

Sensibilité de *Culex quinquefasciatus* aux pyréthriinoïdes en relation avec le niveau d'urbanisation et l'évacuation des eaux usées dans la commune de Yopougon à Abidjan (Côte-d'Ivoire)

Culex quinquefasciatus sensitivity to insecticides in relation to the urbanization level and sewage water in Yopougon, a township of Abidjan (Côte-d'Ivoire)

D. Fofana · A.B. Koné · N. Koné · Y.-L. Konan · J.M.C. Doannio · K.E. N'goran

Reçu le 10 novembre 2009 ; accepté le 21 février 2012
© Société de pathologie exotique et Springer-Verlag France 2012

Résumé Cette étude, réalisée de juillet 2003 à juin 2004, a eu pour but d'évaluer la variation du niveau de sensibilité de *Culex quinquefasciatus* aux pyréthriinoïdes préconisés pour l'imprégnation des moustiquaires, dans la commune de Yopougon située au nord-ouest de la ville d'Abidjan, en relation avec le lit d'un canal d'évacuation d'eaux usées qui traverse la commune du nord au sud. Cinq quartiers ont donc été choisis le long de ce canal en fonction du niveau d'urbanisation, pour le prélèvement des populations préimaginales de *Cx. quinquefasciatus* dans des collections d'eaux usées stagnantes de cette commune. Les femelles de *Cx. quinquefasciatus* âgées de trois à cinq jours, issues de l'élevage à l'insectarium, ont été exposées aux papiers imprégnés de deltaméthrine à 0,05 %, de perméthrine à 1 % et de DDT à 4 % en vue du diagnostic d'une éventuelle résistance de ces populations à ces insecticides. Ainsi, les populations de *Cx. quinquefasciatus* se sont avérées résistantes aux trois insecticides utilisés, dans quatre quartiers. Par contre, la population de *Cx. quinquefasciatus* issue du quartier dit « Zone industrielle » situé en amont du canal, s'est avérée sensible à la perméthrine à 1 %, et une baisse drastique de sensibilité du même moustique a été observée avec la deltaméthrine à 0,05 % et le DDT à 4 %.

Mots clés Sensibilité · *Culex quinquefasciatus* · Deltaméthrine · Perméthrine · DDT · Zone industrielle ·

D. Fofana · N. Koné · K.E. N'goran
Laboratoire de zoologie et de biologie animale de l'UFR
biosciences (université d'Abidjan-Cocody),
22 BP 582 Abidjan 22, Côte-d'Ivoire

D. Fofana · A.B. Koné (✉) · Y.-L. Konan · J.M.C. Doannio
Institut national d'hygiène publique d'Abidjan,
BP V 14 Abidjan, Côte-d'Ivoire
e-mail : koneatiou@yahoo.fr

A.B. Koné
Centre suisse de recherche scientifique,
BP 1303 Abidjan 01, Côte-d'Ivoire

Mami-Faitaie · Doukouré · Yamoussoukro · Azito ·
Yopougon · Côte-d'Ivoire · Afrique intertropicale

Abstract This survey, conducted from July 2003 to June 2004, was to assess the variation of the level of sensitivity of *Cx. quinquefasciatus* to the pyrethroids recommended for the impregnation of the mosquito nets, in the township of Yopougon situated in the Northwest of Abidjan city in relation with the bed of a drainage channel of sewage water that passes through the township from the north to the south. Five districts have been chosen along this channel according to the level of urbanization, for the withdrawal of the pre-imaginal populations of *Cx. quinquefasciatus* in collections of stagnant sewage water of this township. The female *Cx. quinquefasciatus* aged three to five days from the exits of the insectarium have been exposed to papers impregnated with deltamethrin 0.05%, permethrin 1% and DDT 4% in view of the diagnosis of a possible resistance of these populations to these insecticides. The populations of *Cx. quinquefasciatus* proved to be resistant to the three insecticides used, in four districts. On the other hand, the population of *Cx. quinquefasciatus* from the district "Zone industrielle," situated upstream of the channel, proved to be sensitive to permethrin 1%, and a drastic decrease of sensitivity of the same mosquito has been observed with deltamethrin 0.05% and DDT 4%.

Keywords Susceptibility · *Culex quinquefasciatus* · Deltamethrin · Permethrin · DDT · Zone industrielle · Mami-Faitaie · Doukouré · Yamoussoukro · Azito · Yopougon · Côte-d'Ivoire · Sub-Saharan Africa

Introduction

Après la Seconde Guerre mondiale, *Culex pipiens quinquefasciatus* a colonisé différentes localités dans le monde et est

actuellement inféodé aux agglomérations importantes où il constitue l'espèce dominante [24,25]. Sa pullulation en milieu urbain, consécutive au processus d'urbanisation accéléré en Afrique sans que les infrastructures de collecte et d'évacuation des eaux ne soient suffisamment construites [3], fait qu'il est parfois considéré comme marqueur écologique d'urbanisation. Au Sénégal par exemple, de mars 1996 à février 1997, *Cx. quinquefasciatus* a représenté 98 % des Culicidae capturés dans le district sanitaire de Dakar [9,10]. En Côte-d'Ivoire, ce moustique a représenté plus de 90 % de la faune culicidienne anthropophage capturée dans la plupart des communes de la ville d'Abidjan, en 1991 [24]. Le phénomène de résistance de *Cx. quinquefasciatus* décrit par plusieurs auteurs [6,7,15–17,23] prend une importance particulière en milieu urbain, où il constitue une menace pour la mise en œuvre de la stratégie de lutte contre le paludisme basée sur l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticides, lorsque l'insecticide utilisé pour l'imprégnation de la moustiquaire est efficace contre les vecteurs du paludisme et inefficace contre les *Cx. quinquefasciatus* du fait de son abondance. Cela est valable pour les aspersions intradomiciliaires d'insecticides comme moyen de lutte antivectorielle dirigée contre les vecteurs du paludisme.

De fait, la connaissance du niveau de sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* aux insecticides dans toute localité urbaine où des activités de lutte antivectorielle sont envisagées devient indispensable. La sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* aux insecticides notamment aux pyréthrinoïdes en milieu urbain est donnée, soit à l'échelle du pays, soit à l'échelle de la ville [8].

Nous nous sommes intéressés à évaluer la sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* à l'échelle du quartier, dans une commune de la ville d'Abidjan (Yopougon) en relation avec le niveau d'urbanisation, afin d'affiner davantage la prise en compte de ce phénomène dans la planification des stratégies de lutte antivectorielle au niveau local.

Matériel et méthodes

Critère de choix du site d'étude

Le choix de la commune de Yopougon a été motivé par le fait qu'elle abritait déjà la zone d'étude du projet NCCR-NS IP4 « Santé et bien-être en milieu urbain » du Centre suisse de recherche scientifique (CSRS). Le choix des quartiers s'est fait selon un transect nord-sud le long d'un canal d'évacuation des eaux usées qui traverse toute la zone d'étude de projet NCCR-NS, en tenant compte du niveau d'urbanisation de la localité. Nous avons ainsi retenu cinq quartiers qui sont d'amont en aval : un quartier viabilisé dit « Zone industrielle », trois quartiers précaires (Mami-Faitaie, Doukouré et Yamoussoukro) et un village lagunaire (Azito)

(Fig. 1). Le quartier viabilisé obéit à un lotissement régulier effectué par les structures techniques compétentes. Ici, le plan directeur respecte les mesures d'assainissement avec un réseau d'écoulement des eaux usées. Par contre, dans les quartiers précaires, le manque d'adduction d'eau courante et de réseau d'écoulement des eaux pluviales et usées est remplacé par la présence de nombreux puisards, regards et flaques d'eaux stagnantes. Le village d'Azito lui bénéficie d'un réseau d'adduction d'eau. Cependant, il ne dispose pas de réseau d'écoulement d'eaux usées, ce qui multiplie la présence d'eaux stagnantes.

Matériel

Des larves de *Cx. quinquefasciatus* ont été prélevées une seule fois dans des gîtes choisis pour leur productivité. La nature des gîtes a varié selon le quartier. Ainsi, pour le quartier viabilisé (Zone industrielle), elles ont été récoltées dans des portions de caniveaux secondaires bouchés le 4 août 2003. Dans les quartiers précaires, les prélèvements ont été effectués dans des puisards : le 11 août 2003 à Doukouré, le 19 août 2003 à Mami-Faitaie et à Yamoussoukro, puis, dans le village, la récolte s'est faite dans une flaque d'eau le 3 septembre 2003. Le prélèvement des larves s'est fait à la suite de prospection larvaire à pied dans les quartiers retenus dans la commune de Yopougon.

La souche *Cx. quinquefasciatus* S-Lab a été utilisée comme la souche de référence sensible aux pyréthrinoïdes. Les moustiques qui ont été utilisés pour les tests de sensibilité sont des femelles de *Cx. quinquefasciatus* âgées de trois à cinq jours, issues de l'élevage de la souche S-Lab et des populations préimaginales récoltées sur le terrain maintenues en élevage en insectarium.

Méthodes

Les tests de sensibilité en tubes ont été réalisés selon le protocole standardisé de l'OMS. Les papiers imprégnés de perméthrine à 1 %, de deltaméthrine à 0,05 % et de DDT à 4 % utilisés pour les tests ont été fournis par l'institut Pierre-Richet (IPR) de Bouaké à des doses diagnostiques validées par l'OMS pour *Anopheles gambiae* [26], sauf pour la perméthrine, dont la dose diagnostique validée par l'OMS est 0,75 % pour un ratio des isomères cis-trans de cette molécule de 40–60. Toutefois, cette dose diagnostique de l'OMS pour la perméthrine a été ramenée à 1 % par le laboratoire de lutte contre les insectes nuisibles (LIN) de Montpellier, lorsque les ratios cis-trans sont de 25–75 [4]. Ce qui semble être le cas des papiers imprégnés par l'IPR de Bouaké. Nous avons appliqué ces doses diagnostiques déterminées pour *A. gambiae* à *Cx. quinquefasciatus* pour tenir compte de sa relation avec les outils de lutte contre *A. gambiae* en milieu urbain tropical.

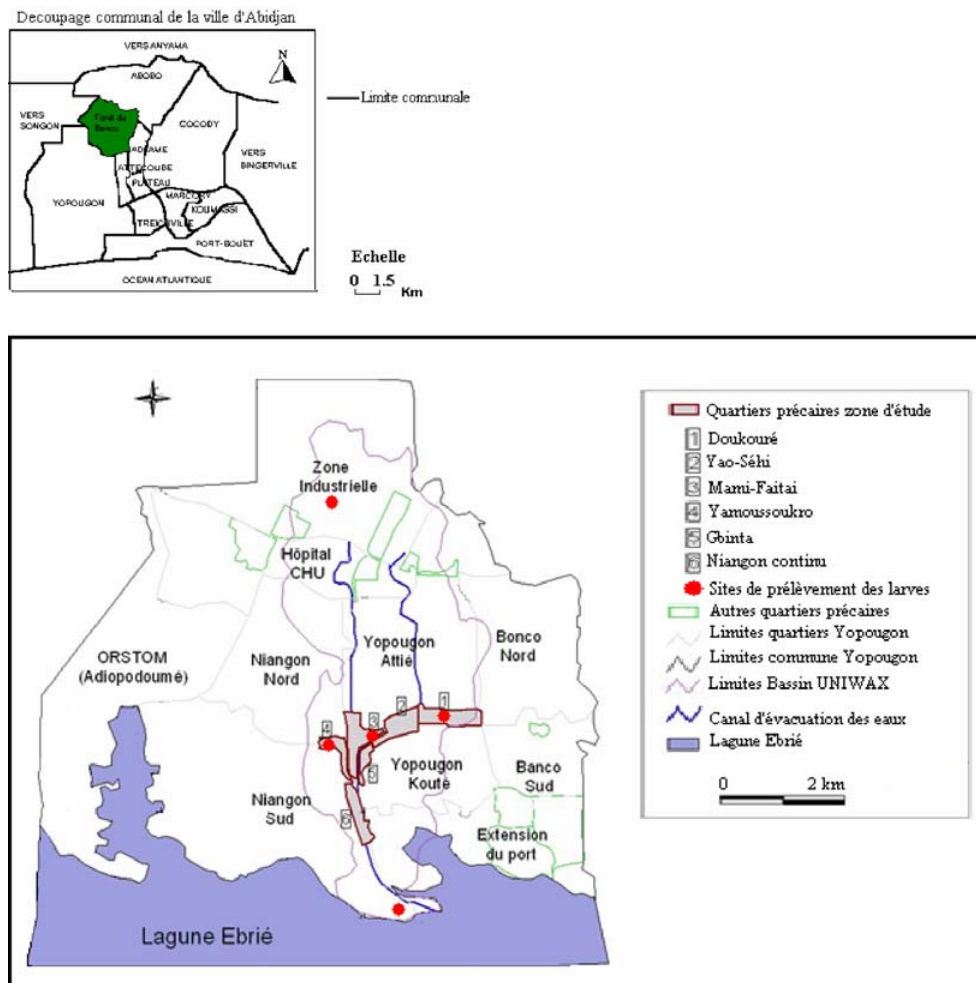


Fig. 1 Carte de la commune de Yopougon présentant les sites de prélèvement des larves de *Culex quinquefasciatus* / Localisation of the sampling sites of *Culex quinquefasciatus* larvae in the district of Yopougon, Southern of Côte-d'Ivoire

Des papiers imprégnés de solutions alcooliques sans insecticide ont été utilisés comme témoins lors des tests et ont été également fournis par l'IPR de Bouaké. Le temps d'exposition des moustiques a été de 60 minutes, et le temps de mise en observation après exposition a été de 24 heures. Un effectif de 180 à 200 moustiques a été testé pour chaque souche et par insecticide, soit deux répliques pour obtenir une moyenne. Dès l'exposition des moustiques à l'insecticide, le nombre de moustiques *knock-down* (kd), c'est-à-dire qui tombent inanimés au fond du tube, sur le dos ou sur le côté est noté après 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 et 60 minutes, et la lecture de la mortalité se fait à 24 heures. Lors de la lecture, les invalides (deux ou trois pattes en moins) bien vivaces sont comptés comme vivants même s'ils ne sont pas viables dans la nature. Cependant, on considère le résultat en pourcentage de « mortalité fonctionnelle », estimant que tout moustique qui a perdu plus de deux pattes n'est plus apte à piquer ou à pondre [4]. L'observation du temps de kd est néces-

saire, car son allongement est en fait la première manifestation de la résistance.

Pour une bonne interprétation des résultats, la mortalité du lot témoin doit être inférieure à 5 %. En cas de mortalité comprise entre 5 et 20 %, la formule d'Abbot [1], qui corrige la mortalité des moustiques exposés, permet encore l'exploitation des données. Si la mortalité du lot témoin est supérieure à 20 %, le test est à refaire.

L'évolution du pourcentage de moustiques kd en fonction du temps est analysée afin de déterminer les temps *knock-down* (kdT) de chaque souche. Les kdT₅₀ et kdT₉₅ représentent respectivement le temps (minutes) au bout duquel 50 et 95 % des moustiques testés sont tombés.

Les critères d'interprétation utilisés sont les suivants :

- résistant si mortalité inférieure à 80 % ;
- résistance probable à confirmer (ou baisse de sensibilité) si mortalité entre 80 et 97 % ;
- sensible si mortalité supérieure à 97 % [12,13,18,19].

L'allongement du kdT avec une mortalité supérieure ou égale à 98 % est un signe précurseur de l'apparition de la résistance d'une population donnée.

Les résultats ont été calculés et analysés à l'aide du logiciel Probit analysis [11], et la comparaison des pourcentages de mortalité a été effectuée avec le test χ^2 de Pearson.

Cette comparaison a été envisagée, car nous avons considéré, qu'à l'échelle de la commune, il s'agit d'une même population.

Résultats

Sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* à la deltaméthrine à 0,05 %

Tous les moustiques de l'échantillon de référence sensible (S-Lab) ont été kd (100 %) après 60 minutes d'exposition aux papiers imprégnés de deltaméthrine à 0,05 % et les kdT₅₀ et kdT₉₅ ont été respectivement de 11,43 et de 21,51 minutes. Les moustiques de l'échantillon de la Zone industrielle ont été kd avant la fin du temps d'exposition. Ainsi, les temps kdT₅₀ et kdT₉₅ pour ces moustiques ont été respectivement de 21 et 54 minutes (Tableau 1). Les pourcentages de moustiques abattus (kd) des moustiques des échantillons de Doukouré, de Yamoussoukro, d'Azito, et de Mamie-Faitaie ont été respectivement de 13,1, 56, 6,6 et 76,4 % après 60 minutes d'exposition. Les moustiques de ces échantillons ont présenté des kdT plus longs que ceux de la Zone industrielle, variant de 39 à 148 minutes pour les kdT₅₀ et de 91 à 549 minutes pour les kdT₉₅ (Tableau 1).

À l'exception de l'échantillon de la Zone industrielle, où nous avons observé une mortalité de 87,37 % (Tableau 1), tous les échantillons testés à ce produit ont présenté de faibles pourcentages de mortalité variant entre 18,63 et 35,35 %.

Sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* à la perméthrine à 1 %

Les moustiques de l'échantillon de référence sensible (S-Lab) sont tombés (100 %) pendant 60 minutes d'exposition aux papiers imprégnés de perméthrine 1 %, les kdT₅₀ et kdT₉₅ ont été respectivement de 10 et de 19 minutes (Tableau 2).

Tous les moustiques de la Zone industrielle sont tombés (kd) après seulement 25 minutes d'exposition aux papiers imprégnés de perméthrine à 1 % avec un kdT₅₀ de 14 minutes et un kdT₉₅ de 21 minutes (Tableau 2). Les kdT₅₀ obtenus avec les autres échantillons ont été estimés à 71, 94, 158 et 164 minutes respectivement à Yamoussoukro, à Azito, à Mami-Faitaie et à Doukouré. Les kdT₉₅ obtenus avec ces moustiques varient de 113 à 618 minutes (Tableau 2).

La perméthrine à 1 % a induit un taux de mortalité de 100 % chez les moustiques de la Zone industrielle et a entraîné des mortalités de 36,73, 38,38, 58,43 et 68,32 % respectivement chez les populations de *Cx. quinquefasciatus* de Doukouré, de Mamie-Faitaie, de Yamoussoukro et d'Azito (Tableau 2).

Sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* au DDT à 4 %

Avec le DDT à 4 %, les kdT₅₀ et kdT₉₅ de la souche sensible de référence (S-Lab) ont été respectivement de 36 et 59 minutes (Tableau 3). La mortalité observée avec cette souche est de 100 % après 24 heures d'observation. Avec les autres échantillons testés, les premiers moustiques kd ont été observés après 30 minutes d'exposition aux papiers imprégnés avec l'échantillon de la Zone industrielle, tandis que les taux de moustiques kd chez les échantillons de Doukouré, de Mamie-faitaie, de Yamoussoukro et d'Azito sont très faibles, voire nuls. Ainsi, à l'exception de l'échantillon de la Zone industrielle où les kdT₅₀ et kdT₉₅ sont respectivement de 47 et 88 minutes, les kdT₅₀ et kdT₉₅ ont été très

Tableau 1 kdT₅₀, kdT₉₅ et mortalité à 24 heures des *Culex quinquefasciatus* après une heure d'exposition aux papiers imprégnés de deltaméthrine à 0,05 % / *kdT₅₀, kdT₉₅ and mortality at 24 hours with Culex quinquefasciatus after one hour of exposition to deltamethrin at 0.05% impregnated papers.*

Souches	Effectif testé (n)	kdT ₅₀ (minutes) IC 95 %	kdT ₉₅ (minutes) IC 95 %	Mortalité (%)	Résultats
S-Lab	201	11,43 [10,86–13,2]	21,51 [16,2–27,2]	201 (100)	S
Zone industrielle	198	21,06 [18,9–24]	53,89 [39,3–71,6]	173 (87,37)	RPC
Doukouré	197	147,97 [98,47–204,7]	549,39 []	68 (34,51)	R
Mami-Faitaie	202	39,05 [36,9–44,5]	90,65 [73,1–184,9]	38 (18,63)	R
Yamoussoukro	200	56,8 [41–69,4]	185,62 [127–268,6]	68 (34)	R
Azito	199	48,28 [37,9–63,2]	107,78 [72,1–159,4]	70 (35,35)	R

kdT₅₀ et kdT₉₅ : temps (en minutes) de *knock-down* de 50 % et 95 % ; RPC : résistance probable à confirmer ; S : sensible ; R : résistant ; IC 95 % : intervalle de confiance à 95 %.

Tableau 2 kdT_{50} , kdT_{95} et mortalité à 24 heures des *Culex quinquefasciatus* après une heure d'exposition aux papiers imprégnés de perméthrine à 1 % / kdT_{50} , kdT_{95} and mortality at 24 hours with *Culex quinquefasciatus* after one hour of exposition to permethrin at 1% impregnated papers.

Souches	Effectif testé (n)	kdT_{50} (minutes) IC 95 %	kdT_{95} (minutes) IC 95 %	Mortalité (%)	Résultats
S-Lab	197	10,06 [9,6–11,0]	19,11 [18–20,89]	197 (100)	S
Zone industrielle	186	14,38 [12,7–16,1]	21,34 [19,7–22,6]	186 (100)	S
Doukouré	196	164,29 [117,9–249]	618,84 []	72 (36,73)	R
Mami-Faitaie	197	158,98 [98,8–197]	302,06 []	76 (38,38)	R
Yamoussoukro	204	71,47 [64,1–84,32]	113,3 [87,2–216,8]	119 (58,43)	R
Azito	201	93,54 [81,2–106]	157,73 [98,2–196]	137 (68,32)	R

kdT_{50} et kdT_{95} : temps (en minutes) de *knock-down* de 50 % et 95 % ; S : sensible ; R : résistant ; IC 95 % : intervalle de confiance à 95 %.

longs, variant respectivement entre 385 et 882 minutes et entre 731 à 1 676 minutes (Tableau 3). À l'image des kdT très longs, les mortalités observées avec ces dernières sont très faibles (inférieure à 11 %) (Tableau 3).

Discussion

Pendant cette étude, nous avons évalué la sensibilité des *Cx. quinquefasciatus* à l'aide des valeurs de la mortalité et des kdT . En effet, outre la mortalité, le kdT est un bon indicateur pour la détection précoce d'une baisse de sensibilité vis-à-vis du DDT et des pyréthriinoïdes. Par ailleurs, le kdT est très facile à mesurer et ne nécessite aucun autre matériel que le nécessaire de l'épreuve de l'OMS. Le kdT est depuis très longtemps reconnu comme indicateur de sensibilité [11,14,21,22]. L'importance de cette étude réside essentiellement dans le fait que la résistance aux pyréthriinoïdes du principal moustique nuisant *Cx. quinquefasciatus* dans les grandes villes tropicales met en péril les efforts de lutte

contre l'un des principaux problèmes majeurs de santé publique. Cette situation a pour conséquence le désintérêt des populations à utiliser les moustiquaires imprégnées qui visent à les protéger des piqûres des vecteurs du paludisme. La connaissance de la susceptibilité de ce moustique est un préalable à la vulgarisation des moustiquaires imprégnées en milieu urbain.

Les kdT des moustiques des échantillons de la Zone industrielle ont été moins longs avec la deltaméthrine à 0,05 %, soit le double du kdT de la souche sensible (S-Lab). Cette situation est confirmée avec la mortalité observée (87,37 %), ce qui traduit une baisse de sensibilité de ces populations de *Cx. quinquefasciatus* à la deltaméthrine à 0,05 %. Ce résultat diffère de celui de Chandre [8] : il montre, qu'à l'échelle du quartier d'une même commune, les populations de *Cx. quinquefasciatus* peuvent être différentes et empêcher leur comparaison lors de l'étude de leur sensibilité aux insecticides.

En effet, les populations de *Cx. quinquefasciatus* de la Zone industrielle proviennent d'un milieu nouvellement

Tableau 3 kdT_{50} , kdT_{95} et mortalité à 24 heures des *Culex quinquefasciatus* après une heure d'exposition aux papiers imprégnés de DDT à 4 % / kdT_{50} , kdT_{95} and mortality at 24 hours with *Culex quinquefasciatus* after one hour of exposition to DDT at 4% impregnated papers.

Souches	Effectif testé (n)	kdT_{50} (minutes) IC 95 %	kdT_{95} (minutes) IC 95 %	Mortalité (%)	Résultats
S-Lab	200	35,89 [20,1–71,4]	58,72 [51,6–98,9]	100 (100)	S
Zone industrielle	203	46,51 [37,9–63,2]	88,37 [69,2–123,7]	175 (86)	RPC
Doukouré	199	384,61 []	730,77 []	21 (10,38)	R
Mami-Faitaie	198	535,71 []	1 017,85 []	8 (4,08)	R
Yamoussoukro	202	652,17 []	1 239,13 []	4 (1,98)	R
Azito	200	882,35 []	1 676,47 []	2 (1)	R

kdT_{50} et kdT_{95} : temps (en minutes) de *knock-down* de 50 % et 95 % ; RPC : résistance probable à confirmer ; S : sensible ; R : résistant ; IC 95 % : intervalle de confiance à 95 %.

aménagé à la périphérie nord de la commune de Yopougon et semblent être, pour l'instant, exposées à de faibles quantités d'insecticides utilisables en santé publique. Par contre, l'allongement des kdT des quatre autres populations sauvages est très marqué avec la deltaméthrine à 0,05 %, et les mortalités observées sont nettement inférieures à 80 %. Selon les normes de l'OMS [20], ces résultats traduisent une résistance plus que probable de ces populations de *Cx. quinquefasciatus* à la deltaméthrine à 0,05 %. Les habitants seraient utilisateurs des insecticides (pyréthrinoides) pour lutter contre les moustiques à l'intérieur des habitations. En Afrique, les insecticides sont largement utilisés par les habitants pour se protéger des nuisances des moustiques en milieu urbain [5,9,17]. Les mortalités des populations de *Cx. quinquefasciatus* du village de Azito (35,35 %) et des quartiers précaires de Doukouré (34,51 %) et de Yamoussoukro (34 %) sont statistiquement identiques ($p = 0,05$, $U_{ob} = 0,92 < U_{th} = 1,96$). Mais, elles diffèrent significativement de celle observée dans le quartier précaire de Mami-Faitaie (18,63 %) [$p = 0,05$, $U_{ob} = 3,02 > U_{th} = 1,96$]. Les différences observées entre les taux de mortalité seraient dues à la variation spatiale de sensibilité qui pourrait exister entre les différentes populations de *Cx. quinquefasciatus* [22]. Les différences observées entre les quartiers suggèrent une étude plus poussée au niveau larvaire avec doses croissantes pour déterminer le niveau réel de sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* en milieu urbain tropical.

Les kdT (14 et 21 minutes) et la mortalité (100 %) obtenus avec les échantillons de *Cx. quinquefasciatus* de la Zone industrielle traduisent leur sensibilité à la perméthrine à 1 % [11].

En revanche, l'extrême allongement des kdT et les faibles taux de mortalité observés ailleurs, avec les quatre autres échantillons de moustiques sauvages, traduisent également la résistance des populations de *Cx. quinquefasciatus* à la perméthrine à 1 %. Les mortalités observées avec les populations de Azito (68,32 %) et de Yamoussoukro (58,43 %) sont statistiquement identiques ($p = 0,05$; $U_{ob} = 1,74 < U_{th} = 1,96$). Celles observées à Doukouré (36,73 %) et à Mami-Faitaie (38,38 %) sont également identiques ($p = 0,05$; $U_{ob} = 0,27 < U_{th} = 1,96$).

Les kdT obtenus sont 1,5 fois ceux de la souche sensible (S-Lab) et la mortalité (86 %) observée avec les populations de *Cx. quinquefasciatus* de la Zone industrielle traduit une baisse de sensibilité de ces moustiques au DDT à 4 %. Ce résultat ne traduit pas la résistance des *Cx. quinquefasciatus* aux organochlorés (DDT et dieldrine), observée depuis 1958 en Côte-d'Ivoire [2,8]. Cependant, de très faibles taux de mortalité sont observés avec les populations des quartiers précaires de Doukouré (10,38 %), de Mami-Faitaie (4,08 %), de Yamoussoukro (1,98 %) et du village de Azito (1 %). Ces résultats montrent la tolérance des populations de *Cx. quinquefasciatus* vis-à-vis des organochlorés depuis

l'utilisation du DDT dans la lutte antivectorielle. Par ailleurs, les mortalités observées à Doukouré (10,39 %) et à Mami-Faitaie (4,08 %) sont significativement différentes ($p = 0,05$, $U_{ob} = 2,23 > U_{th} = 1,96$). Il existe également une différence significative entre les mortalités des populations de Mami-Faitaie (4,08 %) et de Yamoussoukro (1,98 %) [$p = 0,05$, $U_{ob} = 2,04 > U_{th} = 1,96$]. Par contre, il n'existe pas de différence significative entre les mortalités observées à Yamoussoukro (1,98 %) et à Azito (1 %) ($p = 0,05$, $U_{ob} = 0,53 < U_{th} = 1,96$). La décroissance du niveau de sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* observée avec le DDT d'amont en aval du canal pourrait être le fait de l'accumulation croissante de cet insecticide dans l'environnement le long du canal.

Les résultats obtenus montrent bien la nécessité de prendre en compte le niveau de sensibilité aux insecticides utilisés dans les outils de lutte contre le paludisme en milieu urbain tropical lors de la planification de l'utilisation de ces outils. Le couplage de l'utilisation des biolarvicides avec les outils classiques de lutte contre le paludisme en milieu urbain pourrait s'avérer très utile.

Conclusion

Il existe une différence de sensibilité entre la population de *Cx. quinquefasciatus* de la Zone industrielle et les autres populations testées. Celle de la Zone industrielle reste sensible à la perméthrine à 1 %. Une baisse de sensibilité de cette population à la deltaméthrine à 1 % et au DDT à 4 % a été observée. En revanche, une résistance des populations de *Cx. quinquefasciatus* aux trois insecticides utilisés (perméthrine, deltaméthrine et DDT) a été observée dans les autres quartiers.

Les différences de niveau de sensibilité observées entre les populations de *Cx. quinquefasciatus* ne semblent pas être le seul fait du niveau d'urbanisation. Elles semblent plutôt être en rapport avec les mœurs des populations et la variation spatiale du niveau de sensibilité déjà constatée chez les populations de *Cx. quinquefasciatus*. Par ailleurs, le niveau de sensibilité de *Cx. quinquefasciatus* vis-à-vis du DDT décroît d'amont en aval du canal d'évacuation des eaux usées dans la commune de Yopougon.

La résistance des populations de moustiques aux insecticides utilisés en santé publique demeure une réalité qui hypothèque l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide dans la lutte contre les moustiques en milieu urbain. Ainsi, il est nécessaire de mettre en place un système de surveillance et d'évaluation de la sensibilité des différentes populations de moustiques aux insecticides.

Remerciements : Ce travail a été réalisé dans le cadre du partenariat entre l'université de Cocody (Abidjan, Côte-

d'Ivoire), l'Institut national d'hygiène publique (INHP) et le Centre suisse de recherches scientifiques (CSRS) avec le soutien financier du NCCR-NS. Nous tenons à remercier MM. Koné M., Konan B.N., Yapi T., Diallo A. et Ziogba T.J.C. pour toute l'aide qu'ils nous ont apportée.

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

Références

1. Abbot WS (1987) A method of computing the effectiveness of an insecticide. 1925. *J Am Mosq Control Assoc* 3(2):302-3
2. Adam JP, Hamon J, Chevalier J (1958) Observations complémentaires sur la résistance aux insecticides chez les moustiques de la région d'Abidjan (Basse Côte-d'Ivoire). *Bull Soc Pathol Exot Filiales* 51(4):662-6
3. Amat-Roze JM (1983) Le phénomène d'urbanisation dans les pays tropicaux. *Bull Soc Pathol Exot* 76(3):217-22
4. Baldet T, Diabaté A (1995) Mise à jour des protocoles de tests insecticides réalisés au laboratoire d'entomologie médicale. Document du laboratoire de parasitologie/entomologie du centre Muraz 2187, 15 p
5. Chambon R, Lemardeley P, Louis FJ, et al (1997) Connaissances, perceptions et pratiques des populations face à la nuisance culicidienne : résultats de six enquêtes menées au Cameroun en 1994. *Bull Soc Pathol Exot* 90(5):364-9 [<http://www.pathexo.fr/documents/articles-bull/T90-5-1848.pdf>]
6. Chandre F, Darriet F, Doannio JMC, et al (1997) Distribution of organophosphate and carbamate resistance in *Culex pipiens quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in West Africa. *J Med Entomol* 34(6):664-71
7. Chandre F, Guillet P, Mouchet J (1997) L'utilisation des insecticides en santé publique : état et perspectives. *Med Mal Infect* 27:552-7
8. Chandre F (1998) Résistance d'*Anopheles gambiae* Giles et de *Culex pipiens quinquefasciatus* Say aux insecticides en Afrique de l'Ouest et implications opérationnelles. Thèse d'université, université de Paris XII-Val-de-Marne, sciences de la vie et de la santé, France, 112 p
9. Chavasse DC, Lines JD, Ichimori K (1996) The relationship between mosquito density and mosquito coil sales in Dar es Salaam. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 90(5):493
10. Diallo S, Konaté L, Ndir O, et al (2000) Le paludisme dans le district sanitaire centre de Dakar (Sénégal). *Cahier d'études et de recherches francophones/Santé* 10(3):221-9
11. Elissa N, Mouchet J, Riviere F, et al (1993) Resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to pyrethroids in Côte-d'Ivoire. *Ann Soc Belg Med Trop* 73(4):291-4
12. Finney DJ (1971) Probit analysis. Cambridge University Press. Cambridge, UK, 333 p
13. Hamon J, Eyraud M, Sales S, Adam JP (1958) Observations sur le niveau de sensibilité au DDT, au dieldrin et au HCH de *Culex pipiens* ssp. *fatigans* dans la région de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta, Afrique occidentale française. *Bull Soc Pathol Exot Filiales* 51(3):393-404
14. Kang W, Gao B, Jiang H, et al (1995) Tests for possible effects of selection by domestic pyrethroids for resistance in culicine and anopheline mosquitoes in Sichuan and Hubei, China. *Ann Trop Med Parasitol* 89(6):677-84
15. Konan YL (2002) Évaluation de l'efficacité des méthodes de protection individuelle contre les piqûres de moustiques nuisants et vecteurs en Côte-d'Ivoire. Thèse d'université, unité de formation et de recherche (UFR) Biosciences, université de Cocody, Abidjan, Côte-d'Ivoire, 152 p
16. Magnin M, Marboutin E, Pasteur N (1988) Insecticide resistance in *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in West Africa. *J Med Entomol* 25(2):99-104
17. Mouchet J, Dejardin J, Subra R (1968) Sensibilité aux insecticides de *Culex pipiens fatigans* en Afrique de l'Ouest. *Med Trop* 28(3):374-94
18. OMS (1981) Critères et signification des épreuves pour la détermination de la sensibilité ou de la résistance des insectes aux insecticides. Genève (VBC/81.6)
19. OMS (1986) Résistance aux pesticides des vecteurs et réservoirs de maladies : dixième rapport du comité OMS d'experts de la biologie des vecteurs et de la lutte antivectorielle. Genève, Série de rapports techniques, 737, 94 pp
20. OMS (1998) Techniques to detect insecticide resistance mechanisms. Field and laboratory manual. WHO/CDS/CPC/MAL/98.6, 35 pp
21. 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/COS/CPC/MAL/98.12, 46 pp
22. Privora M (1975) Use of KT 50 for orientative evaluation (screening) of sensitivity of flies to insecticides. *J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol* 9(2):184-94
23. Subra R, Mouchet J (1968) *Culex pipiens fatigans* Wiedemann en Afrique de l'Ouest, son rôle éventuel dans la transmission de la filariose de Bancroft et sa sensibilité aux insecticides. *Bull World Health Organ* 38(3):484-8
24. Subra R (1973) Études écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wiedemann, 1928 (Diptera : Culicidae) dans une zone urbaine de la savane soudanienne ouest-africaine : dynamisme des populations imaginaires. *Cah Orstom Ser Ent Med et Parasitol* 11(2):79-100
25. Subra R (1981) Biology and control of *Culex pipiens quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae) with special reference to Africa. *Int J Trop Insect Sci* 1(4):319-39
26. Zézé GD (1991) Moustiques anthropophiles de la ville d'Abidjan. Thèse d'université, ex faculté des sciences et techniques, université de Cocody, Abidjan, Côte-d'Ivoire, 96 p