

# 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 pyrètre 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 faites des observations, 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.*

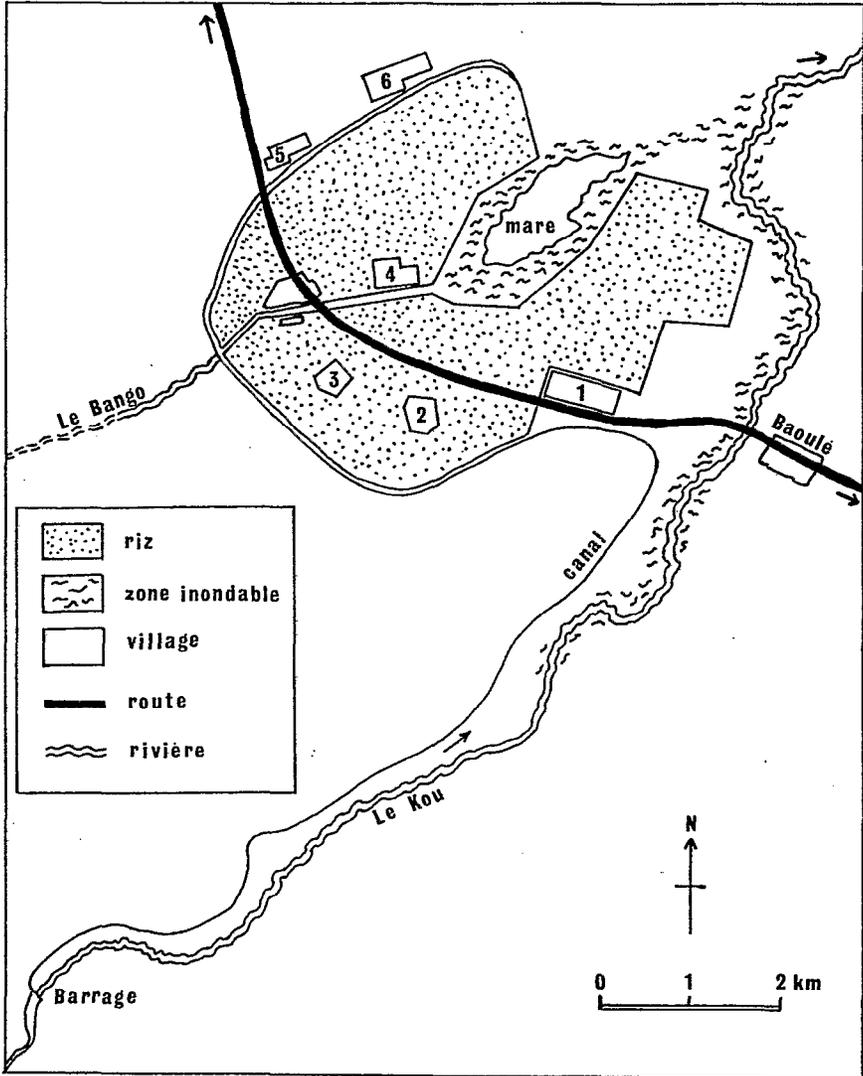
Repas de sang humain	<i>Anopheles gambiae</i>							<i>Anopheles</i> <i>arabiensis</i>	TOTAL GÉNÉRAL
	Mopti				Savane	Autres	Total		
	bc/bc	bc/u	u/u	Total					
Oui	10	36	42	151	4	19	174	2	176
Non	4	23	20	65	2	6	73	12	85
Total	14	59	62	216	6	25	247	14	261
Anthropo- philie	71 %	61 %	68 %	70 %	-	76 %	70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

**Tableau 3**

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

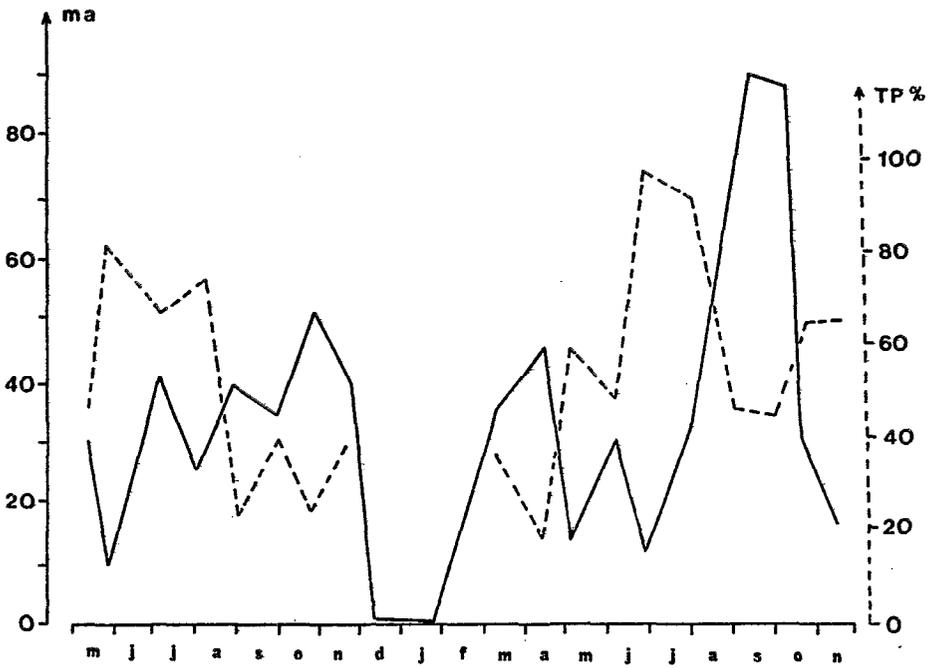
*Comparison between the parous rate (TP) of four samples of Anopheles gambiae s.l. collected with different methods.*

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 parurité (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.*