

PALUDISME ET RIZICULTURE DANS LE DELTA DU FLEUVE SENEGAL (SENEGAL) *

par

O. FAYE¹, D. FONTENILLE², O. GAYE³, N. SY¹, J.F. MOLEZ², L. KONATE¹,
G. HEBRARD², J.P. HERVE², J. TROUILLET¹, S. DIALLO³ & J. MOUCHET⁴

¹ Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD, Dakar, Sénégal.

² ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.

³ Service de Parasitologie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, UCAD, Dakar, Sénégal.

⁴ ORSTOM, 213, rue Lafayette, Paris, France.

Résumé — Dans le but d'évaluer l'impact du développement de la riziculture sur l'endémie palustre, une étude a été réalisée de septembre 1992 à novembre 1994 dans trois villages du delta du fleuve Sénégal, deux villages de riziculture irriguée et un de culture pluviale traditionnelle. Les observations entomologiques ont permis de noter une nette prédominance d'*Anopheles pharoensis*, qui est également plus abondant dans la zone rizicole. Le complexe *An. gambiae*, représenté par *An. gambiae s.s.*, *An. arabiensis* et *An. melas*, est peu abondant. L'agressivité et l'anthropophilie des femelles d'*An. pharoensis* sont élevés mais leurs taux de parturité sont bas et leur aptitude à assurer la transmission du paludisme n'est pas prouvée. La recherche d'infection par la dissection des glandes salivaires et la méthode ELISA a été négative.

Les indices plasmodiques, la morbidité et l'incidence du paludisme sont faibles et reflètent fidèlement le faible niveau de la transmission. Dans cette région sahélienne du delta du fleuve Sénégal, la riziculture irriguée qui a entraîné une pullulation d'*An. pharoensis* n'est pas un facteur d'augmentation de la transmission et de l'incidence du paludisme.

KEYWORDS: Malaria, Epidemiology; Irrigated Rice Fields; *Anopheles pharoensis*; Senegal River Delta; Senegal.

Introduction

Dans de nombreux pays africains, l'objectif de l'autosuffisance alimentaire est à l'origine d'une politique de développement des cultures irriguées notamment la riziculture, basée sur la maîtrise de l'eau et la mise en place d'aménagements hydro-agricoles. Les transformations du milieu qui en résultent sont considérables. En effet, l'irrigation peut favoriser la multiplication des gîtes larvaires des moustiques et agir à la fois sur la durée et la période de production des vecteurs qui peut alors couvrir la saison sèche habituellement sans anophèles dans les régions sahéliennes. La répercussion de la riziculture irriguée sur le paludisme a été étudiée au Burundi et au Burkina Faso. Si

* Cette étude a bénéficié d'un appui financier du programme spécial PNUD/Banque Mondiale/OMS de recherche et de formation concernant les maladies tropicales (Projet No 900071), du Ministère Français de la Coopération au Développement (Projet No 92-b-28), et du Grand programme Eau/Santé (ORSTOM).



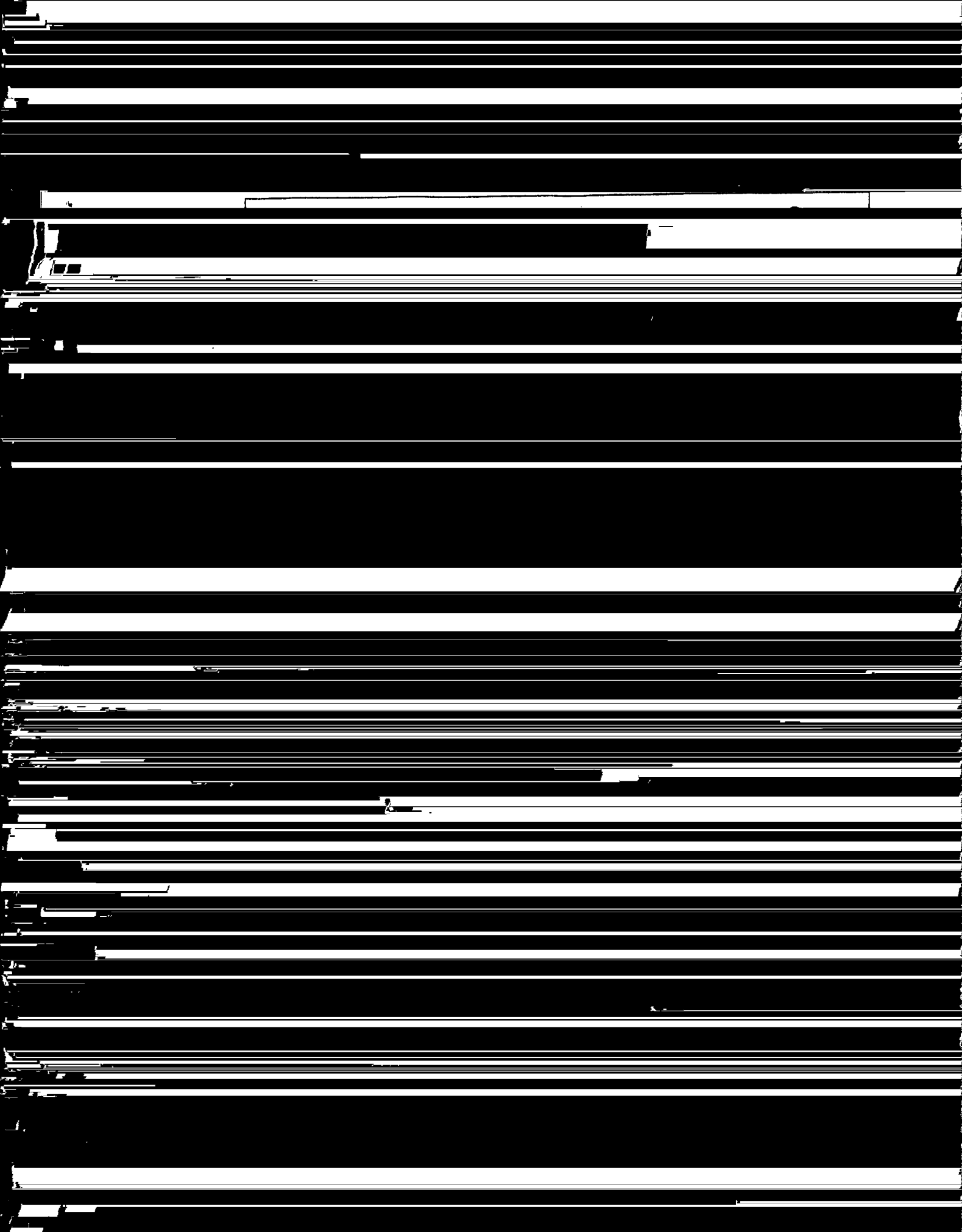
dans le premier pays, le paludisme a progressé de manière inquiétante avec l'extension de la riziculture (6), dans le second la transmission en zone rizicole n'a pas augmenté (16).

Au Sénégal, l'impact de la riziculture irriguée sur la transmission du paludisme n'a été étudié que partiellement en zone sahélienne, dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal (8, 9). Cette étude a montré que l'irrigation des rizières entraîne une pullulation d'*An. gambiae s.l* mais son impact sur la transmission du paludisme est négligeable. Dans le delta du fleuve Sénégal qui présente des caractéristiques écologiques très différentes de la zone précédente du fait de la salinité des sols, nous avons étudié l'endémie palustre de septembre 1992 à novembre 1994.

Zone d'étude

La région du delta du fleuve Sénégal couvre toute la zone située en aval de Richard Toll jusqu'à l'embouchure du fleuve (fig. 1). Dans le delta, la vallée alluviale s'élargit pour former une vaste plaine basse parcourue par de nombreux chenaux dont les principaux sont : le Djeuss, le Kassack, le Gorom, le Djoudj, et le Lampsar qui rejoignent le cours principal du fleuve au nord de Saint-Louis. La vallée du fleuve Sénégal a toujours constitué un vaste ensemble inondable, favorable aux cultures de décrue. Les premiers périmètres rizicoles ont été aménagés dans le delta après l'édification en 1964, d'une digue le long de la rive du fleuve. Depuis la mise en service des barrages de Diama (dans le delta au Sénégal) et de Manantali (dans le haut bassin au Mali), d'importants programmes d'aménagement ou de réaménage-

Figure 1: Le delta du fleuve Sénégal



proximité et en amont du barrage, il ne possède pas d'aménagement hydroagricole. Kassak comprend 141 concessions et est peuplé de 1 229 habitants, Boundoum compte 155 concessions et 1 619 habitants. Ce sont deux villages de colonisation dont les habitants de l'ethnie Toucouleur (Kassack) sont venus de la moyenne vallée du fleuve Sénégal ou de l'ethnie Wolof (Boundoum) venant d'autres villages de la région. Maka est un village traditionnel Wolof qui compte 27 concessions et 319 habitants pratiquant des cultures pluviales traditionnelles. L'élevage est peu développé dans ces villages. On trouve dans les concessions quelques bovins, moutons, chèvres et chevaux, parqués dans des enclos. Les maisons sont du même type architectural avec deux ou trois pièces, des murs en briques et des toits en tôle.

Méthodes d'étude

Entomologie

L'étude entomologique a été réalisée à Kassack Nord et à Maka Diama. L'échantillonnage des populations de moustiques a été effectué au moyen de captures nocturnes sur sujets humains (sous prophylaxie médicamenteuse) et de récoltes diurnes de la faune résiduelle après pulvérisation de pyrèthre dans les habitations. Les captures nocturnes (de 21 h à 7 h) ont été effectuées à l'intérieur et à l'extérieur des habitations (168 homme/nuits à Kassack et 156 homme/nuits à Maka). Les récoltes diurnes ont été faites dans 276 et 266 cases respectivement à Kassack et Maka. Les moustiques récoltés ont été identifiés et dénombrés, l'identification des membres du complexe *An. gambiae* a été faite selon la méthode cytogénétique de Coluzzi et al. (5) et la technique de polymérisation en chaîne (PCR) selon la méthode de Paskewitz et al. (15). Les femelles d'anophèles ont été disséquées pour d'une part, déterminer leur âge physiologique par l'examen des trachéoles des ovaires et d'autre part, rechercher des sporozoïtes dans leurs glandes salivaires. La technique ELISA a été utilisée pour la détection de l'antigène circumsporozoïtique selon la méthode de Wirtz et al. (17), basée sur 47 l'utilisation d'anticorps monoclonaux spécifiques des sporozoïtes des plasmodies rencontrées au Sénégal. L'identification de l'origine des repas sanguins des femelles d'anophèles a été faite par test ELISA selon la méthode décrite par Beier et al. (1) pour rechercher la présence d'immunoglobulines G (H + L) d'homme, de boeuf, de mouton, de cheval et de poule. avec comme seule modification, le substrat de peroxydase préparé selon la méthode de Lhuillier et Sarthou (13).

Parasitologie et Morbidité

Cette étude s'est déroulée de septembre 1992 à novembre 1994 à Kassack et à Maka et de juillet à novembre 1994 à Boundoum. L'endémicité palustre a été évaluée par des mesures de la prévalence parasitaire effectuées en juillet (début de la saison des pluies) en 1993 et 1994 et en novembre (fin de la saison des pluies) en 1994 sur des échantillons d'enfants âgés de moins de 10 ans. Sur chaque sujet, un prélèvement sanguin est

effectué pour réaliser des étalements (frottis et goutte épaisse). L'étude de la morbidité palustre est faite dans les postes de santé et concerne tous les sujets venus à la consultation et présentant des signes évocateurs d'accès palustre. Ils ont fait l'objet d'un prélèvement de sang pour la confection d'étalements. L'étude de l'incidence du paludisme-clinique menée de juillet à novembre 1994, est basée sur le suivi (contrôle hebdomadaire) dans chaque village, d'une cohorte de 100 enfants âgés de moins de 10 ans. A chaque épisode fébrile, un prélèvement est effectué pour confectionner les étalements. Les étalements sanguins sont colorés au Giemsa, la recherche d'hématozoaires et l'estimation de la densité parasitaire ont été faites sur la goutte épaisse, par l'examen d'un nombre de champs microscopiques suffisant pour dénombrer 1 000 leucocytes (le nombre moyen de leucocytes par individu étant estimé à 6 000 par microlitre de sang). Nous avons considéré comme accès palustres tout motif de consultation dans les postes de santé avec des signes évocateurs de paludisme (céphalées, fièvre, courbatures, vomissement ...) associés à une parasitémie quelle que soit la densité parasitaire. Chaque sujet consultant fébrile reçoit un traitement antipalustre présomptif (25 mg de chloroquine/kg *per os* en trois jours).

Les résultats obtenus sont comparés par le test du Chi carré, avec un seuil de signification fixé à 5%.

Résultats

La faune anophélienne

L'anophèle dominant tant dans les captures sur homme que dans la faune résiduelle est *Anopheles pharoensis* (tableau 1). Il constitue 98% des récoltes à Kassack et 86% à Maka, la différence entre ces deux localités est significative ($p < 0,001$). Le complexe *An. gambiae* représenté par ses trois espèces ouest-africaines (*An. gambiae*, *An. arabiensis* et *An. melas*) constitue une faible proportion des récoltes mais ne doit pas être négligé étant donné sa compétence vectorielle. A Maka Diama, il constitue tout de même 22,7% des récoltes de la faune résiduelle. L'identification (cytogénétique) de 6 femelles n'a révélé que la présence d'*An. arabiensis* à Kassack (2 en

TABLEAU 1
Résultats de l'échantillonnage des populations anophéliennes de la zone du delta du fleuve Sénégal

Localités		KASSACK-NORD				MAKA-DIAMA			
Espèces	Méthodes	S.H.		F.R.H.		S.H.		F.R.H.	
		N	%	N	%	N	%	N	%
<i>An. pharoensis</i>		9 573	97,72	1 500	98,04	1 297	86,93	123	73,65
<i>An. ziemanni</i>		221	2,26	0	0	178	11,93	0	0
<i>An. gambiae s.l.</i>		2	0,02	24	1,57	17	1,14	38	22,75
<i>An. rufipes</i>		0	0	6	0,39	0	0	6	3,6
Total		9 796	100	1 530	100	1 492	100	167	100

S.H.: Capture sur sujets humains.

F.R.H.: Récolte de la faune résiduelle des habitations.

septembre 1992, 2 en novembre 1992, 1 en mai 1993) et à Maka (1 en novembre 1992). En 1994, 24 femelles ont été identifiées par PCR à Maka, 13 en août (9 *An. gambiae s.s.* et 4 *An. arabiensis*) et 11 en septembre (5 *An. gambiae s.s.*, 4 *An. arabiensis* et 2 *An. melas*). *An. ziemanni*, espèce exophage et exophile qui se développe dans les eaux douces à végétation dressée abondante représente 12% des captures sur homme à Maka et 2,3% à Kassack. Comme partout en Afrique, *An. rufipes* n'est pas anthropophile mais les femelles se réfugient le jour dans les maisons.

Dynamique et comportements des anophèles

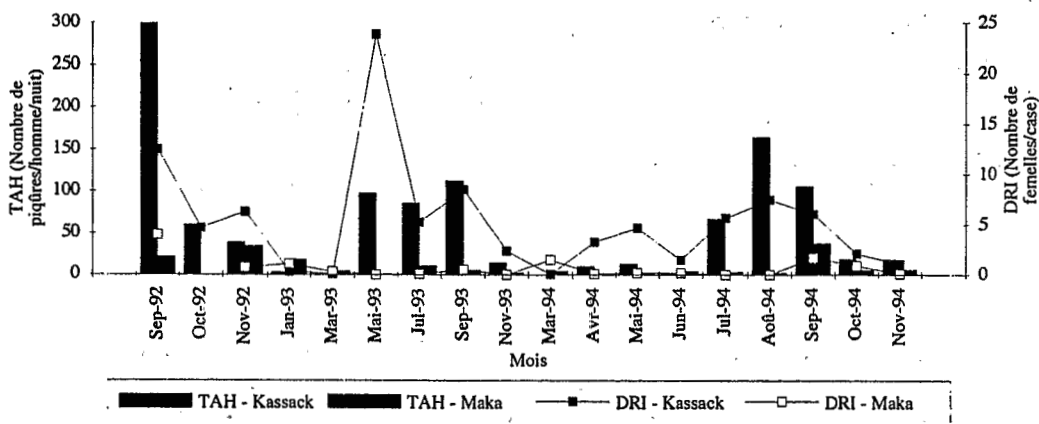
L'agressivité d'*An. pharoensis* pour l'homme est beaucoup plus marquée à Kassack qu'à Maka (fig. 2). Au moment de ses pics à Kassack de juillet à septembre, il est entre 8 et 70 fois plus abondant qu'à Maka. Au début de la saison sèche, la densité augmente à Maka alors qu'elle diminue à Kassack.

Le comportement de repos des femelles d'*An. pharoensis* est difficile à déterminer du fait de la différence de méthodes d'échantillonnage des femelles agressives et des femelles qui se reposent dans les maisons. Mais il est certain que beaucoup de femelles d'*An. pharoensis* ne se reposent pas dans les maisons durant la journée. Dans les deux villages, *An. gambiae s.l.* est relativement plus endophile puisque le nombre de femelles récoltées dans les maisons est largement supérieur à celui des femelles agressives prises sur homme alors que c'est l'inverse pour *An. pharoensis* (tableau 1).

Transmission du paludisme

Le taux de parturité d'*An. pharoensis* à Kassack ne dépasse pas 58 % signant une aptitude vectorielle très faible sinon nulle. Par contre les taux supérieurs à 70 % enregistrés à Maka en 1993 ne sont pas incompatibles

Figure 2: Variations du taux d'agressivité pour l'homme (TAH) et de la densité au repos dans les habitations (DRI) d'*An. pharoensis* au cours de la période d'étude



avec une transmission (tableau 2). L'indice d'anthropophilie est très élevé dans les deux villages (tableau 3). Il ne présente pas de fluctuations saisonnières importantes.

TABLEAU 2
Variations saisonnières des taux de parturité des femelles d'*An. pharoensis* capturées sur sujets humains ou récoltées dans la faune résiduelle des habitations

Périodes	Localités	KASSACK-NORD						MAKA-DIAMA					
		Captures nocturnes			Faune résiduelle			Captures nocturnes			Faune résiduelle		
		P.	N.	TP.	P.	N.	TP.	P.	N.	TP.	P.	N.	TP.
Septembre-novembre 1992		138	568	19.5	56	68	45.2	60	49	55	8	11	42.1

0,9%. La densité parasitaire chez ces deux porteurs est de 1 800 et 1 400 parasites/mm³ de sang. Aucun porteur de gamétocytes n'a été dépisté au cours de l'étude.

TABLEAU 4
Indices plasmodiques (IP) des enfants agés de moins de 10 ans dans les trois localités

Mois	KASSAK-NORD			MAKA-DIAMA			BOUNDOUN-BARRAGE		
	Effectif	Positifs	IP	Effectif	Positifs	IP	Effectif	Positifs	IP
Juillet 1993	263	1	0,4	119	0	0			
Juillet 1994	107	0	0	107	0	0	112	0	0
Novembre 1994	89	0	0	103	1	0,9	85	0	0

Morbidité palustre

L'étude de la morbidité palustre a intéressé 383 sujets présentant un ou des signes évocateurs de paludisme. 49 ont hébergé des trophozoïtes de *P. falciparum* avec une densité parasitaire variable de 500 à 200 000 parasites/microlitre de sang. Les faibles parasitemies sont rares ($2 < 1\ 000$ parasites/microlitre, $8 < 5\ 000$ à Kassack et $3 < 5\ 000$ à Maka).

L'examen du tableau 5 montre qu'à Kassack et à Maka, les proportions de sujets parasités parmi les consultants suspects sont comparables ($X^2 = 0,295$, $p > 0,50$), avec respectivement 12,9% et 11,8%. A Kassack, les sujets parasités sont plus fréquents en saison des pluies qu'en saison sèche ($X^2 = 7,975$, $p > 0,01$). Il n'y a pas de variations significatives des proportions de sujets parasités parmi les consultants suspects enregistrés au cours des saisons des pluies de 1993 et 1994 ($X^2 = 0,128$, $p > 0,50$), il en est de même au cours des saisons sèches de 1992-1993 et 1993-1994 ($X^2 = 1,155$, $p > 0,20$). A Maka et à Boundoum, les faibles nombres de sujets parasités ne permettent pas une analyse statistique de leurs variations. Nous notons néanmoins que dans tous les villages, toutes les classes d'âge sont touchées, ce qui est la conséquence de la faible transmission du paludisme qui se traduit par une faible prémunition voire son absence.

TABLEAU 5
Répartition en fonction des saisons des cas présumés de paludisme chez les consultants suspects

Localités	KASSACK-NORD		MAKA-DIAMA		BOUNDOUN-BARRAGE	
	Effectif	Positifs	Effectif	Positifs	Effectif	Positifs
Périodes						
Septembre-octobre 1992	23	4	14	0		
Novembre 1992-juin 1993	98	6	28	0		
Juillet-octobre 1993	37	7				
Novembre 1993-juin 1994	17	0	4	0		
Juillet-octobre 1994	68	11	42	12	16	4
Novembre 1994	12	5	20	0	4	0
Total %	255	33 12,9	108	12 11,8	20	4 20

Le dépistage actif a permis d'observer deux porteurs de *P. falciparum* chez les enfants de la cohorte à Maka (1 en septembre et 1 en octobre 1994) et un à Boundoum en août 1994. A Kassack, aucun enfant de la cohorte n'a hébergé de parasite au cours de la période d'observation.

Discussion

Dans le delta du fleuve Sénégal, la prédominance d'*An. pharoensis* dans

la faune anophélienne observée au cours de cette étude a été également signalée dans un village rizicole avant la mise en service du barrage (2, 3). Le faible nombre de femelles d'*An. gambiae s.l.* récoltées peut être attribué à la salinité des eaux. Dans cette zone régulièrement envahie par les eaux marines avant la mise en service du barrage, les sols sont salés. Plus loin, au sud dans les villages riverains du lac de Guiers et à l'est dans ceux riverains du fleuve Sénégal en amont de Richard-Toll, dont les sols et les eaux sont moins salés, *An. gambiae s.l.* est actuellement mieux représenté (observation personnelle). La prédominance d'*An. pharoensis* est surtout due à sa bonne tolérance de la salinité. Cette salinité atteint des pointes de 300 mg/l de chlorures dans les eaux d'irrigation et 3 000 mg/l dans celles de drainage. La salinité n'est pas un facteur limitant la colonisation des gîtes par cette espèce qui a été rencontrée au Bénin dans les lagunes d'eau saumâtre (11).

Les populations d'*An. pharoensis* sont plus importantes à Kassack qu'à Maka. Leurs gîtes larvaires sont constitués par des marécages à végétation dressée abondante et leurs homologues anthropiques les rizières évoluées. Les pics de femelles agressives observés à Kassack sont corrélés au cycle de la riziculture. A Maka, nous n'avons jusqu'ici trouvé aucun gîte à *An. pharoensis*. Au niveau du village les bords du fleuve prospectés ne sont pas des gîtes favorables pas plus que les rares collections d'eau de surface de saison des pluies. Il n'est cependant pas exclu que les multiples anses formées sur les rives du fleuve non loin du village, puissent servir de gîtes. Il est également possible que les femelles capturées à Maka en fin de saison des pluies puissent provenir des rizières situées à environ 5 km du village ce qui est compatible avec les qualités de bon volier de l'espèce (10). Mais cette

de 1953 à 1955, puis aucune infection sur plus de 3000 femelles de 1957 à 1960 dans la zone pilote de Bobo-Dioulasso. Une infection sur 146 dissections et 1/77 par test ELISA ont été signalées dans une zone rizicole du Kenya (14). Dans un village du delta du fleuve Sénégal proche de Boundoum, 5 femelles positives sur 912 ont été dépistées par test ELISA (3).

An. pharoensis est très anthropophile (3, 12, 14), il s'infecte facilement et c'est seulement une longévité insuffisante qui l'empêche d'être infestant. Dans ce cas, la recherche des antigènes circumsporozoïtiques qui apparaissent chez l'anophèle avant la présence effective de sporozoïtes dans les glandes salivaires peut introduire un biais et la méthode ELISA est contestable pour déterminer la compétence vectorielle de cette espèce. Par ailleurs, *An. gambiae s.l.* bien que peu abondant est présent partout dans la zone et peut assurer la faible transmission qui s'y effectue. Dans ces conditions, il n'est pas légitime de conclure qu'*An. pharoensis* est le vecteur du paludisme dans le delta du fleuve Sénégal. C'est un vecteur secondaire certes (12) mais son rôle dans la zone est très discret.

Conclusion

La conclusion qui s'impose est que la riziculture n'a pas augmenté le paludisme dans le delta du fleuve Sénégal, à défaut de pouvoir affirmer qu'elle l'a diminué. Ceci est due à la salinité des sols et des eaux qui favorise *An. phuroensis* médiocre vecteur aux dépens d'*An. arabiensis* et *An. gambiae* qui ne se développent qu'en eau douce. Cette transmission faible est à

geleid tot een felle toeneming van de densiteiten van *An. pharoensis* zonder dat dit evenwel gepaard ging met een verhoging van malaria overdracht of incidentie.

Reçu pour publication le 13 février 1995.

REFERENCES

1. Beier JC, Perkins PVF, Wirtz RA, Koros J, Gargam TP, Koech DK: Bloodmeal identification by direct enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), tested on *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in Kenya. *J. Med. Entomol.*, 1988, **25**, 9-16.
2. Carrara G: Expérience de contrôle du paludisme par l'imprégnation des moustiquaires imprégnées dans le delta du fleuve Sénégal. Rapport de mission. 1989. Non publié.
3. Carrara G, Petrarca V, Niang M, Coluzzi M: *Anopheles pharoensis* and transmission of *Plasmodium falciparum* in the Senegal river delta, West Africa. *Med. Veter. Entomol.*, 1990, **4**, 421-424.
4. Choumara R., Hamon J., Bailly H, Adam JP, Ricossé J: Le paludisme dans la zone pilote de lune antipaludique de Bobo-Dioulasso. *Cah. ORSTOM*, 1959, **1**, 123 p.
5. Coluzzi M, Sabatini A, Petrarca V, Di Deco MA: Chromosomal differentiation and adaptation to human environments in the *Anopheles gambiae* complex. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1979, **73**, 483-497.
6. Coosemans MH: Comparaison de l'endémie malarienne dans une zone de riziculture et dans une zone de culture de coton dans la plaine de la Rusizi, Burundi. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 1985, **65**, Suppl. 2, 187-200.
7. Diallo S, Ndir O, Gaye O, Faye O, Diaw OT, Betts BB: Prévalence des maladies parasitaires endémiques dans le bassin du fleuve Sénégal. Résultats d'enquêtes effectuées dans les départements de Dagana, Podor, Matam et Bakel. *Doc. Ronéo., Serv. Parasitol. Fac. Méd. Pharm. UCAD.*, 1991, Non publié.
8. Faye O, Fontenille D, Hervé JP, Diack PA, Diallo S, Mouchet J: Le paludisme en zone sahélienne du Sénégal. 1. Données entomologiques sur la transmission. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 1993, **73**, 21-30.
9. Faye O, Gaye Os Hervé JP, Diack PA, Diallo S: Le paludisme en zone sahélienne du Sénégal. 2. Indices parasitaires. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 1993, **73**, 31-36.
10. Garrett Jones C: Possibilités de migrations actives à longue distance de la part d'*Anopheles pharoensis* Theo. *WHO/Mal/298*, 1961.
11. Hamon J, Rickenbach A, Robert P: Seconde contribution à l'étude des moustiques du Dahomey, avec quelques notes sur ceux du Togo. *Ann. Parasit. hum. comp.*, 1956, **31**, 619-635.
12. Hamon J, Mouchet J: Les vecteurs secondaires du paludisme humain en Afrique. *Méd. trop.*, Marseille, 1961, **21**, 643-660.
13. Lhuillier M, Sarthou JL: Chrom-ELISA: a new technique for rapid identification of arbovirus. *Ann. Virol. (Inst. Pasteur)*, 1983, **134 E**, 339-347.
14. Mukiama TK, Mwangi RW: Seasonal population changes and malaria transmission potential of *Anopheles parvoensis* and the minor anophelines in Mwea Irrigation Scheme, Kenya. *Acta Tropica*, 1989, **46**, 181-189.
15. Paskewitz SM, Collins FH: Use of polymerase chain reaction to identify mosquito species of the *Anopheles gambiae* complex. *Med. Vet. Entomol.*, 1990, **4**, 367-373.
16. 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 Méd. trop.*, 1985, **65**, Suppl. 2, 201-214.
17. Wirtz RA, Burkot TR, Andre RG, Rosenberg R, Collins WE, Roberts DR: Identification of *Plasmodium vivax* sporozoites in mosquitoes using an enzyme-linked immunosorbent assay. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 1985, **34**, 1048-1054.



11

11