

# Aménagements hydro-agricoles et paludisme

Le périmètre irrigué de Diomandou

**Ousmane Faye**  
Entomologiste médical

**Oumar Gaye**  
Parasitologue

**Didier Fontenille**  
Entomologiste médical

**Georges Hébrard**  
Entomologiste médical

**Lassana Konaté**  
Entomologiste médical

**Jean-François Molez**  
Entomologiste médical

**Jean-Pierre Hervé**  
Entomologiste médical

**Moussa Diagne**  
Entomologiste médical

**Ngayo Sy**  
Entomologiste médical

**Samba Diallo**  
Parasitologue

**Jean Mouchet**  
Entomologiste médical

## Introduction

La construction et la mise en service des barrages sur le fleuve Sénégal a permis l'extension des aménagements hydro-agricoles et principalement des périmètres rizicoles irrigués dans toute la vallée. Les modifications du milieu qui résultent de l'exploitation de ces aménagements peuvent favoriser l'apparition ou la recrudescence de maladies dont la transmission est liée à l'eau.

La répercussion de ces modifications écologiques liées à la riziculture irriguée sur le paludisme a été étudiée dans la vallée du fleuve Sénégal dans le cadre du Grand Programme Orstom « Eau et Santé dans les contextes de développement » dont les travaux ont débuté en 1989 (HERVÉ *et al.*, voir p. 33). L'évaluation des

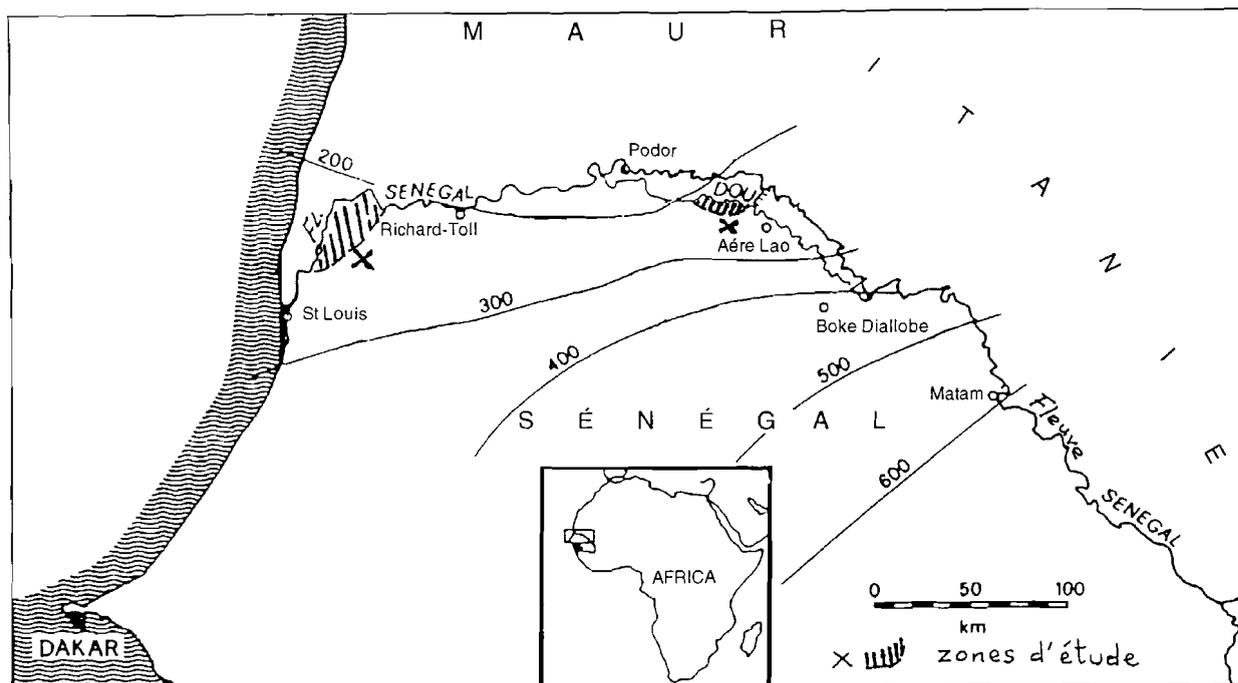


Figure 1  
 La vallée du fleuve Sénégal.  
 Les zones d'étude (delta et moyenne vallée)  
 ont été hachurées.

conséquences épidémiologiques des modifications introduites par les aménagements hydro-agricoles sur la transmission et l'incidence du paludisme a été faite dans la moyenne vallée et dans le delta du fleuve Sénégal. Nous rapportons ici, les résultats obtenus dans la moyenne vallée de juin 1990 à novembre 1992 et en août/septembre 1994.

## ■ Présentation de la zone d'étude

La grande vallée alluviale du Sénégal s'étend sur 430 km de Bakel à Richard-Toll; sa largeur varie de 10 à 25 km; elle s'élargit ensuite considérablement dans la région du delta qui couvre la zone située en aval de Richard Toll. En aval de Matam, le fleuve se divise en deux branches, le Doué à gauche et le cours principal à droite, formant l'île à Morphile, d'une largeur moyenne de 20 km sur une longueur de 275 km (fig. 1).

La vallée occupe les marges septentrionales du sahel sénégalais. Le climat est caractérisé par la grande sécheresse de ces 20 dernières années où la pluviométrie moyenne annuelle est inférieure à 350 mm. Au niveau des stations de Ndioum et de Aere-Lao, les plus proches de la zone d'étude, les précipitations enregistrées de juin à novembre s'élèvent respectivement à 350,5 et 388,8 mm en 1989, 158,7 et 213,3 mm en 1990, 95,4 et 58,7 mm en 1991.

A la station de Podor, 157,7 mm ont été enregistrés en 1992, 283,3 mm en 1993 et 152,5 mm en 1994. Les températures moyennes mensuelles dépassent en général 30 °C, décembre, janvier et février sont les mois les plus froids (21 à 25 °C) mais l'emprise continentale présente un gradient ouest-est. La géomorphologie de la vallée est marquée par un système de levées qui sont d'anciens bourrelets de berge, cloisonnant le lit majeur du fleuve en une multitude de cuvettes de dimensions variables. Le couvert végétal en général maigre ou peu dense est fonction du type de sol, de l'eau disponible

et du relief. La végétation de la zone d'inondation ou « Walo » est plus riche que celle qui couvre les anciennes dunes rouges de la bordure qui correspond au « Dieri ».

L'étude s'est déroulée dans deux villages situés en amont de Podor, Diomandou et Toulde Galle. Le village de Diomandou riverain du Doué est situé sur un bourrelet de berge et possède un périmètre irrigué dont la mise en eau a eu lieu en juillet 1989. Il est subdivisé en deux hameaux : Diomandou Walo, au bord de la rizière et Diomandou Dieri situé à 500 m de la rizière. Le second village, Toulde Galle, de cultures pluviales traditionnelles, est situé à 5 km de la rizière et à environ 1 km du Doué. La population de la zone est en majorité de l'éthnie Toucouleur, pratiquant la pêche et l'agriculture. Les habitants passent en général la nuit à l'extérieur (cour, véranda) où ils dorment sous des moustiquaires relativement bien entretenues. L'élevage est de type traditionnel, le bétail (bovins, ovins et caprins) est parqué la nuit dans des enclos à l'intérieur des concessions.

## ■ Méthodologie

L'échantillonnage des populations de moustiques est basé sur des captures nocturnes sur sujets humains (sous prophylaxie médicamenteuse), des récoltes diurnes des moustiques piégés dans les moustiquaires et de la faune résiduelle dans les habitations après pulvérisation de pyréthrinoïdes. Des récoltes de moustiques exophiles dans des puits de Muirhead-Thomson ont été également réalisées. Les moustiques récoltés ont été identifiés et dénombrés. L'identification des membres du complexe *Anopheles gambiae* présents a été faite par la méthode cytogénétique et/ou par la technique de polymérisation en chaîne (PCR). Les vecteurs potentiels du paludisme ont été examinés (dissection) pour la détermination de leur âge physiologique et la recherche d'infection. La recherche d'infection a été également faite par la méthode ELISA de même que la détermination de l'origine des repas sanguins des moustiques.

L'étude de l'endémicité palustre a été effectuée au début de la saison des pluies (juillet) et au début de la saison sèche (novembre) chez les enfants âgés de 0 à 10 ans. L'étude de la morbidité palustre a intéressé la population totale des villages d'étude. Tous les sujets venus en consultation au niveau des postes de santé et présentant des signes évocateurs d'accès palustre ont fait l'objet d'un prélèvement pour la recherche de parasites dans le sang.

## Résultats et commentaires

### *Evolution de la faune anophélienne*

Les premières études entomologiques dans la zone ont été exécutées en 1982 -1983 (PETRARCA *et al.*, 1987; VERCRUYSE, 1985). Des travaux plus ponctuels ont été menés dans le département de Podor (CARRARA, 1990; FAYE *et al.*, 1992) et au cours de notre étude, l'inventaire des espèces anthropophiles et/ou endophiles a été fait (tabl. 1).

Espèces	Capture de nuit			Faune résiduelle		Puits de Muir-head Thomson	TOTAL général
	Intérieur	Extérieur	Total	Habitations	Moustiquaires		
<i>An. gambiae s.l.</i>	1 583	1 357	2 940	3 963	230	73	7 206
<i>An. pharoensis</i>	233	284	517	42	51	24	634
<i>An. rufipes</i>	0	0	0	204	0	22	226
<i>An. ziemani</i>	1	3	4	0	0	2	6
Total							
<i>Anopheles</i>	1817	1 644	3 461	4 209	281	121	8 072
Culicinae	2382	4 499	6 881	249	236	327	7 693

Tableau 1

Résultat de l'échantillonnage des populations culicidiennes de la zone du périmètre de Diomandou (moyenne vallée du fleuve) de juin 1990 à novembre 1992.

Le complexe *An. gambiae* représente environ 85% des anophèles piquant l'homme à l'extérieur comme à l'intérieur des maisons; *An. pharoensis* constitue le complément. *An. gambiae s.l.* constitue plus de 90% de la faune résiduelle des habitations. *An. rufipes* qui n'est pas anthropophile, compte pour moins de 5% et *An. pharoensis* pour 1%.

Depuis 1982, on assiste à des fluctuations de proportions respectives d'*An. gambiae s.s.* et d'*An. arabiensis* (tabl. II). Les aménagements n'ont pas changé les proportions respectives des deux espèces du complexe *An. gambiae*. Etant donné les petites tailles des échantillons identifiés, il n'est pas possible d'affirmer que les fluctuations observées sont significatives et en tout état de cause, elles peuvent être dues à des facteurs climatiques.

Périodes	Nb. identifiés	<i>An. arabiensis</i>	<i>An. gambiae</i>	Références
1982-83	338	61-87 %	13-39 %	Petrarca et al. 1987
1989	101	60 %	40 %	Carara, 1990
1990	48	57 %	43 %	Faye et al., 1993
1991	50	28 %	72 %	Faye et al., 1993
1992	32	31 %	69 %	Obs. pers.
1994	141	59 %	41 %	Obs. pers.

■ Tableau II

Variation de la composition spécifique du complexe *An. gambiae* dans la zone du périmètre de Diomandou et dans les villages proches.

### *Dynamique des populations anophéliennes*

Les aménagements agricoles ont eu un double effet : ils ont entraîné une augmentation des populations anophéliennes et un allongement de leur période de pullulation. En effet dans le village de cultures pluviales (Toulde Galle), où les gîtes d'*An. gambiae s.l.* dépendent exclusivement des pluies, l'activité de cette espèce est limitée à la saison humide (fig. 2). Au contraire dans la zone du périmètre irrigué (Diomandou Walo et Diomandou Dieri), *An. gambiae s.l.* est présent toute l'année au gré des cultures.

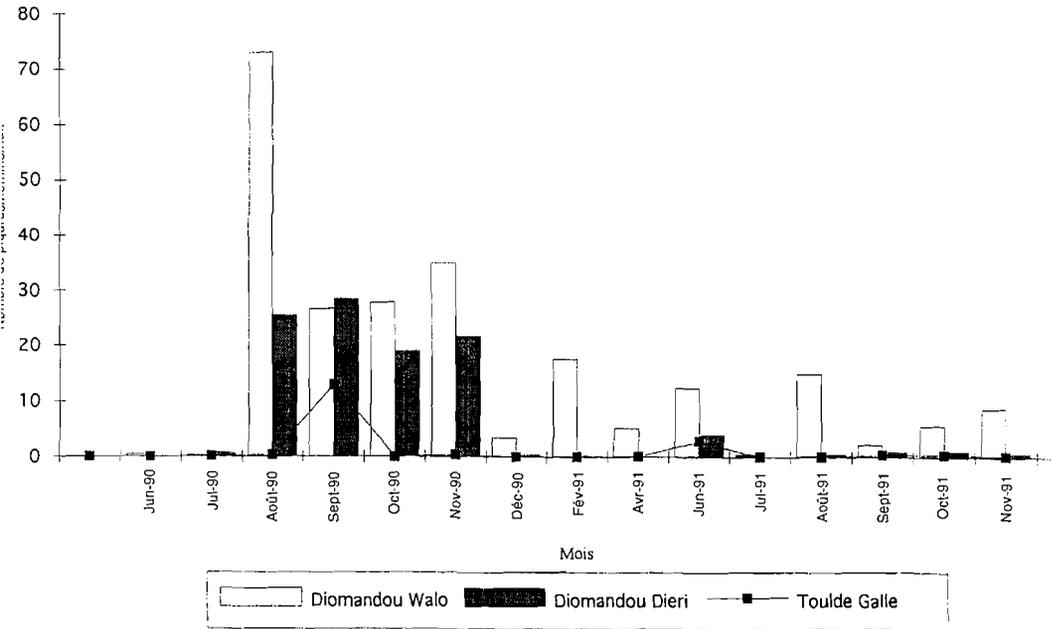


Figure 2  
Variations saisonnières de la densité agressive d'*An. gambiae* s.l.

La densité agressive (nombre moyen de piqûres sur homme) dans cette zone d'irrigation est de 7 à 16 fois plus élevée que dans le village de cultures pluviales où elle reste comparable à ce qu'elle était avant les aménagements (VERCRUYSE, 1985). Elle varie d'une année à l'autre : en 1990, elle a été respectivement 5 fois, 29 fois et 12 fois plus élevée qu'en 1991 à Diomandou Walo, Diomandou Dieri et Toulde Galle (tabl. III).

### Comportement des vecteurs

Le comportement très particulier d'*An. gambiae* s.l. dans cette zone est contingent des habitudes de la population et de l'environnement physique. En effet, étant donné la température ambiante élevée pen-

■ Tableau III  
Variation saisonnière, à l'intérieur des habitations,  
de la densité agressive et  
de la densité au repos d'*An. gambiae* s.l.

	Diomandou Wallo		Diomando Dieri		Toulde Galle	
	TAH	DRI	TAH	DRI	TAH	DRI
Juin 1990	0,5	-	0	-	0	-
Juil. 90-Nov. 90	32,6	12,9	19,1	8,8	2,3	4,1
Dec. 90-Juin 91	9,7	14	1,1	1,7	0,7	0,1
Juil. 91-Nov 91	6,23	12	0,7	5,4	0,2	0,9
Juil. 92-Nov 92	5,7	3,9	2,5	-	-	-
Août 94 & Sept 94	-	24,1	-	-	-	-

TAH : Taux d'agressivité pour l'homme exprimé en nombre de piqûres/homme/huit.  
DRI : Densité au repos dans les habitations exprimée en nombre de femelles/case.

dant la majeure partie de l'année, la quasi totalité des gens dorment dehors, éventuellement sous moustiquaire. Les cases ne sont donc pas ou sont peu utilisées pour dormir.

Par ailleurs, la végétation steppique est extrêmement maigre sauf pendant la courte période de la saison des pluies (août et septembre). Dans ces conditions, les anophèles sont exophages puisque c'est à l'extérieur des cases que se trouvent leurs hôtes, homme ou bétail. Mais les seuls lieux de repos pour la digestion de leurs repas sanguins, dans l'environnement dénudé sont les cases. On y trouve non seulement des spécimens ayant piqué l'homme mais aussi ceux qui se sont nourris aux dépens des animaux domestiques (tabl. IV). L'anthropophilie des femelles d'*An. gambiae* s.l. est plus marquée dans le village de cultures pluviales que dans ceux du périmètre irrigué malgré une abondance du bétail et un usage de moustiquaires comparables. De même, elle augmente lorsque la taille des populations anophéliennes diminue de 1990 à 1991.

L'indice de stabilité du paludisme est faible à Diomandou et plus élevé à Toulde Galle. Il s'élève en 1990 à 1,1 à Diomandou Walo, 1,3 à Diomandou Dieri et 3,4 à Toulde Galle. En 1991, il est respectivement de 1,7 et 1,8 à Diomandou Walo et Diomandou Dieri. En 1991 à Toulde Galle et 1992 à Diomandou Dieri, les faibles effectifs enregistrés n'ont pas permis d'estimer l'indice de stabilité.

Tableau IV  
Variation de l'indice d'anthropophilie (IA)  
des femelles d'*An. gambiae* s.l.

	Diomandou Wallo			Diomando Dieri			Toulde Galle		
	Testés	Homme	IA	Testés	Homme	IA	Testés	Homme	IA
Août 90	69	19	0,27	78	35	0,45	18	12	0,67
Sept. 90	41	14	0,34	16	8	0,5	43	33	0,77
Oct. 90	15	1	0,07	-	-	-	-	-	-
Nov. 90	8	5	0,62	-	-	-	-	-	-
Total 1990	133	39	0,29	94	43	0,46	61	45	0,74
Fevr. 91	27	23	0,85	-	-	-	-	-	-
Juin 91	41	17	0,41	14	8	0,57	-	-	-
Sept 91	29	27	0,93	44	34	0,77	3	3	1,00
Oct. 91	19	3	0,15	13	10	0,77	9	7	0,78
Nov. 91	-	-	-	15	6	0,4	-	-	-
Total 1991	116	70	0,6	86	58	0,67	12	10	0,83
Juin 92	8	7	0,87	-	-	-	-	-	-
Sept. 92	11	2	0,18	-	-	-	-	-	-
Nov. 92	48	26	0,54	-	-	-	-	-	-
Total 1992	67	35	0,52	-	-	-	-	-	-
Août 94	70	12	0,17	-	-	-	-	-	-

Testés : Nombre de repas testés.

Homme : Nombre de repas pris sur homme.

L'endophilie, phénomène secondaire puisque les anophèles se nourrissent à l'extérieur, a été plus forte en 1991 qu'en 1990. Ceci peut être lié aux facteurs climatiques comme la pluviométrie, plus élevée en 1990 entraînant un développement plus important de la végétation fournissant des lieux de repos extérieurs aux anophèles.

### *Taux d'inoculation entomologique*

L'indice sporozoïtique est très bas dans la zone, deux femelles d'*An. gambiae* s.l. ont été trouvées infectées parmi 4 061 femelles disséquées de 1990 à 1992 (2 121 femelles capturées sur homme et 1 940 femelles récoltées dans la faune résiduelle). Ces deux femelles

ont été récoltées à Diomandou Walo, en août 1991 (captures sur homme) et en septembre 1992 (faune résiduelle). Ceci ne permet pas d'établir le taux d'inoculation mais d'estimer qu'il se situe entre 0 et 6 piqûres infectantes/homme/an. Ces valeurs sont proches de celles avancées par VERCRUYSE (1985) qui établissait une fourchette de 0,8 à 6,4 piqûres infectées/homme/an (tabl. v). En août 1989, CARRARA (1990) a observé une femelle positive (ELISA/CSP) parmi 69 femelles testées à Diomandou.

Tableau v  
Variation des indicateurs entomologiques  
de la transmission de juillet 1990 à juin 1991

	Avant	Après les aménagements	
	les aménagements	hydroagricoles	
	Aere Lao et Boke Djallobe	Diomandou Walo (Zone rizicole)	Toulde Galle (Culture pluviale)
<i>Vecteurs</i>			
<i>An. gambiae s.l.</i>	61 – 87%	28 – 60%	
<i>An. arabiensis</i>	13 – 39%	40 – 72%	
<i>Agressivité</i>			
Juil.-Nov.	3,6 - 30 PHN	0,25 - 73,1 PHN	0 – 13 PHN
Déc.-juin	0 - 2,2 PHN (1)	3,5 – 17,62 PHN	0 PHN
Taux annuel cumulé	200 – 1 600 PH	2 800 – 8 100 PH	160 – 560 PH
<i>Autres indicateurs</i>			
Indice sporozoïtique	0,004	0 – 0,002	0
Taux annuel d'inoculation	0,80 - 6,4 PIH	0 – 6 PIH	0 PIH
Indice d'anthropophilie	0,45 - 0,63	0,28 – 0,60	0,74 – 0,83
Taux de survie	0,92	0,85 – 0,90	0,74 – 0,90
Indice de stabilité	2,76 – 3,84	1,3 – 1,7	3,4

(1) : Nulle de janvier à juin.

PHN : Nombre de piqûres/homme/nuit.

PIH : Nombre de piqûres infectantes/homme/nuit.

PH : Nombre de piqûre/homme/an

Dans le hameau de Diomandou Walo, nous avons observé en août 1994, 3 femelles positives (ELISA/CSP) parmi 266 femelles testées mais nous n'avons pas observé d'infection en septembre 1994 sur 234 femelles testées.

La présence d'animaux et l'utilisation de moustiquaires n'expliquent pas totalement cette faible transmission (FAYE *et al.*, 1993a) puisque 30 à 60% des femelles d'*An. gambiae s.l.* se nourrissent néanmoins sur homme.

## Données parasito-cliniques

Les premières études sur l'endémicité palustre dans la vallée du fleuve en 1973 (MONJOUR *et al.*, 1982), basées sur la sérologie étaient peu informatives. Les sondages effectués en 1982-1983 faisaient ressortir une prévalence parasitaire de 15%, stable tout au long de l'année (PARENT *et al.*, 1987).

Des indices plasmodiques de 17 à 26% étaient enregistrés dans des villages proches de la zone d'étude en 1989 (CARRARA, 1990). En 1990 et 1991, les indices plasmodiques étaient plus faibles, de 0 et 16% (DIALLO *et al.*, 1991; FAYE *et al.*, 1993b). *Plasmodium falciparum* prédomine, associé à *P. malariae* et/ou *P. ovale*, mais ces deux derniers sont absents ou rares dans de nombreuses localités.

Dans les villages de la zone du périmètre de Diomandou, 8% (46/571) des sujets présentant des signes évocateurs d'accès palustre étaient infectés et sur la base des charges parasitaires (densité parasitaire supérieure ou égale à 5 000 parasites/mm<sup>3</sup> de sang), le paludisme représentait 3,5% (20/571) des motifs de consultation en 1990 et 1991. Il a représenté à Diomandou, 2% des motifs de consultation en 1990 et 12% en 1991 et, respectivement 0 et 2% à Toule Galle. Il s'agit d'un paludisme à *P. falciparum* qui constitue 96% des infections et qui touche toutes les classes d'âge.

## Conclusion

Dans les zones étudiées de la vallée du fleuve Sénégal, l'irrigation n'a pas entraîné une augmentation de la transmission et de l'incidence du paludisme. Elle a favorisé une augmentation de la densité

des populations vectorielles mais d'autres facteurs limitent la transmission : usage généralisé de moustiquaires, importance de la zoonophilie des vecteurs et de la consommation de chloroquine.

La dynamique de la transmission du paludisme dans les zones d'aménagements hydro-agricoles de la vallée du fleuve Sénégal doit cependant être bien surveillée. La situation peut toujours évoluer suite à des changements de comportements des habitants ou des populations vectorielles.

Actuellement, l'imprégnation par un insecticide efficace des moustiquaires pourraient réduire considérablement l'incidence de l'endémie, une bonne prise en charge des cas présomptifs ou confirmés diminuerait considérablement les conséquences d'une morbidité palustre déjà faible.

La tendance à l'endophilie de vecteurs exophages est un comportement favorable dans le cadre d'une lutte antivectorielle par asper-sion intra-domiciliaire d'insecticide à effet rémanent.

## Bibliographie

CARRARA (G.), 1990 —  
*Programme d'appui  
au développement de la région  
de Podor*. Rapp. mission, Projet FED  
Dakar, Volet santé : 13 p.

DIALLO (S.), NDIR (O.), GAYE (O.),  
FAYE (O.), DIAW (O.T.),  
BETTS (B.B.), 1991 —  
*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, Dakar : 27 p.

FAYE (O.), DIAGNE (M.), NDIONGUE (S.),  
SY (M.), DIACK (P.A.), 1992 —  
*Le paludisme dans la zone  
du périmètre irrigué de Diomandou,*

*Podor, Sénégal : Résultats  
des enquêtes effectuées  
de juin 1990 à novembre 1991*.  
Doc. Orstom Dakar,  
n° Orstom/ES/DK/57.92 : 23 p.

FAYE (O.), FONTENILLE (D.),  
HERVÉ (J.P.), DIACK (P.A.), DIALLO (S.),  
MOUCHET (J.), 1993 —  
Le paludisme en zone sahélienne  
du Sénégal. 1. Données  
entomologiques sur la transmission.  
*Ann. Soc. belge Méd. trop.*,  
73 : 21-30.

FAYE (O.), GAYE (O.), HERVÉ (J.P.),  
DIACK (P.A.), DIALLO (S.), 1993 —  
Le paludisme en zone sahélienne  
du Sénégal. 2. Indices parasitaires.  
*Ann. Soc. belge Méd. trop.*,  
73 : 31-36.

MONJOUR (L.), RICHARD LENOBLE (D.),  
SIDATT (M.), DRUILHE (P.),  
MOGAHED (A.), GENTILINI (M.), 1982 —  
Répartition géographique  
du paludisme dans la vallée du  
fleuve Sénégal : enquête en milieu  
scolaire. (Evaluation séro-épidémiolo-  
gique, année 1973). *Bull. Soc. Path.  
exot.*, 75 : 491-496.

PARENT (G.), VERCRUYSSÉ (J.),  
GAZIN (P.), ROFFI (J.), SLAVOV (R.),  
BLANCHOT (M.), 1987 —  
Paludisme, anémie et état nutrition-  
nel : étude longitudinale  
et interaction en zone sahélienne

(Sénégal). *Bull. Soc. Path. exot.*,  
80 : 546-560.

PETRARCA (V.), VERCRUYSSÉ (J.),  
COLUZZI (M.) 1987 —  
Observations on the *Anopheles  
gambiae* complex in the Senegal  
river basin, West Africa, *Med. Veter.  
Ent.*, 1 : 303-312.

VERCRUYSSÉ (J.) 1985 —  
Etude entomologique sur  
la transmission du paludisme humain  
dans le bassin du fleuve Sénégal  
(Sénégal). *Ann. Soc. belge Méd.  
trop.*, 65 (Suppl. 2) : 171-179.