

IMPACT DE LA RESISTANCE D'ANOPHELES GAMBIAE S.S. A LA PERMETHRINE ET A LA DELTAMETHRINE SUR L'EFFICACITE DES MOUSTIQUAIRES IMPREGNEES

F. DARRIET, P. GUILLET, R. N'GUESSAN, J.M.C. DOANNIO, A. KOFFI, L.Y. KONAN, P. CARNEVALE

RESUME • Une expérimentation a été conduite d'octobre 1997 à avril 1998 dans les six cases-pièges de la station de Yaokoffikro, Côte d'Ivoire, pour évaluer l'impact de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.s. à la perméthrine et à la deltaméthrine sur l'efficacité des moustiquaires imprégnées. Six moustiquaires en fibre polyester multifilaments ont été testées dans les cases-pièges. Deux moustiquaires n'ont pas été traitées et ont servi de témoins, deux ont été imprégnées à 500 mg de perméthrine par m² et deux à 25 mg de deltaméthrine par m². La présence des moustiquaires imprégnées dans les maisons a réduit les taux d'entrée d'*Anopheles gambiae* s.s. de 18 % pour les moustiquaires imprégnées de perméthrine et de 43 % pour celles traitées à la deltaméthrine et a réduit de 3 fois par rapport aux témoins, le nombre de femelles retrouvées sous les moustiquaires imprégnées. Elle a augmenté de 2 fois les taux de sorties d'*Anopheles gambiae* s.s. et a réduit d'environ 55 % les taux de gorgement des femelles. Elle a entraîné une mortalité de 40 % avec la perméthrine et de 56 % avec la deltaméthrine. La mortalité immédiate a toujours été supérieure (> 85 %) à la mortalité différée (< 15 %). Les tests de bio-essais ont confirmé les résultats en cases-pièges. On remarque une perte de l'effet knock down (KD) de la perméthrine sur la souche résistante ; par contre la deltaméthrine paraît conserver son effet irritant du fait de la similitude de l'effet KD observé sur les souches sensibles et résistantes. Avec la perméthrine comme avec la deltaméthrine, les taux de mortalité ont toujours été très faibles. Cette étude montre que, même dans une zone où *Anopheles gambiae* s.s. est résistant à la perméthrine et à la deltaméthrine, les moustiquaires imprégnées avec ces deux insecticides conservent une certaine efficacité et peuvent encore être considérées comme un excellent moyen de protection individuelle.

MOIS-CLES • *Anopheles gambiae* s.s. - Résistance - Perméthrine - Deltaméthrine - Moustiquaires imprégnées.

IMPACT OF RESISTANCE OF ANOPHELES GAMBIAE S.S. TO PERMETHRIN AND DELTAMETHRIN ON THE EFFICACY OF INSECTICIDE-TREATED BEDNETS

ABSTRACT • Trials to assess the impact of resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to permethrin and deltamethrin on the efficacy of insecticide-treated bednets were carried out from October 1997 to April 1998 in six experimental huts at the Yaokoffikro testing station in Côte d'Ivoire. Six polyester bednets were used. Two bednets were treated with permethrin at a dose of 500 mg/m² and two with deltamethrin at 25 mg/m². The remaining two untreated bednets served as controls. The number of *Anopheles gambiae* s.s. entering the hut was reduced 18% with permethrin-treated bednets and 43% with deltamethrin-treated bednets. Threefold fewer female mosquitoes were found under insecticide-treated bednets than under untreated nets (controls). The number of mosquitoes passing through the treated net was threefold lower. The number of mosquitoes exiting from the treated bednets increased twofold. The blood-feeding rate dropped by 55%. Forty percent of mosquitoes entering the permethrin-treated bednets and 56% entering the deltamethrin-treated bednets died. Immediate mortality was always greater (> 85%) than delayed mortality (< 15%). Bioassays confirmed the results from hut experiments. A lower knockdown effect was recorded with permethrin in the resistant strain. Conversely deltamethrin showed the same knockdown effects in the susceptible (Kisumu) and resistant (Yaokoffikro) strain. Mortality rates were low with both permethrin and deltamethrin. This study shows that, even in areas where *Anopheles gambiae* s.s. is resistant to permethrin and deltamethrin, bednets treated with these insecticides remain effective and can still be considered as an excellent method of personal protection.

KEY WORDS • *Anopheles gambiae* s.s. - Resistance - Permethrin - Deltamethrin - Impregnated bednets.

Med. Trop. • 1998 • 58 • 349-354

- Travail de l'Unité de Recherche et de Lutte contre le Paludisme (F.D., Entomologiste Médical ; P.G., Entomologiste Médical ORSTOM/LIN, Montpellier ; R.N., J.M.C.D., A.A.K., L.Y.K., P.C., Entomologistes Médicaux) de l'Institut Pierre Richet, OCCGE, Bouaké, Côte d'Ivoire.
- Correspondance : F. DARRIET, Unité de recherche et de lutte contre le paludisme, Institut Pierre Richet, OCCGE, BP 1500, Bouaké 01, Côte d'Ivoire • Fax : 00 225 63 27 38 • e-mail : darriet@bouake.orstom.ci •
- Article reçu le 12/11/1998, définitivement accepté le 19/02/1999.

La stratégie mondiale de lutte contre le paludisme met l'accent sur la lutte antivectorielle, sélective et durable, en tant que méthode de prévention du paludisme. Le nouveau programme de l'OMS base sa stratégie de lutte antivectorielle sur l'emploi généralisé des moustiquaires et autres matériaux imprégnés. En effet, les résultats obtenus à grande échelle depuis plus d'une décennie, montrent que les moustiquaires imprégnées d'insecticide constituent à l'heure actuelle un



Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B*18261 Ex : -1



outil essentiel d'intervention pour la lutte contre le paludisme dans le monde et plus particulièrement en Afrique au sud du Sahara (1). Les pyréthriinoïdes de synthèse sont utilisés pour les imprégnations compte tenu de leur efficacité et de leur rapidité d'action, de leur fort pouvoir répulsif et irritant ainsi que de leur faible toxicité pour les mammifères. Une évaluation de moustiquaires imprégnées avec un organophosphoré (pirimiphos-méthyl) a été conduite en Gambie (2), mais de nombreux problèmes de toxicité se posent avec cette famille d'insecticides.

La résistance d'*Anopheles gambiae* s.s. à la perméthrine a été mise en évidence en Côte d'Ivoire, d'abord à Bouaké (3) puis dans l'ensemble du pays (4) avec une résistance croisée vis-à-vis des autres pyréthriinoïdes de synthèse (5). Cette résistance pose de nombreuses questions fondamentales et opérationnelles, notamment celles de savoir dans quelle mesure les comportements des femelles de moustiques sont modifiés et si leur résistance aux pyréthriinoïdes s'accompagne d'une diminution significative de l'effet létal des moustiquaires imprégnées. Notre étude vise à apporter des éléments de réponse à ces questions.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude.

• Critères de choix de la zone d'étude

Une étude sur la répartition de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.l. aux pyréthriinoïdes de synthèse en Côte d'Ivoire a indiqué la présence d'une population anophélienne résistante dans le village de Yaokoffikro. Les habitants de ce village situé à 5 kilomètres au nord-ouest de Bouaké, pratiquent la culture du riz et de produits maraîchers. Nous avons donc choisi l'environnement proche de ce village et de ses casiers rizicoles pour construire six cases-pièges, afin d'évaluer, dans des conditions standardisées, l'impact de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.s. aux pyréthriinoïdes sur l'efficacité de moustiquaires imprégnées de perméthrine et de deltaméthrine.

• Sensibilité de la population d'*Anopheles gambiae* s.s. à la perméthrine et à la deltaméthrine

La sensibilité de la population d'*Anopheles gambiae* s.s. de Yaokoffikro à la perméthrine et à la deltaméthrine a été comparée aux deux souches de référence maintenues en élevage à l'insectarium de l'Institut Pierre Richet : Kisumu, sensible, originaire du Kenya et Kou, résistante, sélectionnée à la perméthrine. Les tests ont été effectués selon la méthode des cylindres-tests OMS, avec des papiers témoins et des papiers imprégnés par notre laboratoire aux doses diagnostiques classiques (6) : perméthrine (25/75) à la concentration de 0,25 % (0,091 g de matière active par m²) ; deltaméthrine à 0,025 % (0,0091 g de matière active par m²).

Nous avons relevé l'effet *knock down* (KD) toutes les 5 à 10 minutes pour calculer le KD 95 (95 % de moustiques assommés) et la lecture de la mortalité a été effectuée après 24 heures d'observation. Par ailleurs, la caractérisation moléculaire de la résistance aux pyréthriinoïdes de synthèse a révélé chez cette population anophélienne de Yaokoffikro une prévalence du gène Kdr de 78 % (7).

• Description de la station expérimentale

La station expérimentale se composait de six cases-pièges spécialement construites pour l'étude. Les murs des maisons étaient en parpaings, le sol en ciment, la charpente en bois et le toit en tôles ondulées. Les matériaux employés pour la construction des maisons dans la région. Les maisons expérimentales étaient équipées de chicanes en bois, qui permettent la rentrée des moustiques mais empêchent leur sortie, et d'une véranda-piège (en textiglass), l'équivalent d'une porte de sortie pour les moustiques. Les six cases-pièges étaient alignées parallèlement à la rizière. Le village de Yaokoffikro est situé de l'autre côté des casiers rizicoles.

Matériels.

• Insecticides utilisés

Les deux pyréthriinoïdes utilisés pour l'imprégnation des moustiquaires ont été la perméthrine présentée sous la forme d'un concentré émulsifiable à 100 grammes de matière active par litre (Péripel® 10 % CE) et la deltaméthrine en suspension concentrée à 25 grammes de matière active par litre (K-Othrine® SC 25).

• Moustiquaires et leurs imprégnations

Les six moustiquaires étaient du modèle une place (dimensions : longueur : 2 m ; largeur : 1 m ; hauteur : 1,5 m ; surface : 11 m²). Nous avons utilisé des moustiquaires en fibre polyester multifilaments percées de 225 trous carrés de 2 centimètres de côté. Deux moustiquaires n'ont pas été imprégnées et ont servi de témoins. Deux moustiquaires ont été imprégnées à la dose de 500 mg de perméthrine par m². Deux moustiquaires ont été imprégnées de deltaméthrine à la dose de 25 mg de matière active par m².

Modalités expérimentales.

• Répartition des moustiquaires dans les maisons

La répartition des moustiquaires dans les maisons a été faite par tirage au sort avec le numéro de la maison et celui de la moustiquaire, imprégnée ou non. Dans ces conditions, le protocole expérimental a été le suivant :

- maisons 1 et 2 : moustiquaires imprégnées à 500 mg de perméthrine par m²,
- maisons 3 et 5 : moustiquaires témoins,
- maisons 4 et 6 : moustiquaires imprégnées à 25 mg de deltaméthrine par m².

Les six moustiquaires ont été posées dans les maisons une semaine après leur imprégnation.

• Captures dans les cases-pièges

Chaque nuit, dans chaque case, une personne a dormi de 20 heures à 05 heures sous une moustiquaire imprégnée ou non. Les dormeurs ont procédé à une permutation circulaire pour éviter l'attraction particulière que certains pourraient avoir. Comme les captures n'ont été faites que deux matins par semaine, l'après-midi précédant la nuit de capture, les moustiques vivants ont été évacués de la case-piège et son sol a été soigneusement balayé pour éliminer les moustiques morts. Les moustiques ont été récoltés, au tube, à 05 heures puis à 08 heures. Les moustiques capturés ont été identifiés puis triés en différents lots (morts/vivants ; à jeun/gorgés) et étiquetés en fonction de l'heure et du lieu de la capture.

Tableau I - Temps de KD 95 en heures et taux de mortalité des souches d'*Anopheles gambiae* s.s. Kisumu, Kou sélectionnée à la perméthrine et Yaokoffikro après une heure de contact et 24 heures d'observation, avec la perméthrine (0,25%) et la deltaméthrine (0,025%).

Insecticide (concentration) Souches	Perméthrine (0,25%)			Deltaméthrine (0,025%)		
	Kisumu	Kou F8	Yaokoffikro	Kisumu	Kou F13	Yaokoffikro
Effectifs	105	60	176	256	58	97
KD 95 en heures	0,70	ND	> 24	0,38	5,5	1,6
Mortalité après 24 heures	100%	0%	15,9%	100%	13,8%	67,0%

ND : non déterminé (pas de KD à 1 heure).

Nous avons considéré 4 critères entomologiques :

- taux d'entrée : «effet dissuasif», calculé en comparant les nombres de moustiques capturés dans les cases pourvues de moustiquaires traitées et dans les cases témoins ;

- taux de sortie : «effet d'expulsion», calculé en comparant le nombre de spécimens récoltés dans les cases et les vérandas-pièges des cases témoins (exophilie naturelle) et dans les cases et les vérandas-pièges des maisons pourvues de moustiquaires imprégnées (exophilie induite par la présence d'un insecticide) ;

- taux de gorgement : «effet d'interférence» ou «d'inhibition», calculé en comparant le nombre de femelles gorgées avec le total de spécimens capturés dans les cases témoins et celles pourvues de moustiquaires traitées ;

- taux de mortalité : mortalité immédiate et différée ; les femelles mortes dans les cases-pièges ont été dénombrées (mortalité immédiate) et celles prises vivantes ont été mises en observation pendant 24 heures au laboratoire ; la mortalité a été de nouveau notée après cette période (mortalité différée) ; la mortalité globale a été obtenue par le cumul des mortalités immédiate et différée.

• Les bio-essais

Les bio-essais (test de rémanence) visent à contrôler l'évolution dans le temps de l'efficacité des insecticides. Les tests ont été réalisés une fois par mois avec des femelles d'*Anopheles gambiae* s.s. souche Kisumu (souche de référence sensible) et de la population locale de Yaokoffikro. Les femelles d'*Anopheles gambiae* s.s., à jeun, âgées de 3 à 5 jours, ont été introduites, par lot de 5, dans des cônes en matière plastique maintenus en contact pendant 3 minutes avec le tulle polyester imprégné de perméthrine ou de deltaméthrine ou avec le tulle témoin. Dix répliques de 5 moustiques ont été effectuées pour chaque moustiquaire. Après les 3 minutes de contact, les moustiques assommés (KD) ont été comptés et les anophèles ont été gardés en observation pendant 24 heures au laboratoire pour l'estimation de la mortalité.

RESULTATS

Sensibilités comparées des souches d'*Anopheles gambiae* s.s. Kisumu, Kou sélectionnée à la perméthrine et Yaokoffikro (Tableau I).

Dans aucun des essais réalisés dans les cylindres-tests OMS avec les souches Kisumu, Kou sélectionnée à la perméthrine et Yaokoffikro, la mortalité n'a pas dépassé 5 % chez les témoins. Il n'a donc pas été nécessaire de procéder à une correction des taux de mortalité.

La souche Kisumu était parfaitement sensible aux doses diagnostiques de la perméthrine et de la deltaméthrine avec des KD 95 largement inférieurs à une heure et des pourcentages de mortalité toujours égaux à 100 %.

Pour la souche Kou sélectionnée à la perméthrine, la dose diagnostique avec la perméthrine n'avait plus d'effet KD et la mortalité a été nulle à partir de la F8 ; pour la deltaméthrine, le KD 95 a été de 5,5 heures à la 13^e génération et la mortalité a été de 13,8 %.

Pour la souche sauvage de Yaokoffikro, avec la perméthrine, le KD 95 observé a été supérieur à 24 heures avec un pourcentage de mortalité de 15,9 % ; avec la deltaméthrine, le KD 95 a été de 1,6 heures avec un pourcentage de mortalité de 67 %. Ces valeurs signaient bien la résistance de cette population d'*Anopheles gambiae* de Yaokoffikro aux insecticides considérés.

Influence des moustiquaires imprégnées sur *Anopheles gambiae* s.s. dans les cases-pièges.

Au cours des 26 semaines de l'expérimentation, il a été récolté 2 926 moustiques dont 891 femelles d'*Anopheles gambiae* s.s. (Tableau II). *Anopheles gambiae* s.s. représentait donc 31 % des effectifs capturés dans les cases-pièges.

• Influence sur la densité et le comportement

L'examen des effectifs d'*Anopheles gambiae* s.s. prélevés dans les cases-pièges (Tableau II) montre que les taux d'entrée ont été réduits de 18 % lorsque les moustiquaires ont été traitées par la perméthrine et de 43 % lorsqu'elles ont été traitées par la deltaméthrine. Les moustiquaires imprégnées ont donc eu un effet «dissuasif», même vis-à-vis d'une population d'anophèles génétiquement résistante.

Les effectifs d'*Anopheles gambiae* s.s. récoltés sous la moustiquaire, dans la case et dans la véranda-piège ont été nettement différents selon que les cases étaient pourvues de moustiquaires témoins ou imprégnées (Tableau II) :

- dans les cases équipées de moustiquaires témoins, 47,2 % des effectifs ont été pris sous les moustiquaires, 28,7 % dans les cases (à l'extérieur des moustiquaires, sur les murs et les plafonds) et 24,1 % dans les vérandas-pièges (exophilie naturelle) ;

- dans les cases équipées de moustiquaires imprégnées de perméthrine à 500 mg par m² et de deltaméthrine à 25 mg par m², les effectifs capturés sous les moustiquaires ne représentaient que 15 % du total récolté, soit une réduction

Tableau II - Effectifs et taux d'*Anopheles gambiae* s.s. souche Yaokoffikro récoltés dans les cases pourvues de moustiquaires témoins, imprégnées à 500 mg de perméthrine par m² et à 25 mg de deltaméthrine par m². Captures sous les moustiquaires, les cases et les vérandas-pièges et nombres de femelles gorgées et mortes (femelles mortes à jeun, mortalités immédiate et différée).

	Moustiquaires témoins	Moustiquaires imprégnées à 500 mg de perméthrine par m ²	Moustiquaires imprégnées à 25 mg de deltaméthrine par m ²
<i>Anopheles gambiae</i> : effectif pour 2 cases	373	307	211
Nombre de captures :			
- sous moustiquaires	176 (47,2 %)	46 (15,0 %)	34 (16,1 %)
- dans les cases	107 (28,7 %)	130 (42,3 %)	85 (40,3 %)
- dans les vérandas-pièges	90 (24,1 %)	131 (42,7 %)	92 (43,6 %)
Nombre de femelles gorgées	255 (68,4 %)	96 (31,3 %)	63 (29,9 %)
Nombre de femelles mortes	16 (4,3 %)	123 (40,1 %)	119 (56,4 %)
Nombre de femelles mortes à jeun	8	105 (85,4 %)	99 (83,2 %)
Nombre de femelles mortes immédiatement	13	108 (87,8 %)	110 (92,4 %)
Nombre de femelles mortes différées	3	15 (12,2 %)	9 (7,6 %)

de 3 fois par rapport aux témoins. Les pourcentages de spécimens capturés dans les cases (41 %) et dans les vérandas-pièges (43 %) ont été respectivement 1,5 fois et 1,8 fois supérieurs à ceux prélevés dans les maisons témoins.

• Influence sur l'alimentation sanguine

Les effectifs d'*Anopheles gambiae* s.s. capturés gorgés étaient différents selon que les cases étaient pourvues de moustiquaires témoins ou imprégnées (Tableau II). Dans les cases témoins, le pourcentage de gorgement d'*Anopheles gambiae* s.s. a été de 68,4 %. Dans les cases pourvues de moustiquaires imprégnées de perméthrine et de deltaméthrine, les pourcentages de gorgement ont été comparables avec respectivement 31,3 % et 29,9 %, soit des réductions de 55 % par rapport aux cases pourvues de moustiquaires non imprégnées.

• Influence sur la mortalité

Les nombres d'*Anopheles gambiae* s.s. retrouvés morts dans les cases témoins et les cases pourvues de moustiquaires imprégnées sont colligés dans le tableau II.

* Mortalité globale

La mortalité des femelles d'*Anopheles gambiae* s.s. récoltées dans les deux cases témoins a été de 4,3 %. Dans les cases pourvues de moustiquaires traitées à la perméthrine, la mortalité globale s'est élevée à 40,1 % et elle était significativement moins élevée que celle induite par les moustiquaires imprégnées de deltaméthrine (56,4 %) ($p < 0,001$). Sur le total de femelles d'*Anopheles gambiae* s.s. décédées, 85 % ont été retrouvées mortes à jeun dans les cases-pièges pourvues de moustiquaires imprégnées à la perméthrine et à la deltaméthrine. Cette double information confirme la limitation du contact homme/vecteur induite par les moustiquaires imprégnées, même vis-à-vis d'une souche résistante.

* Mortalités immédiate et différée

Avec les moustiquaires imprégnées de perméthrine, la mortalité globale (40,1 %) se répartissait en 87,8 % de mortalité immédiate et 12,2 % de mortalité différée. Avec les

moustiquaires imprégnées de deltaméthrine, la mortalité globale (56,4 %) se partageait en 92,4 % de mortalité immédiate et 7,6 % de mortalité différée. Les proportions des mortalités immédiates et différées induites par la perméthrine et la deltaméthrine étaient donc comparables.

Les bio-essais.

Les résultats sont colligés dans le tableau III.

• Souche Kisumu sensible

Avec les moustiquaires témoins, nous n'avons pas relevé de KD après 3 minutes de contact et les pourcentages de mortalité n'ont pas dépassé 5 %.

Avec les moustiquaires imprégnées de perméthrine, les KD à 3 minutes ont été de 80 % à 100 % lors des 14 premières semaines de l'évaluation mais, à la semaine 21, le KD n'était plus que de 24 % ; les pourcentages de mortalité ont été de 90 % à 100 % jusqu'à la semaine 14 pour n'être plus que de 69 % à la semaine 21.

Avec les moustiquaires imprégnées de deltaméthrine, les KD à 3 minutes ont été très faibles avec 12 % à 33 % de moustiques assommés ; ces faibles KD pourraient être dus à l'irritabilité de la deltaméthrine qui limiterait le temps de contact entre l'anophèle et le support imprégné ; les pourcentages de mortalité ont été de 100 %.

• Souche sauvage de Yaokoffikro

Les moustiquaires témoins n'ont pas engendré d'effet KD après 3 minutes de contact et les pourcentages de mortalité n'ont pas excédé 6 %.

Avec les moustiquaires imprégnées de perméthrine, le KD à 3 minutes a été de 15 % à la semaine 2 pour ne plus dépasser 8 % à 12 % les semaines suivantes ; les pourcentages de mortalité ont été de 12 % aux semaines 2 et 6 avec une augmentation à la semaine 13 de 34 %. Dès la semaine 18, le pourcentage était redevenu comparable à la semaine 2 (12 %) pour chuter à 8 % au cours de la semaine 22.

Tableau III - Résultats des tests de bio-essais : taux de moustiques assommés (KD) enregistrés après 3 minutes de contact et taux de mortalité des souches d'*Anopheles gambiae*.

a) Souches Kisumu et Yaokoffikro : résultats après 3 minutes de contact avec les moustiquaires témoins.

Temps	semaine 1	semaine 2	semaine 5	semaine 6	semaine 10	semaine 13	semaine 14	semaine 18	semaine 21	semaine 22
Souches	Kisumu	Yaokoffikro	Kisumu	Yaokoffikro	Kisumu	Yaokoffikro	Kisumu	Yaokoffikro	Kisumu	Yaokoffikro
Effectifs	113	112	114	114	114	99	42	108	112	108
KD 3 minutes	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Taux de mortalité après 24 heures	4,4 %	0 %	5,3 %	6,1 %	5,3 %	4,0 %	4,8 %	2,8 %	0,9 %	3,7 %

b) Souche Kisumu : résultats après 3 minutes de contact avec les moustiquaires imprégnées de perméthrine à 500 mg par m² et avec les moustiquaires imprégnées de deltaméthrine à 25 mg par m².

Temps	Perméthrine					Deltaméthrine				
	semaine 1	semaine 5	semaine 10	semaine 14	semaine 21	semaine 1	semaine 5	semaine 10	semaine 14	semaine 21
Effectifs	103	92	98	99	103	113	113	111	51	106
KD 3 minutes	100 %	95,7 %	85,7 %	79,8 %	24,3 %	32,7 %	27,4 %	11,7 %	25,5 %	25,5 %
Taux de mortalité après 24 heures	100 %	100 %	89,8 %	100 %	68,9 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

c) Souche Yaokoffikro : résultats après 3 minutes de contact avec les moustiquaires imprégnées de perméthrine à 500 mg par m² et avec les moustiquaires imprégnées de deltaméthrine à 25 mg par m².

Temps	Perméthrine					Deltaméthrine				
	semaine 2	semaine 6	semaine 13	semaine 18	semaine 22	semaine 2	semaine 6	semaine 13	semaine 18	semaine 22
Effectifs	93	96	116	102	102	104	113	105	108	104
KD 3 minutes	15,0 %	8,3 %	6,9 %	10,8 %	11,8 %	3,8 %	6,2 %	25,7 %	7,4 %	0 %
Taux de mortalité après 24 heures	11,8 %	11,3 %	34,5 %	11,8 %	7,8 %	37,5 %	33,1 %	72,4 %	28,7 %	25,0 %

Avec les moustiquaires imprégnées de deltaméthrine, les KD à 3 minutes n'ont pas dépassé 10 % lors des 6 premières semaines; à la semaine 13 cependant, nous avons relevé 26 % de moustiques KD à 3 minutes et à la semaine 18, les KD étaient de nouveau été inférieurs à 10 % ; les pourcentages de mortalité ont été inférieurs à 40 % au cours des 6 premières semaines de tests mais, à la semaine 13, ce pourcentage s'est chiffré à 72 % pour de nouveau n'être plus que de 25 % à 29 % à partir de la semaine 18.

DISCUSSION

Les résultats de six mois d'étude à la station expérimentale de Yaokoffikro montrent que les moustiquaires imprégnées de perméthrine et de deltaméthrine ont réduit les taux d'entrée d'*Anopheles gambiae* s.s. dans les maisons de respectivement 18 % et 43 % par rapport au taux des maisons pourvues de moustiquaires non traitées. Ainsi, les moustiquaires imprégnées possèdent toujours un certain effet dis-

suasif, limitant l'entrée des femelles d'*Anopheles gambiae* s.s. dans les maisons, même s'il s'agit d'une population résistante aux pyréthrinoides. Les moustiquaires imprégnées modifient également le comportement des anophèles à l'intérieur des maisons. En effet, l'exophilie est accentuée en même temps que l'anthropophilie est fortement réduite. Ces comportements sont vraisemblablement dus à l'effet excitorépulseur des pyréthrinoides employés, effet conservé même vis-à-vis de spécimens résistants. Il faut également souligner que ces moustiquaires ont induit une mortalité de 40 % avec la perméthrine et de 56 % avec la deltaméthrine. Au sein de ces mortalités globales, deux éléments ont retenu notre attention : d'une part, la mortalité immédiate a été de l'ordre de 85 % et plus, d'autre part, 85 % de ces femelles d'*Anopheles gambiae* s.s. mortes ont été capturées à jeun bien que les moustiquaires testées aient été trouées. Ceci confirme le maintien de l'effet excitorépulseur, de sorte que, privé d'alimentation, les spécimens meurent rapidement. La mortalité ne serait pas alors seulement due à l'effet insecticide des produits, auxquels les anophèles sont d'ailleurs résis-

Tableau IV - Résultats comparés des captures obtenues en 1983 avec la souche d'*Anopheles gambiae* s.s. sensible de Soumouso (8) et celles effectuées en 1998 sur la souche d'*Anopheles gambiae* s.s. résistante de Yaokoffikro.

	(Soumouso, 1983) Moustiquaires imprégnées à 80 mg de perméthrine par m ²	(Yaokoffikro, 1998) Moustiquaires imprégnées à 500 mg de perméthrine par m ²
Réduction du taux d'entrée dans les cases	70 %	18 %
Taux de femelles capturées dans les vérandas-pièges	97 %	43 %
Réduction du taux de femelles gorgées	18 %	54 %
Taux de femelles mortes	17 %	40 %

tants, mais aussi à l'effet insectifuge de la perméthrine et de la deltaméthrine qui empêcherait les anophèles de venir piquer l'homme.

Les résultats obtenus en 1983 sur la souche d'*Anopheles gambiae* s.s. sensible de Soumouso (8) peuvent être comparés à ceux obtenus en 1998 sur la souche d'*Anopheles gambiae* s.s. résistante de Yaokoffikro (Tableau IV). Bien qu'imprégnées à une dose de perméthrine 6 fois moins importante que les moustiquaires de Yaokoffikro, les moustiquaires testées à Soumouso ont induit un effet dissuasif et d'expulsion plus importants. Ceci montre la perte d'une partie de l'effet insectifuge de la perméthrine vis-à-vis d'une population d'anophèles résistante. Cependant, la réduction du taux de gorgement et l'augmentation de la mortalité à la dose de 500 mg de matière active par m² en zone de résistance, confirment le maintien de l'efficacité de la moustiquaire imprégnée en terme de protection personnelle.

Les tests de bio-essais sur la souche d'*Anopheles gambiae* s.s. résistante de Yaokoffikro montrent, au cours du premier mois de l'évaluation, des taux de mortalité relativement faibles avec la perméthrine (11 %) et la deltaméthrine (40 %). L'augmentation des taux de mortalité observés à la semaine 13 pourrait être attribuée à une diminution de l'effet irritant des deux insecticides, ce qui augmenterait le temps de contact entre l'anophèle et la surface traitée, donc l'effet létal. Dès la semaine 18, les taux de mortalité sont redevenus inférieurs à 15 % avec la perméthrine et se situent en dessous de 30 % avec la deltaméthrine.

Cette étude a montré que, dans une zone où *Anopheles gambiae* s.s. est résistant aux pyréthrinoïdes, les moustiquaires imprégnées conservent une certaine efficacité pendant 4 mois dans la limitation du contact homme/vecteur et restent donc un excellent moyen de protection individuelle.

Il faudrait maintenant déterminer l'influence des moustiquaires imprégnées sur la transmission et l'incidence palustre, dans des villages situés dans des zones où *Anopheles gambiae* est résistant aux pyréthrinoïdes de synthèse. Par ailleurs, il sera nécessaire de tester en station expérimentale d'autres insecticides, d'autres formulations ainsi que d'autres matériaux à imprégner afin de préciser leur efficacité sur des populations d'*Anopheles gambiae* s.s. résistantes aux pyréthrinoïdes.

Remerciements • Nous remercions l'Organisation Mondiale de la Santé pour avoir financé ce travail ainsi que le groupe AgrEvo pour nous avoir fourni les formulations de perméthrine et de deltaméthrine utilisées pour cette étude.

REFERENCES

- 1 - LENGELER C., CATTANI J., DE SAVIGNY D. - Net gain. A new method for preventing malaria deaths. IDRC Ottawa/WHO ed., Geneva, 1996, 189 p.
- 2 - MILLER J.E., LINDSAY S.W., ARMSTRONG J.R.M. - Experimental hut trials of bednets impregnated with synthetic pyrethroid or organophosphate insecticide for mosquito control in the Gambia. *Med. Vet. Entomol.* 1991 ; 5 : 465-476.
- 3 - ELISSA N., MOUCHET J., RIVIERE F. et Coll. - Resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to pyrethroids in Côte d'Ivoire. *Ann. Soc. Belg. Med. Trop.* 1993 ; 73 : 291-294.
- 4 - CHANDRE F., DARRIET F., MANGA L. et Coll. - Status of pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae* s.l. *Bull. WHO* 1999 ; 77 (sous presse).
- 5 - DARRIET F., GUILLET P., CHANDRE F. et Coll. - Présence et évolution de la résistance aux pyréthrinoïdes et au DDT chez deux populations d'*Anopheles gambiae* s.s. d'Afrique de l'ouest. Document miméographié OMS 1997 ; WHO/CTD/VBC/97.1001 ; WHO/MAL/97.1081 : 15 p.
- 6 - WHO - Supplies for monitoring insecticide resistance in disease vectors. Document miméographié OMS 1995 ; WHO/CTD/VBC/95.998 ; WHO/MAL/95.1073 : 14 p.
- 7 - MARTINEZ-TORRES D., CHANDRE F., WILLIAMSON M.S. et Coll. - Molecular characterisation of pyrethroid knockdown resistance (Kdr) in the major malaria vector *Anopheles gambiae* s.s. *Insect Mol. Biol.* 1998 ; 7 : 179-184.
- 8 - DARRIET F., ROBERT V., THO VIEN N., CARNEVALE P. - Evaluation de l'efficacité sur les vecteurs du paludisme de la perméthrine en imprégnation de moustiquaires intactes et trouées. Document miméographié OMS 1984 ; WHO/VBC/84.899 ; WHO/MAL/84.1008 : 20 p.

MEDICINE



Année 1998

Volume 58

Numéro 4

tropicale

REVUE FRANÇAISE DE PATHOLOGIE ET DE SANTÉ PUBLIQUE TROPICALES

Magazine

• *Actualités tropicales* • *Tribune - L'antenne médicochirurgicale opérationnelle : première antenne africaine en situation humanitaire* par Y. BREDA, K. AIME, A. SANOGO, O. N'DATIEN • *Pharmatrop - Soluté dit de Dakin* par X. BOHAND, M.-J. KOSMANN, F. SIMON • *Avancée - Biosynthèse du monoxyde d'azote en infectiologie : faut-il l'induire et/ou s'en protéger ?* par P. MILLET, D. MALVY, M.D. MOSSALAYI, P. VINCENTEAU • *Image - d'une gale norvégienne* par F. KLOTZ, B. WADE, M. SANE, P.M. GUEYE • *Focus - Le Mali : un système de soins en pleine transformation* par H. BALIQUE • *Le relevé des relevés • Destination Tropiques - Fonctions et significations des voyages (des évidences collectives aux résonances singulières)* par A. JUNOD • *En direct - de Madagascar, de Fort-de-France, d'Anvers.*

Lettres

Cryptococcose méningée et sida à Dakar, Sénégal : à propos de cinq observations colligées de 1995 à 1997 à l'Hôpital Principal par P. HOVETTE, Y. DIEME, T.O. SOKO, P. CAMARA, P.R. BURGEL, G. RAFFENON • Un cas de bilharziose intestinale importé de Djibouti par J. DUPOUY-CAMEY, F.X. CALLIES, C. TOURTE-SCHAEFFER • Bain infectant au lac Malawi par X. NICOLAS, H. GRANIER, J.-P. LABORDE, J. MARTIN, F. KLOTZ • Le risque bilharzien dans la région du barrage de Bagré, Burkina Faso par G. CAMPAGNE, J.-N. PODA, A. GARBA, P. BREMOND, R. LABBO, I. COMPAORE, R. KAMBIRE, G. PARENT, J.-P. CHIPPAUX • A propos de la rifampicine... par A. TREBUCCO.

Editoriaux

Médecine des voyages et veille épidémiologique : l'exemple de la bilharziose par M. CORACHAN. Physionomie du bioterrorisme par P. BINDER.

Articles originaux

Impact de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.s. à la perméthrine et à la deltaméthrine sur l'efficacité des moustiquaires imprégnées par F. DARRIET, P. GUILLET, R. N'GUESSAN, J.M.C. DOANNIO, A. KOFFI, L.Y. KONAN, P. CARNEVALE. Impact de l'utilisation des moustiquaires pré-imprégnées de perméthrine sur la transmission du paludisme dans un village hyperendémique du Sénégal par O. FAYE, L. KONATE, O. GAYE, D. FONTENILLE, N. SY, A. DIOP, M. DIAGNE, J.-F. MOLEZ. Létalité palustre en milieu pédiatrique dakarais : étude des facteurs de risque par O. FAYE, J. CORREA, B. CAMARA, T. DIENG, Y. DIENG, O. GAYE, I.B. BAH, O. N'DIR, M. FALL, S. DIALLO. Approche socioculturelle de l'épilepsie en Mauritanie par H. TRAORE, M. DIAGANA, C. DEBROCK, A. BA, B. ALQAD, P.-M. PREUX. Validité d'un test de diagnostic et de surveillance du syndrome hémorragique lors des envenimations vipérines en Afrique subsaharienne par J.-P. CHIPPAUX, S. AMADI-EDDINE, P. FAGOT.

Communications

Variations mensuelles du taux d'infestation et du potentiel de transmission de *Biomphalaria pfeifferi* dans deux systèmes aquatiques à Lwiro, République Démocratique du Congo par M. BAGALWA, B. BALUKU. Premier cas de leishmaniose cutanée à *Leishmania infantum* en Corse par P.A. BUFFET, C. SARFATI, M. RYBOJAD, F. PRATLONG, F. DEROUIN, P. MOREL, J.-P. DEDET. Condylome acuminé anovulvaire géant révélant une séropositivité VIH-1 chez une centrafricaine par A. SEPOU, D. DEBAT ZOGUEREH. Courbes de biométrie échographique fœtale au Niger par C. VANGEENDERHUYSEN, M. NONO.

Economie

Stérilisation tubaire par minilaparotomie sous anesthésie locale par C.T. CISSE, F. DIADHIOU.

Revue générale

La trypanosomose humaine américaine 90 ans après sa découverte par Carlos Chagas. I- Epidémiologie et contrôle par J.-F. PAYS. Les manifestations pleuropulmonaires des salmonelloses par P. HOVETTE, P. CAMARA, R. PETROGNANI, C. DONZEL.

Sur place

Prise en charge du handicap moteur en milieu rural sahélien. Expérience du centre de rééducation et d'appareillage de Bogande, Burkina Faso par J.-L. CONDAMINE, S. ARTIGUES, V. CATHERINE, N. DIAGNOUGOU, T. OUOBA.

ISSN 0025-682X

Institut de Médecine Tropicale du Service de Santé des Armées Le Pharo Marseille