

LA TRANSMISSION DU PALUDISME HUMAIN DANS UN VILLAGE DE SAVANE DU SUD-OUEST DU BURKINA FASO*

par

V. ROBERT^{1,2}, P. CARNEVALE^{1,2}, V. OUEDRAOGO¹, V. PETRARCA³ & M. COLUZZI³

¹Antenne ORSTOM du Centre Muraz, BP 171, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

²Adresse actuelle où sont à demander les tirés-à-part:
OCEAC, BP 288, Yaoundé, Cameroun

³Istituto di Parassitologia, Università «La Sapienza», p.le A. Moro 5, 00185 Roma, Italia

Résumé — Une étude longitudinale, basée sur la capture de moustiques sur sujets humains s'est déroulée pendant un an dans un village de savane du sud-ouest du Burkina Faso.

Les vecteurs principaux du paludisme *Anopheles gambiae* et *A. funestus* sont rencontrés toute l'année avec des variations saisonnières importantes. *A. gambiae* a une densité maximum (ma = nombre de piqûres par homme et par jour = 40) au milieu de la saison des pluies; ce maximum précède de deux mois celui d'*A. funestus* (ma = 38). *A. nili* a un rôle vecteur très secondaire.

La transmission du paludisme est saisonnière de juin à décembre. Chaque homme reçoit en moyenne 244 piqûres infectées pendant cette saison. La transmission est observée pendant toutes les heures de la nuit; elle est minimale en début et en fin de nuit et maximale vers 01 h 30. Le village étudié est représentatif du rythme et des modalités de la transmission en savane; cependant celle-ci est plus élevée que dans les villages géographiquement comparables. Les possibilités de transmission en saison sèche, où aucun moustique infecté n'a été observé, sont discutées à la lumière des travaux antérieurs.

KEYWORDS: Malaria, Transmission; *Culicidae*; *Anopheles gambiae*; *Anopheles funestus*; *Anopheles nili*; Sudanese Savanna; Africa

1. Introduction

Jusque vers les années 1970, les études sur la transmission du paludisme visaient surtout à estimer l'efficacité d'un programme de lutte entomologique. L'avènement de l'important concept de faciès ou strate éco-épidémiologique (21, 3, 22, 29) a apporté un regain d'intérêt aux études sur la transmission, en particulier lorsque celles-ci s'insèrent dans une étude plus ambitieuse portant sur l'épidémiologie du paludisme dans une strate donnée.

C'est ce qui a été réalisé dans le village de Karangasso, Burkina Faso, pendant l'année 1985. Cette étude a été menée avant l'emploi généralisé de moustiquaires imprégnées de deltaméthrine, dans l'un des deux quartiers du village. L'estimation de l'efficacité de cette protection antivectorielle comme méthode de lutte antipaludique fera l'objet de publications ultérieures.

La mesure pertinente de la transmission devrait porter sur le nombre de sporozoïtes potentiellement infectants qui passent dans la circulation sanguine de l'homme. Cette mesure, techniquement très difficile, n'a encore jamais été faite. Actuellement on est limité à dénombrer sur un homme les piqûres

* Cette recherche a bénéficié d'une aide financière du Programme spécial de recherche et de formation pour les maladies tropicales PNUD/Banque Mondiale/OMS et de la Commission des Communautés Européennes.

d'anophèles porteurs de sporozoïtes dans leurs glandes salivaires; ces piqûres sont qualifiées d'infectées.

2. Description de la zone d'étude

La région de l'étude est une savane arborée qui appartient à la marge méridionale des savanes soudaniennes. Il existe deux saisons très contrastées: une saison sèche de novembre à avril et une saison pluvieuse de mai à octobre avec en moyenne 1 100 mm de pluie par an. Les températures moyennes varient entre 24° et 31° avec deux maxima en avril et novembre et un minimum en décembre (tableau 1).

TABLEAU 1
Données climatologiques dans la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, en 1985
Rains (quantity in mm and number of rainy days) and temperatures (average of maxima, mean temperature and average of minima) observed in 1985 in the town of Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total ou moyenne
Précipitations en mm	0	0	10	6	138	192	296	418	214	58	0	0	1.332
Températures moyennes en °C	26,1	27,4	30,7	30,4	28,9	26,2	23,9	24,3	24,3	26,6	27,4	23,8	26,7

Le village de Karangasso, parfois dénommé Karangasso Sambla, est situé à 45 km à l'ouest de Bobo-Dioulasso, dans le sud-ouest du Burkina Faso. Il est organisé en deux quartiers, Massasso et Koko, distants de 800 m (fig. 1), qui regroupent chacun 2 000 personnes. Le peuplement humain appartient à l'ethnie Sambla. Ces gens sont des cultivateurs de mil, arachide et pomme de terre; ils élèvent aussi des porcs, de la volaille et des moutons mais pas de bœuf. L'habitat est de type traditionnel Bobo avec des maisons parallélogrammiques, à murs de terre sèche et à toits en bois recouverts de terre sèche.

3. Matériel et méthode

Les moustiques ont été récoltés par des captures nocturnes sur sujets humains (protégés du paludisme par une prophylaxie médicamenteuse et vaccinés contre la fièvre jaune), à l'intérieur des maisons. Les pièces dans lesquelles ont été effectuées ces captures ont été choisies pour leur représentativité des chambres à coucher utilisées par les habitants et pour leur répartition dans l'ensemble du village (fig. 1), quatre dans le quartier Koko (pièces 1 à 4) et quatre dans le quartier Massasso (pièces 5 à 8).

Une équipe de quatre captureurs a travaillé de 20 h à 01 h puis une autre équipe de 01 h à 06 h dans les quatre pièces de capture d'un même quartier. La nuit suivante, la même enquête a été répétée dans l'autre quartier. Ces deux nuits consécutives de capture ont été effectuées réguliè-

ment tous les 14 jours pendant un an. Les même huit captureurs ont travaillé pendant toute l'année; ils ont changé d'équipe, de quartier et de pièce à chaque nuit de capture, selon un programme préétabli dans le but de diminuer le biais dû au facteur «captureur» dans les résultats.

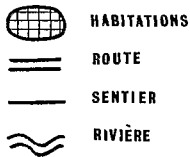
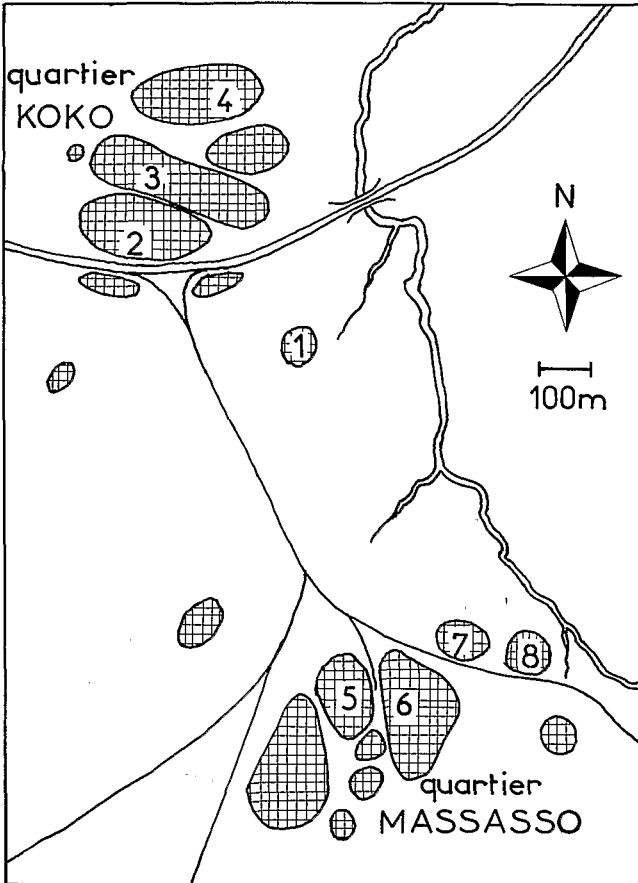


Figure 1.

Plan du village de Karangasso avec ses deux quartiers séparés et l'emplacement des huit pièces de capture de moustiques.

Map of the village of Karangasso with its two separated quarters and the position of the eight rooms where mosquitoes were caught on men.

La détermination spécifique des moustiques capturés et la dissection des vecteurs potentiels de paludisme ont été faites le matin de la capture au laboratoire. L'âge physiologique a été précisé sur l'aspect des trachéoles ovariennes (1); ceci a permis de calculer le taux de parturité qui désigne le rapport du nombre de femelles paires sur l'ensemble des femelles paires et nullipares. La présence de sporozoïtes dans les glandes salivaires a été recherchée à frais, sans coloration ni écrasement (27).

L'analyse cytogénétique des *Anopheles gambiae* s.l. a été faite sur des échantillons de femelles semi-gravides capturées au pyrèthre, au repos, en fin d'après-midi, dans des maisons. Les techniques de conservation de montage et de lecture des chromosomes polyténiques des cellules trophocytaires de l'ovocyte ont été exposées par ailleurs (25). La nomenclature des formes chromosomiques de l'espèce *A. gambiae* est celle de Coluzzi *et al.* (6).

L'analyse du repas de sang des anophèles trouvés au repos, le jour, dans des maisons, et capturés au pyrèthre a été faite par la méthode de capture immunologique des complexes peroxydase-anti-peroxydase sur filtre de nitro-cellulose (20).

4. Résultats

Au total, 4.446 moustiques femelles dont 3.419 *Anopheles* (soit 77 % des moustiques) ont été capturés au cours des 54 nuits de capture faites du 26 février 1985 au 19 février 1986, regroupant 216 hommes-nuits.

La densité culicidienne annuelle agressive est 7.513 piqûres par homme.

4.1. Les espèces culicidiennes du genre anopheles

4.1.1. Les densités agressives pour l'homme (ma)

La densité anophélienne annuelle agressive est 5.777 piqûres par homme.

Les anophèles les plus fréquents appartiennent au complexe *A. gambiae* (tableau 2). Au milieu de la saison pluvieuse, seul *A. gambiae* est représenté dans ce village (tableau 3). Il est toutefois probable qu'en fin de saison pluvieuse et en saison sèche *A. arabiensis* soit aussi présent mais, étant plus zoophile, il est peu rencontré en captures sur sujets humains. On considèrera donc, par la suite, que les *A. gambiae* s.l. agressifs pour l'homme appartiennent à *A. gambiae* s.s.

TABLEAU 2
Nombre de moustiques capturés sur sujets humains
pendant un an dans le village de Karangasso, Burkina Faso

Number of man biting mosquitoes caught during one year in the village of Karangasso, Burkina Faso

<i>Anopheles</i>		<i>Mansonia</i>		<i>Culex</i>		<i>Aedes</i>	
<i>gambiae</i> s.l.	1.679	<i>uniformis</i>	496	<i>quique-</i>		<i>gr. tarsalis</i>	23
<i>funestus</i>	1.371	<i>africana</i>	56	<i>fasciatus</i>	361	<i>furcifer</i>	5
<i>nili</i>	295			<i>univittatus</i>	49	<i>hirsutus</i>	5
<i>pharoensis</i>	34			<i>gr. decens</i>	20	<i>vittatus</i>	3
<i>coustani</i>	25			<i>antennatus</i>	2	<i>fowleri</i>	2
<i>flavicosta</i>	14			<i>poicilipes</i>	2	<i>luceo-</i>	
<i>squamosus</i>	1					<i>cephalus</i>	2
						<i>argenteo-</i>	
						<i>punctatus</i>	1
	3.419		542		434		41

TABLEAU 3

Analyse chromosomique des femelles semi-gravidés endophiles du complexe *Anopheles gambiae* prélevées les 23 et 29 août 1984 dans le village de Karangasso, Burkina Faso
Chromosomal analysis of the half-gravid indoors-resting females of the Anopheles gambiae complex caught on August 23th and 29th 1984 in the village of Karangasso, Burkina Faso

<i>A. gambiae</i>				Total	<i>A. arabiensis</i>	Total
forme chromosomique SAVANE	forme chromosomique MOPTI	hybrides, recombinants, non classés				
42 (68%)	17 (27%)	3 (5%)	62 (100%)	0 (0%)	62 (100%)	

A. gambiae et *A. funestus* Giles sont présents toute l'année. *A. nili* Theobald est seulement rencontré pendant quatre mois sans interruption (fig. 2). La densité annuelle agressive de ces trois espèces est respectivement 2.837, 2.317 et 498 piqûres par homme.

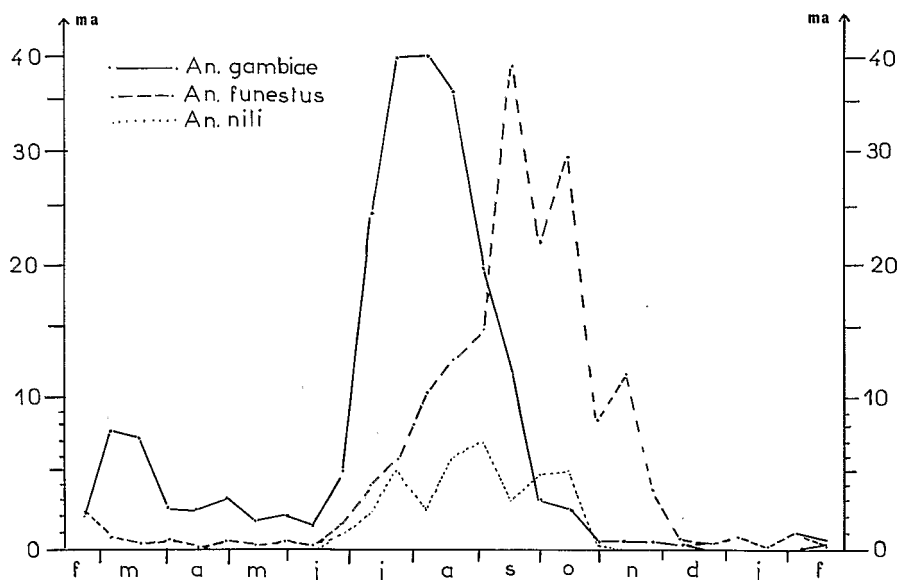


Figure 2.

Evolution de la densité quotidienne des vecteurs de paludisme agressifs pour l'homme (ma = nombre de piqûres par homme par jour).

Evolution of the human aggressivity rate of anopheline vectors (ma = number of bites per man per day).

Les variations saisonnières de ces trois espèces sont considérables. Au mois de juin, après les premières pluies créant des gîtes préimaginaux exploitables par les anophèles, la densité d'*A. gambiae* évolue en quatre semaines de 2 à 40 piqûres/homme/nuît, puis diminue constamment jusqu'à la fin de la saison pluvieuse. Au contraire, la densité d'*A. funestus* est croissante pendant la saison pluvieuse et atteint un maximum à la fin de celle-ci, en septembre-octobre (ma quotidien maximum = 7).

Les variations horaires de la densité montrent deux pics pour *A. gambiae* à 23 h 30 et à 02 h 30, et un pic pour *A. funestus* et pour *A. nili*, respectivement à 02 h 30 et à 22 h 30 (fig. 3).

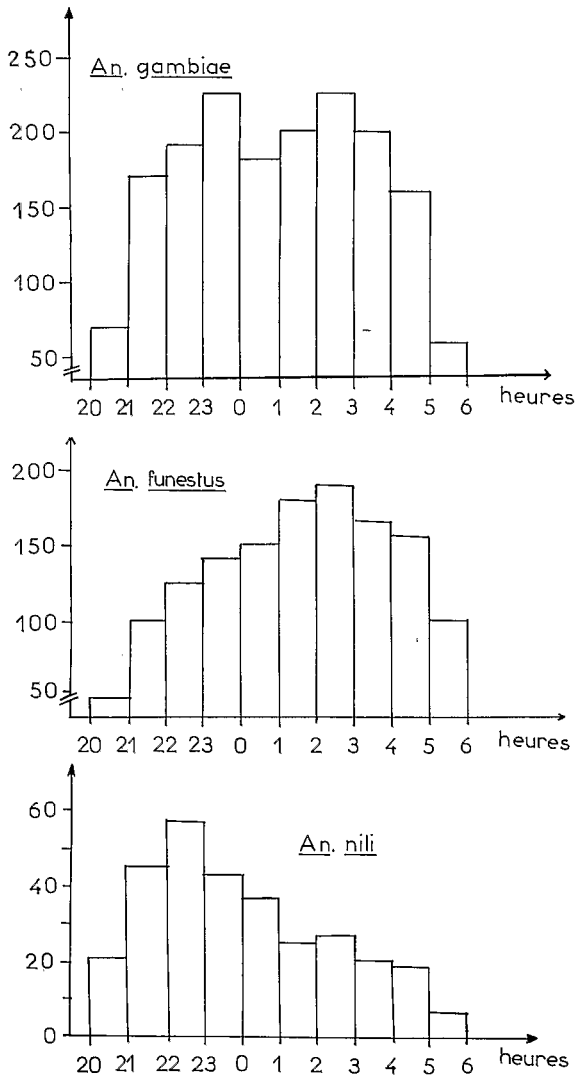


Figure 3.
Cycle d'agressivité des anophèles vecteurs.
Aggressivity cycle of the anopheline vectors
from 8 p.m. to 6 a.m.

La densité agressive dans le quartier Koko est inférieure à celle du quartier Massasso. Dans ces deux quartiers, le rapport de la densité d'*A. gambiae* est supérieure de 5,3 fois à la plus petite, observée dans la pièce n° 3 (tableau 5).

TABLEAU 4

Nombre de femelles pares, nullipares et taux de parturité (TP) exprimés par tranches horaires pour les deux principaux vecteurs de paludisme
 Number of parous and nulliparous females and parous rate (TP) of the two main malaria vectors presented hour by hour from 8 p.m. to 6 a.m.

		Heure										Total
		20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	
<i>A. gambiae</i>	Pare	23	52	66	82	68	73	82	75	50	23	594
	Nullipare	13	29	32	31	25	33	30	26	27	10	256
	TP %	64	64	67	72	73	69	73	74	65	70	69,9
<i>A. funestus</i>	Pare	23	41	42	49	54	77	70	62	60	35	513
	Nullipare	7	18	16	25	18	15	21	18	24	9	171
	TP %	77	69	72	66	75	84	77	77	71	80	75,0

A. pharocensis Theobald, *A. coustani* Laveran, *A. flavicosta* Edwards et *A. squamosus* Theobald présentent une densité annuelle agressive de 125 piqûres par homme. Ces espèces sont peu représentées; cependant, les quelques observations faites sont en accord avec Hamon et Mouchet (1961).

4.1.2. Les taux de parturité (TP)

Les moyennes annuelles des TP sont 70 % pour *A. gambiae*, 75 % pour *A. funestus* et 76 % pour *A. nili*.

De juillet à novembre, le TP d'*A. gambiae* est 73 % et il atteint 57 % pendant le reste de l'année. Ainsi, en saison pluvieuse, la composition par groupes d'âge physiologique des populations d'*A. gambiae*, d'*A. funestus* et d'*A. nili* est pratiquement égale. Pour *A. funestus* le TP n'est pas significativement différent entre la saison pluvieuse (75 %) et la saison sèche (76 %).

Le TP varie en fonction de la tranche horaire entre 64 % et 74 % pour *A. gambiae* et entre 66 % et 84 % pour *A. funestus* (tableau 4); ces variations ne dégagent pas de nette tendance. Toutefois le TP des *A. gambiae* capturés entre 23 h et 04 h est 72 %, avant 23 h et après 04 h il est 66 %; la différence est significative ($x^2 = 4,07$, $p < 0,05$). Ainsi les femelles pares d'*A. gambiae* piquent préférentiellement au milieu de la nuit. Le TP des *A. funestus* capturés avant minuit est 70 % et après minuit il est 77 %; la différence est significative ($x^2 = 4,12$, $p < 0,05$). Ainsi les femelles pares d'*A. funestus* piquent préférentiellement la seconde moitié de la nuit.

Pour *A. gambiae*, le TP est inférieur dans le quartier Koko (66 %) par rapport au quartier Massasso (73 %); la différence est significative ($x^2 = 4,82$, $p < 0,05$). Il n'existe pas, pour cette espèce, de différence significative des TP en fonction de l'éloignement du lieu de capture par rapport à la rivière (tableau 5). Pour *A. funestus*, la différence par quartiers des TP n'est pas significative. Par contre, il existe une différence significative en fonction du lieu de capture par rapport à la rivière dans les pièces de capture n^{os} 1, 7 et 8, qui sont les plus proches de la rivière, et les pièces n^{os} 2, 3, 5 et 6, les plus éloignées (fig. 1), les TP sont respectivement 79 % et 68 % (tableau 5); $x^2 = 9,8$, $p < 0,01$.

4.1.3. Les indices sporozoitiques (IS)

La présence de sporozoïtes dans les glandes salivaires a seulement été observée pendant six mois consécutifs de fin juin à mi-décembre. Pendant cette période les IS d'*A. gambiae* et d'*A. funestus* sont respectivement 5,6 % (805 dissections) et 4,3 % (736 dissections); la différence n'est pas significative ($x^2 = 1,13$, $p > 0,20$). L'IS d'*A. nili* est 1,1 % (175 dissections).

Les variations de l'IS en fonction de la tranche horaire vont dans le même sens que celles du TP pour *A. gambiae*: entre 23 h et 04 h l'IS est 5,5 % (606 dissections), avant 23 h et après 04 h l'IS est 3,9 % (397 dissections); la différence n'est pas significative ($x^2 = 0,76$, $p > 0,30$). Pour *A. funestus* l'IS avant et après minuit est semblable.

L'IS d'*A. gambiae* est inférieur dans le quartier Koko (2,4 %) par rapport au quartier Massasso (6,0 %); la différence est significative ($x^2 = 7,62$,

$p < 0,01$). Pour *A. funestus* la différence observée va dans le même sens et n'est pas significative (3,0% à Koko et 5,0% à Massasso; $\chi^2 = 1,60$, $p > 0,20$; tableau 5).

4.1.4. Les taux d'inoculation entomologique ($h = ma \times IS$)

La transmission du paludisme est observée de juin à décembre. Au cours de cette période, la transmission atteint en moyenne 244 piqûres infectées par homme. Le h quotidien maximum est 3,2. Entre mi-juillet et mi-octobre, le h quotidien est constamment supérieur ou égal à 1. Pendant la saison de transmission, il existe un lien évident entre la quantité de transmission et la densité en anophèles vecteurs (fig. 4).

Dans le quartier Koko, la transmission est 3,2 fois plus faible que dans le quartier Massasso, respectivement 116 et 370 piqûres infectées par homme et par an; entre les pièces de capture n° 3 et n° 7, où l'écart est le plus grand, il existe même un facteur 7,7 (tableau 5).

Le h croît régulièrement par tranches horaires de 20 h à 02 h puis diminue irrégulièrement après (fig. 5).

4.1.5. Indices d'anthrophilie

L'analyse des repas sanguins montre que la presque totalité des *A. gambiae* et *A. funestus* endophiles ont pris leur repas sur homme; les indices d'anthrophilie sont respectivement 0,995 et 0,985. *A. rufipes* Gough, dont aucun n'a été capturé sur homme, est strictement zoophile (tableau 6).

4.2. Les espèces culicidiennes non anophéliennes

La densité culicidienne non anophélienne annuelle est 1.736 piqûres par homme.

Les *Mansonia* sont fréquents en saison pluvieuse et, après les anophèles, constituent le genre le mieux représenté dans les captures (tableau 2). Ce genre, nettement exophile pour ses lieux de repos, n'hésite pas à pénétrer dans les villages et les maisons pour piquer.

Les *Culex* sont également bien représentés, surtout en saison sèche quand ils bénéficient de gîtes préimaginaux entretenus par l'activité humaine. 83% des *C. quinquefasciatus* sont capturés dans le quartier Koko.

Le genre *Aedes* est rencontré en saison pluvieuse, il est logiquement le moins bien représenté et sous-évalué par la méthode de capture employée.

5. Discussion

La dynamique des populations anophéliennes dans cette zone de savane peu modifiée par l'activité humaine est sous la dépendance première de facteurs climatiques. La succession des densités maximales d'*A. gambiae* puis d'*A. funestus* est classique (15, 31) et est à relier à la croissance

TABLEAU 5
 Résultats par maisons de capture et par quartiers des principaux paramètres
 observés sur les trois vecteurs de paludisme dans le village de Karangasso, Burkina Faso
 Number of malaria vectors caught, number of dissected vectors, parous rate and number of positive salivary glands
 in the eight rooms where mosquitoes were caught and in the two quarters of the village of Karangasso, Burkina Faso

	Quartier Koko					Quartier Massasso					Total
	Maison n°										
	1	2	3	4	Total	5	6	7	8	Total	
Nombre de femelles capturées :											
<i>A. gambiae</i>	190	266	84	132	672	127	360	258	262	1.007	1.679
<i>A. funestus</i>	224	129	40	142	535	94	271	269	202	836	1.371
<i>A. nili</i>	51	32	6	13	102	15	56	59	63	193	295
Total	465	427	130	287	1.309	236	687	586	527	2.036	3.345
Nombre de femelles disséquées :											
<i>A. gambiae</i>	129	147	50	96	422	72	208	150	151	581	1.003
<i>A. funestus</i>	121	77	26	76	300	44	140	157	123	464	764
<i>A. nili</i>	30	21	5	9	65	9	31	36	34	110	175
Total	280	245	81	181	787	125	379	343	308	1.155	1.942
Taux de parturité (%) :											
<i>A. gambiae</i>	64	71	59	62	65,7	83	76	73	64	72,8	69,9
<i>A. funestus</i>	80	63	65	72	72,4	61	74	75	87	76,7	75,0
<i>A. nili</i>	88	—	—	—	84	—	57	84	72	72	76,3
Nombre de glandes salivaires avec des sporozoïtes :											
<i>A. gambiae</i>	4	4	1	1	10	3	14	14	4	35	45
<i>A. funestus</i>	2	2	2	3	9	2	6	9	6	23	32
<i>A. nili</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Total	6	6	3	4	19	5	20	23	12	60	79

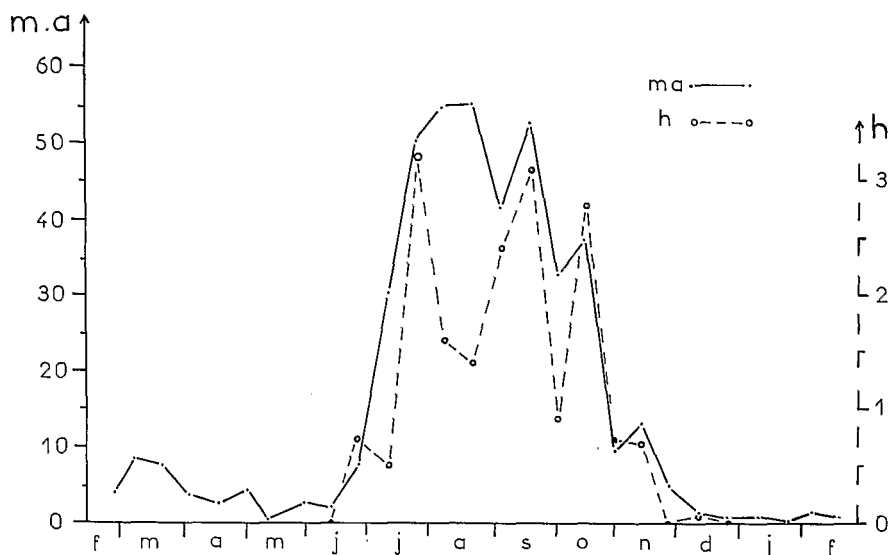


Figure 4.

Evolution de la densité agressive quotidienne (ma = nombre de piqûres par homme et par jour) des trois vecteurs *A. gambiae*, *A. funestus* et *A. nili* et du taux quotidien d'inoculation (h = nombre de piqûres infectées par homme et par jour) de février 1985 à février 1986 dans le village de Karangasso, Burkina Fasso.

Evolution of the daily aggressivity rate (ma = number of bites per man per day) of the three vectors *A. gambiae*, *A. funestus* and *A. nili* and of the daily inoculation rate (h = number of infected bites per man per day) from February 1985 to February 1986 in the village of Karangasso, Burkina Faso.

végétale, en particulier de la strate herbacée au cours de la saison pluvieuse, et aux préférences écologiques des stades larvaires de ces espèces.

Les maxima horaires des densités agressives pour l'homme des trois espèces anophéliennes les plus fréquentes, *A. gambiae*, *A. funestus* et *A. nili*, sont décalés. Seul le deuxième pic d'*A. gambiae* correspond au pic d'*A. funestus* mais ces deux espèces se succèdent dans la saison. Il existe donc une périodicité décalée dans l'activité trophique de ces trois espèces, déjà notée par Hamon (13), qui réduit la compétition inter-spécifique.

A l'intérieur du village, les anopèles ne se répartissent pas de façon homogène: le quartier Massasso, par rapport au quartier Koko, présente des densités agressives, des taux de parturité et des indices sporozoïtiques supérieurs. Ces observations peuvent s'expliquer par un flux d'imagos de Koko vers Massasso et/ou par des conditions plus favorables aux anopèles à Massasso qu'à Koko, aussi bien pour les stades préimaginaux, entraînant des densités supérieures (5), qu'imaginaux, entraînant des longévités supérieures.

Le taux de parturité d'*A. funestus*, supérieur dans les pièces de capture proches de la rivière, est en accord avec la localisation des gîtes préimaginaux dans la rivière ou à son voisinage et avec une moindre dispersion des femelles pares. Rien de tel n'est observé pour *A. gambiae*, très éclectique dans ses gîtes préimaginaux (19) et pas particulièrement intéressé par la rivière. Pour *A. gambiae* une augmentation de l'âge physiologique est observé au milieu de la nuit; ceci est à mettre en relation avec l'oviposition

crépusculaire de cette espèce (12). Coz (7) observe aussi une augmentation du taux de parturité en capture intradomiciliaire entre 22 h et 02 h, mais cette particularité n'a pas été observée par Giles (11) ni par Hamon (14). Pour *A. funestus*, Choumara *et al.* (4) et Hamon (14) notent un âge physiologique moyen supérieur entre 23 h et 04 h; ces observations vont dans le sens de la nôtre sur un taux de parturité supérieur dans la seconde moitié de la nuit.

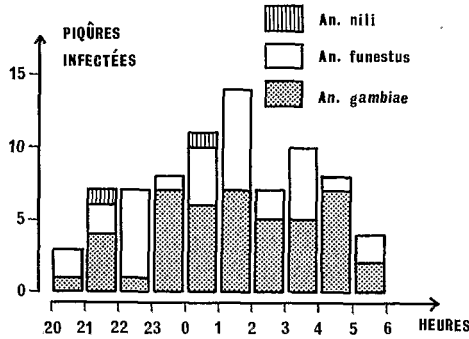


Figure 5.
Evolution horaire du nombre de piqûres infectées de sporozoïtes.
Evolution of the number of sporozoites infected bites from 8 p.m. to 6 a.m.

TABLEAU 6

Résultats des analyses de repas de sang d'anophèles endophiles du village de Karangasso, Burkina Faso. Les *A. gambiae* et les *A. funestus* ont été prélevés les 24 et 26 août et les *A. rufipes* le 23 septembre 1985
Analysis of the blood of the indoors-resting blood-fed mosquitoes in the village of Karangasso, Burkina Faso. The *A. gambiae* and the *A. funestus* were caught on August 24th and 26th and the *A. rufipes* on September 23rd 1985

	Homme	Bœuf	Mouton	Equidé	Autre	Total	Indice d'anthropophilie
<i>A. gambiae</i>	206	0	—	—	1	207	0,995
<i>A. funestus</i>	331	0	—	—	5	336	0,985
<i>A. rufipes</i>	0	2	7	2	5	16	0,000

L'indice sporozoïtique d'*A. gambiae* est supérieur à celui d'*A. funestus*; ceci est classique (15, 23) et concoure, avec une densité supérieure, à conférer à *A. gambiae* la première place dans la transmission du paludisme. *A. funestus* est également un vecteur majeur; il transmet pendant une période plus longue qu'*A. gambiae*. *A. nili* est un vecteur très secondaire (18), négligeable en l'absence de programme de lutte contre le paludisme; l'indice sporozoïtique de cette espèce est semblable à celui trouvé par Service (26) au Nigéria. Dans le village de Karangasso la période constatée de transmission du paludisme est normale pour la région (4, 24) mais la quantité de transmission est supérieure à aucune jamais observée dans la zone considérée. Cette quantité de transmission se situe pourtant logiquement entre celles observée au Sahel (16, 28) et en forêt (17, 8, 2). La transmission est

constatée de fin-juin à mi-décembre mais il est probable qu'elle se maintienne de janvier à mai car nous avons capturé sur sujets humains deux *A. funestus* infectés dans ce même village, le 29 janvier 1985 et le 3 mars 1987. Il n'est donc pas exclu qu'une très faible transmission (h quotidien de l'ordre de 0,01) perdure pendant toute la saison sèche; cette transmission ne peut être décelée avec les techniques entomologiques classiques qu'en disséquant un très grand nombre d'anophèles (4) et ne peut être le fait que d'*A. funestus* car, pendant cette période, le taux de parurité d'*A. gambiae* est très faible et incompatible avec un efficace rôle vecteur.

L'analyse de repas sanguins de moustiques est en accord avec des résultats antérieurs (9, 10). L'indice d'anthropophilie des deux vecteurs majeurs, pratiquement égal à un, laisse penser que tous les sporozoïtes trouvés dans cette étude appartiennent à des *Plasmodium* humain. La zoophilie prédominante d'*A. arabiensis* (30) constitue un argument indirect en faveur de l'absence de cette espèce, ou de son caractère très minoritaire, dans la faune culicidienne agressive pour l'homme dans le village étudié.

6. Conclusion

Cette étude entomologique de la transmission du paludisme intéresse une savane soudanienne africaine traditionnelle, sans référence à une méthode de contrôle du paludisme. Ce village, avec une moyenne annuelle de 244 piqûres par homme, se place au premier rang des villages comparables sur le plan de l'intensité de la transmission. A l'intérieur d'un seul village, des variations importantes de la quantité de transmission sont notées en fonction de nombreux paramètres: quartiers, maisons, heures d'exposition aux piqûres... Il est nécessaire de prendre en considération cette variabilité pour toute tentative de lutte contre le paludisme.

Remerciements — Les auteurs sont redevables de la parfaite assistance technique de Jean-Pierre Kienou et Sanou Mamourou pour les captures de moustiques, de Gianni Petrangeli pour la cytogénétique et de Silvana Bagalino pour la détermination des repas sanguins de moustiques. Ils remercient Jean Coz et Jean Mouchet pour la critique du manuscrit et Daniel Berl pour la traduction anglaise du résumé.

Human malaria transmission in a savanna village of South-West Burkina Faso.

Summary — During a one year period a longitudinal study was carried out in Karangasso, a traditional savanna village in the south-west of Burkina Faso. This study was based on mosquitoes caught on human beings with a total of 216 men-nights.

The anthropophilic mosquitoes caught belong to the *Anopheles*, *Culex* and *Aedes* genera. The two main malaria vectors, *A. gambiae* and *A. funestus* were found all year long with important seasonal variations and represented 69% of all the captures. In the mid rainy season *A. gambiae* had its highest density (ma = number of bites per man per day = 40) two months earlier than *A. funestus* (ma max = 38). *A. nili* was observed in the rainy season with a lower density (ma max = 7) and was a very secondary vector.

In the middle of the rainy season *A. gambiae* sensu stricto represented the only species of the *A. gambiae* complex.

A. gambiae and *A. funestus* anthropophilic indices were respectively 0.995 and 0.985 when there were no bovines and despite the presence of sheep and pigs.

Agressivity, parous rate and sporozoitic index of the *A. gambiae* caught from 11 p.m. to 03 a.m. were higher than at the beginning and at the end of the night. The aggressivity and the parous rate of the *A. funestus* caught after midnight were higher than for those caught before; their sporozoitic index which was lower than the one of *A. gambiae*, did not show such a variation.

Malaria transmission was seasonal from June to December. During this season their was an average of 244 infected bites per man. The extreme transmission values, based on the variations

of mosquitoes caught in different houses, ranged between 75 and 400 infected bites/man/year. Transmission occurred during the whole night, was minimal at both ends of the night and maximal around 01.30 a.m. The rhythm and the mode of transmission observed in this village was representative of those of the other savanna villages; however, transmission was quantitatively higher than in the villages of the same type previously investigated. The possibility of a dry season transmission, when no infected mosquitoes were observed, is discussed.

Menselijke malaria-overdracht in een savannedorp in het zuidwesten van Burkina Faso.

Samenvatting — Er werd een longitudinale studie gedurende één jaar uitgevoerd in een savanne-dorp (in het zuidwesten van Burkina Faso), gebaseerd op het vangen van muggen op mensen.

De belangrijkste malaria-vectoren die werden aangetroffen zijn *Anopheles gambiae* en *A. funestus*, en dit het ganse jaar door, met nochtans belangrijke seizoensverschillen. De maximale densiteit van *A. gambiae* (ma = aantal beten per man per dag = 40) kwam voor in het regenseizoen. Dit is twee maand vroeger dan deze van *A. funestus* (ma = 38). *A. nili* is slechts een secundaire vector.

Malaria-overdracht is seizoensgebonden en grijpt plaats van juni tot december. Elke persoon krijgt gemiddeld 244 geïnfecteerde beten tijdens dit seizoen. De overdracht werd waargenomen alle uren van de nacht. In het begin en op het einde van de nacht is ze minimaal; ze is maximaal rond 1 u. 30. Het bestudeerde dorp kan model staan voor het ritme en voor de bijkomende factoren bij malaria-transmissie in een savannestreek. De malaria-overdracht is hier echter belangrijker dan in geografisch vergelijkbare dorpen. De mogelijkheid van malaria-transmissie in het droge seizoen, tijdens hetwelke er geen geïnfecteerde muggen voorkomen, wordt besproken in het licht van eerder uitgevoerde studies.

Reçu pour publication le 20 mai 1988.

REFERENCES

1. Bekelemishev WN, Detinova TS, Polovodova VP: Determination of physiological age in Anophelines and of age distribution in Anopheline populations in the USSR. Bull. Org. mond. Santé, 1959, 21, 223-232.
2. Carnevale P, Bosseno MF, Zoulani A, Michel R, Molez JF: La dynamique de la transmission du paludisme humain en zone de savane herbeuse et de forêt dégradée des environs nord et sud de Brazzaville, Congo. Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol., 1985, 23, 95-115.
3. Carnevale P, Robert V, Molez JF, Baudon D: Faciès épidémiologiques des paludismes en Afrique subsaharienne. Etudes médicales, 1984, n° 3, 123-133.
4. Choumara R, Hamon JP, Ricosse J, Bailly H: Le paludisme dans la zone antipaludique de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta, AOF. Cah. ORSTOM, 1959, n° 1, pp. 123.
5. Christie M: A critical review of the role of the immature stage of anopheline mosquitoes in the regulation of adult numbers with particular reference to *Anopheles gambiae*. Trop. Dis. Bull., 1959, 56, 385-399.
6. Coluzzi M, Petrarca V, Di Deco MA: Chromosomal inversion intergradation and incipient speciation in *Anopheles gambiae*. Bool. Zool., 1985, 52, 45-63.
7. Coz J: Etude des variations de l'âge physiologique d'*A. gambiae* et *A. marseensis* au cours de captures de nuit. Bull. Soc. Path. exot., 1964, 57, 619-626.
8. Coz J, Hamon J, Sales S, Eyraud M, Brengues J, Subra R, Accrombessi R: Etudes entomologiques sur la transmission du paludisme humain dans une zone de forêt humide dense, la région de Sassandra, Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol., 1966, 7, 13-42.
9. Division of malaria eradication, World Health Organisation and Lister Institute of Preventive Medicine: A study of the blood-feeding patterns of *Anopheles* mosquitoes through precipitin tests. Bull. Org. mond. Santé, 1960, 22, 685-720.
10. Garret-Jones C, Boreham PFL, Pant CP: Feeding habits of anophelines in 1971-78, with reference to the human blood index: a review. Bull. Ent. Res., 1980, 70, 165-185.
11. Gilles MT: Age-groups and the biting cycle in *Anopheles gambiae*, a preliminary investigation. Bull. Ent. Res., 1957, 48, 553-559.
12. Haddow AJ, Ssenkubuge Y: Laboratory observations on the oviposition-cycle in the mosquito *Anopheles gambiae*. Ann. Trop. Med. Parasitol., 1962, 56, 352-355.
13. Hamon J: Les moustiques anthropophiles de la région de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta. Cycle d'agressivité et variation saisonnière. Ann. Soc. Ent. France, 1963, 132, 85-114.
14. Hamon J: Etude de l'âge physiologique des femelles d'anophèles dans les zones traitées au DDT et non traitées de la région de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta. Bull. Org. mond. Santé, 1963, 28, 83-109.

15. Hamon J, Adam JP, Grjebine A: Observations sur la répartition et le comportement des anophèles de l'Afrique équatoriale française, du Cameroun et de l'Afrique occidentale. Bull. Org. mond. Santé, 1956, **15**, 549-591.
16. Hamon J, Coz J, Sales S, Ouedraogo CS: Etudes entomologiques sur la transmission du paludisme humain dans une zone de steppe boisée, la région de Dori, Haute-Volta. Bull. IFAN, sér. A, 1965, **27**, 1115-1150.
17. Hamon J, Dedewanou B, Eyraud M: Etudes entomologiques sur la transmission du paludisme humain dans une zone forestière africaine, la région de Man, Côte d'Ivoire. Bull. IFAN, sér. A, 1962, **24**, 854-879.
18. Hamon J, Mouchet J: Les vecteurs du paludisme humain en Afrique. Méd. Trop., 1961, **21**, 643-660.
19. Holstein MH: Biologie d'*Anopheles gambiae*. Recherches en Afrique occidentale française. Org. mond. Santé, Genève, 1952, sér. monographie n° 9.
20. Lombardi S, Esposito F: A new method for identification of the animal origin of mosquito bloodmeals by the immunobinding of peroxidase-anti-peroxidase complexes on nitrocellulose. J. Immuno. Methods, 1986, **86**, 1-5.
21. Mouchet J, Carnevale P: Malaria endemicity in the various phytographic and climatic areas Africa South of Sahara. Southeast Asian J. Trop. Med. pub. Health, 1981, **12**, 439-440.
22. Orlov VS, Semashko I, Arsenyeva L, Shakhova M, Yefremo V: The concept of stratification of territories and its practical implications. WHO/MAL/1986, n° 1032.
23. Pringle G: A quantitative study of naturally-acquired malaria infections in *Anopheles gambiae* and *A. funestus* in a highly malarious area of East Africa. Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg., 1966, **60**, 626-632.
24. 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.
25. Robert V, Petrarca V, Carnevale P, Coluzzi M: Analyse cytogénétique du complexe *Anopheles gambiae* dans la région de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *A paraître*.
26. Service MW: The ecology of the mosquitoes of the northern guinea savannah of Nigeria. Bull. Ent. Res., 1963, **54**, 601-633.
27. Stephens JWW: Methods for detecting sporozoites and zygotes in mosquitoes infected with malaria. Bull. Ent. Res., 1911, **2**, 1-8.
28. Verduyck J: Etude entomologique sur la transmission du paludisme humain dans le bassin du fleuve Sénégal, Sénégal. Ann. Soc. belge Méd. trop., 1985, **65**, suppl. 2, 171-179.
29. Wéry M: Stratification of malaria areas in Africa; a few examples. WHO/MAL/1986, n° 1003.
30. White GB: *Anopheles gambiae* complex and disease transmission in Africa. Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg., 1974, **68**, 278-301.
31. White GB, Magayuka SA, Boreham PFL: Comparative studies on sibling species of the *Anopheles gambiae* complex: bionomics and vectorial activity of species A and B at Segera, Tanzania. Bull. Ent. Res., 1972, **62**, 295-317.