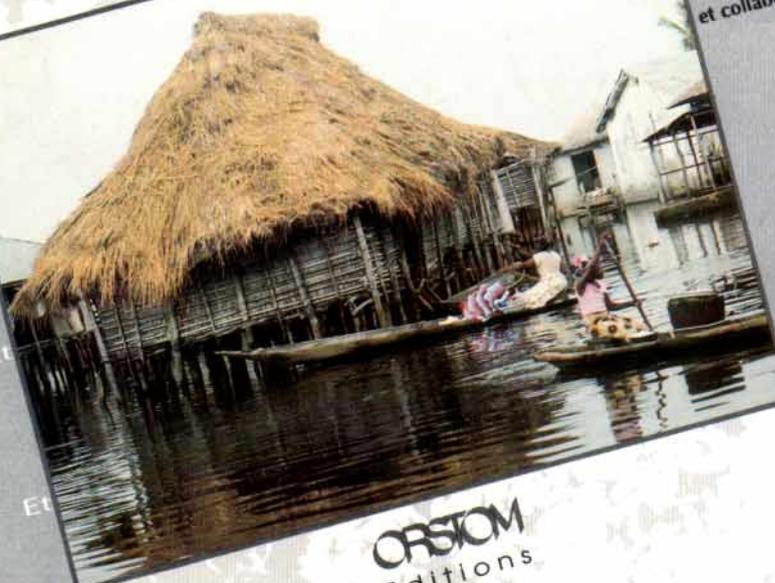




**LE PALUDISME
EN AFRIQUE DE L'OUEST**
ÉTUDES ENTOMOLOGIQUES
ET ÉPIDÉMIOLOGIQUES
EN ZONE RIZICOLE ET EN MILIEU URBAIN

V. ROBERT
J.-Ph. CHIPPAUX
L. DIOMANDÉ
et collaborateurs



ORSTOM
Editions

**Vincent ROBERT
Jean-Philippe CHIPPAUX
Louti DIOMANDÉ
et collaborateurs**

**LE PALUDISME
EN AFRIQUE DE L'OUEST**

**ÉTUDES ENTOMOLOGIQUES
ET ÉPIDÉMIOLOGIQUES
EN ZONE RIZICOLE ET EN MILIEU URBAIN**

Editions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection ÉTUDES et THÈSES

PARIS 1991

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ayants causé, est illicite» (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction PIERRE GAZIN	3
La transmission du paludisme humain dans un village au centre de la rizière de la Vallée de Kou, Burkina Faso VINCENT ROBERT, VINCENT OUEDRAOGO, PIERRE CARNEVALE	5
Etude des taux de parturité et d'infection du complexe <i>Anopheles gambiae</i> dans la rizière de la Vallée du Kou, Burkina Faso VINCENT ROBERT, VINCEZO PETRARCA, MARIO COLUZZI, CHRISTIAN BOUDIN, PIERRE CARNEVALE	17
Le paludisme urbain-lagunaire : enquête longitudinale à Cotonou JEAN-PHILIPPE CHIPPEAUX ET MARTIN AKOGBETO	37
Mesure de la parasitémie palustre et évaluation du seuil pathogène en région de forte transmission permanente JEAN-PHILIPPE CHIPPEAUX, MARTIN AKOGBETO, ACHILLE MASSOUGBODJI, JEROME ADJAGBA	55
Le paludisme urbain-lagunaire : étude de la morbidité palustre dans un dispensaire périphérique de Cotonou (Bénin) JEAN-PHILIPPE CHIPPEAUX, MARTIN AKOGBETO, ACHILLE MASSOUGBODJI	67
Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) ; Etude chromosomique du complexe <i>Anopheles gambiae</i> VINCENT ROBERT, VINCEZO PETRARCA, PIERRE CARNEVALE, MARIO COLUZZI	77
Influence des moustiquaires trouées imprégnées de deltaméthrine sur le contact homme-moustique et sur la mortalité des moustiques VINCENT ROBERT, LOUTI DIOMANDE, PIERRE CARNEVALE	87
Evaluation sur homme et sur moustiquaire de l'activité d'un savon contenant un répulsif et un pyréthriinoïde LOUTI DIOMANDE, VINCENT ROBERT, PIERRE CARNEVALE	97

INTRODUCTION

Le paludisme est en Afrique de l'Ouest une endémie caractérisée par son extraordinaire stabilité et par ses conséquences immédiates, presque quotidiennes, sur l'ensemble de la population. La transmission des *Plasmodium* d'un homme à l'autre est assurée par des moustiques, en particulier *Anopheles gambiae* et *A. funestus*, parfaitement adaptés aux biotopes africains. En dépit de sa complexité, la transmission est tellement intense qu'aucun individu vivant en milieu rural traditionnel ne peut échapper à l'infection chaque année. Tous les enfants sont porteurs à un moment ou à un autre d'hématozoaires. La moindre fréquence de la présence des parasites chez les adultes est due au développement de capacités immunitaires spécifiques. La maladie palustre atteint essentiellement les enfants. Les facteurs qui déterminent le passage de l'état de porteur asymptomatique de *Plasmodium* à celui de malade sont encore mal identifiés.

A l'heure où les parasites du paludisme sont étudiés dans leurs détails biochimiques, antigéniques et génétiques, et où la baisse d'efficacité des médicaments antipalustres classiques fait redécouvrir la permanence de l'endémie en milieu tropical, il est fondamental que des chercheurs sur le terrain actualisent les connaissances entomologiques, épidémiologiques et médicales. Ce travail a été mené par des chercheurs de l'ORSTOM au Burkina Faso et au Bénin dans le cadre de l'OCCGE (Organisation de Coordination et de Coopération pour la lutte contre les Grandes Endémies).

V. Robert a étudié les particularités de l'anophélisme dans une rizière située près de Bobo-Dioulasso. La permanence de l'eau entraîne une densité culicidienne élevée tout au long de l'année. Cependant, le taux annuel de transmission est plus bas qu'en milieu rural traditionnel. Plusieurs mécanismes concourent à l'établissement de cette situation inattendue.

J.P. Chippaux s'est intéressé à un milieu original : la ville de Cotonou construite en bordure d'une lagune. Plusieurs quartiers sont au contact direct de zones marécageuses. A la différence de beaucoup d'autres grandes villes, la transmission palustre y est intense. Elle se traduit par des indices parasitologiques très élevés chez les enfants. Une susceptibilité individuelle à l'infection palustre semble exister.

Une technique d'observation microscopique des hématozoaires est préconisée pour son efficacité : elle permet d'obtenir un résultat fiable en terme de prévalence et de densité parasitaires pour un temps de lecture raisonnable.

Le seuil de densité parasitaire pathogène est une notion importante dans les zones d'endémie palustre. Ce seuil, déterminé par un raisonnement statistique, est variable avec l'âge. L'observation d'une parasitémie supérieure à ce seuil doit

faire retenir, dans les travaux à visée épidémiologique, le diagnostic d'accès palustre.

J.P. Chippaux a également étudié l'importance de la maladie palustre parmi les motifs de consultation dans un dispensaire de la ville. Elle est une des premières maladies par sa fréquence. Ses variations saisonnières sont à rapprocher des variations observées dans les modalités de la transmission palustre.

V. Robert a étudié les particularités du complexe d'espèces *A. gambiae* s.l. dans la ville de Bobo Dioulasso. Il y est représenté par deux espèces ; deux cytotypes sont identifiables à l'intérieur de l'espèce *A. gambiae* s.s.. Cette observation entomologique précise illustre la capacité d'adaptation des anophèles à des biotopes nouveaux en Afrique.

La réduction des contacts entre les hommes et les anophèles est un des buts des travaux. Un des meilleurs moyens de protection individuelle contre les anophèles est la moustiquaire de lit. Son imprégnation par un insecticide en améliore l'efficacité : l'insecticide tue le moustique ou l'éloigne par son effet répulsif. Cette technique simple dans son principe pourrait être une des formes de protection à développer dans les prochaines années. Les effets de l'emploi d'un savon contenant un répulsif et un insecticide ont été analysés. Des moustiquaires lavées avec ce savon présentent une efficacité améliorée pendant quelques jours.

L'ensemble de ces travaux est une contribution de qualité à une nouvelle approche du paludisme en zone d'endémie et des moyens à mettre en oeuvre pour en réduire les conséquences.

P. Gazin

Les articles publiés dans cet ouvrage ont été acceptés dans les Cahiers ORSTOM d'Entomologie médicale et Parasitologie en 1988 et 1989.

LA TRANSMISSION DU PALUDISME HUMAIN DANS UN VILLAGE AU CENTRE DE LA RIZIÈRE DE LA VALLÉE DU KOU, BURKINA FASO

VINCENT ROBERT, VINCENT OUEDRAOGO, PIERRE CARNEVALE (1)

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.

(1) Antenne ORSTOM du Centre Muraz, B.P. 171, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
Adresse actuelle : OCEAC, B.P. 288, Yaoundé, Cameroun.

RÉSUMÉ

Une étude longitudinale, basée sur la capture de moustiques sur sujets humains, s'est déroulée pendant un an dans le village VK4 implanté au centre du périmètre rizicole de la Vallée du Kou, dans le sud-ouest du Burkina Faso. L'irrigation est sub-permanente dans cette rizière. La nuisance culicidienne est considérable ; un homme dormant hors moustiquaire dans ce village reçoit 35 000 piqûres de moustiques par an.

Anopheles gambiae est observé pendant toute l'année ; sa densité agressive pour l'homme correspond à 66 % de la faune culicidienne agressive totale et présente un maximum en août avec 158 piqûres par homme et par nuit. *A. funestus* est défavorisé par la rizière et sa densité agressive est 43 fois moindre que celle de l'espèce précédente ; il est présent d'octobre à février avec un pic de densité en décembre de 11 piqûres par homme et par nuit.

Le taux de parturité (TP) annuel moyen d'*A. gambiae* est 30,4 % ; il varie entre 0 % à la mi-mars et 90 % au début juin. Les variations du TP de cette espèce vont en sens inverse de celles de sa densité. Le TP d'*A. funestus* est stable à 67 %.

L'indice sporozoïtique d'*A. gambiae* est 0,28 % sur l'ensemble de l'année (sur 7020 dissections) et 0,51 % pendant la période de transmission ; celui d'*A. funestus* est respectivement 1,0 % et 1,4 %.

La transmission du paludisme dure un peu plus de quatre mois entre mi-mai et mi-juillet puis entre octobre et mi-décembre. Elle n'a pas été observée lorsque la densité de vecteur potentiel est la plus élevée alors que son TP est le plus faible. Elle est essentiellement le fait d'*A. gambiae* mais aussi, dans une moindre mesure, d'*A. funestus*. Le taux annuel d'inoculation calculé est de 29,8 piqûres d'anophèles infectés par homme. Après une discussion portant sur les indices sporozoïtiques et sur les densités agressives de vecteurs pour la

population qui utilise des moustiquaires dans ce village, on estime que le taux annuel d'inoculation est de 20. Ce taux est particulièrement faible pour la zone rurale de la région de Bobo-Dioulasso.

Mots-Clés : Paludisme - Transmission - Rizière - Afrique.

SUMMARY

The transmission of human malaria in a village inside the rice field area of the Kou Valley, Burkina Faso.

A longitudinal study based on mosquitoes sampled by catches on humans was carried out during one year in the VK4 village located in the centre of the rice growing area of the Kou Valley, in the southwestern Burkina Faso. Irrigation is subpermanent in this rice field and two complete harvests are done every year. A man sleeping in this village is subjected to 35 000 mosquito bites per year and therefore mosquitoes are felt as a nuisance by the population which extensively use mosquito nets.

Anopheles gambiae is observed throughout the year except in January which is both the dry season and the interval between two rice growing cycles. It accounts for 66 % of the total of mosquitoes aggressive for man and reaches its peak in August where 158 bites per man and per night were recorded. The rice field does not seem suitable for the development of *A. funestus* and its density is 43 times smaller than that of *A. gambiae* ; it is observed from October to February with a peak in December of 11 bites per man and per night.

The average annual parity rate of *A. gambiae* amounts to 30.4 %. It ranges from 0 (out of 89 dissections) in mid-March to 90 % (out of 123) in early June. The variations in the parity rate are in inverse ratio to those of its density. The parity rate of *A. funestus* is stable and amounts to 67 %.

The mean sporozoitic index of *A. gambiae* throughout the year is 0.28 % (15 positive cases out of 7020 dissections) and reaches 0.51 % during the main transmission seasons. The sporozoitic index of *A. funestus* is 1.0 % (2 positive cases out of 192 dissections) and, during the transmission, 1.4 %.

Malaria transmission occurs during a little more than four months and it takes place between mid-May and mid-July and between October and mid-December. It is not observed when the vector density is maximum and its parity rate low. It is due mainly to *A. gambiae* and at a lesser extent, to *A. funestus*. The annual inoculation rate amounts to 29.8 infected bites per man. This value is questionable. On one hand the aggressive anopheline density has been calculated on human beings who did not take any protective measures against mosquito bites. But all the inhabitants of this village sleep

under nets. In such a way the biting density for the village dwellers was overestimated by the method used. The anthropophilic index of *A. gambiae* amounts to 50 %, thus implying that the density of anophelines aggressive for man is close to half of that obtained by catches on humans. On the other hand, the sporozoitic index of anophelines have been obtained by the uncrushed microscopic observation of sporozoites in the salivary glands. However this technique leads to numerous falsely negative observations mainly when the percentage of infected anopheles is low ; it is very likely that the sporozoitic indexes have been underestimated. When the latter were obtained with the more sensitive ELISA technique, they were 1,25 times higher than those obtained with the observation of sporozoites. The overestimating and underestimating effects can thus be taken into account in order to correct the inoculation rate and to evaluate it at about 20 infected bites per year and per adult human. This value is particularly low for the rural area around of Bobo-Dioulasso.

Key Words : Malaria - Transmission - Rice field - Africa.

1. Introduction

Les rizières constituent un type d'aménagement hydro-agricole qui peut être appelé à se multiplier. Elles occasionnent habituellement une pullulation de moustiques, en particulier des anophèles vecteurs potentiels de paludisme. Une étude précédente (Robert *et al.*, 1985) s'est attachée à comparer la quantité de transmission du paludisme dans la rizière de la Vallée du Kou au Burkina Faso et dans la savane classique proche de cette rizière : des différences considérables sont apparues. Cette présente étude n'intéresse plus l'ensemble de la zone rizicole comme c'était le cas pour un travail préliminaire (Robert *et al.*, 1986) mais le seul village VK4 implanté au centre de la rizière ; elle propose une approche entomologique de la transmission du paludisme. Un autre article analyse les modalités de la transmission observée (page 17).

2. Matériel et méthode

La région étudiée appartient à la marge méridionale des savanes soudanaises. La saison pluvieuse dure de fin-mai à fin-octobre avec un maximum en août et la saison sèche dure de novembre à avril. Les précipitations annuelles varient autour de 1 000 mm ; en 1985 elles ont été de 1 332 mm. Les maxima thermiques moyens de mars et d'octobre furent respectivement 30,8° et 27,3° (fig. 1).

La zone rizicole de la Vallée du Kou est située à 30 km au nord de Bobo-Dioulasso dans le sud-ouest du Burkina Faso. Elle est aménagée en rizière depuis 1970. Mille hectares d'un seul tenant sont irrigués avec l'eau détournée de la rivière Kou qui permet deux récoltes de riz par an. Douze mille personnes vivent dans sept villages situés au milieu ou en périphérie du périmètre. Le village VK4 (Vallée du Kou numéro quatre) est implanté au centre de la rizière ; il abrite 900 personnes dont 65 % appartiennent à l'ethnie Mossi.

Les moustiques ont été récoltés par des captures nocturnes sur sujets humains (protégés du paludisme et de la fièvre jaune), à l'intérieur de maisons. Les pièces où ont été effectuées ces captures servent de chambres à coucher ; elles sont au nombre de huit et sont réparties dans l'ensemble du village.

Une équipe de quatre captureurs a travaillé de 20 h à 01 h puis une autre équipe de 01 h à 06 h dans quatre pièces de capture. La nuit suivante la même enquête a été répétée dans les quatre autres pièces. Ces deux nuits de capture ont été effectuées régulièrement tous les 14 jours pendant un an.

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

3. Résultats

Au total 19 967 moustiques femelles ont été capturés au cours des 52 nuits de capture faites du 12 mars 1985 au 26 février 1986, regroupant 208 hommes-nuits. La densité culicidienne annuelle agressive est 35 038 piqûres par homme soit 96,0 piqûres par homme et par nuit.

16 479 anophèles (soit 82 % des moustiques) dont 13 773 anophèles vecteurs (soit 84 % des anophèles et 69 % des moustiques) ont été capturés (tab. I). Ces anophèles vecteurs appartiennent à *Anopheles gambiae*, *A. funestus* et *A. nili*. Cette dernière espèce sera négligée par la suite à cause de sa très faible densité et seuls seront considérés *A. gambiae* et *A. funestus*.

Les individus endophiles du complexe *A. gambiae* à VK4 appartiennent pour 3,6 % à *A. arabiensis*, largement zoophile, et pour 96,4 % à l'espèce *A. gambiae* (Robert *et al.*, 1989) : aussi dans cette étude qui ne concerne que des spécimens capturés sur sujets humains, l'ensemble des spécimens groupés sous la dénomination d'*A. gambiae* s.l. concerne-t-il quasi exclusivement *A. gambiae* s.s..

Dans cette rizière, Hervy *et al.* (1981) ont examiné plus de 6000 glandes salivaires d'*A. pharoensis* agressifs pour l'homme ; toutes étaient négatives en sporozoïtes. Cette espèce ne sera donc pas considérée comme vectrice dans cette rizière.

La densité agressive pour l'homme (m.a)

A. gambiae est présent pendant presque toute l'année à une densité importante puisqu'il représente à lui seul 66 % de l'effectif de moustiques capturés et que le m.a quotidien moyen est de 64,6. Les pics de densité sont notés en mars (m.a quotidien = 88) et en août (m.a = 158) au moment où la rizière est mise en eau pour le repiquage des jeunes pousses de riz (fig. 2). Les densités les plus faibles s'observent en saison sèche de mi-décembre à fin-janvier au moment où la rizière est asséchée entre deux cycles cultureux et où la plupart des autres gîtes larvaires de cette espèce ne sont pas fonctionnels.

A. funestus est présent seulement d'octobre à février avec un m.a quotidien moyen de 1,5 et un maximum début décembre (m.a quotidien = 11). Il ne représente que 1,6 % de l'ensemble des moustiques et 1,9 % des anophèles capturés. Cette rizière ne semble pas favorable à son développement.

Les taux de parturité (TP)

Le TP annuel moyen d'*A. gambiae* est de 30,4 % (1 836 pares et 4 202 nullipares). Le TP moyen pendant la période où des anophèles sont infectés est de 39,4 % (970 pares et 1 489 nullipares). Le TP croît régulièrement de 0 début mars (0 pare et 89 nullipares) jusqu'à 90 % (119 pares et 14 nullipares) début juin ; entre la mi juillet et la fin septembre il est de 20,0 % en moyenne et varie peu (entre 32 % et 14 %) ; il réaugmente jusqu'à 68 % fin novembre et il se maintient probablement assez élevé (9 pares et 3 nullipares) jusqu'à début février où il est de 67 % ; il diminue à 21 % fin février (fig. 2). Les variations du TP vont dans le sens inverse de celles de la m.a.

Le TP d'*A. funestus* est de 67 % (120 pares et 58 nullipares) et ne présente pas de variations particulières.

Les indices sporozoïtiques (s)

Sur un total de 7 020 *A. gambiae* disséqués, 15 sont porteurs de sporozoïtes dans leurs glandes salivaires ; $s = 0,285$ %. Considérant les seules captures de mi-mai à fin juillet et de début octobre, où des anophèles sont trouvés infectés, $s = 0,513$ % (2 922 examens).

Pour *A. funestus*, $s = 1,0$ % (2 positifs sur 192 examens) pour l'ensemble de l'année et 1,4 % pour les captures où des anophèles sont infectés.

Les taux d'inoculation entomologique ($h = m.a \times s$)

Alors que des anophèles sont rencontrés toute l'année, la transmission du paludisme est exclusivement observée pendant deux périodes, de mi-mai à fin juillet et de début octobre à mi-décembre, soit un total de cinq mois ; pendant le reste de l'année aucun anophèle infecté n'a été récolté (fig. 2). Le h annuel d'*A. gambiae* et d'*A. funestus* est respectivement 26,3 et 3,5 soit au total 29,8 piqûres d'anophèles infectés par homme et par an. Cette valeur équivaut à un taux quotidien d'inoculation de 0,082 pour l'ensemble de l'année et de 0,20 pour les cinq mois de transmission.

4. Discussion

Le nombre de piqûres reçues par homme a été obtenu avec la méthode classique des captures de moustiques sur sujets humains normalement accessibles aux moustiques. Or dans la rizière de la Vallée du Kou où la nuisance culicidienne est très élevée, l'usage des moustiquaires est généralisé ; dans le village VK4 tous les habitants dorment sous moustiquaires pendant toute l'année et ceci doit être pris en compte dans l'estimation du nombre de piqûres d'anophèles effectivement reçues par chaque membre de la communauté. Il est très difficile d'apprécier directement l'effet des moustiquaires sur la réduction du nombre de piqûres surtout lorsque varient la nature du tissu, le niveau d'entretien et le mode d'utilisation. Le taux d'anthropophilie du vecteur principal *A. gambiae* est faible à VK4 et varie autour de 0,50 (Robert *et al.*, p. 17). En faisant l'hypothèse que les anophèles de cette espèce qui prennent leur repas de sang sur des animaux ont été détournés des hommes à cause des moustiquaires, on peut estimer à 50 % l'efficacité globale des moustiquaires et donc la densité d'anophèle par homme serait la moitié de celle obtenue.

Les indices sporozoïtiques ont été obtenus après la dissection des glandes salivaires des anophèles et la recherche microscopique de sporozoïtes. Une telle méthode présente une grande facilité de réalisation sur le terrain mais procure des faux négatifs d'autant plus fréquemment que les indices sporozoïtiques sont faibles. L'analyse par la technique ELISA proposée par Verhave *et al.* (1987) d'une fraction des anophèles récoltés durant cette étude a montré que la dissection révélait 80 % des positifs en ELISA (Boudin *et al.*, 1988). Les indices sporozoïtiques seraient donc légèrement supérieurs à ceux obtenus.

Ces principaux facteurs de sous-estimation et de sur-estimation du taux d'inoculation entomologique peuvent être pris en compte ; le nombre annuel de piqûres infectées reçues par adulte devrait donc être corrigé à une valeur voisine de 20. D'après Carnevale *et al.* (1978) ce nombre serait plus faible de 33 % chez les enfants (soit 13 piqûres annuelles infectées) et plus faible de 66 % chez les bébés (soit 7 piqûres annuelles infectées).

La quantité de transmission dans ce village est particulièrement faible pour la zone rurale des environs de Bobo-Dioulasso où le taux annuel d'inoculation varie entre 55 et 250. Elle est la plus faible enregistrée, même dans les autres villages de cette rizière ; en particulier, dans les villages de la périphérie de la zone rizière ce taux est de 60 (Robert *et al.*, 1985 et 1988).

La répartition de la transmission sur deux saisons est caractéristique de cette zone de rizière et liée aux deux cycles de culture du riz à l'origine de la majorité des gîtes larvaires des vecteurs. Elle diffère profondément de la transmission répartie sur une seule saison dans les villages de cultures pluviales où les gîtes larvaires sont liés au régime des pluies.

Lorsque la densité agressive pour l'homme est maximale en août et septembre, aucun anophèle n'a été trouvé infecté ; ceci est évidemment lié avec le taux de parturité (20 %) particulièrement bas pendant cette période. Outre la faiblesse de ce taux de parturité, plusieurs autres arguments sont en faveur d'une absence de transmission à cette saison : l'intensité de transmission est décroissante en juillet et croissante en octobre, 2 666 glandes salivaires négatives ont été examinées au microscope à partir d'*A. gambiae* récoltés pendant 10 nuits de captures consécutives, enfin *A. funestus* n'est pas observé à cette époque. Il n'existe pas ici de rapport direct entre la transmission de paludisme et la densité de vecteur. Ce fait que la densité de vecteur peut ne pas être le facteur le plus important pour influencer la transmission du paludisme, a déjà été remarqué par d'autres auteurs (Coosemans, 1985 ; Burkot, 1988). Dans un tel contexte il n'est pas évident qu'une réduction de la densité de vecteur, notamment due à des mesures de lutte, se traduise par une baisse de la transmission.

Remerciements : L'ensemble de la section Entomologie du Centre Muraz est remerciée pour l'excellence de son travail tout au long de cette étude ; l'assistance technique de Kienou Jean-Pierre, Sanou Mamourou, Barro Balaji et Dabré David sur le terrain et au laboratoire a particulièrement été appréciée. Jean Mouchet est remercié pour sa lecture critique du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUDIN C., ROBERT V., VERHAVE J.P., CARNEVALE P. et MEUWISSEN J.H.E.T., 1988 – Utilisation de la technique ELISA dans le dépistage des moustiques infectés par *Plasmodium falciparum*. *Bull. Org. mond. Santé*, 66 : 87-97.
- BURKOT T.R., 1988 : Non-random host selection by anopheline mosquitoes. *Parasitol. Today*, 4 : 156-162.

- CARNEVALE P., FREZIL J.L., BOSSENO M.F., LE PONT F. et LANCIEN J., 1978 – Etude de l'agressivité d'*Anopheles gambiae* A en fonction de l'âge et du sexe des sujets humains. *Bull. Org. mond. Santé*, **56** : 147-154.
- COOSEMANS M.H., 1985 – Comparaison de l'endémie malarienne dans une zone de riziculture et dans une zone de culture de coton dans la plaine de la Ruzizi, Burundi. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **65**, Suppl.2 : 187-200.
- HERVY J.P., LEGROS F. *et al.*, 1981 – Evaluation entomologique de deux thérapeutiques antipalustres à la chloroquine – prophylaxie chez les enfants de moins de 14 ans, traitement systématique de tous les accès fébriles – mises en place dans les villages de la région de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta). *Doc. Tech. O.C.C.G.E.* n° 7651/81 et n° 7849/81.
- ROBERT V., CARNEVALE P., OUEDRAOGO V., PETRARCA V. et COLUZZI M., 1988 – La transmission du paludisme humain dans un village de savane du sud-ouest du Burkina Faso. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **68** : 107-121.
- ROBERT V., GAZIN P., BOUDIN C., MOLEZ J.F., OUEDRAOGO V. et CARNEVALE P., 1985 – 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.*, **65**, Suppl. 2 : 201-214.
- ROBERT V., PETRARCA V., CARNEVALE P. et COLUZZI M., 1986 – Le particularisme de la transmission du paludisme dans la zone rizicole de la Vallée du Kou (Burkina Faso) ; l'apport de l'étude cytogénétique des vecteurs à l'épidémiologie. *Parassitologia*, **28** : 327-329.
- ROBERT V., PETRARCA V., CARNEVALE P., OVAZZA L. et COLUZZI M., 1989 – Analyse cytogénétique du complexe *Anopheles gambiae* dans la région de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Ann. Parasito. hum. comp.* **64** : 290-311.
- VERHAVE J.P., LEENWENBERG A.D.E.M., PONNUDURAI T., MEUWISSEN J.H.E.T. et VAN DRUTEN J.A.M., 1988 – The biotine streptavidine system in a two-site ELISA for the detection of plasmodial sporozoite antigen in mosquitoes. *Parasite Immunology*, **10** : 17-31.

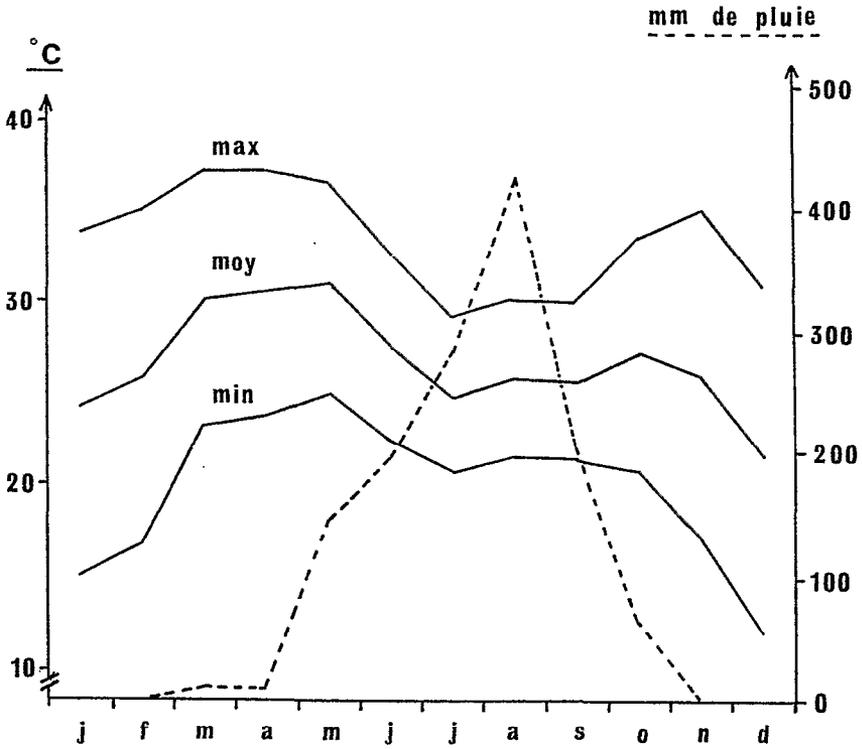


Figure 1

Températures et quantités de pluies enregistrées mensuellement en 1985 dans la zone rizicole de la Vallée du Kou (station climatologique du village VK1).

Monthly temperatures and rainfalls recorded in 1985 in the rice field area of Kou Valley.

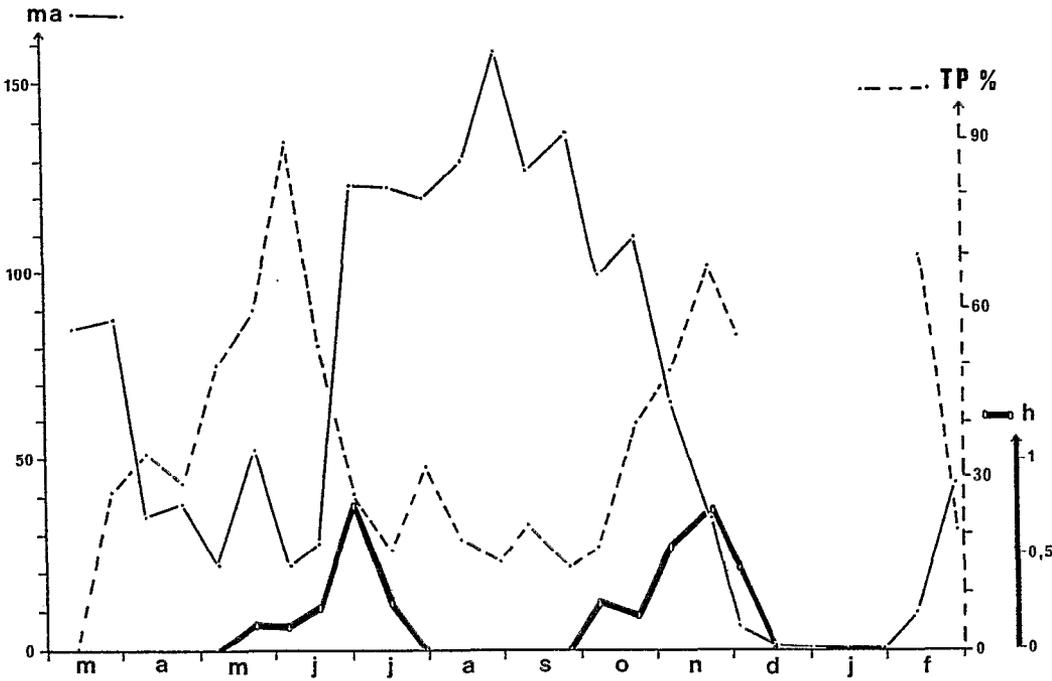


Figure 2

Evolution entre mars 1985 et février 1986 de la densité quotidienne agressive pour l'homme (ma) et du taux de parturité (TP) des *Anopheles gambiae* s.l. et taux quotidien d'inoculation (h) dans le village VK4, au centre de la zone rizicole de la Vallée du Kou (Burkina Faso).

*Evolution from March 1985 to February 1986 of the daily aggressive density for man (ma) and of the parity rate (TP) of *Anopheles gambiae* s.l. and daily inoculation rate (h) in the village VK4, in the centre of the rice field area of Kou Valley (Burkina Faso).*

Tableau 1

Total par espèce des moustiques récoltés pendant un an en captures de nuits sur sujets humains dans le village VK4.

Total by species of mosquitoes collected on men during a one year period of night catches in village VK4.

Anopheles		Mansonia		Culex		Aedes	
<i>gambiae</i>	13 449	<i>Uniformis</i>	1 070	<i>quinquefasciatus</i>	877	<i>luteocephalus</i>	4
<i>pharoensis</i>	2 412	<i>africana</i>	932	<i>poicilipes</i>	222	<i>hirsutus</i>	3
<i>funestus</i>	312			<i>univittatus</i>	193	<i>fowleri</i>	3
<i>coustani</i>	291			<i>antennatus</i>	70	<i>gr. tarsalis</i>	2
<i>nili</i>	12			<i>gr. decens</i>	5	<i>furcifer</i>	1
<i>rufipes</i>	1			<i>annulioris</i>	4	<i>aegypti</i>	1
<i>flavicosta</i>	1			<i>tigripes</i>	1		
<i>squamosus</i>	1						

ÉTUDE DES TAUX DE PARTURITÉ ET D'INFECTION DU COMPLEXE *ANOPHELES GAMBIAE* DANS LA RIZIÈRE DE LA VALLÉE DU KOU, BURKINA FASO

VINCENT ROBERT (1), VINCENZO PETRARCA (2), MARIO COLUZZI (2),
CHRISTIAN BOUDIN (1), PIERRE CARNEVALE (1)

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.

- (1) Antenne ORSTOM du Centre Muraz, B.P.171, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
Adresse actuelle : O.C.E.A.C., B.P. 288, Yaoundé, Cameroun.
(2) Istituto di Parassitologia, Università di Roma « La Sapienza », Piazzale A. Moro 5, 00185 Roma, Italia.

RÉSUMÉ

Dans le périmètre rizicole de la Vallée du Kou au Burkina Faso, la transmission du paludisme humain paraît anormalement faible par rapport à la densité de vecteur du complexe *Anopheles gambiae*. Une étude a été menée pendant cinq ans afin de tenter de saisir les causes de ce particularisme. Elle a mis en évidence plusieurs facteurs relatifs aux hommes et aux vecteurs qui concourent à expliquer le faible indice sporozoïtique des *A. gambiae* agressifs pour l'homme.

L'existence de la rizière crée un microclimat qui est sensiblement plus chaud pendant la plus grande partie de la saison de transmission que dans la région alentour : l'hypothèse d'un ralentissement du cycle extrinsèque du *Plasmodium* est rejetée. Motivée par une nuisance culicidienne exceptionnellement élevée, la majorité de la population dort sous moustiquaire limitant ainsi le taux d'inoculation pour l'homme et l'accessibilité au réservoir infectant pour le moustique. De plus l'indice gamétocytaire est particulièrement bas parmi les habitants de la rizière.

Les espèces *A. gambiae* et *A. arabiensis* sont sympatriques pendant toute l'année. *A. gambiae*, seul vecteur confirmé, possède une capacité vectorielle très supérieure à celle d'*A. arabiensis*. La forme chromosomique Mopti d'*A. gambiae* est toujours majoritaire et est le principal taxon vecteur. La faiblesse de la transmission du paludisme ne semble pas pouvoir être attribuable à une mauvaise aptitude vectrice de cette forme. La forme chromosomique Savane d'*A. gambiae* est très peu représentée sauf dans les villages de la périphérie de la rizière, au milieu de la saison pluvieuse. *A. arabiensis*

présente une fréquence maximale au début de la saison sèche où il représente 23 % des effectifs du complexe ; il est mieux représenté dans les villages de la périphérie que dans ceux du centre.

L'indice d'anthropophilie d'*A. gambiae* est bas. Une importante déviation trophique est observée sur les animaux domestiques, en particulier sur les boeufs et même sur les moutons qui dorment dans le village. Cette déviation trophique des *A. gambiae s.l.* est plus marquée pour les moustiques âgés que pour les nullipares. Le taux de parturité (TP) d'*A. gambiae s.l.* gorgés avec du sang de boeuf est supérieur au TP de ceux gorgés avec du sang d'homme, lui-même supérieur au TP de ceux gorgés avec du sang autre que de boeuf ou d'homme. L'âge moyen de la fraction d'*A. gambiae* agressive pour l'homme est donc particulièrement jeune et son taux d'infection est bas. L'âge moyen des *A. gambiae* anthropophiles est lié avec l'inverse de leurs densités. Des hypothèses sont avancées pour interpréter ce phénomène particulier.

Mots-Clés : Paludisme - Epidémiologie - Rizière - *Anopheles gambiae* - Age physiologique.

SUMMARY

About the parity and the infection rates of *Anopheles gambiae* complex in the rice field of the Kou Valley, Burkina Faso

Human malaria transmission levels in the rice growing area of Kou Valley (Burkina Faso) are low, though *Anopheles gambiae* complex densities are high. A five years study showed several man and vector-related factors affecting the low sporozoitic indices of the *A. gambiae* which bit man.

The rice-field area showed a warmer microclimate as compared to the neighbouring zone during most of the transmission period : this make it impossible to support the hypothesis of a slow-down of the sporogonic cycle of *Plasmodium*. The great pest due to mosquitoes led most of the population to sleep under bed nets, thus limiting the inoculation rate for man and the accessibility to infective men for the uninfected mosquitoes. Moreover, among the inhabitants of the rice field the gametocytic index was particularly low.

The species *A. gambiae* and *A. arabiensis* were sympatric through the years. *A. gambiae* which was the only effective vector showed a vectorial capacity much higher than *A. arabiensis*. The chromosomal form Mopti of *A. gambiae* was always prevalent and was the main vector taxa. The chromosomal form Savanna of *A. gambiae* was fairly rare except in the villages at the borders of the rice field in the middle of the rainy season. The vectorial ability

of these two chromosomal forms apparently was not different. *A. arabiensis* frequency was maximum (23 % of the *A. gambiae* complex) at the beginning of the dry season ; it was more frequent in the villages at the borders of the rice field area.

The anthropophilic index of *A. gambiae s.l.* was low. A remarkable shift of biting activity was observed on domestic animals, particularly on bovid and even on sheep which slept dispersed inside the villages. This shift was higher for aged mosquitoes. Parous rate of bovid-fed fraction of *A. gambiae s.l.* was higher as compared to the man-fed fraction ; parous rate of both fractions was higher than the one of the fraction fed on animals other than bovinds or men. The age of man-biting *A. gambiae s.l.* fraction was particularly low as well as its infection rate. Moreover the mean age of anthropophilic *A. gambiae s.l.* showed an inverse ratio with their densities. Hypotheses to interpret this phenomenon are proposed.

Key Words : Malaria - Epidemiology - Rice field - *Anopheles gambiae* - Physiological age.

1. Introduction

L'aménagement vers 1970 de la zone rizicole de la Vallée du Kou a bouleversé le milieu. L'irrigation sub-permanente a permis la pullulation de nombreuses espèces de moustiques, en particulier celles du complexe *Anopheles gambiae* qui assurent le rôle de vecteur majeur du paludisme humain (Robert *et al.*, 1985). De nombreuses études parasitologiques sur les habitants du périmètre rizicole ont montré que les indices étaient plus faibles qu'en savane classique. Ces résultats inattendus et paradoxaux en première analyse ont motivé des recherches complémentaires.

2. Description de la zone rizicole et rappel des résultats antérieurs

La région de l'étude appartient à la marge méridionale des savanes soudanaises. Le climat est caractérisé par l'alternance de deux saisons très contrastées qui se succèdent sans véritable transition. La saison pluvieuse dure de début mai à fin octobre avec un maximum de précipitation en août. La saison sèche dure de novembre à avril. Les précipitations annuelles varient autour de 1 000 mm (1 332mm en 1985). Décembre et janvier sont les mois les plus frais (température moyenne de 24,4° en janvier) ; mai et octobre sont les plus chauds (respectivement 30,8° et 27,3°) et encadrent la période où les précipitations sont les plus abondantes.

Le périmètre rizicole de la Vallée du Kou est situé à 30 km au nord de Bobo-Dioulasso, métropole du sud-ouest du Burkina Faso, sur la route goudronnée qui joint Bobo à Bamako et Mopti. 1 000 hectares d'un seul tenant sont irrigués presque en permanence avec l'eau détournée de la rivière Kou et amenée dans la rizière par un large canal cimenté (Carnevale & Robert, 1987). Quelques 12 000 personnes vivent dans cette zone et sont en majorité des migrants volontaires originaires des plateaux Mossi. Les cultivateurs sont regroupés en une coopérative de production qui veille au respect du calendrier de culture et qui décide des périodes et des débits d'irrigation. Ils habitent dans six villages désignés par un numéro de 1 à 6 et précédés des lettres VK (ex : VK6 pour le village Vallée du Kou numéro six) ; un septième village, Bama, est ancien mais a été transformé par la rizière. Les villages VK1 et VK5 sont situés à la périphérie du périmètre et VK4 est situé en son centre (fig. 1). Tous les arbres ont été arrachés et d'autres ont été plantés à l'intérieur des villages. La plupart des maisons sont parallélépipédiques avec murs de banco et toit en tôle métallique ; d'autre, plus petites, sont circulaires avec murs de banco et toit de paille.

En principe un traitement insecticide pour lutter contre les ravageurs du riz a lieu juste après le repiquage et est renouvelé deux semaines plus tard. De l'avis des responsables ces traitements ne couvrent pas toutes les parcelles. Ils n'entraînent aucune conséquence nette sur la densité des moustiques.

Deux cycles de riziculture ont lieu par an, l'un en saison pluvieuse de juillet à novembre et l'autre, en partie en saison sèche, de janvier à juin ; entre deux cycles l'irrigation est stoppée et la rizière asséchée. Les modifications des caractéristiques des gîtes larvaires découlant des différentes phases de chaque cycle occasionnent une succession dans la production des trois principaux anophèles rencontrés dans cette rizière : *Anopheles gambiae s.l.* exploite le premier la rizière dès la mise en eau, pendant le repiquage et jusqu'à la montaison des jeunes pousses ; le maximum de densité d'*A. pharoensis* est observé lors de l'épiaison du riz ; celui d'*A. coustani* est observé lors de la maturation du riz et pendant la période d'assèchement de la rizière qui précède la récolte. Ceci est vérifié lors des deux cultures de riz, celle de saison sèche comme celle de saison pluvieuse (Robert *et al.*, 1988).

Alors que la riziculture est favorable à certaines espèces anophéliennes elle est défavorable à d'autres ; ainsi *A. funestus* est pratiquement absent du périmètre.

A. gambiae et *A. arabiensis* sont normalement rencontrés dans le sud-ouest du Burkina Faso. Alors qu'*A. arabiensis* est formé par une seule population, *A. gambiae* regroupe deux populations partiellement isolées, identifiables par leurs arrangements chromosomiques : la forme chromosomique Mopti est caractérisée par 2Rbc et 2Ru et la forme chromosomique Savane par 2Rb et,

dans une moindre mesure, par 2Rd. Aucune différence morphologique ne distingue ces deux formes (Di Deco *et al.*, 1983). Dans la rizière de la Vallée du Kou *A. gambiae* est majoritaire avec 88 % des effectifs endophiles du complexe ; *A. arabiensis* (12 % du complexe) est cinq fois mieux représenté en périphérie qu'au centre de la rizière. Au milieu de la saison pluvieuse, dans les villages du centre de la rizière, la fraction endophile diurne du complexe est constituée à 97 % d'*A. gambiae* Mopti (Robert *et al.*, 1989 b).

Le principal vecteur de paludisme humain dans la zone rizicole est *A. gambiae s.l.*. Sa densité agressive pour l'homme est élevée presque toute l'année (24 000 piqûres anelles par homme à VK4). Le taux de parturité des *A. gambiae s.l.* agressifs pour l'homme est généralement bas (54 % pour un village de la périphérie de la rizière et 40 % pour un village central) et atteint 14 % en août à VK4 alors que la densité agressive est maximale (160 piqûres quotidiennes par homme). Les indices sporozoïtiques sont également faibles (0,3 % pour l'ensemble de l'année). La transmission s'effectue sur un mode bimodal de mai à juillet et d'octobre à décembre ; au maximum cinquante piqûres infectées sont comptabilisées annuellement pour un homme qui ne prend pas de précaution contre les moustiques. Dans le village VK4 où de telles précautions sont prises, le taux annuel d'inoculation a été estimé à 20. Ce faible taux d'inoculation entomologique relativement à la région de Bobo-Dioulasso concoure à expliquer pourquoi les indices parasitologiques des habitants de la zone rizicole sont moins élevés que ceux des villages de la savane avoisinante. Il est aussi acquis que la faiblesse de la transmission est due à la basse fréquence des vecteurs porteurs de sporozoïtes (Robert *et al.*, 1986). Mais il reste à expliquer pourquoi parmi la population d'*A. gambiae* agressifs pour l'homme l'indice sporozoïtique et surtout le taux de parturité sont si faibles.

3. Matériel et méthode

Trois techniques de capture de moustiques ont été utilisées. Les moustiques agressifs pour l'homme ont été capturés la nuit sur sujets humains (protégés du paludisme par une chimioprophylaxie) placés à l'intérieur ou à l'extérieur des maisons ; les captureurs prélèvent les moustiques qui se posent sur leurs jambes dénudées. Les moustiques agressifs pour le boeuf ont été capturés à l'aide d'un aspirateur à bouche, la nuit au moment de leur piqûre sur tout le corps du boeuf, à l'extérieur des maisons mais à l'intérieur du village. Les moustiques endophiles au repos ont été récoltés par la technique du pyrhète le jour dans les maisons, abris à animaux, hangars.

La détermination de la parturité des moustiques femelles a été faite selon la technique de Detinova par l'examen des trachéoles ovariennes ; le taux de parturité désigne le rapport des pares sur la somme des pares plus nullipares.

La détermination des indices sporozoïtiques a été basée sur l'examen microscopique des glandes salivaires. La technique d'analyse du repas sanguin des moustiques a été celle de Lombardi et Esposito (1986).

L'analyse cytogénétique des *A. gambiae* s.l. a été faite sur des échantillons de femelles endophiles semi-gravides capturées au pyrhètre, au repos en fin d'après-midi dans les maisons. Les techniques de conservation, de montage et de lecture des chromosomes polyténiques des cellules trophocytaires de l'ovocyte sont celles de Coluzzi *et al.* (1979). La nomenclature des formes chromosomiques de l'espèce *A. gambiae* est celle de Coluzzi *et al.* (1985). Pour évaluer les changements des fréquences relatives des arrangements 2Rbc et 2Ru dans les échantillon d'*A. gambiae* on a considéré l'indice $bc / (bc + u)$ qui varie entre 0 % et 100 %.

4. Résultats

4.1. Les hommes

Soumis à une nuisance culicidienne considérable la population a généralisé l'usage des moustiquaires. Ces moustiquaires sont fréquemment utilisées non bordées, en particulier dans le cas où une natte sert de support au dormeur, et sont souvent en mauvais état. Dans le village VK4 où la nuisance est la plus élevée, tous les habitants, quels que soient leurs âges, dorment sous moustiquaire ; des moustiquaires supplémentaires sont même disponibles pour les gens de passage (A. Gazin, comm. pers.).

La presque totalité de la récolte de riz est commercialisée augmentant l'accès à l'argent pour les riziculteurs. Ceci facilite l'achat de moustiquaires et de médicaments en général et d'antimalariques en particulier. La consommation de chloroquine, médicament parfaitement efficace à l'époque de l'étude au Burkina Faso (Gazin *et al.*, 1987), joue un rôle important dans la faiblesse relative des indices parasitologiques.

Pour l'année 1985 et sur 1 043 examens, l'indice gamétocytaire, avec un seuil de détection estimé à 5 gamétocytes par microlitre de sang, est 9,8 % pour la classe d'âge 0-14 ans. Il est 9,5 %, 13,0 % et 5,1 % respectivement pour les tranches d'âge 0-4 ans, 5-9 ans et 10-15 ans. Il est minimal en mai (3,6 % pour les 0-14 ans) et maximal en décembre (14,5 %).

4.2. Les vecteurs : le complexe *Anopheles gambiae*

Dans la rizière de la Vallée du Kou trois principaux taxons du complexe *A. gambiae* peuvent être rencontrés : *A. arabiensis*, *A. gambiae* forme chromosomique Mopti et *A. gambiae* forme chromosomique Savane. Tous ces taxons montrent des polymorphismes pour des inversions paracentriques. Le polymorphisme 2Rbc / u de la forme chromosomique Mopti a été analysé en détail.

Les variations saisonnières

Une enquête transversale répétée tous les deux mois a été menée à VK5 entre avril et octobre 1985 (tabl. 1). Il en résulte que la fréquence d'*A. arabiensis* avoisine 10 % de l'ensemble du complexe pendant toute l'étude sauf au début de saison sèche où elle atteint 23 %. *A. gambiae* Mopti est toujours largement majoritaire. La fréquence relative d'*A. gambiae* Savane est très faible sauf au coeur de la saison pluvieuse où elle atteint 17 %. L'indice $bc / (bc + u)$ d'*A. gambiae* est de 83 % en avril, il diminue progressivement pendant la saison pluvieuse et est de 47 % en octobre; les valeurs extrêmes enregistrées dans la rizière sont 89 % ($75 / (75 + 9)$) à VK6 les 5 et 10 avril 1984 et 21 % ($15 / (15 + 56)$) à VK1 les 20 octobre et 5 novembre 1986. Il en résulte que la fréquence de l'arrangement 2Rbc est maximale en fin de saison sèche et celle de 2Ru est maximale en fin de saison pluvieuse.

Les variations spatiales à l'intérieur de la rizière et dans sa périphérie proche

A. arabiensis est mieux représenté dans les villages de la périphérie de la rizière (16 %) que dans les villages centraux (4 %). Dans les villages périphériques, il semble plus fréquent dans les habitations situées le plus près des casiers à riz.

A. gambiae Savane est aussi plus fréquent en périphérie (3 %) qu'au centre (1 %) de la rizière ; dans les villages périphériques il est plus fréquent dans les habitations du côté opposé à la rizière (échantillon du 22 août 1985 : 1/94 *A. gambiae* côté rizière et 48/139 côté opposé à la rizière ; différence significative : $X^2 = 37,7$; $p < 0,0001$).

Dans les villages de la périphérie le maximum de fréquence de l'inversion 2Ru et le minimum de fréquence de l'arrangement 2Rbc sont observés fin octobre ; dans les villages centraux ils sont observés fin novembre. Dans les villages de la périphérie la fréquence de 2Rbc semble supérieure dans la partie du village adossée à la rizière ($bc / (bc + u) = 60\%$) et la fréquence de 2Ru supérieure du côté opposé à la rizière ($bc / (bc + u) = 54\%$).

L'identification cytogénétique des vecteurs

Huit *A. gambiae* s.l. porteurs de sporozoïtes dans leurs glandes salivaires ont été analysés sur le plan cytogénétique : tous sont des *A. gambiae* s.s. ; sept appartiennent à la forme chromosomique Mopti (quatre 2Ru /u, un 2Rbc /u, un 2Rbc /bc et un 2R bc / +) et un reste non classé (2Rb /u ou bien 2Rbu / +).

Les taux d'anthrophilie

Ils sont plutôt faibles et ils varient dans le temps. Les 20 et 29 août 1985 le taux d'anthrophilie calculé sur 768 *A. gambiae* s.l. endophiles gorgés (cet échantillon constitué à plus de 95 % par la forme chromosomique Mopti d'*A. gambiae*) récoltés à VK4 est de 44 %. Sur ce même échantillon le pourcentage de repas de sang pris sur boeuf, sur mouton et sur cheval sont respec-

tivement 30 %, 19 % et 3 %. Entre le 8 octobre et le 20 novembre 1986 il est de 67 % (tabl. 2). *A. arabiensis* semble nettement plus zoophile qu'*A. gambiae*. L'anthropophilie des différents taxons d'*A. gambiae* s.s. ne diffèrent pas significativement.

Les taux de parturité

Les taux de parturité (TP) varient selon la fraction de population à laquelle on s'adresse. La population à TP le plus faible est celle échantillonnée à l'intérieur des maisons le jour ; la fraction agressive pour l'homme à l'intérieur ou à l'extérieur des maisons a un TP supérieur ; la fraction endophile gorgée a un TP encore supérieur ; enfin la fraction agressive pour le boeuf est celle où le TP est le plus élevé (tabl. 3). Une autre analyse des TP sur 257 *A. gambiae* s.l. endophiles et gorgés, récoltés à VK4 le 20 août 1985 a montré que le TP des moustiques dont l'estomac contenait uniquement :

- du sang de boeuf était 67 % (28 pares, 14 nullipares),
 - du sang humain était 40 % (38 pares, 56 nullipares),
 - du sang autre que de boeuf ou d'homme était 29 % (9 pares, 22 nullipares) ;
- la différence est significative ($X^2 = 11,9$; ddl = 3 ; p = 0,0025).

Une analyse identique conduite sur 462 *A. gambiae* s.l. récoltés le 29 août 1985 donne respectivement comme TP : 35 %, 30 % et 27 % soit un écart plus faible et non significatif mais qui va dans le même sens.

Le TP des *A. gambiae* s.l. agressifs pour l'homme est variable selon la densité de population ; il varie en sens inverse (fig. 2).

Les indices sporozoïtiques

Les indices sporozoïtiques (s) des populations endophiles semi-gravides de vecteurs agressifs pour l'homme et pour un autre hôte ont été comparés à VK1 et VK4 entre le 6 et le 20 novembre 1986. Sept *A. gambiae* s.s. sur 123 disséqués étaient porteurs de sporozoïtes dans leurs glandes salivaires ; quatre d'entre eux, comme 98 autres contenaient du sang humain dans leurs estomacs et trois d'entre eux, comme 18 autres contenaient du sang autre qu'humain. L's des *A. gambiae* avec du sang humain est donc 3,9 % (4/102) et celui des *A. gambiae* avec du sang autre qu'humain est 14,3 % (3/21) soit 3,7 fois plus (probabilité exacte de Fisher = 0,096).

L'indice sporozoïtique des *A. gambiae* s.l. agressifs pour l'homme n'est pas significativement différent en capture intérieure et extérieure : entre 1980 et 1982, sur 13779 *A. gambiae* s.l. capturés à l'intérieur, 40 étaient positifs en sporozoïtes (s = 0,29 %) et sur 9 256 capturés à l'extérieur, 33 étaient positifs (s = 0,35 %), ($X^2 = 0,77$; p = 0,38) (Hervy *et al.*, 1981).

5. Discussion

Les modifications du milieu naturel occasionnées par l'aménagement de la rizière ont des conséquences micro-climatiques. Des différences nettes existent entre les températures enregistrées en rizière et celles enregistrées à Bobo-Dioulasso (à seulement 25 km). Les maxima moyens des températures sont supérieurs en rizière pendant toute l'année. Les températures moyennes et les minima moyens sont supérieurs de mai à octobre et inférieurs le reste de l'année (fig. 3). Il en résulte que la température moyenne entre mai et octobre est de 27,0° en rizière et est supérieure de 1,3° par rapport à celle des alentours. Ainsi de mai à octobre, période qui correspond à la saison de transmission du paludisme, le cycle extrinsèque du *Plasmodium* est légèrement accéléré. Par contre entre novembre et février c'est l'inverse, la température moyenne est de 24,4° et est inférieure de 1,7° à celle des alentours ; on notera qu'en décembre les minima moyens en rizière atteignent 12,2° et peuvent donc jouer un rôle dans l'arrêt de la transmission à cette date.

Les indices gamétocytiques des habitants des villages riziers sont particulièrement bas : ils sont 6,5 % chez les 2-9 ans en l'absence de tout programme de lutte. Ceux relevés dans des villages de savane sont de l'ordre de 17 % (Gazin *et al.*, 1985). Il apparaît ainsi que le « réservoir de virus » infectant pour les anophèles est réduit dans la rizière par rapport à la savane avoisinante.

Le taux d'anthropophilie est étonnamment bas pour *A. gambiae* et est probablement lié à l'usage généralisé des moustiquaires et à un accès faciles à des hôtes alternatifs. Les variations saisonnières du taux d'anthropophilie sont importantes. L'anthropophilie des vecteurs semble d'autant plus faible que les densités culicidiennes sont plus grandes ; elle serait logiquement liée à une meilleure protection des habitants contre les piqûres de moustiques. Ceci concourrait à expliquer pourquoi la transmission est si faible lors du maximum de la densité de vecteur.

L'accroissement de la fréquence d'*A. arabiensis* qui a été observé dans la rizière de la Vallée du Kou en saison sèche est un phénomène aussi remarqué à cette saison par Coz (1973) et par Rishikesh *et al.* (1985) en savane classique ; cette espèce est particulièrement bien adaptée à la sécheresse (Dukeen et Omer, 1986). Elle est zoophile et séjourne préférentiellement dans des lieux de repos diurnes tel que les abris à animaux où les poulaillers (Robert *et al.*, 1989 b) ; ces deux comportements sont vraisemblablement liés à une exophilie de piqûre (White, 1974).

La forte proportion d'*A. gambiae* Mopti en rizière est à mettre en relation avec la sub-permanence des gîtes larvaires dans ce biotope où l'irrigation est habituelle. C'est seulement au milieu de la saison pluvieuse, lors du maximum de précipitation, donc lorsque des gîtes larvaires temporaires sont au maxi-

mun de leur productivité anophélienne, que la forme chromosomique Savane atteint une fréquence notable.

La forme chromosomique Mopti est en permanence majoritaire dans la rizière, dans le delta intérieur du fleuve Niger (Touré *et al.*, 1983) et dans le sahel au Burkina Faso pendant la saison pluvieuse (Petarca *et al.*, comm. pers.). Les variations climatiques, et en particulier les variations d'humidité, entraînent pourtant de profondes modifications de la structure génétique de cette population : en fin de saison sèche l'arrangement 2Rbc est rencontré chez plus de 80 % des individus de l'espèce et en fin de saison pluvieuse c'est l'inversion 2Ru qui est observée chez plus de 70 %. Comme une forme chromosomique correspond à une population où les croisements sont aléatoires, le remplacement en six mois, soit environ une dizaine de générations de moustiques, de 2Rbc par 2Ru (ou de 2Ru par 2Rbc) illustre la différence des valeurs adaptatives liées à ces arrangements chromosomiques. De semblables variations saisonnières de la fréquence de ces arrangements ont aussi été décrites au Mali (Touré, 1985).

La faiblesse de l'effectif de l'échantillon du complexe *A. gambiae* à la fois infectés avec des sporozoïtes et identifiés par la cytogénétique ne permet pas de conclure sur les potentialités vectrices des différents taxons. Une étude directe des potentialités vectrices doit porter sur les moustiques porteurs de sporozoïtes, or les indices sporozoïtiques sont particulièrement bas dans la zone étudiée ; un tel programme est donc difficile à réaliser dans ce biotope. Cependant il est établi qu'*A. gambiae* Mopti qui est le taxon le plus fréquent est aussi le vecteur principal ; aucun *A. arabiensis*, dont on sait qu'ils sont zoophiles et relativement peu représentés, n'a été trouvé infecté avec des sporozoïtes. Il ne semble pas nécessaire de faire appel à une hasardeuse hypothèse sur une mauvaise aptitude vectrice du taxon *A. gambiae* Mopti pour expliquer pourquoi la transmission du paludisme est faible relativement à une importante densité de vecteur. Au Mali ce taxon est un vecteur dont l'efficacité est excellente et comparable à celle d'*A. gambiae* Savane (Touré *et al.*, 1986) ; ce taxon est également un excellent vecteur au laboratoire pour les infections expérimentales sur membranes (Boudin *et al.*, 1989).

Le taux de parturité (TP) des *A. gambiae* de rizière est particulièrement faible. Le TP moyen des *A. gambiae* s.l. agressifs pour l'homme dans les villages de savane de la région sont de 68 % (Hamon, 1963) et 63 % (Robert *et al.*, page 5), soit nettement plus que les 30 % observés à VK4 sur l'ensemble d'une l'année (Robert *et al.*, 1989 b). Le TP de la fraction de population endophile totale concerne entre autres les femelles néonates et est logiquement le TP le plus faible. La fraction de population endophile gorgée et agressive ni pour l'homme ni pour le boeuf a un TP inférieur à celle agressive pour l'homme, cette dernière a un TP inférieur à celle agressive pour le boeuf. De

plus l'indice sporozoïtique de la fraction agressive pour l'homme est inférieur à celui de la fraction agressive pour un hôte non-humain.

On sait que la population d'*A. gambiae* de la forme chromosomique Mopti est caractérisée par une anthropophilie importante et aussi élevée que celle des autres formes (Touré *et al.*, comm. pers.). Il est très probable que la grande zoophilie observée en Vallée du Kou est causée par l'inaccessibilité relative de l'hôte humain dormant sous moustiquaires. Cette zoophilie forcée d'*A. gambiae* révèle une situation peu fréquente qui pourrait lui être dommageable comme en témoignent les TP particulièrement bas. A l'opposé *A. arabiensis* dont on connaît son opportunisme trophique et même ses préférences zoophiles, du fait de la présence de gros et de petit bétail, dispersé dans les villages, serait à son aise dans cette rizière. Le TP inférieur en capture sur hommes par rapport à la capture sur boeufs s'expliquerait par une quasi exclusivité d'*A. gambiae* en capture sur hommes et par une forte proportion d'*A. arabiensis* en capture sur boeufs. Il semble donc que coexistent une population d'*A. gambiae* endophile et anthropophile et une population d'*A. arabiensis* exophile, exophage et zoophile.

Dans la zone rizicole de la Vallée du Kou les repas de sang d'*A. gambiae s.l.* (dont on sait que plus de 95 % sont des *A. gambiae s.s.*) très jeunes sont plutôt pris sur un hôte autre que l'homme et le boeuf. Les repas de sang des moustiques moins jeunes sont plutôt pris sur l'homme. Ceux des moustiques âgés (et éventuellement infectés) sont plutôt pris sur boeuf. Cette déviation trophique des vecteurs infectés est particulièrement importante sur le plan épidémiologique et ne constitue pas un fait d'observation classique (Chauvet *et al.*, 1965).

Le lien existant entre le TP des *A. gambiae* agressifs pour l'homme et leur densité agressive n'est pas clairement explicité. Il est probable que la dispersion des moustiques de l'intérieur de la rizière vers l'extérieur soit d'autant plus importante que la densité est grande. Il est possible aussi que le niveau particulièrement élevé de densité anophélienne rende la compétition intra-spécifique maximale et favorise les stratégies adaptatives où la rapidité du développement prime et où la demi-vie des générations est brève. Hawley (1985) a observé sur de très denses populations préimaginales d'*Aedes sierrensis* que le poids des nymphes est faible et que de ces dernières émergeront des adultes à longévité réduite. Dans la plaine de la Ruzizi ont déjà été faite des observation, d'une part, de forte densité de population d'*A. gambiae s.l.* à indice sporozoïtique bas (Vincke, 1965) et d'autre part, des variations concomitantes et inverses de la densité d'*A. arabiensis* et de son taux de parturité en rizière (Coosemans, 1985).

6. Conclusion

Dans la rizière de la Vallée du Kou, le seul facteur influant la transmission du paludisme dans le sens d'une augmentation est la grande densité de vecteur de l'espèce *A. gambiae*. Au contraire, de nombreux autres facteurs sont limitants pour la transmission :

- la population humaine est peu infectante pour les moustiques,
- l'usage généralisé des moustiquaires réduit les contacts entre l'homme et les vecteurs,
- les vecteurs prennent leurs repas de sang sur des animaux, ceci surtout aux stades épidémiologiquement dangereux,
- la fraction de vecteur agressive pour l'homme a un âge physiologique moyen particulièrement bas.

L'ensemble de ces facteurs limitants est la cause d'indice sporozoïtique très faible et explique la faiblesse de la transmission malgré des densités de vecteurs très élevées.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUDIN C., LYANNAZ J., BOSSENO M.F., CHAIZE J., CARNEVALE P., 1989 - Production de sporozoïtes de *Plasmodium* humain à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **69** : 3-23.
- CARNEVALE P. et ROBERT V., 1987 - Introduction of irrigation in Burkina Faso and its effect on malaria transmission. Joint WHO/FAO/UNEP panel of experts on environmental management for vector control. PEEM/7/WP/87.9a.
- CHAUVET G., COZ J. et GRENIER P. 1965 - Relations entre l'âge physiologique et le comportement des moustiques. *Cahiers ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **3** et **4** : 103-109.
- COLUZZI M., PETRARCA V. ET DI DECO M.A., 1985 - Chromosomal inversion intergradation and incipient speciation in *Anopheles gambiae*. *Boll.Zool.*, **52** : 45-63.
- COLUZZI M., SABATINI A., PETRARCA V. ET DI DECO M.A., 1979 - Chromosomal differentiation and adaptation to human environments in the *Anopheles gambiae* complex. *Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **73** : 483-497.
- COZ J., 1973 - Contribution à l'étude du complexe *Anopheles gambiae*, répartition géographique et saisonnière en Afrique de l'Ouest. *Cah.ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **11**, 1 : 3-31.

- COOSEMANS M.H., 1985 – Comparaison de l'endémie malarienne dans une zone de riziculture et dans une zone de culture de coton dans la plaine de la Ruzizi, Burundi. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **65**, suppl. 2 : 187-200.
- DI DECO M.A., SABATINELLI G., CAMIZ S. ET TOURE Y.T., 1983 – Studio biometrico di due nuove entità del complesso *Anopheles gambiae*. *Parasitologia*, **25** : 260-266.
- DUKEEN M.Y.H. ET OMER S.M., 1986 – Ecology of the malaria vector *Anopheles arabiensis* by the Nile in northern Sudan. *Bull. ent. Res.*, **76** : 451-467.
- GAZIN P., BOILLOT F., OUEDRAOGO J.B., CARNEVALE P. ET AMBROISE-THOMAS P., 1987 – Effectiveness of single dose treatment with chloroquine of malaria in West Africa and measurement of chloroquine urinary excretion. *Ann. Soc. belge. Méd. trop.*, **67** : 329-334.
- GAZIN P., ROBERT V. ET CARNEVALE P., 1985 – Etude longitudinale des indices paludologiques de deux villages de la région de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Ann. Soc. belge. Méd. trop.*, **65**, suppl.2 : 181-186.
- HAMON J., 1963 – 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*, **28** : 83-109.
- HERVY J.P., LEGROS F. *et al.*, 1981 – Evaluation entomologique de deux thérapeutiques antipalustres à la chloroquine -prophylaxie chez les enfants de moins de 14 ans, traitement systématique de tous les accès fébriles-mises en place dans les villages de la région de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta). *Doc. Tech. O.C.C.G.E.* n° 7651/81 et n° 7849/81.
- HAWLEY W.A., 1985 – The effect of larval density on adult longevity of a mosquito, *Aedes sierriensis* : epidemiological consequences. *J. animal Ecology*, **54** : 955-964.
- LOMBARDI S. ET ESPOSITO F., 1986 – A new method for identification of the animal origin of mosquito bloodmeals by the immunobinding of peroxydase-anti-peroxydase complexes on nitrocellulose. *J. Immuno. Methods*, **86** : 1-5.
- RISHIKESH N., DI DECO M.A., PETRARCA V. ET COLUZZI M., 1985 – Seasonal variations in indoor resting *Anopheles gambiae* and *A.arabiensis* in Kaduna, Nigeria. *Acta tropica*, **42** : 165-170.
- ROBERT V., GAZIN P., BOUDIN C., MOLEZ J.F., OUEDRAOGO V. ET CARNEVALE P., 1985 – 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.*, **65**, suppl.2 : 201-214.

- ROBERT V., PETRARCA V., CARNEVALE P. ET COLUZZI M., 1986 – Le particularisme de la transmission du paludisme dans la zone rizicole de la Vallée du Kou (Burkina Faso); l'apport de l'étude cytogénétique des vecteurs à l'épidémiologie. *Parasitologia*, **28** : 327-329.
- ROBERT V., OUARI B., OUEDRAOGO V. ET CARNEVALE P., 1988 – La succession des espèces anophéliennes et le cycle du riz; étude écologiques des *Culicidae* adultes et larvaires dans la rizière de la Vallée du Kou, Burkina Faso. *Acta tropica*, **45** : 351-359.
- ROBERT V., HERVY J.P., BAUDON D., ROUX J., LEGROS F. ET CARNEVALE P., 1989 a – Influence de deux stratégies médicamenteuses par la chloroquine (prophylaxie et thérapie des accès fébriles) sur la transmission du paludisme. *Bull. Soc. Path. exo.*, **82** : 243-247.
- ROBERT V., PETRARCA V., CARNEVALE P., OVAZZA L., COLUZZI M., 1989 b – Analyse cytogénétique du complexe *Anopheles gambiae* dans la région de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Ann. Parasito. hum. comp.*, **64** : 290-311.
- TOURE Y.T., 1985 – Génétique, écologie et capacité vectorielle des membres du complexe *Anopheles gambiae* au Mali. Thèse de sciences, Aix-Marseille III.
- TOURE Y.T., PETRARCA V. ET COLUZZI M., 1983 – Nuove entità del complesso *Anopheles gambiae* in Mali. *Parassitologia*, **25** : 367-370.
- TOURE Y.T., PETRARCA V. ET COLUZZI M., 1986 – Esame comparativo dei tassi di infezione con sporozoiti e filarie in diverse forme del complesso *Anopheles gambiae* in un villaggio del Mali. *Ann. Ist. Super. Sanità*, **22** : 215-218.
- VINCKE I.H., 1965 – Les indices sporozoïtiques et oocystiques dans la Vallée de la Ruzizi. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **3** et **4** : 115-117.
- WHITE G.B., 1974 – *Anopheles gambiae* complex and disease transmission in Africa. *Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **68** : 278-301.

Tableau 1

Variations saisonnières des fréquences des taxons du complexe *Anopheles gambiae* récoltés en 1985 dans des maisons du village VK5.

Seasonal variations in the frequencies of the taxa of the Anopheles gambiae complex sampled in dwellings of village VK5 in 1985.

Mois	<i>Anopheles gambiae</i>				<i>Anopheles</i>	TOTAL GÉNÉRAL	
	Mopti	Savane	Autres	Total	<i>arabiensis</i>		
Avril	n	76	1	6	83	6	89
	%	91,57	1,20	7,23	93,3	6,74	
Juin	n	12	3	1	16	0	16
	%	75,00	18,75	6,25	100	0,00	
Août	n	270	59	27	356	42	398
	%	75,84	16,57	7,58	89,5	10,56	
Octobre	n	210	14	16	240	73	313*
	%	87,50	11,08	6,67	76,7	23,32	
Total	n	568	77	50	695	121	816
	%	81,73	11,08	7,19	85,2	14,83	

(*) + 1 hybride *A. Gambiae* x *A. arabiensis*.

Tableau 2

Indice d'anthropophilie des taxons du complexe *Anopheles gambiae* récoltés dans des maisons des villages VK1 et VK4 en octobre et novembre 1986.

Anthropophilic index of the taxa of the Anopheles gambiae complex sampled in dwellings of villages VK1 and VK4 in October and November 1986.

Repas de sang humain	<i>Anopheles gambiae</i>							<i>Anopheles</i> <i>arabiensis</i>	TOTAL GÉNÉRAL
	Mopti				Savane	Autres	Total		
	bc/bc	bc/u	u/u	Total					
Oui	10	36	42	151	4	19	174	2	176
Non	4	23	20	65	2	6	73	12	85
Total	14	59	62	216	6	25	247	14	261
Anthropo- philie	71 %	61 %	68 %	70 %	—	76 %	70 %	—	67 %

Tableau 3

Résultats de quatre expériences de comparaison du taux de parturité (TP) d'*Anopheles gambiae s.l.* capturés de différentes manières.

Comparison between the parous rate (TP) of four samples of Anopheles gambiae s.l. collected with different methods.

Date	Caractéristiques de l'échantillonnage	Pare	Nullipare	TP %	Chi 2	p
28 août	Agressifs pour l'homme dans 4 maisons de 20 h à 06 h	58	225	20,5	15,1	< 0,00001
	Endophiles et gorgés dans les 4 mêmes maisons à 06 h	134	258	34,2		
10 sept.	Agressifs pour l'homme dans 4 maisons de 20 h à 06 h	69	230	23,1	3,77	0,052
	Endophiles dans les 4 mêmes maisons à 06 h	31	164	15,9		
11 sept.	Agressifs pour l'homme dans les maisons de 20 h à 01 h	116	419	21,6	16,6	< 0,00001
	Agressifs pour le boeuf entre les maisons de 20 h à 01 h	77	136	36,1		
8 oct.	Agressifs pour l'homme dans des maisons de 20 h à 01 h	24	57	29,6	0,05	0,82
	Agressifs pour l'homme à l'extérieur et à côté des boeufs de 22 h à 02 h	62	157	28,3		
	Agressifs pour le boeuf entre les maisons de 22 h à 02 h	112	116	49,1	23,1	< 0,00001

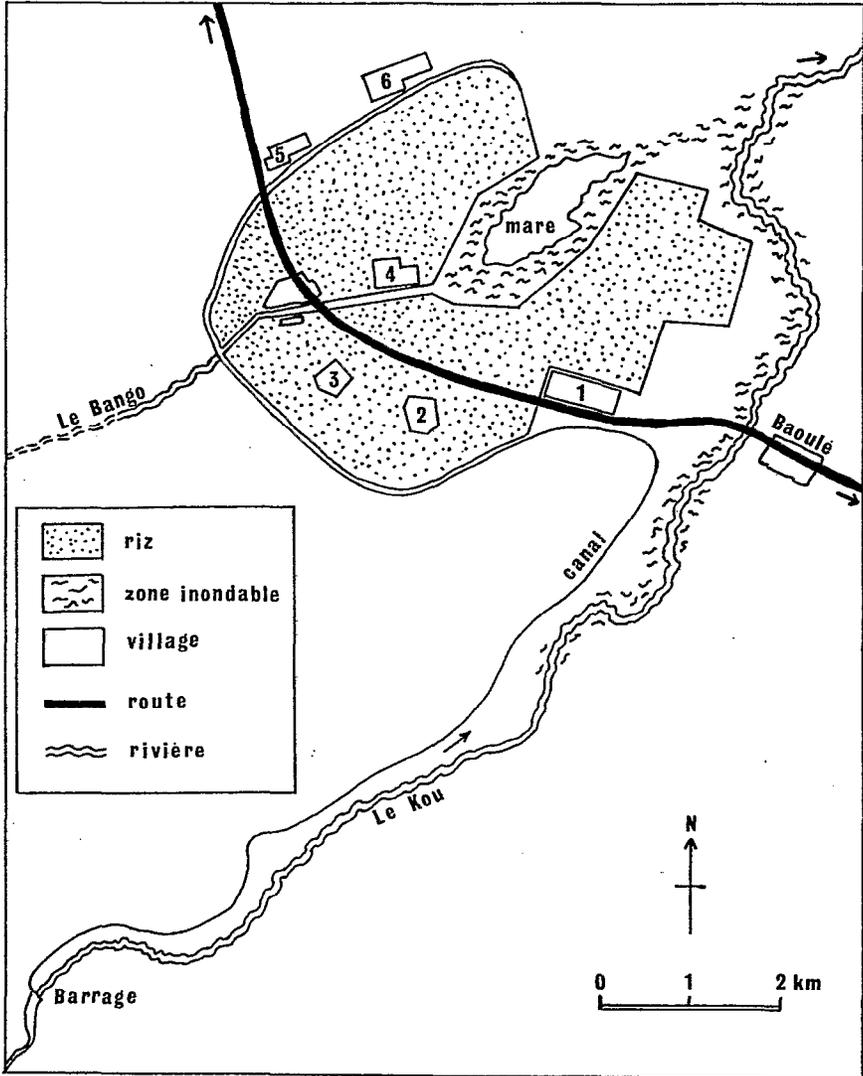


Figure 1
Plan de la zone rizière et des villages de la Vallée du Kou, Burkina Faso.
Map of the Kou Valley (Burkina Faso) with the rice growing area and the villages.

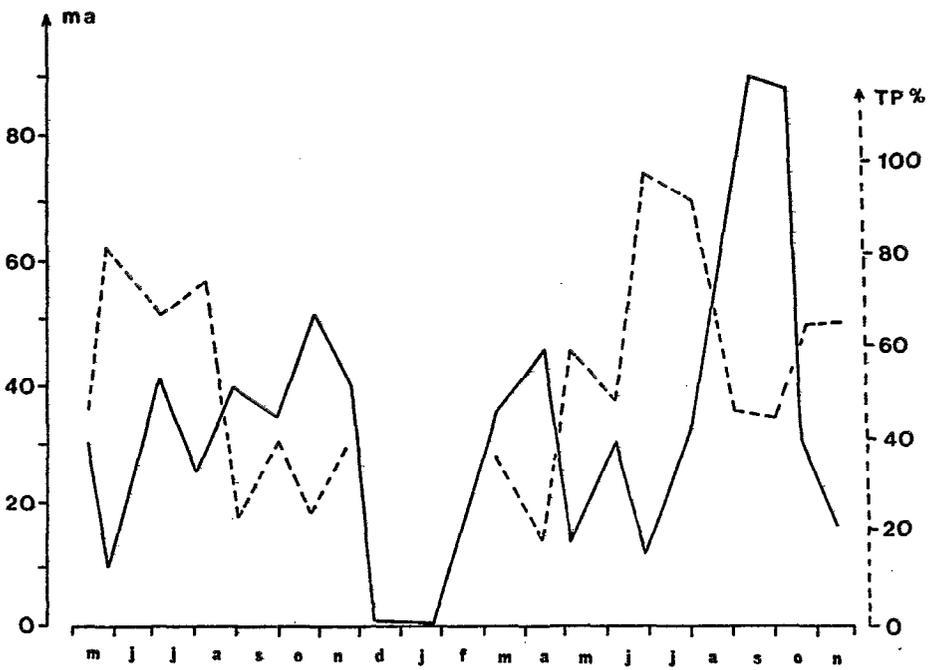


Figure 2

Évolution des densité agressive pour l'homme (m.a) d' *Anopheles gambiae* s.l. et de son taux de parturité (TP) dans le village VK6 en 1983 et 1984 (d'après Carnevale et Robert, 1987).
 Average number of biting per man per night (m.a) and parous rate (TP) of *Anopheles gambiae* s.l. in the village VK6 in 1983 and 1984 (after Carnevale & Robert, 1987).

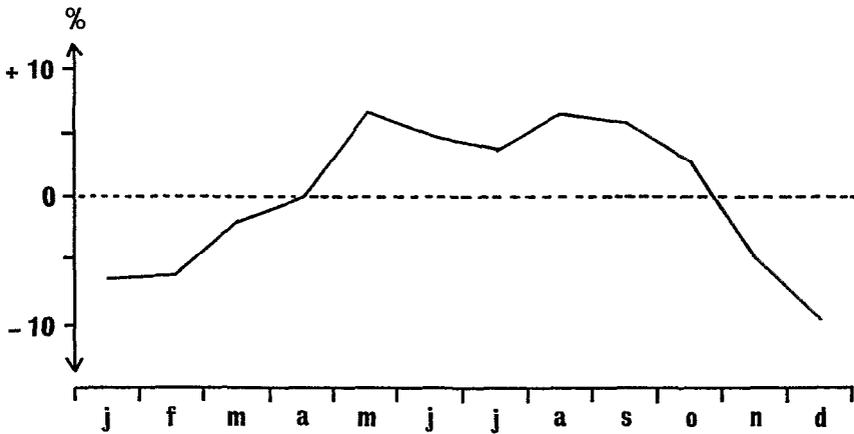


Figure 3

Comparaison en pourcentage des températures mensuelles moyennes du village VK1 par rapport à celles enregistrées à Bobo-Dioulasso, distant de 25 km.

Comparison between monthly mean temperatures recorded in the village VK1 and those recorded in Bobo-Dioulasso, 25 km apart. Values given in percentages.

LE PALUDISME URBAIN-LAGUNAIRE : ENQUÊTE LONGITUDINALE À COTONOU

JEAN-PHILIPPE CHIPPAUX (1) ET MARTIN AKOGBETO (2)

Ce travail a bénéficié d'un financement du Programme Spécial pour la Recherche et la Formation sur les maladies tropicales PNUD/Banque Mondiale/OMS (ID.850403).

- (1) Médecin, entomologiste médical ORSTOM, Antenne entomologique O.C.C.G.E., B.P. 06-2604, Cotonou, Bénin.
(2) Entomologiste médical, Chef de l'antenne entomologique O.C.C.G.E.

RÉSUMÉ

L'étude des indices paludologiques en milieu urbain-lagunaire, à Cotonou, a été menée sur un échantillon aléatoire d'enfants de deux quartiers périphériques au cours de trois années consécutives.

La transmission du paludisme diffère sensiblement entre ces deux quartiers. Dans chaque quartier, les indices plasmodiques sont très élevés dès le plus jeune âge et connaissent peu de variations jusqu'à l'adolescence. En revanche, les variations saisonnières, et les variations annuelles pour les mêmes saisons d'une année sur l'autre, sont toujours significatives. Les auteurs ont tenté d'étudier la susceptibilité individuelle des enfants en comparant, pour chacun, la fréquence de positivité de prélèvements successifs d'une saison à l'autre. Il apparaît qu'un nombre d'enfants significativement plus élevé qu'on ne l'attendrait présente une succession de prélèvements positifs à plusieurs mois d'intervalle. Confrontés aux données entomologiques, les résultats parasitologiques montrent bien la forte transmission du paludisme à Cotonou, ce qui est paradoxal en milieu urbain, réputé habituellement peu favorable à la transmission du paludisme.

Mots-clés : Paludisme - Epidémiologie - Charge parasitaire - Cotonou - Bénin - Afrique de l'Ouest.

SUMMARY

Urban and lacustrine malaria : a longitudinal survey in Cotonou (Benin).

A prospective survey has been made in randomised children population of 2 suburbs of Cotonou where an entomological survey, previously reported,

was conducted at the same time. Data from both surveys are well correlated. Intensity of transmission appears to be different in each of these suburbs. Malaria transmission is high in both suburbs and affects children under 1 year. Age related variations of indexes are slight except for geometrical means of parasitaemia or geometrical means of antibody titers. Seasonal variations of all parasitological indexes are significantly different from season to season and, for indexes obtained in corresponding season, from year to year. The geometrical mean of parasitaemia seems to be more sensitive than other indexes.

Authors tried to study the individual response of children to malarial parasites. They analysed, for each child, the frequency of positive results of successive samples in various seasons. Children showing several positive successive samples are more frequent than expected. This is confirmed with *Plasmodium falciparum* trophozoites but not with gametocytes and *P. malariae*. This probably indicates great variations in individuals susceptibility or individuals exposure to malaria. These parasitological results show a high transmission rate of malaria in Cotonou. That is a paradox for urban areas which are usually unfavourable to malaria transmission.

Key words : Malaria - Epidemiology - Parasite density - Cotonou - Benin - West Africa.

1. Introduction

Le paludisme urbain-côtier, ou urbain-lagunaire, peut se définir à Cotonou comme un paludisme holoendémique stable. Akogbéto *et al.* (à paraître) ont montré que le taux d'inoculation, variable selon les quartiers de la ville, est, en moyenne, nettement plus élevé que dans la plupart des autres agglomérations d'Afrique intertropicale.

Dans les quartiers centraux de la ville, la transmission du paludisme est interrompue pendant la saison sèche, soit pendant une période de trois mois. En saison des pluies, chaque habitant subit plus d'une piqûre infectée par semaine.

En zone périphérique, le paludisme est transmis toute l'année, ou presque, avec une forte recrudescence en fin de saison des pluies et en début de saison sèche. Le nombre de piqûres infectées par homme et par an dépasse 58 dans certains quartiers (Akogbéto *et al.*, *op. cit.*).

Nous avons recherché, dans les mêmes milieux et à la même période que ceux où se sont déroulées les enquêtes entomologiques, les indices parasitologiques au sein de la population réceptive.

2. Matériel et méthode

Description des zones d'étude

Cotonou est placée entre la mer et le lac Nokoué, grande lagune d'eau saumâtre, surtout en saison sèche (fig. 1). La ville ne comporte aucune dénivellation permettant le drainage des eaux de pluies, ce qui provoque de nombreuses retenues naturelles d'eau douce en saison des pluies et des zones marécageuses une grande partie de l'année. Le régime des pluies est de type équatorial (grande saison sèche de décembre à mars et grande saison des pluies d'avril à novembre, coupée d'une « petite saison sèche » en juillet et août – fig. 2). Cotonou est situé sur l'isohyète 1 300 mm.

Agblangandan est un quartier périphérique traditionnel en bordure de lagune. Les captures effectuées tout au long de l'année ont mis en évidence une moyenne annuelle de 95 % d'*Anopheles melas* et 5 % d'*Anopheles gambiae* s.s. Le taux d'inoculation est élevé. Il varie entre 15 et 40 piqûres infectées par homme et par an, selon les années (Akogbéto *et al.*, *op. cit.*).

Ladji est également un quartier périphérique en bordure de lagune ; mais il est de peuplement récent et ne comporte ni infrastructure, ni voirie. *Anopheles gambiae* s.s. y est nettement dominant et *Anopheles melas* n'y a jamais été récolté. Le taux d'inoculation est, en outre, plus élevé qu'à Agblangandan. Il atteint 60 piqûres infectées par homme et par an (Akogbéto *et al.*, *op. cit.*).

Choix des sujets

Nous avons choisi au hasard des « concessions » au centre de chacun de ces quartiers. Tous les enfants de moins de douze ans vivant dans ces concessions ont été recensés et suivis pendant la durée de l'enquête. A Agblangandan, l'enquête longitudinale a concerné 179 enfants de 6 mois à 12 ans qui ont été prélevés de 1 à 9 fois chacun, tous les deux mois à partir d'octobre 1985 jusqu'en mars 1987, puis en juillet 1987 et en novembre 1988. Cela constitue 720 prélèvements au total, également répartis entre les différentes saisons des pluies et saisons sèches.

A Ladji, 204 enfants de 6 mois à 12 ans ont participé à l'enquête. Quatre passages seulement ont été effectués en fin de saison sèche (mars 1987), en petite saison sèche (août 1987), en début de grande saison des pluies (mai 1988) et en fin de saison des pluies (novembre 1988). 482 prélèvements ont été pratiqués.

Seuls les prélèvements effectués chez les enfants en bonne santé apparente ont été considérés dans cette étude. Les prélèvements pratiqués chez des enfants fébriles ont été ajoutés aux résultats des enquêtes de morbidité se déroulant dans les mêmes quartiers (Chippaux, page 55 ; Boulard *et al.*, 1990).

Mesure et expression des indices paludométriques

Tous les prélèvements ont été faits à la pulpe du doigt avec un vaccinostyle stérile. Pour chaque enfant, il est pratiqué un frottis sanguin, une goutte épaisse et un prélèvement dans un tube capillaire hépariné. Les lames sont fixées et colorées au RAL^R (Rhône-Poulenc). Le capillaire est centrifugé à 10 000 tours/minute pendant 5 minutes pour permettre la lecture de l'hématocrite. Le plasma est recueilli pour le titrage des anticorps palustres.

La densité parasitaire est calculée selon la formule :

$$DP = H (0,085 X + 0,913) \times 10^6 / 280 N$$

où H est le nombre d'hématies parasitées, X est la valeur de l'hématocrite et N est le nombre de champs examinés à l'objectif à immersion $\times 100$ (Chippaux *et al.*, page 55). Nous avons lu 75 champs de frottis, ce qui s'était avéré suffisant lors d'enquêtes préliminaires. La limite de sensibilité est de l'ordre de 100 à 150 trophozoïtes par microlitre. Les gouttes épaisses ont été lues à l'objectif sec $\times 40$, sur 50 champs, pour le dénombrement des gamétocytes de *Plasmodium falciparum*, ce qui correspond à un seuil de sensibilité d'environ 2 à 3 gamétocytes par microlitre de sang. Nous avons utilisé la moyenne géométrique des densités parasitaires.

Nous n'avons pas pu faire le titrage des anticorps avant les enquêtes de 1988. Nous avons effectué le dosage selon la technique classique d'immunofluorescence indirecte (Ambroise-Thomas, 1974) avec des lames Falciparum Spot^R et le conjugué Fluoline H^R (BioMérieux). Les dilutions inférieures au 1/40^e n'ont pas été considérées. Les titres moyens correspondent à la moyenne géométrique de l'inverse des titres individuels.

Analyse et traitement statistique des observations

Il a été recherché, pour chaque groupe d'enfants ayant subi un même nombre minimum de prélèvements, la présence d'un biais éventuel. Nous avons comparé tous les indices paludométriques et les moyennes de parasitémies des différents groupes entre eux. Pour chaque groupe d'enfants ayant subi un même nombre minimum de prélèvements, nous avons mesuré la fréquence de prélèvements positifs et négatifs pour la recherche de trophozoïtes et de gamétocytes de *P. falciparum*, ainsi que pour toutes les formes sanguines de *P. malariae*. Nous avons considéré, *a priori*, que, chez un même sujet, le résultat d'un prélèvement quelconque n'était en rien influencé par le résultat des prélèvements antérieurs ou ultérieurs.

Cette indépendance des résultats pour chaque enfant, qui constitue l'hypothèse nulle, nous a conduit à calculer la probabilité d'avoir un nombre donné de résultats successifs positifs ou négatifs. Cette probabilité théorique est

égale à l'indice plasmodique moyen élevé à la puissance correspondant au nombre de prélèvements subis. La fréquence individuelle de résultats positifs a été évaluée selon deux méthodes.

La première a consisté à regrouper les enfants ayant eu un même nombre de résultats positifs, sans tenir compte du nombre de prélèvements subis. C'est ce groupe qui est comparé à la distribution aléatoire des résultats indépendants dans le tableau 2 et à l'échantillon total dans le tableau 3. Il permet de tester notre hypothèse nulle.

La seconde méthode a consisté à isoler les enfants ayant un indice plasmodique individuel à *P. falciparum* supérieur d'au moins 1,96 écart-type (intervalle de confiance pour $p < 0,05$) à l'indice plasmodique spécifique moyen de l'échantillon total. Nous avons également séparé ceux dont l'indice plasmodique spécifique était inférieur d'au moins 1,96 écart-type à la fréquence moyenne de sujets négatifs dans l'ensemble de l'échantillon. Cette méthode permet de vérifier l'existence d'une corrélation entre les différents indices paludométriques.

Nous avons retenu un seuil de significativité de 5 %, sauf exception signalée dans le texte, pour tous les tests statistiques (comparaison de fréquences, comparaison de moyenne et χ^2). Les comparaisons de moyennes géométriques ont été faites à partir du logarithme décimal de leur valeur respective. Le traitement des analyses et de probabilités a été effectué par des logiciels originaux conçus en *dBase*.

3. Résultats

Nous avons examiné 1 202 prélèvements provenant de 383 enfants.

Agblangandan

La prévalence de *P. falciparum* est très élevée dans l'ensemble de la population infantile. Elle est en moyenne de 57 %.

L'indice plasmodique dû à *P. falciparum* ne varie pas significativement en fonction de l'âge jusqu'à 12 ans inclus (tableau 1). Les parasitémies moyennes ne sont jamais significativement différentes entre chaque âge (fig. 3), sauf entre 7 et 9 ans. Ni l'une ni l'autre ne sont significativement différentes de la parasitémie moyenne de l'ensemble de l'échantillon ($\epsilon = 1,34$ et $\epsilon = 1,93$ respectivement). En revanche, la différence des parasitémies moyenne entre 7 et 9 ans est significative ($\epsilon = 2,39$). L'indice plasmodique dû à *P. malariae* est de 7,8 %. Les indices gamétocytiques ne varient pas en fonction de l'âge jusque vers 8 ans, âge à partir duquel le nombre de gamétocytes se réduit notablement.

La variation saisonnière de l'indice plasmodique est hautement significative ($\text{Chi}^2 = 44$; $\text{ddl} = 9$, $p < 10^{-3}$), mais pas celle de la parasitémie moyenne (fig. 4). L'indice gamétocytaire s'élève en saison des pluies jusqu'à 22 % et descend en saison sèche en dessous de 2 %. La variation saisonnière de l'indice gamétocytaire est parallèle à celle des indices plasmodiques et des parasitémies moyennes.

Nous n'avons pu étudier les variations saisonnières des titres moyens d'anticorps palustres à Agblangandan. Seuls les titres moyens en fonction de l'âge ont été établis en fin de saison des pluies (fig. 5). 98 % de l'ensemble des enfants et tous les enfants de plus de 5 ans ont un titre égal ou supérieur à $1/40^e$. L'augmentation du titre en fonction de l'âge est constante jusque vers 12 ans.

La comparaison des indices plasmodiques par groupe d'enfants ayant subi un même nombre de prélèvements ne montre pas de variation significative par rapport aux indices moyens observés dans l'ensemble de l'échantillon ($\text{Chi}^2 = 14,5$, $\text{ddl} = 9$). Rien ne permet donc de penser que les enfants ayant subi plusieurs prélèvements seraient distincts de l'ensemble de l'échantillon participant à l'étude.

La fréquence de parasitémies positives est beaucoup plus élevée que ne le prévoit une distribution aléatoire dans laquelle les résultats des prélèvements successifs chez un même enfant seraient indépendants ($\text{Chi}^2 = 313$, $\text{ddl} = 8$). Il en est de même pour la fréquence de multiples prélèvements négatifs, par rapport à notre seuil de détection ($\text{Chi}^2 = 298$, $\text{ddl} = 6$) (tableau 2).

Nous avons comparé les indices paludométriques en fonction du nombre de prélèvements subis et de la fréquence de résultats positifs. Le tableau 3 donne les indices observés dans l'ensemble de l'échantillon (= A) et dans le groupe d'enfants ayant eu un minimum de résultats positifs (= B). Les indices plasmodiques dus à *P. malariae*, ainsi que les indices gamétocytiques ne diffèrent pas significativement chez les enfants ayant une fréquence élevée de prélèvements positifs (tableau 3).

29 enfants (16 %) présentent une fréquence de positivité plus élevée que la moyenne, d'un écart correspondant au risque minimal de 5 %. 18 enfants (10 %) présentent une fréquence de résultats négatifs inférieure à la moyenne d'un écart correspondant au risque de 5 %. Les indices plasmodiques dus à *P. malariae* et les indices gamétocytiques des groupes d'enfants à positivité et à négativité plus fréquente ne sont pas significativement différents ni entre eux ($\epsilon = 0,20$ et $\epsilon = 0,46$ respectivement), ni de ceux de l'ensemble de l'échantillon.

Ladji

La prévalence parasitaire (53 %) est élevée toute l'année pour tous les âges. Avant 1 an, les indices sont plus faibles qu'à Agblangandan ($\epsilon = 2,78$; $p < 0,01$). La différence avec les indices plasmodiques des enfants de Ladji, entre chaque âge, est significative, de même que la différence des moyennes de parasitémies (tableau 1 ; fig. 3).

La variation saisonnière des indices plasmodiques est importante ($\text{Chi}^2 = 10,3$, $\text{ddl} = 3$). Comme à Agblangandan, les parasitémies moyennes ne sont pas significativement différentes d'une saison à l'autre, ni d'une année sur l'autre (fig. 4).

L'indice gamétocytaire moyen (5,8 % pour toute la période d'enquête qui n'est pas superposable à celle d'Agblangandan) est légèrement inférieur à celui d'Agblangandan. Il est légèrement plus élevé à Ladji lorsque les prélèvements sont effectués simultanément dans les deux quartiers, sauf en novembre 1988, où ils sont tous deux égaux à 1 %. L'indice gamétocytaire suit les mêmes variations que celles observées à Agblangandan.

Le titre moyen des anticorps est du même ordre de grandeur en saison sèche qu'en saison des pluies. L'évolution du titre moyen des anticorps en fonction de l'âge est comparée à celle d'Agblangandan (fig. 5). Tous les enfants ont un titre supérieur au $1/100^e$, aussi bien en fin de saison sèche, qu'en fin de saison des pluies. L'augmentation du titre moyen en fonction de l'âge est constant jusqu'à 8 ans, âge à partir duquel le titre moyen reste stable.

Pas plus qu'à Agblangandan, nous n'avons relevé de différence entre les indices plasmodiques des enfants participant à l'enquête ($\text{Chi}^2 = 3,1$, $\text{ddl} = 3$). La fréquence de multiples prélèvements positifs est significativement plus élevée qu'une distribution aléatoire ne le laisserait prévoir ($\text{Chi}^2 = 6,1$, $\text{ddl} = 2$). La fréquence de multiples prélèvements négatifs est également significativement différente de la distribution théorique ($\text{Chi}^2 = 6,5$, $\text{ddl} = 2$).

L'effectif ne nous a pas permis de comparer l'évolution de l'indice gamétocytaire, ni de l'indice plasmodique spécifique à *P. malariae*, en fonction de l'indice plasmodique à *P. falciparum*.

4. Discussion

Dans l'ensemble, les indices paludométriques sont tout à fait comparables dans les deux quartiers étudiés. Tous deux sont légèrement excentrés par rapport à Cotonou, et surtout, situés en bordure de lagune, ils sont en terrains inondables dès les premières pluies. La seule différence écologique notable tient au type d'habitat, traditionnel à Agblangandan, anarchique et insalubre à Ladji.

Il est difficile d'évaluer l'importance relative des vecteurs identifiés à Agblangandan, et plus encore à Ladji où, si *A. melas* n'a jamais été récolté, il est probable qu'il y soit tout de même représenté. *A. gambiae* s.s. est sans doute le vecteur principal à Ladji, mais à Agblangandan, il est difficile d'être catégorique. *A. melas* y est prédominant toute l'année (Akogbéto *et al.*, *op. cit.*), ce qui en fait un bon candidat potentiel.

Les indices sporozoïtiques sont faibles à Agblangandan en saison sèche, saison privilégiée pour cette espèce à larves halophiles, et ils n'ont jamais pu être rapportés formellement à *A. melas*. La capacité vectorielle d'*A. melas* est d'ailleurs controversée (Bryan, 1981).

Quoiqu'il en soit, les indices paludométriques confirment la forte transmission du paludisme. L'évolution des indices en fonction de l'âge correspond à ce qui est classiquement observé. Toutefois, à Cotonou, ils s'élèvent plus précocement, et plus rapidement que dans d'autres villes, (Gazin *et al.*, 1987 ; Trape, 1987). La transmission s'effectue principalement en saison des pluies. La courte période d'interruption explique la baisse des indices paludométriques, qui malgré tout, restent relativement élevés en saison sèche. Une longue saison sèche, comme celle de 1987 (fig. 2) a pour corollaire la réduction sensible des indices paludométriques. Ils sont d'ailleurs significativement différents de ceux des mêmes mois de l'année précédente qui, bien que déficitaire, avait connu une meilleure répartition des pluies. En revanche, une forte pluviosité, comme en 1988, bien distribuée dans l'année, n'a pas provoqué une hausse des indices paludométriques. Les inondations observées en 1985, 1987 et 1988 se sont accompagnées d'une forte baisse de l'agressivité anophélienne, et d'une diminution des indices paludologiques (Akogbéto et Chippaux, à paraître).

La conversion logarithmique des parasitémies présente un intérêt certain pour mesurer l'intensité de l'infection palustre et ses variations. Le choix d'une moyenne géométrique se justifie par l'existence de parasitémies très élevées chez un nombre de sujets réduit mais non négligeable. Leur importance se trouve ainsi pondérée. Cet artifice joue en pratique le même rôle que les classes de parasitémies (Bruce-Chwatt, 1958).

A notre connaissance, l'évolution de la parasitémie chez un même sujet à partir de prélèvements successifs effectués à différentes saisons n'avait jamais été étudiée en milieu urbain lagunaire. Nos observations confirment que l'indépendance des résultats de prélèvements successifs ne peut être retenue. Cette méthode pourrait permettre de mesurer l'inégalité du risque d'infection, d'évaluer la réponse individuelle et d'étudier les facteurs qui leur sont liés.

La fréquence des sujets trop souvent positifs peut être interprétée diversement. Certains enfants sont sans doute soumis à un risque plus grand. Mais il en est probablement qui tolèrent une charge parasitaire minimale et s'en

accommodent. Ces enfants pourraient constituer un réservoir actif de parasites. Paradoxalement, ils ne semblent pas jouer un rôle plus important que les autres enfants dans la transmission du paludisme, leur indice gamétocytaire individuel n'étant pas différent de celui de la population de référence. En outre, cette tolérance serait spécifique puisque l'indice plasmodique dû à *P. malariae* est similaire à celui de la population d'origine. La fréquence de sujets trop souvent négatifs renforce cette dernière hypothèse : à côté d'enfants manifestant une tolérance accrue, d'autres semblent développer une certaine résistance, ou un état réfractaire, face à l'infection palustre. Moins de 75 % des enfants présentent une fréquence d'infection palustre inscrite à l'intérieur des limites de l'intervalle de confiance de l'indice plasmodique, au risque de 5 %. La reprise des dossiers individuels ne nous a pas permis de mettre en évidence *a posteriori* un caractère commun particulier aux enfants appartenant à chacun de ces groupes.

BIBLIOGRAPHIE

- AMBROISE-THOMAS P., 1974 – La réaction d'immunofluorescence dans l'étude séro-immunologique du paludisme. *Bull. O.M.S.*, **50** : 267-276.
- BOULARD J.C., CHIPPAUX J.P., AYIVI B., AKOGBETO M., MASSOUGBODJI A. et BAUDON D., 1990 – Une étude de la morbidité palustre dans un service hospitalier de pédiatrie au Bénin (Afrique de l'Ouest) en 1988 et 1989. *Méd. Trop.*, **50** : 315-320.
- BRUCE-CHWATT L.J., 1958 – Parasite density index in malaria. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **52** : 389.
- BRYAN J.H., 1981 – *Anopheles gambiae* and *Anopheles melas* at Brevet, the Gambia, and their role in malaria transmission. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, **77** : 1-12.
- GAZIN P., ROBERT V. et CARNEVALE P., 1987 – Le paludisme à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). 2. Les indices paludologiques. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. med. et parasitol.*, **25** : 27-32.
- TRAPE J.F., 1987 – Malariae et urbanization in central Africa : the example of Brazzaville. Part IV. Parasitological and serological surveys in urban and surrounding rural areas. *Trans R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **81** (sup. n° 2) : 26-33.

Tableau 1
Répartition des indices plasmodiques (I.P.) en fonction de l'âge.

Age related plasmodic index.

Age	A G B L A N G A D A N			L A D J I		
	Effectif	I. P.	$\pm \sigma$	Effectif	I. P.	$\pm \sigma$
0	30	70	8,4	23	34	9,9
1	46	52	7,4	38	63	7,8
2	82	56	5,5	50	48	7,1
3	99	61	4,9	73	58	5,8
4	93	54	5,2	61	67	6
5	82	61	5,4	72	54	5,9
6	64	56	6,2	69	52	6
7	46	65	7	32	46	8,8
8	56	53	6,7	41	39	7,6
9	38	42	8			
10	42	61	7,5			
				23	39	10,2
11	22	59	10,5			
12	20	45	11,1			
Σ	720	57,4	1,8	482	52,9	2,3

σ = écart-type.

Σ = *standard deviation.*

Tableau 2

Comparaison entre la probabilité théorique et la fréquence observée d'avoir chez un même enfant un nombre de prélèvements successifs positifs ou négatifs.

Comparison between theoretical probability and observed frequency for obtaining from the same child positive or negative successive samples.

Effectifs cumulés	Nombre de prélèvements	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
G	prélèv. théoriques	81,8	38,9	17,4	7,0	2,7	1,0	0,4	0,1	0
B										
L	positifs observés	64	59	41	24	17	10	4	2	0
A	-----									
N	Prélèv. théoriques	16,9	13,2	4,4	1,3	0,3	0,1	0		
G										
A	négatifs observés	57	53	21	5	2	0	0		
N	-----									
D										
A	Effectifs totaux	130	114	95	69	48	29	23	15	10
N										
L	prélèv. théoriques	23,3	13,2	3,2						
A	-----									
L	positifs observés	26	19	0						
A	-----									
D	prélèv. théoriques	17,3	9,3	2,0						
J	-----									
D	négatifs observés	19	17	2						
J	-----									
I	Effectifs totaux	125	89	41						

Tableau 3

Evolution des indices plasmodiques et gamétocytiques en fonction du nombre de prélèvements subits chez tous les enfants d'Agblangandan (= A) et chez les sujets à grande fréquence de résultats positifs pour *P. falciparum* (= B). Le χ^2 est calculé sur la base des indices correspondants dans l'ensemble de l'échantillon.

Relation between plasmodic index (= I.P.) or gametocytic index (= I.G.) and number of takings of blood carried out in each children of Agblangandan (= A) or in people found with great number of positive results for P. falciparum (= B). χ^2 calculation is based upon corresponding indexes in whole sample.

Nombre de prélèvements	Effectifs		I.P. <i>P. falc.</i>		I.P. <i>P. malar.</i>		Ind. Gamét.	
	A	B	A	B	A	B	A	B
≥ 1	720	676	57,4	61,1	7,2	7,5	7,8	8
≥ 2	677	571	57	63,4	7,4	7,7	8,1	8,2
≥ 3	631	399	56,9	68,7	7	6,8	8,6	9
≥ 4	574	304	57,1	72,4	6,8	7,6	8,7	9,2
≥ 5	470	205	59,4	74,2	7	7,8	8,3	8,3
≥ 6	365	150	60,8	74,7	8	8	8,2	6,7
≥ 7	251	96	64,9	79,2	8,8	7,3	6,8	7,3
≥ 8	209	40	66	85	8,1	5	6,2	10
≥ 9	145	20	68,3	90	8,3	5	6,2	15
≥ 10	100	-	74	-	4	-	7	-
χ^2	-	-	14,51	32,63	3,42	2,81	2,89	2,54

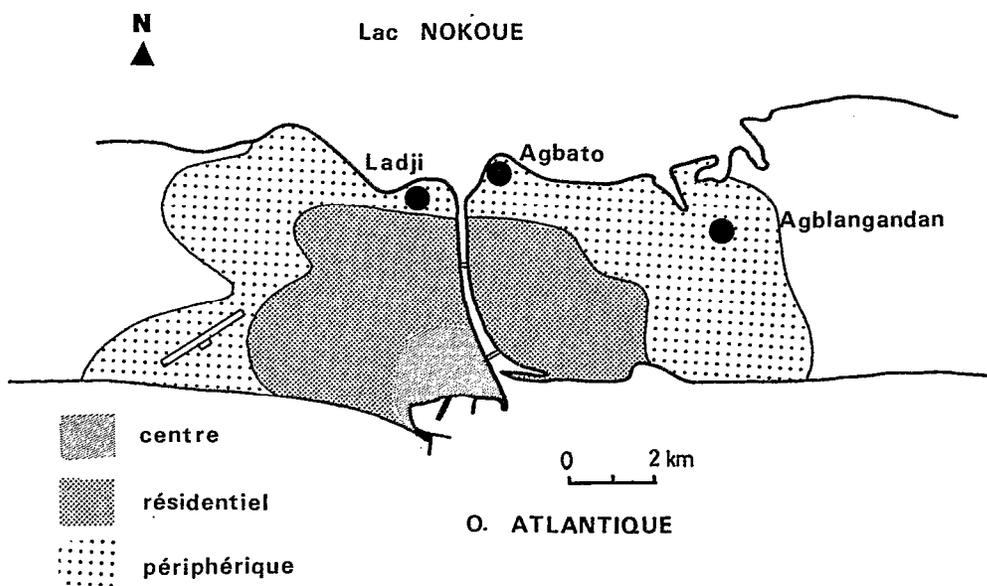


Figure 1
Plan de Cotonou. Cotonou map.

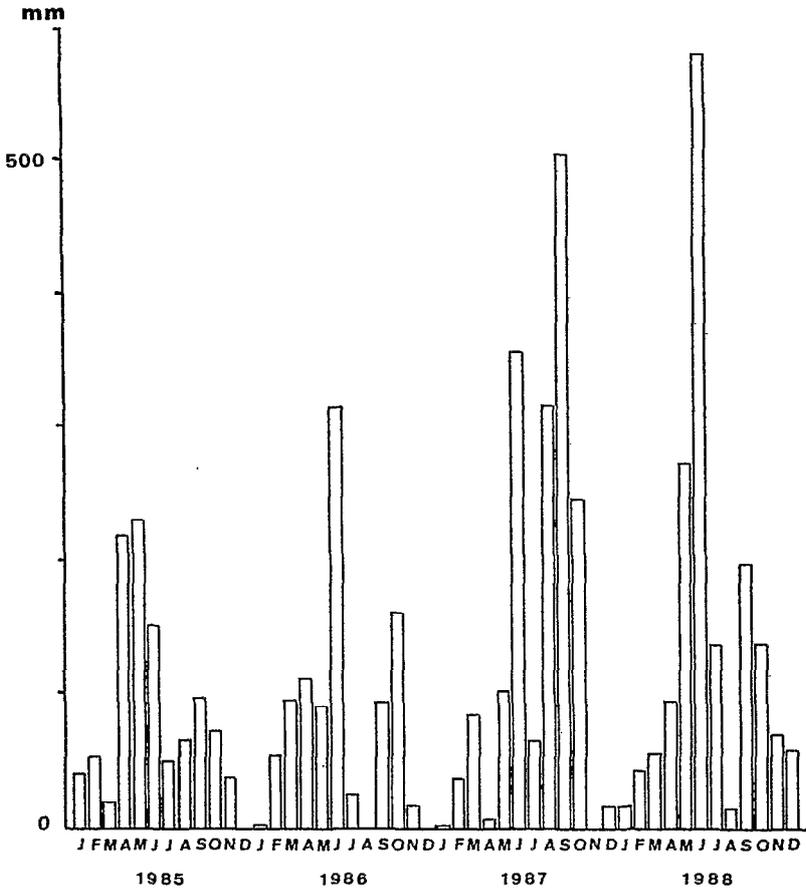


Figure 2

Pluviométrie mensuelle à Cotonou de janvier 1985 à décembre 1988 (ORSTOM Cotonou non publié).

Rainfalls in Cotonou from January 1985 to December 1988 (ORSTOM Cotonou, unpublished data).

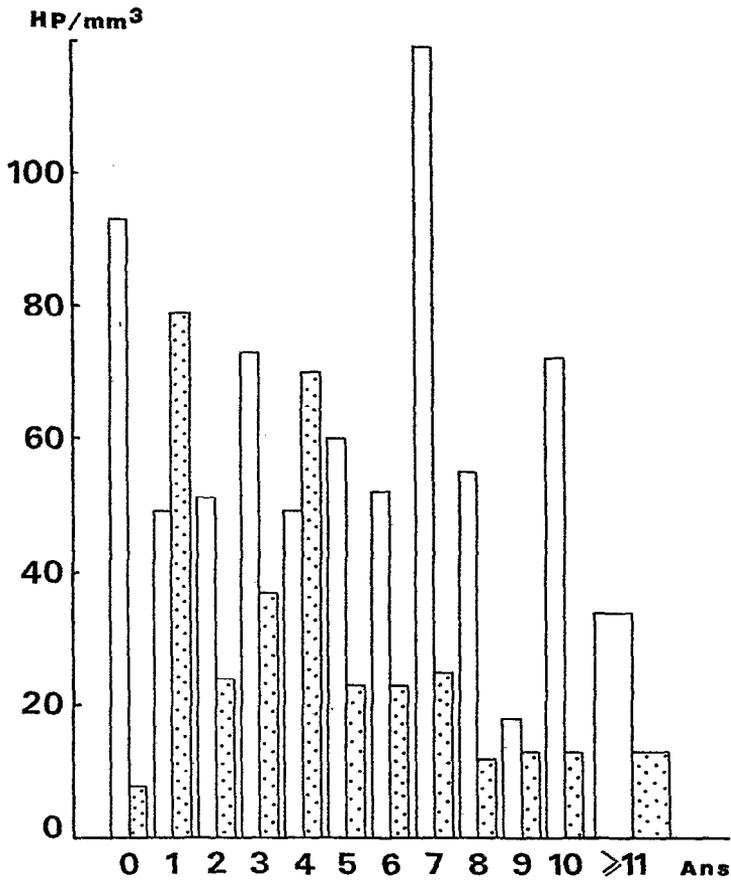


Figure 3

Moyenne géométrique de parasitémies par μl (= HP/mm³) en fonction de l'âge chez les enfants de 6 mois à 13 ans à Agblandangan (barres blanches) et à Ladji (barres pointillées).
 Age related geometrical mean of parasitaemiae per μl (= HP/mm³) in children between 6 months and 13 years old in Agblandangan (white bars) and in Ladji (spotted bars).

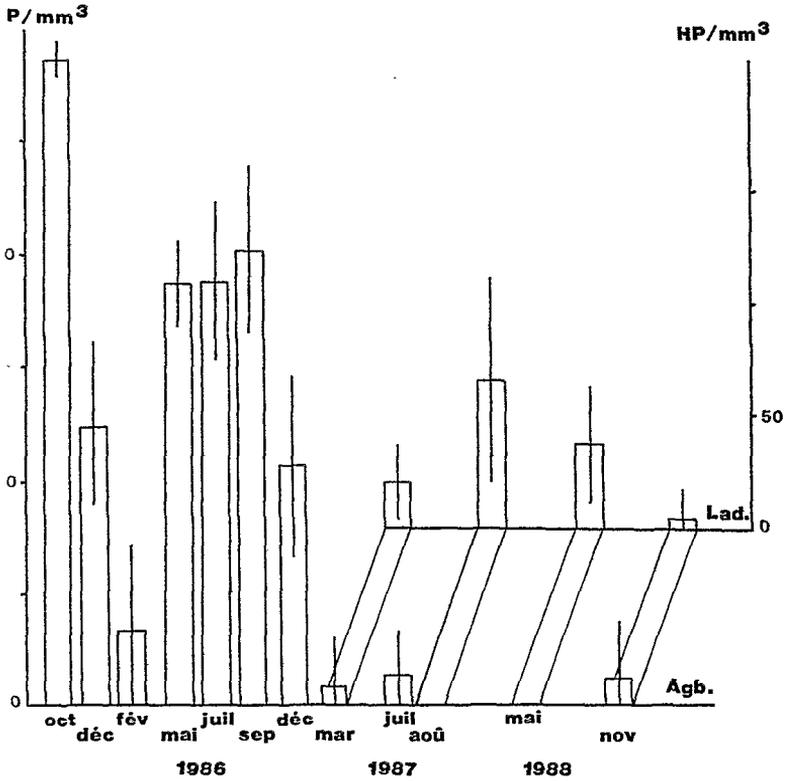


Figure 4

Moyenne des parasitémies par μl (= HP/mm³) observées lors de chacune des enquêtes à Agblandangan (= Agb.) d'octobre 1985 à novembre 1988 et à Ladji (= Lad.) de mars 1987 à novembre 1988.

Mean of parasitaemia per μl (= HP/mm³) observed in Agblandangan (= Agb.) from October 1985 to November 1988 and in Ladji (= Lad.) from March 1987 to November 1988.

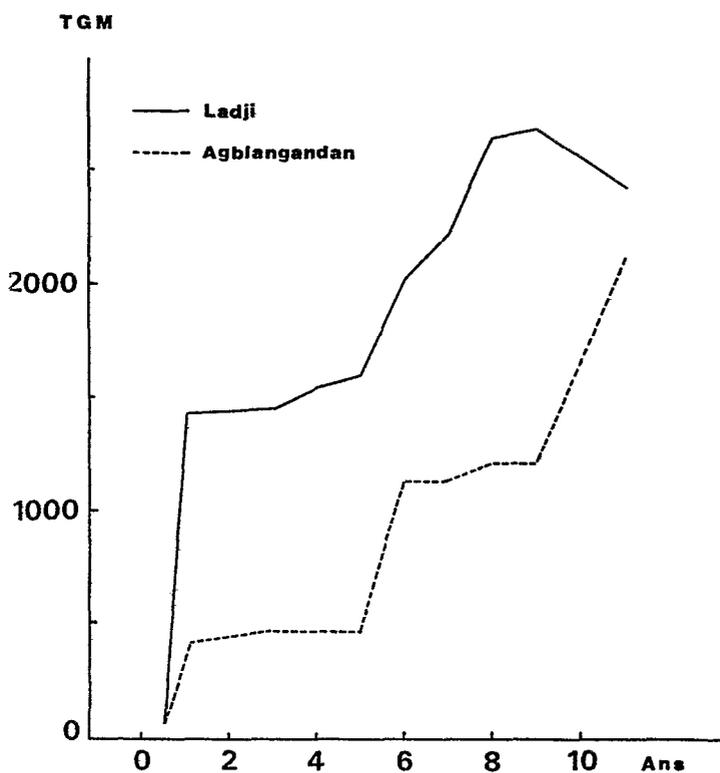


Figure 5

Evolution de la moyenne géométrique du titre des anticorps palustres (= TGM) en fonction de l'âge à Ladji et à Agblandangan.

Age related geometrical mean of malarial antibody titer (= TGM) in Ladji and in Agblandangan.

MESURE DE LA PARASITÉMIE PALUSTRE ET ÉVALUATION DU SEUIL PATHOGÈNE EN RÉGION DE FORTE TRANSMISSION PERMANENTE

JEAN-PHILIPPE CHIPPAUX (1), MARTIN AKOGBETO (2),
ACHILLE MASSOUGBODJI (3), JEROME ADJAGBA (4)

- (1) Médecin, entomologiste médical ORSTOM, Antenne entomologique O.C.C.G.E., B.P. 06-2604, Cotonou, Bénin.
- (2) Entomologiste médical, Chef de l'*antenne entomologique O.C.C.G.E.*
- (3) Médecin, Professeur Agrégé de Parasitologie à la Faculté des Sciences de la Santé, B.P. 188, Cotonou, Bénin (Pr. B.C. SADELER).
- (4) Technicien supérieur, même adresse.

RÉSUMÉ

Une méthode d'évaluation de la parasitémie simple, rapide et peu coûteuse est proposée pour les enquêtes épidémiologiques de prévalence ou de morbidité en région d'endémie palustre à transmission permanente.

La densité parasitaire est mesurée sur frottis à partir du nombre d'hématies obtenu par micro-hématocrite. La formule permettant d'établir la parasitémie est explicitée et justifiée par une étude statistique montrant que la lecture de 75 à 100 champs microscopiques au grossissement $\times 100$ est suffisante au sein d'une population exposée.

Le seuil pathogène de la parasitémie palustre pour *Plasmodium falciparum* est déduit de la comparaison des parasitémies individuelles par groupes d'âge chez 1 163 sujets en bonne santé et 534 consultants. Chez les enfants, la limite de parasitémie pathogène se situe entre 3 000 et 6 000 trophozoïtes par mm^3 de sang. Chez l'adulte, ce seuil semble être inférieur à 1 000 trophozoïtes par mm^3 de sang. Dans un contexte morbide, de telles parasitémies doivent faire retenir le diagnostic de paludisme.

Mots-clés : Paludisme - Seuil pathogène - Parasitémie - Cotonou - Afrique de l'Ouest.

SUMMARY

Determination of malarial parasitaemia and evaluation of febrile threshold value in high continuous transmission areas

A simple, rapid and cheap method for evaluation of malarial parasitaemia is proposed for epidemiological survey and diagnosis in areas where malarial

transmission is high and continuous. Epidemiological surveys were carried out in Cotonou, a coastal lagoon urban area.

Malarial parasite density was obtained by thin smear. For each individual, number of red cells was given by a micro-hamatocrit measurement.

Parasitaemia per microlitre of blood is equal to $(0,085 X + 0,913)H \times 10^6/280 N$, where H is the number of infected red cells and X the value of hamatocrit and N the number of examined fields. Number of examined fields can be, with sufficient precision, 75 or 100 oil immersion fields for each thin smear in high endemic areas or in exposed populations.

The febrile threshold value of parasitaemia observed for *Plasmodium falciparum* was obtained after determination of individual malarial parasite density, for each age group, in a healthy population of 1 163 individuals. These results were compared to those of 534 outpatients of a welfare center.

The febrile threshold value was about 3 000 to 6 000 trophozoites per μl of blood for children under 12. For adults, the febrile threshold value was lesser than 1 000 trophozoites per μl of blood. Such values are highly significant for the diagnosis of malaria attack.

Key words : Malaria - Febrile threshold - Parasitaemia - Cotonou - West Africa.

1. Introduction

Au cours des travaux sur l'épidémiologie ou la morbidité palustre, un des principaux problèmes méthodologiques concerne le diagnostic. En général, trois groupes de critères sont retenus :

- La clinique constitue la première base du jugement, laissée à l'appréciation du médecin traitant, avec pour principal argument la température centrale, dont le seuil varie selon les études ;
- Le critère parasitologique est parfois quantitatif. La parasitémie, évaluée sur frottis et goutte épaisse, permet de considérer des limites discriminantes. L'appréciation est plus souvent qualitative, ce qui peut être considéré comme insuffisant en région d'endémie palustre (Benasseni *et al.*, 1987 ; Baudon *et al.*, 1988) ;
- enfin, l'évolution sous traitement constitue un argument supplémentaire, parfois décisif.

Cette diversité s'explique par la difficulté du diagnostic lié au manque de moyens d'investigation, aux nombreuses causes d'erreur, au caractère subjectif de certains critères, aux problèmes logistiques, etc. Même les éléments apparemment objectifs, comme la température, peuvent être discutés : elle peut, en effet, être mesurée au cours d'une période de défervescence.

Le calcul de la densité parasitaire a fait l'objet de plusieurs publications. Trape (1985) compte le nombre de trophozoïtes par rapport aux leucocytes sur les gouttes épaisses en retenant une moyenne de 8 000 leucocytes par mm^3 . Baudon *et al.* (1984) calculent le nombre d'hématies parasitées sur frottis en admettant une moyenne de 4 millions de globules rouges par mm^3 .

En région de forte endémie palustre à transmission permanente, ce qui est le cas du sud Bénin côtier et lacustre, l'association fièvre et présence de *Plasmodium* sur le frottis ne suffit pas à affirmer le diagnostic d'accès palustre (Baudon *et al.*, 1988). Il est essentiel de tenir compte de la densité parasitaire.

Nous avons recherché, à partir d'une population en bonne santé apparente et à partir de sujets consultants dans un dispensaire périphérique, enfants et adultes, sur une période de deux ans, une technique simple et reproductible de quantification de la parasitémie. Cela nous a permis d'évaluer le seuil de densité au delà duquel la fièvre pouvait être considérée comme palustre.

2. Matériel et méthode

2.1. Choix des sujets

Des enquêtes épidémiologiques longitudinales ont été menées dans deux quartiers de Cotonou. Celles qui ont été faites à Agblangandan ont concerné 177 enfants de 6 mois à 12 ans prélevés de 1 à 9 fois chacun entre octobre 1985 et juillet 1987, soit 668 prélèvements. A Ladji, 172 enfants ont participé à une enquête de même nature, avec deux passages, en saison sèche (mars 1987) et en saison des pluies (août 1987), qui ont permis 285 prélèvements. Seuls les prélèvements effectués chez des enfants en bonne santé ont été retenus. Des enquêtes transversales ont été conduites dans deux villages de la Province du Zou (zone de savane libérienne-nigérienne boisée), Lissa et Sozoumé, en saison sèche et en début de saison des pluies chez les enfants comme chez les adultes. 210 prélèvements ont été effectués.

L'enquête de morbidité a été menée dans le dispensaire d'Agblangandan (quartier lagunaire à la périphérie de Cotonou) entre mai 1986 et décembre 1987. Deux ou trois consultations par semaine, à jour variable, ont permis d'examiner 534 sujets de tous âges.

2.2. Mesure de la parasitémie

Tous les prélèvements ont été faits à la pulpe du doigt, avec un vaccinostyle. Les frottis sont fixés et colorés au RAL^R (Rhône Poulenc). Un capillaire hépariné pour microhématocrite est recueilli.

Evaluation du nombre d'hématies

Après centrifugation du capillaire, l'hématocrite nous a permis de déterminer approximativement le nombre d'hématies à l'aide d'un abaque. Ce dernier a été établi suivant des résultats de sujets chez qui nous avons corrélié hématocrite et numération des hématies. Nous avons comparé ces caractères chez les sujets bien portants et chez les malades selon la technique de numération des hématies utilisée (manuelle ou compteur automatique). La droite de régression linéaire obtenue constitue l'abaque.

Nous avons également vérifié le nombre moyen de globules rouges présents sur chaque champ microscopique en fonction de l'hématocrite. Nous avons compté le nombre d'hématies visibles sur 10 champs (oculaires x 10 grand champ, objectif x 100 à immersion) de 50 lames différentes prises au hasard dans les différents groupes de sujets.

Calcul du nombre de champ à lire

Nous avons considéré une série de 139 lames et comparé les résultats après lecture de 10, 25, 50, 75, 100, 150 et 200 champs de frottis. Nous avons établi pour chaque groupe l'indice plasmodique, la parasitémie individuelle, et la moyenne des parasitémies, considérant que les chiffres obtenus après lecture de 200 champs constituaient la référence. Les tests statistiques appliqués (comparaisons de fréquences, de moyennes et corrélation) ont tous comme limite de significativité 5 %.

2.3. Evaluation du seuil pathogène

Le critère utilisé a été purement déductif. Nous avons établi, dans la population saine, le nombre de sujets appartenant à chaque classe de parasitémie (croissance géométrique de raison 2). Nous avons admis que cette distribution de la parasitémie était habituelle dans une population en bonne santé. Nous avons établi, de la même façon, la distribution de la parasitémie chez les consultants. Chez ces derniers, nous avons admis que les malades qui consultaient pouvaient avoir une parasitémie dont la distribution était similaire à celle observée dans la population saine. Nous avons calculé les effectifs théoriques de consultants pour chaque classe de parasitémies, correspondant à la distribution de la parasitémie chez les sujets en bonne santé. Pour les faibles parasitémies, le nombre de consultants est toujours inférieur aux effectifs théoriques calculés à partir des distributions observées chez les sujets sains. En revanche, dans les classes de parasitémies élevées, il apparaît un nombre de consultants plus important que l'effectif théorique ne le prévoit. La présomption d'accès palustre devient forte chez ces sujets exédentaires, puisqu'ils sont à la fois malades et porteurs d'une parasitémie « anormale ».

3. Résultats

Au total 1 076 sujets ont fait l'objet de 1 697 prélèvements. Le tableau 1 récapitule les effectifs de chaque groupe d'âge et le nombre de prélèvements effectués.

3.1. Mesure de la parasitémie

Evaluation du nombre d'hématies

Quels que soient l'état de santé et la technique utilisée pour la numération des globules rouges, la corrélation avec l'hématocrite est forte : $r = 0,83$ pour $ddl = 103$ lorsque les mesures sont automatiques ; $r = 0,74$ pour $ddl = 129$ lorsque les mesures sont manuelles. L'équation de la droite obtenue pour chaque série de mesures affecte de discrètes variations autour de la valeur $Y = 0,08 X + 1$ où Y est le nombre d'hématies exprimé en millions et X l'hématocrite exprimé en pourcentage. Nous avons retenu pour notre abaque l'équation de la droite de régression linéaire prenant en compte la totalité des mesures, $Y = 0,085 X + 0,913$.

Nous avons comparé le nombre moyen d'hématies par champ microscopique en fonction de différentes valeurs de l'hématocrite et constaté leur indépendance. L'analyse de la variance des moyennes du nombre d'hématies par champ nous a donné $F = 1,12$. Nous avons obtenu une moyenne de 281,6 hématies par champ ($\theta = 19$ et $n = 500$) et nous avons utilisé pour nos calculs la valeur moyenne de 280.

Choix du nombre de champs

L'indice plasmodique présente une progression linéaire en relation avec le nombre de champs lus. Jusqu'à 75 champs, il reste significativement différent de celui obtenu pour la lecture de 200 champs. La moyenne des parasitémies est, en revanche, remarquablement stable. La différence de moyenne entre la lecture de 200 champs et l'observation d'un nombre quelconque de champs n'est jamais significative. Le coefficient de corrélation entre les parasitémies observées pour chaque lame devient très hautement significatif à partir des paires 75/200 champs ($r = 0,94$ pour $ddl = 137$). Il est d'ailleurs voisin pour les paires 100/200 et 150/200. Les résultats statistiques sont consignés dans le tableau 2.

Calcul de la parasitémie

La parasitémie individuelle (P) est fournie par l'équation

$$P = \frac{H (0,85 X + 0,913) \times 10^6}{280 \times N}$$

où H représente le nombre d'hématies parasitées, X l'hématocrite et N le nombre de champs lus. La parasitémie est exprimée en nombre de globules rouges parasités par mm^3 (GRP/ mm^3).

3.2. Evaluation du seuil

La figure 1 montre la variation de la parasitémie chez les sujets sains en fonction de l'âge.

Les adultes présentent des charges plasmodiales très faibles, inférieures à 500 trophozoïtes/ mm^3 chez plus de 95 % d'entre eux. Les enfants présentent des charges plus élevées, supérieures à 1 000 trophozoïtes/ mm^3 dans 30 % des cas environ. Quelques uns ont des parasitémies dépassant 10 000 parasites/ mm^3 , seuil généralement considéré comme suffisant pour déclencher un accès palustre. Ils constituent entre 1,5 % et 2 % de l'ensemble des enfants sains prélevés.

La figure 2 représente les fréquences de parasitémies « anormales » en fonction de l'âge chez les consultants. Ces parasitémies s'observent avec une plus grande fréquence que celles observées dans une population en bonne santé apparente. Les courbes ont été obtenues en déduisant des fréquences de parasitémies observées chez les malades, les fréquences de parasitémies observées chez les sujets bien portants. Il s'agit des sujets décrits ci-dessus comme « excédentaires », et chez qui l'on suspecte un accès palustre. Il apparaît que le seuil critique est voisin de 3 000 parasites par mm^3 chez l'enfant et d'environ 1 000 parasites par mm^3 chez l'adulte prémuni.

4. Discussion

Nous n'aborderons pas ici les critères cliniques ou évolutifs qui seront envisagés ailleurs, à propos d'une étude de morbidité menée en dispensaire périphérique et en milieu hospitalier. Nous avons considéré que le fait de venir à une consultation médicale traduisait une demande nous permettant de classer le sujet comme malade. L'argument parasitologique pose deux problèmes : celui de la numération des parasites et celui de l'interprétation clinique ou biologique que l'on peut en donner.

Le compte des parasites sur une goutte épaisse est d'une très grande sensibilité, permettant, selon Trape (1985), la détection de 2 parasites par mm^3 de sang après la lecture de 200 champs. En utilisant un frottis, un tel seuil exigerait la lecture de 7 500 champs environ. L'intérêt de détecter un tel niveau de parasitémie n'est pas primordial dans la mesure où sa signification n'est pas établie. En revanche, la rapidité et la simplicité de la méthode nous ont fait préférer le frottis.

La mesure de la parasitémie est plus rigoureuse lorsqu'elle se fonde sur le calcul du nombre d'hématies plutôt que sur un nombre moyen de leucocytes. Outre que ce dernier est très variable (d'un facteur de 1 à 36) dans une population soumise à de nombreuses infections, il est probable que la distribution des globules blancs sur une goutte épaisse n'est pas aléatoire. En pratique, le nombre d'hématies est plus simple à déterminer en campagne de masse, grâce à la mesure de l'hématocrite sur tube capillaire dont la précision est suffisante (variations de 15 %).

Le choix du nombre de champs à lire est fonction de la sensibilité recherchée. L'indice plasmodique dépend du nombre de champs lus, et dans ce cas, il est probable qu'aucune solution ne puisse être considérée comme satisfaisante. Il est certain que la lecture d'un nombre supérieur de champs aurait conduit à la découverte de nouveaux porteurs de *Plasmodium*. En revanche, la densité parasitaire est un critère peu affecté par le nombre de champs observés, sous réserve que ce dernier soit suffisant. Il ressort de la comparaison entre les différents résultats que la lecture de 75 champs est un compromis acceptable. En terme de probabilité, une parasitémie significative a toutes les chances d'être détectée. En terme de rendement, l'intérêt de lire plus de 100 champs est mineur au regard des inconvénients.

La distribution des parasitémies observée chez les sujets en bonne santé (fig. 1) permet de distinguer nettement deux groupes. Les enfants de moins de 12 ans peuvent présenter des parasitémies élevées sans signe morbide *a priori*. Les adultes semblent contrôler plus efficacement leur parasitémie.

L'observation de fortes charges parasitaires chez les enfants est souvent signalée (Baudon *et al.*, 1984 ; Picq, 1982 ; Trape, 1985 ; Trape *et al.*, 1985). La signification réelle est controversée. Il est possible que, au sein de cette population acquérant sa prémunition, l'équilibre hôte/parasite soit précaire. Il serait nécessaire, chez ces enfants, de procéder à un examen clinique et de vérifier la parasitémie dans les heures qui suivent le dépistage d'une charge parasitaire élevée.

Le seuil pathogène palustre élevé chez l'enfant (fig. 2) s'inscrit dans la logique de ce qui vient d'être dit. Quel que soit l'âge, avant 12 ans, il apparaît une certaine tolérance pour des parasitémies relativement fortes. Chez l'adulte, le seuil est sensiblement plus bas. La notion de seuil pathogène doit être considérée avec prudence. Il est vraisemblable qu'elle varie sensiblement selon les faciès épidémiologiques.

La méthode que nous avons utilisée n'associe pas un critère clinique particulier à la densité parasitaire. Notre approche est plus empirique : elle met en évidence une fréquence anormale de parasitémie chez des sujets présentant un trouble plus ou moins bien défini. Le terme de seuil pathogène est trop précis pour caractériser ce seuil critique qui pourrait se définir comme une limite de

présomption d'un accès palustre. Les seuils pyrogènes établis au Congo par Richard *et al.* (1988) sont identiques chez l'adulte et l'adolescent, mais sensiblement plus élevés chez le jeune enfant. Le critère clinique précis (la température) retenu par ces auteurs explique sans doute cette différence, mais cela suppose que la température est un signe constant et permanent de l'accès palustre à tous ses stades.

BIBLIOGRAPHIE

- BENASSENI R., GAZIN P., CARNEVALE P. et BAUBON D., 1987 – Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). 3. Etude de la morbidité palustre. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et parasitol.*, **25**, 3-4 : 165-170.
- BAUDON D., GALAUP B., OUEDRAOGO L. et GAZIN P., 1988 – Une étude de la morbidité palustre en milieu hospitalier au Burkina Faso (Afrique de l'ouest). *Méd. trop.*, **48**, 1 : 9-13.
- BAUDON D., GAZIN P., REA D., BOUDIN C., MOLEZ J.F., SANOU J.M., ROUX J., CARNEVALE P. et OUEDRAOGO L., 1984 – Epidémiologie clinique : morbidité palustre. *Etudes médicales*, **3** : 135-144.
- PICQ J.J., 1982 – Epidémiologie du paludisme, première endémie mondiale. Quelques notes. *Méd. trop.*, **42**, 4 : 365-381.
- RICHARD A., LALLEMANT M., TRAPE J.F., CARNEVALE P. et MOUCHET J., 1988 – Le paludisme dans la région forestière du Mayombe, République populaire du Congo. II. Observations parasitologiques. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **68**, 4 : 305-316.
- TRAPE J.F., 1985 – Rapid evaluation of malarial parasite density and standardization of thick smear examination for epidemiological investigations. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **79**, 2 : 181-184.
- TRAPE J.F., FEELMAN P. et MORAULT-FEELMAN B., 1985 – Criteria for diagnosing clinical malariae among a semi-immune population exposed to intense and perennial transmission. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **79**, 4 : 435-442.

Tableau 1

Distribution des effectifs selon l'âge.

Le nombre total de frottis effectués est mentionné entre parenthèses.

Age-related repartition of sample people.

Total number of examined thin smears is mentioned in brakets.

Age	Nombre de sujets sains <i>Number of healthy persons</i>	Nombre de sujets consultants <i>Number of outpatients</i>	Total
6 mois - 2 ans	129 (291)	147 (154)	276 (445)
3ans - 4 ans	100 (267)	63 (65)	163 (332)
5 ans - 12 ans	186 (461)	202 (210)	388 (671)
Adultes	144 (144)	105 (105)	249 (249)
Total	559 (1 163)	517 (534)	1 076 (1 697)

Tableau 2

Comparaison statistique des résultats obtenus en fonction du nombre de champs microscopiques observés par rapport à la lecture de 200 champs.

Statistical results obtained after examination of various number of thin smear fields compared with 200 thin smear observed fields.

Nombre de champs <i>Number of examined fields</i>	Indice plasmodique <i>Percentage prevalence</i>	Niveau de signification <i>Statistical significant level</i>	Parasitémie moyenne <i>Parasitaemia average</i>	Niveau de signification <i>Statistical signifiant level</i>	Corrélation <i>Correlation</i>
200	55,39	—	150	—	—
10	11,39	S (0,0001 %)	204	N S (5 %)	0,447
25	18,70	S (0,0001 %)	151	N S (5 %)	0,600
50	34,53	S (0,1 %)	199	N S (5 %)	0,821
75	39,56	S (1 %)	196	N S (5 %)	0,938
100	44,00	N S (5 %)	181	N S (5 %)	0,956
150	50,35	N S (5 %)	160	N S (5 %)	0,959

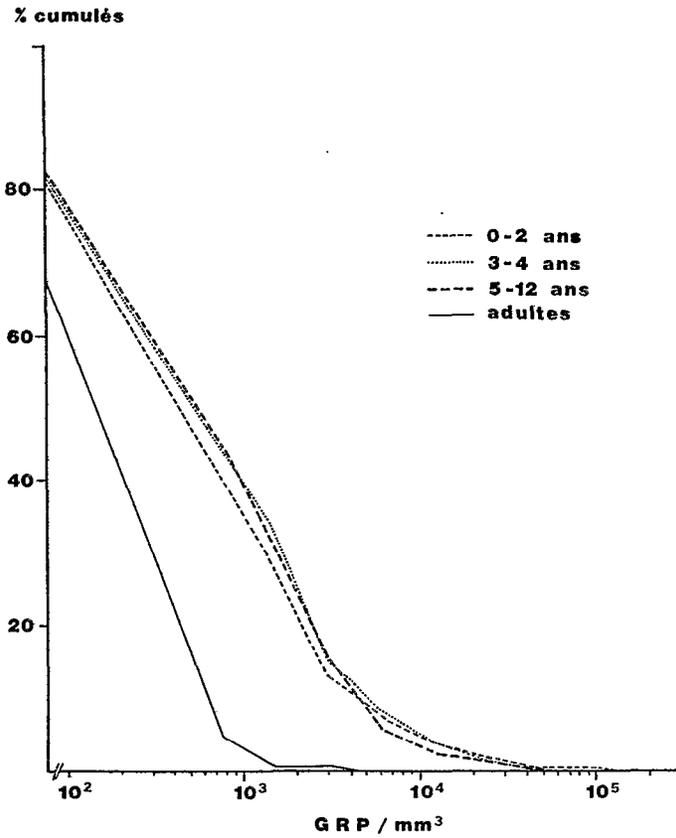


Figure 1

Fréquences cumulées des parasitémies observées chez les sujets sains en fonction de l'âge.
Age-related cumulative frequency of Plasmodium falciparum density among people.

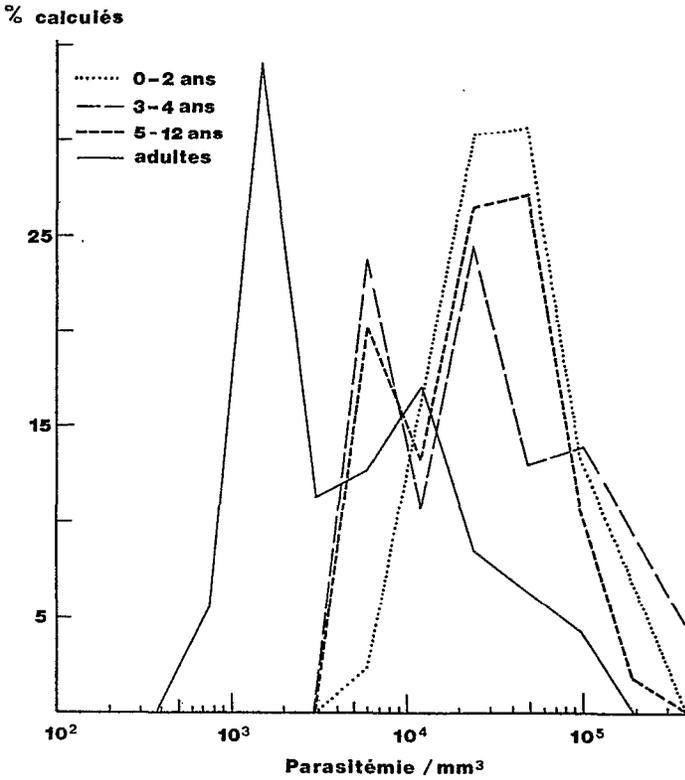


Figure 2

Fréquences des parasitémies observées chez les sujets malades après déduction des fréquences de parasitémies observées chez les sujets en bonne santé.
Frequency of parasitaemia observed among healthy people.

LE PALUDISME URBAIN-LAGUNAIRE : ÉTUDE DE LA MORBIDITÉ PALUSTRE DANS UN DISPENSARE PÉRIPHÉRIQUE DE COTONOU (Bénin)

JEAN-PHILIPPE CHIPPAUX (1), MARTIN AKOGBETO (2),
ACHILLE MASSOUGBODJI (3)

Ce travail a bénéficié d'un financement du Programme Spécial pour la Recherche et la Formation sur les maladies tropicales PNUD/Banque Mondiale/OMS (ID. 850403).

- (1) Médecin, entomologiste médical ORSTOM, Antenne entomologique O.C.C.G.E., B.P. 06-2604, Cotonou, Bénin.
- (2) Entomologiste médical, Chef de l'Antenne entomologique O.C.C.G.E.
- (3) Médecin, Professeur Agrégé de Parasitologie à la faculté des Sciences de la Santé (Pr. B.C. SADELER), B.P. 188, Cotonou, Bénin.

RESUMÉ

La morbidité palustre a été étudiée dans le dispensaire d'un quartier de Cotonou situé en bordure de lagune, pendant 19 mois couvrant deux saisons des pluies. La fréquence du paludisme-maladie est de 31,6 %. Chez 26 % des malades, il n'a pas été retrouvé d'hyperthermie lors de l'examen initial. La valeur prédictive de ce signe est discutée. La variation saisonnière des accès palustres à Cotonou est marquée. La prévalence est faible en saison sèche (moins de 5 % des cas reçus au dispensaire) et forte en saison des pluies, pouvant dépasser 60 % certains mois de l'année (août, septembre ou octobre selon la pluviosité).

Mots-clés : Paludisme lagunaire - Morbidité - Seuil pyrogène - Cotonou - Afrique de l'Ouest.

SUMMARY

Urban and lacustrine malaria : study of malaria morbidity in a dispensary of Cotonou

Although African cities are unfavourable to malaria transmission, lagoon side towns are an exception to this feature. In Cotonou, the number of infected bites per individual reaches 60 in a year. Authors observed morbidity to malaria in the outpatients of an infirmary. Diagnosis of malaria was based

upon clinical features, evidence of *Plasmodium* in thin smear, and progress of disease under specific treatment. Prevalence of malaria was 31,6 % out of the 534 individuals received at the infirmary. Malaria was observed all year long but the seasonal rate of incidence was unequal. In the dry season the rate was less than 5 % whereas in the rainy season the rate reached 60 %. 26 % of the malaria affected people did not present fever at the first medical examination. The predictive value of this symptom is emphasized. Malaria attacks rate depends on patient ages. Malaria attacks rate in infants less than 2 years old was 26 %. Malaria attacks rate was 43 % in children from 2 to 6 years old, 28 % in children from 7 to 10, 36 % in children from 11 to 15 and 12 % in adults.

Key words : Lacustrine malaria - Morbidity - Pyrogenic threshold - Cotonou - West Africa.

1. Introduction

En région d'endémie palustre, le diagnostic de paludisme est souvent porté sans examens complémentaires, difficiles à obtenir en raison des contraintes logistiques et économiques. Ainsi, fièvre est souvent synonyme d'accès palustre, tandis que des formes frustes ou chroniques de paludisme, pourtant classiques chez le sujet en cours de prémunition, ne seront pas rapportées au paludisme viscéral évolutif.

A Cotonou, zone de paludisme côtier-lagunaire, la transmission du paludisme est continue dans les quartiers périphériques de la ville (Akogbéto *et al.*, à paraître). Les indices entomologiques font apparaître une intensité de transmission inhabituelle pour une ville. Le taux moyen d'inoculation atteint 60 piqûres infectées par homme et par an dans certains quartiers. Les indices parasitologiques confirment ces observations (Chippaux et Akogbéto, page 37). Nous avons effectué des enquêtes en dispensaire et en milieu hospitalier pour tenter de préciser la fréquence de l'affection palustre et ses caractéristiques épidémiologiques essentielles. Cet article fait état des résultats obtenus dans le dispensaire d'un quartier périphérique où, par ailleurs, étaient surveillés les indices entomologiques et paludologiques.

2. Matériel et méthode

L'enquête s'est déroulée dans le dispensaire d'Agblangandan, quartier situé en bordure du lac Nokoué, au nord-est de l'agglomération de Cotonou. *Anopheles melas*, vecteur réputé médiocre (Bryan, 1981) y est dominant toute l'année (en moyenne 95 % des récoltes). Le taux d'inoculation a été de 36 piqûres infectées en 1986 et de 18 en 1987 (Akogbéto *et al.*, à paraître).

Habituellement non pourvu d'un médecin, ce dispensaire ne reçoit que les malades du quartier. Un médecin a participé régulièrement à une ou plusieurs consultations chaque semaine de mai 1986 à novembre 1987. Les jours de consultations ont été changés le plus souvent possible, sans en avertir les habitants du quartier, afin d'éviter le biais lié à la présence d'un médecin.

Tous les sujets consultant les jours d'enquête ont été systématiquement intégrés à l'étude.

L'examen clinique est effectué par le médecin. Chez les enfants, la pesée apprécie l'état nutritionnel. Chez tous les sujets, la température est prise par voie rectale et un prélèvement sanguin est pratiqué à la pulpe du doigt avec un vaccynostyle stérile. Systématiquement, un frottis et une goutte épaisse sont effectués et un capillaire hépariné est recueilli pour mesurer l'hématocrite. Les lames sont fixées et colorées au RAL^R (Rhône-Poulenc). Le capillaire hépariné est centrifugé à 10 000 tours/minute pendant 5 minutes pour permettre la lecture de l'hématocrite. Les malades sont convoqués 3 à 5 jours après l'examen initial et font l'objet de nouveaux prélèvements pour apprécier l'évolution. Tous les sujets ont été traités en ambulatoire. L'administration du traitement, lorsque cela était possible, s'est effectuée au dispensaire même.

Les critères du diagnostic final sont fondés sur la clinique (notamment signes infectieux et splénomégalie), les examens biologiques (hématocrite), parasitologiques (densité parasitaire) et l'évolution sous traitement. La densité parasitaire est calculée à partir des frottis selon la formule :

$$DP = H \times (0,085 X + 0,913) 10^6 / 280 N$$

où N est le nombre d'hématies parasitées, X est la valeur de l'hématocrite et N est le nombre de champs examinés à l'objectif à immersion x 100. Nous avons lu 75 champs de frottis, ce qui s'était avéré suffisant lors d'enquêtes préliminaires (Chippaux *et al.*, page 55). La limite de sensibilité est de l'ordre de 100 à 150 trophozoïtes par mm³. Les gouttes épaissies ont été lues à l'objectif sec x 40, sur 50 champs, pour le dénombrement des gamétocytes de *Plasmodium falciparum*, ce qui correspond à un seuil de sensibilité d'environ 2 à 3 gamétocytes par mm³ de sang. Nous avons utilisé la moyenne géométrique des densités parasitaires. Les critères de diagnostic que nous avons utilisés sont sensiblement différents des critères habituellement considérés (Benasseni *et al.*, 1987 ; Baudon *et al.*, 1988). Le seuil de parasitémie que nous avons retenu est plus bas que chez ces auteurs. Nous avons justifié ce choix par ailleurs et nous avons considéré que ce seuil ne pouvait être absolu. Le diagnostic du paludisme suppose une parasitémie minimum compatible avec la notion de seuil pyrogène telle que nous l'avons défini. Nous avons essayé de tenir compte de la prise antérieure d'antimalariques, sur des critères anamnestiques, susceptible d'abaisser la parasitémie. Contrairement au protocole de

Benasseni *et al.* (1987), nous n'avons pas exclu les sujets dont la température rectale était inférieure à 38°.

3. Résultats

534 sujets ont été intégrés à l'enquête. L'échantillon, sans être parfaitement représentatif de la population générale du quartier, est bien distribué. Nous avons reçu 112 nourrissons de moins de deux ans, 78 jeunes enfants de 2 à 3 ans, 85 enfants d'âge pré-scolaire (4 à 6 ans), 98 enfants d'âge scolaire (7 à 10 ans), 92 adolescents (11 à 14 ans) et 69 adultes, vraisemblablement prémunis, de 15 ans et plus.

296 consultants (55,4 %) étaient fébriles lors de l'examen clinique initial (température rectale supérieure ou égale à 38 °C). *Plasmodium falciparum* a été rencontré dans 99,1 % des cas et *P. malariae* dans 3,5 %. *P. ovale*, en revanche, n'a jamais été observé dans notre série. C'est une espèce rare au Bénin, en particulier dans le quartier qui nous occupe. Une fréquence identique a été retrouvée chez les malades fébriles : 99,5 % et 3,3 %, respectivement.

Le seuil de densité parasitaire que nous avons généralement considéré pour porter le diagnostic d'accès palustre est de 5 000 hématies parasitées par mm³ de sang. Le diagnostic de paludisme a été retenu chez 166 personnes (31,6 %) dont 123 seulement présentaient effectivement une hyperthermie lors de l'examen initial. Ainsi 26 % des cas de paludisme que nous avons examiné étaient apyrétiques au moment de l'examen. La fréquence du paludisme varie en fonction de l'âge. 26 % des nourrissons ont présenté un paludisme clinique confirmé parasitologiquement. La plupart d'entre eux étaient fébriles au moment de la consultation. 42 % des jeunes enfants de 2 à 3 ans avaient un accès palustre confirmé. Dès cet âge, la proportion des malades n'ayant pas d'hyperthermie lors de l'examen est voisine de la fréquence observée dans l'ensemble de l'échantillon (entre 20 et 30 %). 43 % des enfants d'âge pré-scolaire présentaient un accès palustre. Entre 7 et 10 ans, la part du paludisme parmi les consultants a été de 28 %, entre 11 et 15 ans de 36 % et chez les adultes de 12 %.

Les densités parasitaires observées en fonction de l'âge chez les consultants ne souffrant pas d'accès palustre clinique, chez les enfants du quartier en bonne santé apparente et chez les sujets atteints de paludisme, suivent des courbes parallèles (fig. 1).

La variation saisonnière de la parasitémie chez les sujets présentant un accès palustre (fig. 2) se superpose à celle de la pluviométrie. L'intensité de l'infection, traduite par la moyenne de la parasitémie, est plus marquée lors de la saison des pluies de 1986 fortement déficitaire par rapport à 1987 (960 mm

et 1 730 mm respectivement). L'incidence saisonnière du paludisme montre une tendance similaire (fig. 3).

L'incidence des autres affections diagnostiquées est détaillée dans la figure 3. Outre les infections respiratoires, y compris les infections de la sphère ORL, les gastroentérites et les diverses affections caractérisées (infections urinaires, éruptions virales, intoxication par des produits ménagers, plaies, etc.), nous avons rencontré un grand nombre d'infections d'origine indéterminée. Une malnutrition sévère a été retrouvée chez 0,8 % des consultants de moins de 11 ans. Enfin 42 % des sujets présentent un taux d'hématocrite inférieur à 35 % considéré comme un signe d'anémie.

4. Discussion

La technique d'évaluation de la parasitémie utilisée par Benasseni *et al.* et Baudon *et al.* conduit à surestimer la densité parasitaire par rapport à la méthode que nous utilisons, puisque ces auteurs considèrent que le nombre d'hématies de chaque sujet est de 4 millions par mm^3 ce qui est rarement le cas chez des sujets malades. La densité parasitaire est déterminante dans la discussion permettant d'établir le diagnostic, mais nous avons également tenu compte de l'ancienneté de l'affection, de la prise récente d'antimalarique et de l'évolution sous traitement. Le seuil de 5 000 hématies parasitées par mm^3 n'a donc pas été absolu. En revanche, l'hypothèse d'un accès palustre a été rejetée lorsque la parasitémie, chez l'enfant, était inférieure à 2 000 hématies parasitées par mm^3 et acquise chez ceux dont la parasitémie était supérieure à 8 000 hématies parasitées par mm^3 .

La température rectale n'a pas été un critère d'exclusion : une apyrexie passagère spontanée ou provoquée par la prise d'antipyrétique peut expliquer une température inférieure à 38 °C chez un enfant paludéen ; dans un dispensaire périphérique, nombre d'enfants consultent pour une affection chronique, dont le paludisme viscéral évolutif. Cette forme de paludisme s'accompagne classiquement d'une parasitémie fruste, ce qui justifie notre attitude à l'égard du seuil de parasitémie. Le fait de se présenter à une consultation médicale traduit un état morbide et nous avons considéré qu'il pouvait s'agir d'un paludisme sous l'une de ses formes cliniques. Notre opinion a été renforcée par l'apparition, à la même époque, de la chloroquino-résistance de *P. falciparum* (Le Bras *et al.*, 1986, Chippaux *et al.*, 1990).

Le rapport accès palustre/access fébrile comme indice épidémiométrique (Benasseni *et al.*, 1987) a peu d'intérêt en milieu urbain-lagunaire. Dans la population d'Aghlangandan, étudiée lors d'une enquête épidémiologique prospective au cours de la même période, 3,6 % des sujets présentaient une parasitémie supérieure à 8 000 hématies parasitées par mm^3 . Chez les consul-

tants non fébriles, cette fréquence est de 11,8 %, différence hautement significative ($\epsilon = 3,70$; $p < 10^{-3}$). Ceci semble indiquer la présence de sujets ayant un accès palustre non fébrile. Nous n'avons pas observé d'élévation de la parasitémie en cas d'affections intercurrentes chez 70 sujets dont le diagnostic a pu être formellement établi (rougeole, pneumopathie franche, méningite, etc.) et chez qui la fréquence de parasitémies supérieures à 8 000 hématies parasitées par mm^3 était de 1,4 %. Le rapport accès palustre/consultant est sans doute plus représentatif, puisqu'il prend en compte les formes chroniques du paludisme. La différence entre ces deux rapports, dans notre échantillon, est d'ailleurs statistiquement significative ($\epsilon = 2,99$; $p < 10^{-3}$).

Agblangandan est situé dans une région à paludisme holoendémique à transmission continue et à recrudescence saisonnière. Le paludisme-maladie y est présent toute l'année. En saison sèche, il représente environ 5 % des cas vus dans un dispensaire. En saison des pluies, il constitue, certains mois, plus 60 % des diagnostics. D'une année sur l'autre le nombre des cas varie fortement. Cette fluctuation suit celle des indices entomologiques et parasitologiques.

BIBLIOGRAPHIE

BAUDON D., GALAUP B., OUEDRAOGO L. et GAZIN P., 1988 – Une étude sur la morbidité palustre en milieu hospitalier au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Méd. trop.*, **48**, 1 : 9-13.

BENASSENI R., GAZIN P., CARNEVALE P. et BAUDON D., 1987 – Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). 3. Etude de la morbidité palustre. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, **25**, 3-4 : 165-170.

BRYAN J.H., 1981 – *Anopheles gambiae* and *Anopheles melas* at Brefet, The Gambiae, and their role in malaria transmission. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, **77** : 1-12.

CHIPPAUX J.P., MASSOUBODJI A., AKOGBETO M., JOSSE R., ZOHOUN T. et SADELER B.C., 1990 – Evolution de la chimiosensibilité de *Plasmodium falciparum* à la chloroquine et à la méfloquine au Bénin entre 1980 et 1990. *Bull. Soc. Path. Exo.*, **83** : 320-329.

LE BRAS J., HATIN I., BOUREE P., COCO-CIANCI O., GARIN J.P., REY M., CHARMOT G. et ROUE R., 1986 – Chloroquine-resistant *falciparum* malaria in Benin. *Lancet*, **ii** : 1043-1044.

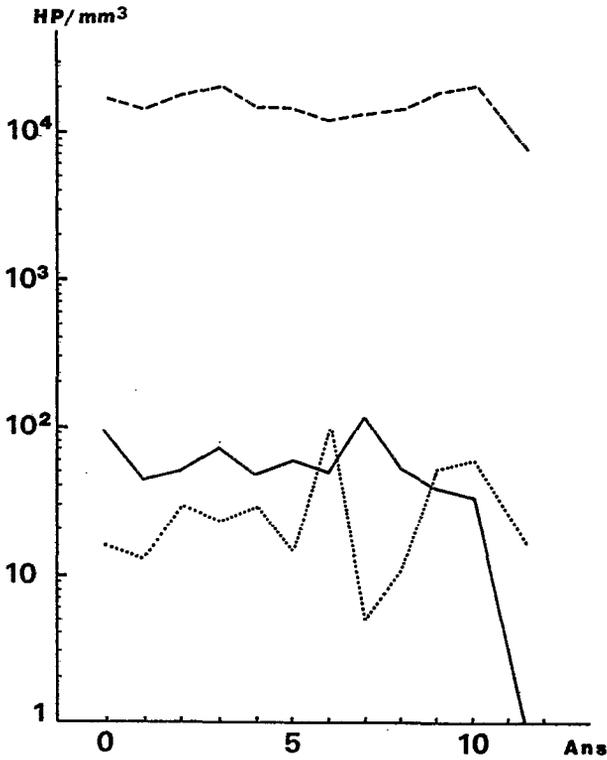


Figure 1

Moyenne géométrique des parasitémies par mm^3 (= HP/mm^3) en fonction de l'âge chez les enfants d'Agblangandan de moins de 13 ans (ligne discontinue = paludéens confirmés, ligne en pointillés = consultants sans accès palustre, ligne continue = enfants en bonne santé).

Age related geometrical mean of parasitaemia per mm^3 (= HP/mm^3) of children under 13 years old in Agblangandan (disrupted line = children with malaria, spotted line = outdoor patients without malaria, constituuous line = good health children).

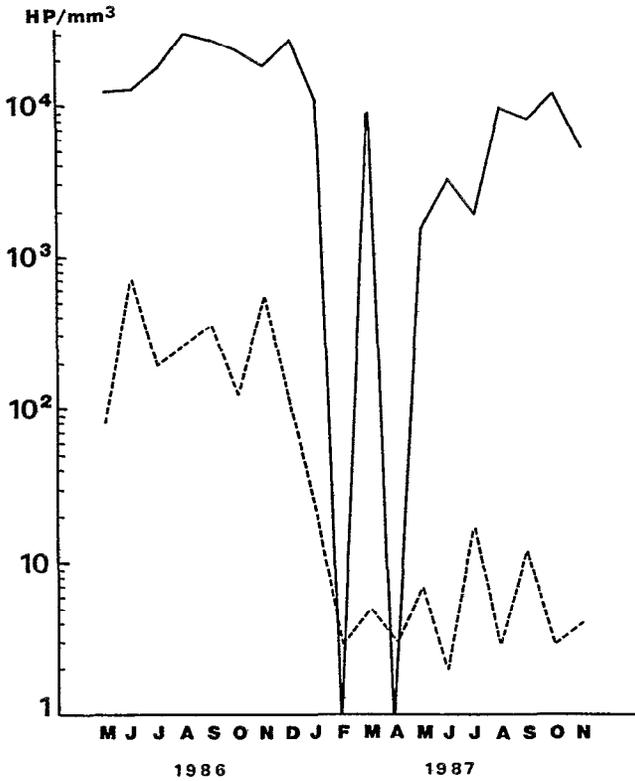


Figure 2

Moyennes mensuelles des parasitémies par mm^3 (= HP/ mm^3) des consultants du dispensaire d'Agblangandan entre mai 1986 et novembre 1987 (ligne continue = paludéens confirmés, ligne discontinue = consultants non paludéens).

Monthly mean of parasitaemia per mm^3 (= HP/ mm^3) from May 1986 to November 1987 (continuous line = children with malaria, disrupted line = children without malaria).

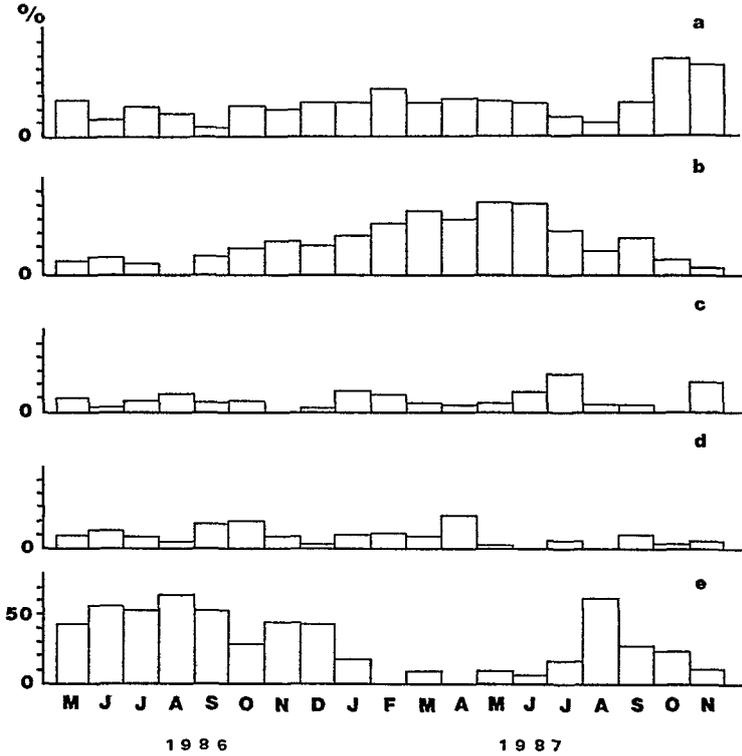


Figure 3

Fréquence mensuelle des principales affections diagnostiquées au dispensaire d'Agblangandan entre mai 1986 et novembre 1987 (a = diagnostics douteux ou non posés, b = divers, c = gastroentérites, d = infections respiratoires basses et hautes, e = paludismes confirmés).

Monthly distribution of main diagnosis done at Agblangandan dispensary from May 1986 to November 1987 (a = not know, b = miscellaneous, c = gastroenteritis, d = respiratory diseases, e = malaria).

LE PALUDISME URBAIN À BOBO-DIOULASSO (Burkina Faso) ; ÉTUDE CHROMOSOMIQUE DU COMPLEXE *ANOPHELES GAMBIAE*

VINCENT ROBERT (1), VINCENZO PETRARCA (2),
PIERRE CARNEVALE (1), MARIO COLUZZI (2)

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.

- (1) Antenne ORSTOM du Centre Muraz, B.P. 171, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
Adresse actuelle : OCEAC, B.P. 288, Yaoundé, Cameroun.
(2) Istituto di Parassitologia, Università di Roma « La Sapienza », Piazzale A. Moro 5, 00185 Roma, Italia.

RÉSUMÉ

Dans la zone urbaine de Bobo-Dioulasso, deux espèces du complexe *Anopheles gambiae* sont rencontrées : *A. arabiensis* et *A. gambiae*. *A. arabiensis* est minoritaire et représente 11 % du complexe. Sa fréquence relative est plus élevée dans le centre-ville (21 % du complexe) que dans un quartier périphérique (3 %). *A. gambiae* est majoritaire dans la ville. Il regroupe deux formes chromosomiques : Savane et Mopti. *A. gambiae* Savane est la forme la mieux représentée aussi bien dans le centre-ville, où elle représente 71 % de l'espèce, que dans un quartier périphérique où elle en représente 78 % ; cette fréquence élevée est probablement liée à la nature temporaire des gîtes larvaires disponibles dont on sait qu'elle favorise la forme chromosomique Savane. *A. gambiae* Mopti est observée dans le centre-ville (23 %) et dans la périphérie (17 %). Seuls 4 % des individus de cette espèce n'appartiennent pas à l'une de ces deux formes.

Mots-Clés : *Anopheles gambiae* - *Anopheles arabiensis* - Paludisme - Ville - Afrique.

SUMMARY

Urban malaria in Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) ; 4. Chromosomal study of *Anopheles gambiae* complexe

A study conducted during the wet season in two quarters of the urban of Bobo-Dioulasso showed that indoor resting samples belonging to the

Anopheles gambiae complex consisted of two species : *A. arabiensis* and *A. gambiae*. *A. arabiensis* was not prevalent and represented 11 % of the complex. Its relative frequency was high in downtown (21 % of the complex) constituting a maximum observed in the Bobo-Dioulasso area. In an outlying district, this frequency was lower (3 %). *A. gambiae* was prevalent in the town. It included two chromosomal forms namely Savanna and Mopti. The Savanna form was the most commonly observed from both in downtown where it represented 71 % of the species and in the outlying district where it represented 78 % of it. This high frequency was probably linked to the temporary available breeding places which are known to contribute to this chromosomal form. The Mopti form was observed in downtown (23 %) and in the outlying district (17 %). Only 4 % of the mosquitoes of this species did not belong to one of these two forms. At larval stages, the three taxa *A. arabiensis*, *A. gambiae* Savanna form and *A. gambiae* Mopti form were found to be in the same breeding place.

Key Words : *Anopheles gambiae* - *Anopheles arabiensis* - Malaria - Town - Africa.

1. Introduction

Différentes études de la transmission du paludisme ont été effectuées dans des villes d'Afrique inter-tropicale : dans la banlieue de Dakar (Vercruysse et Jancoes, 1981), à Bobo-Dioulasso (Robert *et al.*, 1986), à Ouagadougou (Rossi *et al.*, 1986 ; Sabatinelli *et al.*, 1986) et à Brazzaville (Trape et Zoulani, 1987). Ces études ont souligné le rôle de vecteur principal, voire unique, d'espèces du complexe *Anopheles gambiae*. Vu l'importance du phénomène urbain en Afrique des recherches spécifiques sur la bio-écologie de ce complexe en milieu urbain sont nécessaires. Dans cette optique la détermination spécifique des membres de ce complexe mis en cause devient prioritaire. La présente étude expose des résultats obtenus par la cytotaxonomie sur des spécimens du complexe récoltés dans deux quartiers de la ville de Bobo-Dioulasso ; elle s'inscrit dans une étude plus globale de l'épidémiologie du paludisme dans cette ville.

2. Matériel et méthodes

Les deux quartiers qui ont fourni les échantillons de moustiques sont d'une part Dioulassoba, quartier central, ancien, traversé par un cours d'eau semi-permanent, et d'autre part Colma-Nord, quartier périphérique à la limite nord de la ville, récent, en cours de construction, éloigné de toute eau stagnante,

avec une densité de population humaine moindre que celle du quartier précédant. Une description plus complète de la ville et de ces deux quartiers a déjà été proposée (Robert *et al.*, 1986).

La détermination spécifique des membres du complexe a été effectuée sur les chromosomes polyténiques des cellules trophocytaires de l'ovocyte des femelles semi-gravides. La technique de préparation cytologique était celle de Hunt (1973), la lecture des inversions chromosomique était celle de Coluzzi *et al.* (1979) et la nomenclature non-linéenne des taxons de l'espèce *A. gambiae* était celle de Coluzzi *et al.* (1985).

La collecte des anophèles a été effectuée de deux manières différentes. En 1985, dans le quartier Dioulassoba, des stades larvaires ont été collectés dans un seul gîte en bordure de la rivière puis mis en élevage en insectarium pour obtenir des femelles semi-gravides. En 1986, des femelles semi-gravides endophiles ont été collectées par la technique du pyrèthre dans le quartier Dioulassoba entre le 27 septembre et le 17 octobre et le quartier Colma-Nord entre les 11 et 24 septembre.

3. Résultats

Un total de 203 individus du complexe *A. gambiae* ont présenté une préparation chromosomique exploitable.

Les récoltes larvaires à Dioulassoba

Plus de 2 000 larves récoltées ont permis l'obtention relativement aisée de femelle. Par contre il a été difficile de gorger ces dernières qui n'ont manifesté aucune appétence pour les lapins habituellement utilisés. Un homme a alors été proposé pour le repas de sang. Malgré une prise de sang et une digestion apparemment normales la production d'une ponte a été exceptionnelle, même après plusieurs repas de sang. Des essais d'élevage à différents taux d'humidité relative ont vainement été tentés. Finalement un important pourcentage de femelles semi-gravides a présenté des chromosomes illisibles. Au total seulement 10 individus ont procuré des préparations chromosomiques exploitables. Les observations réalisées sur ces chromosomes ont été reprises ci-dessous dans les résultats du quartier Dioulassoba. Notons cependant qu'un *A. arabiensis*, qu'un *A. gambiae* Mopti et que huit *A. gambiae* Savane ont été identifiés en provenance d'un unique gîte larvaire.

Les récoltes de femelles adultes à Dioulassoba et à Colma-Nord

La faible densité anophélienne dans la ville de Bobo-Dioulasso a nécessité un grand nombre de captures au pyrèthre pour obtenir un échantillon numériquement modeste du complexe. 97 femelles à Dioulassoba et 106 à Colma-

Nord ont fourni une préparation exploitable. A Dioulassoba, on recense 20 *A. arabiensis*, 18 *A. gambiae* Mopti, 56 *A. gambiae* Savane et 3 *A. gambiae* n'appartenant pas à l'une de ces deux formes chromosomiques. A Colma-Nord, on recense 3 *A. arabiensis*, 19 *A. gambiae* Mopti, 79 *A. gambiae* Savane et 5 *A. gambiae* n'appartenant pas à l'une de ces deux formes chromosomiques.

Les taxons du complexe *A. gambiae*

A. arabiensis représente 21 % des effectifs du complexe à Dioulassoba et 3 % à Colma-Nord.

Parmi *A. gambiae*, la forme Mopti, caractérisée par les arrangements 2Rbc et 2Ru présente une proportion similaire dans les deux quartiers : 23 % à Dioulassoba et 18 % à Colma-Nord. La forme Savane d'*A. gambiae*, caractérisée par l'arrangement 2Rb et dans une moindre mesure par 2Rbcd, est majoritaire dans les deux quartiers où elle représente 73 % des effectifs à Dioulassoba et 77 % à Colma-Nord. L'avantage numérique de la forme chromosomique Savane est à mettre en relation avec le caractère temporaire des principaux gîtes larvaires dont on sait par ailleurs qu'il favorise ce taxon (Coluzzi *et al.*, 1985). Le sol sableux du quartier Colma-Nord en particulier est perméable et ne permet pas le maintien durable d'eau stagnante à sa surface. Toutefois, lors du maximum de précipitation de la saison pluvieuse, de l'eau peut persister quelques semaines dans les nombreux trous creusés dans le sol pour extraire de la terre destinée à la fabrication de briques en pisé ; ces gîtes préimaginaux sont ainsi productifs en imagos du complexe *A. gambiae* pendant une brève période avant de s'assécher.

Dans les deux quartiers, les *A. gambiae* n'appartenant pas à l'une de ces deux formes chromosomiques représentent 4 % à 5 % de l'espèce et sont soit des hybrides ou des recombinants entre les deux formes chromosomiques Mopti et Savane, soit des non-classés car ils sont porteurs d'inversions chromosomiques rares (tabl. 1).

Le polymorphisme chromosomique d'*A. arabiensis*

L'échantillon montre un haut degré de polymorphisme chromosomique. Sur le chromosome 2, les systèmes d'inversions 2Ra et 2Rb sont caractérisés respectivement par les arrangements alternatifs +^a, a, bf et b, bc, bf. On a recensé aussi les arrangements 2Rd¹ et 2Lb à l'état hétérozygote, chacun dans un seul individu. Les arrangements les plus fréquents sont 2R+^a et 2Rb. Sur le chromosome 3, le polymorphisme 3Ra/+ présente une fréquence moyenne de l'arrangement inversé supérieure à 60 % (tabl. 2).

Le polymorphisme chromosomique d'*A. gambiae*

Le polymorphisme chromosomique d'*A. gambiae* est examiné en considérant séparément les deux formes Mopti et Savane. Les huit individus avec des caryotypes qui ne peuvent pas être assignés à une de ces deux formes n'ont pas été comptabilisés (tabl. 3).

La forme Mopti est caractérisée par le polymorphisme $2Rbc/u/+$ avec une fréquence élevée de l'arrangement *bc*. Dans cette forme, l'arrangement $2La$ est apparemment fixé. Il n'existe pas de variations significatives entre les échantillons des deux quartiers.

La forme Savane est caractérisée par le polymorphisme $2Rb/bcd/+$ avec une fréquence élevée de l'arrangement *b*. D'autres arrangements rares $2Rjb$, $2Rjkb$ et $2Rcu$ ont aussi été observés, chacun à un exemplaire. Des variations ont été observées entre les échantillons des deux quartiers : c'est le cas pour le système d'inversion $2La$ caractérisé par les arrangements $a/+$ avec dominance de l'arrangement inversé, qui est toutefois loin d'être fixé comme dans la forme Mopti.

4. Discussion

Les trois taxons du complexe, *A. arabiensis*, *A. gambiae* Mopti et *A. gambiae* Savane, déjà rencontrés dans les villages de savane de la région de Bobo-Dioulasso (Robert *et al.*, 1989), sont aussi présents dans le centre-ville et dans un quartier périphérique. La fréquence relative d'*A. arabiensis* dans le centre-ville (21 %) est particulièrement élevée ; elle constitue même un record pour la région de Bobo-Dioulasso. Ceci ne peut être mis sur le compte de la présence de gros bétail, complètement absent de ce quartier ; c'est plutôt le phénomène urbain lui-même qui favorise cette espèce, comme l'ont déjà observé Coluzzi *et al.* (1979) dans la ville de Benin-City dans le sud du Nigéria et Petrarca *et al.* (1986) dans la ville de Ouagadougou au Burkina Faso. Il est aussi possible que l'endophilie d'*A. arabiensis* augmente en zone urbaine du fait de la réduction des gîtes de repos diurne à l'extérieur des maisons.

Il n'existe pas de variations importantes dans les fréquences des différents arrangements chromosomiques d'*A. arabiensis* et d'*A. gambiae* entre la ville de Bobo-Dioulasso et les villages de savane de la région (Robert *et al.*, 1989). Toutefois les arrangements $2Rc$ et $2Lb$ qui n'avaient pas encore été trouvés dans les villages, ont été rencontrés pour la première fois en ville respectivement chez *A. gambiae* et *A. arabiensis*.

Dans le quartier périphérique Colma-Nord, la fréquence de l'arrangement $2L+a$ parmi la forme Savane d'*A. gambiae* est de 4 % (7/158, tabl. 3) et est inférieure à la fréquence moyenne de cet arrangement dans les localités

prospectées dans la région rurale de Bobo-Dioulasso où elle est de 8 % (85/1030 ; Robert *et al.*, 1989). Par contre dans le quartier central Dioulasoba, cette fréquence est de 12 % et elle constitue, comme dans le village de Pala où la forme Savane est la seule forme rencontrée, la valeur la plus élevée observée dans la région. La différence significative de cette fréquence entre le centre et la périphérie de la ville reflète probablement la profonde modification due à l'urbanisation.

Dans la ville de Bobo-Dioulasso, la nature temporaire des gîtes préimaginaux avantage la forme chromosomique Savane parmi l'espèce *A. gambiae*. Dans la ville de Ouagadougou, l'existence d'un grand barrage et de gîtes permanents avantage la forme Mopti ; toutefois dans le quartier central de Ouagadougou, où les gîtes sont essentiellement temporaires et dépendants des pluies, la forme Savane domine (Petrarca *et al.*, 1986). Ainsi, en zone urbaine comme en zone rurale, ce sont les caractéristiques des gîtes préimaginaux qui favorisent telle ou telle forme chromosomique.

Remerciements : Les auteurs remercient Albert Zoulani pour son dévouement lors des captures des anophèles et Gianni Petrangeli pour l'excellence de son travail de lecture des chromosomes.

BIBLIOGRAPHIE

- COLUZZI M., SABATINI A., PETRARCA V. et DI DECO M.A., 1979 – Chromosomal differentiation and adaptation to human environment in the *Anopheles gambiae* complex. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **73** : 483-497.
- COLUZZI M., PETRARCA V. et DI DECO M.A., 1985 – Chromosomal inversion intergradation and incipient speciation in *Anopheles gambiae*. *Boll. Zool.*, **52** : 45-63.
- HUNT R.H., 1973 – A cytological technique for the study of *Anopheles gambiae* complex. *Parassitologia*, **15** : 137-139.
- PETRARCA V., PETRANGELI G., ROSSI P. et SABATINELLI G., 1986 – Etude chromosomique d'*Anopheles gambiae* et d'*A. arabiensis* à Ouagadougou (Burkina Faso) et dans quelques villages voisins. *Parassitologia*, **28** : 41-61.
- ROBERT V., GAZIN P., OUEDRAOGO V. et CARNEVALE P., 1986 – Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) ; 1. Etude entomologique de la transmission. *Cah. ORSTOM Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **24** : 121-128.

- ROBERT V., PETRARCA V., OVAZZA L., CARNEVALE P. et COLUZZI M., 1989 – Analyse cytogénétique du complexe *Anopheles gambiae* dans la région de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Ann. Parasito. hum. comp.*, **64** : 290-311.
- ROSS P., BELLI A., MANCINI L. et SABATINELLI G., 1986 – Enquête entomologique longitudinale sur la transmission du paludisme à Ouagadougou (Burkina Faso). *Parassitologia*, **28** : 1-15.
- SABATINELLI G., BOSMAN A., LAMIZANA L. et ROSSI P., 1986 – Prévalence du paludisme à Ouagadougou (Burkina Faso) et dans le milieu rural limitrophe en période de transmission maximale. *Parassitologia*, **28** : 17-31.
- TRAPE J.F. et ZOULANI A., 1987 – Malaria and urbanization in Central Africa : the example of Brazzaville. 2. Results of entomological surveys and epidemiological analysis. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **81**, Suppl.2 : 10-18.
- VERCRUYSSSE J. et JANCLOES M., 1981 – Etude entomologique sur la transmission du paludisme dans la zone urbaine de Pikine, Sénégal. *Cah. ORSTOM Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **19** : 165-178.

Tableau 1

Les taxons, du complexe *Anopheles gambiae* dans la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).

Taxa of the Anopheles gambiae complex in Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).

Quartiers		A. <i>arabiensis</i>	<i>A. gambiae</i>				TOTAL GÉNÉRAL
			Mopti	Savane	autres	Total	
Dioulassoba	n	20	18	56	3	77	97
	%	20,4	23,4	72,7	3,9	79,4	
Colma-Nord	n	3	19	79	5	103	106
	%	2,8	18,4	76,7	4,8	97,2	
TOTAL	n	23	37	135	8	180	203
	%	11,3	20,6	75,0	4,4	88,7	

Tableau 2

Les arrangements chromosomiques des systèmes d'inversions 2Ra, 2Rb et 3Ra d'*Anopheles arabiensis* dans la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).

Chromosomal arrangements of the inversion systems 2Ra, 2Rb and 3Ra of Anopheles arabiensis in Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).

Quartiers		2Ra			2Rb				3Ra		TOTAL
		+ ^a	a	bf	+ ^b	b	bc	bf	+ ^a	a	
Dioulassoba	n	32	6	2	0	32	6	2	18	22	40
	%	80,0	15,0	5,0	0,0	80,0	15,0	5,0	45,0	55,0	
Colma-Nord	n	6	0	0	0	4	1	1	0	6	6
	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
TOTAL	n	38	6	2	0	36	7	3	18	28	46
	%	82,6	13,0	4,4	0,0	78,3	15,2	6,5	39,1	60,9	

Tableau 3

Les arrangements chromosomiques des formes chromosomiques Mopti et Savane d'*Anopheles gambiae* dans la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). Les huit moustiques à caryotypes inclassables dans une de ces deux formes n'ont pas été comptabilisés.

Anopheles gambiae chromosomal arrangements of Mopti and Savanna forms in Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). The eight caryotypes carrying mosquitoes unattributable in one of these two forms have not been counted.

Quartiers	Mopti					Savane					TOT.		
	2R			2L	Tot.	2R				2L		Tot.	
	bc	u	+	a		b	+	bcd	autres	a			
Dioulasoba	n	17	15	4	36	36	81	26	2	3*	99	112	148
	%	47,2	41,7	11,1	100		72,3	23,2	1,8	2,7	88,4		
Colma-N.	n	16	14	8	38	38	125	25	7	1**	151	158	196
	%	42,1	36,8	21,1	100		79,1	15,8	4,4	0,6	95,6		
Total	n	33	29	12	74	74	206	51	9	4	220	270	344
	%	44,6	39,2	16,2	100		79,3	18,9	3,3	1,5	92,6		

(*) 1 cu, 1 jb, 1 jbk

(**) 1 jb

INFLUENCE DES MOUSTIQUAIRES TROUÉES IMPRÉGNÉES DE DELTAMETHRINE SUR LE CONTACT HOMME-MOUSTIQUE ET SUR LA MORTALITÉ DES MOUSTIQUES

VINCENT ROBERT (1), LOUTI DIOMANDE (2), PIERRE CARNEVALE (1)

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 du programme de lutte contre l'onchocercose (O.C.P.).

(1) Antenne ORSTOM du Centre Muraz, BP 171, Bobo-Dioulasso, *Burkina Faso*.
Adresse : OCEAC, BP 288, Yaoundé, Cameroun.

(2) Centre Universitaire de Formation en Entomologie Médicale et Vétérinaire, B.P. 2597 Bouaké 01, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ

L'imprégnation de moustiquaires trouées à 25 mg/m² de deltaméthrine réduit de 32 % les contacts entre un homme placé sous cette moustiquaire et les moustiques agressifs. Cette réduction est due uniquement à l'effet insecticide de la deltaméthrine. Un tiers des moustiques capturés dans la moustiquaire meurent dans les heures suivantes. La mortalité corrigée totale des moustiques est de 62 %.

L'imprégnation à 50 mg/m² réduit de 44 % les contacts entre l'homme et les moustiques. Cette réduction est due pour moitié à l'effet insecticide et pour moitié à l'effet répulsif de la deltaméthrine. Un huitième des moustiques capturés dans la moustiquaire meurent dans les heures suivantes. La mortalité corrigée totale des moustiques est de 41 %.

Lorsque la moustiquaire, imprégnée à la même dose de 50 mg/m², est laissée en permanence dans la chambre de capture, le contact homme-moustiques diminue de 56 %. Cette réduction est due pour un tiers à l'effet insecticide et pour deux tiers à l'effet répulsif de la deltaméthrine dans l'ensemble moustiquaire-chambre. Les moustiques capturés sur homme dans la moustiquaire ne subissent pas de mortalité particulière dans les heures suivantes. La mortalité corrigée totale des moustiques est immédiate et est de 23 %.

Ces résultats mettent en évidence l'opposition entre l'effet répulsif à forte dose et l'effet insecticide à faible dose de la deltaméthrine. Pour une utilisation collective des moustiquaires imprégnées comme moyen de lutte antivectorielle privilégiant l'effet insecticide, les dosages à trop forte concentration doivent être évités.

Mots-Clés : Moustiquaire imprégnée - Deltaméthrine - Insecticide - Répulsif.

SUMMARY

Influence of holed nets impregnated with deltamethrin on the man-mosquito contact and on the mosquito mortality

To study the insecticidal and repellent effects of deltamethrin on mosquitoes vectors of malaria, an experimentation is carried out in a rice field village where *Anopheles gambiae* s.s. density is high. Mosquito nets used are holed ; 80 holes by net represent 2 % of its total surface.

The impregnation of holed nets with 25 mg of deltamethrin per square meter decreases by 32 % the contacts between a man under this bed net and the aggressive mosquitoes. This decrease is due only to the insecticidal effect of deltamethrin. A third of the mosquitoes captured in the net die in the following hours. The total corrected mortality of mosquitoes amounts to 62 %.

The impregnation with 50 mg/m² of deltamethrin decreases by 44 % the contacts between man and mosquitoes. This decrease is due half to the insecticidal effect and half to the repellent effect of deltamethrin. 1/8 of the captured mosquitoes in the net die in the following hours. The total corrected mortality of mosquitoes amounts to 41 %.

When the net impregnated with 50 mg/m² of deltamethrin is left permanently in the capturing room, the man-mosquito contact decreases by 56 %. This decrease is due for one third to the insecticidal effect and for two thirds to the repellent effect of deltamethrin in the whole net-room. Mosquitoes captured on man in the net are not subjected to any specific mortality in the following hours. The total corrected mortality of mosquitoes is immediate and amounts to 23 %.

These results reveal the opposition between the repellent effect with a high dose of deltamethrin and the insecticidal effect with a low dose of deltamethrin. These effects are observed in various proportions among the different species of mosquitoes ; *A. gambiae*, regarding the others species, is more susceptible to insecticide effect than repellent effect.

An individual use of impregnated net will be the most efficient with a high concentration of deltamethrin. But too high concentration must be avoided in the perspective of a collective use, so the community can have the benefit of a major weapon for vector control by emphasizing the insecticidal effect ; in this view 25 mg/m² seems to be the optimal concentration.

Key Words : Impregnated net - Deltamethrin - Insecticide - Repellent.

1. Introduction

Les moustiquaires constituent une protection efficace contre les nuisances occasionnées par les insectes nocturnes agressifs pour l'homme et contre les piqûres infectantes de nombreux vecteurs de paludisme, filariose de Bancroft et arboviroses. Mais les moustiquaires, en particulier en Afrique, sont souvent soit en mauvais état soit mal utilisées. Des recherches récentes portant sur l'imprégnation de moustiquaires trouées avec un insecticide de la classe des pyrèthriinoïdes montrent qu'une barrière chimique pallie partiellement une barrière physique déficiente (Darriet *et al.*, 1984). Le but de la présente étude est de chiffrer la réduction du nombre de piqûres de moustiques pour un homme qui utilise une moustiquaire trouée et imprégnée de deltaméthrine. D'autre part, sans vouloir mesurer précisément la mortalité culicidienne, on s'est intéressé, en fonction de la dose d'insecticide, aux variations concomitantes de la mortalité des populations de moustiques d'une part et d'un éventuel effet répulsif de l'insecticide pour les moustiques d'autre part.

Cette étude s'est déroulée entre février et mai 1987 dans le village VK4, au centre de la rizière de la Vallée du Kou, à 30 km au nord de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Ce village rizicole présente presque toute l'année une densité culicidienne considérable, due en particulier à *Anopheles gambiae* (Robert *et al.*, 1985).

2. Matériel et méthode

La deltaméthrine a été utilisée en concentré émulsifiable à 25 g/l (K-Othrine^R) à dose calculée d'après la surface de la moustiquaire. Les moustiquaires ont été imprégnées une seule fois. La dose d'insecticide a été diluée dans la quantité d'eau que peut absorber la moustiquaire. Cette dilution a été placée dans une bassine où la moustiquaire a été trempée. Le séchage a été effectué à plat pour éviter tout écoulement éventuel d'insecticide.

Les moustiquaires étaient de forme cubique et de 1,5 m d'arête. Les quatre faces verticales étaient en tulle moustiquaire synthétique dans les 1,3 m supérieurs et en percale coton dans les 0,2 m inférieurs. La face supérieure était en percale coton. Dans le percale du toit et dans le tulle, 80 trous carrés de 55 mm de côté ont été effectués, représentant 2 % de la surface totale. Chaque moustiquaire mesurait alors 11 m².

La méthode d'estimation de l'effet de la deltaméthrine a été basée sur la capture de moustiques agressifs pour l'homme à l'intérieur des maisons. Quatre chambres à coucher, habituellement utilisées par des villageois, ont servi pendant toute l'étude. Ces chambres appartenaient à des maisons différentes, étaient comparables entre elles et localisées dans le même quartier

du village, à même distance des casiers à riz. Un homme était assis dans une de ces chambres, sous une moustiquaire trouée et capturait individuellement dans de petits tubes en verre les moustiques qui se posaient sur ses jambes ou ses pieds dénudés. Une séance de capture durait de 20 h à 06 h avec deux équipes de captureurs, l'une de 20 h à 24 h, l'autre de 00 h à 06 h. Chaque équipe était composée de quatre captureurs ; deux capturaient sous deux moustiquaires témoins et deux sous moustiquaires imprégnées. Les mêmes huit captureurs ont servi pendant toute l'étude en changeant systématiquement d'équipes et de situations, capturant alternativement sous moustiquaire témoin ou imprégnée. A la fin de chaque capture, les moustiques étaient aussitôt amenés au laboratoire où étaient notées l'espèce et la survie ; les anophèles survivants étaient disséqués pour la détermination du taux de parturité.

En plus, un drap blanc carré de 3,5 m de côté était placé sur le sol sous la moustiquaire trouée et débordait largement à l'extérieur de cette dernière. La récolte des moustiques morts sur le drap a été faite toute les heures, soit dix fois par capture.

Trois expériences indépendantes ont été réalisées :

- Expérience I : deux moustiquaires imprégnées à 25 mg/m² de tissu ont été placées dans les chambres uniquement pendant la durée de 10 captures et étaient déplacées à chaque capture.
- Expérience II : deux moustiquaires imprégnées à 50 mg/m² ont également été placées dans les chambres pendant 5 captures ; elles ont aussi changé de chambres à chaque capture.
- Expérience III : deux moustiquaires imprégnées à 50 mg/m² ont été laissées en permanence dans deux chambres pendant 25 jours, période durant laquelle on a effectué 9 captures.

La méthodologie de l'évaluation a été basée sur la comparaison de la situation avec deux moustiquaires imprégnées par rapport à la situation avec deux moustiquaires témoins.

Trois mesures ont été retenues :

- les moustiques (ma) capturés vivants sur sujets humains
- les moustiques (d) récoltés morts sur les draps
- les moustiques (q) qui mourraient dans les heures suivant la capture après avoir été capturés vivants sur sujets humains.

La densité culicidienne a été estimée par ma. L'effet répulsif a été estimé par la réduction du total ma + d. La mortalité immédiate a été estimée par la proportion d/(ma + d). La mortalité différée a été estimée par la proportion q/ma ; la mortalité différée corrigée a été calculée avec la formule d'Abbott. La mortalité générale a été estimée par la proportion (d + q)/(ma + d) ; la mortalité générale corrigée a été calculée avec la formule d'Abbott.

3. Résultats

Vingt-quatre séances de capture soit 96 hommes-nuits ont permis la capture de 9 232 moustiques vivants sur sujets humains sous moustiquaires et la récolte de 1 660 autres, morts sur draps ; au total 10 872 moustiques ont donc été pris en compte pour l'analyse. *Anopheles gambiae* représente 56 % des captures et 71 % des récoltes. *A. pharoensis* représente respectivement 23 % et 11 %, numériquement il constitue la seconde espèce. Les autres espèces représentant chacune de 5 % à 1 % des captures sont par ordre décroissant *Mansonia uniformis*, *A. coustani*, *M. africana*, *Culex univittatus* et *C. quinquefasciatus*.

Effet sur la densité culicidienne agressive pour l'homme

Toutes espèces culicidiennes confondues, la réduction de la densité culicidienne agressive, pour les expériences I, II et III, est respectivement de 32 %, 44 % et 56 % (tabl. 1). Cette réduction varie selon les espèces culicidiennes.

Les densités agressives d'*A. gambiae* dans les expériences I, II et III diminuent respectivement de 25 %, 27 % et 42 %. Celles d'*A. pharoensis* dans les expériences I et III diminuent respectivement de 46 % et 52 %. Celle d'*A. coustani* dans l'expérience III diminue de 59 %.

Les densités agressives de *M. africana* et de *M. uniformis* dans l'expérience I et la moyenne des expériences II et III diminuent chacune respectivement de 54 % et 69 %.

Les densités agressives de *C. univittatus* pour les expériences II et III diminuent de 60 % et 75 %. Celles de *C. quinquefasciatus* dans les trois expériences diminuent de 75 %.

Pour *A. gambiae*, les taux de parturité et les proportions de femelles gravides sont semblables dans les situations avec moustiquaires imprégnées et avec moustiquaires témoins.

Effet répulsif de la deltaméthrine

Toutes espèces culicidiennes confondues, l'effet répulsif pour les expériences I, II et III est respectivement de 0 %, 22 % et 41 % (tabl. 1). Cette réduction varie selon les espèces.

L'effet répulsif sur *A. gambiae* est de 29 % dans l'expérience III et est légèrement supérieur au témoin dans les expériences I et II. Sur *A. pharoensis* dans les expériences I, II et III, il est respectivement de 36 %, 26 % et 42 %. Sur *A. coustani* dans l'expérience III, il est de 17 %.

L'effet répulsif sur *M. africana* dans les expériences I, II et III est respectivement de 35 %, 68 % et 55 % et celui de *M. uniformis* de 35 %, 54 % et 14 %.

L'effet répulsif sur *C. univittatus* pour les expériences II et III est respectivement de 40 % et 67 %. Celui sur *C. quinquefasciatus* pour l'expérience I et pour la moyenne des expériences II et III est de 66 % dans les deux situations.

Effet sur la mortalité immédiate

Toutes espèces culicidiennes confondues, la mortalité immédiate dans la moyenne des trois situations témoins est de 1,02 %. Par différence, les mortalités immédiates dans les expériences I, II et III sont respectivement 33 %, 28 % et 26 % (tabl. 1) et varient en fonction des espèces.

Les mortalités immédiates d'*A. gambiae* dans les expériences I, II et III sont respectivement 35 %, 30 % et 19 %. Celles d'*A. pharoensis* pour chacune des trois expériences sont 16 %. Celle d'*A. coustani* pour l'expérience III est 51 %.

Les mortalités immédiates de *M. africana* dans les expériences I et III sont respectivement 29 % et 11 %. Celles de *M. uniformis* pour les expériences I, II et III sont respectivement 30 %, 62 % et 47 %.

Les mortalités immédiates de *C. univittatus* pour les expériences II et III sont respectivement 34 % et 25 %. Celle de *C. quinquefasciatus* pour l'expérience I est 27 %.

Effet sur la mortalité différée

Toutes espèces culicidiennes confondues, la mortalité différée dans la moyenne des situations témoins est 35 % ; pour *A. gambiae* elle est 28 %. Les mortalités différées corrigées pour les expériences I, II et III sont respectivement 42 %, 19 % et 0 % (tabl. 1) et varient en fonction des différentes espèces.

Les mortalités différées corrigées d'*A. gambiae* pour les expériences I, II et III sont respectivement 46 %, 16 % et 5 %. Celles d'*A. pharoensis* pour les expériences I et II sont respectivement 16 % et 29 %. Pour l'expérience III, celles d'*A. pharoensis* et d'*A. coustani* sont légèrement supérieures dans la situation témoin.

Les mortalités différées corrigées de *M. africana* pour les expériences I et III sont respectivement 1 % et 27 %. Celles de *M. uniformis* pour les mêmes expériences sont respectivement 14 % et 10 %.

Les mortalités différées corrigées de *C. univittatus* pour les expériences II et III sont respectivement 11 % et 0 %. Celle de *C. quinquefasciatus* pour l'expérience I est 0 %.

Effet sur la mortalité générale

Toutes espèces culicidiennes confondues, la moyenne de la mortalité générale dans les situations témoins est 36 % ; pour *A. gambiae* elle est 29 %. Les mortalités générales corrigées pour les expériences I, II et III sont respectivement 62 %, 41 % et 23 % (tabl. 1) et varient en fonction des espèces.

Les mortalités générales corrigées d'*A. gambiae* pour les expériences I, II et III sont respectivement 65 %, 41 % et 23 %. Celles d'*A. pharoensis* sont respectivement 18 %, 41 % et 8 %. Celle d'*A. coustani* pour l'expérience III est 37 %.

Les mortalités générales corrigées de *M. africana* pour les expériences I, II et III sont respectivement 30 %, 25 % et 36 %. Celles de *M. uniformis* sont respectivement 40 %, 63 % et 53 %.

Les mortalités générales corrigées de *C. univittatus* pour les expériences II et III sont respectivement 41 % et 26 %. Celle de *C. quinquefasciatus* pour l'expérience I est 29 %.

4. Discussion

Dans l'expérience I, avec 25 mg de deltaméthrine/m² de moustiquaire, aucune répulsivité n'est observée ; la densité culicidienne agressive, la mortalité immédiate et la mortalité différée sont maximales. Dans l'expérience II, avec 50 mg/m² la répulsivité est notable ; la densité agressive, la mortalité immédiate et surtout la mortalité différée diminuent. Dans l'expérience III, avec aussi 50 mg/m² et le maintien en place dans la chambre de capture des moustiquaires imprégnées, la répulsivité est maximale ; la densité agressive est minimale ; la mortalité immédiate persiste avec une légère réduction, la mortalité différée est nulle. Ces résultats mettent en évidence l'opposition entre l'effet répulsif maximum à forte dose et l'effet insecticide maximum à dose moyenne ; ils vont dans le même sens que la mise en évidence de l'effet répulsif de la perméthrine sur des abeilles (Rieth et Levin, 1988).

Les effets insecticide et répulsif s'expriment de façon variable chez les différentes espèces culicidiennes ; *A. gambiae*, par rapport à la moyenne des espèces, manifeste une plus grande sensibilité à l'effet insecticide et une moindre à l'effet répulsif. Le classement des genres de moustiques par ordre croissant de la mortalité différée est : *Culex*, *Mansonia* et *Anopheles*, soit l'ordre inverse de celui de l'effet répulsif. On remarquera l'importante réduction de 75 % du contact homme-*Culex quinquefasciatus* due à l'imprégnation de la moustiquaire trouée ; cet effet intéressera particulièrement le contrôle des nuisances en zone urbaine.

La densité culicidienne agressive pour l'homme est sous la dépendance à la fois de l'effet répulsif et de la mortalité immédiate due à l'insecticide. Elle est minimale dans l'expérience III bénéficiant davantage d'une forte augmentation de la répulsivité qui s'oppose à une plus faible réduction de la mortalité.

La mortalité culicidienne totale résulte de la somme entre la mortalité immédiate au voisinage des moustiquaires imprégnées et la mortalité différée dans les heures qui suivent la capture des moustiques. A cet égard les estimations de la mortalité immédiate et de la mortalité différée sont certainement sous-estimées au moins de moitié par la méthode. En effet les moustiques sont capturés alors qu'ils ont traversé la moustiquaire trouée dans le sens de l'entrée et il est probable que le risque pour eux de prendre une dose mortelle d'insecticide est encore supérieur dans le sens de la sortie de la moustiquaire, car un moustique gorgé a davantage tendance à se poser.

Les moustiquaires imprégnées utilisées dans une optique de protection individuelle doivent procurer une réduction maximale des contacts avec les moustiques agressifs ; l'imprégnation avec une forte dose de deltaméthrine servira ce but. Par contre une utilisation dans une optique d'un moyen collectif de lutte contre le paludisme doit avant tout entraîner une mortalité anophélienne maximale ; pour ce faire on prendra garde d'éviter les sur-doses d'insecticide. Les récentes utilisations à 25 mg/m² en Chine (Li Zuzi *et al.*, 1987) et au Burkina Faso (Carnevale *et al.*, 1988) constituent aux vues de nos observations un maximum à ne pas dépasser. L'observation d'un effet comparable avec un traitement à 15 mg/m² et à 25 mg/m² (Li Zuzi, 1987) constitue à cet égard un argument supplémentaire.

Remerciements : Les auteurs sont redevables de la parfaite assistance technique de Ouedraogo Vincent et de Sanou Mamourou. Ils remercient Jean Mouchet pour le soin qu'il a apporté à la correction du manuscrit et remercient aussi Roussel Uclaf pour leur avoir gracieusement procuré l'insecticide.

BIBLIOGRAPHIE

- CARNEVALE P., ROBERT V., BOUDIN C., HALNA J.M., PAZART L., GAZIN P., RICHARD A. et MOUCHET J., 1988 – La lutte contre le paludisme par les moustiquaires imprégnées de pyréthriinoïdes au Burkina Faso. *Bull. Soc. Patho. exo.*, **81** : 832-846.
- DARRIET F., ROBERT V., THO VIEN N. et CARNEVALE P., 1984 – Evaluation de l'efficacité sur les vecteurs de paludisme de la perméthrine en imprégnation sur des moustiquaires intactes et trouées. WHO/VBC / 84.899 ou WHO/MAL / 84.1009.

- LI ZUZI, 1987 – Practical evaluation of deltamethrin treated mosquito nets against *Anopheles sinensis* populations and malaria prevention. Quatrième congrès pour la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical, Marseille, France, Juillet, pp. 627-628.
- LI ZUZI, XU JINJIANG, LI BANGQUAN, ZHU TAIHUA et LI MINGXIN, 1987 – Mosquito nets impregnated with deltamethrin against malaria vectors in China. WHO/VBC / 87.939.
- RIETH J.P., LEVIN M.D., 1988 – The repellent effect of two pyrethroid insecticides on the honey bee. *Physio. Entomol.*, **13** : 213-218.
- ROBERT V., GAZIN P., BOUDIN C., MOLEZ J.F., OUEDRAOGO V. et CARNEVALE P., 1985 – 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.*, **65**, Suppl.2 : 201-214.

Tableau 1

Principaux résultats des trois expériences d'imprégnation de moustiquaires trouées avec de la deltaméthine. Les mortalités différées et générales ont été calculées par la formule d'Abbott.

Main results obtained with three experiments of holed nets impregnated with deltamethrin. The delayed and total mortalities were calculated with the Abbott's formula.

Exp.	Dose	A	B	C	Mortalité culicidienne		
					immédiate	différée	générale
1	25 mg/m ²	non	2 093	3 182	34 %	60 %	74 %
	0 (t)		32 %	≈ 0 %	33 %	42 %	62 %
			3 060	3 093	1 %	31 %	32 %
2	50 mg/m ²	non	398	557	28 %	45 %	60 %
	0 (t)		44 %	22 %	28 %	19 %	41 %
			712	718	1 %	32 %	32 %
3	50 mg/m ²	oui	906	1 238	27 %	42 %	57 %
	0 (t)		44 %	41 %	26 %	≈ 0 %	23 %
			2 063	2 084	1 %	43 %	44 %
n°					immediate	delayed	total
Exp.	Dose	A	B	C	Culicidian mortality		

A : Maintien de la moustiquaire dans la chambre entre les captures. *Maintenance of the net inside the room between the catches.*

B : Nombre de moustiques capturés vivants sur hommes et pourcentage de réduction de l'agressivité. *Number of mosquitoes caught alive on human baits and percentage of decrease of aggressivity.*

C : Total du nombre de moustiques capturés vivants sur hommes et récoltés morts sur draps et pourcentage de répulsivité.

Dose = dose d'imprégnation.

(t) = témoin

ÉVALUATION SUR HOMME ET SUR MOUSTIQUAIRE DE L'ACTIVITÉ D'UN SAVON CONTENANT UN RÉPULSIF ET UN PYRÉTHRINOÏDE

LOUTI DIOMANDE (1), VINCENT ROBERT (2), PIERRE CARNEVALE (2)

(1) Médecin entomologiste, CEMV 01 BP 2597 Bouaké, Côte d'Ivoire.

(2) Entomologistes médicaux, Antenne ORSTOM du Centre Muraz, B.P.171, Bobo Dioulasso, Burkina Faso. Adresse actuelle : OCEAC, B.P. 288, Yaoundé, Cameroun.

RÉSUMÉ

L'efficacité d'un savon contenant 20 % de DEET (diéthyltoluamide) et 0,5 % de perméthrine est évaluée sur la limitation du contact hommes-moustiques dans un village d'Afrique de l'Ouest. Lorsque le savon est appliqué sans rinçage sur un homme, celui-ci bénéficie d'une réduction de 19 % de la densité culicidienne agressive pendant six heures. Lorsque le savon imprègne une moustiquaire trouée, un homme placé dessous bénéficie d'une réduction de 55 % de la densité culicidienne la nuit où la moustiquaire a été imprégnée ; cette réduction est de 25 % trois jours après l'imprégnation et n'est plus observée après sept jours. Lorsque le savon est appliqué à la fois sur homme et sur moustiquaire la réduction de la densité agressive pour l'homme est de 84 % la première nuit et de 51 % pendant 2 semaines.

L'effet répulsif du savon est variable selon les espèces culicidiennes ; il est maximum avec *Anopheles gambiae* s.s. et *Culex quinquefasciatus*.

Mots-Clés : Moustique - Diéthyltoluamide - Perméthrine - Moustiquaire imprégnée - Savon - Burkina Faso.

SUMMARY

Evaluation of the efficiency of a soap containing repellent and pyrethroid on man and on bed net

An experiment was carried out during 6 nights with 24 men-nights to evaluate the efficiency of a soap containing 20 % DEET (diethyltoluamide) and 0.5 % permethrin on man-mosquito contacts. It was conducted in VK4, a rice-field village of Burkina Faso where mosquito aggressivity was intense.

Soap was applied every 4 or 6 hours on man, without any rinsing following manufacturing instructions, and only once on holed bed-nets using half a soap (20g) per net. Soap on man led to a decrease of the mosquito density by 19 % during 6 hours. Soap impregnated holed net decreased this density by 55 % when the impregnation was made, by 25 % after 3 days and the decrease of density was not observed after 7 days. When both man and net were soaped, mosquito aggressivity decreased by 84 % the first day and by 51 % during two weeks. The repellent efficiency was maximum on *Anopheles gambiae* s.s., *Culex quinquefasciatus*, *Mansonia uniformis* and *M. africana*, intermediate on *A. coustani* and *A. pharoensis* and low on *C. univittatus*. Our data did not reveal any mortality effect of the soap.

In spite of its effective repellent activity, this soap cannot be recommended as a protection against mosquito bites unless some improvements are made concerning the efficiency, persistence and perhaps a formulation for rinsing on man.

Key Words : Mosquito - Diethyltoluamide - Permethrin - Soap - Impregnated bed net - Burkina Faso.

1. Introduction

La lutte contre les moustiques est surtout menée avec des insecticides et se heurte actuellement au développement de la résistance des principaux vecteurs. La lutte contre l'agent du paludisme se heurte également à la résistance du parasite, en particulier à la chloroquinorésistance. Ces constats stimulent la recherche de nouvelles protections efficaces et réalisables par les populations concernées. Ainsi, des produits répulsifs d'application dermique (Curtis, 1986), des moustiquaires imprégnées de perméthrine (Darriet *et al.*, 1984 ; Lines *et al.*, 1987 ; Snow *et al.*, 1987) ou de deltaméthrine (Carnevale *et al.*, 1988) ont été expérimentés.

Un produit répulsif, le DEET (diéthyltoluamide) et un produit insecticide, la perméthrine, ont été introduits dans un savon qui a été testé en Malaisie (Yap, 1986) et en Gambie (Lindsay et Janneh, 1989). Les résultats du test de ce même savon sur des moustiques du Burkina Faso sont présentés ici.

La notice d'utilisation du savon insistait sur le fait qu'il devait être appliqué directement sur la peau sans rinçage de la mousse. Devant cette mention surprenante pour l'utilisation d'un savon, les auteurs ont évalué son efficacité d'une part en application sur homme et d'autre part en imprégnation de moustiquaires trouées.

2. Matériel et méthode

Le savon, de couleur blanc-crème, a une forme parallélépipédique de 43 cm³ et pèse 40 g. Il comprend huit substances nettoyantes acides, 20 % de DEET et 0,5 % de perméthrine.

L'expérimentation s'est déroulée dans le village de VK4 (Vallée du Kou n° 4), situé à 30 km au nord de Bobo-Dioulasso, dans le sud-ouest du Burkina Faso. Ce village regroupe 1000 habitants ; il est implanté au centre d'une zone rizière irriguée toute l'année et présente une densité culicidienne élevée (Robert *et al.*, 1985).

Six captures de nuit sur sujets humains protégés ont été effectuées du 4 au 18 mai 1987 dans quatre pièces apparemment identiques et servant habituellement de chambres à coucher. Une équipe de quatre captureurs a travaillé de 20 h à 24 h et une autre équipe a travaillé de 00 h à 06 h. Les mêmes huit captureurs ont servi durant toute l'expérimentation ; chacun a changé d'équipe et de pièce à chaque capture. Les captureurs étaient assis sur un tabouret, les jambes dénudées jusqu'au dessus du genou.

Les moustiques capturés étaient regroupés par tranches horaires. A la fin de la capture ils étaient ramenés au laboratoire pour déterminer leurs espèces et pour noter leurs mortalités éventuelles.

Quatre moustiquaires ont été utilisées. Chacune avait une forme cubique avec des arêtes de 1,5 m. Les faces verticales étaient en tulle moustiquaire synthétique sur les 1,3 m supérieurs ; les 0,2 m inférieurs et le toit étaient en percale coton. Dans la percale du toit et le tulle des quatre moustiquaires 80 trous ont été effectués. Ces trous carrés de 5,5 cm de côté représentaient 2 % de la surface de chaque moustiquaire qui mesurait alors 11 m².

Deux moustiquaires ont été imprégnées, chacune une seule fois avant le début de la première capture, avec une moitié de savon et de la manière suivante : on a placé 400 ml d'eau distillée dans une bassine et on a fait mousser le savon en le frottant à la moustiquaire puis on a rajouté par petites quantités 400 autres ml d'eau. Le séchage s'est effectué à plat, sans perte d'eau savonneuse par écoulement. Les quatre mêmes moustiquaires ont servi durant toute l'expérimentation ; chacune a changé de pièce de capture à chaque capture.

Deux captureurs étaient abondamment enduits de mousse de savon du bout des pieds jusqu'au dessus du genou. Cette mousse a séché rapidement et n'a pas été rincée. Le savonnage des captureurs avait lieu juste avant le début de la capture. Il y avait donc deux séances de savonnage, quelques minutes avant 20 h et avant 24 h.

Lors de chaque capture, quatre situations ont été expérimentées :

- un captureur non savonné sous une moustiquaire trouée non savonnée (situation témoin),

- un captureur savonné sous une moustiquaire trouée non savonnée,
- un captureur non savonné sous une moustiquaire trouée savonnée,
- un captureur savonné sous une moustiquaire trouée savonnée.

Chacune de ces quatre situations a été expérimentée par roulement dans chacune des quatre pièces de capture.

3. Résultats

Effet répulsif sur l'ensemble de la faune culicidienne

Quand le captureur est enduit de savon, la réduction moyenne de l'agressivité culicidienne est de 19 % par rapport à la situation témoin.

Quand la moustiquaire trouée est imprégnée de savon, la réduction est de 55 % le premier jour.

Quand le captureur et sa moustiquaire trouée sont savonnés, la réduction est de 84 % le premier jour et de 51 % sur l'ensemble des six captures réparties en deux semaines (tableau 1).

Effet répulsif sur les différentes espèces culicidiennes

L'effet répulsif du savon est très variable suivant les espèces culicidiennes (tableau 2). Cet effet est maximum pour *Anopheles gambiae sensu stricto* (seul représentant du complexe *A. gambiae* agressif pour l'homme dans ce village), *Culex quinquefasciatus*, *Mansonia uniformis* et *M. africana*. Il est intermédiaire pour *A. coustani* et *A. pharoensis* et faible pour *C. univittatus*. Les effectifs capturés d'*A. funestus* et de *C. poicilipes* sont trop faibles pour pouvoir se prononcer sur ces espèces.

Durée d'efficacité de l'effet répulsif

La répulsivité du savon est observée sur homme pendant au moins six heures. A minuit, lors de la mise en place d'un second captureur récemment enduit, on observe une nette réduction du nombre de moustiques capturés par rapport à la tranche horaire précédente (fig. 1).

Sur moustiquaire la répulsivité du savon passe de 55 % la première nuit après l'imprégnation à 25 % la troisième, puis à 0 % la septième (tableau 1).

Effet insecticide du savon

Pour chacune des quatre situations expérimentales, la fréquence des moustiques morts après la capture, une fois arrivés au laboratoire, varie entre 29 % et 31 % sans différence significative. Ainsi, aucune mortalité due à un éventuel effet insecticide n'a été mise en évidence.

4. Discussion et conclusion

Le savon expérimenté possède un effet répulsif certain sur les espèces culicidiennes agressives pour l'homme, la nuit, dans les maisons de la zone de rizière de la Vallée du Kou au Burkina Faso. Avec le même savon, en Malaisie, Yap (1986) observe un effet quantitativement plus important puisque la réduction de l'agressivité culicidienne sur homme savonné était de 84 % à 100 %. Toujours avec le même savon, en Gambie, Lindsay et Janneh (1989) observent sur homme savonné un effet comparable au nôtre.

Nos observations sont en accord avec celles de Schreck (1977) sur l'efficacité variable des répulsifs sur différentes espèces culicidiennes. Ce savon répulsif semble être d'une efficacité et d'une rémanence comparables aux répulsifs comme le DEET et le diméthyl-phtalate utilisés sous de nombreuses autres formulations (Curtis, 1986 ; Bergman *et al.*, 1986).

Des études complémentaires seraient nécessaires pour chiffrer la rémanence du savon sur homme car la méthodologie employée autorise au plus la constatation de l'efficacité du répulsif pendant six heures, de minuit à six heures.

Il est à remarquer, dans le cas où le capteur est enduit de savon, que la densité de moustiques agressifs pour l'homme de 20 h à 22 h a été trouvée supérieure à la densité témoin (fig. 1). Ceci reste inexplicable et semble anormal ; la valeur observée de la répulsivité du savon sur homme serait donc sous-estimée. En ne considérant pas ces deux tranches horaires, la réduction de la densité culicidienne agressive est alors de 34 % (alors qu'elle représente 19 % sur la totalité de la nuit).

Un savon répulsif est une excellente idée et est adéquat pour l'imprégnation des tissus. Le savon testé ne présente pas d'avantage décisif par rapport aux répulsifs classiques présentés sous d'autres formulations. Sous réserve d'améliorations portant sur l'efficacité, la rémanence et éventuellement la formulation autorisant un rinçage de la peau, ce savon pourrait alors être reconnu comme une nouvelle méthode de protection facilement utilisable par les communautés villageoises contre les nuisances entomologiques et les maladies transmises par les moustiques.

Remerciements : les auteurs remercient Monsieur Paul Simmons et Simmons Nominées Pty-Ltd pour leurs avoir procuré le savon et sa composition.

BIBLIOGRAPHIE

- BERGMAN E.D., PINSKY I., AIZENSHTAT Z. et BAR-ZEEV M., 1976 – Study of synthetic compounds as repellents against the mosquitoes *Culex pipiens molestus* and *Aedes aegypti*. *Israel. J. Entomol.*, **11** : 15-31.
- CURTIS C.F., 1986 – Fact and fiction in mosquito attraction and repulsion. *Parasito. Today*, **2**, **11** : 216-218.
- DARRIET F., ROBERT V., THO VIEN N. et CARNEVALE P., 1984 – Evaluation de l'efficacité sur les vecteurs de paludisme de la perméthrine en imprégnation sur des moustiquaires intactes et trouées. WHO/VBC / 84.899 ou WHO/MAL / 84.1008.
- LINDSAY S.W. et JANNETH L.M., 1989 – Preliminary field trails of personal protection against mosquitoes in The Gambia using deet or permethrin soap, compared with other methods. *Med. Vet. Entomol.*, **3** : 97-100.
- LINES J.D., MYAMBA J. et CURTIS C.F., 1987 – Experimental hut trials of permethrine-impregnated mosquito nets and eave curtains against malaria vectors in Tanzania. *Med. Vet. Entomol.*, **1** : 37-51.
- ROBERT V., GAZIN P., BOUDIN C., MOLEZ J.F., OUEDRAOGO V. et CARNEVALE P., 1985 – La transmission du paludisme en zone de savane arborée et en zone rizicole des environs de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Ann. Soc. belge Med. trop.*, **65** suppl.2 : 201-214.
- SNOW R.W., ROWAN K.M. et GREENWOOD M., 1987 – A trial of permethrin-treated bed nets in the prevention of malaria in Gambian children. *Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **81** : 563-567.
- SCHRECK C.E., 1977 – Technique for the evaluation of insect repellents : a critical review. *Ann. Rev. Entomol.*, **22** : 101-119.
- YAP H.H., 1986 – Effectiveness of soap formulations containing DEET and permethrin as personal protection against outdoor mosquitoes in Malaysia. *J. am. Mosq. Control. Assoc.*, **2**, **1** : 63-67.

Tableau 1

Nombre quotidien de moustiques agressifs pour l'homme sous moustiquaires trouées et pourcentage par rapport au témoin, selon que les captureurs de moustiques et / ou les moustiquaires soient imprégnés (+) ou non (-) de savon répulsif.

Number of daily aggressive anthropophilic mosquitoes under holed nets and percentage as related to the control, according to whether (+) or not (-) the mosquito catchers and / or the nets are impregnated with repellent soap.

Captureur	-	+		-	+		TOTAL	
Moustiquaire trouée	-	-		+	+			
4 mai 1987	114	42	-63 %	51	-55 %	18	-84 %	225
7 mai 1987	119	105	-12 %	89	-25 %	100	-16 %	413
11 mai 1987	43	44	+2 %	43	0 %	3	-93 %	133
13 mai 1987	27	62	+129 %	11	-59 %	8	-70 %	108
14 mai 1987	34	26	-23 %	46	+35 %	37	+8 %	143
18 mai 1987	24	12	-50 %	18	-25 %	11	-54 %	65
TOTAL	361	291	-19 %	258	-29 %	177	-51 %	1 087

Tableau 2

Nombre et espèce de moustiques agressifs pour l'homme sous moustiquaires trouées et pourcentage par rapport au témoin, selon que les captureurs de moustiques et / ou les moustiquaires soient imprégnés (+) ou non (-) de savon répulsif.

Number and species of aggressive anthropophilic mosquitoes under holed nets and percentage as related to the control according to wether (+) or not (-) the mosquito catchers and / or the nets are impregnated with repellent soap.

Captureur	-	+		-	+		TOTAL	
Moustiquaire trouée	-	-		+		+		
<i>Anopheles gambiae</i>	110	59	-46 %	70	-36 %	39	-64 %	278
<i>Anopheles pharoensis</i>	106	125	+18 %	103	-3 %	64	-40 %	398
<i>Anopheles coustani</i>	43	42	-2 %	32	-26 %	26	-40 %	143
<i>Anopheles funestus</i>	2	0		0		5		7
<i>Culex quinquefasciatus</i>	20	3	-85 %	10	-50 %	7	-65 %	40
<i>Culex univittatus</i>	29	25	-14 %	28	-4 %	22	-25 %	104
<i>Culex poicilipes</i>	2	4		3		0		9
<i>Mansonia spp.</i>	49	33	-32 %	12	-76 %	14	-72 %	108
TOTAL	361	291	-19 %	258	-29 %	177	-51 %	1 087

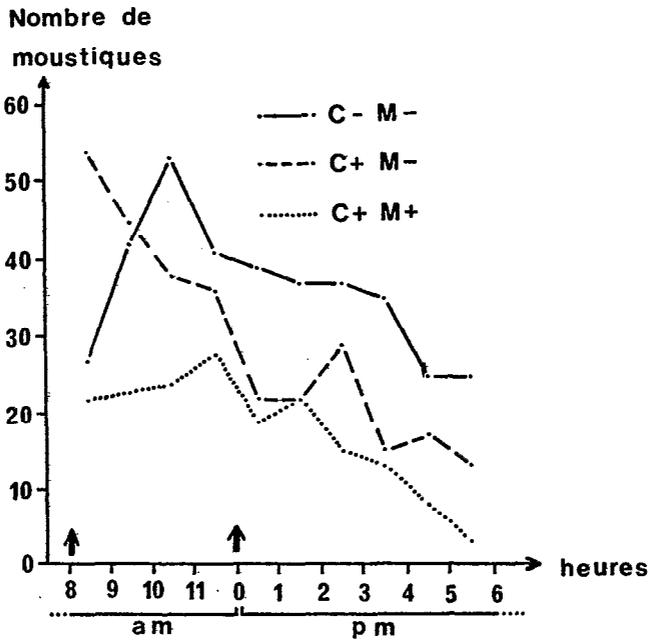


Figure 1

Evolution horaire du nombre de moustiques agressifs capturés sous moustiquaires trouées, selon que les captureurs de moustiques (C) et / ou les moustiquaires (M) soient imprégnés (+) ou non (-) de savon répulsif. Les flèches indiquent le moment où les captureurs se sont imprégnés de savon.

Hourly evolution of the number of aggressive anthropophilic mosquitoes under holed nets according to whether (+) or not (-) the mosquito catchers (C) and / or the nets (M) are impregnated with repellent soap. Arrows show the time of impregnation of soap for the mosquito catchers.

ORSTOM Editeur
Dépôt légal : juillet 1991
Micro-édition Impression
ORSTOM BONDY

ORSTOM
Editions

ISSN : 0767-2888
ISBN : 2-7099-1046-2
Editions de l'ORSTOM
72, route d'Aulnay 93143 BONDY Cedex

Photo de couverture :
Milieu lagunaire au Bénin
Cliché Jean-Philippe Chippaux