

Pratiques agricoles et transmission du paludisme dans deux zones éco-épidémiologiques au centre de la Côte d'Ivoire.

B. G. Koudou (1, 2), A. M. Adja (3, 4), B. Matthys (5), M. Doumbia (2), G. Cissé (1), M. Koné (3, 4), M. Tanner (5) & J. Utzinger (5)

(1) Centre suisse de recherches scientifiques, Abidjan, BP 1303, Abidjan 01, Côte d'Ivoire. Tél. : + 225 2347 2790/91, fax : + 225 2345 1211, e-mail : benjamin.koudou@unibas.ch, guibehi.koudou@csrs.ci

(2) Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire.

(3) Université d'Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire.

(4) Institut Pierre-Richet, Abidjan, Côte d'Ivoire.

(5) Institut tropical suisse, Bâle, Suisse.

Manuscrit n° 2972 "Épidémiologie". Reçu le 3 juillet 2006. Accepté le 14 novembre 2006.

Summary: Agricultural activities and malaria transmission in two eco-epidemiological settings in central Côte d'Ivoire.

We comparatively studied the dynamics of malaria transmission in the villages of Zatta (located in close proximity to an irrigated rice perimeter) and Tiémélékro (rural area with traditional agriculture), central Côte d'Ivoire. In the former village, the irrigated rice farming had been interrupted in 2003/2004 due to a farmers' conflict over land. In each village, mosquitoes were collected by human landing catches at night in sentinel houses. *Anopheles gambiae* was the predominant malaria vector, followed by *An. funestus*. In Zatta, the return to an irrigated rice farming in January 2005 was paralleled by a significant increase of the entomological inoculation rate (EIR) ranging from 38 infective bites per person per year (ib/p/y) in 2003 to 295 ib/p/y in 2005. In Tiémélékro high EIRs were found in 2003 (342 ib/p/y) and 2005 (572 ib/p/y). Our findings confirm that changes in irrigated rice agriculture influence malaria transmission dynamics, and call for control measures that are readily adapted to local eco-epidemiological settings.

Anopheles gambiae
Anopheles funestus
entomological inoculation rate
irrigated rice agriculture
malaria
Zatta
Tiémélékro
Côte d'Ivoire
Sub-Saharan Africa

Résumé : Une étude comparative a été réalisée sur la dynamique de la transmission du paludisme dans les villages de Zatta (situé à proximité d'une zone rizicole irriguée) et de Tiémélékro (zone rurale d'agriculture traditionnelle) au centre de la Côte d'Ivoire. L'exploitation de rizière irriguée a été interrompue dans le premier village en 2003/2004 à la suite d'un conflit entre riziculteurs à propos de la terre. Dans chaque village, la capture nocturne des moustiques s'est faite sur homme dans des maisons sentinelles. *Anopheles gambiae* est le vecteur prédominant du paludisme, suivi de *An. funestus*. La remise en route de la production de riz à Zatta en janvier 2005 s'est accompagnée d'une augmentation significative du taux d'inoculation entomologique allant de 38 piqûres infectieuses par personne et par an (pi/p/a) en 2003 jusqu'à 295 pi/p/a en 2005. À Tiémélékro, on a trouvé des taux élevés d'inoculation en 2003 (342 pi/p/a) et en 2005 (572 pi/p/a). Il en résulte que les changements intervenus dans l'exploitation rizicole irriguée ont influencé la dynamique de transmission du paludisme, d'où la nécessité de prendre des mesures de contrôle facilement adaptables à l'environnement éco-épidémiologiques de la région.

Anopheles gambiae
Anopheles funestus
taux d'inoculation entomologique
rizière irriguée
paludisme
Zatta
Tiémélékro
Côte d'Ivoire
Afrique intertropicale

Introduction

Depuis environ 30 ans, des programmes de construction de petits barrages ont été entrepris afin d'assurer la sécurité alimentaire des populations africaines dans les pays au sud du Sahara. Cependant, même s'ils permettent une augmentation importante de la production de céréales et de produits maraîchers, les barrages hydro-agricoles ont parfois des répercussions profondes sur l'endémie palustre, du fait de la création de gîtes larvaires favorables aux vecteurs du paludisme (8). En Côte d'Ivoire, l'État a réalisé la construction d'environ 500 barrages hydro-agricoles dans les années 1970 (1). Dans le village de Zatta, cela s'est concrétisé par la mise en place d'une rizière irriguée à proximité des

habitations. Son exploitation a été interrompue en 2003-2004 avant de reprendre de nouveau en janvier 2005. Son impact sur la transmission du paludisme a été étudié en 2002 et 2003 (9). Pour évaluer l'impact des années d'interruption sur la dynamique de la transmission du paludisme, des enquêtes entomologiques ont été réalisées en 2005 et ces résultats ont été comparés avec ceux d'un site témoin où il n'y avait pas de changement de pratiques agricoles (figure 1).

Matériel et méthodes

Les études se sont déroulées à Zatta et à Tiémélékro, au centre de la Côte d'Ivoire (6, 9). Zatta est localisé dans le

Figure 1.

Carte de la Côte d'Ivoire présentant les sites d'étude : Zatta (rural à proximité d'une rizière irriguée) et Tiémélékro (rural) au centre de la Côte d'Ivoire.
Map of Côte d'Ivoire presenting the study zones: Zatta (rural zone close to irrigated rice area) and Tiémélékro (rural area) in central Côte d'Ivoire.



district sanitaire de Yamoussoukro et se trouve à 250 m d'une rizière irriguée. L'exploitation de la rizière a été interrompue en 2003-2004. Tiémélékro se trouve dans le district sanitaire de Dimbokro. L'agriculture y est pratiquée de façon traditionnelle. Un programme de cultures vivrières intensives y a démarré en 2000, mais il a été arrêté fin 2004.

La capture des moustiques adultes a été réalisée selon la méthode classique des captures de nuit sur sujets humains, de 18 heures à 6 heures à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. En 2005, nous avons utilisé 38 et 40 captureurs-nuit respectivement à Zatta et à Tiémélékro. Tous les captureurs ont été soumis à une chimioprophylaxie appropriée et ont également été vaccinés contre la fièvre jaune. Au laboratoire, après l'identification des moustiques capturés, nous avons procédé à la détermination de l'âge physiologique des femelles d'*Anopheles gambiae* et *An. funestus* qui se fait à partir de l'observation de l'aspect des trachéoles. La détermination du taux d'infestation a consisté à la recherche de l'antigène circumsporozoïtique dans les glandes salivaires des femelles d'*An. gambiae* et d'*An. funestus* (2).

Toutes les données ont été saisies sur le logiciel Microsoft Excel et transférées dans la version 8.04 du logiciel STATA (STATA Corporation, College Station, USA). Pour la comparaison des moyennes, nous avons utilisé le test de χ^2 (variables catégoriques) et le « likelihood ratio test » (LRT) (variables continues). L'intervalle de confiance était de 95 %.

Résultats

Bref rappel des résultats obtenus en 2002 et 2003

À Zatta, la densité agressive d'*An. gambiae* a diminué significativement de 2002 à 2003 (de 49,3 piqûres/homme/nuit (p/h/n) à 7,9 p/h/n; LRT = 1 076,7; $p < 0,001$). Dans le même temps, le taux d'infestation de ce vecteur a aussi diminué de façon significative (de 4,6 % à 1,2 %; $\chi^2 = 5,92$; $p = 0,015$). Son taux d'inoculation entomologique (TIE) a aussi baissé drastiquement entre les 2 années (de 789 piqûres infestées/homme/an (pi/h/a) en 2002 à 38 pi/h/a en 2003; LRT = 838,1; $p < 0,001$).

À Tiémélékro, par contre, *An. gambiae* connaît une augmentation significative de sa densité agressive (de 16,1 pi/h/n en 2002 à 18,2 pi/h/n en 2003; LRT = 148,1; $p < 0,001$) et de son taux d'infestation (de 3,1 % à 7,6 %; $\chi^2 = 13,13$; $p < 0,001$). Son TIE est resté élevé et stable en 2002 et 2003 (233 et 342 pi/h/a, respectivement en 2002 et en 2003).

Les indicateurs de la transmission du paludisme en 2005

Les indicateurs de la transmission du paludisme enregistrés à Zatta et à Tiémélékro en 2005 sont résumés dans le tableau I.

À Zatta, nous avons récolté 1521 spécimens de moustiques en 2005. Les espèces du genre *Anopheles* étaient largement dominantes (85,1 %). La densité agressive d'*An. gambiae* a augmenté significativement de 7,9 p/h/n en 2003 à 30,0 pi/h/n en 2005 (LRT = 450,5; $p < 0,001$). En 2005, le taux d'infestation d'*An. gambiae* était égale à 2,7 %. La transmission du parasite par *An. gambiae* a augmenté significativement de 38 pi/h/a en 2003 à 295 pi/h/a en 2005 (LRT = 108,6; $p < 0,001$).

À Tiémélékro, nous avons récolté 2448 spécimens de moustiques. Les espèces du genre *Anopheles* étaient moins dominantes (52,7 %) qu'à Zatta. La densité agressive d'*An. gambiae* a baissé très fortement de 18,2 p/h/n en 2003 à 7,6 pi/h/n en 2005 (LRT = 128,3; $p < 0,001$). Par contre celle d'*An. funestus* a augmenté de façon significative de 2003 à 2005; la densité agressive a atteint 23,7 p/h/n en 2005 (LRT = 308,9; $p < 0,001$). Le taux d'infestation d'*An. funestus* était égale à 3,8 % en 2005. À Tiémélékro, comme en 2002 et 2003, le TIE d'*An. gambiae* était élevé en 2005 (244 pi/h/a). Toujours en 2005, la transmission du parasite par ce vecteur a baissé au profit de celle d'*An. funestus* (328 pi/h/a).

Discussion

Notre étude a confirmé la prédominance d'*An. gambiae* à Zatta, suite à l'aménagement des bas-fonds pour la pratique de la riziculture. La présence de la rizière irriguée de même que des parcelles de maraîchers, assure la prolifération d'*An. gambiae* pendant toute l'année. À Tiémélékro, particulièrement en 2005, la proportion de cette espèce s'est réduite au profit de l'espèce *An. funestus*. Cela pourrait s'expliquer par la réduction des parcelles traditionnelles de production de riz au profit des cultures de rentes et par l'arrêt du programme de cultures vivrières intensives (PCVI).

En fin de saison pluvieuse, les parcelles abandonnées du PCVI constituent avec le développement de la végétation, des gîtes

Tableau I.

Variations mensuelles des indicateurs de la transmission; densité agressive, taux d'infestation, taux de parturité et taux d'inoculation entomologique (TIE) des vecteurs du paludisme dans la zone d'étude à Zatta et à Tiémélékro en 2005.

Monthly variations of transmission indicators; high density, infestation rate, parturity rate, and entomological inoculation rate (EIR) of the malaria vectors in the study zone of Zatta and Tiémélékro in 2005

	densité agressive nb piqûres /homme/nuît	<i>An. gambiae</i>		TIE nb piqûres infestées/homme/nuît	densité agressive nb piqûres /homme/nuît	<i>An. funestus</i>		TIE nb piqûres infestées/homme/nuît
		taux d'infestation %	taux de parturité %			taux d'infestation %	taux de parturité %	
Zatta								
février	29,5 (19,6-39,4)	1,9 (0,3-3,4)	56,3 (50,1-62,3)	0,56*	0,3 (0,0-0,63)	0,0	75,0	0*
mai	58,6 (23,8-93,4)	3,4 (1,7-5,2)	46,2 (40,6-52,0)	1,99*	0,6 (0,0-1,5)	0,0	60,0	0*
août	7,0 (4,1-9,9)	2,7 (0,0-8,1)	49,5 (40,2-58,9)	0,18*	5,1 (2,1-8,1)	16,6 (0,0-56,8)	66,7 (48,7-84,6)	0,85*
moy mens.	30,0 (19,1-41,0)	2,7 (1,6-3,9)	50,6 (46,7-54,4)		1,9 (0,75-3,0)	10,0 (0,0-32,6)	66,7 (48,7-84,6)	
TIE (estimation annuelle)			295				69	
nb analysé		756	654			10	30	
Tiémélékro								
février	2,5 (1,6-3,4)	0,0	41,1 (23,7-58,6)	0*	54,1 (39,0-69,0)	3,7 (2,3-5,1)	65,1 (59,4-70,9)	2,0*
mai	16,7 (9,1-24,4)	6,6 (2,6-10,6)	81,1 (75,5-86,7)	1,10*	1,0 (0,6-1,9)	17,6 (0,0-37,8)	91,7 (73,3-100)	0,17*
août	5,3 (2,6-8,0)	21,0 (7,4-34,6)	55,5 (42,9-68,2)	1,11*	5,8 (2,9-8,7)	0,0	63,6 (51,7-75,5)	0*
moy mens.	7,6 (4,7-10,6)	8,9 (4,9-12,9)	70,3 (65,0-75,6)		23,7 (13,8-33,0)	3,8 (2,5-5,2)	66,1 (61,0-71,1)	
TIE (estimation annuelle)			244				328	
nb analysé		201	288			777	342	

En 2005 nous avons utilisé 38 captureurs/nuît par site d'étude. Les valeurs entre parenthèses représentent les intervalles de confiance à 95 %.

* TIE quotidien

favorables à *An. funestus*. Concernant encore Tiémélékro, la densité agressive d'*An. funestus* était élevée pendant la saison sèche, et était supérieure à celle d'*An. gambiae*. Cela pourrait s'expliquer par la mise en place tardive des gîtes qui lui sont favorables en saison sèche, notamment les plans d'eau avec végétation dressée (9).

Nos résultats ont montré que les taux d'infestation des femelles d'*An. gambiae* enregistrés en 2005 étaient nettement plus élevés en milieu rural (caractérisé par une agriculture traditionnelle) que dans la zone de riziculture irriguée. Des résultats contraires ont été obtenus au Mali, tant en saison sèche qu'en saison des pluies (4). Notre étude a souligné qu'à Zatta, en 2005, suite à la reprise de l'exploitation de la rizière irriguée, la transmission a de nouveau fortement augmenté. Cette étude confirme les résultats d'études précédentes réalisées en Côte d'Ivoire (5) et au Burkina Faso (3), qui ont montré que la transmission du paludisme était plus élevée en zone de riziculture irriguée qu'en zone de riziculture non irriguée. Il a, en effet, été constaté que la transmission et la morbidité palustre augmente avec l'intensification de la riziculture (7). À Tiémélékro par contre, l'arrêt des activités du PCVI fin 2004 a permis à *An. funestus* d'être le principal vecteur du paludisme l'année suivante.

En conclusion, à Zatta, les changements environnementaux caractérisés par la reprise de l'exploitation de la rizière irriguée en 2005 ont favorisé une augmentation de la transmission du paludisme.

Remerciements

Les auteurs remercient les autorités villageoises de Zatta et de Tiémélékro, les responsables des centres de santé des deux villages pour avoir contribué à la réalisation de cette étude. Ils remercient le Centre suisse de recherches scientifiques, le *National Centre of Competence in Research (NCCR)-North-South* et le Fonds national suisse pour la recherche (FNSR) pour leur soutien matériel et financier (J. UTZINGER, projet PPOOB-102883).

Références bibliographiques

1. AKA M, PAGANO M, SAINT-JEAN L, ARFI R, BOUVY M et al. – Zooplankton variability in 49 shallow tropical reservoirs of Côte d'Ivoire (West Africa). *Internat Rev Hydrobiol*, 2000, **85**, 491-504.
2. BEIER JC, PERKINS P, KOROS J, ONYANGO FK, GARGAN TP et al. – Malaria sporozoite detection by dissection and ELISA to assess infectivity to Afrotropical *Anopheles* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*, 1990, **27**, 377-384.
3. CARNEVALE P & ROBERT V – Introduction of irrigation in Burkina Faso and its effect on malaria transmission. In: *Effects of Agriculture Development on Vector-Borne Diseases*. FAO, AGL/MISC, 1987, **12**, 10 pp.
4. DOLO G, BRIËT OJT, DAO A, TRAORÉ SF, BOUARÉ M et al. – Malaria transmission in relation to rice cultivation in the irrigated Sahel of Mali. *Acta Trop*, 2004, **89**, 147-159.
5. DOSSOU-YOVO J, OUATTARA A, DOANNIO JMC, RIVIERE F, CHAUVANCY G & MEUNIER JY – Aspects du paludisme dans une localité de savane humide de Côte d'Ivoire. *Med Trop*, 1994, **54**, 331-336.
6. GIRARDIN O, DAO D, KOUDOU BG, ESSE C, CISSÉ et al. – Opportunities and limiting factors of intensive vegetable farming in malaria endemic Côte d'Ivoire. *Acta Trop*, 2004, **89**, 109-123.
7. GRATZ NG – The impact of rice production on vector-borne disease problems in developing countries. In: *Vector-Borne Disease Control in Humans through Rice Agroecosystem Management*. Proceedings of the Workshop on Research and Training Needs in the Field of Integrated Vector-Borne Disease Control in Riceland Agroecosystems of Developing Countries. IRRI, Philippines, 1988, 131 pp.
8. KEISER J, CASTRO MC, MALTESE MF, BOS R, TANNER M et al. – Effect of irrigation and large dams on the burden of malaria on a global and regional scale. *Am J Trop Med Hyg*, 2005, **72**, 392-406.
9. KOUDOU BG, TANO Y, DOUMBIA M, NSANZABANA C, CISSÉ G et al. – Malaria transmission dynamics in central Côte d'Ivoire: the influence of changing patterns of irrigated rice agriculture. *Med Vet Entomol*, 2005, **19**, 27-37.