

ÉTUDES SUR LE PALUDISME
DANS UNE ZONE DE MOSAÏQUE FORÊT-SAVANE
D'AFRIQUE CENTRALE, LA RÉGION DE BRAZZAVILLE

I. Résultats des enquêtes entomologiques.

Par J. F. TRAPE (*) & A. ZOULANI (**) (***)

RÉSUMÉ

Anopheles gambiae est le principal vecteur du paludisme en zone rurale dans la région de Brazzaville; les autres vecteurs observés (*A. funestus*, *A. moucheti*, *A. nili*) sont en densité trop faible pour avoir une importance épidémiologique significative. La transmission du paludisme est intense toute l'année, sans variations saisonnières importantes. Selon les villages, le niveau d'exposition de la population varie d'environ 200 à 1 000 piqûres infectantes par personne par an.

Mots-clés : PALUDISME, ANOPHELES, ÉPIDÉMIOLOGIE, CONGO.

SUMMARY

Studies on malaria in a forest-savanna mosaic area of Central Africa, the Brazzaville region. I. Results of entomological surveys.

Anopheles gambiae is the main malaria vector in rural areas in the Brazzaville region; the other vectors collected in this area (*A. funestus*, *A. moucheti*, *A. nili*) are much rarer and have little epidemiological importance. Malaria transmission is intense and perennial; according to the villages, the level of exposure of the population varies from about 200 to 1,000 infective bites per person per year.

Key-words : MALARIA, ANOPHELES, EPIDEMIOLOGY, CONGO.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'un projet de recherches visant à préciser l'impact de l'urbanisation sur les modalités épidémiologiques du paludisme en Afrique Centrale et leur traduction biologique et clinique, diverses études ont été entreprises en zone rurale dans la région de Brazzaville afin d'établir les

(*) ORSTOM-Dakar, B. P. 1386, Sénégal.

(**) Laboratoire de Parasitologie et d'Entomologie Médicale, Centre ORSTOM, B. P. 181, Brazzaville, République Populaire du Congo.

(***) Séance du 12 novembre 1986.

principaux paramètres de référence pour les études conduites en zone urbaine.

En zone rurale, les enquêtes ont eu pour cadre d'une part le village de Linzolo, à 25 km au sud-ouest de Brazzaville, choisi pour le recueil longitudinal des données et leur analyse intégrée, d'autre part une quinzaine de villages situés dans un rayon de 50 km autour de Brazzaville où seuls des sondages ont été effectués.

Dans cet article, après une description de la région étudiée, nous présentons les résultats des enquêtes entomologiques effectuées à Linzolo et dans les autres villages, et nous passons en revue les résultats les plus significatifs des travaux antérieurs en zone rurale dans la région de Brazzaville afin de dégager un tableau d'ensemble des modalités entomologiques de la transmission du paludisme dans cette région du Congo.

PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDES

Trois ensembles naturels se partagent l'arrière pays brazzavillois : le plateau de Mbé, la retombée du plateau de Mbé et le plateau des cataractes (fig. 1). De nombreux travaux de géographie physique et humaine leur ont été consacrés (4, 5, 20, 34, 39, 43, 47, 48), auxquels nous empruntons les éléments de la description suivante :

Le plateau de Mbé débute à une quarantaine de kilomètres au nord de Brazzaville et s'étend sur 7 500 km². Son altitude varie entre 600 et 750 m ; les seuls accidents topographiques sont dus à quelques vallées et à des dépressions dont la dénivellation dépasse rarement quelques mètres. Les sols datent du tertiaire et sont constitués de sables et de limons sablo-argileux sur une épaisseur de 60 à 100 m. Du fait de leur forte perméabilité il n'existe pas de rivières et les seules collections d'eau, presque toujours temporaires, sont retrouvées au niveau de rares dépressions dont le fond a été imperméabilisé par la décomposition de matières végétales. La végétation est une savane à tapis graminéen clairsemé à *Trachypogon thollonii*. Les arbustes sont rares. Quelques bosquets correspondent à l'emplacement des anciens villages tandis que des plantations récentes de pins et d'eucalyptus ont été développées avec succès près de PK Rouge. La densité de la population est très faible, moins d'un habitant au kilomètre carré.

Le plateau des cataractes occupe une partie importante du site même de l'agglomération de Brazzaville et s'étend à l'ouest de celle-ci. Dans le secteur qui nous intéresse ici, il est limité au sud-est par le Congo et au nord-est par le Djoué dont il déborde toutefois légèrement sur la rive gauche. D'un point de vue géologique, il s'agit d'une série schisto-gréseuse (série de l'Inkisi) datant du précambrien supérieur. Du fait d'une forte érosion occasionnée par un réseau hydrographique très dense, ce « plateau » est en fait une région de collines dont l'altitude varie généralement de 300 à 500 m. Les sols sont sableux, soit qu'ils proviennent de la décomposition des grès de l'Inkisi, soit le plus souvent — notamment au sommet des collines — qu'il s'agisse de sables de recouvrement d'âge tertiaire. Tout ce secteur jadis très boisé (forêt mésophile à essences caducifoliées) a subi un défrichement intense en

raison d'une forte pression démographique et de la demande croissante de Brazzaville en produits vivriers et en bois de chauffe. Les jachères sont désormais insuffisantes pour que la forêt se reconstitue et celle-ci ne subsiste plus que sous forme de galeries très dégradées le long des cours d'eau et de lambeaux alternant avec des zones de savane sur les pentes et les sommets. Ce secteur regroupe plus de 90 % de la population résidant en zone rurale dans la région de Brazzaville. La densité moyenne de la population est d'environ 40 habitants au kilomètre carré.

La retombée du plateau de Mbé s'étend au nord de Brazzaville, entre les deux formations précédentes. Il s'agit de fortes collines sableuses, dont l'altitude varie entre 300 et 600 m, et qui constituent les contreforts du plateau de Mbé. C'est sur des collines de ce type que se fait actuellement vers le nord l'extension de Brazzaville (Quartier Tout pour le Peuple notamment). Diverses vallées découpent nettement le paysage. Elles sont de deux sortes : soit des vallées vives où coulent des rivières ayant pris naissance au pied des plateaux, soit des vallées afférentes sèches ou temporaires. D'étroites galeries forestières longent les cours d'eau tandis que la savane occupe le reste du paysage. Les sables des collines, délavés par l'érosion, sont impropres à toute culture. La population de ce secteur est peu nombreuse et regroupée dans quelques villages à proximité des rivières. La densité de la population est d'environ 5 habitants au kilomètre carré.

Il existe deux grandes saisons, très contrastées, caractérisées principalement par la pluviosité. *La saison sèche* dure environ quatre mois, de juin à septembre. L'absence de précipitations est presque totale mais les rosées et brouillards matinaux sont habituels. Les températures sont les plus basses de l'année avec des minimas moyens compris entre 17° C et 19,9° C. L'ensoleillement est faible du fait d'un épais plafond de nuages. *La saison des pluies* dure huit mois, d'octobre à mai. Les précipitations sont abondantes, généralement sous forme d'orages violents survenant en fin d'après-midi ou en début de nuit. Vers janvier, on observe fréquemment pendant plusieurs semaines un net ralentissement des précipitations, d'où l'appellation de petite saison sèche, cette « saison » gardant par ailleurs tous les caractères d'une saison humide.

La hauteur annuelle moyenne des précipitations à Brazzaville, calculée sur une période de 34 ans est de 1 374,1 mm. Une hauteur maximale de 1 716 mm a été relevée en 1961 et une hauteur minimale de 990 mm en 1978. Les années 1980 à 1984, pendant lesquelles a été réalisée cette étude, ont connu une pluviosité normale. Les mois les plus arrosés sont novembre et avril, avec en moyenne 264,4 mm et 204,1 mm de pluie. Les précipitations les plus faibles sont observées en juin, juillet et septembre avec moins de 4 mm de pluie.

L'humidité relative moyenne est toujours élevée et ne montre que peu de variations saisonnières. Elle est de 83 % pour le mois le plus humide (décembre) et de 73,4 % pour le mois le plus sec (septembre). L'humidité relative minimale moyenne, qui correspond habituellement au début de l'après-midi où la température est maximale, varie selon les mois de l'année de 60,8 % (décembre) à 51,8 % (septembre).

La température moyenne journalière est de 25,1° C pour l'ensemble de

l'année. Son amplitude mensuelle est faible, avec comme extrêmes 26,5° C en mars-avril et 21,9° C en juillet. La température minimale moyenne est de 20,3° C. Elle est toujours supérieure à 21° C pendant la saison des pluies; mais descend jusqu'à 17° C en saison sèche. La température maximale moyenne varie de 31,5° C (mars et avril) à 26,7° C (juillet). Elle est de 29,9° C pour l'ensemble de l'année.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les captures de la faune matinale résiduelle ont intéressé 11 villages : Linzolo, Madibou, Djoumouna, Yaka-Yaka, Loukanga, Nganga-Lingolo, Kélé-Kélé, Makana, Tsangamani, Djiri et Kintélé. Elles ont été effectuées par une équipe de deux captureurs et n'ont pas comporté de pulvérisation de pyréthrine.

Les captures de nuit sur appât humain, limitées au village de Linzolo, ont été effectuées par trois équipes de deux captureurs travaillant de 21 heures à 6 heures du matin dans trois habitations différentes, un captureur étant placé à l'intérieur, l'autre à l'extérieur. Quelques séances (8 au total) ont été effectuées avec 8, 5 ou 4 captureurs. Dans ce dernier cas, les quatre captureurs étaient placés à l'intérieur. Lors de 7 séances, les trois captureurs initialement placés à l'extérieur ont poursuivi les captures à l'intérieur en raison d'une forte pluie. Enfin, 8 séances ont débuté à 20 heures.

Les captureurs récoltaient les moustiques qui les piquaient au niveau des jambes dans de petits tubes en verre collectés toutes les heures. Après identification, les anophèles étaient disséqués pour la recherche de sporozoïtes dans les glandes salivaires et l'examen des pelotons trachéolaires après dessiccation selon la méthode de DETINOVA (21). La dissection intervenait immédiatement dans la plupart des cas; lors de récoltes très abondantes, une partie des anophèles était disséquée le lendemain après conservation à + 4° C.

Des recherches systématiques de gîtes larvaires ont été effectuées à Linzolo en différentes saisons. Selon les cas, les larves ont été déterminées après montage ou élevage.

RÉSULTATS

Captures de la faune matinale résiduelle.

108 séances de capture de la faune matinale résiduelle intra-domiciliaire ont été effectuées entre novembre 1980 et mai 1984, permettant la capture de 2 902 femelles d'anophèles.

Les résultats par village ainsi que le détail des espèces capturées sont indiqués sur le tableau I. En moyenne, 2,6 anophèles ont été capturés par pièce visitée. Toutefois, ces captures ayant été initialement destinées à des élevages d'*A. gambiae*, nous n'avons pas utilisé de pyréthrine et la densité par pièce est ainsi fortement sous estimée. Une étude comparative sans et avec pyréthrine effectuée à Brazzaville a montré que dans les conditions de ces séances de capture (type d'habitat et équipe de captureurs concernés),

TABLEAU I

Résultats des captures de la faune matinale résiduelle intra-domiciliaire effectuées dans 11 villages des environs de Brazzaville.

Village	Séances (Nb)	Pièces visitées	Nombre de femelles d'anophèles capturées						Total Anophèles par pièce	Nb moyen
			A.	A.	A.	A.	A.	A.		
			<u>gambiae</u>	<u>funestus</u>	<u>moucheti</u>	<u>paludis</u>	<u>hancocki</u>	<u>brunnipes</u>		
Linzolo	16	171	313	18	22	1	3	0	357	2,1
Madibou	6	72	158	24	14	0	5	0	201	2,8
Djournouna	18	178	330	34	73	3	5	0	445	2,5
Yaka-Yaka	8	100	240	26	33	5	0	0	304	3,0
Loukanga	13	136	305	81	44	0	0	0	430	3,2
Nganga-Lingolo	10	95	192	50	28	0	0	0	270	2,8
Kélé-Kélé	12	143	319	46	39	0	1	1	406	2,8
Makana	6	68	140	31	9	2	1	0	183	2,7
Tsangamani	8	84	190	5	4	0	0	0	199	2,4
Djiri	6	42	54	0	0	12	0	0	66	1,6
Kintélé	5	31	30	0	3	8	0	0	41	1,3
Total	108	1120	2271	315	269	31	15	1	2902	2,6

il convenait de multiplier par 3,4 la densité par pièce observée, soit un taux proche de celui trouvé en Côte d'Ivoire par Coz *et al.* (16).

L'observation la plus remarquable est la forte homogénéité tant qualitative que quantitative des résultats des divers villages, notamment ceux situés au sud-ouest de Brazzaville. *A. gambiae* est partout l'espèce largement dominante, et elle représente en moyenne 78,25 % des anophèles capturés par cette méthode.

Une partie des anophèles capturés a été disséquée, soit immédiatement, soit après un séjour de plusieurs jours en insectarium. Sur 67 *A. gambiae* (tous capturés à Linzolo) disséqués le jour même de leur capture, 3 (4,48 %) ont été trouvés infectés. Nous avons également disséqué le jour de leur capture 100 *A. funestus*, 100 *A. moucheti*, 31 *A. paludis*, 13 *A. hancocki* et 1 *A. brunnipes* provenant de l'ensemble des onze villages. Seuls 3 *A. funestus* ont été trouvés infectés. Enfin, 338 *A. gambiae* ont été disséqués après un séjour de 3 à 8 jours en insectarium : 22 (6,51 %) ont été trouvés infectés.

Captures de nuit sur appât humain.

40 séances de captures de nuit sur appât humain (229 nuits/homme) ont été effectuées à Linzolo entre octobre 1981 et janvier 1984. Elles ont permis la capture de 6 949 femelles d'anophèles appartenant à six espèces différentes. Il s'agissait de :

6 230 *A. gambiae* (89,65 % des captures).

375 *A. funestus* (5,40 %).

- 202 *A. paludis* (2,91 %).
 55 *A. nili* (0,79 %).
 52 *A. hancocki* (0,75 %).
 35 *A. moucheti* (0,59 %).

Nous présentons séparément les résultats obtenus en saison des pluies et en saison sèche. Cette dernière est caractérisée par une absence quasi totale de précipitations et, dans sa première période, par des températures minima et maxima sensiblement plus faibles que celles du reste de l'année. Le début et la fin des pluies survenant à des dates variables selon les années, nous avons considéré comme captures de saison des pluies celles effectuées dix jours au moins après le début des pluies et un mois au plus après leur arrêt. Suivant cette définition, la durée habituelle de la saison des pluies est d'environ neuf mois et celle de la saison sèche de trois mois.

Captures en saison des pluies.

26 séances de captures de nuit sur appât humain (145 nuits/homme) ont été effectuées. Elles ont permis la capture de 5 145 anophèles. Il s'agissait de 4 537 *A. gambiae* (88,18 %), 361 *A. funestus* (7,02 %), 115 *A. paludis* (2,24 %), 51 *A. hancocki* (0,99 %), 49 *A. nili* (0,95 %) et 32 *A. moucheti* (0,62 %). Le nombre de piqûres d'anophèles par homme et par nuit était de 35,48, dont 31,29 pour *A. gambiae*.

L'examen des glandes salivaires de 3 943 anophèles (3 689 *A. gambiae*, 191 *A. funestus*, 35 *A. paludis*, 16 *A. nili*, 6 *A. hancocki* et 6 *A. moucheti*) a permis d'observer la présence de sporozoïtes chez 96 *A. gambiae* et 3 *A. funestus*, soit un indice sporozoïtique de 2,60 % pour *A. gambiae* et de 1,57 % pour *A. funestus*.

Captures en saison sèche.

14 séances de captures de nuit sur appât humain (84 nuits/homme) ont été effectuées. Elles ont permis la capture de 1 804 anophèles dont 1 693 *A. gambiae* (93,85 %), 87 *A. paludis* (4,82 %), 14 *A. funestus* (0,78 %), 6 *A. nili* (0,33 %), 3 *A. moucheti* (0,17 %) et 1 *A. hancocki* (0,05 %). Le nombre de piqûres d'anophèles par homme et par nuit était de 21,48, dont 20,16 pour *A. gambiae*.

L'examen des glandes salivaires de 1 565 anophèles (1 555 *A. gambiae*, 7 *A. funestus* et 3 *A. paludis*) a permis d'observer la présence de sporozoïtes chez 11 *A. gambiae*, soit un indice sporozoïtique de 0,71 % pour cette espèce.

Lieux et rythmes de piqûres.

Sur 6 230 *A. gambiae* capturés sur homme, 3 566 provenaient de captures intra-domiciliaires et 2 664 de captures extra-domiciliaires. Compte tenu du nombre plus important d'heures de capture effectuées à l'intérieur (1 249 heures) qu'à l'extérieur (823 heures), ces dernières se sont révélées un peu plus productives (3,24 *A. gambiae*/h au lieu de 2,86 *A. gambiae*/h). En fait, cette différence peut être attribuée au fait que les captures à l'extérieur étaient

interrompues en cas de forte pluie, seules étant alors poursuivies les captures à l'intérieur des habitations. De même, un nombre équivalent de *A. funestus* a été capturé à l'intérieur et à l'extérieur des habitations (202 et 173).

Le rythme horaire de piqûres d'*A. gambiae* à l'intérieur et à l'extérieur des habitations est présenté sur la figure 2. A l'intérieur, on observe un maximum entre 1 heure et 2 heures du matin. Toutefois le rythme est élevé dès 23 heures et ne décroît sensiblement qu'après 4 heures. A l'extérieur des habitations, un rythme élevé est atteint plus tôt, entre 22 et 23 heures, et le maximum est également atteint plus tôt, entre minuit et une heure.

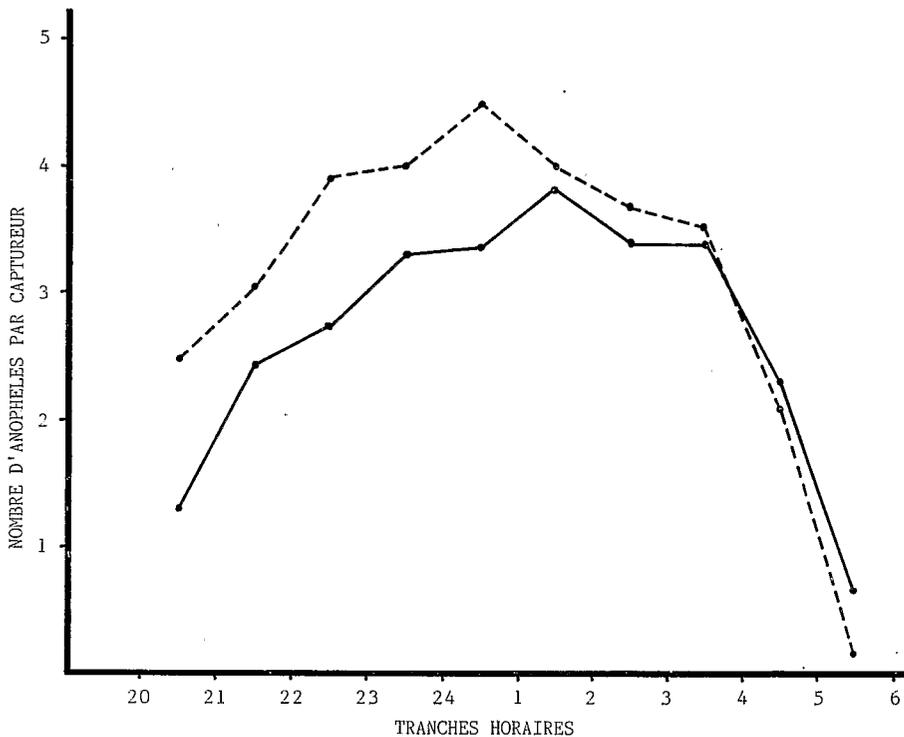


Fig. 2. — Rythme horaire d'agressivité de *A. gambiae* lors des captures de nuit sur appât humain. Le trait plein correspond aux captures dans les habitations, le trait discontinu aux captures hors des habitations.

Taux d'inoculation entomologique.

Le taux d'inoculation entomologique (he) a été calculé à partir des résultats des captures de nuit sur appât humain en utilisant les formules $he = mas$ et $PHN = ma$, où PHN est le nombre de piqûres d'anophèles par homme et par nuit, s la proportion d'anophèles porteurs de sporozoïtes dans les glandes salivaires, m la densité anophélienne en relation avec l'homme et a le nombre moyen de sujets piqués par un moustique donné en un jour (37).

En saison des pluies, on obtient à Linzolo les valeurs suivantes : $PHN = 35,48$ (*A. gambiae* : 31,29 ; *A. funestus* : 2,49 ; autres espèces : 1,70) et

$s = 2,60 \%$ (*A. gambiae*) ou $s = 1,57 \%$ (*A. funestus*). On en déduit le taux d'inoculation entomologique : $he = 0,814$ (*A. gambiae*) + $0,039$ (*A. funestus*) = $0,853$, ce qui correspond à $5,97$ piqûres infectantes par personne par semaine. En considérant que la saison des pluies — telle qu'elle a été définie précédemment — dure en moyenne environ 9 mois, on obtient ainsi un total de $232,9$ piqûres infectantes pour la période considérée.

En saison sèche, on obtient les valeurs suivantes : PHN = $21,48$ (*A. gambiae* : $20,15$, autres espèces : $1,33$) et $s = 0,71 \%$ (*A. gambiae*). On en déduit le taux d'inoculation entomologique : $he = 0,143$, ce qui correspond à une piqûre infectante par personne par semaine. Pour les trois mois de la période considérée, on obtient un total de $13,2$ piqûres infectantes.

Sur l'ensemble de l'année, les habitants de Linzolo sont ainsi exposés à 246 piqûres infectantes par personne.

Taux quotidien de survie.

Le taux quotidien de survie (p) est un paramètre épidémiologique essentiel pour lequel de nombreuses méthodes de détermination ont été successivement proposées. Elles sont basées sur les indices sporozoïtiques immédiats et retardés (18, 19, 36), le rapport entre l'indice oocystique et l'indice sporozoïtique (23), la détermination de l'âge physiologique (9, 15, 17, 33), les études de marquage et recapture (26, 28).

La simplicité de la détermination de l'âge physiologique selon la méthode de DETINOVA (21) nous a conduit à utiliser la formule de DAVIDSON (17) : $p = \sqrt[x]{A}$ où A est la proportion de femelles pares et x le nombre de jours séparant deux repas de sang.

Pour A , nous avons retenu les résultats de la dissection de $1\ 784$ *A. gambiae* effectuée immédiatement après leur capture sur appât humain entre novembre et mai, période où la population de ce vecteur est la plus stable. La proportion de femelles pares était de $83,80 \%$.

L'intervalle de temps entre deux repas de sang varie classiquement entre 2 et 3 jours pour *A. gambiae* (9, 25, 28, 41). En l'absence de données suffisantes dans le cas de Linzolo, nous avons retenu la valeur $x = 2$ jours.

On peut ainsi calculer le taux quotidien de survie d'*A. gambiae* :

$$p = \sqrt[2]{0,838} = 0,915.$$

Espérance de vie et espérance de vie infectante.

L'espérance de vie du vecteur ($1/(-\log_e p)$) et l'espérance de vie infectante ($p^n/(-\log_e p)$), sont calculées à partir du taux quotidien de survie (37).

L'espérance de vie d'*A. gambiae* à Linzolo est de $11,26$ jours. L'espérance de vie infectante est fonction, outre du taux quotidien de survie, de la durée du cycle extrinsèque du *Plasmodium* chez l'anophèle (n), qui elle-même dépend de la température (T). Selon МОШКОВСКИЙ (40), pour *P. falciparum*, $n = 111/T - 16 = 12,2$ jours dans les conditions climatiques de Linzolo (température moyenne annuelle à Brazzaville et dans sa région : $25,1^\circ$). On obtient ainsi une valeur de $3,85$ jours pour l'espérance de vie infectante moyenne de *A. gambiae* à Linzolo. En fonction de la saison, l'espérance de vie infectante

est maximum en saison des pluies avec 4,11 jours et minimum en saison sèche avec 2,95 jours. Les valeurs extrêmes sont observées en mars-avril (4,45 jours) et en juillet (2,15 jours).

Capacité vectorielle.

La capacité vectorielle, telle qu'elle est définie par GARRETT-JONES (22), reflète la quantité attendue d'infections nouvelles par cas infectant par jour. Elle varie avec l'espérance de vie infectante du vecteur ($p^n / -\log_e p$), le taux d'agressivité (ma) et le rythme d'agressivité (a) : $C = ma^2 p^n / -\log_e p$.

La valeur de a est égale au rapport de l'indice d'anthropophilie par la durée du cycle gonotrophique. Nous n'avons pas étudié l'indice d'anthropophilie de *A. gambiae* à Linzolo. Toutefois, à partir des données de la littérature pour l'Afrique Centrale (10, 27, 30) et du fait de la faible importance de l'élevage à Linzolo, nous estimons que celui-ci est probablement très élevé, de l'ordre de 95 %. On peut ainsi calculer le rythme d'agressivité : $a = 0,95/2 = 0,475$, d'où nous obtenons la capacité vectorielle de *A. gambiae* en saison des pluies : $C = 61,1$, et en saison sèche : $C = 28,2$.

Indice de stabilité.

L'indice de stabilité de MACDONALD (37) représente le nombre moyen de piqûres sur homme qu'effectue un anophèle durant sa vie. Plus cet indice est élevé (paludisme stable), plus il suffit d'une faible densité anophélienne pour que la transmission continue. Cet indice est fonction du rythme d'agressivité et du taux quotidien de survie : $IS = a / -\log_e p$. On peut ainsi calculer qu'à Linzolo l'indice de stabilité d'*A. gambiae* est de 5,35.

Gîtes larvaires.

Diverses enquêtes visant à préciser la nature et l'emplacement de gîtes larvaires des principales espèces anophéliennes ont été effectuées à Linzolo.

Ainsi que dans l'ensemble de cette région du Congo, les sols ont une teneur en sable très élevée, dépassant 80 %. Il s'agit en outre d'une région très vallonnée, le village lui-même s'étendant sur quatre collines et les vallons qui les séparent. De ce fait les eaux de pluies s'infiltrant rapidement dans le sol ou ruissellent, et les gîtes larvaires directement consécutifs à leur stagnation sont exceptionnels.

En particulier, les pistes qui traversent le village présentent généralement une pente marquée, ce qui empêche la constitution d'ornières ou la mise en eau des fossés, gîtes classiques pour *A. gambiae*. Aussi, tant en saison des pluies qu'en saison sèche, les gîtes sont observés au niveau des ruisseaux qui traversent le village et des aménagements de leurs berges réalisés par les villageois.

Les ruisseaux ont un cours souvent rapide, ce qui limite la possibilité d'établissement de gîtes. Toutefois, en de nombreux endroits leur lit s'élargit suffisamment pour que des petites criques d'eau calme et peu profonde apparaissent. La végétation y est généralement très éclaircie car ces endroits sont souvent utilisés par les villageois pour leurs activités quotidiennes ou comme point de passage. Sur les bords et dans les zones d'herbes semi-immergées on y

trouve fréquemment des larves d'*A. gambiae*, plus rarement des larves d'*A. funestus* et d'*A. paludis*. Par ailleurs, les variations du niveau des ruisseaux jointes aux modifications des berges entraînées par la déforestation et le piétinement permettent la création en de nombreux endroits de petites dépressions et d'empreintes remplies d'eau stagnante et ensoleillée qui forment de bons gîtes pour *A. gambiae*.

Les aménagements des berges des ruisseaux constituent la deuxième grande catégorie de gîtes larvaires. Réalisés par plusieurs générations de villageois, ils sont de nature, d'ancienneté et d'entretien très divers. Il s'agit de trous d'emprunts de terre, de puits sommaires utilisés comme réserve d'eau, de petites mares anciennement destinées au rouissage du manioc, de bassins pour l'élevage de poissons (*Tilapias*), de rigoles d'irrigation ou de drainage des cultures maraîchères et de mise en eau des bassins. Beaucoup de ces aménagements restent en eau toute l'année, ce qui explique le maintien d'une densité anophélienne relativement élevée en saison sèche. On y trouve principalement des larves de *A. gambiae*, mais nous y avons aussi capturé des larves de *A. funestus*, *A. moucheti* et *A. paludis*.

REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS ET DISCUSSION

Toutes les enquêtes entomologiques effectuées à ce jour en zone rurale dans la région de Brazzaville ont montré une forte prédominance de *A. gambiae* lors des captures de nuit sur appât humain ou de la faune matinale résiduelle intra-domiciliaire. Ainsi, *A. gambiae* est l'espèce la plus fréquemment capturée dans les onze villages que nous avons étudiés; elle est également l'espèce la plus fréquente à Mabaya, Massissia et Cité du Djoué (7), M'Bamou village et Yalavounga (42), PK Rouge (14) et Kinkala (30).

La densité de ce vecteur est toujours très élevée : 31 piqûres/homme/nuit (PHN) en saison des pluies et 20 PHN en saison sèche à Linzolo, 96 PHN à Djoumouna (12), 24 PHN à M'Bamou village et 78 PHN à Yalavounga (42), 77 PHN à Loukanga (6). Dans les villages où des captures sur appât humain n'ont pas été effectuées, on peut néanmoins déduire que la densité vectorielle agressive de nuit est d'un même ordre de grandeur à partir des résultats des captures de la faune matinale résiduelle intra-domiciliaire.

Les variations saisonnières de la densité anophélienne paraissent faibles dans la plupart des villages, à l'exception toutefois de ceux situés au nord-est de Brazzaville sur le plateau de Mbé en raison de l'absence complète d'eau de surface pendant la saison sèche : ainsi, à PK Rouge, le nombre de PHN varie de plus de 50 en janvier à 0 en juillet et août (14). L'influence de l'activité humaine sur la prolifération de *A. gambiae*, déjà soulignée par de nombreux auteurs, est particulièrement nette dans la région de Brazzaville. L'exemple de Linzolo montre que la totalité des gîtes larvaires observés dans ce village résulte de l'action de l'homme sur le milieu. De même, les très fortes densités vectorielles observées à Djoumouna sont la conséquence de la construction de vastes étangs de pisciculture.

14 espèces d'anophèles ont été signalées dans la région de Brazzaville (1, 2,

7, 35) : *A. gambiae*, *A. funestus*, *A. moucheti*, *A. nili*, *A. hancocki*, *A. paludis*, *A. coustani*, *A. ziemanni*, *A. brunniipes*, *A. rhodesiensis*, *A. cinctus*, *A. obscurus*, *A. marshalli* et *A. brohieri*. Seules les huit premières ont été capturées sur appât humain, et les citations de *A. marshalli* et de *A. brohieri* correspondent probablement à des déterminations erronées. *A. gambiae* représente habituellement près de 90 % des captures. Toutefois, localement ou saisonnièrement, certaines espèces comme *A. paludis*, *A. moucheti*, ou *A. funestus* peuvent représenter plus de 15 % des captures (6, 7, 12, 42). Dans le cas de Linzolo, lors d'une capture effectuée en janvier 1983, *A. funestus* a représenté 56,6 % des anophèles capturés sur appât humain avec 24 PHN pour cette espèce alors que lors des 39 autres séances de capture *A. funestus* n'a dépassé 10 % des anophèles capturés qu'à trois reprises avec un maximum de 15,4 %. Nous n'avons pas d'explication satisfaisante pour cette brusque pullulation qui a toutefois coïncidé avec une période prolongée de précipitations régulières mais de faible amplitude.

En fait, c'est surtout *A. moucheti* qui localement peut être particulièrement abondant. C'est le cas pour beaucoup de villages directement riverains du fleuve Congo ou de grandes rivières. Ainsi, à Goma Tsétsé sur le Djoué, BRADY (7) a observé une densité de 2,75 *A. moucheti* par pièce tandis que cette espèce était souvent la seule capturée par ADAM et VATTIER (3) dans les villages riverains du fleuve Congo en amont de Brazzaville. Les étangs de pisciculture conviennent bien à cette espèce (12, 35), mais les gîtes principaux sont surtout situés au niveau de la végétation flottante des grands cours d'eau et notamment des radeaux de jacinthes d'eau et d'herbes coupées bloqués par les berges (29, 31, 38). Quelques rivières de faible importance semblent également bien convenir à *A. moucheti* puisque cette espèce est également abondante à Loumou et à Djouari village sur le Djouari (7). Dans les galeries forestières et à distance des villages, c'est principalement *A. paludis* qui a été capturé sur appât humain par GREJBINE *et al.* (29) à l'île M'Bamou et dans les galeries forestières de la Lifoula et du Djiri.

La plupart des données sur l'indice sporozoïtique concernent *A. gambiae*. A Massissia, sur 55 *A. gambiae* disséqués par BRADY (7), 2 (3,6 %) étaient infectés. De même, cet auteur a trouvé 7 infections (11,5 %) dans un lot de 61 *A. gambiae* provenant essentiellement de Kélékélé et de Goma Tsétsé. A Djoumouna, CARNEVALE (12) a observé un indice sporozoïtique de 3,4 % (effectif 9 390), valeur proche de celles retrouvées par BIRSINDOU (6) dans ce même village : 3,1 % pour 2 133 *A. gambiae* disséqués, et à Loukanga : 3,2 % pour 916 *A. gambiae* disséqués. A M'Bamou village, NZIAMBOUDI (42) a observé chez ce vecteur un indice sporozoïtique de 4,2 % (effectif : 96) et à Yalavounga un indice sporozoïtique de 3,5 % (effectif : 342). A PK Rouge, l'indice sporozoïtique était de 1,5 % pour 663 *A. gambiae* disséqués (14).

Nous avons observé à Linzolo une diminution importante de l'indice sporozoïtique de *A. gambiae* en saison sèche que nous attribuons à la diminution de la température en cette saison. Toutefois, une comparaison avec les résultats de Djoumouna (12) et de Loukanga (6) montre que la diminution de l'indice sporozoïtique est inconstante selon les années et les villages lors des deux premiers mois de saison sèche. Ceci peut être expliqué par le fait que le vieillisse-

ment de la population anophélienne en saison sèche, qui est variable selon les villages en fonction de la nature des gîtes larvaires, tend à augmenter l'indice sporozoïtique tandis que la baisse de la température dont l'effet est inverse survient plus ou moins précocement et d'une façon plus ou moins marquée selon les années.

Outre *A. gambiae*, seuls *A. funestus*, *A. moucheti* et *A. nili* ont été trouvés infectés dans la région de Brazzaville. En rassemblant les résultats des dissections de MAILLOT et GREJBINE (38), BRADY (7), CARNEVALE *et al.* (13), TRAPE et ZOULANI (46), ainsi que ceux rapportés dans cet article, on obtient les indices sporozoïtiques suivants : 2,01 % pour *A. funestus* (349 disséqués) et 1,79 % pour *A. moucheti* (503 disséqués). Sur 30 *A. nili* disséqués, la présence de sporozoïtes a été observée une fois. *A. nili* semble toutefois être un mauvais vecteur, comme le suggèrent les résultats de dissections dans d'autres régions du Congo : un seul *A. nili* infecté sur 1 981 disséqués près de Kindingamba (11) et aucun infecté sur 107 disséqués à Punga dans le Mayombe (45). Enfin, *A. paludis* et *A. hancocki* n'ont pas été trouvés infectés lors de la dissection de 248 et 71 femelles de ces espèces.

Les taux d'agressivité de *A. gambiae* dans et hors les habitations sont globalement équivalents, ce qui rejoint les observations de plusieurs auteurs (24, 32, 44). Toutefois, cela n'est pas toujours le cas : Coz *et al.* (16) en Côte d'Ivoire et BRENGUES (8) en Haute-Volta ont observé un taux d'agressivité significativement plus élevé à l'intérieur des habitations qu'à l'extérieur. Le rythme d'agressivité de *A. gambiae* présente un maximum après minuit, ce qui est conforme à l'ensemble des observations antérieures (27). Un décalage est observé entre les pics d'agressivité dans et hors les habitations, ce dernier intervenant plus tôt, ce qui semble logique quand les lieux de repos sont situés dans la végétation. Un décalage inverse est parfois observé (8).

CONCLUSION

De nombreux travaux entomologiques ont été effectués depuis près de 40 ans dans la région de Brazzaville. Ils montrent que la transmission du paludisme en zone rurale dans cette région est principalement caractérisée :

— par une très forte intensité de transmission, comprise entre environ 200 et 1 000 piqûres infectantes annuelles par personne dans l'ensemble des villages à l'exception de ceux situés sur le plateau de Mbé où une intensité de transmission plus faible est observée ;

— par le rôle vecteur quasi exclusif de *A. gambiae*, les autres vecteurs potentiels rencontrés (*A. funestus*, *A. moucheti* et *A. nili*) ayant des densités ou des indices sporozoïtiques trop faibles pour avoir une importance épidémiologique significative ;

— par l'absence de variations saisonnières importantes, la transmission n'étant jamais inférieure à plusieurs piqûres infectantes par personne par mois lors de la saison sèche, à l'exception toutefois des villages situés sur le plateau de Mbé ;

— par un indice de stabilité élevé, qui rend nécessaire une réduction considérable de la densité vectorielle pour permettre une diminution du niveau d'endémie palustre.

BIBLIOGRAPHIE

1. ADAM (J. P.). — Répartition géographique des anophèles en République du Congo. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasit.*, 1964, 2, 73-82.
2. ADAM (J. P.) & SOUWEINE (G.). — Étude de la sensibilité aux insecticides des culicidae de Brazzaville (République du Congo) avec quelques notes de faunistique et de biologie. *Bull. Inst. Rech. Scient. Congo*, 1962, 1, 31-43.
3. ADAM (J. P.) & VATTIER (G.). — Rapport d'enquête sur le peuplement anophélien des rives du Congo et de l'Oubangui. ORSTOM, Brazzaville, 1963.
4. ATLAS DU CONGO. ORSTOM, Brazzaville, 1969.
5. AUGER (A.). — Kinkala, étude d'un centre urbain secondaire au Congo-Brazzaville. *Travaux et documents de l'ORSTOM*, n° 28, 1973.
6. BITSINDOU (P.). — Impact des traitements insecticides (Deltamethrine) sur la transmission du paludisme et sa morbidité dans un village des environs de Brazzaville (République Populaire du Congo). *Thèse 3^e cycle*, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 1984.
7. BRADY (J. N.). — Rapport sur une enquête entomologique à Brazzaville et dans les villages environnants. O. M. S., AFR/MAL/47, document non publié, mai 1961.
8. BRENGUES (J.). — La filariose de Bancroft en Afrique de l'Ouest. *Mémoires ORSTOM*, n° 79, 1975.
9. BRENGUES (J.) & COZ (J.). — 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. Parasit.*, 1973, 11, 107-126.
10. BRUCE-CHWATT (L. J.), GOCKEL (C. W.) & WEITZ (B.). — Study of blood feedings patterns of *Anopheles* mosquitoes through precipitating tests. *Bull. O. M. S.*, 1960, 22, 685-720.
11. CARNEVALE (P.). — Variations saisonnières d'une population d'*Anopheles nili* (Theo) 1904 en République Populaire du Congo. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasit.*, 1974, 12, 165-174.
12. CARNEVALE (P.). — Le paludisme dans un village des environs de Brazzaville, République Populaire du Congo. *Thèse Sciences*, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 1979.
13. CARNEVALE (P.), FREZIL (J. L.), BOSSENO (M. F.), LE PONT (F.) & LANCIEN (J.). — Étude de l'agressivité d'*Anopheles gambiae* A en fonction de l'âge et du sexe des sujets humains. *Bull. O. M. S.*, 1978, 56, 147-154.
14. CARNEVALE (P.), MICHEL (R.), BOSSENO (M. F.), MOLEZ (J. F.) & ZOULANI (A.). — Études simultanées de l'épidémiologie du paludisme en zone de savane herbeuse et de forêt dégradée des environs nord et sud de Brazzaville (R. P. Congo). *Rapport final, 14^e Conf. Tech. OCEAC*, 1982, 115-126.
15. COZ (J.), GRUCHET (H.), CHAUVET (G.) & COZ (M.). — Estimation du taux de survie chez les anophèles. *Bull. Soc. Path. exot.*, 1961, 54, 1353-1358.
16. COZ (J.), HAMON (J.), SALES (S.), EYRAUD (M.), BRENGUES (J.), SUBRA (R.) & ACCROMBESSI (R.). — Études entomologiques sur la transmission du paludisme humain dans une zone de forêt humide dense, la région de Sassandra, République de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasit.*, 1966, 4, 13-42.
17. DAVIDSON (G.). — Estimation of the survival-rate of Anopheline mosquitoes in nature. *Nature*, 1954, 174, 792-793.

18. DAVIDSON (G.). — Further studies on the basic factors concerned in the transmission of malaria. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 1955, 49, 339-350.
19. DAVIDSON (G.) & DRAPER (C. C.). — Field studies of some of the basic factors concerned in the transmission of malaria. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 1953, 47, 522-535.
20. DENIS (B.). — Notice explicative n° 52. Carte pédologique Brazzaville Kinkala, République Populaire du Congo à 1/200 000^e. ORSTOM, Paris, 1974.
21. DETINOVA. — Détermination de l'âge physiologique des Anophèles femelles à partir des modifications des trachéoles ovariennes (en russe). *Med. Parazit. i Parazitarn. Bolezni*, 1945, 14, 45-49.
22. GARRETT-JONES (C.). — Prognosis for interruption of malaria transmission through assessment of the mosquito's vectorial capacity. *Nature*, 1964, 204, 1173-1175.
23. GARRETT-JONES (C.). — Problems of epidemiological entomology as applied to malarialogy. *Misc. Publ. Ent. Soc. Am.*, 1970, 7, 168-180.
24. GEFLAND (H. M.). — *Anopheles gambiae* Giles and *A. melas* Theobald in a coastal area of Liberia, West Africa. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 1955, 49, 508-527.
25. GILLIES (M. T.). — The duration of the gonotrophic cycle in *Anopheles gambiae* and *Anopheles funestus*, with a note on the efficiency of hand catching. *East. Afr. Med. J.*, 1953, 30, 125-135.
26. GILLIES (M. T.). — Studies on the dispersion and survival of *Anopheles gambiae* Giles in East Africa, by means of marking and release experiments. *Bull. Ent. Res.*, 1961, 52, 99-127.
27. GILLIES (M. T.) & DE MEILLON (B.). — The Anophelinae of Africa South of the Sahara (Ethiopian Zoogeographical Region). Second edition. *Publ. South Afr. Inst. Med. Res.*, n° 54, 1968.
28. GILLIES (M. T.) & WILKES (T. J.). — A study of the age composition of populations of *Anopheles gambiae* Giles and *A. funestus* Giles in north-eastern Tanzania. *Bull. Ent. Res.*, 1965, 56, 237-262.
29. GREJBINE (A.), GRILLOT (J. P.) & LAURENTIN (M. F.). — Moustiques de l'île de M'Bamou (Congo). II. Quelques espèces agressives de Culicidae (Diptera) de la région du Stanley-Pool. *Bull. Must. Nat. Hist. Nat., Ecol. Gen.*, 1977, 40, 201-236.
30. GUEYE (I.) & ODETOYINBO (J. A.). — Le paludisme en République Populaire du Congo. O. M. S., AFR/MAL/138, document non publié, 1974.
31. HAMON (J.), ADAM (J. P.) & GREJBINE (A.). — Observations sur la répartition et le comportement des Anophèles de l'Afrique Équatoriale Française, du Cameroun et de l'Afrique Occidentale. *Bull. O. M. S.*, 1956, 15, 549-591.
32. HAMON (J.), CHOUMARA (R.), ADAM (J. P.) & BAILLY (H.). — Le paludisme dans la zone pilote de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta. 2^e et 3^e parties. *Cah. ORSTOM*, 1959, 1, 37-98.
33. HAMON (J.), GREJBINE (A.), ADAM (J. P.), CHAUVET (G.), COZ (J.) & GRUCHET (H.). — Les méthodes d'évaluation de l'âge physiologique des moustiques. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 1961, 66, 137-161.
34. KOEHLIN (J.). — La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo. *Mémoires ORSTOM*, n° 1, 1961.
35. LACAN (A.). — Les anophèles de l'Afrique Équatoriale Française et leur répartition. *Ann. Parasit. Hum. Comp.*, 1958, 33, 150-170.
36. MACDONALD (G.). — The analysis of the sporozoite rate. *Trop. Dis. Bull.*, 1952, 49, 569-586.
37. MACDONALD (G.). — *The epidemiology and control of malaria*. Oxford University Press, London, 1957.
38. MAILLOT (L.) & GREJBINE (A.). — Enquêtes entomologiques effectuées en Afrique Équatoriale Française au cours de l'année 1947. In : *Rapport sur le fonctionnement technique de l'Institut Pasteur de Brazzaville en 1947*. Institut Pasteur, Brazzaville.

39. MAKANY (L.). — Recherches sur la végétation des plateaux Batéké (Congo). *Thèse Sciences*, Université Paris VI, 1973.
40. MOSHKOVSKY (S. D.). — Les principales lois gouvernant l'épidémiologie du paludisme. Moscou, 1950 (en russe).
41. MUIRHEAD-THOMSON (R. C.). — Studies on salt-water and fresh water *Anopheles gambiae* on the east african coast. *Bull. Ent. Res.*, 1951, 41, 487-502.
42. NZIAMBOUDI (P.). — Rapport de stage. ORSTOM, Brazzaville, 1982.
43. SAUTTER (G.). — Le plateau congolais de Mbé. *Cah. Et. Afric.*, 1960, 1, 5-48.
44. SERVICE (M. W.). — The ecology of the mosquitoes of the Northern Guinea savannah of Nigeria. *Bull. Ent. Res.*, 1963, 54, 601-632.
45. TRAPE (J. F.). — Évaluation quantitative de la transmission du paludisme dans les principaux faciès épidémiologiques et son influence sur la morbidité et la mortalité infantile. Rapport ORSTOM, Brazzaville, 1981.
46. TRAPE (J. F.) & ZOULANI (A.). — Malaria and urbanization in Central Africa: the example of Brazzaville. II. Results of entomological surveys and epidemiological analysis. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. (sous presse)*.
47. TROUILLET (J.), MAKANY (L.), CROS (B.) & GRILLOT (J. P.). — Recherches bio-écologiques dans la région de Yaka-Yaka (Congo). I. Présentation du milieu. *Ann. Univ. Brazzaville, sér. C*, 1976, 12-13, 115-147.
48. VENNÉTIER (P.). — Banlieue noire de Brazzaville. La vie rurale et les rapports entre la ville et la campagne à Bacongo. *Cahiers O. M.*, 1957, 10, 131-157.