



**PRESENCE ET EVOLUTION DE LA RESISTANCE AUX PYRETHRINOIDES ET
AU DDT CHEZ DEUX POPULATIONS D'ANOPHELES GAMBIAE S.S. D'AFRIQUE
DE L'OUEST.**

par
F./Darriet¹, P./Guillet², F./Chandre², R. N'Guessan¹,
J.M.C. Doannio¹, F./Rivière¹ et P./Carnevale¹

medecine
ierre
abie
ndinois
ierre

Résumé

Dans le cadre d'une étude générale sur la résistance des vecteurs du paludisme aux insecticides, deux populations d'*Anopheles gambiae* s.s TOLA et KOU F₀ récoltées respectivement à Bouaké en Côte d'Ivoire et à la Vallée du Kou au Burkina-Faso, ont été trouvées naturellement résistantes à la perméthrine.

Nous avons alors procédé sur ces deux souches à une sélection en laboratoire avec de la perméthrine, pour noter l'évolution de cette résistance à cet insecticide, mais aussi à trois autres pyréthrinoides de synthèse (deltaméthrine, lambda-cyhalothrine et cyfluthrine), à un pseudo-pyréthroïde (étofenprox) et au DDT.

¹ Institut Pierre Richet, OCCGE, BP1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.

² ORSTOM/LIN, Centre collaborateur OMS pour la lutte contre les vecteurs, Montpellier, France.

This document is not issued to the general public, and all rights are reserved by the World Health Organization (WHO). The document may not be reviewed, abstracted, quoted, reproduced or translated, in part or in whole, without the prior written permission of WHO. No part of this document may be stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means - electronic, mechanical or other - without the prior permission of WHO.

The views expressed in documents by named authors are solely the responsibility of those authors.

Ce document n'est pas destiné à être distribué au grand public et tous les droits y afférents sont réservés par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Il ne peut être commenté, résumé, cité, reproduit ou traduit, partiellement ou en totalité, sans une autorisation préalable écrite de l'OMS. Aucune partie ne doit être chargée dans un système de recherche documentaire ou diffusée sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit - électronique, mécanique, ou autre - sans une autorisation préalable écrite de l'OMS.

Les opinions exprimées dans les documents par des auteurs cités nommément n'engagent que les dits auteurs.



Fonds Documentaire ORSTOM
Cote: B* 17422 Ex: 1

Une série de tests de sensibilité régulièrement réalisés avec la perméthrine à 0,25% et 2,5%, la deltaméthrine à 0,025% et le DDT à 4% sur des adultes femelles de ces deux souches ont montré que, l'effet Knock down (KD) et la mortalité diminuaient considérablement au fur et à mesure des sélections.

Un test de résistance croisée effectué sur KOU F₃₂ avec la perméthrine à 1% et 2,5%, la deltaméthrine à 0,05%, la lambda-cyhalothrine à 0,1%, la cyfluthrine à 0,05% et l'étofenprox à 0,25% a révélé que cette souche sélectionnée développait une résistance à l'ensemble de ces insecticides.

Nous avons aussi observé que la résistance des adultes des souches TOLA et de KOU sélectionnées à la perméthrine, s'accompagnait d'une plus forte résistance de leurs larves à cet insecticide.

1. Introduction

Durant les années 1950 à 1960, les campagnes de lutte contre les vecteurs du paludisme en Afrique ont employé du DDT mais cet organochloré fut rapidement remplacé par un cyclodiène moins répulsif : la dieldrine. En 1960, quand les traitements intradomiciliaires au DDT furent stoppés dans la zone pilote de Bobo-Dioulasso (Burkina-Faso), il n'existait encore pas de résistance d'*An. gambiae* à cet insecticide (Hamon *et al.*, 1968) mais les résistances à la dieldrine commençaient à être notées (Hamon *et al.*, 1957).

Dans les années 1965 à 1970, la culture du coton prit un essor considérable en Afrique de l'Ouest en s'étendant à de vastes régions soudano-guinéennes et notamment en Côte d'Ivoire (Madhavi, 1997). Ces cultures ont nécessité l'emploi de grandes quantités de DDT et les traitements insecticides, plus ou moins intensifs selon la densité des ravageurs, ont entraîné l'apparition de populations d'*An. gambiae* résistantes, dont les larves et les adultes proliféraient au sein même et à la proximité de ces zones cotonnières (Mouchet, 1988).

Dans les années 1980, les organochlorés furent progressivement remplacés par les pyréthrinoides de synthèse plus efficaces mais aussi plus sélectifs à l'égard de la faune non cible (Carle, 1985). De nouveau les grandes quantités de pyréthrinoides déversées sur le coton ont favorisé l'apparition de souches d'*An. gambiae* résistantes à la perméthrine (Elissa *et al.*, 1993).

Les pyréthrinoides sont depuis ces quinze dernières années les insecticides les plus utilisés pour les imprégnations de moustiquaires (Carnevale *et al.*, 1992 ; Lindsay *et al.*, 1993 ; Guillet *et al.*, 1996) et les aspersions intradomiciliaires des maisons (Nguyen *et al.*, 1991). Devant l'importance que prend cette famille d'insecticides en santé publique, une étude a été menée en laboratoire pour savoir s'il était possible, par le biais de sélections à la perméthrine, d'accroître les niveaux de résistance de deux souches d'*An. gambiae* à cet insecticide. Nous avons également cherché à savoir si l'impact de ces seules sélections à la perméthrine favorisait l'apparition d'un spectre de résistance croisée avec le DDT, trois autres pyréthrinoides de synthèse, la deltaméthrine, la lambda-cyhalothrine et la cyfluthrine ainsi que d'un pseudo-pyréthrinolide : l'étofenprox.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Récolte et élevage des souches TOLA et KOU F0

Des larves de deux souches d'*An. gambiae* ont été récoltées en 1994 pour TOLA F₀ et en 1995 pour KOU F₀ dans des casiers rizicoles. La souche TOLA F₀ est originaire d'une zone urbaine pourvue de bas fond aménagés en rizière dans la ville de Bouaké en Côte d'Ivoire. La souche KOU F₀ a été récoltée en zone rurale, dans un périmètre rizicole qui se situe à une trentaine de kilomètres au nord de Bobo-Dioulasso au Burkina-Faso. Ces deux souches ont été mises en élevage selon les mêmes modalités que la souche sensible KISUMU originaire du Kenya.

2.2. Technique d'imprégnation des papiers

Tous les papiers imprégnés ont été préparés à notre laboratoire selon un protocole standardisé. L'imprégnation de papiers à la dose diagnostique de 0,25% de perméthrine nécessite la préparation d'une solution acétonique à 1,246 grammes de matière active par litre. Il faut mélanger dans un flacon, 13 ml de cette solution acétonique avec 7 ml de silicone fluide Dow Corning 556 d'une densité de 0,98 à 25°C. Des rectangles de papiers filtre Watmann 90g/m² de 180 cm² (12cm x 15cm) sont imprégnés à l'aide de 2ml du mélange acétone-silicone. Le pipetage de 2 ml de la solution insecticide permet d'imprégner le papier à la dose de 0,25% soit 0,091g m.a. /m². Après 24 heures de séchage à l'air libre, les papiers sont emballés individuellement dans du papier aluminium puis conservés dans un réfrigérateur.

Pour l'imprégnation de papiers à des doses différentes de 0,25%, la concentration en matière active par litre d'acétone est recalculée en fonction de la dose à déposer sur le papier.

2.3. Modalités de sélection des adultes à la perméthrine

La sélection des adultes est effectuée à chaque génération.

Les femelles d'*An. gambiae* âgées de 5 à 7 jours sont nourries sur cobaye 48 et 24 heures avant la sélection.

La sélection est faite avec des cylindres test OMS classique, par contact d'une heure des adultes mâles et des femelles gorgées, avec des papiers imprégnés de perméthrine. Immédiatement après l'épreuve, les adultes survivants sont remis en élevage.

Au cours des générations (F) successives des anophèles, les adultes ont été soumis à des doses croissantes de perméthrine pour sélectionner les adultes résistants.

TOLA F₀: sélection à 0,1g m.a./m²
TOLA F₁: 0,1g m.a./m²
TOLA F₂: 0,2g m.a./m²
TOLA F₃ à F₅: 0,4g m.a./m²
TOLA F₆ à F₁₃: 0,8g m.a./m²
TOLA F₁₄ à F₁₆: 1,2g m.a./m²
TOLA F₁₇ à F₂₇: 1,6g m.a./m²

KOU F₀: sélection à 0,8g m.a./m²
KOU F₁: 0,8g m.a./m²
KOU F₂ à F₈: 1,2g m.a./m²
KOU F₉ à F₂₄: 1,6g m.a./m²
KOU F₂₅: 2,0g m.a./m²
KOU F₂₆ à F₃₃: 2,5g m.a./m²

2.4. Modalités d'évaluation des niveaux de sensibilité des souches TOLA et KOU sélectionnées

Pour les deux souches d'*An. gambiae* sélectionnées, les tests de sensibilité ont été faits régulièrement sur les adultes et sur les larves pour préciser l'évolution de la résistance de ces anophèles au fur et à mesure des générations. Leur sensibilité a été comparée à leurs souches d'origine TOLA et KOU F₀ et à la souche de référence sensible KISUMU.

2.4.1. Tests sur les adultes

Les tests ont été effectués dans des cylindres-test OMS avec des papiers témoins et des papiers imprégnés à plusieurs concentrations d'insecticides :

- perméthrine 25/75 aux concentrations de 0,25% (0,091g m.a. /m²), de 1% (0,364g m.a. /m²) et de 2,5% (0,91g m.a. /m²) ;
- deltaméthrine à 0,025% (0,0091g m.a. /m²) et de 0,05% (0,0182g m.a. /m²) ;
- lambda-cyhalothrine à 0,1% (0,0364g m.a. /m²) ;
- cyfluthrine à 0,05% (0,0182g m.a. /m²) ;
- étoufenprox à 0,25% (0,091g m.a. /m²) ;
- DDT à 4% (1,456g m.a. /m²)

Ces concentrations correspondent aux doses diagnostiques préconisées par l'OMS, exceptions faites des concentrations de 0,05% de deltaméthrine et de 2,5% de perméthrine qui représentent respectivement 2 et 10 fois les doses diagnostiques de ces insecticides. Ces dernières se sont en effet révélées insuffisantes pour déterminer l'augmentation de résistance des deux souches sélectionnées et il nous a fallu accroître les concentrations de ces produits.

Pour les témoins, et pour chaque concentration insecticide, de trois à cinq cylindres-test comprenant chacun 20 femelles d'*An. gambiae* ont été utilisés. Les moustiques sont restés en contact avec les papiers imprégnés pendant une heure. Il est relevé le nombre de femelles knocked down à 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 et 60 minutes. A 60 minutes les moustiques ont été remis dans les cylindres d'observation mais la lecture des moustiques knocked down s'est poursuivie jusqu'à 90 minutes. Le test terminé, un tampon d'eau miellée a été placé sur le cylindre et la lecture de la mortalité a été effectuée après 24 heures. Le temps de KD 95 (95%

cylindre et la lecture de la mortalité a été effectuée après 24 heures. Le temps de KD 95 (95% de moustiques knocked down) de chaque souche a été déterminé à l'aide d'un logiciel d'analyse Log-Probit.

2.4.2. Tests sur les larves

Les essais effectués sur les larves ont été faits avec la perméthrine 25/75 seulement. Une solution-mère à 1000 mg/l de matière active est préparée dans 50 ml d'éthanol à 95%. Cette solution-mère sert à la préparation de 50 ml de solution-fille titrant 100 mg/l (5 ml de solution à 1000 mg/l + 45 ml d'éthanol) qui elle-même sert à préparer une solution à 10 mg/l (5 ml de solution à 100 mg/l + 45 ml d'éthanol). La solution à 10 mg/l sert enfin à l'élaboration de la solution à 1mg/l (5 ml de solution à 10 mg/l + 45 ml d'éthanol).

Dans chaque gobelet, des lots de 20 larves de stade "4 jeune" issues de notre insectarium ont été placées dans 99 ml d'eau distillée auxquels a été ajouté le volume des solutions-mère ou fille adéquat pour obtenir la dose souhaitée. Le volume d'éthanol à 95% doit être toujours égal à 1 ml par gobelet ; il faut donc ajouter la différence en éthanol dans tous les gobelets qui n'ont pas reçu ce volume.

Chaque dose a totalisé cinq gobelets afin d'avoir 100 larves par concentration.

La gamme de concentrations utilisées sur KISUMU a été de 0,0025 ; 0,005 ; 0,01 ; 0,025 et 0,05 mg/l.

Pour les souches naturelles TOLA et KOU F₀ elles ont été de 0,01 ; 0,025 ; 0,05 ; 0,075 ; 0,1 ; 0,2 et 0,4mg/l.

Les doses utilisées sur la souche KOU F₂₀ et F₃₂ ont été de 0,4 ; 0,8 ; 1 ; 1,2 ; 1,8 ; 2,5 ; 3 ; 4 et 5 mg/l.

La lecture des larves mortes et survivantes a été effectuée après un contact de 24 heures. Les CL 50 et 95% ont été calculées avec un logiciel Log-Probit.

3. Résultats

3.1. Tests sur les adultes

Dans aucun des essais réalisés sur les souches KISUMU, TOLA et KOU F₀, TOLA et KOU sélectionnées, la mortalité n'a dépassé 5% dans les lots témoins.

3.1.1. Sensibilité de la souche KISUMU

Quels que soient les insecticides et les doses utilisées, les KD 95 ont toujours été largement inférieurs à une heure et les pourcentages de mortalité, relevés après une heure de contact et 24 heures d'observation, ont été de 100% (Tableau 1 ; Figures 1, 2, 3 et 4).

Les valeurs des KD 95 et les pourcentages de mortalité sont colligées dans le Tableau 2 pour TOLA F₀ et le Tableau 3 pour KOU F₀.

A la dose diagnostique de 0,25% de perméthrine, les KD 95 relevés chez les souches TOLA et KOU F₀ sont respectivement de 7,5 et 10,2 heures avec des pourcentages de mortalité de 63,2 et 31,6% (Figure 1).

A dix fois la dose diagnostique de la perméthrine (2,5%), les KD 95 sont de moins 0,33 heure pour TOLA F₀ (96,7% de KD observé à 20 minutes) et 0,58 heure pour KOU F₀. Par rapport à la dose de 0,25%, la mortalité a considérablement augmenté ; atteignant 98,4% pour TOLA F₀ et 96,6% pour KOU F₀ (Figure 2).

A la dose diagnostique de 0,025% de deltaméthrine, les KD 95 sont de 0,86 heure pour TOLA F₀ et de 1,3 heures pour KOU F₀ avec des pourcentages de mortalité respectifs de 94,8% et de 88,1% (Figure 3).

A la dose diagnostique de 4% de DDT, les KD 95 sont de 1,3 et 3,2 heures pour les souches TOLA et KOU F₀ avec respectivement 87,9 et 67,3% de mortalité (Figure 4).

3.1.3. Sensibilités des souches TOLA et KOU sélectionnées

a) Evolution de la résistance à la perméthrine

Les KD 95 et les pourcentages de mortalité obtenus au fur et à mesure des sélections à la perméthrine sont synthétisés dans le Tableau 2 pour TOLA et les Tableaux 3 et 4 pour KOU.

La dose diagnostique de 0,25% de perméthrine n'a plus eu aucun effet de knock down et la mortalité a été nulle dès la F₈ de KOU et la F₁₆ de TOLA (Figure 1).

A la dose de 2,5% de perméthrine les anophèles sélectionnés ont montré une forte résistance à l'effet knock down avec des KD 95 de 3,3 heures pour la F₂₆ de TOLA et de 3,2 heures pour la F₁₃ de KOU. Les mortalités respectives ont été de 57,1% et de 51,7% (Figure 2).

b) Résistance croisée

Les sélections à la perméthrine ont également entraîné une résistance plus importante à la deltaméthrine et au DDT.

A la dose de 0,025% de deltaméthrine, les KD 95 ont été de 3,7 heures à la F₂₆ de TOLA et de 5,5 heures pour la F₁₃ de KOU ; les pourcentages de mortalité respectifs ont été de 31,7% et de 13,8% (Figure 3).

A la concentration de 4% de DDT, plus aucun effet de KD n'a été enregistré avec les deux souches sélectionnées. Les mortalités ont été de 3,4% pour TOLA F₂₄ et de 1,7% sur KOU F₁₆ (Figure 4).

Les tests de résistance croisée qui ont été effectués sur la F₃₂ de KOU avec les doses diagnostiques de perméthrine à 1 %, de lambda-cyhalothrine à 0,1%, de cyfluthrine à 0,05% et d'étofenprox à 0,25% ont révélé des KD 95 extrêmement élevés par rapport à la souche KISUMU. Les pourcentages de mortalité se sont chiffrés à 3,9% pour la perméthrine ; 67,3% pour la lambda-cyhalothrine ; 5,1% pour la cyfluthrine et à 1% pour l'étofenprox.

Avec cette même souche KOU F₃₂, la perméthrine utilisée à dix fois la dose diagnostique (2,5%) a induit un KD 95 de 2,2 heures avec une mortalité de 50,5 % (Figure 2).

A deux fois la dose diagnostique (0,05%), la deltaméthrine a induit un KD 95 de 1,5 heures avec seulement 43,3% de mortalité.

3.2. Tests sur les larves

Dans les lots de larves témoins, la mortalité a toujours été inférieure à 5%.

Les concentrations létales 95% ont été de 0,0119 mg/l pour KISUMU; de 0,0810mg/l pour TOLA F₀ et de 0,121mg/l pour KOU F₀.

Avec les souches sélectionnées à la perméthrine, la CL95 de 1,327mg/l observée chez la F₂₂ de TOLA représente 16 fois la CL95 de la F₀ et 112 fois celle de la souche KISUMU.

Pour la F₂₀ de KOU, la CL95 de 3,629mg/l a été 30 fois supérieure à la CL95 de la F₀ et 305 fois celle de KISUMU (Tableau 5).

Discussion - Conclusion

Les tests de sensibilité réalisés avec la perméthrine, la deltaméthrine et le DDT ont montré que les souches naturelles TOLA et KOU F₀ sont d'après leurs KD 95 et leurs pourcentages de mortalité, nettement plus résistantes que la souche de référence KISUMU.

Les souches d'*An. gambiae* sélectionnées à la perméthrine ont également montré que par rapport à TOLA et KOU F₀, les KD 95 ont fortement augmenté au fur et à mesure des sélections. Parallèlement à la diminution de l'effet knock down, il a été observé chez ces deux souches sélectionnées, une importante réduction des pourcentages de mortalité avec une totale inefficacité des doses diagnostiques de la perméthrine à 0,25% et du DDT à 4% ainsi qu'une forte réduction de la mortalité à la dose de 2,5% de perméthrine. A la concentration de 0,025% de deltaméthrine, la mortalité devient largement inférieure à 50% à partir de la F16 pour TOLA et de la F8 pour KOU.

A la F₃₂ de KOU, les tests effectués avec la perméthrine, la deltaméthrine, la lambda-cyhalothrine, la cyfluthrine et l'étofenprox ont montré que les adultes femelles ont développé un spectre de résistance croisée extrêmement important qui affecte l'efficacité insecticide de l'ensemble de la famille des pyréthrinoides de synthèse étudiés.

Au niveau des larves également, la perméthrine a été moins active sur les souches sélectionnées. Dès la F₂₂ de TOLA et la F₂₀ de KOU, les CL 95 ont été respectivement 16 et 30 fois plus élevées que pour les souches TOLA et KOU F₀ et 112 et 305 fois supérieures à la CL 95 de KISUMU.

Chez la mouche domestique *Musca domestica*, le gène KDr a été identifié comme l'un des principaux facteurs de résistance au DDT. Vingt ans après les traitements, les mouches étaient redevenues sensibles au DDT mais le gène KDr a rapidement été resélectionné en quelques mois par l'usage des pyréthrinoides de synthèse à effet rémanent (Keiding, 1977).

Sur *An. gambiae*, trois éléments nous paraissent devoir retenir l'attention :

- a) Les tests de sensibilité réalisés avec six insecticides sur différentes générations d'*An. gambiae* sélectionnés ont révélé que, lorsque l'effet knock down s'amenuise, la mortalité est généralement moins importante.
- b) Le spectre de résistance croisée, démontrée par la seule interprétation des tests insecticides, a été confirmée récemment par la présence du gène KDr chez les adultes des souches TOLA et KOU F₀ (Guillet comm.pers).
- c) De même les tests de sensibilité réalisés sur les larves des différentes générations de TOLA et de KOU sélectionnées ont révélé que leur résistance à la perméthrine s'intensifiait au fur et à mesure des sélections. Le gène KDr isolé sur les adultes seulement, pourrait donc s'exprimer à partir du stade larvaire et expliquer ce phénomène de résistance au sein des populations préimaginales. Cependant rien ne permet de prédire pour l'instant que la résistance des larves et des adultes sur le terrain atteindra les niveaux de ceux obtenus en laboratoire ni même à quel rythme celle-ci pourra se développer et s'étendre.

La souche KOU a acquis des niveaux de résistance bien plus élevés et plus précocément que la souche TOLA. Il est fort possible qu'au départ, ces deux souches pourtant pourvues du gène KDr, se distinguent par des processus de détoxification différents. Des analyses biochimiques et génétiques plus poussées devront être réalisées afin d'identifier le, ou les mécanismes de résistance propres à ces deux souches. Il sera également intéressant de tester sur ces anophèles l'efficacité de deux autres pyréthrinoides de synthèse comme la fenfluthrine et l'alphaméthrine qui, dans le cadre du contrôle des vecteurs du paludisme, ont montré des activités particulièrement intéressantes en aspersions intradomiciliaires des maisons au Burkina-Faso (Carnevale et al., 1984 ; Darriet, 1992) et en imprégnation des moustiquaires en Chine (Luo Dapeng et al., 1994).

Références

1. Carles P.R., 1985. Mode d'action et utilisation des pyréthrinoides. Insectes-insecticides-santé. Colloque national d'Angers. *ACTA*, : 225-244.
2. Carnevale P., Darriet F., Sales S & Robert V., 1984. Evaluation en phase II, dans la station expérimentale de Soumouso (Haute Volta) de l'efficacité de deux insecticides, l'OMS-2012 (Bay FCR 1272) et l'OMS-2013 (Bay Nak 1654), sur les adultes d'*Anopheles* à une concentration de 0,25g/m² et en traitement total. *Document miméographié OMS*, WHO/VBC/84.887 : 23 pages.
3. Carnevale P., Bitsindou P., Diomande L & Robert V., 1992. Insecticide impregnation can restore the efficiency of torn bed nets and reduce man-vector contact in malaria endemic areas. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med and Hyg*, **86** : 362-364.
4. Mahdavi G., 1997. Histoire cotonnière de la Côte d'Ivoire. *Coton et développement*, **21** : 12-16.
5. Darriet F., 1992. Evaluation sur le terrain de l'efficacité de trois pyréthrinoides dans le cadre de la lutte contre les vecteurs du paludisme. *Parassitologia*, **33** : 111-119.
6. Guillet P., Chandre F., Akogbeto M., Darriet F., Faye O., Manga L & Cavaleyra M., 1996. Resistance of *Anopheles gambiae* s.l. to pyrethroids in Africa and the use of impregnated materials. WHO Task Force on impregnated materials for malaria vector control, Brazaville: 18-21 mars 1996.
7. Hamon J., Choumara R., Eyraud M & Konaté T.A., 1957. Apparition dans la zone pilote de lutte antipaludique de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta, AOF) d'une souche d'*Anopheles gambiae* Giles, (Diptères, culicidés) résistante à la dieldrine. *Bulletin de Pathologie exotique*, **50** : 822.
8. Hamon J., Subra R., Sales S & Coz J., 1968. Présence dans le sud-ouest de la Haute-Volta d'une population d'*Anopheles gambiae* "A" résistante au DDT. *Document miméographié OMS*, WHO/MAL/68.657, WHO/VBC/68.75 : 9 pages.
9. Keiding J., 1977. Resistance in the housefly in Denmark and elsewhere. In *Pesticide management and insecticide resistance*, Academic press, New York, San Francisco and London.
10. Lindsay S.W., Alonzo P.L., Armstrong Schellenberg J.R.M., Hemingway J., Adiamah J.H., Shenton F.C., Jawara M & Greenwood B.M, 1993. A malaria control trial using insecticide-treated bed nets and targered Chemoprophylaxis in a rural areas of the Gambia, West Africa. 7. Impact of permethrin-impregnated bed nets on malaria vectors. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med and Hyg*, **87** (2) : 45-51.

11. Luo Dapeng., Lu Deling., Yao Renguo., Li peng., Huo Xueguang., Li Aimin., Wen Lei., Ge Changyin., Zhang Shaowen., Huo Hongru & Shang Leyuang., 1994. Alphametrin-impregnated bed nets for malaria and mosquito control in China. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med and Hyg*, **88** : 625-628.
12. Mouchet J, 1988. Agriculture and vector resistance. *Insect Sci. Applic*, **9** (3) : 297-302.
13. Nguyen T.A, Luong A.H, et Hugen Vu T, 1991. Utilisation d'insecticide dans la lutte contre le paludisme au sud Vietnam. *Cahiers Santé*, **1** : 215-220.
14. Elissa N, Mouchet J, Rivière F, Meunier J-Y, et Yao K, 1993. Resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to pyrethroids in Côte d'Ivoire. *Ann. Soc. belge de Méd. trop*, **73** : 291-294.

Tableau 1 : Temps de KD 95 (en heures) et pourcentages de mortalité d'*An. gambiae* souche KISUMU sensible après une heure de contact et 24 heures d'observation avec la perméthrine (0,25 ; 1 et 2,5%), la deltaméthrine (0,025 et 0,05%), la lambda-cyhalothrine (0,1%), la cyfluthrine (0,05%), l'étofenprox (0,25%) et le DDT (4%).

	perméthrine 0,25% (n = 89)	perméthrine 1% (n = 244)	perméthrine 2,5% (n = 97)	deltaméthrine 0,025% (n = 159)	deltaméthrine 0,05% (n = 103)	lambda cyhalothrine 0,1% (n = 262)	cyfluthrine 0,05% (n = 83)	étofenprox 0,25% (n = 78)	DDT 4% (n = 80)
KD 95 (en heures)	0,84	0,28	0,18	0,62	0,35	0,39	0,63	0,71	0,61
mortalité après 24 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

() nombre de femelles d'*An. gambiae* testées

Tableau 2 : Temps de KD 95 (en heures) et pourcentages de mortalité d'*An. gambiae* souche TOLA F₀ et souche TOLA sélectionnée (F_n) après une heure de contact et 24 heures d'observation avec la perméthrine (0,25 et 2,5%), la deltaméthrine (0,025%) et le DDT (4%).

	perméthrine 0,25%		perméthrine 2,5%			deltaméthrine 0,025%			DDT 4%	
	TOLA F ₀ (n = 57)	TOLA F ₁₆ (n = 60)	TOLA F ₀ (n = 61)	TOLA F ₁₆ (n = 59)	TOLA F ₂₆ (n = 63)	TOLA F ₀ (n = 58)	TOLA F ₁₆ (n = 59)	TOLA F ₂₆ (n = 60)	TOLA F ₀ (n = 58)	TOLA F ₂₄ (n = 59)
KD 95 (en heures)	7,5	ND	< 0,33	3,9#	3,3	0,86	2,6	3,7	1,3	ND
mortalité après 24 heures	63,2%	0%	98,4%	78,0%	57,1%	94,8%	33,9%	31,7%	87,9%	3,4%

() nombre de femelles d'*An. gambiae* testées
 # pas de droite selon le modèle Log-Probit
 ND : non déterminé : 0% de KD à 1 heure

Tableau 3 : Temps de KD 95 (en heures) et pourcentages de mortalité d'*An. gambiae* souche KOU F₀ et souche KOU sélectionnée (F_n) après une heure de contact et 24 heures d'observation avec la perméthrine (0,25 et 2,5%), la deltaméthrine (0,025%) et le DDT (4%).

	perméthrine 0,25%		perméthrine 2,5%		deltaméthrine 0,025%			DDT 4%	
	KOU F ₀ (n = 57)	KOU F ₈ (n = 60)	KOU F ₀ (n = 58)	KOU F ₁₃ (n = 58)	KOU F ₀ (n = 59)	KOU F ₈ (n = 57)	KOU F ₁₃ (n = 58)	KOU F ₀ (n = 55)	KOU F ₁₆ (n = 58)
KD 95 (en heures)	10,2	ND	0,58	3,2	1,3	5,1	5,5	3,2 [#]	ND
mortalité après 24 heures	31,6%	0%	96,6%	51,7%	88,1%	42,1%	13,8%	67,3%	1,7%

() nombre de femelles d'*An. gambiae* testées

pas de droite selon le modèle Log-Probit

ND : non déterminé: 0% de KD à 1 heure

Tableau 4 : Temps de KD 95 (en heures) et pourcentages de mortalité d'*An. gambiae* souche sélectionnée KOU F32 après une heure de contact et 24 heures d'observation avec la perméthrine (1 et 2,5%), la deltaméthrine (0,05%), la lambda-cyhalothrine (0,1%), la cyfluthrine (0,05%) et l'étofenprox (0,25%).

	perméthrine 1%	perméthrine 2,5%	deltaméthrine 0,05%	lambda- cyhalothrine 0,1%	cyfluthrine 0,05%	étofenprox 0,25%
	KOU F32 (n = 102)	KOU F32 (n = 101)	KOU F32 (n = 97)	KOU F32 (n = 98)	KOU F32 (n = 98)	KOU F32 (n = 97)
KD 95 (en heures)	490,5	2,2#	1,5	1,4#	926,0	ND
mortalité après 24 heures	3,9%	50,5%	43,3%	67,3%	5,1%	1,0%

() nombre de femelles d'*An. gambiae* testées

pas de droite selon le modèle Log-Probit

ND : non déterminé: 0% de KD à 1 heure

Tableau 5 : Concentrations létales (CL) 50 et 95% exprimées en mg de matière active de perméthrine par litre, sur les larves d'*An. gambiae* des souches KISUMU sensible, TOLA et KOU F₀ ainsi que sur les souches TOLA et KOU sélectionnées.

	KISUMU	TOLA F ₀	TOLA F ₆	TOLA F ₁₅	TOLA F ₂₂	KOU F ₀	KOU F ₇	KOU F ₁₅ #	KOU F ₂₀ #	KOU F ₃₂ #
CL 50	0,0068	0,0247	0,0158	0,0774	0,179	0,0198	0,0822	0,543	0,703	0,810
CL 95	0,0119	0,0810	0,217	0,364	1,327	0,121	0,578	3,474	3,629	3,748

pas de droite selon le modèle Log-Probit

