

## Caractéristiques bioécologiques d'*Anopheles gambiae* s.s. en zones de riziculture irriguée au centre de la Côte d'Ivoire

Zahouli ZBJ<sup>1,2</sup>, Tchicaya ES<sup>1,2</sup>, Nsanzabana C<sup>3</sup>, Donzé J<sup>4</sup>, Utzinger J<sup>4</sup>, N'Goran EK<sup>1,2</sup>, Koudou BG<sup>1,5,6</sup>

1. Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

2. UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

3. Institut Tropical et de Santé Publique Suisse, Bâle, Suisse

4. Université de Neuchâtel, Neuchâtel, Suisse

5. UFR Science de la Nature, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire

6. Vector Group/Liverpool School of Tropical Medicine, Liverpool, UK

*Med Trop* 2011 ; **71** : 575-581

**RÉSUMÉ** • Un suivi entomologique longitudinal de septembre 2008 à septembre 2009 a été réalisé à Abokro et Yaokoffikro, villages du centre de la Côte d'Ivoire, en zones de riziculture irriguée. L'objectif de notre étude était d'identifier quelques aspects bioécologiques des populations femelles d'*Anopheles gambiae* s.s. durant leur cycle gonotrophique. Les moustiques adultes ont été capturés par 72 pièges lumineux, sur sujets humains pour un effort de 72 hommes-nuits de 18 heures à 6 heures, et par pulvérisation intra-domiciliaire matinale de 60 chambres au pyréthre. Au total, 10 312 et 7 662 moustiques adultes ont été capturés, respectivement à Abokro et Yaokoffikro. Dans les deux sites d'étude, le genre *Anopheles* était prépondérant. Les pièges lumineux ont été trois fois plus efficaces à Abokro qu'à Yaokoffikro. Dans les deux villages, les cycles d'agressivité des femelles d'*An. gambiae* s.s. ont évolué progressivement pour atteindre un pic entre minuit et 1 heure du matin. A Abokro, le comportement d'*An. gambiae* s.s. était fortement endophage et endophile avec un taux d'endophagie et une densité au repos respectivement égaux à 67,4 % (n = 4 798) et 14,9 femelles par chambre et par nuit. A Yaokoffikro, le comportement était indépendant de la maison, avec un taux d'endophagie et une densité respectifs de 49,3 % (n = 6 775) et 2,9 femelles par chambre et par jour.

**MOTS-CLÉS** • *Anopheles gambiae* s.s. Paludisme. Riziculture irriguée. Bioécologie. Côte d'Ivoire.

### BIO-ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *ANOPHELES GAMBIAE* S.S. IN IRRIGATED RICE FIELDS OF CENTRAL CÔTE D'IVOIRE

**ABSTRACT** • This longitudinal entomological survey was conducted between September 2008 and September 2009 in the villages of Abokro and Yaokoffikro located in an irrigated rice farming area of central Côte d'Ivoire. The purpose was to investigate the bio-ecological characteristics of *Anopheles gambiae* s.s. during the gonotrophic cycle. In both villages, adult mosquitoes were captured in 72 light traps, collected on humans subjects at a rate of 72 man-night from 6 p.m. to 6 a.m., and knocked down using pyrethroid spray inside 60 sentinel houses in the early morning. A total of 10,312 adult mosquitoes were collected in Abokro and 7,662 in Yaokoffikro. *Anopheles* was the dominant genus at both locations. Light traps were three times more efficient in Abokro than in Yaokoffikro. In both places, *An. gambiae* s.s. biting rates increased gradually up to a peak observed between midnight and 1 a.m. In Abokro, most *An. gambiae* s.s. were collected inside sleeping rooms. The endophagic rate and indoor resting density was 67.4% (n = 4798) and 14.9 females per bedroom per night, respectively, in Abokro as compared to 49.3% (n = 6775) and 2.9 females per bedroom per day, respectively, in Yaokoffikro.

**KEY WORDS** • *Anopheles gambiae* s.s. Malaria. Irrigated rice farming. Bio-ecology. Côte d'Ivoire.

En Côte d'Ivoire, dans la région de Bouaké, le paludisme constitue l'une des causes majeures de morbidité chez les enfants (1, 2). Sa recrudescence se manifeste en début de saison pluvieuse et se traduit par des taux de prévalence élevés (3). La distribution du paludisme est très hétérogène et liée aux conditions climatiques, écologiques, hydrographiques et humaines. A ces facteurs, s'ajoutent des situations particulières telles que l'introduction de la riziculture irriguée et intensive et l'apparition de la résistance des vecteurs du paludisme aux insecticides.

La Côte d'Ivoire est le premier importateur africain et le cinquième importateur mondial de riz. Dans sa quête de s'assurer une sécurité alimentaire, la population ivoirienne transforme d'innombrables et vastes bas-fonds et surfaces irrigables en des

périmètres rizières. Chaque année, 30 à 50 ha sur les 180 ha de bas-fonds, sont régulièrement exploités par les riziculteurs à Bouaké. Les résidus insecticides drainés par l'eau d'irrigation et issus des traitements des champs de riz et de coton sélectionnent des souches résistantes des vecteurs du paludisme, notamment d'*Anopheles gambiae* (4). La riziculture irriguée (5, 6) et la résistance d'*An. gambiae* aux pyréthrinoïdes (7) modulent la transmission du paludisme. La mise en place d'une stratégie de lutte adéquate, passe par l'étude des spécificités de chaque situation épidémiologique (8). En raison de l'extension des périmètres rizières, générateurs d'*Anopheles* (8-10) et de l'extension de la résistance des vecteurs du paludisme en Côte d'Ivoire (11-13), et singulièrement dans nos sites d'étude (14, 15), il est plus que jamais temps de cibler la lutte anti-vectorielle. La protection individuelle et collective de la population est garantie, si elle est adaptée au comportement du vecteur et à la dynamique de transmission de *Plasmodium* (3).

• Correspondance : G.B.Koudou@liverpool.ac.uk.

• Article reçu le 10/02/2011, définitivement accepté le 21/06/2011

La présente étude a été réalisée dans deux villages localisés en zones de résistance des vecteurs du paludisme aux pyrèthrinoïdes (14, 15) et de riziculture irriguée au centre de la Côte d'Ivoire. Elle avait pour but de déterminer le cycle d'agressivité et le comportement de piqûres et de repos des populations femelles d'*An. gambiae* s.s. au cours de leur cycle gonotrophique.

## Matériel et méthode

### Sites d'étude

Notre étude a été réalisée entre septembre 2008 et septembre 2009, dans deux villages au centre de la Côte d'Ivoire, Abokro et Yaokoffikro (figure 1). Le choix de ces villages a été motivé par leurs caractéristiques socio-démographiques distinctes, leur localisation en zones de riziculture irriguée et intensive et la différence du niveau de résistance d'*An. gambiae* aux pyrèthrinoïdes.

Abokro est un petit village, enclavé, privé d'électricité, avec des cases en matériaux locaux (banco, paille). La population d'Abokro est composée de 150 habitants. La résistance d'*An. gambiae* aux pyrèthrinoïdes y était faible (14, 15) avec une fréquence du gène kdr de 4 %, mais elle a considérablement augmenté ces 5-6 dernières années pour atteindre 71 % de kdr (Koudou et collaborateurs; données non publiées). Par contre, Yaokoffikro est un village moderne de type périurbain, électrifié, avec la majorité des maisons construites en matériaux industriels (briques dures, tôles ondulées). La population de Yaokoffikro est composée de 950 habitants. Il s'agit d'une zone de forte résistance d'*An. gambiae* aux pyrèthrinoïdes, avec une fréquence du gène kdr supérieure à 78 % (14, 15).

Les deux villages sont distants de 38 km. La végétation est constituée par une mosaïque de savane hétérogène, arborée, arbustive ou herbeuse. La région baigne dans une zone de transition climatique, à deux ou quatre saisons selon les années. La saison sèche, marquée par l'harmattan, s'étend de novembre à mars. La saison pluvieuse est caractérisée par deux maxima pluviométriques, l'un en juin et l'autre en septembre. Les moyennes pluviométriques annuelles oscillent généralement entre 1 000 mm et 1 320 mm et ont atteint 1 370 mm en 2008. La température varie peu au cours de l'année, avec des moyennes de 26 à 28 °C. L'humidité relative moyenne annuelle se situe entre 75 et 90 %. Le réseau hydrographique y est dense, composé des fleuves Bandama et N'Zi, leurs affluents, de rivières pérennes ou intermittentes et de petits barrages.

### Collecte des moustiques sur le terrain

L'échantillonnage des populations adultes de *Culicidae* s'est fait avec trois méthodes différentes (i) les pièges lumineux (PL) de type « CDC light traps » ; (ii) la capture des moustiques sur sujets humains (CSH) protégés du paludisme par une prophylaxie médicamenteuse adéquate et vaccinés contre la fièvre jaune ; et (iii) enfin des captures intra-domiciliaires matinales de la faune résiduelle au pyrèthre à 1 %. Les PL et les CSH se sont déroulées de 18 heures à 6 heures du lendemain matin, au rythme de trois nuits successives, tous les deux mois. Quatre points de capture ont été choisis au hasard, pour chaque méthode de capture, dans chaque village. Quatre PL ont été installés, à 1,5 m du sol, à l'inté-



Figure 1. Carte de la Côte d'Ivoire présentant les sites d'étude : Abokro et Yaokoffikro distants de 38 km.

rieur et à l'extérieur de maisons habitées. Deux captureurs ont été placés à l'intérieur et deux autres à l'extérieur de quatre habitations. Pour plus d'efficacité et éliminer les biais liés à l'habilité et à l'attractivité, une rotation a été faite entre deux équipes de huit captureurs. La première équipe a travaillé de 18 heures à minuit et la seconde, de minuit à 6 heures du matin. La capture intra-domiciliaire de la faune résiduelle au pyrèthre à 1 % s'est faite tôt le matin, entre 7 et 8 heures, dans 10 chambres à la fois par jour.

Dans l'ensemble, l'étude a nécessité 72 PL, 72 CSH et 60 chambres pulvérisées au pyrèthre à 1 % par village.

### Traitement des moustiques au laboratoire

Tous les moustiques capturés, par PL, CSH et pulvérisation intra-domiciliaire au pyrèthre à 1 %, ont été identifiés à partir des critères de Mattingly (16), et de Gilles & de Meillon (17). Après dissection des ovaires, l'âge physiologique des femelles d'*An. gambiae* s.s. a été déterminé à partir des critères morphologiques des trachéoles ovariennes (18), par tranche horaire de capture. Les femelles d'*An. gambiae* s.s. collectées par capture intra-domiciliaire ont été séparées selon leur état physiologique (19).

### Considérations éthiques

L'étude a été menée conformément aux lois en vigueur en Côte d'Ivoire dans le respect de l'éthique et de la confidentialité des données. Les captureurs volontaires ont été mis sous chimio-prophylaxie antipaludique et vaccinés contre la fièvre jaune, comme recommandé par le Ministère de la Santé et le programme national de lutte contre le paludisme (PNLP) en Côte d'Ivoire. En outre, le consentement des chefs de ménage et des collecteurs de

Tableau 1. Composition de la faune culicidienne récoltée dans la zone d'étude de septembre 2008 à septembre 2009.

Genre	Espèce	Abokro						Yaokoffikro					
		PL		CSH		Total		PL		CSH		Total	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Anopheles</i>	<i>An. gambiae</i> s.l.	713	41,2	4 798	55,9	5 511	53,4	230	48,9	6 775	94,2	7 005	91,4
	<i>An. pharoensis</i>	78	4,5	903	10,5	981	9,5	45	9,6	88	1,2	133	1,7
	<i>An. wellcomei</i>	6	0,3	81	0,9	87	0,8	2	0,4	8	0,1	10	0,1
	<i>An. funestus</i>	75	4,3	45	0,5	120	1,2	8	1,7	20	0,3	28	0,4
	<i>An. ziemanni</i>	51	2,9	9	0,1	60	0,6	15	3,2	2	0,0	17	0,2
	<i>An. flavicosta</i>	0	0,0	3	0,0	3	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Mansonia</i>	<i>Ma. africana</i>	199	11,5	1 217	14,2	1 416	13,7	58	12,3	175	2,4	233	3,0
	<i>Ma. uniformis</i>	202	11,7	1 110	12,9	1 312	12,7	49	10,4	81	1,1	130	1,7
<i>Culex</i>	<i>Cx. nebulosus</i>	115	6,7	244	2,8	359	3,5	5	1,1	11	0,2	16	0,2
	<i>Cx. cinereus</i>	93	5,4	3	0,0	96	0,9	18	3,8	5	0,1	23	0,3
	<i>Cx. quinquefasciatus</i>	108	6,2	12	0,1	120	1,2	11	2,3	2	0,0	13	0,2
	<i>Cx. decens</i>	35	2,0	117	1,4	152	1,5	23	4,9	14	0,2	37	0,5
	<i>Cx. annulioris</i>	38	2,2	23	0,3	61	0,6	4	0,9	7	0,1	11	0,1
	<i>Cx. rima</i>	4	0,2	6	0,1	10	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Aedes</i>	<i>Ae. vittatus</i>	5	0,3	1	0,0	6	0,1	2	0,5	3	0,0	5	0,1
	<i>Ae. aegypti</i>	3	0,2	10	0,1	13	0,1	0	0,0	1	0,0	1	0,0
	<i>Ae. africanus</i>	2	0,1	1	0,0	3	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	<i>Ae. luteocephalus</i>	1	0,1	0	0,0	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	<i>Ae. furcifer</i>	1	0,1	0	0,0	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total		1 729	100,0	8 583	100,0	10 312	100,0	470	100,0	7 192	100,0	7 662	100,0

n = Effectif - % = Pourcentage - PL = Piège lumineux - CSH = Capture sur sujet humain.

moustiques a été obtenu après l'explication des objectifs et des méthodes de collections par des réunions de groupes.

### Analyse statistique des données

Toutes les données ont été saisies dans des fichiers Excel 2007 et transférées dans Epi-Info version 6.0 (Center for Diseases Control and Prevention, Atlanta, Georgia, USA). Les analyses statistiques ont été faites avec le logiciel STATA version 9.0 (Stata Corporation, College Station, Texas, USA). Pour la comparaison des taux et proportions, le test  $\chi^2$  (variables catégoriques) a été utilisé, tandis que le « likelihood ratio test » (LRT) a été utilisé pour la comparaison des variables continues que sont les densités au repos. La valeur de *P* a permis de montrer si les différences entre les variables catégoriques ou continues étaient significatives. L'intervalle de confiance (IC) était de 95 %.

## Résultats

### Inventaire de la faune culicidienne

A Abokro, un total de 10 312 spécimens de moustiques a été récolté. La faune culicidienne a été répartie en quatre genres (*Anopheles* Meigen, *Mansonia* Blanchard, *Culex* Linné et *Aedes* Meigen) et 19 espèces (tableau 1). *Anopheles* est le genre majoritaire (65,6 %). L'espèce *An. gambiae* s.s. Giles est prédominante au sein de la faune totale (53,5 %) (tableau 1) et de la faune anophélienne (81,5 % ; n = 6 762).

A Yaokoffikro, un total de 7 662 spécimens de moustiques a été capturé. La faune culicidienne a été répartie en quatre genres (*Anopheles*, *Mansonia*, *Culex* et *Aedes*) et 14 espèces (tableau 1). Le genre *Anopheles* est largement majoritaire (93,9 %). L'espèce *An. gambiae* s.s. est prédominante au sein de la faune totale (91,4 %) (tableau 1) et de la faune anophélienne (97,4 % ; n = 7 193).

### Efficacité des captures aux pièges lumineux et sur sujets humains

A Abokro, les PL ont permis d'échantillonner 18 espèces (tableau 1). En revanche, les CSH ont permis de récolter 17 espèces dont une (*An. flavicosta*) n'a pas été capturée par les PL. Nous avons obtenu, en moyenne, 24,0 moustiques par PL par nuit (m/p/n), et 119,2 moustiques par CSH par nuit (m/h/n), soit un ratio CSH/PL égal à 5,0. Concernant *An. gambiae* s.s., nous avons récolté 9,9 m/p/n contre 66,6 m/h/n. Le ratio CSH/PL pour *An. gambiae* s.s. a été estimé à 7,0. Les ratios CSH/PL obtenus avec *Mansonia* et *Culex* étaient de 5,2 et 1,0, respectivement.

A Yaokoffikro, les PL et les CSH ont permis d'échantillonner 13 et 14 espèces, respectivement (tableau 1). Toutes les espèces récoltées par les PL ont été aussi capturées par les CSH. Les PL et les CSH ont capturé, en moyenne, 6,5 m/p/n et 100,0 m/h/n, soit un ratio CSH/PL égal à 15,4. Concernant *An. gambiae* s.s., nous en avons récolté respectivement, par PL et CSH en moyenne 3,1 m/p/n et 99,1 m/h/n. Le ratio CSH/PL d'*An. gambiae* s.s. a été estimé à 30,0. Les ratios respectifs CSH/PL de *Mansonia* et *Culex* étaient égaux à 2,3 et 1,6.

Les ratios Abokro/Yaokoffikro pour le PL et les CSH étaient respectivement égaux à 3,7 et 1,2. Les PL ont été quantitativement trois fois plus efficaces à Abokro qu'à Yaokoffikro.

### Cycles d'agressivité horaire des femelles pares d'*An. gambiae* s.s.

A Abokro, un total de 4 798 femelles d'*An. gambiae* s.s. ont été capturées par CSH, 1 469 (30,6 %) à l'extérieur et 3 329 (69,4 %) à l'intérieur des habitations, parmi lesquelles nous avons enregistré 75,8 % de pares dont 857 exophages et 1 861 endophages.

A Yaokoffikro, un total de 6 775 femelles d'*An. gambiae* s.s. ont été échantillonnées par CSH, 3 322 (49,0 %) à l'extérieur et 3 453 (51,0 %) à l'intérieur des habitations, parmi lesquelles nous avons enregistré 84,5 % de pares dont 1 959 exophages et 1 672 endophages.

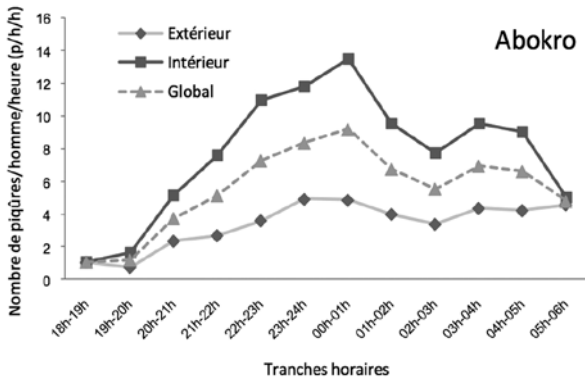


Figure 2. Cycle d'agressivité horaire d'An. gambiae s.s. à Abokro.

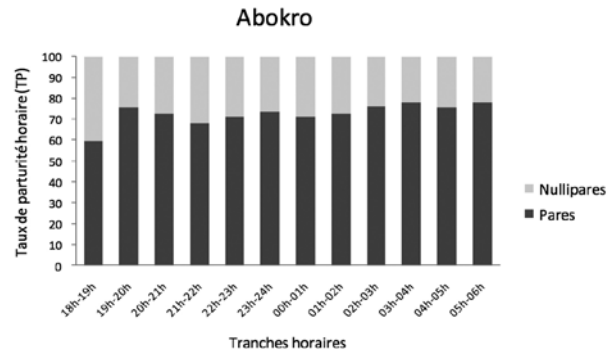


Figure 4. Répartition horaire des taux de parturité d'An. gambiae s.s. à Abokro.

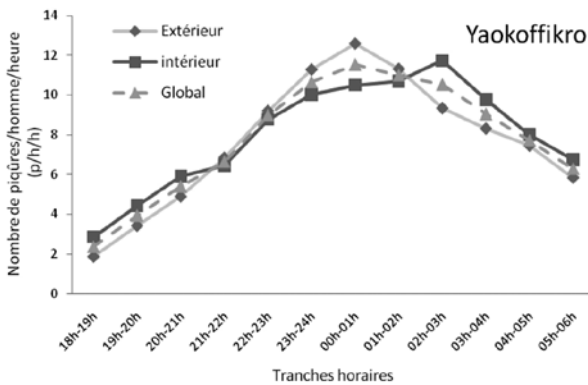


Figure 3. Cycle d'agressivité horaire d'An. gambiae s.s. à Yaokoffikro.

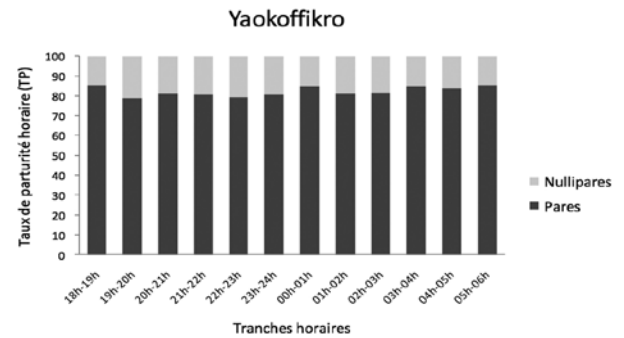


Figure 5. Répartition horaire des taux de parturité d'An. gambiae s.s. à Yaokoffikro.

Dans les deux villages, les cycles horaires d'agressivité d'An. gambiae s.s. se présentent globalement comme suit (figures 2, 3, 4 et 5) :

- de 18 à 20 heures, l'agressivité est faible (0,3-2,9 piqûres/heure/homme (p/h/h)) ;
- entre 20 et 1 heure, l'activité de piqûres s'intensifie progressivement, pour atteindre un pic entre minuit et 1 heure (1,5-6 p/h/h) ;
- de 1 à 4 heures, l'activité de piqûre est maximale et stable (2,6-12,6 p/h/h) ; et
- à partir de 4 heures du matin à l'aube, l'agressivité baisse lentement pour atteindre 2,6-6,8 p/h/h.

Toutefois, à Abokro, l'activité de piqûres d'An. gambiae s.s. est plus intense à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations (figure 2). Deux pics d'agressivité ont été notés, un pic principal entre minuit et 1 heure et un second pic entre 3 et 4 heures du matin. A Yaokoffikro par contre, l'agressivité des femelles d'An. gambiae s.s. est équilibrée aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations et la courbe ne présente qu'un seul pic d'agressivité (figure 3).

### Evolution horaire du taux de parturité

La répartition horaire des taux de parturité d'An. gambiae s.s. est inégale et présente deux phases :

- de 18 à 19 heures, les taux de parturité sont faibles ; ce qui traduit une faible agressivité des femelles paires d'An. gambiae s.s. ; et

- à partir de 19 heures jusqu'au matin, les taux de parturité sont au maximum, ce qui révèle une agressivité très élevée des femelles paires d'An. gambiae s.s. (figures 4 et 5).

Les taux moyens de parturité des femelles d'An. gambiae s.s. à Abokro et Yaokoffikro étaient égaux à 75,8 % (n = 3 702) et 84,6 % (n = 4 419), respectivement. Les plus grandes proportions de femelles paires d'An. gambiae s.s. sont observées après 19 heures à Abokro, tandis qu'à Yaokoffikro les valeurs ont été très élevées à toutes les heures de captures (figures 4 et 5).

### Comportement de piqûre

A Abokro, 1 469 et 3 329 femelles d'An. gambiae s.s. ont été capturées respectivement à l'extérieur et à l'intérieur des maisons. Les taux moyens d'endophagie et d'exophagie, respectifs, ont été évalués à 69,4 % et 30,6 % (n = 4 798) (tableau 2). Les taux moyens d'endophagie et d'exophagie, respectifs, des femelles paires étaient estimés à 67,2 % et 32,8 % (n = 2 718) (tableau 3). Ainsi, les femelles d'An. gambiae s.s. se nourrissent aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des maisons, avec une tendance deux fois plus forte à s'alimenter à l'intérieur ( $\chi^2 = 796,04$  ;  $P < 0,001$ ).

A Yaokoffikro, 3 322 et 3 453 femelles d'An. gambiae s.s. ont été récoltées respectivement à l'extérieur et à l'intérieur des maisons. Les taux moyens respectifs d'endophagie et d'exophagie, étaient évalués à 49,3 % et 50,7 % (n = 6 775) (tableau 2). Les taux moyens respectifs d'endophagie et d'exophagie des femelles paires étaient estimés à 46,1 % et 53,8 % (n = 3 631)

Tableau 2. Variations mensuelles des taux d'endophagie et des taux d'exophagie des femelles d'*An. gambiae* s.s. récoltées à Abokro et à Yaokoffikro de septembre 2008 à septembre 2009.

Période	Abokro				Yaokoffikro			
	Extérieur	Intérieur	Ten (%)	Tex (%)	Extérieur	Intérieur	Ten (%)	Tex (%)
Septembre 08	241	687	74,0	26,0	903	1 204	57,1	2,9
Novembre 08	439	1 085	71,2	28,8	669	798	54,4	45,6
Janvier 09	247	327	57,0	43,0	242	242	50,0	50,0
Mars 09	255	653	71,9	28,1	812	595	42,3	57,7
Mai 09	179	403	69,2	30,8	551	497	47,4	52,6
Juillet 09	108	174	61,7	38,3	145	117	44,7	55,3
Total	1 469	3 329	-	-	3 322	3 453	-	-
Moyenne	-	-	67,4	32,6	-	-	49,3	50,7

Ten : Taux d'endophagie, Tex : Taux d'exophagie, % : Pourcentage.

Tableau 3. Variations mensuelles des taux d'endophagie et des taux d'exophagie des femelles pares d'*An. gambiae* s.s. récoltées à Abokro et à Yaokoffikro de septembre 2008 à septembre 2009.

Période	Abokro				Yaokoffikro			
	Extérieur	Intérieur	Tenp (%)	Tex (%)	Extérieur	Intérieur	Tenp (%)	Tex (%)
Septembre 08	84	397	82,5	17,5	379	334	46,8	53,2
Novembre 08	195	350	64,2	35,8	331	387	53,9	46,1
Janvier 09	151	183	54,8	45,2	194	175	47,4	52,6
Mars 09	214	460	68,3	31,8	542	341	38,6	61,4
Mai 09	122	333	73,2	26,8	391	341	46,6	53,4
Juillet 09	91	138	60,3	39,7	122	94	43,5	56,5
Total	857	1 861	-	-	1 959	1 672	-	-
Moyenne	-	-	67,2	32,8	-	-	46,2	53,9

Tenp : Taux d'endophagie des femelles pares, Tex : Taux d'exophagie des femelles pares, % : Pourcentage.

Tableau 4. Densités au repos et état de gorgement des femelles d'*An. gambiae* s.s. récoltées à Abokro et à Yaokoffikro de septembre 2008 à septembre 2009.

Période	A jeun	Gorgée	Semi-gravide	Gravide	TOTAL	DR (f/c/j)	DPR (j)	
Abokro	Septembre 08	12	3	13	18	46	4,6	2,6
	Novembre 08	114	91	78	72	355	35,5	2,7
	Janvier 09	7	18	15	8	48	4,8	2,3
	Mars 09	17	43	12	21	93	9,3	1,8
	Mai 09	87	51	47	53	238	23,8	3,0
	Juillet 09	4	54	3	53	114	11,4	3,0
	Total	241	260	168	225	894	14,9	2,5
Yaokoffikro	Septembre 08	9	5	3	3	20	2	2,2
	Novembre 08	17	11	0	6	34	3,4	1,6
	Janvier 09	8	2	2	2	14	1,4	3,0
	Mars 09	2	22	5	6	35	3,5	1,5
	Mai 09	8	15	9	2	34	3,4	1,7
	Juillet 09	8	20	4	4	36	3,6	1,4
	TOTAL	52	75	23	23	173	2,9	1,9

DR : densité au repos dans les maisons, DPR : durée du repos post-repas, f/c/j : femelles par chambre par jour, j : jour.

(tableau 3). Ainsi, les femelles d'*An. gambiae* s.s. se nourrissent tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations, avec une préférence pour l'extérieur ( $\chi^2 = 65,54$  ;  $P < 0,001$ ).

#### Densité au repos et comportement alimentaire

A Abokro, 894 femelles d'*An. gambiae* s.s. ont été récoltées. La densité moyenne au repos et la durée moyenne du repos post-repas à l'intérieur des habitations furent évaluées à 14,9 femelles par chambre et par jour et 2,5 jours (tableau 4). Les proportions cumulées des femelles gorgées, semi-gravides ou gravides étaient de 73,0 % ( $n = 894$ ).

A Yaokoffikro, 173 femelles d'*An. gambiae* s.s. ont été récoltées. La densité moyenne au repos et la durée moyenne

du repos post-repas à l'intérieur des maisons furent évaluées à 2,9 femelles par chambre et par jour et 1,9 jour, respectivement (tableau 4). Les proportions cumulées des femelles gorgées, semi-gravides ou gravides étaient de 69,9 % ( $n = 173$ ).

Les densités moyennes des femelles d'*An. gambiae* s.s. au repos à l'intérieur des habitations étaient statistiquement plus élevées à Abokro qu'à Yaokoffikro (LRT = 9,37;  $P < 0,001$ ).

#### Discussion

L'inventaire de la faune culicidienne luciphile et anthropophile montre une grande diversité et une forte abondance de moustiques adultes aussi bien à Abokro qu'à Yaokoffikro. La richesse



spécifique et l'abondance de moustiques sont dues à une variabilité et à la dynamique des gîtes larvaires naturels ou artificiels, très productifs, de nature et taille différentes (20). La diversification et la prédominance du genre *Anopheles*, en particulier la prépondérance d'*An. gambiae* dans les aménagements agricoles irrigués ont été démontrées par de nombreux travaux (10, 21-24). La riziculture irriguée, son exploitation ininterrompue et les chevauchements réguliers des cycles culturaux et de différents stades phénologiques des plants assurent une grande disponibilité et une pérennisation des biotopes propices au développement larvaire de cette espèce. L'inégale abondance d'*An. gambiae* s.s. dans les deux villages est due à la différence de leur proximité avec les rizières les plus proches (21). En effet, Abokro est situé à plus de 2 km des rizières alors que Yaokoffikro épouse les limites des périmètres rizicoles.

Une grande diversité de *Culicidae* a été obtenue par les PL et CSH. En effet, lorsqu'elles sont utilisées en combinaison, ces deux méthodes constituent un moyen efficace permettant de mesurer l'activité de piqûre des moustiques sur l'homme (25). Toutefois, les PL ont présenté des résultats parfois inconstants avec des variations aléatoires et fortuites (8). Leur performance à Abokro particulièrement se trouve améliorée due à leur contact avec des maisons occupées par les dormeurs et leur installation à l'abri d'autres sources externes de lumière. La différence de rendement des PL entre les villages, correspond à la présence de l'électricité (lampadaires) à Yaokoffikro, qui aurait atténué leur principal pouvoir attractif, la lumière. Une incorporation d'un dispositif d'émission d'attractifs chimiques ou d'odeurs corporelles (26), les rendrait moins dépendants des contraintes du milieu. La haute performance des CSH pour *An. gambiae* s.s. se traduit par la supériorité de l'attraction olfactive et trophique à l'attraction lumineuse ou visuelle. En effet dans la région, cette espèce est exclusivement anthropophile (27).

Les cycles d'agressivité des femelles endophages, exophages, pares et le rythme global d'activité de piqûres d'*An. gambiae* s.s., caractérisés par un pic au milieu de la nuit, ont été plusieurs fois signalés en zones savaniques ouest-africaines (3, 23). Ce comportement démontre à quel point l'espèce est inféodée aux habitudes de son hôte humain. L'évolution disproportionnée, observée, dans la fréquence des femelles pares et des femelles nullipares (3, 8, 18), est imputable à l'oviposition crépusculaire chez les premières, retardées par rapport aux dernières (28). Toutefois, les fréquences élevées des femelles pares à des heures précoces se justifient par la proximité des gîtes de ponte des habitations.

Mais, les similitudes constatées entre les populations femelles d'*An. gambiae* s.s. dans les deux villages ne doit pas occulter les différences particulièrement profondes qui existent entre elles. En effet, à Abokro, les agressions intra-domiciliaires ont été largement supérieures aux agressivités extra-domiciliaires, durant le nyctémère. Ce qui dénote les taux d'endophagie élevés d'*An. gambiae* s.s., caractéristiques des vecteurs du paludisme des zones rurales d'Afrique (29). Ce comportement endophage est favorisé par le fait que les habitants rentrent plus tôt dans les maisons pour se coucher, dans la mesure où Abokro est un petit village isolé et non électrifié. L'endophagie de l'espèce est prolongée par un comportement endophile, marqué par de fortes densités au repos, d'importantes proportions de femelles gorgées, semi-gravides et gravides et une durée plus longue du repos post-repas à l'intérieur des maisons. La qualité précaire des maisons (petites cases sombres, coiffées de toit en paille et construites en

terre) et leur concentration sur un espace restreint sont incriminées (8). Par contre à Yaokoffikro, les agressivités intra-domiciliaires et extra-domiciliaires ont été comparables. Ce comportement diffère de l'endophagie classique de l'espèce dans les zones rurales (29), et se rapproche de l'exophagie facultative en milieu urbain (30, 31). Cette situation est imputable aux habitudes semi-rurales et semi-urbaines de la population dont une moitié rentre dans les maisons pour se coucher, alors que l'autre moitié reste au dehors tard la nuit avant de rentrer ou dort sur les terrasses et les vérandas à cause de la chaleur et l'électricité villageoise. La tendance à l'exophagie est associée à une exophilie délibérée, marquée par de faibles densités de femelles gorgées, semi-gravides ou gravides et une courte durée du repos post-repas à l'intérieur des maisons. Les maisons, modernes, écartées les unes des autres, aérées, éclairées par la lumière du jour, offriraient des conditions inappropriées au comportement endophile. Par ailleurs, l'exophilie d'*An. gambiae* s.s. peut être une composante de sa résistance aux pyréthrinoides (14, 15), connue sous le nom de résistance comportementale, en réponse à l'irritabilité des insecticides (32). En effet, plusieurs études ont montré que la résistance à l'effet létal des insecticides s'accompagne d'une résistance à leur effet irritant par une modification de comportement chez les individus résistants (32), de sorte à quitter les maisons avant d'avoir absorbé la dose létale d'insecticides, massivement utilisées à Yaokoffikro (Zahouli et collaborateurs, données non publiées d'une enquête socio-économique).

---

## Conclusion

---

*An. gambiae* s.s. a présenté un comportement polymorphe et antagoniste selon les villages. A Abokro, l'écologie d'*An. gambiae* s.s. est centrée sur la maison, leur point de passage obligatoire pour la recherche de l'hôte et leur gîte de repos post-repas. A Yaokoffikro, *An. gambiae* s.s. a présenté un comportement très hétérogène, diffus et plus indépendant de la maison. Dans de tels contextes, l'arsenal de la lutte anti-vectorielle devrait être constitué par l'amélioration de l'habitat, les traitements intra-domiciliaires et l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides dans les deux villages.

---

## Références

---

- Dossou-Yovo J, Ouattara A, Doannio JM, Diarrassouba S, Chauvancy G. Enquête paludométrique en zone de savane humide de Côte d'Ivoire. *Med Trop (Mars)* 1998 ; 58 : 51-6.
- Dossou-Yovo J, Ouattara A, Doannio JM, Rivière F, Chauvancy G, Meunier JY. Aspects du paludisme dans un village de savane humide de Côte d'Ivoire. *Med Trop (Mars)* 1994 ; 54 : 331-6.
- Dossou-Yovo J, Diarrassouba S, Doannio J, Darriet F, Carnevale P. Le cycle d'agressivité d'*Anopheles gambiae* s.s. à l'intérieur des maisons et la transmission du paludisme dans la région de Bouaké (Côte d'Ivoire). Intérêt de l'utilisation de la moustiquaire imprégnée. *Bull Soc Pathol Exot* 1999 ; 92 : 198-200.
- Akoghéto M, Yakoubou S. Résistance des vecteurs du paludisme vis-à-vis des pyréthrinoides utilisés pour l'imprégnation des moustiquaires au Bénin, Afrique de l'Ouest. *Bull Soc Pathol Exot* 1999 ; 92 : 123-30.
- Koudou BG, Adja AM, Matthys B, Doumbia M, Cissé G, Kone M *et al.* Pratiques agricoles et transmission du paludisme dans deux zones éco-épidémiologiques au centre de la Côte d'Ivoire. *Bull Soc Pathol Exot* 2007 ; 100 : 124-6.
- Koudou BG, Doumbia M, Janmohamed N, Tschannen AB, Tanner M, Hemingway J *et al.* Effects of seasonality and irrigation on malaria transmission in two villages in Côte d'Ivoire. *Ann Trop Med Parasitol* 2010 ; 104 : 109-21.
- Doannio JM, Dossou-Yovo J, Diarrassouba S, Chauvancy G, Darriet F, Chandre

- F *et al.* Efficacité des moustiquaires pré-imprégnées de perméthrine Olyset Net en zone de résistance des vecteurs aux pyréthrinoïdes. I - Evaluation entomologique. *Med Trop (Mars)* 1999 ; 59 : 349-54.
8. Mouchet J, Carnevale P, Coosemans M, Julvez J. Biodiversité de paludisme dans le monde. John Libbey Eurotext ed, Paris, 2004, p. 428.
  9. Marrama L, Laventure S, Rabarison P, Roux J. *Anopheles mascarensis* (De Meillon, 1947): vecteur principal du paludisme dans la région de Fort-Dauphin (Sud-est de Madagascar). *Bull Soc Pathol Exot* 1999 ; 92 : 136-8.
  10. Robert V, Ouari B, Ouédraogo V, Carnevale P. An ecologic study of adult and larval *Culicidae* in a rice field of Kou Valley, Burkino Faso. *Acta Trop* 1988 ; 45 : 351-9.
  11. Elissa N, Mouchet J, Rivière F, Meunier JY, Yao K. Resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to pyrethroids in Côte d'Ivoire. *Ann Soc Belg Med Trop* 1993 ; 73 : 291-4.
  12. Guillet P, Chandre F, Akogbéto M, Darriet F, Faye O, Manga L *et al.* Resistance of *Anopheles gambiae* s.l. to pyrethroid in Africa and use of impregnated materials. WHO task force on impregnated materials for malaria vector control. WHO ed, Brazzaville, 1996.
  13. Vulule JM, Beach RF, Atieli FK, Roberts JM, Mount DL, Mwangi RW. Reduced susceptibility of *Anopheles gambiae* to permethrin associated with the use of permethrin-impregnated bednets and curtains in Kenya. *Med Vet Entomol* 1994 ; 8 : 71-5.
  14. Chandre F, Manguin S, Brengues C, Dossou Yovo J, Darriet F, Diabate A *et al.* Current distribution of a pyrethroid resistance gene (kdr) in *Anopheles gambiae* complex from west Africa and further evidence for reproductive isolation of the Mopti form. *Parassitologia* 1999 ; 41 : 319-22.
  15. Koffi AA, Darriet F, N'Guessan R, Doannio JM, Carnevale P. Evaluation au laboratoire de l'efficacité d'insecticide de l'alphacyperméthrine sur les populations d'*Anopheles gambiae* de Côte d'Ivoire résistantes à la perméthrine et à la deltaméthrine. *Bull Soc Pathol Exot* 1999 ; 92 : 62-6.
  16. Mattingly P. The mosquitoes of Ethiopian Region. Sutcliffe ed, London, 1971, p. 184
  17. Gillies M, Meillon BD. The Anophelinae of Africa south of the Sahara (Ethiopian Zoogeographical Region). South African Institute for Medical Research ed, 1968, p. 343
  18. WHO. Manual on Practical Entomology in Malaria. Part II. Methods and Techniques. WHO ed, Genève, 1975, p. 191. [http://whqlibdoc.who.int/offset/WHO\\_OFFSET\\_13\\_\(part2\).pdf](http://whqlibdoc.who.int/offset/WHO_OFFSET_13_(part2).pdf)
  19. OMS. Entomologie du paludisme et contrôle de vecteurs. OMS ed, Genève, 2002, p. 104
  20. Doannio JM, Dossou-Yovo J, Diarrassouba S, Rakotondraïbé ME, Chauvancy G, Rivière F. Comparaison de la composition spécifique et de la dynamique des populations de moustiques dans deux villages du centre de la Côte d'Ivoire, avec et sans périmètre de riziculture irriguée. *Bull Soc Pathol Exot* 2006 ; 99 : 204-6.
  21. Dolo G, Briet OJ, Dao A, Traoré SF, Bouaré M, Sogoba N *et al.* Malaria transmission in relation to rice cultivation in the irrigated Sahel of Mali. *Acta Trop* 2004 ; 89 : 147-59.
  22. Briet OJ, Dossou-Yovo J, Akodo E, van de Giesen N, Teuscher TM. The relationship between *Anopheles gambiae* density and rice cultivation in the savannah zone and forest zone of Cote d'Ivoire. *Trop Med Int Health* 2003 ; 8 : 439-48.
  23. Doannio JM, Dossou-Yovo J, Diarrassouba S, Rakotondraïbé ME, Chauvancy G, Chandre F *et al.* La dynamique de la transmission du paludisme à Kafiné, un village rizicole en zone de savane humide de Côte d'Ivoire. *Bull Soc Pathol Exot* 2002 ; 95 : 11-6.
  24. Konan YL, Kone AB, Doannio JM, Fofana D, Odehouri-Koudou P. Transmission du paludisme à Tiassalékro, village de riziculture irriguée situé en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Bull Soc Pathol Exot* 2009 ; 102 : 26-30.
  25. Davis JR, Hall T, Chee EM, Majala A, Minjas J, Shiff CJ. Comparison of sampling anopheline mosquitoes by light-trap and human-bait collections indoors at Bagamoyo, Tanzania. *Med Vet Entomol* 1995 ; 9 : 249-55.
  26. Okumu F, Biswaro L, Mbeleyela E, Killeen GF, Mukabana R, Moore SJ. Using nylon strips to dispense mosquito attractants for sampling the malaria vector *Anopheles gambiae* s.s. *J Med Entomol* 2010 ; 47 : 274-82.
  27. Dossou-Yovo J, Doannio JM, Diarrassouba S. Préférence trophique des vecteurs du paludisme dans la ville de Bouaké et dans les villages environnants de Côte d'Ivoire. *Bull Soc Pathol Exot* 1998 ; 91 : 257-8.
  28. Haddow AJ, Ssenkubuge Y. Laboratory observations on the oviposition-cycle in the mosquito *Anopheles (Cellia) gambiae* Giles. *Ann Trop Med Parasitol* 1962 ; 56 : 352-5.
  29. Adja AM, N'Goran KE, Kengne P, Koudou GB, Touré M, Koffi AA *et al.* Transmission vectorielle du paludisme en savane arborée à Gansé en Côte d'Ivoire. *Med Trop (Mars)* 2006 ; 66 : 449-55.
  30. Coz J. Etudes comparatives des fenêtres et des vérandas-pièges comme moyen de sortie pour les moustiques. *Cah ORSTOM Sér Entomol Méd Parasitol* 1971 ; IX : 239-45.
  31. Gillies M. Studies in House Leaving and Outside Resting of *Anopheles gambiae* Giles and *Anopheles funestus* Giles in East Africa. II.- The Exodus from Houses and the House Resting Population. *Bull Entomol Res* 1954 ; 45 : 375-87.
  32. Darriet F, N'Guessan R, Hougard JM, Traoré-Lamizana M, Carnevale P. Un outil expérimental indispensable à l'évaluation des insecticides : les cases pièges. *Bull Soc Pathol Exot* 2002 ; 95 : 299-303.



Village, Centrafrique (coll Simon F.)