

## HABITATS LARVAIRES ET SENSIBILITÉ DES VECTEURS DU PALUDISME AUX INSECTICIDES DANS DES LOCALITÉS (SEMI-URBAINE ET RURALE) DE LA RÉGION DU LITTORAL CAMEROUNAIS : DONNÉES PRÉLIMINAIRES

Patrick NTONGA AKONO<sup>1\*</sup>, Arthur MBIDA MBIDA<sup>1</sup>, Parfait AWONO AMBENE<sup>2</sup>,  
Lyonnais YOUNBI ENGA<sup>1</sup>, Yomon ABDEL KAYOUM<sup>1</sup> & Sévilor KEKEUNOU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Biologie et Physiologie animale, Département de Biologie des organismes animaux, Université de Douala, BP. 24 157 Douala. Cameroun.

E-mails: patakono2000@yahoo.fr ; mbidajean@yahoo.fr ; lyonnaisyoubi@yahoo.com; abdelkayoumyomon@yahoo.fr

<sup>2</sup> Organisation pour la coordination de la lutte contre les endémies en Afrique centrale. E-mail: hpaawono@yahoo.fr

<sup>3</sup> Laboratoire de Zoologie, Département de Biologie et Physiologie animale, Université de Yaoundé I, BP. 812 Yaoundé. Cameroun. E-mail: skekeunou@yahoo.fr

\* Auteur correspondant. Tél.: +237 697 55 08 47. E-mail: patakono2000@yahoo.fr

**SUMMARY.**— *Larval habitats and susceptibility of malaria vectors to insecticides in semi-urban and rural localities of the Coast-Cameroon region: preliminary data.*— Choosing an appropriate strategy for mosquito control in an eco-climatic facies requires knowledge of vector ecology, including the spatial distribution and productivity of larval habitats and their level of susceptibility to insecticides. This study maps, characterizes the mosquito breeding sites and evaluates the susceptibility to insecticides of malaria vectors to Banya II and Bodiman, two semi-urban and rural areas of the coastal region of Cameroon. The field surveys were conducted in May 2015. The mosquito breeding sites were geo-referenced. For each breeding site, larvae were collected then reared and physico-chemical parameters measured *in situ*. The susceptibility of vectors to dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), deltamethrin and permethrin was evaluated on the anopheline obtained from larva rearing. A variety of breeding sites has been identified in the study sites (ponds, rivers, ditches, tires, plastic wrap, water storage containers, abandoned containers, papaya holes, bamboo holes). However, *Anopheles gambiae* s.l, the most abundant species in Banya II was more common in the pools, while *Culex poicilipes*, the most abundant species in Bodiman was mainly collected in abandoned containers. The two categories of breeding sites had respectively electrical conductivity of 167.5 [16.9-305] and 170.43 [11.6-461]  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , salinity of 90.5 [23.5-157] and 94.63[15-240] g/l and total dissolved solids of 119.6 [20.6-215] and 123.3 [7.8-354] ppm. Insecticides tests revealed mortality rates below 85 % for the Banya II Strain of *A. gambiae* s.l. and over 98 % for the Bodiman strain of *A. nili*. These informations should be taken into account for a better orientation of control strategies in order to control effectively the vectors in the study localities.

**RÉSUMÉ.**— Le choix d'une stratégie appropriée de lutte anti-paludique dans un faciès éco-climatique donné requiert une bonne connaissance de l'écologie des vecteurs, notamment la distribution spatiale et la productivité des gîtes larvaires, et de leur niveau de sensibilité aux insecticides. La présente étude cartographie, caractérise les gîtes de ponte des moustiques et évalue la susceptibilité aux insecticides des vecteurs de paludisme à Banya II et Bodiman, deux localités l'une sub-urbaine et l'autre rurale, de la région du littoral camerounais. Les enquêtes sur le terrain ont été menées en mai 2015. Les gîtes de moustiques ont été géo-référencés. Pour chaque gîte, les larves ont été prélevées puis élevées et les paramètres physico-chimiques mesurés *in situ*. La sensibilité des vecteurs au Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), à la Deltaméthrine et à la Perméthrine a été évaluée sur les anophèles issus de l'élevage des larves. Une diversité de gîtes a été identifiée dans les sites d'étude (mares, cours d'eau, caniveaux, pneus, emballages-plastiques, récipients de réserve d'eau, récipients abandonnés, trous de papayer, trous de bambou). Cependant, *Anopheles gambiae* s.l., l'espèce la plus abondante à Banya II a été plus fréquente dans les mares, alors que *Culex poicilipes*, l'espèce la plus abondante à Bodiman a été majoritairement collectée dans des récipients abandonnés. Les deux catégories de gîtes avaient respectivement une conductivité électrique de 167,5 [16,9-305] et 170,43 [11,6-461]  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ; une salinité de 90,5 [23,5-157] et 94,6[15-240] g/l ; un total de solides dissous (TDS) de 119,6 [20,6-215] et 123,3 [7,8-354] ppm. Les trois insecticides testés ont induit des taux de mortalité inférieurs à 85 % pour la souche Banya II d'*A. gambiae* s.l. et supérieurs à 98 % pour la souche Bodiman d'*A. nili*. Les présentes informations devraient être prises en compte pour une meilleure orientation des stratégies de lutte si l'on veut contrôler efficacement les vecteurs dans les localités d'étude.

Le paludisme est la maladie parasitaire la plus répandue dans le monde (Mouchet *et al.*, 2004). Cette parasitose atteint entre 124 et 283 millions de personnes par an. Les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes constituent la tranche de la population la plus vulnérable (WHO, 2016). Au Cameroun, les pouvoirs publics consacrent en moyenne 2 milliards de francs CFA par an pour lutter contre cette parasitose (MINSANTE, 2013). Le paludisme apparaît par conséquent comme l'un des principaux freins au développement économique du Cameroun.

De manière globale, le Cameroun déploie des moyens multiformes pour contrôler le paludisme en vue de son élimination, avec comme approches la mise en place d'opérations de lutte contre les vecteurs et la prise en charge rapide des patients basée sur un diagnostic précoce et l'administration de combinaisons de molécules à base d'artémisinine efficace. Depuis 2007, le Cameroun a révisé sa politique nationale pour la lutte antivectorielle qui prend en compte les objectifs du Plan stratégique mondial de l'initiative faire reculer le paludisme (PSFRP). Celle-ci repose désormais sur une approche intégrée dans laquelle les moustiquaires imprégnées d'insecticides (MII) et les aspersions intra-domiciliaires d'insecticides (AII) sont les interventions principales. Cependant de nombreuses études ont montré que la mise sur pied d'une méthode de lutte antivectorielle efficace doit être assujettie à la disponibilité, pour un faciès éco-climatique donné, des informations entomologiques fiables et actualisées pouvant rendre compte de l'identité et de la bio-écologie des moustiques-vecteurs, de la distribution spatiotemporelle et de la caractérisation de leurs gîtes de ponte, de la caractérisation physicochimique et botanique de ceux-ci, et du niveau de sensibilité des stades adultes aux insecticides recommandés par l'OMS pour la lutte antivectorielle (WHO, 2016). De telles données sont disponibles dans la plupart des localités au Cameroun et constituent des bases pour l'évaluation à court et moyen terme des opérations de lutte antivectorielle. Dans la région du littoral camerounais par exemple, les enquêtes menées dans la ville de Douala ont montré que le système vectoriel est majoritairement composé de l'espèce *Anopheles coluzzii* Coetzee & Wilkerson, 2013 et accessoirement d'autres espèces telles qu'*A. gambiae*, *A. melas*, *A. moucheti*, *A. nili* et *A. funestus* (Antonio-Nkondjio *et al.*, 2012 ; Akono *et al.*, 2015 ; Mbida *et al.*, 2016). Hormis cette ville qui a suscité la curiosité des entomologistes en raison de sa forte démographie et la proximité de la mer, aucune autre localité de cette région du pays n'a fait l'objet de telles études. Pourtant, les potentialités naturelles et infrastructurelles dont regorge de nos jours la localité de Yabassi (département du Nkam) méritent qu'on y attache une attention particulière. En effet, Yabassi est traversé par le fleuve Nkam qui est une source inestimable de protéines animales pour les populations riveraines, crée des conditions favorables aux maladies vectorielles. D'autre part, cette localité a bénéficié ces dernières années des réalisations du gouvernement dans les domaines de la santé, télécommunication et académique avec la construction récente de l'Institut des sciences halieutiques (ISH). De telles réalisations sont à l'origine d'un flux important de populations en majorité estudiantines, qui devraient normalement être informées des maladies auxquelles elles sont exposées dans la localité, des zones les plus à risque et des mesures préventives les plus appropriées.

La présente étude, menée à Banya II (Yabassi) et à Bodiman dans la région du littoral camerounais, a pour objet de cartographier, de caractériser les gîtes de ponte des moustiques et d'évaluer la sensibilité aux insecticides des vecteurs de paludisme.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### SITES D'ÉTUDE

Les études ont été menées à Banya II (04°27'32''N-09°57'30''E) et à Bodiman (04°21'36''N-09°52'14''E), deux localités, l'une sub-urbaine et l'autre rurale, de la région du littoral camerounais. La zone baigne dans un climat équatorial humide caractérisé par deux saisons des pluies (mars à juin, septembre à novembre) qui alternent avec deux saisons sèches (décembre à février, juillet-août). Les précipitations sont abondantes (3500-10 000 mm/an) (WMO, 2012). La température varie généralement entre 23°C et 29°C. Le réseau hydrographique est dense, principalement dominé par le fleuve Nkam

(Fig. 1). La végétation est essentiellement forestière, constituée des essences telles que *Lophira alata*, *Pycnanthus angolensis* et *Terminalia superba* (MINFOF, 2011).

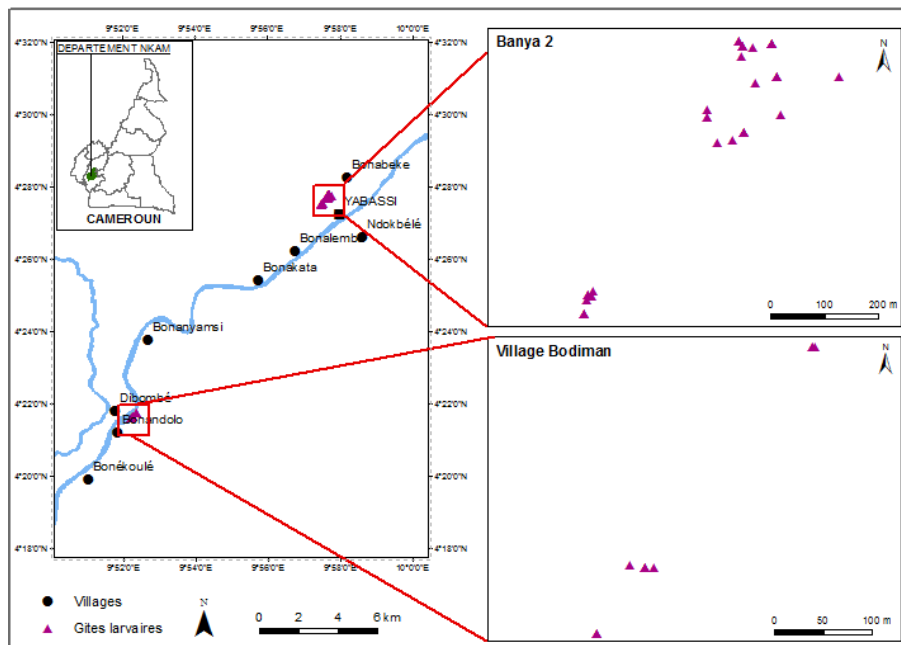


Figure 1.— Localisation des sites d'étude.

TABLEAU I

*Moyennes des caractéristiques physico-chimiques selon le type de gîte dans les sites d'étude*

\*X±Y : Moyenne± écart type ; \*\*X [Y-Z] : Moyenne [amplitude de variation] ; M : mares ; CE : Cours d'eau ; CA : Caniveaux ; PN : Pneus ; EPL : Emballages-Plastiques, RSE : Récipients de réserve d'eau ; RAB : Récipients abandonnés ; TP : Trous de papayer ; TB : Trous de bambou ; TDS : solides dissous totaux.

Site d'étude	Type de gîte	pH	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	Salinité (g/L)	TDS (ppm)
Banya II (zone suburbaine)	M	8,43±0,32	27,69±2,01	168,06±73,42	92,44±36,02	121,87±48,39
	CE	8,4	27,6	157,1	84,1	112
	CA	8,13	25,9	138,3	74,4	98,3
	PN	8,44	24,6	87,9	54,8	89,5
	EPL	10,12	26,4	13,1	15,8	10
Bodiman (zone rurale)	RSE	-	31,24±1,21	32,32±30,84	25,74±13,19	21,65±21,12
	RAB	7,97±0,43	30,33±4,45	170,43[11,6-461]	94,63 [15-240]	129,9 [8,1-354]
	CE	8,96	25,9	22,8	22	22,11
	CA	8,4	26,2	425	219	307
	TP	7,8	32,3	154,3	79,4	98,1
	PL	8,37±0,24	28,5±4,10	199,65 [93,3-306]	103,15±73,32	**140,5 [66-215]
	TB	8,44±0,30	27,25±2,61	111,05±84,92	60,35±41,51	32,55±4,03

Banya II est un quartier populaire de la ville de Yabassi. La démographie a considérablement évolué ces cinq dernières décennies, passant de 57 habitants en 1970 à 1700 en 2015 (Maire, comm. pers.). Depuis quelques années, la localité bénéficie de la mise en place des infrastructures universitaires qui pourra, à moyen ou à long terme, entraîner un boom démographique avec pour conséquence une modification profonde de l'environnement. Les maisons sont construites en matériaux définitifs (parpaings, tôles ondulées). Les larves de moustiques ont été collectées dans les mares, cours d'eau, caniveaux, pneus et emballages-plastiques. Les caractéristiques physico-chimiques étaient fonctions du type de gîte. Les pH moyens variaient de 8,13 (caniveaux) à 10,12 (emballages-plastiques) ; les températures moyennes allaient de 24,6°C (pneus) à 27,69°C (mares) et la conductivité de 13,1µS/cm (emballages-plastiques) à 168,06 µS/cm (Tab. I). La prévalence des maladies à transmission vectorielle est encore mal connue dans la localité. Cependant, l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides (MII) et des sprays insecticides sont les principaux moyens de prévention utilisés pour lutter contre le paludisme (Yomon, comm. pers.). La localité est dotée de centres hospitaliers. La population vit essentiellement de l'agriculture et du petit commerce. En dehors de leur usage domestique (MII, sprays), les insecticides sont généralement utilisés contre les ravageurs en agriculture.

Bodiman est une localité enclavée de type rural, moins anthropisée et située à une dizaine de kilomètres de Banya II. Elle est peuplée d'une cinquantaine d'habitants qui vivent dans des habitations faites en matériaux locaux (planches). La localité est dépourvue de formations sanitaires. Les gîtes de moustiques sont constitués du fleuve Nkam, de récipients de réserve d'eau, de caniveaux, de trous de bambou, de trous de papayer et d'emballages en plastique. Les caractéristiques physico-chimiques variaient d'un gîte à l'autre. Les pH moyens variaient de 7,97 (récipients abandonnés) à 8,96 (cours d'eau Nkam) ; les températures moyennes allaient de 25,9°C (cours d'eau Nkam) à 31,24°C (récipients abandonnés) et la salinité de 22 g/l (cours d'eau Nkam) à 219 g/l (caniveaux) (Tab. I). La localité est caractérisée par une forte agressivité culicidienne de l'ordre de 1277 piqûres/homme/nuit (p/h/n) ; l'espèce la plus agressive étant *Culex poicilipes* (Yomon, comm. pers.). La moustiquaire imprégnée d'insecticide (MII) est l'outil le plus utilisé pour se protéger des piqûres de moustiques. La population est autochtone, l'ethnie Ewodi étant majoritaire. Elle vit des activités agricoles et piscicoles. L'usage généralisé des insecticides contre les ravageurs en agriculture n'y est pas signalé.

## CONSIDÉRATION ÉTHIQUE, COLLECTE DES MOUSTIQUES ET IDENTIFICATION

Cette étude a été menée avec l'autorisation des autorités locales. La clairance éthique était obtenue par le Comité national d'éthique du Cameroun. La collecte des larves de moustiques a eu lieu en mai 2015 selon la méthode de « dipping » (Service, 1976) au rythme de 4 jours consécutifs. Dans chaque site d'étude, tous les gîtes de ponte de moustiques potentiels étaient systématiquement visités. Ces gîtes étaient regroupés en cours d'eau, mares, caniveaux, récipients de réserve d'eau, récipients abandonnés, emballages en plastique, trous de papayer, trous de bambou. Les gîtes identifiés ont été typés en fonction de leur nature, puis géo-référencés à l'aide d'un GPS de marque 'Garmin'. Les larves collectées ont été élevées séparément en fonction du gîte de leur provenance, dans un insectarium local selon Desfontaine *et al.* (1991). Les moustiques adultes morphologiquement identifiés comme anophèles (Holstein, 1949 ; Gillies & De Meillon, 1968 ; Gillies & Coetzee, 1987) étaient utilisés pour les tests insecticides.

## TESTS INSECTICIDES

Les tests de sensibilité ont été menés sur la souche Kisumu d'*A. gambiae*, souche de référence sensible à tous les insecticides et entretenue à l'insectarium de l'organisation de coordination pour la lutte contre les endémies en Afrique centrale (O.C.E.A.C.), et sur les femelles à jeun et âgées de 3 à 5 jours, issues des populations naturelles d'*A. nili s.l.* et d'*A. gambiae s.l.* provenant respectivement de Bodiman et de Banya II. Les insecticides utilisés étaient le DDT (4 %) (organochloré agissant sur le système nerveux des insectes), la Deltaméthrine (0,05 %) et la Permethrine (0,75 %) (pyréthrinoides qui sont des modulateurs des canaux sodium voltage-dépendants, à l'origine de la phase de dépolarisation des potentiels d'action). Ces tests consistaient à exposer pendant une heure les moustiques aux doses diagnostiques d'insecticide sur papier imprégné, à évaluer les temps nécessaires pour assommer 50 % ( $tk_{50}$ ) et 95 % ( $tk_{95}$ ) de moustiques pendant l'exposition et à déterminer leur taux de mortalité après 24 heures d'observation. Les lots de 20-25 anophèles par tube étaient exposés aux papiers imprégnés d'insecticide pendant une heure, durée au cours de laquelle les moustiques assommés ont été dénombrés à intervalles de temps réguliers de 5 minutes. Durant le temps d'observation qui a duré 24h, les anophèles ont été nourris de solution de glucose 10 %. Des tests utilisant des papiers non traités ont été considérés comme témoins. Au terme du temps d'observation, les taux de mortalité étaient corrigés suivant la formule d'Abbott (1987) lorsque le taux de mortalité des témoins était compris entre 5 et 20 %. Les  $tk$ s ont été estimés à partir de la fonction probit. Les statuts de résistance et de sensibilité des moustiques testés étaient évalués selon les critères de l'OMS (WHO, 2013).

## ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES

Les moyennes des différents paramètres physiques et chimiques ainsi que leurs écarts-types, ont été calculés à partir du logiciel Microsoft Office Excel, 2007. Nous avons utilisé le logiciel XLSTAT pour faire les tests de comparaison. Le test h de Kruskal Wallis a permis de comparer les nombres moyens de mortalité entre les souches Yabassi d'*A. gambiae s.l.* et Bodiman d'*A. nili* sous l'effet des insecticides utilisés.

## RÉSULTATS

### TYOLOGIE ET CARTOGRAPHIE DES GÎTES LARVAIRES DANS LES SITES D'ÉTUDE

Un total de 68 gîtes de ponte de moustiques infestés dont 19 à Bodiman et 49 à Banya II a été inventorié dans les sites d'étude. Ces gîtes étaient regroupés en mares, cours d'eau, caniveaux, pneus, emballages en plastique, récipients de réserve d'eau, récipients abandonnés, trous de papayer, trous de bambou. Les mares (n = 45 ; % = 66,18) étaient les gîtes les plus fréquents alors que les trous de papayer (n = 1 ; % = 1,47) et les pneus (n = 1 ; % = 1,47) étaient les moins fréquents dans les sites d'étude. Les emballages en plastique, caniveaux et cours d'eau étaient les gîtes retrouvés aussi bien à Bodiman qu'à Banya II. Les mares (n = 45 ; % = 91,83) étaient plus

fréquentes à Banya II (zone sub-urbaine) alors que les récipients de stockage d'eau (n= 9 ; % = 47,37) l'étaient à Bodiman (zone rurale) (Tab. II). La figure 1 indique la localisation géographique des gîtes de ponte de moustiques alors que le tableau III indique la localisation géographique des gîtes de ponte de moustiques les plus productifs dans les sites d'étude.

TABLEAU II

*Typologie des gîtes larvaires et leur fréquence d'apparition dans les sites d'étude*

M : mares ; RSE : récipients de stockage d'eau ; RAB : récipients abandonnés ; CE : cours d'eau ; CA : caniveaux ; TP : trous de papayer ; PN : pneus ; PL : plastiques ; TB : trous de bambou ; n : effectif ; % = pourcentage.

Type de gîte	Total		Yabassi (zone suburbaine)		Bodiman (zone rurale)	
	n	%	n	%	n	%
M	45	66,18	45	91,83	0	0,00
RSE	9	13,24	0	0,00	9	47,37
RAB	3	4,41	0	0,00	3	15,79
CE	2	2,94	1	2,04	1	5,26
CA	2	2,94	1	2,04	1	5,26
TP	1	1,47	0	0,00	1	5,26
PN	1	1,47	1	2,04	0	0,00
PL	3	4,41	1	2,04	2	10,52
TB	2	2,94	0	0,00	2	10,52
Total	68	100	49	100	19	100

TABLEAU III

*Localisation géographique des gîtes larvaires les plus productifs (nombre de larves collectées > 20)*

C. = *Culex* ; A. = *Anopheles*

Sites d'étude	Coordonnées géographiques			Types de gîtes	Espèces de moustiques
	Codes des gîtes	Latitude N	Longitude E		
Bodiman (zone rurale)	Bg <sup>1</sup>	4° 21' 36,6''	9° 52' 14,4''	Récipient abandonné	<i>C. poicilipes</i>
	Bg <sup>2</sup>	4° 21' 38,8''	9° 52' 16,0''	Trou de bambou	<i>C. poicilipes</i>
	Bg <sup>3</sup>	4° 21' 38,4''	9° 52' 17,5''	Trou de papayer	<i>C. poicilipes</i>
	Bg <sup>4</sup>	4° 21' 46,2''	9° 52' 21,6''	Récipient de réserve d'eau	<i>C. poicilipes</i>
	Bg <sup>5</sup>	4° 21' 38,9''	9° 52' 15,5''	Cours d'eau	<i>A. nili</i> ; <i>A. ziemani</i>
	Bg <sup>6</sup>	4° 21' 39,6''	9° 52' 18,4''	Récipient abandonné	<i>C. poicilipes</i>
Yabassi (zone suburbaine)	Yg <sup>1</sup>	04°27'21,6''	09°57'43,9''	Mare d'eau	<i>A. gambiae s.l.</i>
	Yg <sup>2</sup>	04°27'43,0''	09°57'37,2''	Mare d'eau	<i>A. gambiae s.l.</i>
	Yg <sup>3</sup>	04°27'41,5''	09°57'37,8''	Mare d'eau	<i>A. gambiae s.l.</i>
	Yg <sup>4</sup>	04°27'42,1''	09°57'39,4''	Mare d'eau	<i>A. gambiae s.l.</i>
	Yg <sup>5</sup>	04°27'32,5''	09°57'30,3''	Mare d'eau	<i>A. gambiae s.l.</i>
	Yg <sup>6</sup>	04°27'32,2''	09°57'30,2''	Mare d'eau	<i>A. gambiae s.l.</i>
	Yg <sup>7</sup>	04°27'45,1''	09°57'40,1''	Mare d'eau	<i>C. quinquefasciatus</i>
	Yg <sup>8</sup>	04°27'47,5''	09°57'41,1''	Pneu	<i>C. quin.</i> , <i>Aedes aegypti</i>
	Yg <sup>9</sup>	04°27'47,3''	09°57'39,3''	Mare d'eau	<i>A. gambiae s.l.</i>

#### DIVERSITÉ ET MOYENNES DES DENSITÉS LARVAIRES DE CULICIDÉS COLLECTÉS DANS LES SITES D'ÉTUDE

Les gîtes rencontrés à Banya II (Yabassi) étaient de cinq types : mares, cours d'eau, caniveaux, pneus et plastiques. Les gîtes les plus productifs étaient des mares. Leur densité larvaire moyenne était de  $23,9 \pm 14,5$  larves/litre. Les espèces de moustiques rencontrées dans ce type de gîtes étaient *A. gambiae s.l.* et *C. quinquefasciatus*. Le gîte le moins productif était le cours d'eau avec une densité larvaire moyenne d'*A. nili* de 5 larves/l.

Les gîtes rencontrés à Bodiman étaient de sept types : récipients de réserve d'eau, récipients abandonnés, cours d'eau, caniveaux, trous de papayer, trous de bambou et emballages en plastique. En dehors du cours d'eau qui a essentiellement produit les espèces *A. nili* et *A. ziemani*, les autres gîtes inventoriés dans le site ont uniquement produit l'espèce *C. poicilipes*. Les gîtes les

plus productifs étaient des récipients abandonnés. Leur densité larvaire moyenne était de 50 larves/l (Tab. IV).

TABLEAU IV

*Diversité et moyennes des densités larvaires de Culicidés selon le type de gîte dans les sites d'étude*

\*Moyenne  $\pm$  écart type ; An : *Anopheles* ; Cx : *Culex* ; Ae : *Aedes* ; M : mares ; CE : cours d'eau ; CA : caniveaux ; PN : pneus ; EPL : emballages en plastique, RSE : récipients de réserve d'eau ; RAB : récipients abandonnés ; TP : trous de papayer ; TB : trous de bambou.

Site d'étude	Type de gîte	Densités larvaires (larves/litre)	Diversité culicidienne
Banya II (zone suburbaine)	M	23,88 $\pm$ 14,5	<i>An gambiae s.l.</i> , <i>Cx. quinquefasciatus</i>
	CE	5	<i>An. gambiae s.l.</i>
	CA	20	<i>An. gambiae s.l.</i>
	PN	15	<i>Ae. aegypti</i> , <i>Cx. quinquefasciatus</i>
	EPL	15	<i>An. gambiae s.l.</i>
Bodiman (zone rurale)	RSE	9,45	<i>Cx. poicilipes</i>
	RAB	50	<i>Cx. poicilipes</i>
	CE	10	<i>An. nili</i> , <i>An. ziemanni</i>
	TP	25	<i>Cx. poicilipes</i>
	EPL	22,5	<i>Cx. poicilipes</i>
	TB	32,5	<i>Cx. poicilipes</i>

#### TESTS INSECTICIDES

##### *Temps de knockdown (tkd<sub>50</sub> et tkd<sub>95</sub>)*

Au total 720 femelles de moustiques adultes à jeun et âgées de trois à cinq jours ont été soumises aux doses discriminantes (ou diagnostics) des insecticides choisis. Les valeurs de tkd<sub>50</sub> et tkd<sub>95</sub> des trois espèces d'anophèles soumises aux tests sont résumées dans le tableau V. Les valeurs de tkd<sub>50</sub> et tkd<sub>95</sub> de la souche Bodiman d'*A. nili* sont toujours restées inférieures à celles de la souche Bodiman d'*A. gambiae s.l.* pour tous les insecticides testés (Tab. V). Par ailleurs, la Deltaméthrine apparaît comme l'insecticide ayant un potentiel knockdown (assommant) le plus élevé sur les populations naturelles et la souche de référence d'anophèles testées (Tab. V).

TABLEAU V

*Temps de knockdown au bout de 60 minutes des moustiques exposés (IC à 95 %)*

N : effectifs testés ; tkd<sub>50</sub> ou tkd<sub>95</sub> = temps nécessaires pour que 50 % ou 95 % de la population exposée soit assommée ; IC = intervalle de confiance.

Moustiques	Insecticides	N	Temps de knockdown (tkd)	
			tkd <sub>50</sub> (IC)	tkd <sub>95</sub> (IC)
<i>A. gambiae s.l.</i> (souche Yabassi)	DDT	80	> 60	> 60
	Perméthrine	80	> 60	> 60
	Deltaméthrine	80	55 (50 - 63)	> 60
<i>A. nili</i> (souche Bodiman)	DDT	80	24 (21 - 26)	42 (38 - 49)
	Perméthrine	80	18 (16 - 20)	38 (34 - 46)
	Deltaméthrine	80	19 (17 - 20)	30 (28 - 33)
<i>A. gambiae s.l.</i> (souche Kisumu)	DDT	80	19,1 (17,8 - 21,1)	31,0 (28,2 - 33,4)
	Perméthrine	80	9,5 (8,4 - 10,8)	17,3 (15,7 - 19,4)
	Deltaméthrine	80	8,8 (7,3 - 11,1)	14,0 (12,6 - 17,8)

Les taux de mortalité des anophèles corrigés en fonction de la mortalité chez les témoins à l'aide de la formule d'Abbott révèlent une forte sensibilité des populations naturelles d'*A. nili s.l.* de Bodiman et de la souche de référence d'*A. gambiae* (souche Kisumu) entretenue en insectarium. Par contre, les taux de mortalité des populations naturelles d'*A. gambiae s.l.* de Yabassi sont tous inférieurs à 30 %, suggérant une forte résistance de ces populations vis-à-vis des insecticides testés (Tab. VI). Le test h de Kruskal Wallis montre une différence significative entre les mortalités moyennes des populations naturelles d'*A. gambiae s.l.* et d'*A. nili s.l.* ( $p < 0,02$ ).

TABLEAU VI

Mortalités des femelles naturelles d'*Anopheles gambiae* s.l. (souche Yabassi) et d'*A. nili* (souche Bodiman) obtenues après 24 h d'observation

	Insecticides	Mortalités après 24 h d'observation			Statut
		Moustiques d'épreuve (%)	Témoins (%)	Moustiques d'épreuve corrigés d'Abbott (%)	
<i>A.gambiae</i> s.l.	DDT (4%)	5	5	0	Résistants
	Perméthrine (0.75%)	7,5	5	2,63	Résistants
	Deltaméthrine (0.05%)	31,25	5	27,63	Résistants
<i>A. nili</i>	DDT (4%)	100	10	100	Sensibles
	Perméthrine (0.75%)	100	10	100	Sensibles
	Deltaméthrine (0.05%)	100	10	100	Sensibles

## DISCUSSION

L'étude menée sur la caractérisation et la cartographie des gîtes larvaires a permis de recenser la diversité des gîtes de moustiques dans les sites d'étude. Ces résultats sont conformes à ceux enregistrés dans plusieurs localités rurales et urbaines d'Afrique. L'urbanisation mal contrôlée, la non application des mesures d'hygiène appropriées dans nos villes et le manque d'assainissement des alentours des cases de la plupart des villages sont à l'origine d'une telle multiplicité des gîtes de ponte de moustiques (Rodhain & Perez, 1985 ; Carnevale & Robert, 2009 ; Hayett *et al.*, 2012).

Les moustiques identifiés ont été récoltés dans une large gamme de gîtes larvaires. *A. gambiae* s.l. a été l'espèce la plus abondante à Banya II (Yabassi). Il a été plus fréquent dans les mares ensoleillées dont les eaux ont une conductivité électrique, une salinité et un TDS importants. Ces résultats tranchent avec ceux enregistrés par Carnevale & Robert (2009). Pour ces derniers, les gîtes larvaires d'anophèles sont des flaques d'eau ensoleillées et peu polluées. Cependant, nos résultats sont conformes à ceux enregistrés dans le sud-ouest de l'Éthiopie par Mereta *et al.* (2013), dans la municipalité d'Obuasi au Ghana par Tiimub *et al.* (2012) et au Burkina Faso par Fournet *et al.* (2010). De leurs travaux, il ressort que les larves d'*A. gambiae* s.l. peuvent se développer dans les gîtes ayant une forte valeur de TDS. En outre, ils ont montré que l'abondance des larves d'anophèles peut augmenter avec la température de l'eau du gîte ayant un pH compris entre 7,77 et 10,70. Des études récentes ont montré qu'*A. coluzzii* Coetzee & Wilkerson, 2013 est la seule espèce du complexe *gambiae* capable de se développer dans de telles conditions physico-chimiques (Tene Fossog *et al.*, 2015 ; Etang *et al.*, 2016). Cette observation, qui a été par ailleurs confirmée par les travaux menés au Cape Coast (Ghana) par Kudom (2015), permet de suggérer que les larves d'*A. gambiae* s.l. collectées dans les gîtes pollués de nos sites d'étude étaient de l'espèce *A. coluzzii*. Une identification moléculaire devrait néanmoins être menée pour confirmer cette hypothèse. La présence d'*A. coluzzii* dans les gîtes de Banya II se justifierait par le processus d'urbanisation mis en route depuis quelques années dans cette localité côtière. Des résultats similaires ont été relevés dans certains sites urbains littoraux (Kudom, 2015 ; Tene Fossog *et al.*, 2015 ; Etang *et al.*, 2016). Par ailleurs, la présence des larves d'*A. gambiae* s.l. dans les gîtes atypiques tels que les emballages en plastiques serait consécutive à la rareté des gîtes typiques ou alors à la très forte pollution de ceux existants. De telles observations ont été faites par Gouagna *et al.* (2011).

*A. nili* s.l. a été collecté uniquement près des berges du fleuve Nkam. Ces résultats corroborent ceux de Mouchet (1962) et d'Antonio-Nkondjio *et al.* (2009) qui avaient montré que les larves d'*A. nili* s.l. se développent préférentiellement dans des cours d'eau à courant rapide, ensoleillés et contenant de la végétation et/ou des débris flottants. Cependant, les valeurs de certains paramètres chimiques des eaux prélevées dans le fleuve Nkam sont nettement supérieures à celles déterminées par Antonio Nkondjio *et al.* (2009) au Sud-Cameroun. Ces derniers ont montré que les larves d'*A. nili* s.l. se développent préférentiellement dans les eaux légèrement

acides (pH de 6,51), ayant une température de 24,99 °C et une conductivité de 69,33 µs/cm. De ce qui précède, il convient de suggérer une forte capacité des larves d'*A. nili s.l.* à s'adapter dans les conditions chimiques dégradées des eaux des gîtes.

*Culex poecilipes* est l'espèce la plus fréquente à Bodiman ; ses larves ont majoritairement été collectées dans des récipients abandonnés très pollués (TDS > 125 ppm), ayant une salinité élevée (> 90 g/l) et à pH basique (> 7). Les larves de l'espèce *C. poecilipes* affectionnent des gîtes du type marais herbeux (Muturi *et al.*, 2007). Cependant, leur présence dans d'autres gîtes suggère le caractère ubiquiste de ce moustique qui serait doué de capacités d'adaptation à différents biotopes et à diverses conditions physico-chimiques (Cléments, 1963).

Par contre, *Culex quinquefasciatus* est l'espèce du genre *Culex* la plus fréquente à Banya II. Ce résultat cadre avec ceux de certains travaux ayant montré que cette espèce s'adapte mieux aux conditions environnementales qu'offrent la plupart des villes africaines (Baldet, 1995). Il convient de signaler que la faible fréquence de *C. poecilipes* à Banya II est due à l'absence des gîtes du type marais herbeux qui selon Muturi *et al.* (2007) sont caractéristiques de cette espèce culicinienne.

Le résultat des tests insecticides traduit une forte résistance de la souche Yabassi d'*A. gambiae s.l.* aux insecticides testés. Cette résistance est très forte avec le DDT et la Permethrine (Tab. VI). Ceci se confirme par les valeurs de tkd<sub>50</sub> et tkd<sub>95</sub> qui sont plus élevées avec le DDT (4 %) et la Permethrine (0,75 %) qu'avec la Deltaméthrine (0,05 %) (Tab. V). La résistance au DDT chez *A. gambiae s.l.* à Banya II a pu être sélectionnée dans le passé par l'usage massif de cet insecticide à la fois lors des campagnes de démoustication et de lutte contre le paludisme entreprises dans les années 1950 et 1960 et aussi lors des programmes de protection des cultures contre les insectes ravageurs au cours des mêmes décennies. Cet usage agricole aurait pu exercer une pression de sélection au niveau des populations larvaires dans les gîtes à *A. gambiae s.l.* (Diabaté *et al.*, 2002). Le mécanisme de la résistance au DDT n'a pas été déterminé ; cependant, elle serait le fait des enzymes de détoxification (glutathion-s-transférase, oxydases, etc.), ou alors le fait d'une insensibilité nerveuse résultant d'une modification du site cible (canaux sodiques) et régi par le gène *kdr* (Chandre *et al.*, 1999 ; Antonio-Nkondjio *et al.*, 2011). Par ailleurs, l'usage massif des pyréthrinoïdes contre les ravageurs de culture à partir des années 1970, puis leur utilisation domestique contre les moustiques nuisibles et vecteurs du paludisme à partir des années 1980 (sprays, MII), a pu contribuer aussi à sélectionner cette résistance. Cette problématique de résistance des vecteurs aux pyréthrinoïdes est particulièrement généralisée dans l'ensemble des villes littorales de l'ouest et du centre de l'Afrique et a tendance à s'aggraver d'année en année avec des répercussions réelles sur l'efficacité des MII en termes de protection vis-à-vis du paludisme (Antonio-Nkondjio *et al.*, 2015). Les mécanismes de résistance aux pyréthrinoïdes seraient conformes à ceux développés par les vecteurs vis-à-vis du DDT (Chandre *et al.*, 1999 ; Antonio-Nkondjio *et al.*, 2011). Inversement, l'usage agricole et domestique supposé plus faible des insecticides (DDT puis pyréthrinoïdes) dans l'autre localité (Bodiman) pourrait probablement expliquer l'absence de résistance aux insecticides au sein des populations locales d'*A. nili s.l.* ; il convient aussi de souligner que la bio-écologie différente entre les 2 espèces, *A. gambiae s.l.* et *A. nili s.l.*, notamment au niveau larvaire, pourrait expliquer aussi cette absence de résistance chez *A. nili* (les larves se développant sur les berges du fleuve seraient moins exposées à des concentrations élevées de résidus insecticides agricoles que les larves d'*A. gambiae s.l.* se développant dans des mares temporaires directement au contact des cultures).

Les présentes informations sont d'une importance notable dans la mise sur pied d'une stratégie de lutte antivectorielle en adéquation avec les spécificités propres à chaque localité. Toutefois, des études complémentaires concernant l'identification moléculaire des espèces vectrices et leur bio-écologie (comportement de piqûre, comportement de repos, taux d'infestation, dynamique spatio-temporelle de la transmission, suivi de la résistance/sensibilité aux insecticides) et se déclinant dans d'autres régions littorales forestières en Afrique de l'ouest et centrale devraient être menées afin d'apporter des renseignements supplémentaires nécessaires



pour une amélioration des méthodes de lutte antivectorielle disponibles (moustiquaires imprégnées d'insecticide, aspersions intradomiciliaire d'insecticide). Cette amélioration pourrait notamment se pencher sur le volet éducationnel des populations et sur la lutte biologique antilarvaire utilisant certains organismes tels que *Bacillus thuringiensis israelensis* (bit), certains poissons larvivores (*Gambusia affinis*) ou alors les huiles essentielles de certaines plantes comme *Cymbopogon citratus* qui pourraient ainsi constituer une solution alternative à l'usage des insecticides conventionnels dont les conséquences sur les espèces non-cibles et le problème de résistance développé par les vecteurs cibles sont loin de résoudre de façon durable le problème du paludisme dans les sites étudiés.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les populations de Banya II (Yabassi) et de Bodiman pour leur collaboration, ainsi que les trois relecteurs anonymes pour leurs utiles commentaires et suggestions.

## RÉFÉRENCES

- ABBOT, W.S. (1987).— A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Am. Mosq. Contr. Assoc.*, 3: 302-303.
- AKONO, N.P., TONGA, C., MBIDA, J.A., NGO HONDT, O.E., AWONO AMBENE, P., NDO, C., MAGNE, G., PEKA, M.F., NGAHA, R. & LEHMAN, L.G. (2015).— *Anopheles gambiae*, major malaria vector in Logbessou, a peri-urban area of Douala (Cameroon). *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 108: 360-368.
- ANTONIO-NKONDJIO, C., DEFO-TALOM, B., TAGNE-FOTSO, R., TENE-FOSSOG, B., NDO, C., LEHMAN, L.G., TCHUINKAM, T., KENGNE, P. & AWONO-AMBENE, P. (2012).— High mosquito burden and malaria transmission in a district of the city of Douala, Cameroon. *Bmc Infect. Dis.*, 12: 275.
- ANTONIO-NKONDJIO, C., NDO, C., COSTANTINI, C., AWONO-AMBENE, P., FONTENILLE, D. & SIMARD, F. (2009).— Distribution and larval habitat characterization of *Anopheles nili* and *A. moucheti* along river networks in south Cameroon. *Acta Trop.*, 112: 270-276.
- ANTONIO-NKONDJIO, C., TENE FOSSOG, B., KOPYA, E., POUMACHU, Y., MENZE, B., NDO, C., TCHUINKAM, T., AWONO-AMBENE, P. & WONDJI, C.S. (2015).— Rapid evolution of pyrethroid resistance prevalence in *Anopheles gambiae* populations from the cities of Douala and Yaoundé (Cameroon). *Malar. J.*, 14 :155.
- ANTONIO-NKONDJIO, C., TENE-FOSSOG, B., NDO, C., MENZE, B., ZEBAZE, S., AWONO AMBENE, P., COSTANTINI, C., WONDJI, C. & RANSON, H. (2011).— *Anopheles gambiae* distribution and insecticide resistance in the cities of Douala and Yaoundé (Cameroon): influence of urban agriculture and pollution. *Malar. J.*, 10: 154.
- BALDET, T. (1995).— *Étude comparative de deux stratégies de lutte contre Culex quinquefasciatus Say, 1823 par Bacillus sphaericus Neide, 1904 dans la ville de Maroua (Nord-Cameroun)*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier, France.
- CARNEVALE, P. & ROBERT, V. (2009).— *Les anophèles: biologie, transmission du plasmodium et lutte anti-vectorielle*. Didactiques, Marseille.
- CHANDRE, F., DARRIET, F., MANGA, L., AKOGBETO, M., FAYE, O., MOUCHET, J. & GUILLET, P. (1999).— Situation de la résistance aux pyréthrinoides chez *Anopheles gambiae* s.l. *Bull. World Health Organ.*, 77: 230-234.
- CLÉMENTS, A. (1963).— *The physiology of mosquitoes*. Pergamon Press, Oxford & New York.
- COETZEE, M., HUNT R.H., WILKERSON, R. ET AL. (2013).— *Anopheles coluzzii* and *Anopheles amharicus*, new members of the *Anopheles gambiae* complex. *Zootaxa*, 3619: 246-274.
- DESFONTAINE, M.A., TCHIKANGWA, I., LE GOFF, G., ROBERT, V. & CARNEVALE, P. (1991).— Influence de l'alimentation des larves d'*Anopheles gambiae* (Diptera, Culicidae) sur le développement préimaginal en insectarium. *Bull. Liais. Doc. - Oceac*, 98: 12-14.
- DIABATE, A., BALDET, T., CHANDRE, F., AKOGBETO, M., GUIGUEMDE, T.R., DARRIET, F., BRENGUES, C., GUILLET, P., HEMINGWAY, J., SMALL, G.J. & HOUGARD, J.M. (2002).— The role of agricultural use of insecticides in resistance to pyrethroids in *Anopheles gambiae* s.l. in Burkina Faso. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 67: 617-22.
- ETANG, J., MBIDA, A., AKONO, N.P., BINYANG, J., EBOUMBOU, M.C.E., LEHMAN, L.G., AWONO-AMBENE, P., TALIPOUO, A., EKOKO, E.W., TAGNE, D., TCHOFFO, R., MANGA, L. & MIMPFONDI, R. (2016).— *Anopheles coluzzii* larval habitat and insecticide resistance in the island area of Manoka, Cameroon. *Bmc Infect. Dis.*, 16: 217.
- FOURNET, F., CUSSAC, M. & OUARI, A. (2010).— Diversity in anopheline larval habitats and adult composition during the dry and wet seasons in Ouagadougou (Burkina Faso). *Malar J.*, 9: 78.

- GILLIES, M.T. & COETZEE, M. (1987).— A supplement to the Anophelinae of Africa south of the Sahara. *Saimr.*, 55: 1-143.
- GILLIES, M.T. & DE MEILLON, B. (1968).— The Anophelinae of Africa south of the Sahara. *Saimr.*, 54: 1-343.
- GOUAGNA, L.C., DEHECQ, J.S., GIROD, R., BOYER, S., LEMPÉRIÈRE, G. & FONTENILLE, D. (2011).— Spatial and temporal distribution patterns of *Anopheles arabiensis* breeding sites in La Reunion Island - multi-year trend analysis of historical records from 1996-2009. *Parasit. Vectors*, 4: 121.
- HAYETT, B., FOUZIA, D. & NOUREDDINE, S. (2012).— Étude systématique et écologique des moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomol. Faunist.* 65: 99-103.
- HOLSTEIN, M. (1949).— *Guide pratique de l'anophélisme en A.O.F.* Direction Générale de la Santé publique, Dakar.
- KUDOM, A.A. (2015).— Larval ecology of *Anopheles coluzzii* in Cape Coast, Ghana : water quality, nature of habitat and implication for larval control. *Malar J.*, 14: 447.
- MBIDA, J., ETANG, J., AKONO, P., TALIPOUO, A., AWONO-AMBENE, P., OKE-AGBO, F., EBOUMBOU, C., AKOGBETO, M., OSSE, R., LEHMAN, G., EKOKO, W., BINYANG, J., TAGNE, D., TCHOFFO R., DONGMO, A. & MIMPFUNDI, R. (2016).— Preliminary investigation on aggressive Culicidae fauna and malaria transmission in two wetlands of the Wouri River estuary, Littoral-Cameroon. *J.E.Z.S.*, 4: 105-110.
- MERETA, S., YEWHALAW, D., BOETS, P., ABDULHAKIM, A., DUCHATEAU, L., SPEYBROECK, N., VANWAMBEKE, S., LEGESSE, W., DE MEESTER, L. & GOETHALS, P. (2013).— Physico-chemical and biological characterization of anopheline mosquito larval habitats (Diptera: Culicidae): implications for malaria control. *Parasit. Vectors*, 6: 320.
- MINFOF (MINISTÈRE DE LA FAUNE ET DE LA FORÊT) (2011).— *Rapport trimestriel d'activités délégation*. Yaoundé.
- MINSANTE (MINISTÈRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE DU CAMEROUN) (2013).— *Enquête post-campagne sur l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée d'action : rapport principal*. Yaoundé.
- MOUCHET, J. (1962).— Influence des fleuves sur la biologie d'*Anopheles gambiae* pendant la saison sèche dans le Sud-Cameroun. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 55: 1163-1171.
- MOUCHET, J., CARNEVALE, P., COOSEMANS, M., JULVEZ, J., MANGUIN, S., RICHARD-LENOBLE, D. & SIRCOULON, J. (2004).— *Biodiversité du paludisme dans le monde*. John Libbey Eurotext, Paris.
- MUTURI, E., SHILILU, J., GU W., JACOB, B., GITHURE, J. & NOVAK, R. (2007).— Larval habitat dynamics and diversity of *Culex* mosquitoes in rice agro-ecosystem in Mwea, Kenya. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 76: 95-102.
- RODHAIN, F. & PEREZ, C. (1985).— *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire*. Maloine S.A., Paris.
- TENE FOSSOG, B., AYALA, D., ACEVEDO, P., KENGNE, P. & ABESO MEBUY, I.N.A. (2015).— Habitat segregation and ecological character displacement in cryptic African malaria mosquitoes. *Evol. Appl.*, 8: 326-345.
- SERVICE, M.W. (1976).— *Mosquito ecology: field sampling methods*. Vector biology and control. Applied Science Publishers, London.
- TIIMUB, B., ADU, B. & OBIRI-DANSO, K. (2012).— Physico-chemical assessment of mosquito breeding sites from selected mining communities at the Obuasi municipality in Ghana. *J. Environ. Earth Sci.*, 10: 123-129.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION) (2013).— *Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors*. WHO, Control of communicable diseases (CDS) prevention and control, Geneva, Switzerland.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION) (2016).— <http://www.who.int/malaria/publications/world-malaria-report-2016/report>.
- WMO (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION). (2012).— *World weather information service - Douala*. World Meteorological Organization, Douala, Cameroon.