

## Sensibilité d'*Anopheles gambiae* aux insecticides en Côte-d'Ivoire

Nohal Élissa, Jean Mouchet, François Rivière,  
Jean-Yves Meunier, Kra Yao

L'utilisation des insecticides contre les ravageurs des cultures, en particulier du coton et à un moindre degré du riz, est à l'origine de résistances des anophèles en Amérique, en Afrique et en Asie. Ces résistances, qui concernaient d'abord les organochlorés, se sont étendues aux organophosphorés et aux carbamates lorsque ces familles de produits ont remplacé les premiers [1].

En Côte-d'Ivoire, la tendance à aménager les bas-fonds situés autour des villes pour augmenter la production vivrière devrait s'accroître, suivant les différentes recommandations de la FAO. Cette organisation soutient la réalisation de petits projets agricoles, en milieu urbain et périurbain, qui, malheureusement, favorisent le développement d'*Anopheles gambiae*.

Les exploitants utilisent à leur gré, souvent de façon anarchique, de fortes quantités d'insecticides. Il était donc indispensable, pour planifier les programmes de lutte antivectorielle, de déterminer la sensibilité des anophèles à ces insecticides.

### Zones d'étude

La région de l'étude se situe dans une zone de savanes post-forestières entre-

N. Élissa : Boursière McNamara Fellowship Program, 154, boulevard Voltaire, 75011 Paris, France.

J. Mouchet : Orstom, 213, rue La Fayette, 75480 Paris cedex 10, France.

F. Rivière, J.-Y. Meunier, K. Yao : Orstom et Institut Pierre-Richet/OCCGE, BP 1500, Bouaké, Côte-d'Ivoire.

Tirés à part : N. Élissa.

coupées d'îlots et de galeries boisées. Le climat est caractérisé par une petite saison des pluies, de mai à juin, suivie d'une petite saison sèche en juillet ; ensuite, d'août à novembre, une grande saison des pluies précède une grande saison sèche de mi-novembre à avril. Les moyennes annuelles des précipitations oscillent entre 1 000 et 1 400 mm. Les minima annuels se situent de novembre à février. Il y a de grandes irrégularités d'une année à l'autre. Les températures moyennes varient de 23 à 28 °C ; décembre est le mois le plus froid de l'année (19 °C), février et mars sont les mois les plus chauds.

Deux zones ont été retenues pour cette étude : une zone urbaine (Bouaké) et une zone rurale à proximité d'une ville (Katiola).

### Bouaké

Bouaké (400 000 habitants), située au centre de la Côte-d'Ivoire à 7° 45' de latitude N. et 6° 59' de longitude O., est la seconde ville du pays après Abidjan.

La ville s'est développée, au cours des trente dernières années, à partir d'un centre compact où prennent naissance une dizaine de petits cours d'eau. Les quartiers récents se sont implantés sur les parties hautes, entre les vallées où ils sont à l'abri des crues. Bouaké est un milieu urbain hétérogène, une mosaïque de gros villages séparés par des dépressions densément cultivées pour le maraîchage ou la riziculture. Cette dernière activité est en pleine expansion. Les exploitants, bien que conseillés par les cadres de la CIDV (Compagnie ivoirienne pour le développement des vivriers), restent totalement indépendants. Suivant les disponibilités

en eau, ils font une ou deux récoltes de riz par an. Les périodes des semis et la transplantation dépendent de chaque agriculteur ; aussi, à tout moment, trouve-t-on côte à côte des parcelles où l'évolution du riz est très différente. L'utilisation des insecticides n'est pas régulière car elle dépend du bon vouloir et des disponibilités financières de chaque exploitant.

À Bouaké, la population utilise intensément les bombes insecticides à base de pyréthrinoides (Timor®) et de propoxur (Baygon®) ainsi que les tortillons fumigènes à base de bioéthrine. Les paysans utilisent le Décis® (deltaméthrine) et le Furadan® (carbamate) pour la lutte contre les ravageurs du riz.

L'étude d'*An. gambiae* a été réalisée en six endroits de Bouaké représentatifs des bas-fonds de la ville : au nord, Tola-kouadiokro (TOLA) ; au sud, Air-France III/SOPIM (SOP) ; à l'est, Kennedy (KEN) ; à l'ouest, Broukro (BR) ; au centre, Zone industrielle (ZONE) ; et en périphérie de la ville, camp pénal (CP).

### Katiola

Katiola est située à 50 km au nord de Bouaké. C'est un centre connu de production de céramique. Son économie est aussi basée sur l'agriculture, en particulier la riziculture.

Katiola est irriguée par un bras du Nzi, ce qui permet d'effectuer deux cycles de culture de riz par an. Contrairement à Bouaké, il n'existe pas de bas-fonds exploités pour la culture à l'intérieur de la ville. Les périmètres rizicoles sont situés à la périphérie, pratiquement en milieu rural.

L'utilisation des insecticides à usage

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 39.832 ex 1

Cote : B

22 JUL. 1994

Cahiers Santé 1994 ; 4 : 95-99

n°2

95

PM 203

domestique est moins répandue en milieu rural. En revanche, les paysans utilisent, comme à Bouaké, le Décis® et le Furadan®.

Une population d'*An. gambiae* (KAT) y a été étudiée.

## Matériel et méthodes

### Provenance des *An. gambiae*

Des larves d'*An. gambiae* sont récoltées dans les différents sites. Le programme de capture consiste en une récolte journalière des larves dans un bas-fonds, par la méthode du *dipping*. Certaines larves sont testées le jour même de la collecte, les autres sont placées dans des cages jusqu'à l'émergence des adultes. Les femelles, nourries sur jus sucré, sont testées trois jours après leur émergence.

Le témoin est une colonie provenant de Bobo Dioulasso (BOBO), maintenue à l'insectarium de l'Institut Pierre-Richet de Bouaké depuis plusieurs années. Cette souche est considérée comme étant sensible à tous les produits sauf au DDT.

### Insecticides

La résistance n'apparaît pas simultanément chez la larve et l'imago d'une espèce donnée. Aussi, le dépistage est-il effectué à la fois sur les larves et sur les adultes.

Un organochloré (DDT) et quatre organophosphorés (fénitrothion, malathion, chlorpyrifos et temephos) ont été sélectionnés pour mener les tests sur les larves. L'OMS ne fournit pas de solutions de pyréthrinoïdes ni de carbamates, bien que ces produits soient utilisés pour traiter les ravageurs du riz. On n'a donc pas pu les tester.

En ce qui concerne les adulticides, le DDT, le fénitrothion, deux carbamates (le bendiocarb et le propoxur), et trois pyréthrinoïdes (la deltaméthrine, la perméthrine et la lambdacyhalothrine), ont été choisis.

### Expérimentation

En ce qui concerne les larves, quatre lots de 25 larves de chaque population ont été exposés aux concentrations des différents insecticides. Après 24 heures de contact, le nombre des larves vivantes et mortes a été relevé; les larves disparues sont considérées comme mortes. Quant aux adultes, quatre ou cinq lots de 25 spécimens ont été exposés aux

concentrations des différents insecticides. La méthode d'exposition est différente suivant les familles de produits. Pour le DDT, on pratique une exposition d'une heure à une gamme de concentrations croissantes d'insecticide. Pour les autres produits (organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes), on utilise une seule concentration et on fait varier le temps d'exposition [2]. On a donc choisi de tester les souches vis-à-vis des concentrations imposées par la disponibilité des papiers imprégnés: fénitrothion à 1 %, bendiocarb à 0,1 %, propoxur à 0,1 %, deltaméthrine à 0,025 %, perméthrine à 0,25 % et lambdacyhalothrine à 0,1 %. Il faut noter que toutes ces concentrations correspondent aux doses discriminatives proposées par l'OMS [3] sauf celle de la lambdacyhalothrine. En effet, la dose discriminative pour ce produit est 0,0125, c'est-à-dire 8 fois plus basse.

## Résultats

### Sensibilité des larves

Le *tableau 1* récapitule les concentrations provoquant 50 et 95 % de mortalité chez *An. gambiae* des souches de Bobo, Bouaké et Katiola, après la mise en contact des moustiques avec des insecticides.

En ce qui concerne le DDT, il existe une hétérogénéité au niveau de la CL50 entre les souches. À la dose discriminative de 0,5 mg/l [3], on observe des taux de mortalité avoisinant 100 % dans les souches de Bobo, Katiola et Camp pénal. Les larves des autres sites de Bouaké sont résistantes au DDT. Les larves d'*An. gambiae* sont sensibles à tous les organophosphorés sauf la souche BR dont la CL95 pour le fénitrothion est de 0,25, supérieure à la dose discriminative de 0,125.

### Sensibilité des adultes

#### • DDT (organochloré) (*figure 1*)

La souche BOBO présente une CL50 d'environ 0,95 % et une CL95 de 4 % et doit donc être considérée comme sensible. Les souches Bouaké à 4 % (dose discriminative) présentent de 30 à 60 % de mortalité et doivent donc être considérées comme résistantes.

La souche de Katiola, avec 80 % de mortalité à 4 %, est également résistante.

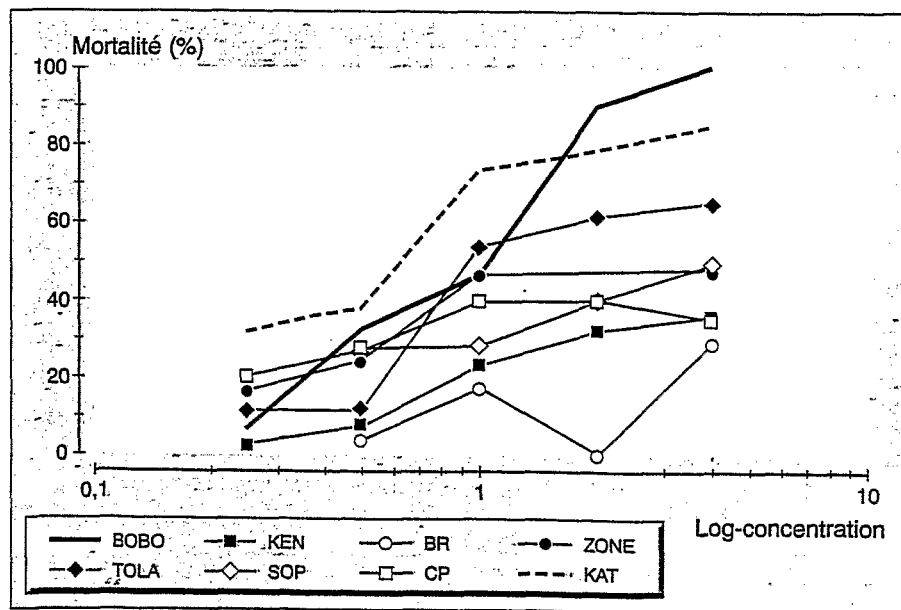


Figure 1. Pourcentage de mortalité des adultes d'*An. gambiae* testés avec le DDT (1 h de contact).

Figure 1. Percentage mortality of *An. gambiae* adults in presence of DDT (1 h contact).

# Tableau 1

## Résumé des tests de sensibilité aux insecticides effectués sur les larves de *An. gambiae*

	DDT		Malathion		Temephos		Chlorpyrifos		Fénitrothion	
	CL50	CL95	CL50	CL95	CL50	CL95	CL50	CL95	CL50	CL95
Doses discriminatives (mg/l)		0,5		0,625		0,625		0,025		0,125
BOBO	0,003	0,03	0,078	0,23	0,0123	0,04	0,0016	0,01	0,0137	0,04
TOLA	0,198	1,09	0,069	0,23	0,0107	0,05	0,0022	0,01	0,0087	0,05
KEN	0,209	1,16	0,086	0,27	0,0134	0,04	0,0027	0,01	0,0079	0,04
SOP	0,310	1,70	0,103	0,31	0,0081	0,03	0,0028	0,02	0,0083	0,06
BR	0,115	0,73	0,004	0,05	0,0120	0,06	0,0085	0,02	0,0260	0,25
CP	0,101	0,46	0,061	0,19	0,0195	0,06	0,0018	0,01	0,0138	0,04
ZONE	0,150	2,40	0,058	0,18	0,0107	0,04	0,0025	0,01	0,0131	0,03
KAT	0,021	0,43	0,059	0,19	0,0140	0,04	0,0022	0,01	0,0112	0,03

Summary of insecticide susceptibility test results for *An. gambiae* larvae

### Summary

#### Susceptibility of *Anopheles gambiae* to insecticides in Côte-d'Ivoire

N. Éliassa, J. Mouchet, F. Rivière, J.-Y. Meunier, K. Yao

*Studies on the susceptibility of Anopheles gambiae to insecticides were carried out in rice field areas of Côte-d'Ivoire.*

*An. gambiae larvae populations from Côte-d'Ivoire were resistant to DDT but susceptible to organophosphorous insecticides.*

*Adult populations from the surroundings of Bouake were resistant to DDT and permethrin. Resistance to propoxur was strongly suspected. The knock-down effect of both deltamethrin and lambda-cyhalothrin was delayed and strongly decreased.*

*The control strain from Bobo-Dioulasso and populations from rice fields of Katiola located far from the city were still susceptible to the three pyrethroids.*

*It is likely that resistance to pyrethroids in Bouake has been promoted by the intensive use of domestic aerosol sprays.*

Cahiers Santé 1994; 4: 95-99.

#### • Bendiocarb (carbamate) à 0,1 % (figure 2)

Après une heure de contact avec le bendiocarb (0,1 %), les mortalités enregistrées sont de 94 % pour la souche BOBO et s'étendent de 95 à 100 % pour les souches de Bouaké. À 30 min, il y a seulement 20 % de mortalité chez BR contre 98 % pour BOBO.

Il existe une grande hétérogénéité des échantillons au niveau du TL50, la souche de BOBO se situant en position

moyenne. Mais au bout d'une heure (dose discriminative), la mortalité avoisine les 100 % pour toutes les souches. Il n'y a pas d'évidence de résistance. Le bendiocarb n'a pas pu être testé sur la souche de Katiola.

#### • Propoxur (carbamate) à 0,1 % (figure 3)

Au bout d'une heure de contact à 0,1 %, toutes les souches présentent entre 15 et 40 % de survivants; la sou-

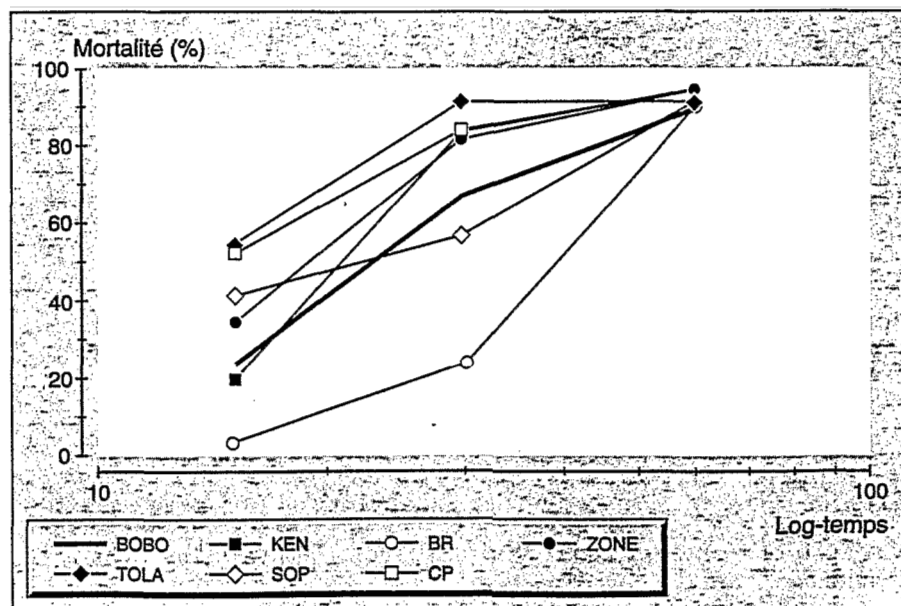


Figure 2. Pourcentage de mortalité des adultes d'*An. gambiae* testés avec le bendiocarb (0,1 %).

Figure 2. Percentage mortality of *An. gambiae* adults in presence of bendiocarb (0.1 %).

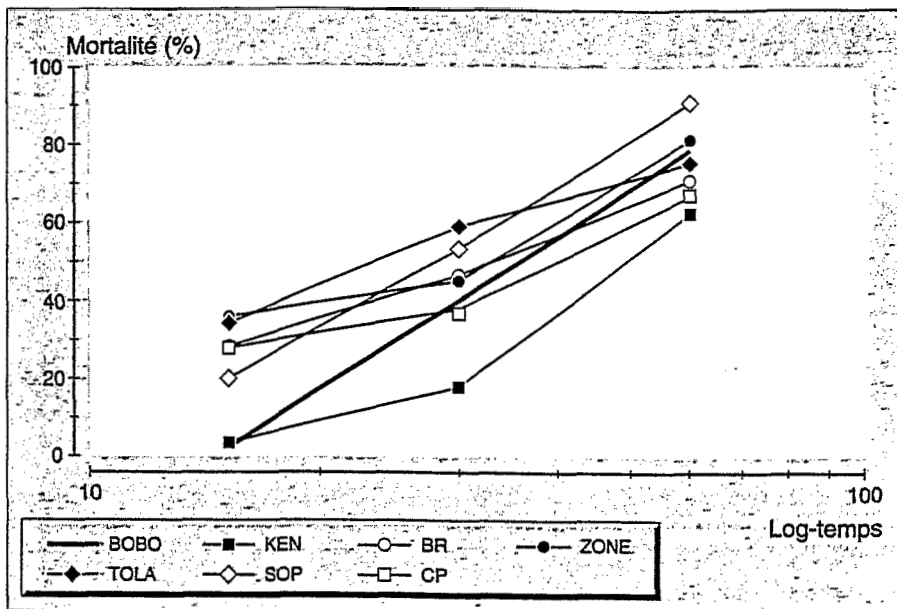


Figure 3. Pourcentage de mortalité des adultes d'*An. gambiae* testés avec le propoxur (0,1%).

Figure 3. Percentage mortality of *An. gambiae* adults in presence of propoxur (0.1%).

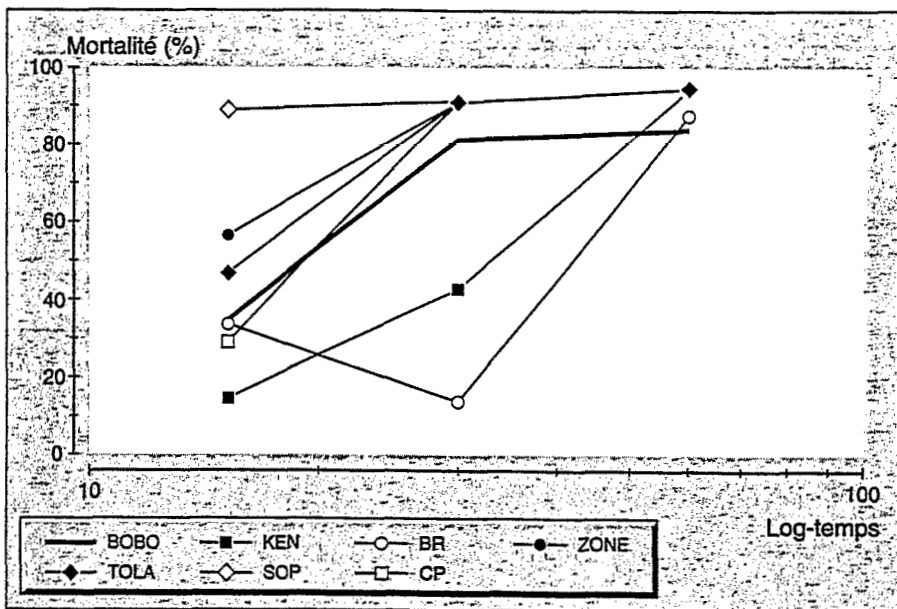


Figure 4. Pourcentage de mortalité des adultes d'*An. gambiae* testés avec le fenitrothion (1%).

Figure 4. Percentage mortality of *An. gambiae* adults in presence of fenitrothion (1%).

che BOBO en a 17%. Une seule souche de Bouaké (SOP) présente 97% de mortalité.

Les TL50 se répartissent entre 20 et 40 minutes. D'après les taux de survie à la dose discriminative, toutes les souches, y compris BOBO qui n'a jamais été en contact avec ce produit, seraient résistantes. Il serait peut être nécessaire

de revoir la dose discriminative avec d'autres souches d'*An. gambiae* ou d'allonger le temps de contact à 2 heures.

Les anophèles de Katiola n'ont pas été testés avec ce produit.

• **Fénitrothion (organophosphoré) à 1%** (figure 4)

La mortalité observée dans la souche

BOBO, après un contact d'une heure avec le fénitrothion (1%), est de 88%. Les taux de mortalité relevés dans les souches de Bouaké sont de 100% sauf pour la souche Broukro dont le taux de mortalité est de 93%. Les larves de cette souche avaient déjà une faible sensibilité à ce produit.

Au niveau de la TL50, il y a de grandes disparités entre les souches, puisque celui-ci varie de moins de 15 min (TOLA) à 20 min (BOBO) et plus de 40 min (BR), mais il y a un remarquable regroupement des TL95 vers 60 min. Ces variations ne permettent pas de dire que les souches sont présumées résistantes.

La souche Katiola n'ayant pu être testée ne figure pas dans ce graphique.

#### • Pyréthriinoïdes

Les expérimentations effectuées avec cette classe d'insecticides ont déjà été décrites [4]. Nous reprenons ici les observations qui ont été faites pour faciliter l'analyse.

La résistance des anophèles de Bouaké à la perméthrine (0,25%) a été prouvée. Vis-à-vis de la lambda-cyhalothrine (0,1%) et de la deltaméthrine (0,025%), la mortalité est de l'ordre de 95%. Cependant, il convient de noter une chute considérable de l'effet *knock-down* de ces deux produits.

## Conclusion

Nos recherches montrent qu'*An. gambiae* issu des rizières de Bouaké est sensible, à l'état larvaire, aux organophosphorés testés: malathion, temephos, chlorpyrifos et fénitrothion, mais résistant au DDT.

Les adultes de ces anophèles sont:

- sensibles au bendiocarb et au fénitrothion;

- résistants au DDT, au propoxur et à la perméthrine;

- montrent une baisse significative de l'effet *knock-down* vis-à-vis de la deltaméthrine et de la lambda-cyhalothrine [4] qui pourrait être interprétée comme un début de résistance.

Partis de l'hypothèse que les traitements agricoles provoquent le développement de la résistance des anophèles aux insecticides utilisés en santé publique, nous sommes amenés à des conclusions très différentes. En effet, la résistance à la perméthrine et la baisse de l'effet *knock-down* de la deltaméthrine et de

la lambda-cyhalothrine sont limitées au périmètre urbain de Bouaké et ne se rencontrent pas dans la zone rurale de Katiola. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse que la résistance aux pyréthri-noïdes soit due à leur emploi massif dans l'usage domestique (bombes Timor® à la deltaméthrine). Cette vue est corroborée par la présomption de résistance au propoxur, abondamment pulvérisé dans les maisons avec les bombes Baygon®. Mais il faut faire preuve de beaucoup de réserve car la deltaméthrine et un carbamate, le Furadan®, sont utilisés en riziculture. La résistance aux pyréthri-noïdes est un phénomène très important dans la mesure où elle risque d'hypothéquer l'usage des moustiquaires imprégnées, seule solution opérationnelle de remplacement aux traitements intradomiciliaires. Mais avant de prendre une position alarmiste, il faut déterminer l'extension spatiale de la résistance en zone rurale et étudier dans quelle mesure cette résistance nuit au bon fonctionnement des moustiquaires imprégnées ■

---

## Résumé

Des études sur la sensibilité d'*Anopheles gambiae* aux insecticides ont été menées dans des zones de riziculture en Côte-d'Ivoire.

Les populations larvaires d'*An. gambiae* de ce pays sont résistantes au DDT mais sensibles aux insecticides organophosphorés.

Les populations adultes issues des environs de Bouaké sont résistantes au DDT et à la perméthrine. Elles présentent une forte présomption de résistance au propoxur. L'effet *knock-down* de la deltaméthrine et de la lambda-cyhalothrine est retardé et considérablement diminué.

La souche témoin de Bobo-Dioulasso, ainsi que des populations provenant de la zone de Katiola, éloignée de la ville, sont toujours sensibles aux trois pyréthri-noïdes.

La résistance aux pyréthri-noïdes dans Bouaké a peut-être été sélectionnée par l'utilisation intensive des bombes insecticides à usage domestique.

---

## Références

1. Mouchet J. Agriculture and vector resistance. *Insect Sci Applic* 1988; 9: 297-302.
2. Sales S, Mouchet J. Évaluation de la sensibilité aux insecticides des moustiques adultes par exposition à une concentration unique pendant un temps de contact variable. WHO/VBC 1973; 73.428.
3. World Health Organisation. Vector resistance to pesticides. 15th report of the WHO Expert Committee on Vector Biology and Control. *Technical Report series* 1992; 818.
4. Éliassa N, Mouchet J, Rivière F, Meunier JY, Yao K. Resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to pyrethroids in Côte-d'Ivoire. *Ann Soc Belge Med Trop* 1993; 73: 291-4.

---

## Remerciements

Nous remercions le Dr Kane, secrétaire général de l'OCCGE, qui a eu l'obligeance de nous accueillir à l'Institut Pierre-Richet, ainsi que Mme Juntunen, de McNamara Fellowship Program pour son appui efficace. Nous avons apprécié l'aide sur le terrain de MM. Duval et Dossou-Yovo. Nous remercions M. White de ICI et M. Invest de Roussel Uclaf pour nous avoir gracieusement procuré les pyréthri-noïdes testés lors de cette étude. Cette recherche a bénéficié d'une aide financière du programme McNamara Fellowship Program — Banque mondiale.

---