

Anopheles funestus (Giles, 1900), la riziculture et le paludisme dans la région forestière ouest de la Côte d'Ivoire

Nicolas Betsi
Hervé Koua
Kouahou FouaBi

Laboratoire de zoologie et biologie animale,
UFR biosciences,
Université de Cocody,
01 BP 1973,
Abidjan 01,
Côte d'Ivoire
<nicolasbetsi@hotmail.com ;
labozoba@yahoo.fr (à l'attention de N.Betsi)>

Résumé

Des enquêtes entomologiques ont été menées de mai 1998 à avril 1999 dans la région forestière ouest de la Côte d'Ivoire en vue d'étudier l'influence des pratiques culturales rizicoles sur la dynamique des populations d'*Anopheles funestus*. Trois agrosystèmes ont été considérés : les bas-fonds non aménagés (R0), les bas-fonds aménagés avec une culture de riz par an (R1) et les bas-fonds aménagés avec deux cultures de riz par an (R2). Sur un total de 38 632 moustiques récoltés au cours de 936 hommes-nuits de captures sur sujets humains, 88,2 % ont été des anophèles. *Anopheles funestus* a représenté 34 % des anophèles capturés. Cette espèce a constitué respectivement 25,6 %, 40 % et 32 % des anophèles récoltés dans les villages des agrosystèmes R0, R1 et R2. Les taux de piqûres ont été de l'ordre de 2 p/h/n dans les villages de l'agrosystème R0, 13,1 p/h/n dans les villages de l'agrosystème R1 et 21 p/h/n dans les villages de l'agrosystème R2. *Anopheles funestus* a été présent toute l'année dans les trois agrosystèmes ; les taux d'agressivité les plus élevés ont été enregistrés pendant la saison des pluies, entre mai et octobre. Les taux de parturité moyens annuels ont été de 71,8 %, 62,7 % et 64,9 % (respectivement en R0, R1 et R2). *Anopheles funestus* a été responsable d'une transmission faible en R0 (19 p/h/an), et très élevée en permanence en R1 (131 p/h/an) et en R2 (150 p/h/an). Ces niveaux de transmission ont constitué 12,9 %, 39,4 % et 29,4 % de la transmission totale du paludisme respectivement dans les agrosystèmes R0, R1 et R2. Ces observations démontrent qu'*Anopheles funestus* est présent et peut être responsable d'une importante transmission palustre en zone rizicole, ce qui n'avait pas été observé en zone de savane du sud du Burkina Faso et du nord de la Côte d'Ivoire.

Mots clés : Environnement ; Production agricole ; Hygiène et alimentation.

Summary

Anopheles funestus, rice cultivation and malaria in the Western forested part of Côte d'Ivoire

Entomological surveys were conducted from May 1998 to April 1999 in a forested zone in Western Côte d'Ivoire to determine the influence of rice cultivation on the population dynamics of *Anopheles funestus*. Three biotopes were studied: inland valleys without rice cultivation (R0), inland valleys with one crop of rice per year (R1), and inland valleys with two crops of rice per year (R2). Out of a total of 38,632 mosquitoes collected during 936 man-nights, 88.2% were anophelines. *Anopheles funestus* represented 25.6%, 40%, and 32% of anophelines collected in R0, R1 and R2 biotopes, respectively. The biting densities were 2 bites per man-night in R0, 13.1 bites per man-night in R1 and 21 bites per man-night in R2. The annual average parity ratios were 71.8%, 62.7% and 64.9% in R0, R1 and R2, respectively. *Anopheles funestus* was responsible for a weak transmission in R0 (19 bites per person and per year), and very strong transmission in R1 (131 bites per man per year) and in R2 (150 bites per man per year). These observations show that *Anopheles funestus* may be responsible for malaria transmission in rice cultivating biotopes in West Africa.

Key words: Environment; Agricultural production; Health and nutrition.

Le riz constitue l'aliment de base pour des millions de personnes en Afrique au sud du Sahara. En Côte d'Ivoire, la consommation en riz a été estimée à 815 000 tonnes en 1996, pour une production locale de 300 000 tonnes [1, 2]. Pour répondre à la très forte demande, le gouvernement a encouragé le développement des rizières dans les bas-fonds marécageux afin d'accroître la production du riz. Or les rizières font partie des zones agricoles dont l'aménagement hydraulique peut avoir des répercussions profondes sur les maladies à transmission vectorielle, en particulier le paludisme. Dans la plupart des situations, le développement de la culture du riz dans les bas-fonds provoque la prolifération des anophèles, spécialement ceux du complexe *Anopheles gambiae* et *Anopheles funestus* [3-7]. À Madagascar, *Anopheles funestus* présente la particularité d'être parfaitement adapté en milieu rizicole [8, 9] où il assure la majorité de la transmission du paludisme à certaines phases de la riziculture, alors qu'il est généralement absent dans les régions rizicoles étudiées en Afrique de l'Ouest [3, 6].

Les premières enquêtes entomologiques réalisées dans la zone de forêt de Côte d'Ivoire ont montré, contrairement aux observations faites ailleurs, une forte présence d'*Anopheles funestus* dans les zones de rizière. Cette situation présage d'un rôle très important de cette espèce dans la transmission du paludisme avec un risque d'aggravation de l'endémicité de la maladie.

L'objet de cette étude a donc été d'évaluer l'importance d'*Anopheles funestus* dans la transmission du paludisme autour des vastes zones rizicoles de la région forestière de Côte d'Ivoire.

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la région de Danané, en zone forestière de Côte d'Ivoire. Le climat est caractérisé par une longue saison des pluies qui va de février à novembre. Les moyennes pluviométriques annuelles oscillent entre 2 000 et 2 500 mm d'eau. La température varie peu au cours de l'année et se situe entre 23,5 °C et 26,5 °C. L'humidité relative annuelle est très élevée, avec une moyenne annuelle de 90 %.

Depuis quelques années, de grands projets d'aménagement rizicole sont mis en œuvre dans la région de Danané. Plusieurs hectares de bas-fonds sont ainsi

aménagés pour la culture de riz. Dans ces bas-fonds aménagés, on pratique, soit un cycle de culture de riz (agrosystème R1), soit deux cycles de culture de riz irrigué dans l'année (agrosystème R2).

Deux villages riverains de l'agrosystème R1 et deux villages riverains de l'agrosystème R2 ont été sélectionnés pour la réalisation de cette étude. Ces villages ont été choisis sur la base de la présence d'un bas-fond dans un rayon d'un kilomètre et demi du village. Deux villages, situés dans la zone forestière de Guiglo où la riziculture de bas-fonds n'est pas pratiquée (agrosystème R0), ont été également sélectionnés pour servir de témoins.

Matériel et méthode

L'étude a été réalisée de mai 1998 à avril 1999, au rythme d'une enquête toutes les six semaines. Chaque enquête durait 9 jours.

Au niveau préimaginal

Des prospections larvaires ont été faites dans un rayon d'un kilomètre autour de chaque village, dans tous les gîtes susceptibles d'héberger les larves de moustiques. La méthode utilisée pour la récolte des larves a été le *dipping* [7]. Les larves récoltées ont été élevées au laboratoire dans des bacs avec de l'eau de source, chaque bac correspondant à un type de gîte. Après émergence, les adultes obtenus ont été identifiés sous loupe binoculaire ; les adultes d'*Anopheles funestus* ont été comptabilisés et conservés à sec dans des tubes avec du silicagel.

Au niveau imaginal

L'étude reposait sur la capture de nuit des moustiques sur sujets humains (protégés du paludisme par une prophylaxie à la chloroquine et vaccinés contre la fièvre jaune). Trois points de capture ont été choisis par tirage au sort sur la base d'une numérotation préalable des cases dans chaque village. Les captures ont été réalisées entre 18 heures et 06 heures pendant trois jours consécutifs, à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. À chaque enquête, une rotation des captureurs sur les différents points de capture a été réalisée pour éviter les biais liés à l'habileté ou à l'attractivité différente entre captureurs [9]. Les anophèles capturés ont été identifiés selon la clé de Gillies et De Meillon [10]. L'âge physiologique des femelles a été déterminé sur l'aspect des trachéoles

ovariennes [11]. Les sporozoïtes ont été recherchés au microscope dans les glandes salivaires, à l'état frais, entre lame et lamelle dans une goutte d'eau physiologique.

Résultats

Au niveau préimaginal

Les résultats des prospections larvaires indiquent, selon la période où les enquêtes ont été effectuées, que deux types de sites pourraient servir de gîtes aux larves d'*Anopheles funestus* dans notre zone d'étude. Il s'agit des cours d'eau et des casiers rizicoles à différents stades de leur développement. Dans ce dernier type de gîte, les larves d'*Anopheles funestus* ont été récoltées dans les casiers où le riz se trouve au stade de montaison. En revanche, aucune larve de l'espèce n'a été récoltée dans les casiers juste après le repiquage (tableau 1).

Dans les zones témoins sans rizières, les larves d'*Anopheles funestus* ont été récoltées dans les bordures des cours d'eau recouvertes de végétation.

Au niveau imaginal

Agressivité d'*Anopheles funestus* et ses variations saisonnières

Dans les villages de l'agrosystème R0, un total de 2 675 moustiques a été récolté en 312 hommes-nuits de capture. Les anophèles, avec 92,9 %, ont été les plus abondants. *Anopheles funestus* a constitué 23,8 % de la faune culicidienne totale et 25,6 % des anophèles. La dynamique saisonnière d'*Anopheles funestus* était caractérisée par des taux d'agressivité globalement faibles (figure 1) avec 2,0 piqûres par homme et par nuit (p/h/n) en moyenne au cours de l'année. Les taux les plus bas ont été enregistrés en décembre (0,8 p/h/n) et les plus élevés en janvier (6,2 p/h/n).

Dans les villages de l'agrosystème R1, 11 311 moustiques ont été récoltés dans les mêmes conditions. Les anophèles ont constitué 90,2 % des récoltes. *Anopheles funestus* a représenté 36,1 % des moustiques récoltés et 40 % des anophèles. Il a été significativement plus abondant dans la faune anophélienne des villages R1 que dans ceux des villages R0 (tableau 2). Le taux moyen de piqûre d'*Anopheles funestus* a été de 13,1 p/h/n. On a enregistré une croissance progressive des densités agressives de mai en juillet ; ces densités ont culminé en décembre (phase de

Tableau 1. Nombre et pourcentage d'*Anopheles funestus* selon les gîtes et les phases phénologiques du riz dans la région forestière ouest de Côte d'Ivoire.

Table 1. Number and percentage of *Anopheles funestus* according to vector-borne and rice growing phases in the western forested area of Côte d'Ivoire.

Type de gîtes	Nombre	%
Rizières		
• repiquage	0	0,0
• tallage	34	6,4
• montaison	57	10,7
• épiaison	40	7,5
• maturation des épis	32	6,0
• stade récolte	0	0,0
• après récolte	20	3,8
Total rizières	183	34,5
Cours d'eau (abondante végétation dressée) :		
Villages avec riziculture de bas-fonds R1 et R2	279	52,5
Villages sans riziculture de bas-fond R0	69	13,0
Total cours d'eau	348	65,5

Tableau 2. Tests statistiques des paramètres étudiés dans les villages des agrosystèmes R0, R1, R2.

Table 2. Statistical tests of the parameters studied in different villages of biotopes R0, R1, and R2.

Paramètre	Agro-systèmes	Test statistique	Observations
Agressivité	R0R1	$\chi^2 = 177,5$; ddl = 1, p < 0,001	Significatif
	R0R2	$\chi^2 = 40,9$; ddl = 1, p < 0,001	Significatif
	R1R2	$\chi^2 = 95,9$; ddl = 1, p < 0,001	Significatif
Endo-exophagie	R0R1	$\chi^2 = 67,2$; ddl = 1, p < 0,001	Significatif
	R0R2	$\chi^2 = 90,7$; ddl = 1, p < 0,001	Significatif
	R1R2	$\chi^2 = 2,25$; ddl = 1, p = 0,133	Non significatif
Taux de parturité	R0R1	$\chi^2 = 13,22$; ddl = 1, p < 0,001	Significatif
	R0R2	$\chi^2 = 18,1$; ddl = 1, p < 0,001	Significatif
	R1R2	$\chi^2 = 3,82$; ddl = 1, p = 0,05	Significatif
Indice sporozoïtique	R0R1	$\chi^2 = 0,14$; ddl = 1, p = 0,70	Non significatif
	R0R2	$\chi^2 = 4,48$; ddl = 1, p = 0,04	Significatif
	R1R2	$\chi^2 = 4,1$; ddl = 1, p = 0,04	Significatif

ddl : degré de liberté ; p : pourcentage

Tableau 3. Taux d'inoculation entomologique d'*Anopheles funestus* et d'*Anopheles gambiae* dans les villages des agrosystèmes R0, R1 et R2.

Table 3. *Anopheles funestus* and *Anopheles gambiae* entomological inoculation rate in the villages of biotopes R0, R1, and R2.

Espèce	<i>Anopheles funestus</i>	<i>Anopheles gambiae</i>	<i>Anopheles funestus</i>	<i>Anopheles gambiae</i>	<i>Anopheles funestus</i>	<i>Anopheles gambiae</i>
	R0	R0	R1	R1	R2	R2
p/h/n	0,052	0,347	0,36	0,55	0,41	1,005
p/h/an	19	127	131	202	153	367
%	13	87	39,4	66,4	29,4	70,6

montaison et de maturation du riz), au milieu de la saison sèche, avec 25,3 p/h/n. La densité agressive d'*Anopheles funestus* dans les villages à une culture de riz par an a été 6,6 fois plus élevée que celle enregistrée dans les villages de l'agrosystème R0. Dans les villages de l'agrosystème R2, un total de 24 640 moustiques a été récolté. Les anophèles ont constitué 81,4 % des récoltes. *Anopheles funestus* a représenté 26 % des moustiques et 31,9 % des anophèles. La densité relative de piqûres par *Anopheles funestus* a été significativement plus importante dans les villages de l'agrosystème R2 que dans les villages de l'agrosystème R0 et significativement moins importante que dans les villages de l'agrosystème R1 (tableau 2). Le taux moyen de piqûres d'*Anopheles funestus* au cours de la période d'étude a été de 21 p/h/n, soit 1,6 fois plus qu'en R1. La dynamique saisonnière des populations de cette espèce a présenté deux pics dans l'année (figure 1) : le premier en mai, phase de montaison et de maturation du riz du deuxième cycle de culture (16,3 p/h/n) et le second en octobre, phase de montaison et d'épiaison du riz de premier cycle (40,1 p/h/n).

Endophagie et exophagie

Les captures de nuit ont montré qu'*Anopheles funestus* présente une nette tendance endophagique dans les villages R0 avec 73,4 % (n = 636) des femelles piquant à l'intérieur des cases. Dans les villages rizicoles, l'endophagie a été moins marquée avec 55,0 % (n = 4 078) et 53,5 % (n = 6 407) de femelles piquant à l'intérieur des cases respectivement dans les villages de l'agrosystème R1 et dans ceux de l'agrosystème R2. *Anopheles funestus* a présenté une endophagie comparable dans les villages R1 et R2. En revanche, l'endophagie de cette espèce a été plus marquée dans les villages de l'agrosystème R0 que dans ceux des agrosystèmes rizicoles (tableau 2).

Âge physiologique des femelles agressives pour l'homme

Les taux moyens de parturité enregistrés chez les populations d'*Anopheles funestus* au cours de la période d'étude ont été respectivement de 71,8 % (n = 574) dans les villages de l'agrosystème R0, 62,4 % (n = 2 408) dans les villages de l'agrosystème R1 et 64,9 % (n = 3 485) dans les villages de l'agrosystème R2. Les taux de parturité ont été comparables dans les villages de l'agrosystème R1 et dans ceux de l'agrosystème R2. En revanche, ils ont été significativement plus faibles que

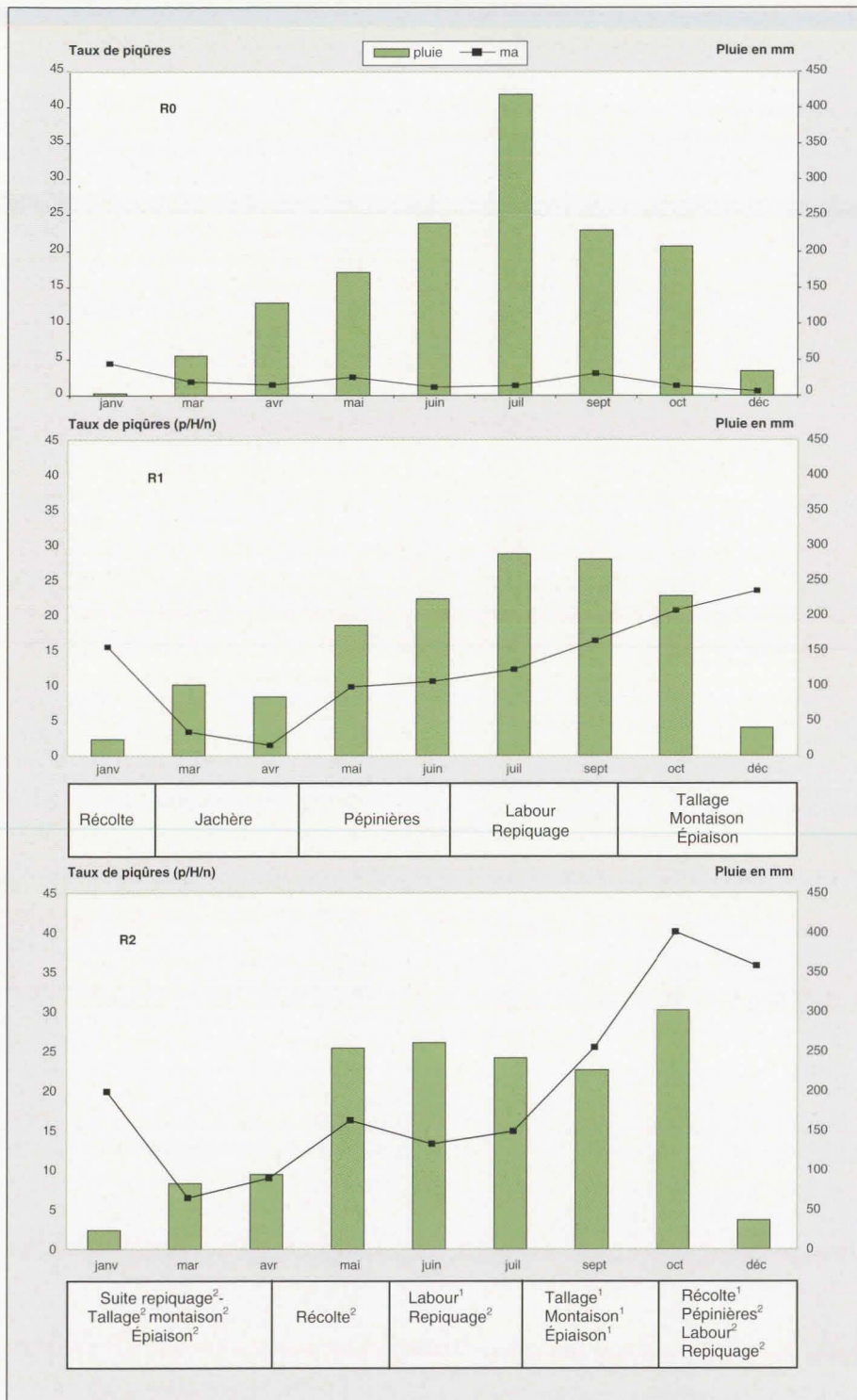


Figure 1. Variations des taux de piqûres d'*Anopheles funestus* en fonction des phases de la riziculture et de la pluviométrie dans les villages des agrosystèmes R0, R1, R2 dans l'ouest de la Côte d'Ivoire.

Figure 1. Variations of bite rates of *Anopheles funestus* according to the rice growing phases and rainfall intensity in different villages of biotopes R0, R1, and R2 in the Western part of Côte d'Ivoire.

ceux enregistrés dans les villages de l'agrosystème R0 (tableau 2). Les taux ont présenté des variations saisonnières im-

portantes dans tous les agrosystèmes, mais sont restés constamment au-dessus de 50,0 %. Les taux les plus bas ont été

enregistrés pendant les périodes de croissance des densités de populations en mai et septembre.

Indices sporozoïtiques

Les indices sporozoïtiques moyens enregistrés chez les populations d'*Anopheles funestus* ont été respectivement de 2,6 % (n = 574) dans les villages de l'agrosystème R0, 2,9 % (n = 2 408) dans les villages de l'agrosystème R1 et 2,0 % (n = 2 485) dans les villages de l'agrosystème R2. La comparaison des taux d'infestation a montré que les populations d'*Anopheles funestus* sont aussi infestées dans les villages de l'agrosystème R0 que dans ceux de l'agrosystème R1 et qu'elles sont plus infestées dans les villages de l'agrosystème R1 que dans ceux de l'agrosystème R2 (tableau 2). Il n'y a pas de corrélation significative entre l'évolution des densités agressives et les taux d'infestation dans les villages de l'agrosystème R1 ($r = -0,68$; ddl = 8, $p = 0,04$) et dans les villages de l'agrosystème R2 ($r = 0,11$; ddl = 8, $p = 0,76$).

Taux d'inoculation entomologique

Dans les villages de l'agrosystème R0, le taux d'inoculation entomologique a été de 0,052 p/h/n (piqûre infestée par homme par nuit), soit environ 19 piqûres infestées par habitant par an (tableau 3). Les taux ont varié entre 0,17 p/h/n en mars et 0,50 p/h/n en janvier (figure 2). Dans les villages de l'agrosystème R1, le taux d'inoculation entomologique a été de 0,36 p/h/n, soit environ 131 piqûres infestées d'*Anopheles funestus* par habitant dans l'année (tableau 3). Ces taux ont varié de 0,18 p/h/n en mai à 0,96 p/h/n en janvier (figure 2). Dans les villages de l'agrosystème R2, le taux d'inoculation entomologique a été de 0,41 p/h/n, soit environ 150 piqûres infestées par homme par an (tableau 3). La transmission s'est déroulée globalement pendant la même période de l'année que dans les villages de l'agrosystème R1 à des taux variant entre 0,15 p/h/n en mars et 0,99 p/h/n en décembre (figure 2).

Discussion et conclusion

Les collections d'eau ombragées sont reconnues pour constituer les principaux gîtes producteurs d'*Anopheles funestus* [12-15]. Dans la zone où notre étude a été

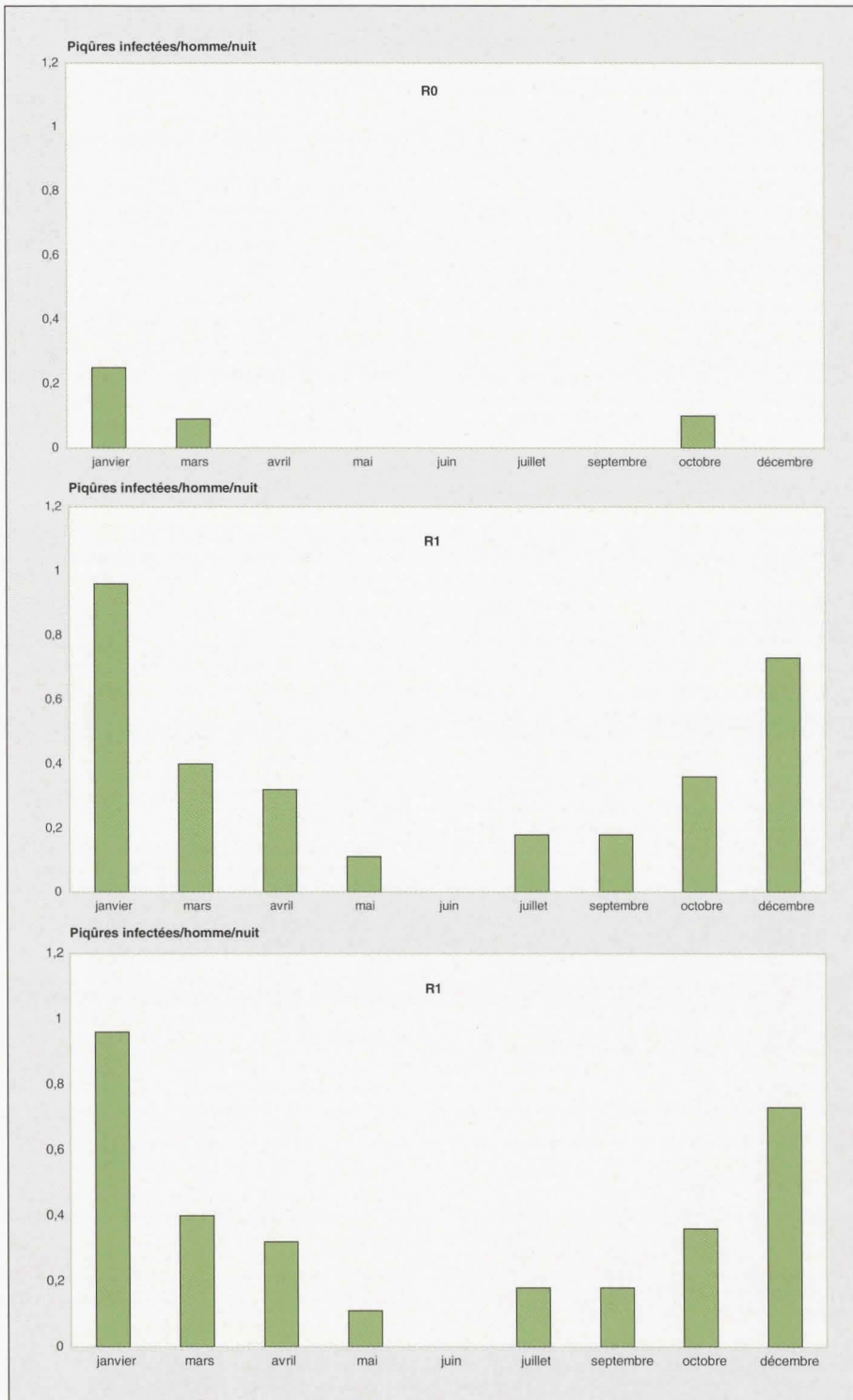


Figure 2. Variations saisonnières des taux d'inoculation entomologiques d'*Anopheles funestus* dans les villages des agrosystèmes R0, R1 et R2 dans l'ouest de la Côte d'Ivoire.

Figure 2. Seasonal variations of *Anopheles funestus* entomological inoculation rates in different villages of biotopes R0, R1, and R2 in the western part of Côte d'Ivoire.

menée, les gîtes de cette espèce sont constitués par les cours d'eau à la fin de la saison des pluies, mais surtout par les rizières autour des villages. Dans ce der-

nier type de gîtes, *Anopheles funestus* est rencontré quand le riz devient haut dans les casiers, c'est-à-dire à partir de la montaison. Après la transplantation du riz

dans les casiers rizicoles, les rizières sont propices à *Anopheles gambiae* qui reste le vecteur le plus important du paludisme en Afrique au sud du Sahara [16]. Les conditions écologiques au développement d'*Anopheles funestus* ne sont réunies que lorsque la végétation dans les casiers est dense et crée de l'ombre au-dessus de l'eau. Les larves d'*Anopheles gambiae* disparaissent alors des rizières.

Anopheles funestus représente 32 à 40 % de la faune anophélienne dans les villages riverains des rizières dans la forêt de Côte d'Ivoire. Cette espèce est donc bien représentée et peut jouer un rôle très important dans la transmission du paludisme dans cette région. La prolifération de ce vecteur est en relation avec les rizières où ses larves ont été rencontrées en abondance pendant certaines périodes de l'année. Cette situation est particulière. En effet, à l'exception de Madagascar [8, 17, 18], *Anopheles funestus* est peu abondant dans les rizières en Afrique [13, 19-23]. Des études récentes réalisées dans la région de savane de Côte d'Ivoire où l'on rencontre de vastes périmètres d'aménagement rizicole ont montré la rareté de l'espèce dans cet écosystème [24].

Dans tous les agrosystèmes, la dynamique saisonnière d'*Anopheles funestus* est semblable à ce qui est généralement mentionné : les densités sont particulièrement élevées à la fin de la saison des pluies et pendant la saison sèche [8]. Pendant cette période de l'année, les densités sont exacerbées dans les agrosystèmes rizicoles, avec des taux pouvant atteindre 40 piqûres par homme et par nuit.

Anopheles funestus est endophage dans la zone forestière de Côte d'Ivoire. Cette observation rejoint celles qui ont été faites tant dans d'autres régions du pays [25, 26] que dans d'autres pays africains [16, 17, 25]. Toutefois, il a été observé que cette espèce est plus endophage dans les villages sans rizières que dans les villages où l'on pratique de la riziculture. Cette différence de comportement résulterait de différences dans les types d'habitations des villages R0 et R1/2. Elle pourrait également résulter de la présence d'espèces différentes d'*Anopheles funestus* dans ces villages. Des études génétiques réalisées au Burkina Faso, au Sénégal, au Mali et à Madagascar ont montré l'extrême hétérogénéité de cette espèce [27-29] sans toutefois préciser s'il s'agissait ou non d'un complexe d'espèce.

La transmission du paludisme par *Anopheles funestus* dans les agrosystèmes rizi-

coles forestiers de Côte d'Ivoire paraît très intense. Avec les taux d'inoculation annuels qui ont été observés, le risque moyen s'accroît dès la seconde moitié de l'année, avec une prépondérance dans les villages de l'agrosystème R2 (pendant le second cycle de riz). L'importance d'*Anopheles funestus* dans la transmission accroît de façon importante le risque palustre dans la zone forestière de Côte d'Ivoire. La grande capacité des vecteurs du paludisme à assurer une forte transmission dans les zones forestières et particulièrement en ce qui concerne *Anopheles funestus* est en relation avec les conditions du milieu. La croissance des densités durant la seconde moitié de l'année, en conjonction avec des taux d'infestation élevés, fait d'*Anopheles funestus* un vecteur de premier plan à certaines périodes de l'année dans les villages riverains des rizières en zone de forêt de Côte d'Ivoire. Il assure en effet entre 30 et 40 % de la transmission dans ces milieux ; ce taux passe à 100 % entre janvier et avril dans les villages de l'agrosystème R1 et entre janvier et mars dans les villages de l'agrosystème R2 (période située entre le milieu et la fin de la saison sèche).

À l'étape actuelle des travaux, on peut mentionner que la culture du riz fait apparaître de larges brèches dans la forêt de l'ouest de la Côte d'Ivoire. Plusieurs hectares de forêts sont exploités dans la région de Danané pour la culture de riz de bas-fonds. Cette situation crée dans les bas-fonds, en opposition à ce qui est observé dans les régions où l'on ne pratique pas la riziculture de bas-fond, un écosystème favorable à *Anopheles funestus* qui assure une transmission importante du paludisme ■

Remerciements

Cette étude a bénéficié du financement WHO-PEEM/CRDI/DANIDA/gouvernement de Norvège et du MIM (*Multiple Initiative Malaria*). Elle a été réalisée dans le cadre des activités du consortium santé de l'Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO), sous la direction du Dr. Joël Dossou-Yovo, grâce à l'appui technique et logistique de l'Institut Pierre Richet de Bouaké.

Nous tenons également à remercier le Dr. Pierre Carnevale, ex-directeur de l'Institut Pierre Richet, le Dr. Thomas Teusher (ex-coordonateur du consortium santé de

l'ADRAO) et son assistant, M. Olivier Briet pour leur contribution à la réalisation de cette étude.

Références

- ADRAO. *Rapport annuel*. Rapport n° 205. Abidjan : ADRAO, 1997 ; 48 p.
- Douka AM, Atta K, Gnamba Y. Cultures d'exportation et cultures vivrières. In : *Atlas de l'ouest de la Côte d'Ivoire*. S.I : Jeune Afrique Éditions, 1996 ; 53-4.
- Robert V, Gazin P, Boudin C, Molez JF, Ouedraogo V, Carnevale P. La transmission du paludisme en zone de savane arborée et en zone rizicole des environs de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Ann Soc Belge Med Trop* 1985 ; 65 : 201-14.
- Service MW. A taxonomic study of *Anopheles funestus* Giles (Diptera: Culicidae) from southern and northern Nigeria, with notes on its varieties and synonyms. *Proc R Soc of Entomol London* 1960 ; 29 : 77-84.
- Lacey LA, Lacey L. The medical importance of rice land mosquitoes and their control using alternatives to chemical insecticides. *J Am Mosq Cont Ass* 1990 ; 6 : 81-93.
- Dossou-Yovo J, Ouattara A, Doannio JMC, Rivière F, Chauvancy G, Meunier JY. Aspects du paludisme dans un village de savane humide de Côte d'Ivoire. *Med Trop* 1994 ; 54 : 331-6.
- Service MW. Irrigation/boom or bane? In: Service MW, ed. *Demography and vector-borne diseases*. Boca Raton (FL): CRC Press, 1989 : 283-301.
- Fontenille D, Rakotoarivony I. Reappearance of *Anopheles funestus* as a malaria vector in the Antananarivo region, Madagascar. *Trans of the R Soc Trop Med and Hyg* 1988 ; 91 : 647-52.
- Coz J, Hamon J, Sales S, Eyraud R, Accrombessi R. Études entomologiques sur la transmission du paludisme humain dans une zone de forêt humide dense de la région de Sassandra, République de Côte d'Ivoire. *Cah Orstom, Ser Entomol Med Parasitol* 1966 ; 4 : 13-41.
- Gillies MT, De Meillon B. The Anophelinae of Africa South of the Sahara. *Pub of the SAIMR* 1968 ; 54 : 343 p.
- Detinova TS, Gillies MT. Observation on determination of age composition and importance of *Anopheles gambiae* and *Anopheles funestus* Giles in Tanganyika. *Proceedings of the seventh international congress on tropical Medicine and Malariology* 1968 ; 5 : 49-50.
- Holstein M, Mouchet J. Guide pratique de l'anophélisme en A.O.F. *Off Resch Sc Outremer* 1949 ; 51 p.
- Robert V, Dieng H, Lochouarn L, et al. La transmission du paludisme dans la zone de Niakhar, Sénégal. *Trop Med and Inter H* 1998 ; 3 : 667-77.
- Mouchet J, Carnevale P. Les vecteurs et la transmission. In : Danis M, Mouchet J, eds. *Paludisme*. Paris : Ellipses, 1991 : 34-59.
- Manga L, Toto JC. The bionomic of *Anopheles funestus* and its role in malaria trans-

mission in a forest area of southern Cameroon. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1997 ; 91 : 387-8.

- Coulibaly A, Soro NB, Sangare V, et al. *Le paludisme en milieu rural ivoirien : 5 ans de surveillance épidémiologique*. Rapport épidémiologique, Abidjan : Institut national de santé publique, 1989 ; 47 p.
- Fontenille D, Lepers JP, Coluzzi M, Campbell GH, Rakotoarivony I, Coulanges P. Malaria transmission and vector biology on Sainte Marie Island, Madagascar. *J Med Entomol* 1992 ; 29 : 197-202.
- Severini C, Fontenille D, Ramiakajato MR. Importance d'*Anopheles funestus* dans la transmission du paludisme au hameau de Mahitsy, à Tananarive, Madagascar. *Bull Soc Pathol Exot*, 1990 ; 114-6.
- Lindsay SW, Wilkins HA, Zieler HA, Daly RJ, Petraca V, Byass P. Ability of *Anopheles gambiae* mosquitoes to transmit malaria during the dry and wet seasons in an area of irrigated rice cultivation in the Gambia. *J Trop Med Hyg* 1990 ; 94 : 313-24.
- Faye O, Fontenille D, Herve JP, Diak PA, Diallo S, Mouchet J. Le paludisme en zone sahélienne du Sénégal. 2. Indices parasitaires. *Ann Soc Belge Med Trop* 1993 ; 73 : 31-6.
- Robert V, Carnevale P. Transmission du paludisme humain dans un village au centre de la rizière de la vallée de Kou. In : *Le paludisme humain en Afrique de l'Ouest*. Paris : Ed. Orstom, 1984-1991 : 5-12.
- Dossou-Yovo J, Diarrassouba S, Henry MC, Akodo E, Teuscher T, Carnevale P. Rice production system and malaria in the savanna of Côte d'Ivoire: Entomological input. *Trop Med Int Health* (sous-presses).
- Ouattara A. *Épidémiologie du paludisme dans la région préforestière du centre de la Côte d'Ivoire : aspects entomologiques, parasitologiques et chimiques*. DEA en Ent Méd et Vét, Univ. Nat. C.I., Fac. Sc. et Techn., CEMV Bouaké, 1994, 44, 66 p.
- Dossou-Yovo J, Doannio JMC, Rivière F, Chauvancy G. Malaria in Côte d'Ivoire Wet Savannah region: The entomological input. *Trop Med Parasitol* 1995 ; 46 : 263-9.
- Brengues J, Coz J. Quelques aspects fondamentaux de la biologie d'*Anopheles gambiae* (Sp. A) et d'*Anopheles funestus*, en zone de savane humide d'Afrique de l'Ouest. *Cah Orstom, ser Entomol Med Parasitol* 1973 ; 11 : 107-26.
- Dia I. *Bioécologie et cytogénétique des populations d'Anopheles funestus Giles, 1900 (Diptera : Culicidae) au Sénégal*. Doctorat de troisième cycle de biologie animale, Faculté des sciences et techniques, Univ. Cheik Anta Diop Dakar, 1999, 127 p.
- Boccolini D, Sabatini A, Sanogo E, Sagnon N, Coluzzi M, Constantini C. Chromosomal and vectorial heterogeneities in *Anopheles funestus* in Burkina Faso, West Africa. *Parassitologia* 1994 ; 36 : 20 p.
- Boccolini D, Sagnon N, Toure T. Chromosomal polymorphism in *Anopheles funestus* and description of new inversions in Burkina Faso and Mali. *Parassitologia* 1998 ; 40 : 14 p.
- Lochouarn L, Dia I, Boccolini D, Coluzzi M, Fontenille D. Bionomical and cytogenetical heterogeneities of *Anopheles funestus* in Senegal. *Trans of the R Soc Trop Med and Hyg* 1998 ; 92 : 607-12.