

# Résistance d'*Anopheles gambiae* s.l. aux pyréthri-noïdes et au DDT à Tiassalékro, village de riziculture irriguée en zone sud forestière de Côte-d'Ivoire

Resistance of *Anopheles gambiae* s.l. to pyrethroids and DDT at Tiassalékro, an irrigated rice-growing village in the southern forest of Ivory Coast

K.G. Konan · A.B. Koné · Y.L. Konan · D. Fofana · K.L. Konan · A. Diallo · J.C. Ziogba · M. Touré · K.P. Kouassi · J.M.C. Doannio

Reçu le 30 mars 2010 ; accepté le 17 mai 2011  
© Société de pathologie exotique et Springer-Verlag France 2011

**Résumé** Une évaluation de la sensibilité d'*Anopheles gambiae* s.l. à trois pyréthri-noïdes (alphacyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine) et au DDT a été réalisée avec une souche de laboratoire (souche sensible de référence Kisumu) et une souche sauvage (souche Tiassalékro) issue de larves provenant du périmètre de riziculture irriguée de Tiassalékro situé en zone sud forestière de Côte-d'Ivoire. Ces tests de sensibilité ont été réalisés selon la méthode standard des cylindres tests OMS avec des femelles adultes d'*A. gambiae* s.l. âgées de deux à quatre jours. Les résultats ont montré que la souche de Tiassalékro est résistante aux trois pyréthri-noïdes testés et au DDT. Les formes moléculaires M et S ont été identifiées avec une prédominance de la forme M. Le mécanisme de résistance en cause est la mutation Kdr qui induit une résistance croisée aux pyréthri-noïdes et au DDT à une fréquence de 0,58. Dans cette région, les mesures de lutte contre les vecteurs du paludisme par utilisation de moustiquaires imprégnées de ces insecticides ou par aspersions intradomiciliaires pourraient être compromises. **Pour citer cette revue : Bull. Soc. Pathol. Exot. 104 (2011).**

**Mots clés** *A. gambiae* · Pyréthri-noïdes · DDT · Résistance croisée · Mutation Kdr · Riziculture irriguée · Tiassalékro · Côte-d'Ivoire · Afrique intertropicale

**Abstract** An assessment of the sensitivity of *Anopheles gambiae* s.l. to three pyrethroids (alphacypermethrin, permethrin, deltamethrin) and DDT has been carried out with a laboratory strain (Kisumu reference sensitive strain) and a wild strain (Tiassalékro strain) using larvae from an irrigated rice-growing area of Tiassalékro, located in the southern forest of Ivory Coast. The sensitivity tests were performed according to the standard WHO cylinder tests with adult female *A. gambiae* s.l. aged 2 to 4 days. The results showed that the strain of Tiassalékro is resistant to the three tested pyrethroids and DDT. The molecular forms M and S were identified, with a predominance of M form. The resistance mechanism involved is the Kdr mutation. In this region, control measures against malaria vectors by using bed nets impregnated with these insecticides or household sprays could be compromised. **To cite this journal: Bull. Soc. Pathol. Exot. 104 (2011).**

K.G. Konan · K.L. Konan · J.M.C. Doannio (✉)  
Institut national de santé publique,  
BP V 47 Abidjan, Côte-d'Ivoire  
e-mail : jdoannio@yahoo.fr

A.B. Koné · Y.L. Konan · D. Fofana · A. Diallo · J.C. Ziogba  
Institut national d'hygiène publique,  
BP V 14 Abidjan, Côte-d'Ivoire

K.P. Kouassi  
UFR biosciences, université de Cocody,  
BP V 34 Abidjan, Côte-d'Ivoire

M. Touré  
Université d'Abobo-Adjamé (URES de Daloa)  
BP 25580 Abidjan, Côte-d'Ivoire

**Keywords** *A. gambiae* · Pyrethroids · DDT · Cross resistance · Kdr mutation · Irrigated growing rice · Tiassalékro · Côte-d'Ivoire · Sub-Saharan Africa

## Introduction

En Afrique intertropicale, les sites de développement d'*Anopheles gambiae* connaissent une extension en zone forestière sous l'effet soit de la déforestation, soit de la riziculture [4,5]. En Côte-d'Ivoire, pour répondre à la très forte demande liée à une démographie croissante, le gouvernement a encouragé le développement des rizières dans les

périmètres marécageux. Ainsi, la transformation des bas-fonds en rizières, aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain, connaît-elle une expansion rapide. C'est le cas de la ville de Tiassalékro où un bas-fond d'environ 37 ha a été aménagé pour la riziculture depuis 1967. Cette situation a eu pour corollaire une augmentation de la population anophélienne. En pareille situation, les principales méthodes de lutte antivectorielle à l'aide de supports imprégnés d'insecticides et de pulvérisations d'insecticides à effet rémanent à l'intérieur des habitations sont largement acceptées par les populations. Or, la corrélation entre la résistance des vecteurs du paludisme et les traitements en agriculture a été évoquée dans plusieurs régions du monde [2,4,5]. Cette situation est préoccupante dans la mesure où l'utilisation à grande échelle des moustiquaires imprégnées de pyréthri-noïdes est fortement recommandée par les programmes nationaux. Il est indispensable de déterminer et d'évaluer la dispersion de la résistance des vecteurs du paludisme dans différentes régions et faciès écologiques. Notre étude avait pour but d'évaluer la sensibilité des populations d'*A. gambiae* de Tiassalé, zone de riziculture irriguée en milieu sud forestier vis-à-vis des insecticides couramment utilisés en santé publique.

## Matériels et méthodes

### Zone d'étude

Tiassalékro est un village de la commune de Tiassalé (50°53' latitude nord ; 04°49' longitude ouest) située en zone sud forestière de la Côte-d'Ivoire à 125 km d'Abidjan. Le climat est de type tropical humide avec quatre saisons dont deux saisons de pluie et deux saisons sèches. La pluviométrie et la température moyenne annuelle sont respectivement de 1 228 mm de pluie et de 28,4 °C (station écologique et géophysique de Lamto de 1998 à 2005). Le périmètre aménagé à Tiassalékro pour la riziculture existe depuis 1967 et comprend 35 ha emblavés et 10 ha non emblavés. On y cultive deux variétés de riz de 120 jours chacune, Bouaké 189 et Wita 9, dont la culture est faite sur deux cycles par an. Une motopompe permet d'irriguer le périmètre rizicole grâce à l'eau aspirée directement du fleuve Bandama en saison sèche.

### Tests de sensibilité

Les tests de sensibilité ont été effectués sur des femelles non gorgées, âgées de deux à quatre jours, issues de larves prélevées dans la rizière de Tiassalékro, selon la méthode des cylindres tests OMS [3]. La sensibilité de cette population sauvage a été comparée à celle de la souche Kisumu utilisée comme référence. Des papiers imprégnés à l'alphacypermé-

thrine (0,1 %) fournis par la firme BASF, à la deltaméthrine (0,05 %), à la perméthrine (0,75 %) et au DDT (4 %) et des papiers non imprégnés (lot témoin) commandés auprès du laboratoire de référence de l'OMS en Malaisie ont été utilisés. Les paramètres à mesurer étaient les temps de Knock-down 50 (KdT50) et 95 (KdT95) et la mortalité 24 heures après l'exposition à l'insecticide. Trois répliques ont été réalisées pour chaque insecticide. Les tests ont été validés pour des mortalités témoins inférieures à 5 %. En cas de mortalité témoin comprise entre 5 et 20 %, la mortalité observée au niveau des tests a été corrigée par la formule d'Abbot. Les échantillons ayant une mortalité inférieure ou égale à 95 % avec les pyréthri-noïdes et à 90 % avec le DDT ont été considérés comme résistants [3]. Un échantillon aléatoire de 50 moustiques de la population testée ainsi que des moustiques survivants des bioessais ont été conservés individuellement, puis acheminés au laboratoire du centre Muraz de Bobo-Dioulasso pour la détermination de la mutation Kdr et les formes moléculaires (M et S).

## Résultats

### Sensibilité des moustiques

Avec la souche Kisumu, les KdT ont varié de 13,4 à 33,3 minutes pour le KdT50 et de 33 à 71 minutes pour le KdT95. La mortalité observée a été de 100 % avec les trois pyréthri-noïdes et de 98 % avec le DDT. Comparés à la souche Kisumu, les KdT50 et KdT95 des populations de Tiassalékro ont au moins doublé pour des mortalités inférieures à 85 % pour tous les insecticides testés (Tableau 1), indiquant ainsi une résistance d'*A. gambiae* à l'alphacyperméthrine, à la deltaméthrine, à la perméthrine et au DDT.

### Gène *Kdr* et formes moléculaires

Sur 53 et 63 moustiques respectivement non exposés et exposés aux insecticides testés, 50 et 61 mutations ont été identifiées avec succès à la PCR. La forme M a été dominante au sein des deux groupes de moustiques, avec une fréquence respective de 0,98 et 1. En revanche, le gène est plus présent chez les individus survivant aux expositions aux insecticides ( $p = 0,02$ ) (Tableau 2).

## Discussion

Les populations d'*A. gambiae* de Tiassalékro se sont révélées résistantes aux insecticides testés avec de faibles taux de mortalité (inférieur à 85 %) et une augmentation du KdT, notamment celui de la perméthrine.

**Tableau 1** Mortalité observée d'*Anopheles gambiae* de Tiassalékro aux insecticides testés comparée à celle de la souche Kisumu / *Mortality of Tiassalékro Anopheles gambiae to tested insecticides comparative to Kisumu strain*

Souches anophéliennes	Insecticides	Effectif	KdT50 (IC 95 %)	KdT95 (IC 95 %)	Mortalité (%)	Statut
<i>A. gambiae</i> « Kisumu »	DDT (4 %)	319	33,3 (32,4–34,2)	71 (67–75,58)	98,7	S
	Perméthrine (0,75 %)	318	27,6 (26,1–29,2)	99 (90,4–104)	100	S
	Deltaméthrine (0,05 %)	306	22 (20,2–24)	58,6 (49,6–69,3)	100	S
	Alphacyperméthrine (0,1 %)	316	13,4 (12,1–14,9)	33 (28,3–38,5)	100	S
<i>A. gambiae</i> « Tiassalékro »	DDT (4 %)	284	55 (50,15–60,80)	141,2 (108,98–179,10)	81,7	R
	Perméthrine (0,75 %)	292	76,6 (70,38–84,99)	194 (159,07–248,17)	66,09	R
	Deltaméthrine (0,05 %)	295	38,3 (19,46–24,60)	120 (48,90–74,64)	83,7	R
	Alphacyperméthrine (0,1 %)	295	33,9 (30,43–38,17)	103,9 (80,76–14931)	75,3	R

KdT50 : temps de Knock-down (min) 50 % ; KdT95 : temps de Knock-down (min) 95 % ; IC à 95 % : intervalle de confiance ; S : sensible R : résistant.

**Tableau 2** Fréquence du gène *Kdr* et distribution des formes moléculaires dans la population d'*Anopheles gambiae* de Tiassalékro / *Molecular forms and Kdr gene distribution in Anopheles gambiae population in Tiassalékro*

Moustiques	Effectifs testés	Fréquence allélique	Formes moléculaires	
			M	S
Non exposés	53	0,58	0,98	0,02
Survivants	63	0,72	1	0

La résistance observée aurait pour origine l'usage des insecticides pour les besoins des cultures de rente (café, cacao, banane) pratiquées dans le département d'une part et, d'autre part, ceux utilisés contre la nuisance culicidienne consécutive à l'aménagement rizicole. Par ailleurs, la riziculture est pratiquée à Tiassalékro depuis 1967 et bénéficie de l'encadrement des structures de l'État et de la coopération japonaise. Elle a probablement été soumise à des applications répétées de nombreux insecticides de nature chimique différente. Cette utilisation des insecticides induit une pression de sélection sur les populations d'anophèles qui favorise les individus porteurs du gène de résistance. La résistance observée à Tiassalékro est croisée aux pyréthri-noïdes et au DDT et impliquerait le gène *Kdr* bien implanté en Afrique de l'Ouest. La résistance d'*A. gambiae* aux pyréthri-noïdes signalée en Afrique de l'Ouest et singulièrement en Côte-d'Ivoire est attribuée à un probable héritage de la résistance au DDT [1,5]. Elle représente alors une menace potentielle pour les programmes nationaux de lutte basés sur l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides.

Les deux formes moléculaires (M et S) ont été mises en évidence dans notre population d'étude avec une prédominance de la forme M, ce qui corrobore les travaux antérieurs déclarant la forme M dominante en zone de forêt, et ce, suivant la répartition géographique des gîtes. La fréquence

du gène *Kdr* (0,58) observée à Tiassalékro serait liée au cycle de la variété du riz qui permet deux à trois cultures dans l'année et nécessite plus de traitements, ce qui constitue un facteur important à l'origine du développement de la résistance. Toutefois, cette fréquence est faible par rapport à celles observées dans la zone cotonnière (80 à 95 %) au nord de la Côte-d'Ivoire. La présence de la mutation *Kdr* chez la forme M est en accord avec les observations faites sur des échantillons du Bénin, du Burkina Faso, de la Guinée équatoriale et du Ghana [4]. Cette situation proviendrait d'une probable migration des individus M porteurs de l'allèle résistant, ce qui souligne la nécessité d'une surveillance étroite de la résistance des vecteurs du paludisme et de l'efficacité des stratégies de lutte.

**Remerciements :** Les auteurs remercient la firme BASF pour son soutien financier et moral dans le cadre du projet intitulé « Étude de l'efficacité de la moustiquaire imprégnée d'alphacyperméthrine à longue durée d'action "Interceptor<sup>®</sup>" sur la transmission du paludisme en zone de riziculture irriguée à Tiassalékro dans le sud forestier de la Côte-d'Ivoire ».

**Conflit d'intérêt :** les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

## Références

1. Chandre F, Darriet F, Manga L, et al (1999) Status of pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae* s. l. Bull World Health Organ 77(3):230–4
2. Mouchet J (1988) Agriculture and vector resistance. Insect Sci Applic 9(3):297–302
3. OMS (1998) Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio-efficacy and persistence of insecticides on treated surfaces. Report of the WHO Informal Consultation, WHO/CDS/CPC/MAL/98.12
4. Reimer LJ, Tripet F, Slotman M (2005) An unusual distribution of the *Kdr* gene among populations of *Anopheles gambiae* on the island of Bioko, Equatorial Guinea. Insect Mol Biol 4(6):683–8
5. Tia E, Akogbéto M, Koffi A, et al (2006) Situation de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.s. (Diptera : Culicidae) aux pyréthriinoïdes et au DDT dans cinq écosystèmes agricoles de Côte-d'Ivoire. Bull Soc Pathol Exot 99(4):278–82 [<http://www.pathexo.fr/documents/articles-bull/T99-4-2877-5p.pdf>]