Bull. Soc. Path. Ex.,
89, 1996, 291-298

Mots-clés : Moustiquaire imprégnée, Paludisme, Densité anophélienne, Deltaméthrine, Ganvié, Bénin.

Key-words: Treated-net, Malaria, Anopheline density, Deltamethrin, Ganvie, Benin.

Entomologie médicale

IMPACT DES MOUSTIQUAIRES IMPRÉGNÉES DE DELTAMÉTHRINE SUR LA TRANSMISSION DU PALUDISME DANS UN MILIEU CÔTIER LAGUNAIRE, BÉNIN

Par M. AKOGBETO & A. NAHUM (1) (2)

Impact of insecticide treated nets on malaria transmission in a coastal lagoon area, Ganvie, Republic of Benin.

Summary: *We have measured the entomological impact of insecticide treated nets on malaria transmission at Ganvie, a village in the coastal and lagoon area of Benin. The nets we have impregnated belong to the population of this village. Men and women of Ganvie used the nets everyday against nuisance biting. Then, the nets we have impregnated are not experimental nets introduced in the village.*
We have treated 3,230 nets, that means 79 % of the nets of this village which counts 20,000 inhabitants. After treating the nets, the inoculation rate due to Anopheles gambiae s.s. *and* A. melas *has decreased from 11 to 4.6 infected bites per man/year, that represents 58.5 % of reduction of malaria transmission. We have also observed that the parturity rate of anopheles has decreased from 45.3 to 38.8 %.*
We are sure that the entomological performances due to the impregnation will increase more if the inhabitants of Ganvie change their behaviours. They must reduce the frequency of impregnated net wash and repair the teared nets.

Résumé : *Une étude a porté sur l'impact des moustiquaires imprégnées de deltaméthrine sur la transmission du paludisme dans un milieu côtier lagunaire. Les moustiquaires que nous avons imprégnées appartiennent à la population qui les utilisait quotidiennement contre la nuisance culicidienne. Il ne s'agit donc pas d'introduction de nouvelles moustiquaires de « type expérimental ».*
Au total, 3 230 moustiquaires ont été imprégnées, soit 79 % de l'ensemble des moustiquaires d'un village de 20 000 habitants. Après l'imprégnation de ces moustiquaires, nous avons observé une réduction du taux d'inoculation due à Anopheles gambiae s.s. *et* A. melas *de 11 à 4,6 piqûres infectées par homme par an, soit une baisse de la transmission de 58,8 %. Nous avons également noté une diminution sensible du taux de parturité des anophèles de 45,3 (2 318 femelles pares/5 113) à 38,5 % (530 femelles pares/1 364).*
*Le niveau de sensibilité des anophèles est faible dans la zone d'étude. La population d'*A. gambiae *testée s'est comportée comme hétérogène comportant des individus résistants à la deltaméthrine.*

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, la stratégie régionale de lutte contre le paludisme en Afrique repose sur trois composantes majeures dont la lutte antivectorielle sélective et durable (17). Dans cette perspective, la promotion des moustiquaires imprégnées est inscrite comme l'un des plans d'action des programmes nationaux de la plupart des pays en Afrique au Sud du Sahara. En effet, les différents essais de cette méthode de lutte réalisés en Afrique (20) ont conduit à une réduction spectaculaire de la transmission anophélienne. L'introduction et la pose des moustiquaires imprégnées de perméthrine dans tout le village de Muheza en Tanzanie a conduit à la diminution de l'infection anophélienne par *Anopheles gambiae* de 91 à 97 % (16).

Toutefois, la plupart des essais réalisés à ce jour sont fondés sur la mise à disposition de la population de moustiquaires de « type expérimental ». Dans notre étude, l'essai est réalisé dans un village (Ganvié) où l'utilisation de la moustiquaire de lit est une pratique déjà intégrée à la vie quotidienne des habitants. Dans une enquête récente, tous les ménages de ce village disposent d'au moins une moustiquaire (4). Les trois quarts de ces moustiquaires sont utilisées presque quotidiennement pendant toute la période de forte nuisance culicidienne. Ce ne sont donc pas de nouvelles mous-

(1) Centre OCCGE de Cotonou 06, BP 2604 Cotonou, Bénin.
(2) Manuscrit n° 1752. "Entomologie médicale". Accepté le 17 juillet 1996.

tiquaires que nous avons introduites dans le milieu. Les moustiquaires expérimentées sont celles confectionnées sur place et appartenant à la population elle-même.

L'étude a duré 3 ans. Au cours des 12 premiers mois, nous avons recueilli un certain nombre de données sur la situation du paludisme avant l'imprégnation des moustiquaires et identifié la période propice à l'imprégnation et le nombre d'interventions nécessaires par an. C'est l'année témoin. Au cours des 2 années suivantes, nous avons étudié la variation des espèces anophéliennes dans les secteurs où les moustiquaires sont imprégnées et ceux où les habitants dorment sous moustiquaires simples (secteur témoin). Nous avons également comparé le taux d'inoculation du à *A. gambiae* et *A. melas*, leur longévité et leurs indices sporozoïtiques dans ces deux secteurs.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

La zone d'étude

L'étude est réalisée à Ganvié, un village de 20 000 habitants construit sur une vaste étendue d'eau saumâtre : le lac Nokoué, le plus grand lac du Bénin (150 km^2). Ce lac communique avec l'Océan atlantique par le chenal de Cotonou, ce qui explique son taux de salinité élevé. Mais ce taux n'est pas constant ; au cours de l'année, il subit des variations saisonnières liées aux mouvements du lac pendant les périodes de crue et de décrue. Ces variations déterminent le développement des deux vecteurs du paludisme rencontrés sur le site : *Anopheles melas* et *A. gambiae s.s.* (1).

La présence permanente de ces deux espèces et des autres moustiques couramment rencontrés *Culex sp. p., Mansonia africana* et *M. uniformis* est à l'origine d'une forte nuisance culicidienne sur le site (4), d'où une utilisation massive des mesures individuelles et familiales de protection contre les piqûres de moustiques. Toutefois, la transmission est faible sur le site. Le taux d'inoculation (11 piqûres infectantes/homme/an) est nettement plus bas que celui des autres secteurs lagunaires du Bénin (2).

L'habitat est caractérisé par des maisons soutenues au-dessus de l'eau par des pilotis. Les transports s'effectuent exclusivement par pirogues ou par barques motorisées. Toutefois, entre janvier et mai, le niveau d'eau baisse et laisse affleurer le sol par endroits. Ganvié, comme tout le sud du Bénin, est humide avec 2 saisons pluvieuses (mars-juillet et septembre-novembre) et 2 saisons sèches (décembre-février et août-septembre).

La principale activité est la pêche exercée à titre individuel ou au sein des structures coopératives. Elle représente une activité génératrice de revenus appréciables. Ganvié est l'un des sites touristiques les plus importants du Bénin. Il constitue une attraction touristique unique en son genre en Afrique de l'Ouest, à telle enseigne qu'on la compare à Venise. Le village dispose d'une école, d'un complexe communal de santé et d'un centre médical confessionnel bien équipé.

Lors de l'imprégnation, nous avons divisé Ganvié en 2 : une zone A et une zone B. La zone A a couvert une population de 13 000 habitants soit environ 2 600 ménages. Quant à la zone B, elle a couvert 7 000 habitants soit environ 1 400 ménages. Au cours de la première année d'intervention, seules les moustiquaires de la zone A ont été imprégnées d'insecticide (2 030 moustiquaires). Celles de la zone B ont servi de témoin. Au cours de la deuxième année, c'est l'opération inverse qui a été réalisée : 1 200 moustiquaires ont été imprégnées dans la zone B.

Les moustiquaires imprégnées

Les moustiquaires rencontrées dans le village sont très variées. Certaines sont achetées dans les marchés de Cotonou, d'autres sont confectionnées sur place avec des tissus de tout genre, sans tenir compte de la qualité des tulles. Ces moustiquaires sont, soit en tulle léger à mailles ou sans mailles, soit en tulle épais en coton ou en diverses variétés de percale. Les propriétaires de ces types de moustiquaires ne sont pas gênés par l'insuffisance d'aération. Nous avons également rencontré des moustiquaires faites de bandes de tissu de diverses couleurs et d'autres ornées de dessins de tout genre. Toutes ces moustiquaires ne sont pas en bon état : 51 % sont trouées, dont 10 % présentent de larges ouvertures.

La préparation de la solution d'imprégnation

Devant la variété des modèles et des tissus ayant servi à confectionner les moustiquaires, il ne nous a pas été possible de suivre rigoureusement les techniques d'imprégnation telles que décrites par SCHRECK & SELF (21). En effet, le nombre élevé des moustiquaires à imprégner ne peut pas permettre de connaître la quantité d'eau retenue par les fibres de tulle de chaque modèle et taille de moustiquaire. Tout en coutournant cette difficulté, nous avons respecté la dose d'imprégnation testée et utilisée dans différents travaux (18, 22, 13). Les moustiquaires ont été imprégnées avec la deltaméthrine EC25 à la dose de 25 mg/m^2. L'imprégnation étant collective, nous mettons dans le bac d'imprégnation 49 litres d'eau et 1 litre de K-Othrine EC25®.

L'évaluation de la transmission

Captures des anophèles adultes

Nous avons réalisé une capture hebdomadaire de moustiques agressifs pour l'homme dans chacune des deux zones (zone traitée, zone non traitée). Chaque capture dure de 21 heures à 5 heures et utilise des volontaires expérimentés qui récoltent les moustiques

suivant la méthode classique (12). Une permutation régulière des captureurs aux différents postes permet de réduire les biais que ce type de capture entraîne. Les captureurs sont protégés contre la fièvre jaune. Ils reçoivent également un traitement présomptif de tous les accès fébriles à la chloroquine à la dose de 25 mg/kg en 3 jours.

Dissection des *A. gambiae s.l.* et recherche des infections

La recherche des infections a été réalisée selon deux méthodes.

La méthode parasitologique classique : elle est basée sur la recherche microscopique des sporozoïtes. Les glandes salivaires des moustiques sont extraites à la loupe binoculaire sur une lame dans une goutte d'eau physiologique. La présence de sporozoïtes est recherchée à frais, sans coloration au microscope optique.

Le titrage immunoenzymatique : le thorax du moustique a été utilisé pour rechercher la positivité en protéine circumsporozoïte (CS) de *P. falciparum*. La mise en évidence de l'antigène CS a été réalisée par la méthode classique ELISA, technique de BURKOT *et al.*, (6) et LOMBARDI *et al.*, (14) avec des anticorps monoclonaux. Nous avons utilisé le monoclonal 2A10 conjugué à la peroxidase et un substrat chromogène ABTS pour détecter les puits positifs.

Le taux d'inoculation entomologique (h) a été estimé selon la méthode de MACDONALD (15). La longévité a été estimée par l'étude du taux de parturité des anophèles selon la méthode de DETINOVA (9).

Les paramètres recueillis dans la zone d'intervention ont été comparés à ceux observés dans la zone témoin où la population dort sous moustiquaires simples.

Rémanence de la deltaméthrine sur les supports imprégnés

Des expositions mensuelles de femelles sauvages d'*A. gambiae s.l.* aux moustiquaires imprégnées de deltaméthrine 25 mg/m^2 ont été réalisées jusqu'à ce que l'insecticide ne tue que 50 % des moustiques exposés. Au total, nous avons réalisé 7 tests. Le premier a été effectué deux semaines après la date de l'imprégnation. Les femelles sauvages d'*A. gambiae s.l.* gorgées sont maintenues en contact avec les supports imprégnés grâce à un cône. Les moustiques sont introduits dans le cône par lots de 20 au moyen d'un aspirateur à bouche et sont maintenus en contact avec le support imprégné pendant 3 minutes. A la fin du temps d'exposition, les moustiques sont transférés délicatement dans des gobelets en carton. Les moustiques morts sont dénombrés après 24 heures de mise en observation.

L'étude de la rémanence a porté sur deux types de moustiquaires : des moustiquaires légères en nylon et des moustiquaires épaisses en percale. Pour chaque type, nous avons comparé les performances d'une moustiquaire imprégnée normale à celle d'une moustiquaire imprégnée soumise à des lavages mensuels par la population.

RÉSULTATS

Taux de couverture en moustiquaires imprégnées

Avant l'imprégnation, l'ensemble des moustiquaires utilisées par la population ont été recensées. Sur 3 617 moustiquaires marquées et étiquetées, 3 230, soit 90 %, ont été revues et imprégnées. Nous avons estimé à 12 % les moustiquaires dont les propriétaires étaient absents lors des séances de recensement. En tenant compte de la fraction de population absente lors des séances de recensement et d'imprégnation, il ressort que 21 % des moustiquaires n'ont pas été imprégnées. Malgré l'absence de certains utilisateurs de moustiquaires, l'imprégnation a connu un grand succès à Ganvié. La population a pris part massivement à l'opération. Quatorze jeunes autochtones ont procédé eux-mêmes à l'imprégnation sous notre supervision et sont actuellement partiellement formés aux techniques d'imprégnation.

Impact sur les vecteurs

Vecteurs rencontrés

La nuisance culicidienne est assurée à Ganvié par 5 espèces de moustiques : *A. gambiae s.l., M. africana, M. uniformis, Culex thalassius* et *C. gr. descens. A. pharoensis* et *Aedes aegypti* sont moins représentés dans les captures. *A. gambiae s.l.,* est représenté par deux espèces : une espèce d'eau saumâtre *(A. melas)* et une espèce d'eau douce *(A. gambiae s.s.). A. melas* est l'espèce prédominante : 88 % sur plus de 2 000 identifications. Le développement larvaire d'*A. gambiae s.s.* est moins favorisé sur la vaste étendue d'eau saumâtre de Ganvié (1, 2). Les densités les plus élevées sont observées pendant la période d'inondation, lors de la désalinisation du lac Nokoué.

Variation des densités anophéliennes

Les densités d'*A. gambiae* observées (ma) dans les zones d'intervention et les zones témoins sont enregistrées dans le tableau I.

Dans les zones où les moustiquaires ne sont pas imprégnées, chaque habitant reçoit en moyenne 3 017 piqûres par an. Ce taux varie peu au cours des années (tableau I). Toutefois, en 1995 le nombre de piqûres par homme et par an (3 540) a été plus élevé que ceux des années précédentes (2 956 en 1994 et 2 755 en 1993), malgré une pluviométrie normale et régulière au cours des 3 années. La différence de piqûres observée en 1995 peut s'expliquer par un excès de pluie entre juillet et août, période correspondant à la petite saison sèche.

*Tab. I. — Résultats mensuels des dissections d'*A. gambiae s.l., *capturés dans les zones où les moustiquaires sont imprégnées (zone traitée) et celles où les moustiquaires ne sont pas imprégnées (zone témoin), Ganvié 1993, 1994, 1995.*

	1993	1994		1995	
	année témoin	zone traitée	zone témoin	zone traitée	zone témoin
capturés	1547	780	1558	1040	1872
ma	2555	1368	2656	1752	3540
disséqués examinés	1140	564	1109	800	1500
taux de parturité (%)	45	40	50	38	48
glandes +	5	2	4	2	5
IS (%)	0,43	0,35	0,36	0,25	0,33
thorax	690	500	501	350	250
thorax +	7	3	5	2	1
CS + (%)	1,01	0,6	1	0,57	0,4
h : ma x S	11	4,8	10,6	4,38	11,7

Dans la zone d'intervention, le taux de piqûres est nettement plus faible. On observe une réduction de 53,7 % en 1994 et de 50 % en 1995 (tableau I). Dès l'imprégnation des moustiquaires en avril 1994 (fig. 1a), une réduction sensible du nombre de piqûres par homme et par nuit a été observée sur une période de 7 mois. Mais en 1995 la baisse de la densité d'*A. gambiae* n'a duré que 4 mois (fig. 1b). En effet, à partir du 5e mois, le taux de piqûres est devenu similaire dans la zone d'intervention et dans la zone témoin où les habitants dorment sous moustiquaires simples.

L'impact de l'imprégnation sur les autres *Culicidae* couramment rencontrés, *Culex sp.p., M. uniformis* et *M. africana,* n'est pas aussi spectaculaire en raison de leur très faible densité sur le site lacustre de Ganvié entre janvier et août. Seulement une baisse de 35 % a été observée dans la zone d'intervention au cours de l'année 1994 (fig. 2). Ce phénomène est essentiellement lié au fait que le pic de développement de ces espèces est situé entre août et décembre, 5 mois après l'imprégnation.

Impact sur l'infectivité et la longévité des anophèles

Sur l'ensemble des deux zones, 5 113 glandes ont été examinées, 18 seulement sont trouvées hébergeant des sporozoïtes de *Plasmodium,* soit un indice sporozoïtique annuel moyen (s) de 0,35 %. Parallèlement, 18 thorax positifs en protéine CS de *Plasmodium falciparum* ont été mis en évidence par la technique ELISA sur un total de 2 291, soit un taux de positivité de 0,78 %. Sur ces 36 infections, 15 ont été observées sur un total de 1 600 *A. gambiae s.s.* (0,93 %) et 16 sur un total de 5 300 *A. melas* (0,3 %).

En considérant les zones séparément, les indices sporozoïtiques observés chez *A. gambiae s.l.* ne sont pas différents (tableau I, fig. 3) : 0,29 % dans la période 1994-1995 dans la zone d'intervention et 0,34 % dans la zone témoin pour la même période ($\chi^2 = 0{,}073$; $p = 0{,}05$). Parallèlement les taux de positivité en protéine CS de *P. falciparum* sont similaires, respectivement 0,59 et 0,79 % ($\chi^2 = 0{,}39$; $p = 0{,}05$).

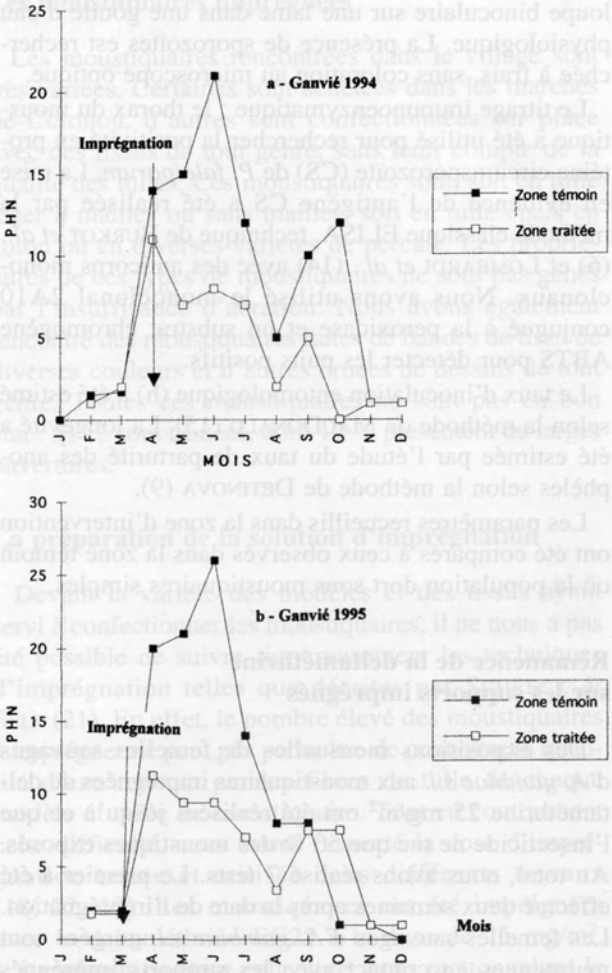

*Fig. 1. — Nombre de piqûres d'*A. gambiae s.l./*homme/nuit observées dans la zone traitée et dans la zone témoin.*

Nous avons comparé l'âge physiologique moyen des anophèles disséqués dans les deux zones. Le taux de parturité général moyen est de 45 % (2 318 femelles pares/5 113). Ce taux est plus élevé dans la zone témoin (48,8 % : 1 275/2 609) mais plus faible dans la

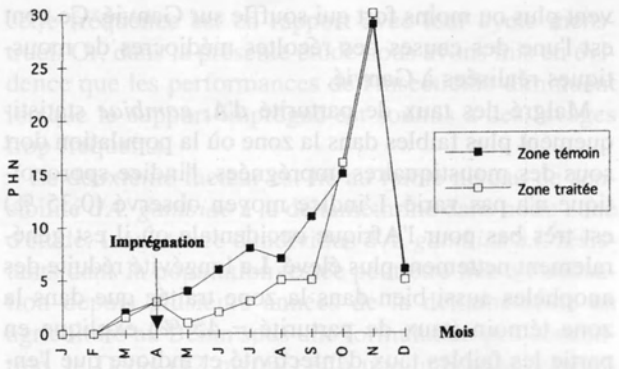

Fig. 2. — Nombre de piqûres de Culex sp.p., M. uniformis *et* M. africana*/homme/nuit observées dans la zone traitée et dans la zone témoin.*

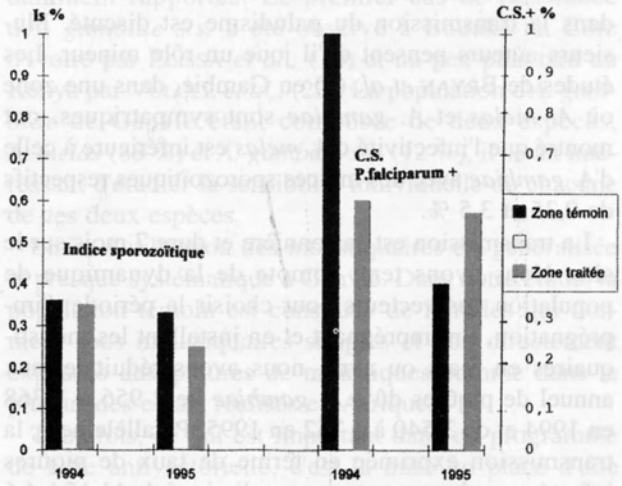

Fig. 3. — Taux d'infection observés chez A. gambiae s.l. *selon la zone.*

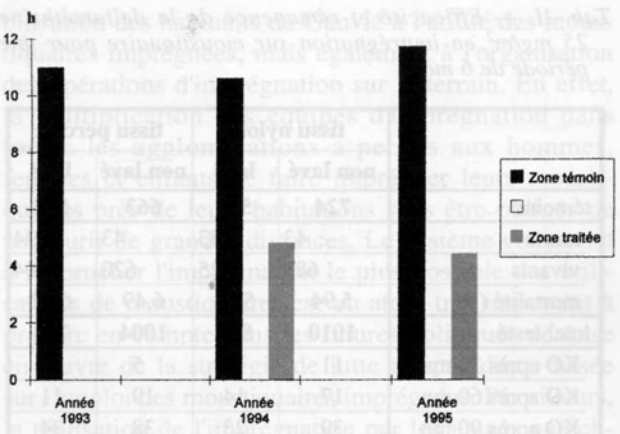

*Fig. 4. — Nombre de piqûres infectées d'*A. gambiae s.l. *(h) selon la zone.*

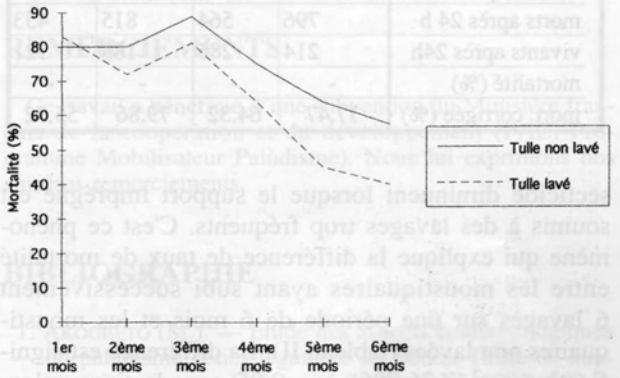

Fig. 5. — Rémanence de la deltaméthrine sur tulles moustiquaires lavés et non lavés. Le tulle lavé a subi 6 lavages successifs sur une période de 6 mois à raison d'un lavage par mois.

zone traitée (38,8 % : 530/1 364). La différence est significative ($\chi^2 = 36{,}22$; $p = 0{,}05$).

Impact sur le taux d'inoculation

Le taux d'inoculation entomologique (h) a été estimé selon la formule de MACDONALD (15) en multipliant l'indice sporozoïtique moyen par le nombre annuel de piqûres (ma). Avant la mise en place des moustiquaires imprégnées, cet indice a été estimé à 11 piqûres infectantes par homme et par an. Au cours de la phase d'intervention, des résultats analogues sont observés dans la zone témoin : 10,6 et 11,7 piqûres infectantes respectivement en 1994 et en 1995. En revanche, dans la zone traitée nous n'avons observé que 4,6 piqûres infectantes dans la période 1994-1995 soit une réduction de la transmission de 58,8 % (fig. 4).

Rémanence de la deltaméthrine sur les supports imprégnés

Des lots de femelles sauvages d'*A. gambiae s.l.* ont été exposés aux moustiquaires imprégnées de deltaméthrine. Les tests sont mensuels et ont porté sur une période de 6 mois au cours desquels 6 110 moustiques ont été utilisés.

Les mortalités enregistrées sont situées entre 51 et 90 % (tableau II, fig. 5). Les mortalités les plus élevées (70-90 %) sont observées pendant les 5 premiers mois qui suivent la date de l'imprégnation des moustiquaires. Au-delà du 5e mois, à peine la moitié des moustiques exposés sont tués. Par ailleurs, malgré leur exposition à un support fraichement imprégné, 10 à 30 % des moustiques testés ne sont pas tués. En considérant les 25 mg/m^2 de deltaméthrine comme la dose la plus élevée utilisée dans la plupart des campagnes de lutte contre *A. gambiae,* nous pouvons admettre que la population de moustiques utilisés est hétérogène comportant des individus résistants à la deltaméthrine. L'existence de ces individus résistants est manifestée par le temps de Knockdown très long enregistré lors des tests. En effet, après 3 minutes de contact avec l'insecticide, il a fallu 120 minutes d'observation pour n'obtenir que 6 % de moustiques KO (tableau II).

Les taux de mortalité enregistrés sont similaires quelle que soit la nature du tulle : 77,5 % pour le tissu nylon et 79,9 % pour le tissu percale ($\chi^2 = 1{,}75$; $p = 0{,}05$) : tableau II. Mais les performances de l'in-

Tab. II. — Efficacité et rémanence de la deltaméthrine 25 mg/m² en imprégnation sur moustiquaire pour une période de 6 mois.

	tissu nylon		tissu percale	
	non lavé	lavé	non lavé	lavé
témoins	**724**	**558**	**663**	**538**
morts	43	33	43	34
vivants	681	525	620	504
mortalité (%)	5,94	5,91	6,49	6,32
total testé	**1010**	**849**	**1004**	**774**
KO après 30 mn	11	4	5	12
KO après 60 mn	17	14	19	11
KO après 90 mn	39	23	38	34
KO après 120 mn	62	41	63	49
% de femelles KO après 2 h	6,14	4,83	6,27	6,33
morts après 24 h	796	564	815	453
vivants après 24h	214	285	189	321
mortalité (%)	-	-	-	-
mort. corrigée (%)	77,47	64,32	79,86	55,72

secticide diminuent lorsque le support imprégné est soumis à des lavages trop fréquents. C'est ce phénomène qui explique la différence de taux de mortalité entre les moustiquaires ayant subi successivement 6 lavages sur une période de 6 mois et les moustiquaires non lavées (tableau II). La différence est significative : $\chi^2 = 36{,}006$; $p = 0{,}05$ pour le tissu nylon. Toutefois, cette baisse des performances ne s'est observée qu'après le 3e lavage (fig. 5). Entre le 1er et le 3e lavage, la différence n'est pas significative : pour le tissu percale $\chi^2 = 1{,}11$; $p = 0{,}05$.

DISCUSSION — CONCLUSION

La transmission du paludisme est faible de façon générale sur le site lacustre de Ganvié. Le nombre de piqûres d'*A. gambiae s.l.* par homme et par an est plus bas que ce qui a été observé dans les villages lagunaires non inondables situés loin des lacs (ma = 9 855), et dans les quartiers situés à la périphérie de Cotonou (ma = 4 380) (1). La faiblesse de cette transmission est liée à la présence du lac saumâtre sur lequel est construit le village (le lac Nokoué). Il s'agit d'une vaste étendue d'eau qui sort de son lit pendant la période d'inondation, ce qui se traduit chaque année par le lessivage de tous les gîtes d'anophèles entre septembre et décembre. Par ailleurs, l'inondation de ce lac saumâtre qui se caractérise par un apport excessif d'eau douce est accompagnée d'une désalinisation totale du lac, d'où une modification de l'écologie larvaire d'*A. melas*, le vecteur le plus abondant du site ; il en résulte une chute spectaculaire, voire une disparition temporaire de cette espèce entre septembre et décembre. Un autre facteur non moins important relatif aux faibles taux de piqûres des anophèles est la présence quasi permanente d'un vent plus ou moins fort qui souffle sur Ganvié. Ce vent est l'une des causes des récoltes médiocres de moustiques réalisées à Ganvié.

Malgré des taux de parturité d'*A. gambiae* statistiquement plus faibles dans la zone où la population dort sous des moustiquaires imprégnées, l'indice sporozoïtique n'a pas varié. L'indice moyen observé (0,35 %) est très bas pour l'Afrique occidentale où il est généralement nettement plus élevé. La longévité réduite des anophèles aussi bien dans la zone traitée que dans la zone témoin (taux de parturité = 45 %) explique en partie les faibles taux d'infectivité et indique que l'environnement de Ganvié est défavorable à la survie des anophèles. Ces faibles taux d'infection pourraient être également liés à la présence d'une forte population d'*A. melas*. En effet, le rôle vecteur de cette espèce dans la transmission du paludisme est discuté. Plusieurs auteurs pensent qu'il joue un rôle mineur. Les études de BRYAN *et al.* (5) en Gambie, dans une zone où *A. melas* et *A. gambiae* sont sympatriques, ont montré que l'infectivité d'*A. melas* est inférieure à celle d'*A. gambiae* avec des indices sporozoïtiques respectifs de 0,35 et 3,5 %.

La transmission est saisonnière et dure 7 mois sur le site. Nous avons tenu compte de la dynamique de population des vecteurs pour choisir la période d'imprégnation. En imprégnant et en installant les moustiquaires en mars ou avril, nous avons réduit le taux annuel de piqûres dû à *A. gambiae* de 2 956 à 1 368 en 1994 et de 3 540 à 1 752 en 1995. Parallèlement, la transmission exprimée en terme de taux de piqûres infectées par homme et par an a diminué de 11,15 à 4,6 soit une baisse de 58,8 %. A Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), CARNEVALE *et al.*, (7) signalent une réduction de la transmission du paludisme par *A. gambiae* et *A. funestus* de 90 % après la pose des moustiquaires imprégnées de deltaméthrine 25 mg/m². Dans la même ville ROBERT et CARNEVALE (17) rapportent une chute du taux annuel d'inoculation due à *A. gambiae* et *A. funestus* de 55 à 3 piqûres infectées/homme, soit une réduction de 94,5 % après l'imprégnation de toutes les moustiquaires dans la vallée du Kou. Des résultats similaires sont observés dans l'Oubritenga non loin de Ouagadougou (Burkina Faso) où l'installation des moustiquaires et des rideaux imprégnés a permis la réduction de la densité anophélienne de 95 % (11).

La réduction de 58,8 % de la transmission obtenue à Ganvié est insuffisante comparativement aux résultats signalés à Bobo-Dioulasso et à Ouagadougou. Cette faible performance est probablement due à trois facteurs :

Le premier facteur est la fréquence de lavages des moustiquaires imprégnées à Ganvié. Dans une enquête récente, nous avons observé que le rythme de lavage de ces moustiquaires est très élevé par rapport à la pratique courante au sud du Bénin où la moyenne est de l'ordre de 2 lavages par an (4). Dans cette enquête, 10 % des femmes interrogées déclarent qu'elles lavent leurs moustiquaires une fois par mois, expliquant que

cette fréquence est en rapport avec leur cycle menstruel. Or, dans la présente étude nous avons mis en évidence que les performances de l'insecticide diminuent lorsque le support imprégné est soumis à des lavages trop fréquents.

Le deuxième facteur est lié au faible niveau de sensibilité d'*A. gambiae* à la deltaméthrine dans notre zone d'étude. L'existence d'individus d'*A. gambiae s.l.* résistants dans la population testée peut être liée à l'utilisation depuis plusieurs années de la deltaméthrine en agriculture au Bénin sous une formulation peu concentrée, le Decis (12 mg/m^2) et à une utilisation généralisée des bombes insecticides et des serpentins fumigènes à base de pyréthrinoïdes de très mauvaise qualité. Des phénomènes similaires avaient été précédamment rapportés. Le premier cas de résistance d'*A. gambiae s.s.* a été observé à Bouaké en Côte d'Ivoire par ELISSA *et al.,* (10) et un peu plus tard au Kénya par VULULE *et al.,* (23). La population d'*A. gambiae* de Ganvié étant composée de deux espèces, *A. melas* (88 %) et *A. gambiae s.s.* (12 %), il serait intéressant d'étudier la sensibilité individuelle de chacune de ces deux espèces.

Enfin, l'utilisation des moustiquaires est généralisée et presque systématique à Ganvié. Dans notre étude, la population témoin est consituée de familles qui dorment sous moustiquaires simples et non directement exposées aux piqûres de moustiques comme dans la plupart des essais réalisés en Afrique.

Toutefois, ce qui est important dans un programme de lutte antivectorielle, c'est la mise en place d'une stratégie capable de réduire la transmission au-dessous d'un certain seuil. Or, malgré une réduction de 95 % des piqûres infectieuses dans l'Oubritenga en 1994, les habitants protégés par les rideaux et les moustiquaires imprégnés recevaient malgré tout 80 piqûres infectées par homme par an, ce qui est 17 fois plus élevé que le résultat de Ganvié où le taux d'inoculation dans la zone d'intervention a été réduit à moins de 5 piqûres infectées par an.

La possibilité de réduire le taux d'inoculation à moins de 5 piqûres infectées par homme en imprégnant les moustiquaires est un atout majeur qu'il faut prendre en considération pour encourager la promotion des moustiquaires imprégnées à Ganvié et dans les villages environnants. Ce taux d'inoculation est très faible et des travaux sont en cours pour étudier les conséquences au plan clinique. Les fréquences des accès palustres seront comparées dans la zone d'intervention et dans la zone témoin. Une imprégnation par an est suffisante en raison de la présence des anophèles uniquement les 3 premiers trimestres de l'année. Toutefois, en raison du rythme répété des lavages de moustiquaires à Ganvié et de la nuisance culicidienne assurée essentiellement par *Culex sp.p., M. uniformis* et *M. mansonia* de septembre à décembre, une deuxième imprégnation est nécessaire au cours de l'année.

La forte participation de la population aux opérations d'imprégnation est liée non seulement à la sensibilisation des habitants de Ganvié à l'utilité des moustiquaires imprégnées, mais également à l'organisation des opérations d'imprégnation sur le terrain. En effet, la multiplication des équipes d'imprégnation dans toutes les agglomérations a permis aux hommes, femmes et enfants de faire imprégner leurs moustiquaires près de leurs habitations sans être obligés de parcourir de grandes distances. Le système consistant à rapprocher l'imprégnation le plus possible des utilisateurs de moustiquaires est un atout très important à prendre en compte dans les futures politiques de mise en œuvre de la stratégie de lutte antipaludique basée sur l'emploi des moustiquaires imprégnées. Par ailleurs, la réalisation de l'imprégnation par les jeunes autochtones du village atténue la peur de certaines personnes qui considèrent l'insecticide comme un « poison ».

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié d'une subvention du Ministère français de la coopération et du développement (FAC, Programme Mobilisateur Paludisme). Nous lui exprimons nos sincères remerciements.

BIBLIOGRAPHIE

1. AKOGBETO (M.). — Étude des aspects épidémiologiques du paludisme côtier lagunaire au Bénin. Thèse de doctorat ès-sciences. Université de Paris XI, 1992, 192 p.
2. AKOGBETO (M.). — Étude entomologique sur la transmission du paludisme côtier lagunaire : cas d'un village construit sur un lac d'eau saumâtre. *Ann. Soc. Belge Med. Trop.,* 1995, **75**, 219-227.
3. AKOGBETO (M.) & FELIHO (R.). — Connaissances et attitudes pratiques concernant l'utilisation des moustiquaires à Ganvié, République du Bénin. *Bull. OCCGE Info.,* 1996, **105**, 10-20.
4. AKOGBETO (M.) & NAHUM (A.). — Étude de la transmission du paludisme sur un site d'eau saumâtre. Données entomologiques et parasitologiques. *Bull. OCCGE Info.,* 1995, **104**, 15-23.
5. BRYAN (J. H.), PETRARCA (V.), DI DECO (M. A.) & COLUZZI (M.). — Adult behaviour of members of the *Anopheles gambiae* complex in the Gambia special reference to *An. melas* and its chromosomal variants. *Parasitologia,* 1982, **29**, 221-249.
6. BURKOT (T. R.), GOODMAN (W. G.) & DE FOLIART (G. R.). — Identification of mosquito blood meals by enzyme-linked immunosorbent assay. *Am. J. Trop. Med. Hyg.,* 1984, **33**, 227-231.
7. CARNEVALE (P.), ROBERT (V.), BOUDIN (C.), HALNA (J.-M.), PAZART (L.-H.), GAZIN (P.), RICHARD (A.) & MOUCHET (J.). — La lutte contre le paludisme par des moustiquaires imprégnées de pyréthrinoïdes au Burkina Faso. *Bull. Soc. Path. Exot.,* 1988, **81**, 832-842.
8. COLUZZI (M.) & PETRARCA (V.). — Aspirator with paper cup for collecting mosquitos and other insects. *Mosquitoes News,* 1973, **33**, 249-250.
9. DETINOVA (T. S.). — Méthode à appliquer pour classer par groupe d'âge les Diptères présentant une importance médicale. *Org. Mond. Santé,* série Monogr., 47.
10. ELISSA (N.), MOUCHET (J.), RIVIÈRE (F.), MEUNIER (J. Y.) & YAO (K.). — Resistance of *Anopheles gambiae s.s.* to pyrethroids in Côte d'Ivoire. *Ann. Soc. Belge Med. Trop.,* 1993, **73**, 291-294.

11. ESPOSITO (F.) & HABLUETZEL (A.). — Une moustiquaire contre les moustiques. Publication trimestriel CMLP-Presse, 1995, 1 p.
12. GILLIES (M. T.), HAMON (J.), DAVIDSON (G.), DE MEILLON (B.) & MATTINGLY (P.). — A practical guide for malaria entomologists in the African Region of Who, Monogr. WHO, Brazzaville, 1961.
13. LE GOFF (G.), ROBERT (V.) & CARNEVALE (P.). — Efficiency of insecticide impregnated bednets in a forested area in the South of Cameroon IV *Intern. Congr. Malaria & Babesiosis,* Rio de Janeiro, août 1991.
14. LOMBARDI (S.), ESPOSITO (F.), ZAVALA (F.), LAMIZANA (L.), ROSSI (P.) *et al.* — Detection and anatomical localization of *Plasmodium falciparum* circumsporozoite protein in the afrotropical malaria vector *Anopheles gambiae s.s. Am. J. Trop. Med. Hyg.,* 1987, **37**, 491-494.
15. MACDONALD (G.). — The analysis of infections rates in deseases in which super infection occurs. *Trop. Dis. Bull.,* 1950, **47**, 907-915.
16. MAGESA (S. M.), WILKES (T. J.), MNZAVA (A. E. P.), MYAMBA (J.), PHILLIP (M. D.) *et al.* — Trial of pyrethroid impregnated bednets in an area of Tanzania holoendemic of malaria. Part 2: Effects on the malaria vector population. Sous Presse, *Acta Tropica,* 1990, **49**, 97-108.
17. OMS. — Stratégies de lutte contre le paludisme dans la région africaine et étapes pour leur mise en œuvre. *Cahiers Techniques AFRO,* 1993, **23**, 1-20.
18. ROBERT (V.). — La transmission du paludisme dans les savanes d'Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat ès-sciences, Université de Paris VI. 1989, 325 p.
19. ROBERT (V.) & CARVENALE (P.). — Influence of deltamethrin treatment of bed nets on malaria transmission in the Kou valley, Burkina Faso. *Bull. OMS,* 1991, **69**, 735-740.
20. ROZENDAAL (J. A.). — Impregnated mosquito nets and curtains for self-protection and vector control. *Trop. Dis. Bull.,* 1989, **86**, 7-41.
21. SCHRECK (C. E.) & SELF (L. S.). — Traitement des moustiquaires pour une meilleure protection contre les piqûres et les maladies transmises par les moustiques. WHO/VBC, 914, 1-5.
22. TIKPON (A. D.) & TOLLO (G. L.). — Étude de l'efficacité des serpentins fumigènes des plaquettes électriques, des moustiquaires imprégnées d'insecticide, dans la lutte antipaludique. Mémoire CPU, UNB Cotonou, 1991, 78 p.
23. VULULE (J. M.), BEACH (R. F.), ATIELI (F. K.), ROBERTS (J. M.), MOUNT (D. L.) & MWANGI (R. W.). — Reduced susceptibility of *Anopheles gambiae* to permethrin associated with the use of permethrin-impregnated bednets and curtains *Kenya Medical and Veterinary Entomology,* 1994, **8**, 71-75.