

Étude entomologique sur la transmission du paludisme humain dans la zone urbaine de Pikine (Sénégal)

Jozef VERCRUYSSÉ (1)

Michel JANCLOES (2)

Résumé

Une enquête longitudinale a porté pendant 15 mois, sur les aspects entomologiques de la transmission du paludisme humain à Pikine, ville située dans une zone soudano-sahélienne dans la presqu'île du Cap Vert (ouest du Sénégal).

La faune anophélienne a été estimée à partir des femelles agressives de nuit, sur appâts humains. Le vecteur unique est *Anopheles arabiensis* (94 % des captures). La faible densité d'*A. pharoensis* (4 %) et *A. ziemanni* (2 %) rend négligeable leur rôle dans la transmission de *Plasmodium*. L'agressivité exprimée en nombre de piqûres par homme et par nuit (PHN) d'*A. arabiensis* évolue de façon saisonnière, avec une explosion en septembre (PHN = 140) et un minimum en mars (PHN = 1). La reprise de l'agressivité six semaines avant les premières pluies est expliquée par la hausse de température.

L'âge physiologique (la moyenne est 56 % de femelles paires pour un effectif de 5 220) et l'indice sporozoïtique (la moyenne est 0,55 % pour un effectif de 5 658) ont également montré des variations saisonnières.

Dans la transmission du paludisme, ce n'est pas l'agressivité (PHN) ou le nombre de moustiques (*m*) qui prédomine, mais surtout l'indice sporozoïtique (*S*) et le taux de survie après *n* jours (*pⁿ*). Le taux d'inoculation entomologique par an est élevé (43) par suite d'une importante anthropophilie d'*A. arabiensis* (99 %).

La transmission du paludisme dans ce milieu urbain est instable (indice 2,5) se concentrant sur 6 mois. Quant à la capacité vectorielle, elle fluctue de 35,9 en octobre et 0,023 en avril. Ces informations doivent pouvoir éclairer la compréhension des effets du paludisme sur la morbidité humaine.

Mots-clés : Paludisme — *Anopheles arabiensis* — Dynamique de la transmission — Sénégal.

Summary

ENTOMOLOGICAL STUDY ON THE TRANSMISSION OF HUMAN MALARIA IN THE URBAN AREA OF PIKINE — SENEGAL

A 15 months longitudinal survey dealt with entomological aspects of human malaria transmission in Pikine, town located in a soudanian savannah's zone on the Cap Vert peninsula (West of Senegal).

The anopheline population was sampled twice weekly inside human houses by night human bait captures (HBN).

Anopheles arabiensis was the only species responsible for malaria transmission. The low density of *A. pharoensis* (4 %) and *A. ziemanni* (2 %) make their role in the transmission of malaria negligible. A seasonal fluctuation of the *A. arabiensis* aggressivity was evaluated with an explosion in September (HBN = 104) and

(1) École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires, B.P. 5077, Dakar, Sénégal.

(2) Projet de Santé de Base Pikine, B.P. 10015, Dakar, Sénégal.

a minimum in March ($HBN = 1$). The increase in aggressivity 6 weeks before the first rains is probably due to an increase in temperature.

The number of parous females (average of 56 % on 5 220 dissected females) and the sporozoite rate (average of 0,55 % on 5 658 salivary glands) shown also seasonal fluctuation.

In the transmission of malaria, it is not the aggressivity or the numbers of mosquitoes that are the most important parameter but the sporozoite rate and the survival rate after n days.

The transmission of malaria in this urban area is instable (index 2,5) with a high daily risk of transmission between September and February. For the region the entomological inoculation rate of 43 infected bites a year is high, partly due to the high anthropophilic index of *A. arabiensis* (99 %).

The vectorial capacity fluctuated from 35,9 in October to 0,023 in April with an average of 2,8.

This informations constitute obvious tools for better understanding the epidemiology of human malaria transmission in the city of Pikine.

Key words : Malaria — *Anopheles arabiensis* — Transmission dynamics — Senegal.

Le paludisme à *Plasmodium falciparum* sévit sous la forme endémique dans la majeure partie de la région tropicale d'Afrique où 291 millions de personnes sont atteintes (OMS, 1979). Les diverses situations écologiques conditionnent la transmission du paludisme. L'épidémiologie varie suivant les grandes zones phyto-géographiques. Dans le sahel occidental, la maladie est transmise surtout en saison des pluies ou début de la saison sèche, période la plus favorable à la prolifération des vecteurs : *Anopheles arabiensis* et *A. funestus*. L'indice sporozoïtique de ces moustiques reste généralement bas, au-dessous de 1 %. Pendant la saison sèche, la transmission est plus rare, et localisée. Dans ces conditions, le paludisme s'établit de façon instable, entre l'hypo et la méso-endémie. Lorsque la densité anophélienne augmente à la saison des pluies, les *Plasmodiums* touchent une population humaine qui, probablement, a perdu une grande partie de son immunité « résiduelle ». Dans ces conditions, le paludisme épisodique prend des allures épidémiques avec un tableau clinique sévère et frappant toutes les classes d'âge (Carnevale *et al.*, 1980). Parmi les enquêtes entomologiques menées dans les zones sèches d'Afrique occidentale, il faut citer celles qui concernent le nord de la Haute-Volta (Hamon *et al.*, 1965), l'ouest du Sénégal (Escudé *et al.*, 1961 ; Michel, 1967 ; Rey *et al.*, 1968 ; Diallo *et al.*, 1978), l'est de l'Éthiopie (Krafsur, 1977 ; Krafsur *et al.*, 1978). Ces études ont été faites en milieu rural mais rares sont les données épidémiologiques d'une zone urbanisée.

Il paraît donc intéressant de réenvisager les problèmes épidémiologiques du paludisme humain dans un milieu urbain (Pikine), situé dans une zone soudano-sahélienne (ouest du Sénégal). Dans

ce travail on a particulièrement traité l'aspect épidémiologique du cycle extrinsèque. Il sera ultérieurement complété par une étude intégrant ces informations dans la dynamique du cycle intrinsèque du paludisme et ses effets sur la morbidité humaine.

1. DESCRIPTION DE LA ZONE ÉTUDIÉE

1.1. Présentation de Pikine

Pikine, faubourg à 15 km au nord-est de Dakar (Sénégal) dans la presqu'île du Cap Vert (fig. 1) a connu une explosion démographique qui a fait passer la population de 30 000 habitants en 1959 à près de 450 000 aujourd'hui. À côté de la disposition classique en « damier » des quartiers de « déguerpissement », des zones de peuplement illégal se sont récemment développées de façon anarchique, au milieu de dunes. L'habitat est le plus souvent en matériau durable, mais de type précaire. La distribution d'eau et d'électricité est assurée, sauf dans les quartiers irréguliers.

Les principales ethnies sont les Wolofs (55 %), les Toucouleurs (11 %), les Maures (8,5 %), les Sérères (7 %) et divers (18,5 %) (Seck, 1968).

1.2. Géographie physique-climat

La presqu'île du Cap Vert appartient à la zone soudano-sahélienne (littoral Atlantique). Le terrain est sablonneux, et sans eau de surface en permanence. À la saison des pluies, il se forme des

ÉTUDE ENTOMOLOGIQUE SUR LA TRANSMISSION DU PALUDISME HUMAIN

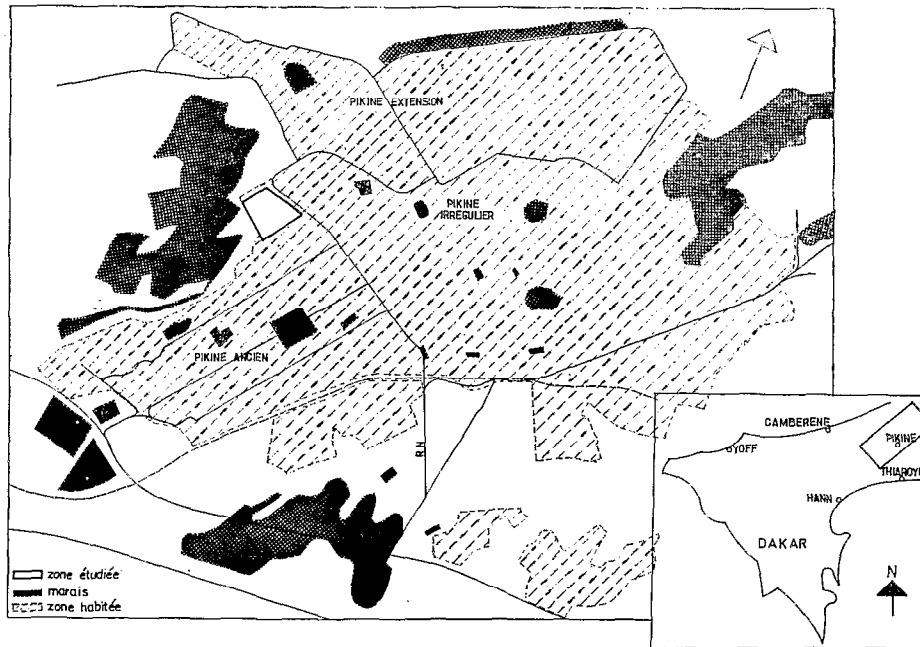


Fig. 1. — Plan de Pikine.

TABLEAU I

Variation des paramètres climatiques

Mois	Précipitations en mm	Nombre de jours de pluie	Température journalière de l'air			humidité relative moyenne en%
			min.	max.	moyenne	
Octobre (1979)	1,7	1	25,3	31,3	27,7	76,7
Novembre	0		23,0	29,6	25,9	73
Décembre	0		19,7	30,3	24,6	56,8
Janvier (1980)	0		17,9	25,5	20,3	77,6
Février	2,4	1	16,6	25,8	20,2	70,0
Mars	0		16,8	24,1	20,1	78,5
Avril	0		18,3	25,6	21,5	79,3
Mai	0		18,8	25,5	21,7	81,0
Juin	0		21,0	27,9	24,4	79,4
Juillet	25,4	1	23,2	29,6	25,8	77,6
Août	128,2	8	24,0	30,2	26,9	79,5
Septembre	246,2	14	23,4	31,4	27,4	81
Octobre	13	1	23,1	30,4	27,3	78,9
Novembre	0		22,2	28,6	25,0	77,8
Décembre	0		22,7	26,7	22,8	60,2

marécages autour et dans la ville, qui disparaissent plus ou moins complètement vers la fin de la saison sèche. La nappe phréatique est à une profondeur de 2 à 6 m. Toute l'année, la population puise l'eau pour arroser ses jardins dans des puits non cimentés, creusés dans le sable. On estime à une centaine le nombre de ces puits à Pikine.

Nos données sur le climat de Pikine proviennent des relevés effectués par le Centre de Développement de l'Horticulture à Cambéréne, station située à environ 4 km à l'ouest de la zone prospectée, dans la même dépression interdunaire.

Les paramètres climatiques mensuels suivants ont été enregistrés : températures minima et maxima, température moyenne, précipitation, humidité relative, orientation et vitesse du vent. (tabl. I)

La température est assez stable tout au long de l'année, avec des variations quotidiennes assez faibles ; toutefois on peut distinguer une saison plus chaude de juin à novembre (moyenne 26,3°C) et une moins chaude de décembre à mai (moyenne 21,4°C). Le régime bisaisonnier est aussi marqué pour les précipitations, avec 4 mois pluvieux de juillet à octobre, le reste de l'année étant la saison sèche. Les pluies sont très variables d'une année à l'autre et il semble que la pluviosité aille en diminuant. Pour 1980, les précipitations totales étaient de 415 mm. L'humidité relative est toujours élevée, liée à la situation maritime. La valeur moyenne annuelle est de 72 %, et stable pendant toute l'année. Les valeurs minimales d'humidité relative de 56,8 % et 60,2 %, observées en décembre 1979 et 1980, sont dues à une fréquence minimale des vents venant de l'océan.

En 1980, le vent prédominant de janvier à mai a été du N et NE, du NO entre juin et octobre et entre novembre et décembre du secteur NE. D'une manière générale, on constate que la vitesse diurne est supérieure à la vitesse nocturne. Les vitesses moyennes annuelles sont de 2,0 à 2,3 m/sec pendant le jour et 1,4 à 1,5 m/sec pendant la nuit. On qualifie le climat du Cap Vert comme subcanarien (Moral, 1966), il rappelle aussi le climat californien (de Lauture *et al.*, 1980).

1.3. Endémisme paludéen

Le paludisme sévit sous la forme d'épidémie saisonnière dans cette zone d'hypo-endémie (indice splénique chez les enfants de 2 à 9 ans, inférieur à 10 %). L'espèce plasmodiale parasite de l'homme est le *Plasmodium falciparum*. Il est responsable, outre des accès paludéens classiques, d'accès per-

nicieux et de formes viscérales évolutives touchant adultes et enfants. Le paludisme saisonnier à *Plasmodium falciparum* est surtout fréquent en fin de saison des pluies, période active de transmission, comme peuvent en témoigner les taux de parasitémie avec des taux plasmodiques, en novembre 1980, de 12,14 % et un indice gamétocytaire de 3,64 %. En août 1980, au début de saison des pluies, l'indice plasmodique était 1,73 % et l'indice gamétocytaire 0,43 %.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

La collecte des données a été longitudinale durant 15 mois et les effectifs de la population anophélienne étudiée ont été suffisamment grands, permettant de comparer régulièrement les différents paramètres.

Durant toute l'étude, on a évité d'introduire des modifications des facteurs épidémiologiques. On a utilisé dans la plupart des cas les méthodes décrites dans « Guide d'Entomologie, appliquées à la lutte antipaludique dans la région Africaine de l'O.M.S. » (Gillies *et al.*, 1961).

2.1. Capture de nuit des anophèles

Un très grand nombre de techniques sont actuellement disponibles pour récolter les anophèles mais le but de la présente étude est d'analyser la fraction de la population anophélienne en contact avec l'homme.

La méthode classique fut utilisée pour la capture de nuit des moustiques femelles venant se gorgier sur les jambes des hommes installés dans les maisons, spécialement dans les chambres à coucher.

Les captures ont eu lieu dans une trentaine de maisons, situées dans un quartier (0,2 km²) de Pikine (fig. 1). Les critères qui ont déterminé le choix de ce quartier est la proximité des marécages, la coopération des habitants pour mettre leur maison à la disposition des chasseurs de moustiques ainsi que la collaboration des infirmiers.

Nous nous sommes spécialement intéressés à l'agressivité à l'intérieur des habitations puisque *A. gambiae s.l.* pique tard dans la nuit à une heure où les habitants dorment.

Les captures ont eu lieu deux fois par semaine, et au cours des 15 mois d'enquête 118 séances de

captures ont pu être conduites, sans compter la période de trois mois d'entraînement préalable.

Chaque capture a été faite dans 3 maisons, où séjournait toute la nuit un homme-appât, soit un total de 3 hommes-nuit. Six hommes-appâts ont été employés pour chaque capture, une équipe travaillant de 20 heures à 01 heure, et une deuxième de 01 heure jusqu'à 6 heures.

Il y avait un intervalle minimum de deux semaines entre chaque capture dans la même maison.

Pour diminuer les causes de variations, les équipes de travail ont été les mêmes lors de toute l'étude.

Les maisons prospectées sont en matériau durable, couvertes de tôles. L'utilisation d'insecticides (Fly tox, Baygon, etc...) est répandue, une enquête dans le quartier a démontré que dans 130 maisons, 78 (60 %) utilisaient des insecticides.

2.2. Détermination des différentes espèces du complexe *A. gambiae*

Afin d'établir l'espèce du complexe *Anopheles gambiae* en cause, des investigations cytotaxonomiques ont été faites. Elles portent sur l'examen après coloration des chromosomes polytènes des glandes salivaires des larves et des cellules nourricières des follicules ovariens.

Les chromosomes polytènes des glandes salivaires des larves, début stade IV, sont colorés par l'orcéine acéto-lactique (2 %), après fixation dans une solution acétique à 1 %. La coloration effectuée, les chromosomes sont examinés au microscope à contraste de phase.

L'examen des chromosomes polytènes des cellules nourricières des follicules ovariens a été fait par Coluzzi.

2.3. Dissection des femelles récoltées sur appât humain

La recherche des sporozoïtes dans les glandes salivaires et la détermination de l'âge physiologique a été faite le jour même de la capture. L'examen des sporozoïtes a été fait à l'état frais dans une goutte d'eau physiologique au microscope à contraste de phase.

Pour la détermination de l'âge physiologique, la méthode de Detinova (1963) a été employée lorsque les ovaires n'avaient pas dépassé le stade II âgé selon Christophers, ce qui était la majorité des cas (96 %) (Hamon *et al.*, 1961).

Lorsque les ovaires étaient au stade III ou IV selon Christophers, la méthode de Palovodova simplifiée par Lewis (1958) fut utilisée.

2.4. Récolte après pulvérisation de pyrèthre

Les anophèles récoltés ont été identifiés, les femelles classées en fonction de leur état physiologique (à jeun, gorgées, semi-gravides, sub-gravides et gravides) pour avoir des renseignements sur leur comportement.

La détermination du sang ingéré par les femelles gorgées fut exécutée par l'Imperial College ⁽¹⁾.

3. RÉSULTATS

3.1. La faune anophélienne

Nous avons récolté les espèces suivantes lors des captures sur appât humain : *A. gambiae* Giles *s.l.* ; *A. pharoensis*, Theobald ; *A. ziemanni* Grünbers et un individu d'*A. funestus*, Giles (tabl. II).

A. gambiae s.l. : cet anophèle était le plus abondant pendant les 15 mois (94 % des captures). Indiscutablement c'est l'espèce qui est le vecteur du paludisme humain à Pikine. Quelques formes claires ont été observées.

A. pharoensis : représente 4 % des captures. L'espèce est absente entre mars et août. Son rôle est minime en Afrique inter-tropicale (Gillies *et al.*, 1968).

A. ziemanni n'a été capturé que rarement (2 % des captures). Il était absent entre avril et septembre. Dans l'épidémiologie du paludisme, il ne joue aucun rôle important (Gillies *et al.*, 1968).

Un seul exemplaire d'*A. funestus*, en décembre 79, a été capturé et cette espèce ne semble avoir aucune importance dans la transmission du paludisme à Pikine.

(1) Nous remercions le Dr Killick-Kendrick, de l'Imperial College, Field Station, Silwood Park, Sunninghill, Ascot, Grande-Bretagne, pour ces déterminations.

TABLEAU II

Espèces d'anophèles dans les habitations lors des captures de nuit

Mois	<i>A. arabiensis</i>		<i>A. pharoensis</i>		<i>A. ziemanni</i>	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Octobre (1979)	595	98	6	1	5	1
Novembre	389	88	29	7	23	5
Décembre	531	87	50	8	32	5
Janvier (1980)	434	90	36	8	11	2
Février	255	92	18	7	3	1
Mars	27	96	0	0	1	4
Avril	49	100	0	0	0	0
Mai	65	100	0	0	0	0
Juin	97	100	0	0	0	0
Juillet	208	100	0	0	0	0
Août	462	100	0	0	0	0
Septembre	1 149	99	4	1	0	0
Octobre	847	98	20	2	1	0
Novembre	720	87	103	12	9	11
Décembre	453	61	246	33	49	7
TOTAL	6 281	91	512	7	134	2

3.2. Investigations cytotaxonomiques

En total, 92 femelles et 36 larves d'*Anopheles gambiae* s.l. ont fait l'objet d'une étude chromosomique.

Coluzzi (com. pers.) a identifié 91 femelles comme *A. arabiensis* et une comme *A. melas*. L'étude chromosomique des *A. arabiensis* montre une constitution chromosomique caractérisée par une fréquence très élevée des arrangements 2 Ra (de 0,87 à 0,94) et 2 Rb (0,99). Le polymorphisme 2 Ra a montré au Nigéria une relation avec le degré d'endophilie (Coluzzi *et al.*, 1979). Les 36 larves sont identifiées également comme étant *A. arabiensis*.

Suite à ces identifications, il faut considérer qu'à Pikine, l'espèce anophélienne vectrice est *A. arabiensis* Patton, et ce nom sera désormais utilisé.

La présence de *A. melas* devrait être étudiée plus en détail. Les nappes d'eau à Pikine ne contiennent pas d'eau saumâtre mais, dans les environs directs (à 14 km), on retrouve des mares salées. Tenant compte de la tendance zoophile et exophile de *A. melas*, on peut considérer que cette espèce ne joue pas de rôle spécial dans la transmission du paludisme à Pikine.

3.3. Taux d'agressivité lors des captures de nuit

Le nombre moyen de piqûres d'anophèles par homme et par nuit (PHN) lors des 15 mois est résumé dans le tableau III pour chaque espèce. L'analyse de leur variation saisonnière au cours des 15 mois d'enquête a porté sur la prévalence des différentes espèces.

C'est surtout *A. arabiensis* qui attaque régulièrement l'homme. L'agressivité moyenne obtenue après les 118 séances de captures de nuit sur sujets humains (327 nuits/homme) a été de 19,6 PHN.

Les densités mensuelles (PHNm) ont varié de 1 en mars 80 à 104,5 en septembre 80. Il y a donc une forte variation saisonnière de l'agressivité vectorielle. La densité d'*A. arabiensis* augmente très tôt pendant la saison des pluies. La première augmentation nette du taux d'agressivité a été observée en début août, c'est-à-dire 9 jours après la première pluie, pour atteindre le taux le plus élevé en septembre (104,5 PHN). Dès octobre et novembre, il diminue (30 PHN) pour atteindre un minimum en mars (1 PHN).

Le nombre de piqûres par homme et par nuit varie d'un jour à l'autre dans le même mois : par exemple le PHN au 22 septembre est 150, le PHN au 24 septembre est 13. La cause semble être la

TABLEAU III
Taux d'agressivité moyenne par espèce anophélienne

Mois	Nombre de nuits/homme*	<i>A. arabiensis</i>	<i>A. pharoensis</i>	<i>A. ziemanni</i>
Octobre (1979)	14	42,5	0,42	0,36
Novembre	17	22,9	1,7	1,3
Décembre	21	25,3	2,4	1,5
Janvier (1980)	27	16,1	1,3	0,41
Février	24	10,6	0,75	0,1
Mars	27	1	0	0,03
Avril	27	1,8	0	0
Mai	24	2,7	0	0
Juin	27	3,6	0	0
Juillet	27	7,7	0	0
Août	18	25,7	0	0
Septembre	11	104,5	0,36	0
Octobre	21	40,3	0,95	0,05
Novembre	24	30	4,3	0,37
Décembre	18	25,2	13,7	2,7

* Ce chiffre correspond au nombre de nuits d'un appât-homme travaillant par mois.

vitesse et l'orientation du vent, la pluie n'intervenant pas directement sur la fréquence journalière des anophèles. Lors de la même nuit, il n'y avait pas de variations considérables entre les trois maisons prospectées.

Les deux autres espèces : *A. pharoensis* et *A. ziemanni* ont également montré des variations saisonnières avec un maximum en décembre (PHN respectives sont 13,7 et 2,7). Le faible nombre

explique le rôle très limité dans la transmission du paludisme.

3.4. Variations de l'âge physiologique de la population agressive pour l'homme

La fréquence des femelles pares a été étudiée chez 5 220 exemplaires d'*A. arabiensis* (tabl. IV),

TABLEAU IV
Age physiologique des femelles d'*A. arabiensis* récoltées lors des captures de nuit sur appât humain

Mois	Nombre de femelles		Pourcentage
	Total	Pares	
Octobre (1979)	518	352	68
Novembre	389	251	65
Décembre	584	336	58
Janvier (1980)	386	228	59
Février	232	143	62
Mars	23	15	65
Avril	44	21	48
Mai	57	37	65
Juin	93	69	74
Juillet	191	126	66
Août	402	206	51
Septembre	595	239	40
Octobre	690	362	52
Novembre	610	325	53
Décembre	406	194	48
TOTAL	5 220	2 904	56

les autres espèces étant en nombre insuffisant pour permettre une telle évaluation.

Les proportions de femelles nullipares et pares ont très fortement varié d'une capture à l'autre, par exemple les 2 et 4 septembre, les taux de femelles pares, évalués respectivement sur 101 et 83 dissections, sont de 36 % et 72 %.

De telles variations sont probablement dues à la direction du vent par rapport aux gîtes. Néanmoins quelques particularités peuvent être observées. On constate d'une part un maximum (60 %) de femelles nullipares en septembre dû à la présence des gîtes temporaires, provoqués par les pluies récentes. D'autre part, il y a un maximum de femelles pares en saison sèche avec un pic en juin (74 %). Ce taux traduit le vieillissement de la population, associé à la disparition des gîtes temporaires.

Pour l'ensemble de l'enquête, le pourcentage du nombre de femelles pares est 56 %.

3.5. Indices sporozoïtiques

Les indices sporozoïtiques observés au cours des 15 mois sont résumés dans le tableau V. La présence de sporozoïtes dans les glandes salivaires a été observée 31 fois sur 5 658 *A. arabiensis* disséqués. L'indice moyen est 0,55 % (pour un degré de

probabilité de 95 %, l'intervalle de confiance est 0,37 à 0,80).

Chez *A. arabiensis* une variation saisonnière est observée. L'indice sporozoïtique qui est zéro entre février et septembre, sauf pour le mois de juin, augmente en fin de saison de pluies et en début de saison sèche pour atteindre une moyenne de 0,8 % en octobre, novembre et décembre.

Les 239 dissections de *A. pharoensis* et 78 dissections d'*A. ziemanni* furent toujours négatives.

3.6. Préférences trophiques

La source des repas de sang a été déterminée, pour les *A. arabiensis* capturés au pyrèthre le matin dans les habitations, par la réaction des précipitines. Sur 150 *A. arabiensis*, 149 se sont nourris sur l'homme et un seul, sur un bovidé. Malheureusement, nous n'avons pas déterminé la source des repas lors des collectes faites dans les abris en plein air.

3.7. Cycle d'agressivité

Comme dans la majeure partie des régions d'Afrique, *A. arabiensis* attaque surtout au cours de la seconde moitié de la nuit avec une pointe

TABLEAU V

Indices sporozoïtiques observés chez *A. arabiensis*

Mois	Nombre de dissections salivaires		Indice sporozoïtique %
	Total	Positif	
Octobre (1979)	371	5	1,35
Novembre	336	3	0,89
Décembre	526	6	1,14
Janvier (1980)	431	3	0,69
Février	259	1	0,39
Mars	27	0	0
Avril	48	0	0
Mai	64	0	0
Juin	97	1	1,03
Juillet	201	0	0
Août	432	0	0
Septembre	920	1	0,11
Octobre	803	4	0,50
Novembre	690	3	0,43
Décembre	453	4	0,88
TOTAL	5 658	31	0,55

d'activité entre 0 et 4 heures. Les attaques avant minuit, ne constituent que 14 % des captures totales de la nuit (tabl. VI).

TABEAU VI

Cycle d'agressivité des femelles d'*A. arabiensis*

Tranche horaire	<i>A. arabiensis</i>	
	Nombre	Pourcentage
20-21	9	0,7
21-22	27	2,1
22-23	44	3,5
23-24	97	7,6
0-1	213	16,8
1-2	245	19,3
2-3	209	16,5
3-4	169	13,3
4-5	139	11
5-6	116	9,2
TOTAL	1 268	100

3.8. Comportement de repos

La distribution des femelles d'*A. arabiensis* capturées le matin, en fonction des stades abdominaux modifiés de Sella, a été étudiée chez 295 spécimens. Nous avons exclu 12 femelles à jeun. Les rapports entre femelles gorgées (partiellement, complètement et depuis un certain temps) et les femelles gravides (gravides, semi-gravides et sub-gravides) ont été de 0,61 et 0,39.

Une proportion des femelles gravides quittent donc probablement les maisons avant que leurs œufs ne soient parvenus à maturité de ponte. On peut donc conclure à une exophilie partielle.

3.9. Analyses épidémiologiques

L'analyse du cycle extrinsèque du *P. falciparum* à Pikine a été faite à partir des formules fondamentales (Mac Donald, 1950, 1952, 1953, 1955, 1956 ; Garret-Jones *et al.*, 1969 ; Pull *et al.*, 1974) utilisées dans leurs versions originales. Leur emploi nécessite la connaissance précise d'un certain nombre de paramètres concernant les vecteurs : densité des femelles agressives, longévité, anthropophilie, indice d'infection et durée du cycle extrinsèque.

3.9.1. TAUX D'AGRESSIVITÉ (m a) ET RYTHME QUOTIDIEN DE PIQÛRES SUR HOMME (a)

Le taux d'agressivité est calculé à partir des nombres moyens de piqûres par homme et par nuit PHN = m a (tabl. III). Le m représente le nombre de moustiques par homme et a, la fréquence quotidienne de piqûres qu'effectue une femelle d'anophèle sur homme, ou le produit de la fréquence d'alimentation journalière par l'indice d'anthropophilie (Mac Donald, 1955).

N'ayant pas étudié la fréquence journalière d'alimentation, nous avons adopté la valeur de 0,5 pour la saison des pluies, où la transmission est maximale. L'indice d'anthropophilie est 99 % dans les habitations. Garret-Jones (1964) insiste sur l'importance d'un échantillonnage impartial, et la nécessité d'inclure dans les évaluations les femelles capturées dans les abris extérieurs, faute de quoi on exagère l'importance de l'indice.

Cependant, à Pikine, *A. arabiensis*, malgré ses tendances zoophiles (White, 1974), tend plus à l'anthropophilie que dans d'autres régions à cause de la faible présence d'animaux dans ce milieu urbain (densité de 35 000 habitants par km²). Nous avons assigné à « a » une valeur de 0,45, basée sur ces données de la littérature et les meilleurs ajustements possibles correspondant avec les résultats d'observation.

3.9.2. TAUX QUOTIDIEN DE SURVIE « p »

L'évaluation du taux de survie représente l'une des clés de l'épidémiologie quantitative.

La probabilité quotidienne de survie des femelles d'anophèle peut-être estimée à partir du nombre de femelles nullipares et pares dans la mesure où la durée des cycles gonotrophiques des femelles nullipares et pares ont été précisées.

De nombreux modèles ont été proposés (Mac Donald, 1956 ; Davidson, 1954, 1955 ; Garret-Jones *et al.*, 1969 ; Coz *et al.*, 1961), mais il est certain que des améliorations devront être apportées. La formule de base de Davidson (1954) est retenue.

$$P = \sqrt[x]{\frac{\text{Nr femelles pares}}{\text{Nr fem. disséquées}}}$$

La valeur de l'exposant x oscille entre 2 à 4 pour *A. arabiensis*. La valeur exacte de x dépend notamment de deux facteurs : la phase prégravidé et le cycle gonotrophique. Ces facteurs devront faire

TABLEAU VII

Variations saisonnières des paramètres entomologiques

Mois	$h e = m a s p = \sqrt{Nr \text{ pares } n}$	p^n	$-\log_e p$	$1/-\log_e p$	$\frac{p^n}{-\log_e p}$	$\frac{a}{-\log_e p}$	$cv = \frac{m a^2 p^n}{-\log_e p}$		
Octobre (1979)	0,55	0,879	11	0,242	0,129	7,752	1,876	3,489	35,878
Novembre	0,20	0,864	11	0,200	0,146	6,849	1,370	3,082	14,118
Décembre	0,27	0,882	11	0,132	0,184	5,435	0,717	2,446	7,840
Janvier (1980)	0,11	0,839	20	0,030	0,175	5,714	0,171	2,571	1,239
Février	0,04	0,851	20	0,040	0,161	6,211	0,248	2,795	1,183
Mars	—	0,867	20	0,058	0,143	6,993	0,406	3,146	0,183
Avril	—	0,781	20	0,007	0,247	4,048	0,028	1,822	0,023
Mai	—	0,866	20	0,056	0,144	6,944	0,389	3,125	0,473
Juin	0,036	0,905	11	0,333	0,099	10,101	3,363	4,545	5,448
Juillet	—	0,871	11	0,219	0,138	7,246	1,587	3,260	5,498
Août	—	0,801	11	0,087	0,222	4,504	0,392	2,027	4,533
Septembre	0,10	0,738	11	0,035	0,304	3,289	0,115	1,480	5,387
Octobre	0,20	0,807	11	0,094	0,214	4,673	0,439	2,103	7,961
Novembre	0,12	0,811	11	0,099	0,209	4,785	0,474	2,153	6,399
Décembre	0,23	0,779	11	0,064	0,250	4,000	0,256	1,800	2,903
Moy.	0,11	0,822	14	0,064	0,196	5,202	0,326	2,296	2,817

l'objet d'une étude détaillée dans les conditions locales de Pikine.

Faute de ces données, nous avons pris comme valeur de x une moyenne. La formule s'écrit alors :

$$P = \sqrt[3]{\text{proportion femelles pares}}$$

Pour l'ensemble de l'enquête (tabl. VII), le taux quotidien de survie p a été 0,822 avec un minimum de 0,738 en septembre et un maximum de 0,901 en juin. Les fluctuations du taux de survie montrent une bonne corrélation inverse (valeur $r = 0,62$ pour $p < 0,01$) avec l'agressivité. Les variations en sens inverse de ces deux facteurs traduisent une période de « rééquilibrage » de la population en réponse aux nouvelles conditions écologiques. A partir de janvier jusqu'en juillet, la densité d'anophèles est en décroissance et augmente à partir d'août avec les premières pluies. Elle se rééquilibre à partir d'octobre jusqu'à la fin de l'année. Le taux de survie suit une courbe inverse : il augmente en fin de saison sèche, pour diminuer en août et septembre et ensuite se rééquilibrer.

3.9.3. DURÉE DU CYCLE EXTRINSÈQUE (n)

La valeur de n est calculée d'après la température diurne moyenne, considérée comme constante selon la formule de Moshkovsky (Detinova,

1963). Entre janvier et juin, n est en moyenne 20, le reste de l'année n est en moyenne 11.

3.9.4. ESPÉRANCE DE VIE ($1/ - \log_e p$) ET ESPÉRANCE DE VIE INFECTANTE ($\frac{p^n}{-\log_e p}$)

Les deux paramètres ont présenté des fluctuations mensuelles semblables à celle du taux quotidien de survie (tabl. VII).

En moyenne l'espérance de vie est 5,1 jours et l'espérance de vie infectante 0,33 jour. Ces taux très bas correspondent bien aux indices sporozoïtiques faibles.

A partir de l'analyse des données entomologiques, il est désormais possible de préciser les principaux paramètres intervenant dans les formules fondamentales de transmission du paludisme. Successivement, les variations du taux d'inoculation entomologique (Mac Donald, 1956 ; Pull *et al.*, 1974), de la capacité vectorielle (Garret-Jones *et al.*, 1969) et de l'indice de stabilité (Mac Donald, 1952) seront examinés.

3.9.5. TAUX D'INOCULATION ENTOMOLOGIQUE (h e) OU NOMBRE DE PIQURES INFECTANTES

Le taux d'inoculation entomologique $h e$ est calculé de la manière suivante : Nombre de piqûres/

homme/nuit ($m a$) multiplié par la proportion de femelles avec sporozoïtes (s) ou $h e = m a s$ (Mac Donald). Dans le tableau VII, nous avons essayé de résumer les données sur la transmission du cycle extrinsèque du paludisme à Pikine. Le taux d'inoculation entomologique s'échelonne entre 0 et 0,55/nuit/homme. Du tableau, il ressort que, de mars à août, la transmission est faible, voire inexistante. Ceci résulte de la combinaison des facteurs, densité anophélienne faible et indice sporozoïtique très bas. La transmission se fait donc entre septembre et février avec un risque de contamination journalière de 0,23. Cette valeur a été calculée à partir de l'agressivité moyenne des anophèles pendant la période septembre-février ($PHN = 36$) et la proportion de femelles avec sporozoïtes correspondante ($s = 0,0063$).

Le taux d'inoculation entomologique cumulatif par an est 43 si on considère une transmission réelle pendant 6 mois.

3.9.6. CAPACITÉ VECTORIELLE (c)

La capacité vectorielle est un taux journalier de contact potentiellement infectant entre les personnes par l'intermédiaire du vecteur.

La formule de la capacité vectorielle peut être déduite de la façon suivante : en 1 jour, un individu est piqué par $m a$ vecteur ; une fraction p^n de vecteurs survit à la durée du cycle extrinsèque ; ces vecteurs ont encore une espérance de vie de $1 / - \log_e p$; chaque vecteur survivant pique $m a$ personnes par jour ou :

$$C = \frac{m a^2 p^n}{- \log_e p}$$

Ce facteur correspond à l'indice de propagation du paludisme calculé sur une base quotidienne.

La valeur moyenne est 2,817, autrement dit à partir d'un seul homme infectant, piqué une nuit par 19,2 femelles de la population d'*A. arabiensis*, on pourrait s'attendre à obtenir environ 3 cas d'infections paludéennes si aucun frein ne venait limiter cette expansion.

Les fluctuations sont très accusées de 35,9 en octobre à 0,023 en avril soit un rapport de 1 560.

D'une façon générale, la capacité vectorielle augmente en saison de pluie et diminue en saison sèche, sans atteindre la valeur critique. Rappelons que le paludisme ne se maintient à un niveau endémique que si le taux de reproduction de base est égal à 1, ce qui correspond à $C = 0,0125$ (Mac Donald).

3.9.7. INDICES DE STABILITÉ

Selon Mac Donald, la meilleure façon d'étudier la stabilité du paludisme dans une région, réside dans l'estimation du nombre de piqûres sur homme effectué généralement par un moustique pendant toute sa vie. Cet indice prend en considération 3 facteurs principaux : la longévité ($1 / - \log_e p$), l'anthropophilie et le rythme de piqûre (a).

Il est donc traduit par la formule $a / - \log_e p$ avec pour limite 2,5 valeur au-dessous de laquelle on considère le paludisme comme instable.

L'application de cette formule pour *A. arabiensis* à Pikine (tabl. VII) démontre qu'au cours de l'enquête, l'indice de stabilité a été 2,296. Ce chiffre, inférieur à celui trouvé par Garret-Jones *et al.*, 1969 au Nigéria et Carnevale, 1979 au Congo, indique l'instabilité du paludisme à Pikine.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Le vecteur dominant du paludisme humain à Pikine est *A. arabiensis*. La faible densité d'*A. pharoensis* et *A. zeimanni* rend négligeable leur rôle dans la transmission de *Plasmodium*. La présence d'*A. melas* devrait être étudiée plus en détail, mais sa tendance zoophile et exophile rend peu probable son rôle vectoriel.

La constitution chromosomique des populations d'*A. arabiensis* à Pikine est semblable à celle observée dans les populations de la même espèce au Niger (Coluzzi, *com. pers.*). Les arrangements 2 Ra (0,87 — 0,94) et 2 Rb (0,99) très élevés, confirment la valeur adaptative de ces deux variants chromosomiques dans les zones arides. Le polymorphisme 2 Ra a montré au Nigéria une relation avec le degré d'endophilie (Coluzzi *et al.*, 1979).

A. arabiensis, espèce des zones de savane sèche et du sahel, présenterait une efficacité vectorielle potentiellement moins importante que *A. gambiae s.l.* (Coz *et al.*, 1972). Selon White (1974), *A. arabiensis* est moins anthropophile et endophile mais avec des variations géographiques considérables. A Pikine, *A. arabiensis* atteint presque 100 % d'anthropophilie, dû à l'absence d'animaux dans le milieu urbain. Ceci explique également l'indice sporozoïtique d'*A. arabiensis* assez élevé par rapport aux indices trouvés dans une zone aride du nord de la Haute-Volta (Dori) par Hamon *et al.*, 1965. L'indice, à Dori ville, est 0,13 % comparé à

0,55 % à Pikine. Hamon *et al.* expliquent que le faible taux d'infection est la conséquence de la déviation zoophile des vecteurs, favorisé par la grande densité du petit et du gros bétail dans toute la région de Dori. Les indices sporozoïtiques reflètent assez fidèlement les préférences alimentaires des moustiques.

La conséquence directe est le taux d'inoculation entomologique cumulatif par an élevé à Pikine. Il est de 43, soit le double de celui à Dori (21,06). A Pikine les puits constituent d'excellents gîtes permanents pour *A. arabiensis*. Ce sont ces puits qui sont responsables d'une présence anophélienne toute l'année.

L'examen des tendances évolutives des taux d'agressivité d'*A. arabiensis* à Pikine, a montré une légère augmentation en juin et début juillet, avant les premières pluies pour aboutir à une augmentation explosive en septembre. L'agressivité se stabilise entre octobre et décembre puis décroît jusqu'en avril. En comparant l'évolution d'agressivité avec les données climatologiques on observe une bonne corrélation ($r = 0,69$ pour $p : 0,01$) avec la température moyenne ; la hausse de température expliquerait la montée d'agressivité six semaines avant les premières pluies.

Nous avons systématiquement calculé les coefficients de corrélation entre tous les paramètres entomologiques.

Il en ressort une bonne corrélation entre les deux formules de base, le taux d'inoculation entomologique et la capacité vectorielle (0,89).

Le taux d'inoculation (h e) présente une corrélation étroite avec l'indice sporozoïtique (0,77) tandis qu'avec l'agressivité, elle est faible (0,38). La capacité vectorielle est davantage fonction du taux de survie après n jours (0,56) que du nombre de moustiques (0,32).

Dans la transmission du paludisme, ni l'agressivité (m a) ni le nombre de moustiques (m) ne prédominent mais surtout l'indice sporozoïtique (S) et le taux de survie après n jours (pⁿ).

Qu'on en juge par le taux d'agressivité à l'égard de l'homme, par le taux d'inoculation entomologique ou par la capacité vectorielle (fig. 2), le niveau de transmission à Pikine est caractérisé par sa concentration sur une période d'environ 6 mois. Ce paludisme épisodique est typique des régions du sahel où les pluies surviennent pendant une très courte période de l'année.

C'est la capacité vectorielle qui exprime le mieux le taux de contact entre les personnes. Cependant, sa définition implique certains postu-

lats qui peuvent être contestés et l'estimation de chacun des éléments qui la composent (m a, a, p et n) est sujette à discussion. Surtout l'évaluation du facteur p est sensible aux critiques. Notre estimation de p est à considérer comme une moyenne sur l'année d'où une certaine fourchette dans l'estimation de la fraction épidémiologiquement dangereuse.

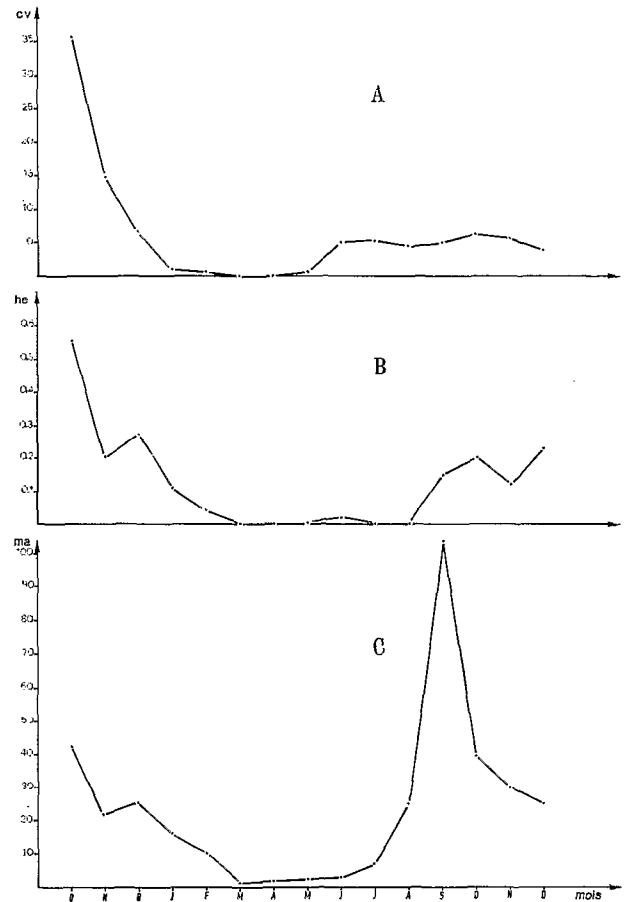


FIG. 2. — Variations mensuelles de la capacité vectorielle c v (graphique A), le taux d'inoculation entomologique h e (graphique B) et l'agressivité m a (graphique C).

Ainsi, en conclusion la transmission du paludisme à Pikine est instable (indice 2,3), épisodique mais avec une transmission assez importante en comparaison avec d'autres régions du même type. Le taux d'inoculation entomologique cumulatif a atteint en un an un maximum de 43 piqûres infectantes. La capacité vectorielle est en moyenne 2,8. Le vecteur unique est *A. arabiensis*.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été menée sous la direction de la Coopération Médicale belgo-sénégalaise (Projet de soins de santé prioritaires) dans la circonscription médicale de Pikine (Médecin Chef : Dr Seck). L'organisation et le financement des enquêtes ont été assurés sous la responsabilité de ce projet.

Il nous faut remercier le Prof. Dr Ah. Lamine Ndiaye, Directeur de l'École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar qui nous a encouragés à consacrer une part importante de notre temps à ce travail.

Notre gratitude doit être également adressée aux Dr M. Germain (ORSTOM, Dakar), Dr J. Coz (ORSTOM, Bondy) et le Professeur D. Thienpont (Janssen Pharmaceutica, Beerse) qui ont bien voulu nous faire part de leurs conseils dans la réalisation de ce travail et de leurs critiques dans l'élaboration de ce document.

Enfin, nous manifestons notre reconnaissance à Monsieur A. Delannoy, pour les données climatologiques qu'il nous a obligeamment communiquées, à Monsieur A. Deplus, pour l'exploitation statistique de nos données, à M^{me} F. Samb et à Monsieur Y. Dankaratu pour leur aide technique.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M. le 4 juin 1981

BIBLIOGRAPHIE

- BRENGUES (J.) et Coz (J.), 1973. — Quelques aspects fondamentaux de la biologie d'*Anopheles gambiae* Giles (sp. A) et d'*Anopheles funestus* Giles, en zone de savane humide d'Afrique de l'Ouest. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XI, n° 2 : 107-126.
- CARNEVALE (P.), 1979. — Le paludisme dans un village des environs de Brazzaville (Rép. Pop. du Congo). Thèse Sciences Naturelles, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay.
- CARNEVALE (P.), BOSSENO (M. F.), MOLINIER (M.), LANCIEN (J.), LE PONT (F.) et ZOULANI (A.), 1979. — Étude du cycle gonotrophique d'*Anopheles gambiae* (Diptera, Culicidae) (Giles, 1902) en zone de forêt dégradée d'Afrique Centrale. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVII, n° 2 : 55-75.
- CARNEVALE (P.) et MOUCHET (J.), 1980. — Le paludisme en zone de transmission continue en région afrotropicale. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVIII, n° 2 : 149-186.
- COLUZZI (M.), SABATINI (A.), PETRARCA (V.) & DI DECO (M. A.), 1979. — Chromosomal differentiation and adaptation to human environments in the *Anopheles gambiae* complex. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 73, 5 : 483-497.
- Coz (J.), GRUCHET (H.), CHAUVET (G.) et Coz (M.), 1961. — Estimation du taux de survie chez les anophèles. *Bull. Soc. Path. exot.*, 54 : 1353-1358.
- Coz (J.) et PICO (J. J.), 1972. — Étude en laboratoire de la réceptivité à *Laverania falcipara* d'*Anopheles gambiae* A et d'*Anopheles gambiae* B. *Bull. Soc. Path. exot.*, 65 : 668-675.
- DAVIDSON (G.), 1953. — A new method of estimating the survival rate of anopheline mosquitoes in nature. *Nature* (Lond.), 174 : 792.
- DAVIDSON (G.), 1954. — Estimation of the Survival-Rate of Anopheline Mosquitoes in Nature. *Nature*, 174 : 792-793.
- DAVIDSON (G.), 1955. — Measurement of the ampulla of the oviduct as a means of determining the natural daily mortality of *Anopheles gambiae*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 49 : 24-36.
- DE LAUTURE (H.), WONE (I.) et ROBINEAU (L.), 1980. —

- Aspects actuels de la climatologie du Cap Vert. *Afr. med.*, 182 : 511-520.
- DETINOVA (T. S.), 1963. — Méthodes à appliquer pour classer par groupes d'âge les Diptères présentant une importance médicale. *Org. mond. Santé*, Série Monogr., n° 47.
- DIALLO (S.), SARR (M.), VICTORIUS (A.), DIONGUE (S.) et BADJI (B.), 1978. — Transmission de *Wuchereria bancrofti* en zone littorale sahélo-soudanienne (Petite côte du Sénégal). *Bull. Soc. méd. Afr. noire*, 23, 2 : 128-140.
- ESCUDIÉ (A.), HAMON (J.), 1961. — Le paludisme en Afrique occidentale d'expression Française. *Méd. trop.*, 21 : 661-687.
- GARRETT-JONES (C.), 1964. — The human blood index of malaria vectors in relation to epidemiological assessment. *Bull. Org. mond. Santé*, 30 : 241-261.
- GARRETT-JONES (C.), SHIDRAWI (G. R.), 1969. — Malaria vectorial capacity of a population of *Anopheles gambiae*. *Bull. Org. mond. Santé*, 40 : 531-545.
- GILLIES (M. T.), HAMON (J.), DAVIDSON (G.), DE MEILLON (B.), MATTINGLY (P.), 1961. — Guide d'entomologie appliquée à la lutte antipaludique dans la région africaine de l'O.M.S. Monographie, OMS, Brazzaville.
- GILLIES (M. T.) et DE MEILLON (B.), 1968. — The Anophelinae of Africa South of the Sahara (Ethiopian zoogeographical region). *Publ. South. afr. Inst. med. Res.*, 54, 343 p.
- HAMON (J.), CHAUVET (G.) et THELIN (L.), 1961. — Observations sur les méthodes d'évaluation de l'âge physiologique des femelles d'anophèles. *Bull. Org. mond. Santé*, 24 : 437-443.
- HAMON (J.), Coz (J.), SALES (S.) et OUEDRAGO (C. S.), 1965. — Études entomologiques sur la transmission du paludisme humain dans une zone de steppe boisée, la région de Dori (République de Haute-Volta). *Bull. IFAN, sér. A*, 27 : 1115-1150.
- KRAFSUR (E. S.), 1977. — The bionomics and relative prevalence of *Anopheles* species with respect to the transmission of Plasmodium to man in Western Ethiopia. *Jour. med. Ent.*, 14 : 180-194.
- KRAFSUR (E. S.) and ARMSTRONG (J. C.), 1978. — An integrated view of entomological and parasitological observations on falciparum malaria in Gambela, Western Ethiopian Lowlands. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 72, 4 : 348-356.
- LEWIS (D. J.), 1958. — The recognition of nulliparous and parous *Anopheles gambiae* by examining the ovarioles. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 52 : 456-461.

- MAC DONALD (G.), 1950. — The analysis of infection rates in diseases in which superinfection occurs. *Trop. Dis. Bull.*, 47, 10 : 907-915.
- MAC DONALD (G.), 1952. — The analysis of equilibrium in malaria. *Trop. Dis. Bull.*, 49, 9 : 813-829.
- MAC DONALD (G.), 1953. — The analysis of malaria epidemics. *Trop. Dis. Bull.*, 50, 10 : 871-889.
- MAC DONALD (G.), 1955. — The measurement of malaria transmission. *Proc. roy. Soc. Med.*, 48 : 295-301.
- MAC DONALD (G.), 1956. — Epidemiological basis of malaria control. *Bull. Org. mond. Santé*, 15 : 613-626.
- MICHEL (R.), 1967. — La lutte antipaludique au Sénégal. Espoirs, déceptions et orientations nouvelles. *Gaz. méd. France*, 9 : 1713-1721.
- MOLINEAUX (L.) et GRAMICCIA (G.), 1980. — Le projet Garki — Recherches sur l'épidémiologie du paludisme et la lutte antipaludique dans la savane soudanienne de l'Afrique occidentale [in English]. *O.M.S., Genève*, 311 pp.
- MORAL, 1966. — Le climat du Sénégal. *Rev. géogr. Afr. occ.*, 3 : 4-35.
- OMS, 1979. — Sommaire de la situation du paludisme dans le monde en 1977. *Relevé épidémiol. hebdom.*, 54, N° 14 : 106.
- PULL (J. H.) et GRAB (B.), 1974. — A simple epidemiological model for evaluating the malaria inoculation rate and the risk of infection in infants. *Bull. Org. mond. Santé*, 51, 5 : 507-516.
- REY (M.), CAMERLYNCK (P.), DIOP MAR (I.), LAFaix (C. H.), Sow (A.), 1968. — Le paludisme dans l'agglomération dakaroise. *Bull. Soc. méd. Afr. noire*, 13 : 353-365.
- SECK (B. D.), 1968. — Étude sur la morbidité africaine urbaine. Thèse, Université de Dakar, 1968, n° 10.
- WHITE (G. B.), 1974. — *Anopheles gambiae* complex and disease transmission in Africa. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 68, n° 4 : 278-301.