistan, Etats-Unis d'Amérique), à cause de ses préférences trophiques relativement opportunistes (oiseaux et mammifères, dont l'homme), des nombreux isollements de virus à partir d'individus capturés sur le terrain (Pavri et Singh, 1965), et à cause de sa compétence vectorielle que l'on peut considérer comme moyenne (Goddard et al., 2002 ; Reisen et al., 2005). *Culex quinquefasciatus* est une des espèces du complexe Pipiens, et son espèce jumelle *Culex pipiens*, est considérée comme un des principaux vecteurs du virus *West Nile* en Europe. Il est vraisemblable que si le virus *West Nile* était introduit et intensément transmis à Mayotte, *Cx. quinquefasciatus* jouerait un rôle majeur dans sa transmission, en particulier à l'homme dans les zones de contact entre volailles et hommes.

S'il a été démontré que *Cx. quinquefasciatus* est capable de transmettre le virus de la fièvre de la Vallée du Rift (FVR) au laboratoire (McIntosh et al., 1980), cette espèce n'a, jusqu'à présent, pas été impliquée dans la transmission de ce virus en conditions naturelles. En revanche, *Cx. pipiens*, son espèce jumelle, a été considérée comme la principale espèce vectrice du virus de la FVR en Egypte en 1977, sur la base de son abondance et ubiquité, de l'isolement du virus d'individus de terrain et d'essais de transmission en laboratoire (Hoogstraal et al., 1979 ; Meegan et al., 1980). Il est vraisemblable que *Cx. quinquefasciatus* eût pu jouer le même rôle que *Cx. pipiens* dans les mêmes conditions écologiques.

Culex quinquefasciatus est depuis longtemps reconnu comme le principal vecteur des parasites de la filariose lymphatique en milieu urbain, dans toutes les régions du monde où cette maladie sévit. A Mayotte, il s'agit du vecteur principal, tandis qu'*Anopheles gambiae* est considéré comme un vecteur secondaire. La capacité vectorielle des moustiques varie selon les espèces. En particulier, il a été montré que des régulations peuvent s'effectuer au niveau du vecteur (Bain, 1976) : dans le cas de la limitation, la proportion des microfilaires qui traversent la paroi stomacale pour se développer diminue quand le nombre de microfilaires ingérées augmente. La facilitation est le phénomène inverse. Ces régulations ont un impact épidémiologique (Pichon, 2002). La transmission de *Wuchereria bancrofti* par *An. gambiae* est du type "facilitation" (Brenques et Bain, 1972). Chez *Cx. quinquefasciatus*, elle suit le modèle de limitation (Subramanian et al., 1998).

2.2.2. Biologie de l'espèce à Mayotte

Résistance aux insecticides

Dans le cadre d'un projet de recherche de l'ANSES, une étude a été réalisée par l'IRD et l'ARS OI sur les niveaux de résistance aux insecticides de quatre espèces de moustiques vecteurs de l'île de Mayotte : *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *An. gambiae* et *Cx. quinquefasciatus* (Pocquet et al., 2014; Pocquet et al., 2013a). Les insecticides testés dans cette étude étaient la deltaméthrine, un adulticide évalué par des tests en tube OMS sur moustiques adultes, et six larvicides (téméphos, *Bti*, spinosad, diflubenzuron, pyriproxyfen et méthoprène) évalués par des tests larvaires d'après le protocole

décrit par l’OMS. Les résultats obtenus sont synthétisés dans la figure 3, qui représente les ratios de résistance⁴ (RR₅₀) observés pour chaque espèce et chaque insecticide.

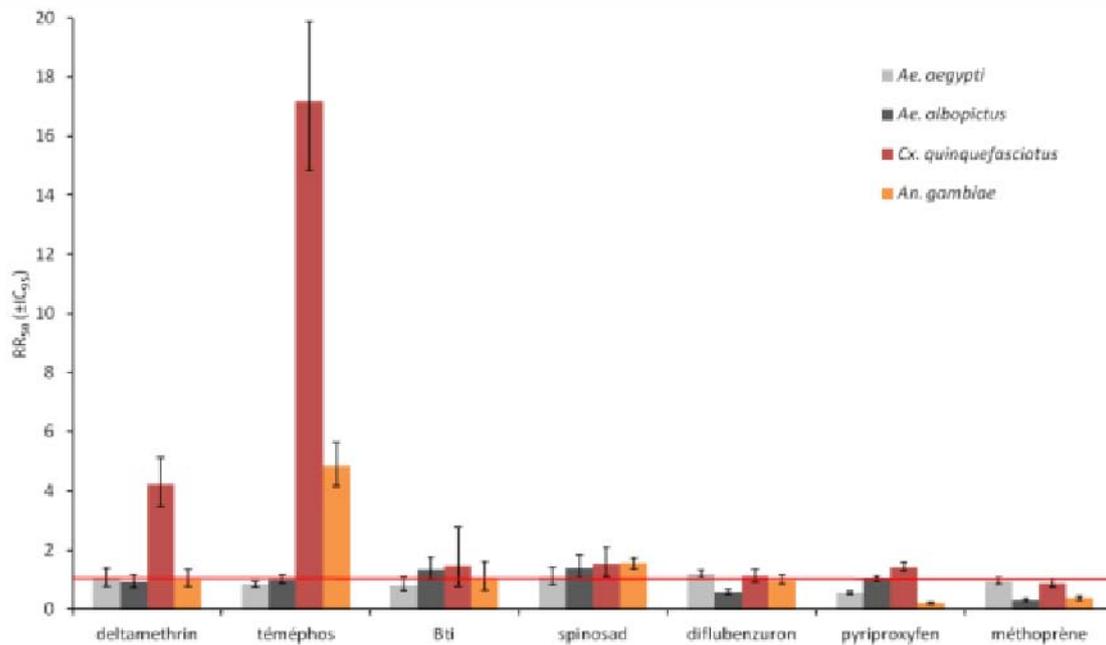


Figure 3 : Résistances aux insecticides chez les moustiques vecteurs à Mayotte. La ligne rouge représente un ratio de résistance (RR₅₀) égale à 1 (c.à.d. une absence de résistance). Pour la deltaméthrine, les RR₅₀ sont calculés sur les temps de KD.

Parmi les quatre espèces de moustiques étudiées, *Cx. quinquefasciatus* a présenté les plus hauts niveaux de résistance aux insecticides. Cette espèce s’est en effet avérée résistante au téméphos et à la deltaméthrine (10 % de mortalité 24h après exposition), mais pas aux autres insecticides testés. Les mécanismes impliqués dans ces résistances ont été identifiés dans une autre étude (Pocquet et al., 2013b). Chez *Cx. quinquefasciatus* à Mayotte, la résistance au téméphos est conférée par une modification de la cible de cet insecticide (mutation du gène *ace-1*) et par une surexpression de certaines estérases impliquées dans la séquestration et la dégradation des organophosphorés (surexpression encodée par l’allèle *Ester*²). La résistance à la deltaméthrine est quant à elle conférée par une mutation de la cible des pyréthriinoïdes (mutation de type *kdr*). Des mécanismes de résistance à d’autres familles d’insecticides ont également été détectés chez cette espèce à Mayotte, notamment une modification de la cible de la dieldrine (mutation du gène *Rdl*) et une suractivité des Glutathion-S-transférases, enzymes impliquées dans la dégradation de différents insecticides.

La distribution des principaux allèles de résistance identifiés chez *Cx. quinquefasciatus* a été étudiée à l’échelle de l’île. Les allèles de résistance au téméphos (*ace-1*^R et *Ester*²) sont présents sur toute l’île, à des fréquences variables. L’allèle *Rdl*^R de résistance à la dieldrine présente quant à lui un fort gradient de distribution à l’échelle de l’île, indiquant l’existence d’une pression de sélection plus forte

⁴ Un RR₅₀ est calculé en faisant le rapport de la concentration létale à 50 % de la population testée (CL₅₀) sur la CL₅₀ observée pour une souche sensible de référence de la même espèce (RR₅₀ = CL₅₀ de la population de terrain / CL₅₀ de la souche de référence). Le RR₅₀ représente l’intensité de la résistance.

à l'Est de l'île. L'origine de cette pression reste inconnue. Le téméphos et la dieldrine n'étant plus autorisés en France, et aucune résistance croisée aux autres insecticides testés n'ayant été observée, la présence de ces allèles ne devrait cependant pas impacter les futures actions de lutte antivectorielle. En revanche, l'allèle *ksr^R* de résistance à la deltaméthrine s'est avéré fixé sur l'ensemble de l'île, ce qui compromet l'utilisation de cet insecticide contre *Cx. quinquefasciatus* à Mayotte.

Les tests réalisés sur *Cx. quinquefasciatus* au laboratoire n'ont en revanche pas mis en évidence de résistance aux autres insecticides évalués : le *Bti* (toxines bactériennes), le spinosad (naturalite), le diflubenzuron, le pyriproxyfen et le méthoprène (trois inhibiteurs de croissance). Ces insecticides représentent donc des alternatives au téméphos pour le traitement des gîtes larvaires de *Cx. quinquefasciatus* à Mayotte.

Insecticides utilisables contre *Cx. quinquefasciatus* à Mayotte

L'absence de résistance de *Cx. quinquefasciatus* au *Bti*, au spinosad, au diflubenzuron, au pyriproxyfen et au méthoprène a conduit à l'évaluation de ces insecticides en condition semi-opérationnelles (Pocquet et al., 2013a). Deux formulations de toxines bactériennes, le *Bs* et le mélange *Bti+Bs*, ont également été testées en plus du *Bti*. L'efficacité et la rémanence de ces larvicides a été évaluée sur une population sauvage de *Cx. quinquefasciatus* venant pondre dans des gîtes semi-naturels. Tous les larvicides ont été testés aux doses recommandées par l'OMS (doses et formulations testées présentées en annexe 6).

Ces évaluations ont montré une faible rémanence des formulations de pyriproxyfen et de méthoprène testées sur *Cx. quinquefasciatus* (inférieure à 10 jours). Le diflubenzuron est en revanche resté efficace près d'un mois sur *Cx. quinquefasciatus*, mais en saison sèche (moins de précipitations, et donc absence de dilution de l'insecticide dans les gîtes). Le diflubenzuron pourrait donc représenter un bon outil pour le contrôle de cette espèce à Mayotte, mais il demanderait à être réévalué en saison des pluies.

Parmi les larvicides testés, la rémanence du mélange *Bti+Bs* sur *Cx. quinquefasciatus* a été de quatre semaines, soit deux fois la rémanence du *Bti* utilisé seul sur cette espèce. La durée d'efficacité importante du mélange *Bti+Bs* pourrait en partie être due à un effet de synergie entre certaines toxines du *Bti* et celle du *Bs*, comme cela a été démontré par le passé (Wirth et al., 2004). La formulation du mélange *Bti+Bs* (granulés encapsulés, ou CG) a également pu avoir un effet sur la rémanence de ce produit. En effet, les toxines du *Bs* et du *Bti* sédimentent rapidement dans le milieu (Lacey, 2007; Skovmand et Guillet, 2000). Dans la formulation testée dans cette étude (VectoMax®CG), une partie des granulés est conçue pour flotter (Valent Bio Sciences, 2009), ce qui a pu favoriser la rémanence de ce produit en limitant la sédimentation des toxines.

Le deuxième larvicide ayant présenté de très bons résultats sur *Cx. quinquefasciatus* est le spinosad. En effet, la rémanence relevée pour cet insecticide a été de 1,6 mois sur cette espèce. Le spinosad présente un mode d'action original puisqu'il cible le récepteur nicotinique de l'acétylcholine (Hertlein et al., 2010). La bonne rémanence observée et ce mode d'action relativement unique pour un insecticide en LAV font du spinosad une alternative intéressante au téméphos à Mayotte. Malheureusement, les formulations de spinosad, qui étaient autorisées en LAV en France, n'ont pas

été soutenues par le fabricant, du fait du faible marché que représente la LAV en Europe. L'absence d'un dépôt de dossier pour son réexamen dans le cadre de la directive biocides a donc conduit au retrait des formulations qui étaient utilisables dans la lutte contre les moustiques. Cet insecticide n'est plus utilisable en Europe pour lutter contre les moustiques depuis le 31 novembre 2013.

Il est également intéressant de noter que, malgré les mécanismes de résistance existants chez *Cx. quinquefasciatus* à Mayotte, le téméphos a présenté une rémanence de quatre semaines sur cette espèce, équivalente aux rémanences généralement observées en conditions naturelles (Rozendaal, 1997; Subra, 1981). Les bons résultats de rémanence obtenus, malgré la présence de mécanismes de résistance chez cette espèce, s'expliquent certainement par la dose opérationnelle de 1 mg/l (WHO, 2006b), largement supérieure à la CL₉₅ des populations de *Cx. quinquefasciatus* à Mayotte (de l'ordre de 0,05 mg/l). Bien que le téméphos ne puisse plus être utilisé en routine à Mayotte, du fait de son interdiction et de l'existence de résistance, les résultats de l'étude réalisée sur *Cx. quinquefasciatus* montrent que cet insecticide reste un outil présentant une certaine efficacité.

2.2.3. Quelle stratégie de lutte contre *Cx. quinquefasciatus* ?

Cx. quinquefasciatus est un vecteur de filarioses et d'arboviroses. Il est donc légitime de s'interroger sur la nécessité de mettre en place des actions de lutte contre cette espèce à Mayotte. A l'heure actuelle, seuls quelques cas sporadiques de filariose et de fièvre de la vallée du rift ont été détectés sur l'île et ne justifient pas forcément la mise en place d'actions à grande échelle. En revanche, il est nécessaire de se préparer à la gestion d'éventuels foyers épidémiques.

A Mayotte, seuls les pyréthrinoïdes peuvent être utilisés en traitements adulticides, mais les niveaux importants de résistance de *Cx. quinquefasciatus* à la deltaméthrine en compromettent l'usage. En revanche, plusieurs larvicides se sont avérés efficaces contre cette espèce à Mayotte. Le *Bti* et le mélange *Bti+Bs* sont actuellement autorisés et, de part leur mode d'action, présentent une très grande spécificité et n'ont donc qu'un faible impact sur la faune non-cible (Regis et al., 2001). Le mélange *Bti+Bs* présente une meilleure rémanence que le *Bti* et, étant composé d'un mélange de plusieurs toxines (4 pour le *Bti* + 1 pour le *Bs* ; Ferreira and Silva-Filha, 2013), le risque d'apparition de résistances à ce produit est moindre. Le mélange *Bti+Bs* représente certainement le meilleur larvicide utilisable à l'heure actuelle à Mayotte. L'autre larvicide ayant présenté d'excellents résultats sur *Cx. quinquefasciatus* est le spinosad. Comme évoqué précédemment, cet insecticide n'est plus autorisé en Europe. Bien que cet insecticide ne soit pas spécifique, les très bons résultats d'efficacité et de rémanence observés sur *Cx. quinquefasciatus* permettrait son usage dans des gîtes hors sol. A l'image des moustiquaires imprégnées, sa mise sur le marché devrait être encouragée du fait de son intérêt en santé publique. Enfin, comme souligné précédemment, le diflubenzuron devrait faire l'objet d'essais complémentaires mais pourrait constituer une alternative intéressante pour les gîtes de *Cx. quinquefasciatus*, en particulier hors-sol.

Il n'existe que peu d'études sur l'efficacité des MIILD dans la lutte contre *Cx. quinquefasciatus*. Dans deux revues récentes, l'intérêt de moustiquaires imprégnées dans la lutte contre la filariose a été souligné (van den Berg et al., 2013 ; Wilson et al., 2014). S'il est avéré que les moustiquaires imprégnées d'insecticides ont un effet significatif sur la transmission de la filariose lorsque les vecteurs principaux sont des anophèles, une seule étude s'est, pour l'heure, intéressée à l'effet de

cet outil de lutte sur le risque de transmission de la filariose par *Cx. quinquefasciatus* (Bogh et al., 1998). Dans cette étude, aucune réduction significative du nombre de femelles de *Cx. quinquefasciatus* capturées à l'intérieur des habitations n'a été observée suite à la mise en place des moustiquaires imprégnées. En revanche, la proportion de femelles gorgées ayant effectué leur repas de sang sur homme est passé de 93 % avant l'introduction des moustiquaires imprégnées à 14 % après leur mise en place. En présence des moustiquaires imprégnées, la majorité des repas de sang (85 %) ont été réalisés sur des oiseaux. Selon les auteurs, ce changement dans le comportement de piqûre, induit par la présence des moustiquaires imprégnées, réduirait la capacité de cette espèce à transmettre *W. bancrofti* de près de 97 %. Les MIILD pourraient donc présenter un intérêt non négligeable dans la prévention de la filariose à Mayotte, d'autant plus que cette maladie est une maladie d'accumulation. Il est toutefois important de prendre en considération les niveaux très importants de résistance aux pyréthrinoïdes de *Cx. quinquefasciatus* à Mayotte, qui pourraient limiter cet effet bénéfique.

Il est également important de rappeler qu'à Mayotte, la majorité des gîtes larvaires de *Cx. quinquefasciatus* sont des latrines ou des égouts à ciel ouvert. Les actions les plus pérennes à mener pour lutter efficacement contre cette espèce restent l'entretien et la modification des ouvrages de gestion des eaux pluviales et une amélioration de l'assainissement individuel. Il paraît évident que ces actions prendront du temps pour être mise en œuvre, mais intégrer dès à présent le problème de la gestion des vecteurs dans les plans d'urbanisme reste indispensable.

2.3. La lutte contre les vecteurs du virus de la fièvre de la vallée du Rift à Mayotte

Avant toute chose, il convient de rappeler ici que la réduction du risque d'introduction du virus de la fièvre de la vallée du Rift à Mayotte passe principalement par la maîtrise des importations d'animaux et notamment l'élimination des mouvements clandestins d'animaux (AFSSA, 2008).

2.3.1. Quels sont les espèces de moustiques impliquées dans la transmission du virus à Mayotte ?

Afin de comprendre les mécanismes d'émergence et l'épidémiologie de la fièvre de la vallée du Rift (FVR) sur l'île de Mayotte, une étude a été mise en place par l'ARS Mayotte appuyée par le Cirad pour deux ans (2010-2012) pour déterminer la diversité, la dynamique, les préférences trophiques et le taux d'infection des espèces de moustiques présents dans 5 élevages représentant différentes zones éco-climatiques. Les élevages étaient répartis selon un gradient nord/sud et présentaient des écologies différentes : zone de mangrove, zone agricole, zone péri-urbaine, zone de transition péri-urbain/forêt, et zone de forêt. Des collectes par pièges lumineux et au CO₂ ainsi que des prospections larvaires ont été effectuées toutes les 4 semaines, pendant 3 nuits consécutives, sur chacun des 5 sites d'études afin de déterminer la diversité et la dynamique saisonnière des moustiques. De plus, sur l'un des sites, des captures de 24 heures sur appâts homme, mouton et chèvre ont été réalisées toutes les 8 semaines pour confirmer leurs préférences trophiques et déterminer le rythme circadien. Les femelles ont été mises en lot et conservées à - 80 °C pour recherche virale.

Culex quinquefasciatus représente l'espèce la plus abondante dans les pièges lumineux ou CO₂ des 5 élevages échantillonnés. D'autres espèces de *Culex* sont aussi capturées par ces mêmes pièges, mais à des abondances plus faibles : *Culex nebulosus*, *Culex decens*, et secondairement *Culex carleti* et *Culex antennatus*. Par ailleurs, *Eretmapodites quinquevittatus* est une espèce relativement abondante dans les pièges. Enfin d'autres espèces peuvent être localement moyennement abondantes dans ces pièges : *Anopheles funestus*, *Aedes catroni*, *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti*.

Les captures sur appât montrent qu'*Er. quinquevittatus* est très abondant sur mouton et moyennement abondant sur homme et chèvre, que *Cx. quinquefasciatus* est retrouvé principalement dans le piège appâté par un homme et plus rarement dans celui appâté par un mouton ou par une chèvre, qu'*Ae. aegypti* et *Ae. albopictus* sont retrouvés avec une abondance faible dans tous les pièges à appât et qu'*Eretmapodites subsimplicipes*, une espèce très peu abondante dans les pièges lumineux ou CO₂, est retrouvée dans tous les pièges appâts (principalement homme et mouton). Enfin, les analyses de repas de sang montrent que *Culex quinquefasciatus* et *Culex nebulosus* prennent une part très importante de leurs repas sanguins sur ruminant, principalement sur bovidé.

Jusqu'à présent, les recherches virales effectuées sur les moustiques capturés au cours de ce suivi se sont révélées infructueuses, mais elles ne sont pas finalisées.

Nous avons déjà décrit dans une section précédente les arguments en faveur de la capacité de *Cx. quinquefasciatus* à transmettre le virus de la FVR. Parmi les autres espèces de *Culex* listées au-dessus, *Cx. antennatus* a été retrouvé infecté sur le terrain avec le virus de la FVR au Kenya (Linthicum et al., 1985) et a été montré capable de transmettre le virus en conditions expérimentales (Gad et al., 1987 ; Turell et al., 1996). Parmi les deux espèces d'*Eretmapodites*, un unique isolement de virus de la FVR a été réalisé d'individus d'*Er. quinquevittatus* en Afrique du Sud (McIntosh, 1972) et la compétence vectorielle de cette espèce a été évaluée comme forte (taux de transmission de 74%) en conditions de laboratoire (McIntosh et al., 1980). Si aucune des autres espèces citées au-dessus n'a été retrouvée infectée avec le virus de la FVR, *Ae. aegypti* et *Ae. albopictus* ont montré leur capacité à transmettre le virus de la FVR au laboratoire (McIntosh et al., 1980 ; Turell et al., 1988). Par ailleurs, parmi les autres espèces recensées dans cette étude, *Anopheles coustani* a été retrouvée infectée au Zimbabwe et à Madagascar (McIntosh, 1972 ; Clerc et al., 1982), tout comme *Aedes circumluteolus* en Ouganda et en Afrique du Sud (Jupp et al., 1983 ; Kokernot et al., 1957 ; Weinbren et al., 1957) qui a par ailleurs montré sa capacité à transmettre le virus en laboratoire (McIntosh et al., 1983).

Ainsi, sur les espèces recensées par cette étude dans les élevages mahorais, 4 sont des vecteurs avérés à savoir *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. antennatus*, *Er. quinquevittatus* et *Ae. circumluteolus*, 3 sont des vecteurs supposés à savoir *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* et *An. coustani* et d'autres peuvent être considérées comme des vecteurs potentiels comme *Er. subsimplicipes* ou *Cx. nebulosus*. Parmi cette liste, les principaux suspects d'une transmission dans les élevages mahorais sont *Cx. quinquefasciatus* et *Er. quinquevittatus* – jusqu'à présent un seul isolement de virus de la FVR a été réalisé à partir de cette espèce – à cause de leur abondance et de leurs préférences trophiques.

2.3.2. Quelle stratégie adopter pour la prise en compte de ce risque (surveillance, contrôle) et besoins en termes de développement des connaissances

Surveillance

La première limite concernant la mise au point d'un programme de surveillance entomologique de la fièvre de la vallée du Rift à Mayotte réside dans le fait qu'on ne sait pas formellement quelles espèces sont réellement impliquées dans la transmission sur l'île. De plus, quand bien même la ou les espèce(s) vectrice(s) serai(en)t identifiée(s), une surveillance en continu des densités de population présenterait peu d'intérêt en termes de gestion du risque, étant donné que les seuils d'abondance permettant la transmission ne sont pour le moment pas connus.

De même, la recherche systématique du virus dans les moustiques capturés sur le terrain ne présente que peu d'intérêt au regard de l'effort nécessaire et de l'absence de circulation régulière du virus. Cela nécessiterait en effet une capture en continu, un traitement en temps réel des échantillons pour mettre rapidement en place des mesures de gestion.

La mise en place d'un programme de surveillance en continu n'est donc pas recommandée. En revanche, en cas de suspicion suspectée ou avérée chez l'homme ou l'animal, il serait utile de collecter les moustiques présents dans l'optique d'identifier les espèces impliquées dans la transmission par le biais d'une recherche virale sur les spécimens capturés.

Lutte

Comme pour la surveillance, la mise en place d'une lutte antivectorielle semble illusoire sans connaître précisément la ou les espèces impliquées dans la transmission, ni les conditions pouvant favoriser cette émergence. L'efficacité de mesures de lutte préventives n'a de plus jamais été démontrée concernant la fièvre de la vallée du Rift.

Il n'est donc pas recommandé de mettre en place une lutte préventive. En cas de transmission suspecte ou avérée, il conviendra d'éliminer ou de traiter les habitats larvaires. Des traitements adulticides peuvent également être envisagés autour des cas. En cas de survenue de cas vétérinaires, il sera nécessaire de communiquer sur les risques de contamination directe.

Recherche

La priorité en matière de recherche est donc d'identifier les espèces vectrices. Outre la recherche virale à mener en cas de survenue de cas humains ou animaux, des études de compétence vectorielle sont nécessaires concernant les espèces potentiellement incriminées. Dans un second temps, des études de préférence trophique permettront d'aiguiller les acteurs locaux sur les espèces de moustiques capables d'assurer la transmission de l'animal à l'homme.

Une cartographie de l'abondance des principales espèces de moustiques à l'échelle de l'île serait également utile non seulement pour l'évaluation du risque lié à la fièvre de la vallée du Rift, mais également pour les différentes maladies à transmission vectorielle pouvant circuler à Mayotte.

Références bibliographiques

AFSSA, 2008. Risque de propagation de la fièvre de la vallée du Rift (FVR) dans l'Océan Indien (la Réunion et Mayotte). ISBN 978-2-11-097785-4. AFSSA, Maisons-Alfort, France, p. 124.

AFSSET, 2007. La lutte antivectorielle dans le cadre de l'épidémie de chikungunya sur l'île de la Réunion. Évaluation des risques liés à l'utilisation des produits insecticides d'imprégnation des moustiquaires et des vêtements. ISBN 978-2-11-097041-1. AFSSET, Maisons-Alfort, France, p. 153.

ARSOI, 2014. Demande de saisine du centre national d'expertise des vecteurs sur les stratégies de lutte anti-vectorielle à Mayotte, p. 3.

Bain, O., 1976. Traversee de la paroi stomacale du vecteur par les microfilaries: techniques d'etude utilisees, importance epidemiologique. Bull World Health Organ 54, 397-401.

Bates, M.A., Glennerster, R., Gumede, K., Duflo, E., 2012. Pourquoi Payer? Field Actions Science Reports. The journal of field actions.

Bogh, C., Pedersen, E.M., Mukoko, D.A., Ouma, J.H., 1998. Permethrin-impregnated bednet effects on resting and feeding behaviour of lymphatic filariasis vector mosquitoes in Kenya. Med Vet Entomol 12, 52-59.

Bregues, J., Bain, O., 1972. Passage des microfilaries de l'estomac vers l'hémocèle du vecteur, dans les couples *Wuchereria bancrofti*-*Anopheles gambiae* A, *W. bancrofti*-*Aedes aegypti* et *Setaria labiatopapillosa*-*A. aegypti*. Cahiers ORSTOM. Série Entomologie Médicale et Parasitologie 10, 235-249.

Clerc, Y., Rodhain, F., Digoutte, J.P., Albignac, R., Coulanges, P., 1982. [Arbovirus exploratory program at the Pasteur Institute of Madagascar: results 1976-1980]. Arch Inst Pasteur Madagascar 49, 65-78.

Cohen, J., Dupas, P., 2010. Free Distribution or Cost-Sharing? Evidence from a Randomized Malaria Prevention Experiment*. Quarterly Journal of Economics 125, 1.

Cohen, J.M., Smith, D.L., Cotter, C., Ward, A., Yamey, G., Sabot, O.J., Moonen, B., 2012. Malaria resurgence: a systematic review and assessment of its causes. Malar J 11, 122.

Corbel, V., Akogbeto, M., Damien, G.B., Djenontin, A., Chandre, F., Rogier, C., Moiroux, N., Chabi, J., Banganna, B., Padonou, G.G., Henry, M.-C., 2012. Combination of malaria vector control interventions in pyrethroid resistance area in Benin: a cluster randomised controlled trial. Lancet Infect Dis 12, 617-626.

Darriet, F., 2007. Moustiquaires imprégnées et résistances des moustiques aux insecticides. IRD éditions, Paris, France.

Darriet, F., N'Guessan, R., Carnevale, P., 2000. Evaluations en cases-pieges de l'effet protecteur de moustiquaires non imprégnées d'insecticide dans la prevention des piqures d'*Anopheles gambiae* s.s. Sante 10, 413-417.

Dhiman, S., Veer, V., 2014. Culminating anti-malaria efforts at long lasting insecticidal net? Journal of infection and public health.

Ferreira, L.M., Silva-Filha, M.H.N.L., 2013. Bacterial larvicides for vector control: mode of action of toxins and implications for resistance. Biocontrol Science and Technology 23, 1137-1168.

Fullman, N., Burstein, R., Lim, S.S., Medlin, C., Gakidou, E., 2013. Nets, spray or both? The effectiveness of insecticide-treated nets and indoor residual spraying in reducing malaria morbidity and child mortality in sub-Saharan Africa. *Malar J* 12, 62.

Gad, A.M., Hassan, M.M., el Said, S., Moussa, M.I., Wood, O.L., 1987. Rift Valley fever virus transmission by different Egyptian mosquito species. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 81, 694-698.

Goddard, L.B., Roth, A.E., Reisen, W.K., Scott, T.W., 2002. Vector competence of California mosquitoes for West Nile virus. *Emerg Infect Dis* 8, 1385-1391.

Hamel, M.J., Otieno, P., Bayoh, N., Kariuki, S., Were, V., Marwanga, D., Laserson, K.F., Williamson, J., Slutsker, L., Gimnig, J., 2011. The combination of indoor residual spraying and insecticide-treated nets provides added protection against malaria compared with insecticide-treated nets alone. *Am J Trop Med Hyg* 85, 1080-1086.

Hertlein, M.B., Mavrotas, C., Jousseau, C., Lysandrou, M., Thompson, G.D., Jany, W., Ritchie, S.A., 2010. A review of spinosad as a natural product for larval mosquito control. *J Am Mosq Control Assoc* 26, 67-87.

Hoogstraal, H., Meegan, J.M., Khalil, G.M., Adham, F.K., 1979. The Rift Valley fever epizootic in Egypt 1977-78. 2. Ecological and entomological studies. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 73, 624-629.

InVS, 2013. Surveillance du paludisme à Mayotte : bilan 2012. *Point épidémiologique* 17, 1-2.

Jupp, P., McIntosh, B., Thompson, D., 1983. Isolation of Rift Valley fever viruses from *Aedes (Neomelanicornion) circumluteolus* and/or *luteolateralis* collected during an outbreak in cattle in the coastal region of Natal, South Africa. *South African Journal of Science* 79, 377.

Kilian, A., Wijayanandana, N., Ssekitoleeko, J., 2009. Review of delivery strategies for insecticide treated mosquito nets – are we ready for the next phase of malaria control efforts? *TropIKA.net* 1, 1-28.

Kokernot, R.H., Heymann, C.S., Muspratt, J., Wolstenholme, B., 1957. Studies on arthropod-borne viruses of Tongaland. V. Isolation of Bunyamwera and Rift Valley Fever viruses from mosquitoes. *The South African journal of medical sciences* 22, 71-80.

Lacey, L.A., 2007. *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. *J Am Mosq Control Assoc* 23, 133-163.

Lenhart, A., Orelus, N., Maskill, R., Alexander, N., Streit, T., McCall, P.J., 2008. Insecticide-treated bednets to control dengue vectors: preliminary evidence from a controlled trial in Haiti. *Trop Med Int Health* 13, 56-67.

Linthicum, K.J., Davies, F.G., Kairo, A., Bailey, C.L., 1985. Rift Valley fever virus (family Bunyaviridae, genus Phlebovirus). Isolations from Diptera collected during an inter-epizootic period in Kenya. *The Journal of hygiene* 95, 197-209.

McIntosh, B.M., 1972. Rift Valley fever. 1. Vector studies in the field. *Journal of the South African Veterinary Medical Association* 43, 391-395.

McIntosh, B.M., Jupp, P.G., dos Santos, I., Barnard, B.J., 1980. Vector studies on Rift Valley Fever virus in South Africa. *S Afr Med J* 58, 127-132.

McIntosh, B.M., Jupp, P.G., dos Santos, I., Rowe, A.C., 1983. Field and laboratory evidence implicating *Culex zombaensis* and *Aedes circumluteolus* as vectors of Rift Valley fever virus in coastal South Africa. *South African Journal of Science* 79, 61-64.

Meegan, J.M., Khalil, G.M., Hoogstraal, H., Adham, F.K., 1980. Experimental transmission and field isolation studies implicating *Culex pipiens* as a vector of Rift Valley fever virus in Egypt. *Am J Trop Med Hyg* 29, 1405-1410.

Ministère de l'interieur, 2013. Question écrite N° 13327 de M. Éric Ciotti à l'assemblée nationale.

Ministry of Health and Quality of Life Mauritius, World Health Organization, University of California, San Francisco, 2012. Eliminating Malaria, Case-study 4: Preventing reintroduction in Mauritius. Report, Geneva, Switzerland.

Mouchet, J., Carnevale, P., Coosemans, M., Julvez, J., Manguin, S., Richard-Lenoble, D., Sircoulon, J., 2004. Biodiversité du paludisme dans le monde. J. Libbey, Paris, France.

Pavri, K.M., Singh, K.R., 1965. Isolation of West Nile Virus from *Culex Fatigans* Mosquitoes from Western India. *The Indian journal of medical research* 53, 501-505.

Pichon, G., 2002. Limitation and facilitation in the vectors and other aspects of the dynamics of filarial transmission: the need for vector control against *Anopheles*-transmitted filariasis. *Ann Trop Med Parasitol* 96 Suppl 2, S143-152.

Pocquet, N., Darriet, F., Zumbo, B., Milesi, P., Thiria, J., Bernard, V., Toty, C., Labbe, P., Chandre, F., 2014. Insecticide resistance in disease vectors from Mayotte: an opportunity for integrated vector management. *Parasit Vectors* 7, 299.

Pocquet, N., Darriet, F., Zumbo, B., Thiria, J., Mansotte, F., Labbé, P., Milesi, P., Agnew, P., Aubert, L., Lhernout, T., Raslan Loubatié, J., Cheick-Ahmed, M., Chandre, F., 2013a. Résistance des Culicidae vecteurs à Mayotte et évaluation de nouveaux insecticides et de nouvelles stratégies pour la lutte anti-vectorielle. DOC/LIN/IRD/12/13. Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier, p. 113.

Pocquet, N., Milesi, P., Makoundou, P., Unal, S., Zumbo, B., Atyame, C., Darriet, F., Dehecq, J.-S., Thiria, J., Bheecarry, A., Iyaloo, D.P., Weill, M., Chandre, F., Labbé, P., 2013b. Multiple insecticide resistances in the disease vector *Culex p. quinquefasciatus* from Western Indian Ocean. *PLoS ONE* 8, e77855.

RBM, 2011. Distributions continues de moustiquaires imprégnées longue durée : guide pour la conception et la planification. Roll Back Malaria, Geneva, p. 53.

Regis, L., Silva-Filha, M.H., Nielsen-LeRoux, C., Charles, J.F., 2001. Bacteriological larvicides of dipteran disease vectors. *Trends Parasitol* 17, 377-380.

Reisen, W.K., Fang, Y., Martinez, V.M., 2005. Avian host and mosquito (Diptera: Culicidae) vector competence determine the efficiency of West Nile and St. Louis encephalitis virus transmission. *J Med Entomol* 42, 367-375.

Robert, V., Lagneau, C., 2009. Mission de conseil et d'appui à la mise en place de la lutte intégrée contre les vecteurs à Mayotte. IRD, EID Méditerranée, Montpellier, France, p. 53.

Rozendaal, J.A., 1997. Vector control: methods for use by individuals and communities. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

- Skovmand, O., Guillet, P., 2000. Sedimentation of *Bacillus sphaericus* in tap water and sewage water. *Journal of invertebrate pathology* 75, 243-250.
- Subra, R., 1981. Biology and control of *Culex pipiens quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera, Culicidae) with special reference to Africa. *Insect Sci Applic* 1, 319-338.
- Subramanian, S., Krishnamoorthy, K., Ramaiah, K.D., Habbema, J.D., Das, P.K., Plaisier, A.P., 1998. The relationship between microfilarial load in the human host and uptake and development of *Wuchereria bancrofti* microfilariae by *Culex quinquefasciatus*: a study under natural conditions. *Parasitology* 116 (Pt 3), 243-255.
- Sueur, J.P., Cointat, C., Desplan, F., 2012. Rapport d'information fait au nom de la commission des lois constitutionnelles, de législation, du suffrage universel, du Règlement et d'administration générale à la suite d'une mission effectuée à Mayotte du 11 au 15 mars 2012. 675. Sénat, Paris, p. 140.
- Turell, M.J., Bailey, C.L., Beaman, J.R., 1988. Vector competence of a Houston, Texas strain of *Aedes albopictus* for Rift Valley fever virus. *J Am Mosq Control Assoc* 4, 94-96.
- Turell, M.J., Presley, S.M., Gad, A.M., Cope, S.E., Dohm, D.J., Morrill, J.C., Arthur, R.R., 1996. Vector competence of Egyptian mosquitoes for Rift Valley fever virus. *Am J Trop Med Hyg* 54, 136-139.
- Valent Bio Sciences, 2009. Vectomax technical use bulletin. Libertyville, United States, p. 8.
- van den Berg, H., Kelly-Hope, L.A., Lindsay, S.W., 2013. Malaria and lymphatic filariasis: the case for integrated vector management. *Lancet Infect Dis* 13, 89-94.
- Weinbren, M.P., Williams, M.C., Haddow, A.J., 1957. A variant of Rift Valley fever virus. *S Afr Med J* 31, 951-957.
- West, P.A., Protopopoff, N., Wright, A., Kivaju, Z., Tigererwa, R., Mosha, F.W., Kisinza, W., Rowland, M., Kleinschmidt, I., 2014. Indoor residual spraying in combination with insecticide-treated nets compared to insecticide-treated nets alone for protection against malaria: a cluster randomised trial in Tanzania. *PLoS medicine* 11, e1001630.
- WHO, 2006a. Guidelines for testing mosquito adulticides for indoor residual spraying and treatment of mosquito nets. WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.3. World Health Organization, Geneva, Switzerland, p. 60.
- WHO, 2006b. Pesticides and their application for the control of vectors and pests of public health importance. Sixth edition. WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.1. World Health Organization, Geneva, Switzerland, p. 114.
- WHO, 2007a. Global malaria programme. Insecticide treated mosquito nets: a position statement. World Health Organization, Geneva, Switzerland, pp. 1-10.
- WHO, 2007b. Malaria elimination: a field manual for low and moderate endemic countries. ISBN 978 92 4 159608 4. World Health Organization, Geneva, p. 85.
- WHO, 2009a. Report of the thirteenth WHOPES working group meeting. Review of: olysset LN, dawaplus 2.0 LN, Tianjin yorkool LN. World Health Organisation, Geneva.

WHO, 2009b. Report of the twelfth WHOPES working group meeting. Review of: bioflash GR, permanent 2.0, permanent 3.0, permanent 2.5, lambda-cyhalothrin LN. World Health Organisation, Geneva.

WHO, 2013a. Guidelines for laboratory and field-testing of long-lasting insecticidal nets.

WHO, 2013b. Vector control technical expert group, report to MPAC September 2013: Methods for maintaining coverage with long-lasting insecticidal nets (LLINs). World Health Organisation, Geneva, p. 27.

WHO, 2014a. World Malaria Report 2014. World Health Organisation, Geneva, p. 242.

WHO, 2014b. From malaria control to malaria elimination, a manual for elimination scenario planning. ISBN 978 92 4 150702 8. World Health Organization, Geneva, Switzerland, p. 53.

WHO, 2014c. WHO procedures for certification of malaria elimination. Weekly Epidemiological Record 89, 321-336.

WHO, 2014d. WHO recommendations for achieving universal coverage with long-lasting insecticidal nets in malaria control World Health Organization, Geneva.

WHO, 2014e. WHO recommended insecticides for indoor residual spraying against malaria vectors. www.who.int/whopes/Insecticides_IRS_17_Nov_2014.pdf?ua=1

WHO, 2014f. WHO recommended long-lasting insecticidal nets. www.who.int/whopes/Long_lasting_insecticidal_nets_06_Feb_2014.pdf?ua=1

Wilson, A.L., Dhiman, R.C., Kitron, U., Scott, T.W., van den Berg, H., Lindsay, S.W., 2014. Benefit of insecticide-treated nets, curtains and screening on vector borne diseases, excluding malaria: a systematic review and meta-analysis. PLoS Negl Trop Dis 8, e3228.

Wirth, M.C., Jiannino, J.A., Federici, B.A., Walton, W.E., 2004. Synergy between toxins of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and *Bacillus sphaericus*. J Med Entomol 41, 935-941.

Annexe 1 : saisine du CNEV par la Direction Générale de la Santé



MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES ET DE LA SANTÉ

Direction générale de la Santé

Paris, le 08 MAI 2014

Sous-direction des risques infectieux
Bureau des maladies infectieuses,
des risques infectieux émergents
et de la politique vaccinale
Chargés de dossier : Albert GODAL/Christine ORTMANS
Tél. : 01 40 56 86 06/63 24
albert.godal@sante.gouv.fr/christine.ortmans@sante.gouv.fr

N° 123 - Pi
Réponse D14-004394

Le Directeur général de la santé,

A

Monsieur Didier FONTENILLE
Directeur du Centre National d'expertise
sur les vecteurs
911, avenue Agropolis
BP 64501
34394 Montpellier cedex 5

Objet : saisine du CNEV sur la lutte anti vectorielle et les vecteurs à Mayotte

Suite à la demande de l'agence régionale de santé de l'Océan Indien, je sollicite votre expertise, le cas échéant en lien avec l'InVS au regard de l'épidémiologie locale, sur le développement d'une stratégie de lutte anti-vectorielle à Mayotte portant sur :

- *Culis quinquefasciatus* : ce moustique prolifère à Mayotte, avec une multi résistance aux insecticides. L'ARS s'interroge sur sa qualité de vecteur de la fièvre de la Vallée du Rift, de West-Nile et de la filariose de Bancroft à Mayotte et sur les déterminants d'une stratégie de lutte anti-vectorielle au regard de sa biologie (modalités d'intervention préventive et axes complémentaires de recherche).
- L'utilisation des Moustiquaires Imprégnées d'Insecticide Longue Durée (MILD), est reconnue comme moyen de lutte contre le paludisme. A-t-elle également un impact sur la prévention des arboviroses ? Au regard de cette analyse quelle stratégie peut on envisager pour les années à venir ? L'utilisation des MILD garde-t-elle sa place en termes de prévention dans le contexte entomo-épidémiologique de Mayotte ?

Mes services se tiennent à votre disposition pour toute question complémentaire.

Le Directeur Général de la Santé,

Professeur Benoit VALLET

Copie : Anacs
InVS
ARS OI



MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES ET DE LA SANTÉ

Direction générale de la Santé

RE : 139

Sous-direction des risques infectieux
Bureau des maladies infectieuses,
des risques infectieux émergents
et de la politique vaccinale

Chargés de dossier : Albert GODAL / Christine CHIMANS

Tél : 01 40 68 85 08/01 24

albert.godal@sante.gouv.fr / christine.chimans@sante.gouv.fr

Réponse : D. 14. 004394

Paris, le 16 MAI 2014,

Le Directeur général de la santé,

A

Monsieur Didier FONTENILLE
Directeur du Centre National d'expertise
sur les vecteurs
911, avenue Agropolis
BP 64501
34394 Montpellier cedex 5

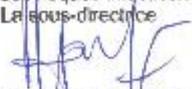
Objet : saisine du CNEV sur la lutte anti vectorielle et les vecteurs à Mayotte

Concernant ma saisine du 08 mai 2014 sur la lutte anti vectorielle et les vecteurs à Mayotte, je vous précise que je souhaite obtenir le rendu de cette expertise pour la mi-janvier 2015.

Par ailleurs en réponse à votre mail du 14 mai 2014, je vous confirme que les termes de la saisine couvriront bien l'investigation du cycle de transmission de la Fièvre de la Vallée du Rift à Mayotte, la recherche de l'implication d'autres vecteurs que *Culex quinquefasciatus* et les orientations de la stratégie de LAV qui découlent de cette expertise.

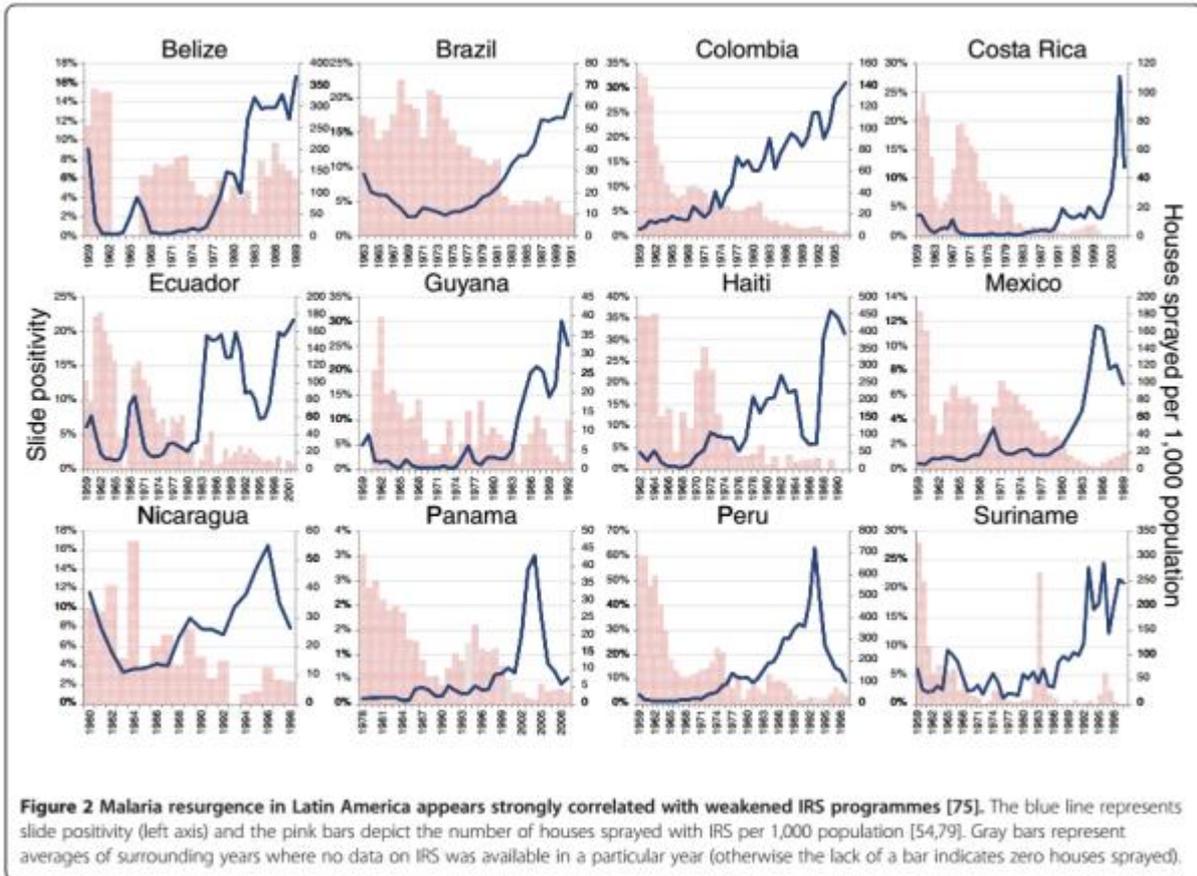
Mes services se tiennent à votre disposition pour toute question complémentaire.

Sous-direction Prévention
des risques infectieux
La sous-directrice


Marie-Hélène LOULERGUE

Copie : Monsieur le Directeur Général de l'Anses

Annexe 2 : exemples de réémergences du paludisme (revue dans Cohen *et al.*, 2012).



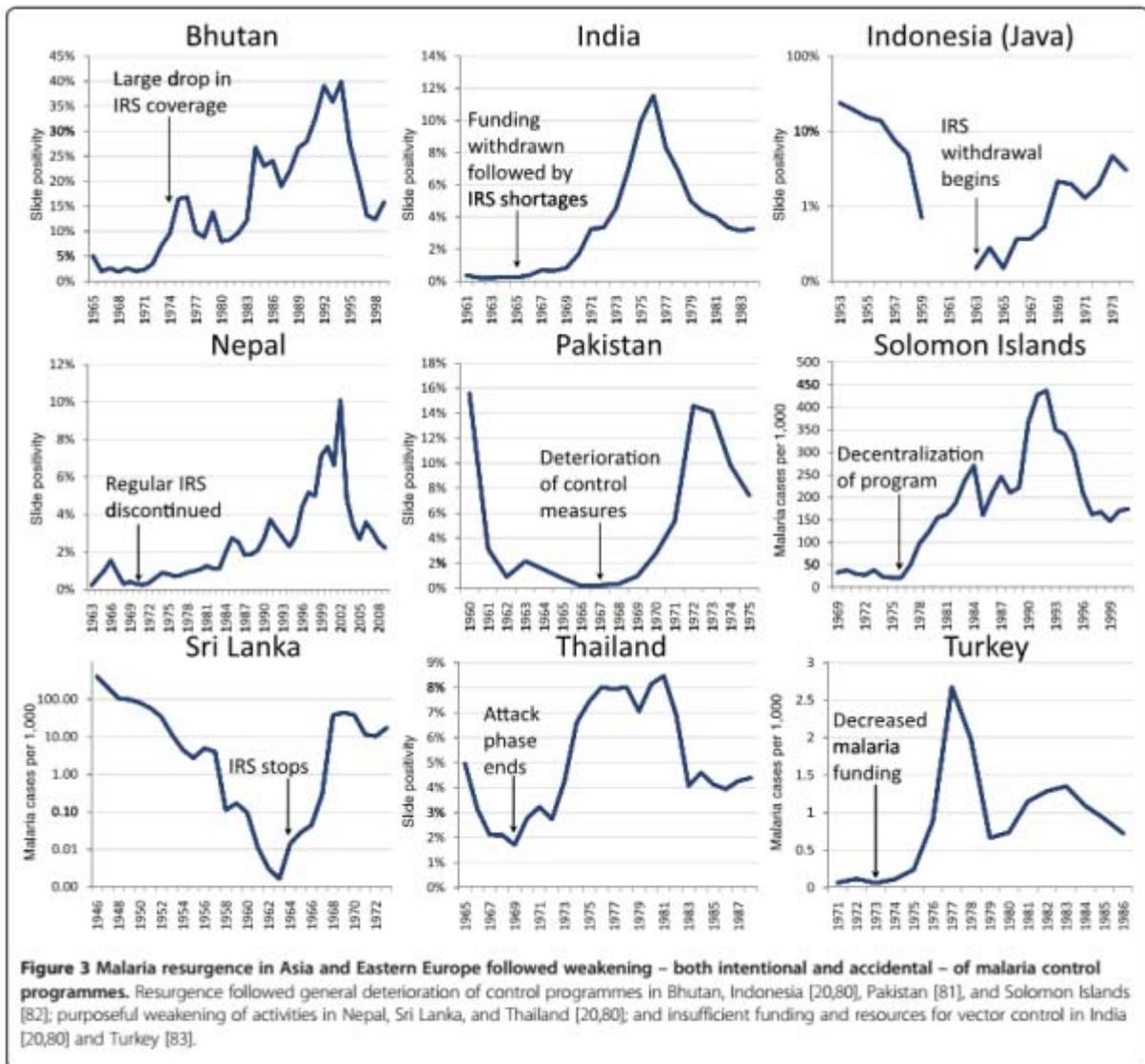


Figure 3 Malaria resurgence in Asia and Eastern Europe followed weakening – both intentional and accidental – of malaria control programmes. Resurgence followed general deterioration of control programmes in Bhutan, Indonesia [20,80], Pakistan [81], and Solomon Islands [82]; purposeful weakening of activities in Nepal, Sri Lanka, and Thailand [20,80]; and insufficient funding and resources for vector control in India [20,80] and Turkey [83].

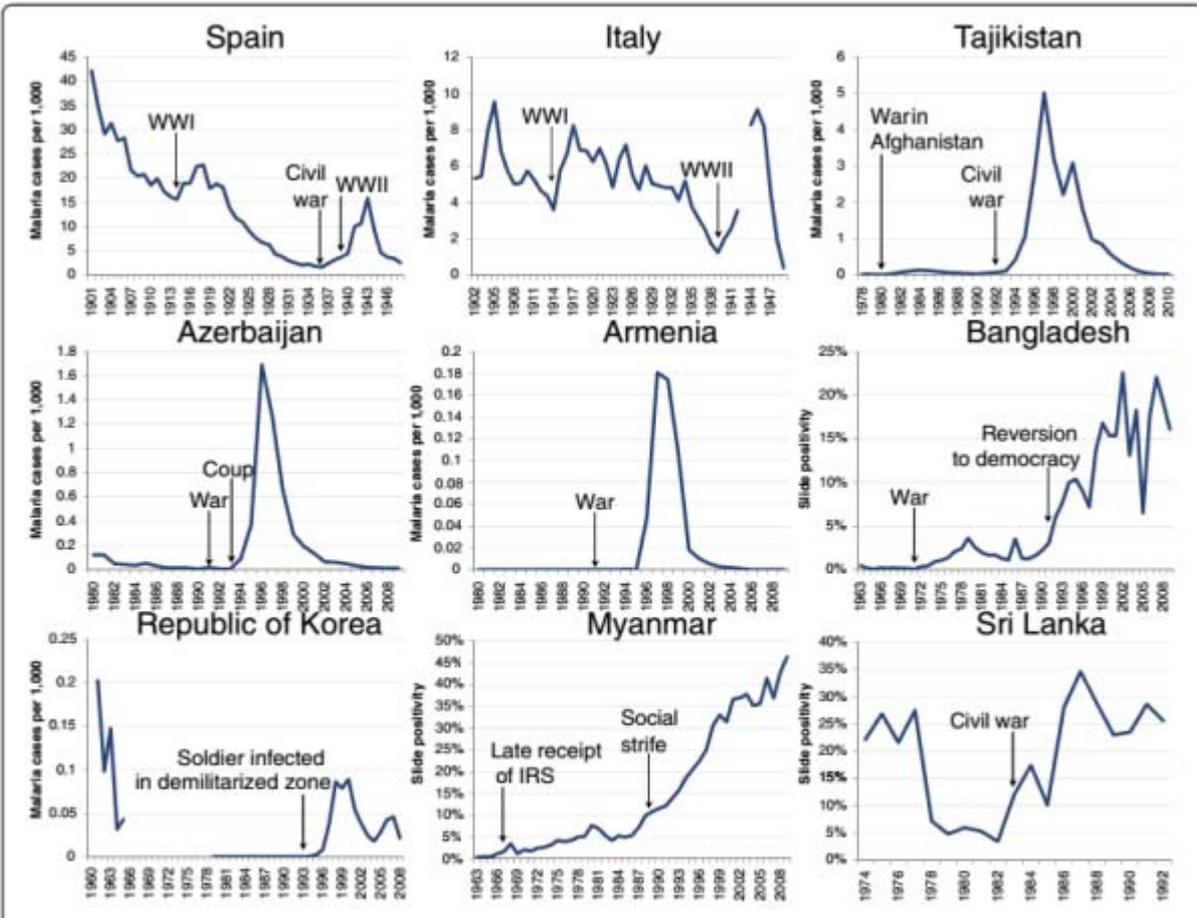


Figure 4 Malaria resurgence has followed war, population movement, and associated disruptions in Europe and Asia. Resurgences followed wars and social turmoil in Spain, Italy [5], Tajikistan, Azerbaijan, Armenia [83], Bangladesh, Myanmar, and Sri Lanka [20,80], and began in soldiers in the demilitarized zone in Republic of Korea [84,85].

Annexe 3 : prospectus distribué avec les MIILD à Mayotte

LE PALUDISME

UNE MALADIE GRAVE

Elle est transmise par le moustique Anophèle qui pique surtout le soir et la nuit. Cette maladie peut être mortelle.

LE MOUSTIQUE PIQUE UN HOMME INFECTÉ

L'HOMME EST INFECTÉ

LE MOUSTIQUE DEVIENT VECTEUR DE MALADIE

LE MOUSTIQUE INFECTÉ PIQUE L'HOMME

LES SYMPTÔMES LES PLUS COURANTS :

> Forte fièvre, maux de tête, douleurs musculaires accompagnées d'une sensation de grande fatigue...

En cas d'apparition de ces symptômes, consultez un médecin. Précisez lui si vous revenez de voyage.

LES MOUSTIQUAIRES IMPREGNÉES D'INSECTICIDE

UN MOYEN DE PROTECTION EFFICACE CONTRE LE PALUDISME

نَمْنُ يُوْجِجِظُ صَفِنَ أُوْدُ وَدِرْمَ

> Elles sont efficaces au moins 3 ans

> Elles sont prétraitées avec un insecticide (deltaméthrine) et sont prêtes à l'emploi : Elles ne nécessitent aucun retraitement ou trempage.

> Elles repoussent et tuent les moustiques, ainsi que les autres insectes tels que les cafards, les scolopendres, les mouches... sur une longue durée.

> Elles ne présentent aucun danger pour l'homme et pour l'environnement.

PRÉVENTION - INFOS - CONSEILS
ARS-OI Délégation de l'île de Mayotte
Service de Lutte Anti Vectorielle
Tél. : 0269 61 73 93

LES MOUSTIQUAIRES IMPREGNÉES D'INSECTICIDE

UN MOYEN DE PROTECTION EFFICACE CONTRE LE PALUDISME

LES MOUSTIQUAIRES IMPREGNÉES D'INSECTICIDE

UN MOYEN DE PROTECTION EFFICACE CONTRE LE PALUDISME

نَمْنُ يُوْجِجِظُ صَفِنَ أُوْدُ وَدِرْمَ

SIMPLE A INSTALLER

مُسْتَكْرَانُ مَوْعٌ وَوْ شُقْدُوْ

La moustiquaire doit toucher le sol. Ajustez la longueur des cadres.

مُسْتَكْرَانُ مَوْعٌ وَوْ شُقْدُوْ

Glissez le bas de la moustiquaire sous le matelas.

أُوْنَمُ فِرِي إِمْسْتَكْرَ أَتْسِينُ نَلْ غُدْرُ

Vous pouvez la disposer en dessous d'une moustiquaire traditionnelle.

Juste après l'installation Aérez la pièce.

بَعْدَ مُسْتَكْرَ وَتْرَ لُوْزِ فِينْتَرِ نَائِمْلَعُوْ بِيْلُوْ

SIMPLE A UTILISER

مَعْعُ يُوْ رُمِشِيحَ

Utilisez la moustiquaire imprégnée toute l'année, même si vous ne voyez ou n'entendez pas le bruit des moustiques

Fermez la moustiquaire la nuit pour éviter le passage des moustiques

SIMPLE A ENTREtenir

POUR DURER AU MOINS 3 ANS

نَمْنَا يُوْ سِيكُ فَيْتْرَ إِمْسْتَكْرَ أَتْ إِرْمِشِيحَ مَحَ مِرْرُ

إِكْبَلُوْ OUI

Lavez la moustiquaire tous les 2 mois à l'eau froide avec du savon de Marseille dans une bassine.

Séchez la moustiquaire à l'air libre, sur une corde suspendue, et à l'ombre.

NON گِي كَبَلُوْ

Ne repassez pas la moustiquaire. Evitez de laver la moustiquaire dans la rivière.

Annexe 4 : principaux résultats des enquêtes réalisées 3 mois, 8 mois, 1 an et 3 ans après la distribution des MIILD dans le village pilote de Dzoumogné.

Tableau 1 : proportion de MIILD présentes dans les foyers et de MIILD installées aux dessus des couchages par rapport au nombre total de MIILD distribuées.

Enquête	3 mois	8 mois	1 an	3 ans
nombre de MIILD distribuées	246	257	247	227
MIILD présentes	96 [93 - 98]	95 [92 - 98]	84 [80 - 89]	48 [41 - 54]
MIILD installées	74 [68 - 79]	68 [62 - 73]	51 [45 - 57]	27 [22 - 33]

Tableau 2 : raisons invoquées par les personnes interrogées pour expliquer l'absence des MIILD dans les foyers.

Enquête	3 mois	8 mois	1 an	3 ans
nombre de MIILD absentes	4	8	39	117
jetées	0	0	41 [25 - 57]	71 [63 - 79]
données	100	100	51 [35 - 67]	26 [18 - 35]
vendues	0	0	0	0
volées	0	0	5 [0 - 12]	0
autres	0	0	3 [0 - 8]	3 [0 - 5]

Tableau 3 : raisons invoquées par les personnes interrogées pour expliquer la non-installation des MIILD au dessus des couchages.

Enquête	3 mois	8 mois	1 an	3 ans
nombre de MIILD non-installées	52	70	82	46
en cours de nettoyage	67 [54 - 80]	87 [79 - 95]	96 [92 - 100]	57 [42 - 71]
irritations	13 [4 - 23]	1 [0 - 4]	0	2 [0 - 6]
pas pratiques	12 [3 - 20]	6 [0 - 11]	1 [0 - 4]	0
pas esthétiques	0	1 [0 - 4]	0	2 [0 - 6]
étouffantes	0	3 [0 - 7]	1 [0 - 4]	0
sensation de chaleur	2 [0 - 6]	0	1 [0 - 4]	2 [0 - 6]
autres	6 [0 - 12]	1 [0 - 4]	0	37 [23 - 51]

Tableau 4 : satisfaction globale des personnes interrogées vis-à-vis des MIILD.

Enquête	3 mois	8 mois	1 an	3 ans
nombre de répondants	99	99	96	96
totalement	87 [80 - 94]	83 [75 - 90]	89 [82 - 95]	81 [73 - 89]
moyennement	10 [4 - 16]	15 [8 - 22]	9 [4 - 15]	14 [7 - 20]
pas du tout	3 [0 - 6]	2 [0 - 5]	2 [0 - 5]	5 [1 - 10]

Tableaux 5 : avantages perçus des MIILD (question à choix multiples).

Enquête	3 mois	8 mois	1 an	3 ans
nombre de répondants	100	100	100	96
protection contre les moustiques	98 [95 - 100]	90 [84 - 96]	85 [78 - 92]	98 [95 - 100]
protection contre le paludisme	1 [0 - 3]	46 [36 - 56]	20 [12 - 28]	36 [27 - 46]
protection contre les insectes	2 [0 - 5]	9 [3 - 15]	3 [0 - 6]	42 [32 - 52]
dormir au calme	33 [24 - 42]	59 [49 - 69]	34 [25 - 43]	44 [34 - 54]
s'isoler	0	0	0	7 [2 - 13]
aucun	2 [0 - 5]	5 [1 - 9]	10 [4 - 16]	2 [0 - 5]
autre	0	0	0	2 [0 - 5]

Tableau 6 : inconvénients perçus des MIILD (question à choix multiples).

Enquête	3 mois	8 mois	1 an	3 ans
nombre de répondants	100	100	100	96
trop fragiles	9 [3 - 15]	21 [13 - 29]	26 [17 - 35]	55 [45 - 65]
trop petites	17 [10 - 24]	54 [44 - 64]	43 [33 - 53]	47 [37 - 57]
trop grandes	1 [0 - 3]	2 [0 - 5]	0	3 [0 - 7]
pas esthétiques	1 [0 - 3]	1 [0 - 3]	0	24 [15 - 33]
une seule ouverture	0	16 [9 - 23]	7 [2 - 12]	20 [12 - 28]
irritantes	20 [12 - 28]	19 [11 - 27]	2 [0 - 5]	14 [7 - 20]
sensation de chaleur	3 [0 - 6]	1 [0 - 3]	0	2 [0 - 5]
étouffantes	3 [0 - 6]	6 [1 - 11]	0	1 [0 - 3]
pas pratiques	0	2 [0 - 5]	0	0
autres	1 [0 - 3]	0	0	1 [0 - 3]
aucun	56 [46 - 66]	22 [14 - 30]	38 [28 - 48]	19 [11 - 27]

Tableau 7 : proportion des répondants déclarant être prêts à acheter une MIILD et prix souhaité (moyenne et médiane des prix d'achat déclarés pour chaque enquête).

Enquête	3 mois	8 mois	1 an	3 ans
nombre de répondants	97	100	100	81
intention d'achat	84 [76 - 91]	82 [74 - 90]	33 [24 - 42]	70 [61 - 79]
prix d'achat moyen	6.70 €	5.21 €	5.76 €	7.54 €
prix d'achat médian	5.00 €	5.00 €	5.00 €	5.00 €

Remarque :

Pour l'ensemble des tableaux présentés ici, les résultats sont exprimés en pourcentage. Les intervalles de confiance à 95% sont présentés entre crochets. La première ligne de chaque tableau correspond aux effectifs (nombre de MIILD ou nombre de répondants).

Annexe 5 : Courrier du CNEV à la Direction Générale de la Prévention des Risques



Centre National d'Expertise
sur les Vecteurs

CNEV n° : 2014-14

Montpellier, le 4 novembre 2014

Didier FONTENILLE
Directeur du Centre National
d'Expertise sur les Vecteurs

à

Madame Patricia BLANC
Directrice générale de la prévention des risques
Département des produits chimiques,
pollutions diffuses, agriculture
Grande Arche, Paroi Nord
92055 Paris-La-Défense Cedex

Objet : impossibilité d'acquérir en France les moustiquaires recommandées par l'OMS pour lutter contre le paludisme

Madame la Directrice Générale,

Mayotte, 101^{ème} département français, reste un territoire au sein duquel le paludisme constitue un risque pour la santé des populations.

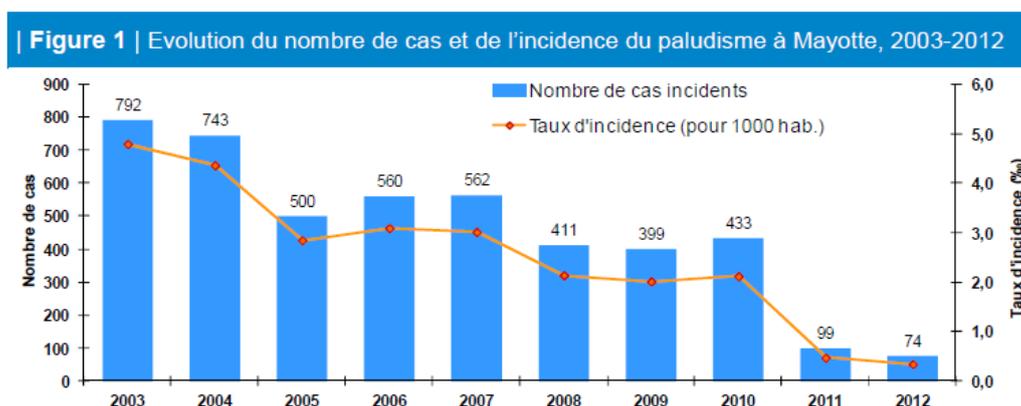
C'est pourquoi, l'Agence de Santé Océan Indien, Délégation de Mayotte (ARS OI, Mayotte), a souhaité en 2010 mettre en œuvre une nouvelle stratégie dans la lutte contre le paludisme basée sur une distribution à large échelle (couverture de tous les foyers de l'île) de moustiquaires imprégnées d'insecticides, conformément aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Un tel programme de distribution de moustiquaires a été considéré comme une des réponses les plus prometteuses face aux limites de la stratégie actuelle (aspersion intra domiciliaire d'insecticides).

Suite à cette première phase de distribution de moustiquaires, on peut noter que l'incidence du paludisme a fortement diminué à Mayotte (cf. figure 1, source : Point épidémiologique n°17, CIRE Océan Indien).

Afin de maintenir un niveau de protection vis-à-vis des moustiques vecteurs du paludisme, il convient désormais de poursuivre l'effort de distribution de moustiquaires à la population mahoraise.

C'est dans ce cadre, et en particulier pour se prononcer sur les modalités de distribution les plus pertinentes au regard des spécificités locales que le Centre National d'Expertise sur les Vecteurs (CNEV) a été saisi par la Direction Générale de la Santé (DGS).

Dans le cadre de cette expertise, nous avons constaté une absence d'offre de moustiquaires adaptées du fait de la mise en œuvre de la réglementation communautaire biocides (Règlement (UE) n° 528/2012 du 22/05/12 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides).



En effet, les seules moustiquaires imprégnées disponibles sur le marché semblent être des produits haut de gamme (qui s'adressent donc à un public particulier, comme par exemple les voyageurs) et ne font pas partie des moustiquaires recommandées par l'OMS (moustiquaires qui répondent à des exigences d'efficacité mais aussi de solidité pour une utilisation quotidienne pour des durées de 3 ans⁵), cf. tableau 1⁶. **Par conséquent, les produits disponibles ne sont pas compatibles avec la mise en place d'une stratégie de distribution à large échelle dans un objectif de santé publique.**

Product name	Product type	Status of WHO recommendation	Status of publication of WHO specification
<i>DawaPlus® 2.0</i>	Deltamethrin coated on polyester	Interim	Published
<i>Durane®</i>	Alpha-cypermethrin incorporated into polyethylene	Full	Published
<i>Interceptor®</i>	Alpha-cypermethrin coated on polyester	Full	Published
<i>LifeNet®</i>	Deltamethrin incorporated into polypropylene	Interim	Published
<i>MAGNet™</i>	Alpha-cypermethrin incorporated into polyethylene	Full	Published
<i>Olyset Net®</i>	Permethrin incorporated into polyethylene	Full	Published
<i>Olyset® Plus</i>	Permethrin and PBO incorporated into polyethylene	Interim	Published
<i>PermaNet® 2.0</i>	Deltamethrin coated on polyester	Full	Published
<i>PermaNet® 3.0</i>	Combination of deltamethrin coated on polyester with strengthened border (side panels) and deltamethrin and PBO incorporated into polyethylene (roof)	Interim	Published
<i>Royal Sentry®</i>	Alpha-cypermethrin incorporated into polyethylene	Full	Published
<i>Yorkool® LN</i>	Deltamethrin coated on polyester	Full	Published

Tableau 1 : Moustiquaires imprégnées recommandées par l'OMS

⁵ Cf. WHO (2013). Guidelines for laboratory and field-testing of long-lasting insecticidal nets.

⁶ Disponible à l'adresse suivante :

http://www.who.int/entity/whopes/Long_lasting_insecticidal_nets_06_Feb_2014.pdf?ua=1

Il nous semble donc que l'application de la réglementation biocides a un impact (négatif) sur les politiques de santé publique mises en œuvre en France. Le même constat peut être fait pour la Guyane (département également confronté à des cas de paludisme autochtones).

Plusieurs pistes peuvent être proposées :

- Vérifier si des moustiquaires recommandées par l'OMS sont disponibles dans d'autres pays européens. Auquel cas, une reconnaissance mutuelle pourrait être obtenue pour le marché français.
- Inciter les industriels à déposer des dossiers et faciliter leur traitement administratif (exonération des frais de redevance), comme ceci a d'ailleurs été proposé pour les substances biocides utilisables en lutte antivectorielle qui seraient identifiées par l'Anses.

Néanmoins, se reposer uniquement sur une action volontaire de la part des industriels pour déposer un dossier « produit » semble insuffisant pour répondre à de tels enjeux de santé publique. Il est en effet fort probable que les départements mahorais et guyanais, qui font partie des rares territoires européens concernés par le paludisme, ne représentent pas un marché suffisamment lucratif pour les industriels proposant ce type de produit. Il semble par conséquent nécessaire d'engager très rapidement une réflexion pour pouvoir mettre à disposition des ARS concernées (Guyane et Océan Indien) et des populations de ces territoires des outils de santé publique à la hauteur des enjeux dans les meilleurs délais.

Je me permets enfin de souligner que l'alternative à la distribution de moustiquaires consiste à réaliser régulièrement (tous les trois à six mois) des aspersion d'insecticide rémanent (deltaméthrine) sur l'ensemble des murs intérieurs des différentes habitations de ces territoires et génère par conséquent une exposition bien supérieure pour les applicateurs et les habitants et se trouve, par conséquent, en contradiction avec l'objectif de cette réglementation qui vise à limiter les risques des produits biocides sur l'homme et l'environnement.

Restant à votre disposition pour apporter toute précision qui serait utile à une meilleure compréhension de cette situation et de ses enjeux, je vous prie d'agréer, Madame la Directrice Générale, l'expression de mes sincères salutations.

Didier FONTENILLE,
Directeur du Centre national
d'Expertise sur les Vecteurs
P.O. Fabrice CHANDRE



Copie : Direction générale de la santé, Bureau des risques infectieux

Annexe 6 : Larvicides testés sur *Culex quinquefasciatus* en conditions de terrain à Mayotte

Larvicides	Familles	Modes d'action	Formulations	Doses
Téméphos	OP	inhibiteur de l'acétylcholinestérase	Abate® 500 - EC (500g/l)	1 mg/l
Spinosad	spinosynes	agoniste du récepteur nicotinique	Mozkill® 120 - SC (120g/l)	0,5 mg/l
<i>Bti</i>	TBac	lyse des cellules du mésentéron	VectoBac® - WG (37,4%)	5 mg/l
<i>Bs</i>	TBac	lyse des cellules du mésentéron	VectoLex® - WG (51,2%)	3 mg/l
<i>Bti+Bs</i>	TBac	lyse des cellules du mésentéron	VectoMax® - CG (<i>Bti</i> 4,5% ; <i>Bs</i> 2,7%)	5 + 3 mg/l
Diflubenzuron	IGR	inhibiteur de la synthèse de chitine	Dobol® - SC (150g/l)	0,25 mg/l
Pyriproxyfen	IGR	analogue d'hormone juvénile	Admiral® - EW (101,1g/l)	0,05 mg/l
Méthoprène	IGR	analogue d'hormone juvénile	Biopren® 50 - CS (49g/l)	0,1 mg/l

Les insecticides testés appartiennent aux familles des organophosphorés (OP), des toxines bactériennes (TBac), des spinosynes et des inhibiteurs de la croissance des insectes (IGR).

Pour les formulations liquides (EC, SC, EW, CS), la concentration en matière active est exprimée en g/l. Pour les formulations solides (WG, CG), la quantité de matière active est exprimée en pourcentage du produit formulé.

Les doses de traitement correspondent aux doses maximales de matière active recommandées par l'OMS.