

ENTOMOLOGIE MÉDICALE

Un outil expérimental indispensable à l'évaluation des insecticides : les cases-pièges.

F. Darriet (1)*, R. N'Guessan (2), J.-M. Hougard (1), M. Traoré-Lamizana (2) & P. Carnevale (1)

(1) Laboratoire de lutte contre les insectes nuisibles, 911 Avenue Agropolis, BP 64501,34394 Montpellier Cedex 5, France.

Tél : (33) 04 67 04 19 23, Fax (33) 04 67 54 20 44.*E-mail : darriet@mpl.ird.fr

(2) Centre Pierre Richet, BP 1500, Bouaké 01, Côte d'Ivoire.

Manuscrit n°2415. "Entomologie médicale". Reçu le 25 mars 2002. Accepté le 18 septembre 2002.

Summary: An experimental tool essential for the evaluation of insecticides: the experimental huts.

The following study analyses the potentialities of the experimental huts built in M'be Valley (Côte d'Ivoire) where the evaluations of the insecticide products have been carried out for many years in line with the WHOPES protocol on the methodology of stage 2 assays.

Starting a testing station first requires a good knowledge of the sensitivity of *Anopheles gambiae* to the main insecticide families. Then thanks to the experimental huts the efficacy of the various means of treatment can be compared with the one in untreated huts; this study focuses on house spraying using 100 mg a.i./m² and bednets impregnated with lambda-cyhalothrin at a dose of 15 mg a.i./m².

The fipronil used in house spraying doesn't show any repellent effect, however it does have an irritating effect that increases the natural exophily of *An. gambiae* females entering the testing huts. The blood-feeding rate recorded in the treated huts was reduced to 24% and to 38% mortality rate consisting mainly of a 24 hours delayed mortality. The bednets treated with lambda-cyhalothrin have greatly reduced the contact between man and vector since the entry rate of *An. gambiae* females was cut down by 68% compared to the control. The exophily of this anopheles was twofold greater with the impregnated bednets and the blood-feeding rate reduced to 47%. Finally the global mortality rate, two thirds of immediate mortality, one third of delayed mortality, reached 35%.

The experimental huts in the M'be Valley therefore provide essential information regarding the selection of the most efficacious insecticides against *An. gambiae*. This experimental method must be extended to other sites in order to finalize ever more selective and appropriate means of control against nuisance and disease-vector mosquitoes.

Résumé :

La présente étude analyse les potentialités des cases-pièges construites dans la Vallée du Mbé (Côte d'Ivoire) où sont menées, depuis plusieurs années, des évaluations de produits insecticides selon la méthodologie des essais en phase 2 du protocole WHOPES.

L'implantation d'une station expérimentale nécessite au préalable de bien connaître la sensibilité d'*Anopheles gambiae* aux grandes familles insecticides. Les cases-pièges permettent ensuite de suivre, par rapport à des cases non traitées, l'efficacité de différents modes de traitement. Dans cette étude, il est comparé les performances d'aspersions intradomiciliaires réalisées avec du fipronil à 100 mg m.a./m² et de moustiquaires imprégnées à la lambda-cyhalothrine à la dose de 15 mg m.a./m².

Le fipronil utilisé en aspersion intradomiciliaire ne manifeste pas d'effet dissuasif, par contre il possède un effet irritant qui augmente l'exophilie naturelle des femelles d'*An. gambiae* qui entrent dans les cases-pièges. Le taux de gorgement relevé dans les maisons traitées a été réduit de 24 % et la mortalité de 38 % est essentiellement constituée d'une mortalité différée à 24 heures. Les moustiquaires traitées à la lambda-cyhalothrine ont considérablement diminué le contact homme/vecteur puisque le taux d'entrée des femelles d'*An. gambiae* a été abaissé de 68 % par rapport au témoin. L'exophilie de cet anophèle a été accentuée de deux fois par les moustiquaires traitées et les taux de gorgement réduits de 47 %. Enfin le taux de mortalité globale a été de l'ordre de 35 % réparti en deux tiers de mortalité immédiate et un tiers de mortalité différée.

Les cases-pièges de la Vallée du M'bé fournissent des informations indispensables à la sélection des insecticides les plus efficaces contre *An. gambiae*. Ce mode d'étude devrait être étendu à d'autres sites pour mettre au point des méthodes de lutte toujours plus sélectives et adaptées contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies.

Introduction

Les échecs enregistrés lors des campagnes de lutte contre les vecteurs du paludisme sont le plus souvent liés à des connaissances trop limitées du comportement naturel des

anophèles et de celui qui est induit par la présence d'insecticide dans les habitations. Par exemple, l'irritabilité du DDT entraîne un comportement de fuite ou d'évitement, de sorte que le moustique a tendance à quitter les maisons traitées avant d'avoir absorbé la dose létale. Les populations

experimental hut
evaluation
insecticide
fipronil
lambda-cyhalothrin
Anopheles gambiae
M'be Valley
Côte d'Ivoire
(Ivory Coast)
Sub-Saharan Africa

case-piège
évaluation
insecticide
fipronil
lambda-cyhalothrine
Anopheles gambiae
Vallée du M'bé
Côte d'Ivoire
Afrique intertropicale

culicidiennes survivent alors à l'extérieur des maisons et ne reprennent leur comportement endophile habituel qu'à la fin de la période d'activité du produit. La lutte antivectorielle doit s'appuyer sur l'utilisation raisonnée des insecticides. Or, pour estimer l'efficacité globale de ces produits sur les populations de moustiques, il est capital de disposer sur le terrain d'un outil fiable et standardisé.

Le concept de case-piège a été élaboré dans les années 1950 pour étudier le comportement des moustiques à l'intérieur des maisons, mais aussi pour mieux cerner l'impact du DDT utilisé en aspersions intradomiciliaires (17). Les cases-pièges ont été utilisées dans de nombreuses régions du monde, principalement en Afrique sub-saharienne. Par exemple, en 1962, à la demande de l'Organisation mondiale de la santé, dix-huit cases-pièges ont été construites dans le village de Koumbia (Burkina-Faso) ; la moitié de ces cases étant pourvues de fenêtres-pièges (l'équivalent d'une fenêtre de sortie) et l'autre moitié de vérandas-pièges (l'équivalent d'une porte de sortie). Ces maisons visaient à préciser le mode d'action du DDT sur *Anopheles gambiae*, le principal vecteur du paludisme en Afrique au sud du Sahara. La comparaison des deux types de cases-pièges a montré que celles pourvues de fenêtres-pièges retardaient la sortie des moustiques, ce qui entraînait une sur-estimation du pouvoir létal de l'insecticide testé. Par contre, les cases possédant une véranda-piège ne présentaient pas cet inconvénient et semblaient plus adaptées à l'évaluation des insecticides (4).

Ces résultats ont abouti, en 1968, à la construction de la station expérimentale de Soumouso (Burkina-Faso) située à 40 kilomètres au sud-est de la ville de Bobo-Dioulasso. L'ensemble de la station comprenait vingt cases-pièges pourvues de vérandas, construites dans le style traditionnel et constituées, chacune, d'une pièce d'habitation. Les matériaux utilisés pour l'édification des maisons étaient principalement des produits de la savane environnante : des briques en terre compactée (banco) ainsi que du bois et de la paille. Durant sa période d'activité (1968-1993), la station a été un Centre Collaborateur de l'OMS et de nombreux insecticides ont été étudiés en aspersions intradomiciliaires (6, 13). C'est dans cette station également que des moustiquaires imprégnées de perméthrine ont pour la première fois été évaluées en cases-pièges. C'est d'ailleurs à partir de cette étude pionnière (10) que les moustiquaires imprégnées d'insecticide sont devenues l'une des méthodes préconisées par de nombreux programmes nationaux de lutte contre le paludisme.

Cependant, en 1992, étaient découvertes dans la ville de Bouaké (Côte d'Ivoire), les premières populations d'*An. gambiae* résistantes aux pyréthri-noïdes (11). Une étude plus élargie de la résistance des vecteurs du paludisme à cette famille d'insecticides a permis de mieux connaître la distribution de ce caractère en fonction des activités agricoles (1, 14). Il a ainsi été possible d'identifier, à la proximité de Bouaké, le village de Yaokoffikro où *An. gambiae* est résistant aux pyréthri-noïdes (8). Une autre zone située dans la Vallée du M'bé a révélé une population d'*An. gambiae* encore sensible à la deltaméthrine, à la lambda-cyhalothrine et au DDT, mais résistante à la perméthrine et à l'alpha-cyperméthrine (2). Une station a été construite dans chacune de ces deux zones. Les deux stations se composent d'une nouvelle génération de cases-pièges puisque, contrairement à Soumouso où les maisons étaient de facture traditionnelle, les habitations de Yaokoffikro et de M'bé ont été édifiées avec des matériaux modernes de construction.

La présente étude démontre les potentialités des cases-pièges en prenant pour exemple deux évaluations menées à la station de la Vallée du M'bé ; la première centrée sur l'évaluation du

fipronil (phénylpyrazole) en aspersions intradomiciliaire et la deuxième sur l'étude de la lambda-cyhalothrine (pyréthri-noïde) en imprégnation de moustiquaires.

Matériels et méthodes

La zone d'étude

La station, qui se compose de dix cases-pièges, est implantée à 40 kilomètres au nord de Bouaké. Elle a été construite en novembre 1997, dans la vallée rizicole du M'bé, pour évaluer l'efficacité de nouveaux insecticides et formulations sur les vecteurs du paludisme. Dans cette zone, l'Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) entretient de nombreux casiers rizicoles qui constituent de remarquables gîtes larvaires propices au développement d'*An. gambiae*. Le climat de type tropical humide (savane guinéenne) se caractérise par une saison sèche qui s'échelonne de novembre à mars et d'une saison pluvieuse d'avril à octobre. La pluviométrie, qui varie de 1200 à 1500 mm par an, couplée à des températures de 29 à 35 °C le jour et de 16 à 22 °C la nuit, permet, à l'intérieur du périmètre irrigué, deux récoltes de riz par an : la première en décembre-janvier et la deuxième en juin-juillet.

Le vecteur du paludisme le plus représenté dans la vallée du M'bé est *An. gambiae* s.s. qui, à lui seul, représente 68% des moustiques capturés (9). Cette population d'*An. gambiae* s.s. se compose à 95% de la forme moléculaire M et à 5% de la forme moléculaire S. Le gène *Kdr* responsable de la résistance croisée pyréthri-noïde-DDT n'a été isolé que sur la forme S, ce qui représente, sur l'ensemble de la population, une fréquence allélique de 4% (3).

La sensibilité de la population d'*An. gambiae* de M'bé aux insecticides

La sensibilité de la population naturelle de M'bé aux insecticides a été comparée à celle de la souche de référence sensible Kisumu, originaire du Kenya et maintenue à l'insectarium de l'Institut Pierre Richet de Bouaké.

Les tests ont été effectués dans des cylindres-tests OMS avec des papiers imprégnés aux doses diagnostiques des insecticides suivants :

pyréthri-noïdes

- deltaméthrine et lambda-cyhalothrine à 0,05 % (0,0182 g m.a./m²) (16) ;

organo-chorés

- DDT à 4 % (1,456 g m.a./m²) (16)
- dieldrine à 0,4 % (0,146 g m.a./ m²) (16)

phénylpyrazoles

- fipronil à 0,25 % (0,0191 g m.a./m²) (12)

organo-phosphorés

- féntrothion à 1 % (0,364 g m.a./ m²) (16)

carbamates

- propoxur à 0,1 % (0,0364 g m.a./ m²) (16).

Les lots de moustiques sont restés en contact avec les papiers imprégnés pendant une heure et la lecture de la mortalité a été faite après 24 heures d'observation.

Description des cases-pièges

Les cases-pièges ont pour dimensions 3,50 mètres de longueur sur 2 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur. Elles sont constituées d'une pièce d'habitation dont les murs sont en parpaings crépis de ciment, le sol en ciment, la charpente

en bois et le toit en tôles ondulées. Une bâche en plastique est tendue en-dessous des tôles pour faciliter la capture des moustiques sur le plafond. Les matériaux employés sont achetés à Bouaké et sont habituellement utilisés pour la construction des maisons dans la région.

Les maisons sont équipées de quatre ouvertures contrôlées (chicanes en bois) qui permettent l'entrée des moustiques dans la case, mais empêchent leur sortie, et d'une véranda-piège en moustiquaire rigide, l'équivalent d'une porte de sortie pour les moustiques (photo 1).

Les dix cases-pièges sont alignées face au périmètre rizicole.

Photo 1.

Cases-pièges de la station expérimentale de la vallée rizicole du M'Bé (Côte d'Ivoire).
Experimental huts of the testing station in the rice-field valley of M'Be (Côte d'Ivoire).



Les captures dans les cases-pièges

Pour mener une évaluation insecticide en phase 2 du protocole WHOPEs, l'étude doit être agréée par le comité d'éthique des autorités nationales du pays (ministère de la santé).

Chaque nuit, une personne s'installe dans une case-piège traitée ou non et y demeure de 20 heures à 5 heures. Lors de la première capture, les dormeurs sont tirés au sort pour leur emplacement dans les cases-pièges, puis procèdent à une permutation circulaire à chaque séance pour éviter l'attraction particulière que certains pourraient avoir. Les captures sont faites deux matins par semaine, à 5 heures et 8 heures, dans chaque condition expérimentale.

Lors des captures, les moustiques sont récoltés individuellement dans des tubes puis identifiés et triés en différents lots (morts/vivants ; à jeun/gorgés) et étiquetés en fonction de l'heure et du lieu de la capture : à l'intérieur et à l'extérieur de la moustiquaire, sur les murs et le plafond de la case et dans la véranda-piège. Les après-midi qui précèdent les nuits de capture, les moustiques sont évacués de la case-piège et le sol est balayé pour éliminer les moustiques morts.

Dans les cases-pièges, quatre indicateurs entomologiques sont utilisés pour évaluer l'influence des insecticides :

- effet dissuasif = réduction du taux d'entrée, obtenu en comparant les nombres de moustiques capturés dans les cases traitées et dans les cases témoins ;

- effet d'expulsion = augmentation du taux de sortie, obtenu en relevant le nombre de femelles récoltées dans les vérandas-pièges et dans les maisons elles-mêmes, ce qui permet de chiffrer l'exophilie naturelle (cases témoins) et l'exophilie induite par la présence d'un insecticide ;

- effet d'inhibition = réduction du taux de gorgement, obtenu en comparant le nombre de femelles gorgées avec le total de spécimens capturés, ce qui permet d'évaluer leur taux de gorgement dans les cases témoins et celles traitées ;

- effet létal = augmentation du taux de mortalité. Les femelles récoltées mortes (mortalité immédiate) sont identifiées et comptées juste après leur capture. Les femelles prises vivantes sont mises en observation pendant 24 heures au laboratoire dans des gobelets en plastique pourvus d'un tampon d'eau miellée. Les moustiques morts en observation constituent la mortalité différée. La mortalité globale est obtenue par le cumul des mortalités immédiate et différée.

Pour illustrer les modifications de comportement d'*An. gambiae* induites par différents modes de traitement, nous présentons les résultats de deux expérimentations ; l'une conduite sur des aspersions (traitement des murs et du plafond) des cases-pièges avec du fipronil à la dose de 100 mg de matière active (m.a.)/m² (water granule à 80 %) et l'autre effectuée sur des moustiquaires intactes, imprégnées à la lambda-cyhalothrine à la dose de 15 mg de m.a./m² (suspension micro-encapsulée à 2,5 %). Ces études ont été réalisées d'octobre 1998 à mars 1999 pour le fipronil et de décembre 1998 à septembre 1999 pour la lambda-cyhalothrine.

Résultats

Sensibilité des souches d'*An. gambiae* Kisumu et M'bé aux insecticides

La souche Kisumu est sensible aux doses diagnostiques de tous les insecticides testés avec des pourcentages de mortalité de 96 % pour le fipronil et de 100 % pour les autres produits (figure 1).

La population naturelle de M'bé est sensible à la deltaméthrine et à la lambda-cyhalothrine (pyréthrinoides), au DDT (organo-chloré), au fénitrothion (organo-phosphoré) et au propoxur (carbamate). Par contre, elle est résistante à la dieldrine (organo-chloré cyclodiène) et au fipronil (phénylpyrazole) (figure 2).

Figure 1.

Sensibilité d'*Anopheles gambiae* sensible souche Kisumu aux doses diagnostiques de deux pyréthrinoides (deltaméthrine, lambda-cyhalothrine), deux organochlorés (DDT, dieldrine), un phénylpyrazole (fipronil), un organophosphoré (fénitrothion) et un carbamate (propoxur).
Susceptibility of *Anopheles gambiae* Kisumu sensitive strain at the diagnostic doses of two pyrethroids (deltamethrin, lambda-cyhalothrin), two organochlorines (DDT, dieldrin), one phenylpyrazol (fipronil), one organophosphate (fenitrothion) and one carbamate (propoxur).

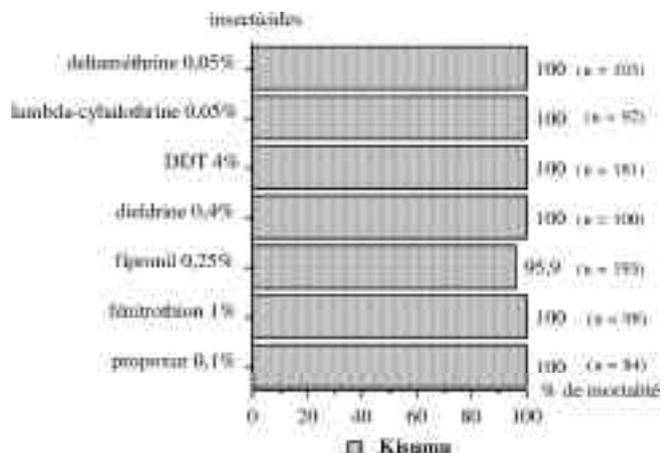
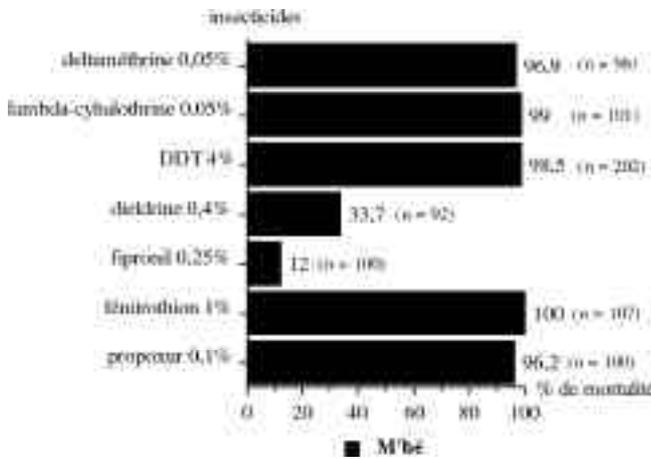


Figure 2.

Sensibilité d'*Anopheles gambiae* souche M'bé aux doses diagnostiques de deux pyréthrinoides (deltaméthrine, lambda-cyhalothrine), deux organochlorés (DDT, dieldrine), un phénylpyrazole (fipronil), un organophosphoré (fénitrothion) et un carbamate (propoxur).

Susceptibility of *Anopheles gambiae* M'be strain at the diagnostic doses of two pyrethroids (deltaméthrin, lambda-cyhalothrin), two organochlorines (DDT, dieldrin), one phenylpyrazol (fipronil), one organophosphate (fenitrothion) and one carbamate (propoxur).



Influence du fipronil et de la lambda-cyhalothrine sur le comportement d'*An. gambiae* dans les cases-pièges

Les résultats sont colligés dans le tableau I.

Effet dissuasif

Par rapport aux maisons témoins, les effectifs d'*An. gambiae* capturés dans les cases traitées ont montré que les taux d'entrée n'ont pas été réduits par les aspersions intradomiciliaires réalisées avec le fipronil, mais, par contre, diminués de 68 % dans les cases-pièges pourvues de moustiquaires imprégnées à la lambda-cyhalothrine.

Effet d'expulsion

L'exophilie induite par le traitement des cases au fipronil a été de 40,5 % contre 28,4 % dans la maison témoin ($p < 0,001$). Dans les cases pourvues de moustiquaires imprégnées à la lambda-cyhalothrine, l'exophilie a été deux fois plus élevée que dans la maison témoin (respectivement 80,5 et 38,7 %).

Effet d'inhibition

Par rapport à leurs témoins respectifs, les pourcentages de gorgement ont été réduits de 24 % avec les aspersions au

fipronil ($p < 0,001$) et de 47 % avec les moustiquaires traitées à la lambda-cyhalothrine. Par ailleurs, les taux de gorgement relevés dans les cases non traitées montrent que 80 % des femelles d'*An. gambiae* prennent leur repas de sang lorsque le dormeur ne bénéficie d'aucune protection (case sans moustiquaire). Lorsque l'occupant de la case passe la nuit sous une moustiquaire intacte non traitée, le pourcentage de gorgement n'est plus que de 24 %, ce qui, par rapport à un sujet non protégé, représente une réduction de 70 %.

Effet léthal

Dans la case dépourvue de moustiquaire, la mortalité naturelle s'est élevée à 8,6 %, répartie en 1/10e de mortalité immédiate et 9/10e de mortalité différée. Avec une moustiquaire intacte non traitée, cette mortalité a été de 7,4 % avec une moitié de mortalité immédiate et l'autre moitié de mortalité différée.

La mortalité liée au fipronil a été de 38 % avec des femelles d'*An. gambiae* mortes principalement au cours des 24 heures d'observation (mortalité différée). La mortalité globale induite par les moustiquaires imprégnées à la lambda-cyhalothrine a été de 35 %, réparties en 2/3 de mortalité immédiate et 1/3 de mortalité différée.

Discussion

Pour lutter contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies, le choix d'un insecticide n'est pas toujours facile pour les responsables de la santé qui doivent intégrer les notions d'efficacité des traitements, de leur non toxicité sur l'homme ainsi que du rapport coût/efficacité. Les moustiquaires imprégnées ont été incluses dans les programmes nationaux de lutte contre le paludisme et le programme *Roll Back Malaria* de l'OMS vise à multiplier par 30, dans les cinq années à venir, le nombre de personnes possédant une moustiquaire imprégnée en Afrique au sud du Sahara. À ce jour, seuls les pyréthrinoides peuvent être utilisés pour ces imprégnations, car ils sont efficaces à faibles doses, possèdent une rapidité d'action inégalable (effet knock down), un fort pouvoir répulsif et irritant sur les moustiques, ainsi que peu de toxicité sur l'homme. Ce sont actuellement des produits de choix pour la lutte antivectorielle (5, 15) mais l'apparition et l'évolution de la résistance d'*An. gambiae* à ces insecticides (7), ont soulevé le problème de leurs limites d'efficacité sur les vecteurs du paludisme. Or, reprendre l'évaluation de nouveaux insecticides et de nouvelles formulations nécessite de reconstruire des cases-pièges. L'implantation d'une station expérimentale demande, au préalable, une connaissance de la sensibilité aux insecticides des populations de moustiques qui vivent dans les localités envisagées pour abriter les stations. Dans une zone où les moustiques sont génétiquement résistants, la construction de cases-pièges va permettre de mieux connaître l'impact de ces phénomènes sur l'efficacité des insecticides. Dans un site où les populations de moustiques sont sensibles, une station expérimentale devient un outil de référence, capable de mesurer l'efficacité des insecticides selon la méthodologie habituelle des essais en phase 2 du protocole WHOPES.

Dans la station de la Vallée du M'bé où se conduisent actuellement la plupart des évaluations insecticides en phase 2, la population d'*An. gambiae* s.s. est sensible au DDT ainsi qu'aux deux pyréthrinoides les plus utilisés en santé publique: la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine. Cette sensibilité s'explique par une fréquence allélique du gène *Kdr* de 4 % seulement (3). Cette souche s'est montrée également sensible au fénitrothion et au propoxur, mais résistante au couple dieldrine/fipronil. Le fipronil est un insecticide qui bloque le

Tableau I.

Evaluation du fipronil en asperion intradomiciliaire de cases-pièges et de la lambda-cyhalothrine en imprégnation de moustiquaires à la station expérimentale de M'bé (Côte d'Ivoire) vis-à-vis des populations naturelles d'*Anopheles gambiae*.
Evaluation of fipronil in the house spraying of experimental huts and of bednets impregnated with lambda-cyhalothrin at the experimental station of M'be (Côte d'Ivoire) against the natural populations of *Anopheles gambiae*.

	témoin (1 case)	WG ^a 100 mg m.a./m ² (2 cases)	témoin (1 case)	CS ^b 15 mg m.a./m ² (2 cases)
nombre de femelles capturées	n = 1546	n = 4945 + 60%	n = 3294	n = 2141 - 68%
nombre de femelles capturées dans la véranda-piège	n = 439 28,4%	n = 2002 40,5%	n = 1276 38,7%	n = 1724 80,5%
nombre de femelles gorgées	n = 1238 80,1%	n = 3014 61,0%	n = 796 24,2%	n = 277 12,9%
nombre de femelles mortes	n = 133 8,6%	n = 1901 38,4%	n = 243 7,4%	n = 741 34,6%
nombre de femelles mortes immédiatement	n = 10 7,5%	n = 358 18,8%	n = 128 52,7%	n = 558 75,3%
nombre de femelles mortes en différé	n = 123 92,5%	n = 1543 81,2%	n = 115 47,3%	n = 183 24,7%

a water granule
b suspension microencapsulée

transport des ions Cl⁻ au niveau du système nerveux central et agit donc sur les mêmes sites que la dieldrine; ce qui explique la résistance croisée observée avec ces deux insecticides.

Le fipronil, utilisé en aspersion intradomiciliaire, n'a pas présenté d'effet dissuasif mais a manifesté un effet d'expulsion certain, avec 1,4 fois plus de moustiques capturés dans la véranda-piège des cases traitées. Les taux de gorgement relevés dans ces mêmes cases traitées ont été réduits de 24 % et la mortalité de 38 % a été essentiellement constituée d'une mortalité différée à 24 heures. Les performances du fipronil utilisé en aspersions intradomiciliaires sont intéressantes, d'autant que la population d'*An. gambiae* de la Vallée du M'bé est résistante à cet insecticide. Cependant, le fipronil ne possède pas le pouvoir répulsif et irritant ni l'efficacité et la rapidité d'action (effet knock down) des pyréthrinoides. En effet, les moustiquaires traitées par lambda-cyhalothrine montrent qu'elles ont diminué, par rapport à la condition témoin, de 68 % le contact homme/vecteur et abaissé de 47 % le taux de gorgement. L'exophilie a été accentuée de deux fois et la mortalité globale a été de 35 %, dont les deux tiers surviennent peu après le contact avec l'insecticide (mortalité immédiate); le tiers restant après 24 heures d'observation.

Depuis un demi-siècle, les évaluations réalisées en phase 2 ont fourni une multitude d'informations nécessaires à la sélection des insecticides les plus actifs contre les moustiques. Récemment, des études menées dans les cases-pièges des stations de Yaokoffikro (*An. gambiae* résistant) et de la vallée du M'bé (*An. gambiae* sensible) ont permis de comparer l'efficacité de moustiquaires imprégnées de pyréthrinoides. Ces travaux ont montré que les moustiquaires imprégnées conservaient leur efficacité, même dans une zone où *An. gambiae* est résistant aux pyréthrinoides (8, 9). La lutte antivectorielle repose donc sur des évaluations qui sont menées sur le terrain et, de nos jours, force est de constater qu'il n'existe pas de système expérimental plus performant que les cases-pièges.

Remerciements

Nous remercions la division WHOPES de l'Organisation mondiale de la santé pour avoir financé ces travaux ainsi que les groupes Zeneca et Aventis pour nous avoir fourni, respectivement, les formulations de lambda-cyhalothrine et de fipronil utilisées pour cette étude.

Références bibliographiques

1. CHANDRE F, DARRIET F, MANGA L, AKOGBETO M, FAYE O *et al.* - Status of pyrethroids resistance in *Anopheles gambiae* s.l. *Bull Org Mond Santé*, 1999, **77**, 230-234.
2. CHANDRE F, DARRIET F, MANGUIN S, BRENGUES C, CARNEVALE P *et al.* - Pyrethroid cross resistance spectrum among populations of *Anopheles gambiae* s.s. from Côte d'Ivoire. *J Am Mosquito Control Ass*, 1999, **15**, 53-59.

3. CHANDRE F, MANGUIN S, BRENGUES C, DOSSOU YOVO J, DARRIET F *et al.* - Current distribution of pyrethroids resistance gene (kdr) in *Anopheles gambiae* complex from West Africa and further evidence for reproductive isolation for the Mopti form. *Parasitologia*, 1999, **41**, 319-322.
4. COZ J, EYRAUD M, VENARD P, ATTIOU B, SOMDA D *et al.* - Expérience en Haute-Volta sur l'utilisation de cases-pièges pour la mesure de l'activité du DDT contre les moustiques. *Bull Org Mond Santé*, 1965, **33**, 435-452.
5. CURTIS CF, MILLER JE, HASSAN HODJATI M, KOLACZINSKI JH & KASUMBA I - Can Anything be done to maintain the effectiveness of pyrethroids impregnated bednets against malaria vector? *Phil Trans R Soc Lond B*, 1998, **353**, 1769-1775.
6. DARRIET F - *La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies*. Coéditions Karthala-Orstom, Collection Economie et Développement, 1998, 114 pages.
7. DARRIET F, GUILLET P, CHANDRE F, N'GUESSAN R, DOANNIO JMC *et al.* - Présence et évolution de la résistance aux pyréthrinoides 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 pages.
8. DARRIET F, GUILLET P, N'GUESSAN R, DOANNIO JMC, KOFFI AA *et al.* - Impact de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.s. à la perméthrine et à la deltaméthrine sur l'efficacité des moustiquaires imprégnées. *Méd Trop*, 1998, **58**, 349-354.
9. DARRIET F, N'GUESSAN R, KOFFI AA, KONAN L, DOANNIO JMC *et al.* - Impact de la résistance aux pyréthrinoides sur l'efficacité des moustiquaires imprégnées dans la prévention du paludisme : résultats des essais en cases expérimentales avec la deltaméthrine SC. *Bull Soc Pathol Exot*, 2000, **93**, 131-134.
10. 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 pages.
11. ELISSA N, MOUCHET J, RIVIERE F, MEUNIER JY & YAO K - Resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to pyrethroids in Côte d'Ivoire. *Ann Soc Belge Méd Trop*, 1993, **73**, 291-294.
12. FINOT L, DUCHON S, CHANDRE F & GUILLET P - *Laboratory investigations of the activity of fipronil against mosquitoes*. Report LIN/IRD, 1997, 38 pages.
13. HERVY JP, COOSEMANS MH & BRENGUES J - *Evaluation d'insecticides contre les adultes de moustiques en Afrique de l'Ouest. Bilan de dix-sept années d'expérimentation sur le terrain effectuées en Haute Volta*. 19^e Conférence technique OCCGE, Bobo-Dioulasso, 5-8 juin 1979, Document technique OCCGE n° 7353/80, 14 pages.
14. KOFFI AA, DARRIET F, N'GUESSAN R, DOANNIO JMC & CARNEVALE P - Evaluation au laboratoire de l'efficacité insecticide de l'alpha-cyperméthrine sur les populations d'*Anopheles gambiae* de Côte d'Ivoire résistantes à la perméthrine et à la deltaméthrine. *Bull Soc Pathol Exot*, 1999, **92**, 62-66.
15. LENGELER C, CATTANI J & DE SAVIGNY D - *Net gain. A new method for preventing malaria deaths*. IDRC Ottawa/ OMS Genève, 1996, 189 pages.
16. OMS - Report of the Who Informal Consultation. Tests Procedures for Insecticide Resistance Monitoring in Malaria Vector, Bio-Efficacy and Persistence of Insecticides on Treated Surfaces. Document miméographié OMS, 1998, *WHO/CDS/CPC/MAL/98.12*, 43 pages.
17. WHARTON RH - The behaviour and mortality of *Anopheles maculatus* and *Culex fatigans* in experimental huts treated with DDT and BHC. *Bull Entomol Res*, 1951, **42**, 1-20.