

# ENTOMOLOGIE MÉDICALE

## Paludisme en milieu urbain d'altitude à Antananarivo, Madagascar : bioécologie d'*Anopheles arabiensis*.

R.O. Ravoahangimalala (1), F.J. Randrianambinintsoa (1), T. Tchuinkam (2) & V. Robert (3, 4)

(1) Département de biologie animale, Faculté des sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.

(2) Laboratoire de biologie et d'écologie appliquées (LABEA), Département de biologie animale, Faculté des sciences de l'Université de Dschang, Cameroun.

(3) UR-16 Vecteurs, IRD, Paris.

(4) MNHN, USM-504 Biologie fonctionnelle des protozoaires, 61 rue Buffon, case courrier 52, 75231 Paris cedex 5, France.

Manuscrit n° 3139. "Entomologie médicale". Reçu le 24 juillet 2007. Accepté le 15 janvier 2008.

**Summary:** Malaria in the urban highland area of Antananarivo, Madagascar: bioecology of *Anopheles arabiensis*.

An entomological study was performed to document the transmission of *Plasmodium*, agents of human malaria in Antananarivo, capital of Madagascar. Human landing mosquitoes were collected at night during two years, between May 2003 and September 2005, in the two sites of Ambohimandra-Manakambahiny and Ambolokandrina. The genres of collected mosquitoes were, in order of abundance, *Culex*, *Mansonia* and *Anopheles*. The only potential vector was *Anopheles arabiensis*. Its maximal abundance was observed in January (22 and 15 bites per man per night, outdoors, respectively in the two sites), during the rainier month of the austral summer. This *Anopheles* was biting indoors, in bedrooms, but its aggressivity was always higher outdoors than indoors. Its maximal aggressivity was observed indoors between 00 and 01 am. The absence of *An. gambiae* and *An. funestus* in the catches on the one hand, and the absence of *An. arabiensis* infected by *Plasmodium falciparum* on the other hand, are discussed.

**Résumé :**

Afin de documenter la transmission des *Plasmodium*, agent du paludisme humain, une étude entomologique a été menée dans la ville d'Antananarivo, capitale de Madagascar. Des captures nocturnes de moustiques sur hommes ont été organisées pendant deux ans entre mai 2003 et septembre 2005 dans deux sites, Ambohimandra-Manakambahiny et Ambolokandrina. Les genres de moustiques collectés, par ordre d'abondance, ont été *Culex*, *Mansonia* et *Anopheles*. Le seul vecteur potentiel a été *Anopheles arabiensis*. Son abondance maximale a été observée en janvier (22 et 15 piqûres par homme par nuit, en capture extérieure, respectivement dans les deux sites), pendant le mois d'été austral le plus arrosé. Cet anophèle a été agressif à l'intérieur des maisons dans les chambres à coucher, mais son agressivité a toujours été plus élevée à l'extérieur qu'à l'intérieur des maisons. Son agressivité maximale dans les maisons a été observée entre minuit et une heure du matin. L'absence d'*An. gambiae* et d'*An. funestus* dans les captures, d'une part, et l'absence d'*An. arabiensis* infecté par *Plasmodium falciparum*, d'autre part, sont discutées.

### Introduction

Dans les zones rurales des Hautes Terres Centrales (HTC), à l'instar de l'ensemble de Madagascar, la majorité des infections palustres sont dues à *Plasmodium falciparum* (10, 11, 12, 13, 17). Le vecteur principal est *Anopheles funestus*; il est endophile et anthropophile. Le vecteur secondaire, *An. arabiensis*, est plus exophile et zoophile. Sur les HTC, les principaux gîtes larvaires de ces deux vecteurs sont constitués par les rizières (8, 11, 12, 19, 20). La température varie en fonction de l'altitude et conditionne la transmission de la maladie. Le paludisme est considéré comme stable en dessous de 1 000 m d'altitude, instable et saisonnier (octobre/novembre à avril/mai) entre 1 000 et 1 500 m, et exceptionnel au delà de 1 500 m. Sur les HTC, le paludisme peut se manifester sous forme d'épidémies très meurtrières (13).

La situation du paludisme dans les zones urbaines des HTC est nettement moins bien décrite (21). En 1993, BLANCHY *et al.* (1) ont suggéré qu'il n'y a pas de transmission au cœur

des grandes villes. Le Groupe de recherche sur le paludisme de l'Institut Pasteur de Madagascar a mené des études sur la transmission du paludisme par des enquêtes entomologiques et parasitologiques en février et en avril 2003 (15), concluant à l'existence d'une faible, mais réelle, transmission autochtone du paludisme dans la ville d'Antananarivo, en particulier dans les quartiers contigus d'Ambohimandra et Manakambahiny.

L'objectif de notre projet entomologique était de préciser la présence, l'abondance, la bioécologie et le rôle vecteur des espèces de moustiques agressifs pour l'homme, en particulier vecteurs de *Plasmodium*, agent du paludisme. Nous rapportons ici des études menées à Antananarivo, dans ces deux quartiers (Ambohimandra-Manakambahiny présentés comme un seul site d'étude), de mai 2003 à septembre 2005, et dans un autre quartier (Ambolokandrina) de la ville, de novembre 2004 à septembre 2005.

malaria  
transmission  
*Plasmodium falciparum*  
*Anopheles arabiensis*  
town  
highland  
Ambohimandra-Manakambahiny  
Ambolokandrina  
Antananarivo  
Madagascar

paludisme  
transmission  
*Plasmodium falciparum*  
*Anopheles arabiensis*  
ville  
altitude  
Ambohimandra-Manakambahiny  
Ambolokandrina  
Antananarivo  
Madagascar

## Matériel et méthodes

### Sites d'études

#### Ambohimandra et Manakambahiny

Ces deux quartiers séparés par un bas-fond sont situés en pleine zone urbaine et font partie du 2<sup>e</sup> arrondissement de la commune urbaine d'Antananarivo. Ils se situent entre 47,54° Est et 18,93° Sud à 1 223 m d'altitude. Ils sont bordés par des rizières de bas-fonds, des cressonnières et des champs de légumes.

Les agriculteurs de ce site pratiquent la riziculture inondée, une fois par an. Suivant la saison, ils utilisent la méthode de rotation des cultures :

- pendant la saison pluvieuse, culture du riz (repiquage de septembre à octobre, récolte d'avril à mai);
- pendant la première partie de la saison froide et sèche de mai à juillet, culture de cresson dans les rizières où l'eau persiste encore;
- et pendant la deuxième partie de la saison froide et sèche, de juillet à octobre, culture de légumes dans les rizières asséchées.

Les autres rizières non cultivées sont recouvertes par des plantes aquatiques telles que *Eichornia crassipes* (Liliaceae), *Salvinia* sp (Salviniaceae), *Azola* sp (Salviniaceae) et quelquefois par des graminées aquatiques.

#### Ambolokandrina

Ce quartier situé à 1 200 m d'altitude se trouve aussi dans la partie sud-est de la ville et fait également partie du 2<sup>e</sup> arrondissement de la commune urbaine d'Antananarivo. Le quartier est localisé à une centaine de mètres des rizières qui, dans sa partie supérieure, sont bordées par des champs de manioc et de légumes. Les riziculteurs y pratiquent également la riziculture inondée, une fois par an. Le système, la période et le mode de riziculture sont les mêmes que dans les quartiers d'Ambohimandra et Manakambahiny. Ce quartier a l'apparence d'un village implanté en zone urbaine.

### Méthodes entomologiques

L'étude a duré de mai 2003 à septembre 2005 à Ambohimandra-Manakambahiny et de novembre 2004 à septembre 2005 à Ambolokandrina.

Les moustiques ont été capturés sur hommes, de 18 heures à 6 heures du matin, par des adultes volontaires, prenant les moustiques directement sur leurs jambes. Deux groupes de deux captureurs ont travaillé à l'intérieur des habitations et deux autres à l'extérieur avec changement des équipes de captureurs à minuit. Il en résulte que le nombre d'hommes-nuits est de 48 à Ambohimandra-Manakambahiny (12 nuits de capture en deux ans) et de 24 à Ambolokandrina (6 nuits de capture en un an).

Les captures de moustiques endophiles au repos ont été faites par pulvérisation d'insecticide pyréthriné non rémanent dans les chambres à coucher (10 maisons tirées au sort par villages et par enquête).

Figure 1.

#### Représentation schématique de la ville d'Antananarivo avec localisation des deux sites d'étude.

Crude map of the town of Antananarivo, with indication of the two study sites.



Le taux d'endophasie désigne le rapport des moustiques dénombrés en captures sur hommes à l'intérieur des maisons sur le total des moustiques dénombrés sur hommes à l'intérieur, plus à l'extérieur.

Le taux de parturité a été déterminé sur les anophèles capturés sur homme, après dissections réalisées le lendemain matin au laboratoire, par l'observation des trachéoles ovariennes, selon la technique de Detinova (4).

Les espèces du complexe *Anopheles gambiae* ont été identifiées par la réaction de polymérisation en chaîne (PCR) d'ADN extrait des pattes des moustiques (22).

Les têtes et les thorax des anophèles ont été conservés dans un tube avec dessiccateur à raison d'un unique spécimen par tube. La recherche de l'infection des moustiques par des *Plasmodium* a été effectuée par une technique immunologique (ELISA), en utilisant des anticorps monoclonaux anti-circumsporozoïtaires contre *Plasmodium falciparum*, l'espèce plasmodiale la plus abondante à Madagascar, suivant la méthode de BURKOT *et al.* (2) modifiée par WIRTZ *et al.* (23). Ces deux derniers tests (PCR et ELISA) ont été réalisés à l'Unité d'entomologie de l'Institut Pasteur de Madagascar.

## Résultats

### Biodiversité de la faune culicidienne

Au total, 2 585 moustiques ont été collectés à Ambohimandra-Manakambahiny (tableau I) parmi lesquels 8,4 % d'anophèles, et 969 à Ambolokandrina parmi lesquels 14,3 % d'anophèles (tableau II). *Cx. quinquefasciatus* et *Cx. antennatus* ont été les espèces les plus abondantes et la densité de moustiques a été maximale en mars 2004 et novembre 2004 dans les deux sites, respectivement. Au cours de l'étude, aucun *An. funestus* n'a été collecté.

59 spécimens d'*An. gambiae* s.l., soit tous les moustiques du complexe *An. gambiae* collectés pendant la première année d'étude à Ambohimandra-Manakambahiny, ont été passés en PCR; les résultats ont montré 100 % d'*An. arabiensis*. En conséquence, dans la suite de ce présent article, on ne parlera

Tableau I.

Effectif des moustiques en captures sur hommes à Ambohimandra-Manakambahiny (avec 2 hommes-nuits par mois de capture).  
Number of human landing mosquitoes collected in Ambohimandra-Manakambahiny (with 2 men-nights per month of capture).

date de capture	28/05/03	7/08/03	31/10/03	16/01/04	18/03/04	22/05/04	4/11/04	27/01/05	15/03/05	11/05/05	10/07/05	14/09/05	total
<i>An. arabiensis</i>	9	0	8	21	15	6	9	48	8	10	5	0	139
<i>An. mascarensis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>An. coustani</i>	2	0	2	7	10	4	6	20	8	7	5	4	75
<i>An. squamosus</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	69	33	326	226	262	177	322	100	37	46	29	13	1640
<i>Cx. antennatus</i>	4	4	25	25	57	18	46	145	33	30	25	14	426
<i>Ma. uniformis</i>	5	4	17	30	73	26	8	29	43	28	25	13	301
<b>total</b>	<b>90</b>	<b>41</b>	<b>378</b>	<b>309</b>	<b>418</b>	<b>233</b>	<b>391</b>	<b>342</b>	<b>129</b>	<b>121</b>	<b>89</b>	<b>44</b>	<b>2585</b>

plus d'*An. gambiae* s.l. mais d'*An. arabiensis*. Cette espèce a représenté 63,8 % des captures d'anophèles à Ambohimandra-Manakambahiny et 60,4 % à Ambolokandrina.

À Ambohimandra-Manakambahiny (tableau I), *Culex* était le genre le plus abondant avec 79,9 % (n = 2066) des collectes, suivi du genre *Mansonia* avec une seule espèce *Ma. uniformis* qui représente 11,6 % (n = 301) des captures, et lui-même suivi du genre *Anopheles* (8,4 %, n = 218) dont *An. arabiensis* (5,4 %, n = 139), *An. coustani* (2,9 %, n = 75), *An. squamosus* (0,1 %, n = 3) et *An. mascarensis* (0,04 %, n = 1). À Ambolokandrina (tableau II), *Culex* était aussi le genre le plus abondant avec 70,7 % (n = 685) des collectes, suivi du genre *Mansonia* avec une seule espèce *Ma. uniformis* (15 %, n = 145), et lui-même suivi du genre *Anopheles* (14,3 %, n = 139) dont *An. arabiensis* (8,7 %, n = 84), *An. coustani* (5,7 %, n = 55).

Seuls 20 moustiques endophiles ont été collectés lors des captures matinales dans les chambres à coucher : *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. antennatus* et *Ma. uniformis*; ceci aussi bien à Ambohimandra-Manakambahiny qu'à Ambolokandrina. Aucun anophèle n'a été collecté avec cette méthode.

### Bioécologie d'*An. arabiensis*

*An. arabiensis* est la seule espèce potentiellement vectrice de *Plasmodium* qui a été observée au cours de l'étude.

#### Variation saisonnière d'abondance

*An. arabiensis* est une espèce présente dans toutes les captures sauf en août 2003 et septembre 2005. L'évolution de l'abondance d'*An. arabiensis* montre un pic en janvier, en 2004 et en 2005, correspondant à la saison chaude et pluvieuse, le mois de janvier étant parmi les mois les plus pluvieux (tableaux I et II).

#### Densité agressive et endophagie

Le nombre moyen de piqûres par homme par nuit est 0,835 à Ambohimandra-Manakambahiny et 0,875 à Ambolokandrina. Les maxima observés sont de 22,0 et 15,0 respectivement dans les deux sites (figure 2). La densité agressive est nettement plus faible à l'intérieur qu'à l'extérieur : presque cinq fois moindre dans le premier site (0,27 versus 1,40) et trois fois dans le second site (0,46 versus 1,29). Il en résulte que le taux d'endophagie dans chacun des deux sites est faible, respectivement 0,162 et 0,263. *An. arabiensis* est donc clairement exophagie.

Aucun *An. arabiensis* (ni aucun anophèle d'ailleurs) n'a été capturé durant les 12 séances de capture matinale au pyrèthroïde de moustiques endophiles dans les deux sites d'études, signe d'un comportement exophile net.

#### Rythme d'activité de piqûre

Au cours des captures sur hommes, à Ambohimandra-Manakambahiny, un pic a été observé à l'extérieur entre 22

et 23 heures (0,33 piqûres par homme par nuit, PHN) et un pic à l'intérieur (0,13 PHN) est observé entre minuit et une heure du matin.

À Ambolokandrina, les pics extérieur (0,29 PHN) et intérieur (0,17 PHN) sont synchrones, entre minuit et une heure du matin (figure 3).

Figure 2.

Évolution mensuelle des piqûres par homme par nuit (phn) d'*An. arabiensis* dans les deux sites d'étude, en capture intérieure et extérieure  
Monthly evolution of bites per man and per night (pnm) of *An. arabiensis* in the two sites of study in outdoor and indoor capture.

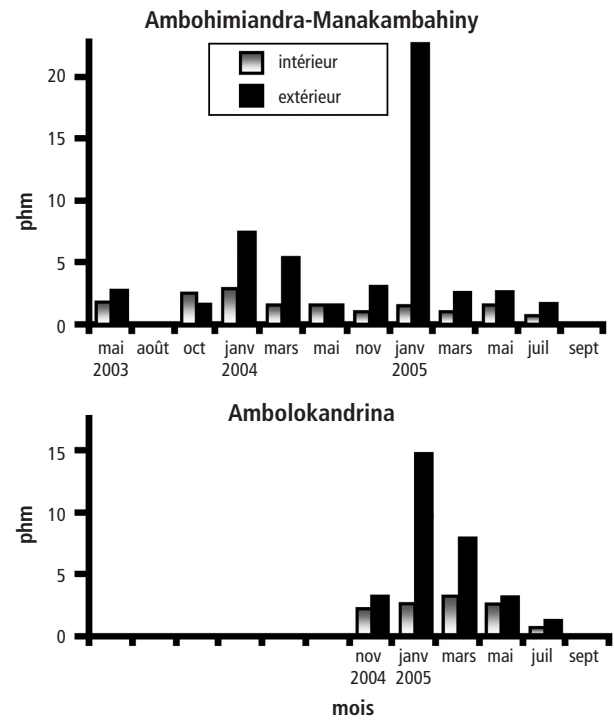


Figure 3.

Évolution horaire des piqûres par homme par nuit (phn) d'*An. arabiensis* dans les deux sites d'étude, en capture intérieure et extérieure  
Hourly evolution of bites per man per night (pnm) of *An. arabiensis* in the two sites of study in outdoor and indoor capture.

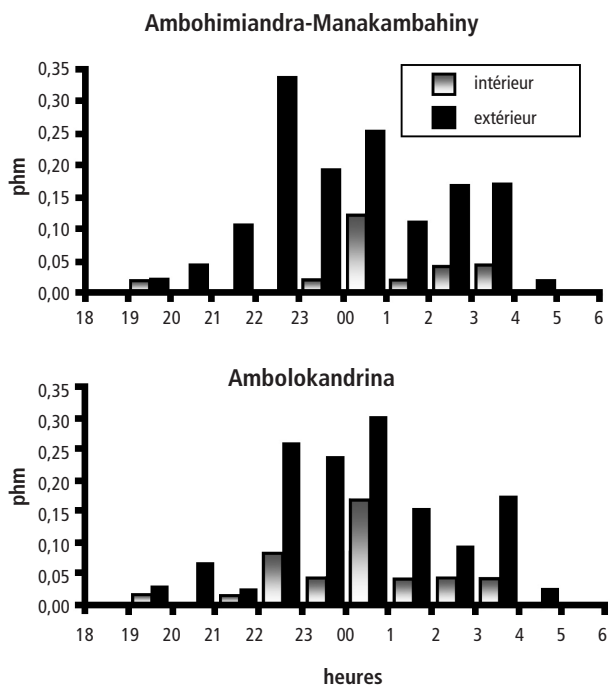


Tableau II.

Effectif des moustiques en captures sur hommes à Ambolokandrina (avec 2 hommes-nuits par mois de capture).

Number of human landing mosquitoes collected in Ambolokandrina (with 2 men-nights per month of capture).

date de capture	26/11 (2004)	29/01 (2005)	17/03	17/05	14/07	20/09	total
<i>An. arabiensis</i>	11	35	23	12	3	0	84
<i>An. coustani</i>	10	15	14	7	5	4	55
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	225	88	30	45	33	14	435
<i>Cx. antennatus</i>	39	100	44	31	23	13	250
<i>Ma. uniformis</i>	29	24	34	29	20	9	145
<b>total</b>	<b>314</b>	<b>262</b>	<b>145</b>	<b>124</b>	<b>84</b>	<b>40</b>	<b>969</b>

### Taux de parturité

À Ambohimandra-Manakambahiny, les taux de parturité sont identiques et respectivement de 27,1 % (n = 59) et 28,8 % (n = 80) au cours de la première et seconde année d'étude. À Ambolokandrina, le taux de parturité est de 22,6 % (n = 84).

### Infectivité

Aucune infection par *P. falciparum* n'a été décelée sur les 59 femelles d'*An. arabiensis* capturées sur homme au cours de la première année d'étude (mai 2003 à mai 2004) à Ambohimandra-Manankambahiny.

## Discussion

Que ce soit à Ambohimandra-Manakambahiny ou à Ambolokandrina, les genres *Culex* et *Mansonia* sont plus abondants que les anophèles contrairement à ce qui a été observé dans la région rizicole au nord-est de Madagascar (à 300 m d'altitude) où les anophèles sont les plus abondants (18). Les genres *Culex* et *Mansonia* ont été présents pendant toute la période d'étude et sont considérés comme une source de nuisance gênante pour les populations.

Nos observations suggèrent qu'*An. arabiensis* constitue la seule espèce potentiellement vectrice du paludisme présente. Les autres anophèles rencontrés ne sauraient constituer des vecteurs potentiels de *Plasmodium* dans la zone d'étude (13). *An. arabiensis* pique aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des maisons, mais l'agressivité est toujours plus faible à l'intérieur qu'à l'extérieur. Cette exophilie va bien dans le sens de résultats antérieurs : COT *et al.* (3) ont trouvé que sur 13 *An. arabiensis* endophiles gorgés (provenant d'un lot de 19 collectés dans 32 chambres à coucher à Ambohimandra-Manakambahiny, en février 2003), 8 avaient pris leur repas de sang sur homme et 5 sur bœuf. Nous avons noté la présence d'étables à proximité des habitations à Ambolokandrina et de poulaillers à Ambohimandra-Manakambahiny, qui pourraient être utilisés comme des sites de repos. À Mahasolo (850 à 920 m d'altitude et à près de 150 km à l'ouest d'Antananarivo), la valeur minimale d'agressivité moyenne est de 4,5 PHN et la valeur maximale est de 50,25 PHN (16); par comparaison, les vecteurs sont 25 fois moins abondants en zone urbaine qu'en zones rurales.

L'absence d'*An. funestus* au cours des douze enquêtes est à souligner. Cependant, en février 2003, RABARIJAONA *et al.* (15) ont recensé cette espèce, à un unique exemplaire femelle. En 1990, FONTENILLE *et al.* (5) à Manarintsoa, sur les Hautes Terres Centrales, ont constaté la présence des deux principaux vecteurs du paludisme à Madagascar : *An. funestus* et *An. arabiensis* avec une prédominance d'*An. arabiensis*. Dans d'autres régions des HTC comme Ankazobe, RABARISON *et al.* (14) ont observé la prédominance d'*An. funestus*. Une cause possible de l'absence ou de la très faible densité d'*An. funestus* dans la ville d'Antananarivo peut être la pollution urbaine de l'eau des gîtes. Ces conditions ne favorisent pas le développement des espèces vectrices, exigeant un gîte propre et non pollué (7).

Dans notre étude, le complexe *An. gambiae* est représenté par la seule espèce *An. arabiensis* dans les deux sites d'étude. Ceci est en plein accord avec les résultats de LÉONG POCK TSY *et al.* (9) sur les Hautes Terres Centrales et de RABARIJAONA *et al.* (15) à Ambohimandra-Manakambahiny.

Aucun anophèle n'a été capturé au repos dans les chambres à coucher durant les captures matinales de moustiques endophiles dans les deux sites étudiés. Cette absence pourrait être

due au faible nombre de chambres à coucher prospectées (10 chambres au cours de cette étude contre 32 en février 2003 [15]) et aux habitudes des habitants. En effet, la cuisine et la chambre à coucher ne sont pas séparées; la fumée du feu de bois lors de la préparation du petit-déjeuner, habituellement tôt dès 4 heures 30 du matin, stimule la sortie des moustiques. Or, notre capture débute à 5 heures et demi. Une autre explication, également probable, est l'exophilie naturelle des anophèles à Madagascar, qui pourrait d'ailleurs être favorisée par la proximité des étables et des poulaillers qui procurent autant de gîtes de repos.

La recherche d'*An. arabiensis* infecté a été négative. Cependant, il est très improbable avec un effectif aussi faible (59 femelles à Ambohimandra-Manakambahiny lors de la première année d'étude) de détecter la présence des protéines spécifiques des sporozoïtes. À titre d'exemple, aucun moustique porteur de sporozoïtes n'a été trouvé sur 90 femelles disséquées à Ambohimanjaka une autre zone sur les Hautes Terres Centrales) (6). À Ambohimena, situé à 170 km au sud de la ville d'Antananarivo à une altitude de 1 000 m, sur 379 *An. gambiae* s.l., aucun moustique n'a présenté des sporozoïtes de *Plasmodium*, aussi bien par dissection et examens microscopiques des glandes salivaires que par test immuno-enzymatique (Rajaonarivelo, 1999). De même, 338 anophèles (*An. arabiensis*, *An. funestus* et *An. mascarensis*) collectés à Ambohimandra-Manakambahiny et testés par ELISA, se sont révélés négatifs (15).

## Conclusion

*An. arabiensis* est la seule espèce anophélienne potentiellement vectrice du paludisme observée au cours de notre étude dans les deux sites d'études de la ville d'Antananarivo, Madagascar. Elle a été collectée lors de toutes les captures, sauf en pleine saison hivernale (mois d'août). Le nombre moyen de piqûres par homme et par nuit d'*An. arabiensis* est très voisin dans les deux sites d'étude. Si *An. funestus* est présent à Antananarivo, ses densités sont faibles.

Aucun vecteur potentiel n'a été trouvé infecté par *Plasmodium*, mais l'échantillon examiné reste faible et, même si la transmission n'a pas été mise en évidence, il n'est pas possible de conclure à l'absence d'une transmission autochtone.

La bioécologie d'*An. arabiensis* est gouvernée par son exophilie et son exophilie. L'agressivité est toujours plus grande à l'extérieur qu'à l'intérieur. Le pic d'agressivité nocturne d'*An. arabiensis* est observé entre minuit et 1 heure du matin, aussi bien à l'intérieur des maisons qu'à l'extérieur, quand le sommeil des hommes est profond. Il découle de cette observation que l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide rémanent constitue une protection efficace; son utilisation est suggérée pour prévenir les nuisances dues aux piqûres et pour éviter la transmission de *Plasmodium*.

## Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude au Programme PAS-2000 de l'Agence universitaire pour la francophonie pour le soutien financier accordé à la Faculté des sciences de l'Université de Dschang (Cameroun). Les techniciens d'entomologie de l'Institut Pasteur de Madagascar sont également remerciés pour la réalisation des ELISA-CSP.



## Références bibliographiques

1. BLANCHY S, RAKOTONJANABELO A, RANAIVOSON G & RAJAONARIVELO V – Épidémiologie du paludisme sur les hautes terres malgaches depuis 1878. *Cahiers Santé*, 1993, **3**, 155-161.
2. BURKOT TR, WILLIAMS JL & SCHNEIDER I – Identification of *Plasmodium falciparum*-infected mosquitoes by a double antibody Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay. *Am J Trop Med Hyg*, 1984, **33**, 783-788.
3. COT S, MATRA R, RABARIJOANA L, ROBERT V, RAHARIMALALA L, RAVELOSON A & ARIEY F – Mise en évidence d'une transmission urbaine autochtone du paludisme à Antananarivo, Madagascar. *Méd Trop*, 2006, **66**, 143-148.
4. DETINOVA TS – Méthode à appliquer pour classer en groupe d'âge des Diptères présentant une importance médicale notamment les vecteurs du paludisme. Série Monographie, OMS Genève, 1963, **47**, 220p.
5. FONTENILLE D, LEPERS JP, CAMPBELL GH, COLUZZI M, RAKOTOARIVONY I & COULANGES P – Malaria transmission and vector biology in Manarintsoa, high plateaux of Madagascar. *Am J Trop Med Hyg*, 1990, **43**, 107-115.
6. FONTENILLE D, RAKOTOARIVONY I, RAJAONARIVELO I & LEPERS JP – Étude des *Culicidae* dans le Firaisam-pokontany d'Ambohimanjaka aux environs de Tananarive : résultats d'une enquête longitudinale en particulier sur la transmission vectorielles du paludisme. *Arch Inst Pasteur Madagascar*, 1988, **54**, 231-243.
7. GRJEBINE A – *Insectes. Diptères Culicidae Anophelinae. Faune de Madagascar*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 1966, N°22, 487p.
8. LAVENTURE S, MOUCHET J, BLANCHY S, MARRAMA L, RABARISON P *et al.* – Le riz source de vie et de mort sur les plateaux de Madagascar. *Cahier Santé*, 1996, **6**, 79-86.
9. LÉONG POCK TSI JM, DUCHEMIN JB, MARRAMA L, RABARISON P, LE GOFF G, RAJAONARIVELO V & ROBERT V – Distribution of the *Anopheles gambiae* complex and first evidence of *Anopheles merus* as a malaria vector in Madagascar. *Malaria J*, 2003, **2**, 33.
10. LEPERS JP, DELERON P, ANDRIAMANGATIANA-RASON MD, RAMANAMIRIJA JA & COULANGES P – Newly transmitted *Plasmodium falciparum* malaria in the central highland plateau of Madagascar: Assessment of clinical impact in rural community, *Bull Organ Mond Santé*, 1990, **68**, 217-222.
11. MARRAMA L, RAJAONARIVELO E, LAVENTURE S, RABARISON P – *Anopheles funestus* sur les Hautes Terres de Madagascar, *Cahiers Santé*, 1995, **5**, 415-419.
12. MOUCHET J, BLANCHY S, RAKOTONJANABELO A, RANAIVOSON G, RAJAONARIVELO E *et al.* – Stratification épidémiologique du paludisme à Madagascar. *Arch Inst Pasteur Madagascar*, 1993, **60**, 50-59.
13. MOUCHET J, CARNEVALE P, COOSEMANS M, JULVEZ J, MANGUIN S, RICHARD-LENOBLE D & SIRCOULON V – *Biodiversité du paludisme dans le monde*. Editions John Libbey Eurotext, Paris, 2004, 428 pp
14. RABARISON P, RAMAMBANIRINA L, LAVENTURE S, LEPERS JP, JAMBOU R & ROUX J – Impact des rideaux imprégnés de deltaméthrine sur les vecteurs et la morbidité palustre: résultats à Ankazobe, sur les plateaux de Madagascar. *Cahiers Santé*, 1997, **7**, 39-45.
15. RABARIJOANA LP, ARIEY F, MATRA R, COT S, RAHARIMALALA AL *et al.* – Low autochthonous urban malaria in Antananarivo (Madagascar). *Malaria J*, 2006, **5**, 27.
16. RATEFIARISOA RF, RANDRIANASOLO RO & RAJAONARIVELO E – Sur la faune anophélienne et les vecteurs principaux du paludisme de la région de Mahasolo (Moyen Ouest de Madagascar). *Archives du Ministère de la recherche scientifique et technologique pour le développement, Série Sciences Biologiques*, 1988, **6**, 76-79.
17. RATSIMBASOA A, RANDRIAMANANTENA A, RAHERINJAFY R, RASOARILALAO N & MÉNARD D – Which malaria rapid test for Madagascar? Field and laboratory evaluation of three tests and expert microscopy of samples from suspected malaria patients in Madagascar. *Am J Trop Med Hyg*, 2007, **76**, 481-485.
18. RAVOAHANGIMALALA O, RAKOTOARIVONY HL, LE GOFF G & FONTENILLE D – Écoéthologie des vecteurs et transmission du paludisme dans la région rizicole de basse altitude de Mandritsara, Madagascar. *Bull Soc Pathol Exot*, 2003, **96**, 323-328. (<http://www.pathexo.fr/pages/bull-somm/2003-T96/2003-4.html>)
19. RAVOAHANGIMALALA O, THIERY I & SINEGRE G – Ricefield efficacy of deltamethrin and *Bacillus thuringiensis* formulations on *Anopheles gambiae* s.s. in the Anjoro region of Madagascar. *Bull Soc Vect Ecol*, 1994, **19**, 169-174.
20. RAVONIHARIMELINA B, ROMI R & SABATINELLI G – Étude longitudinale sur les gîtes larvaires d'*Anopheles gambiae* s.l. dans un canton de la province d'Antananarivo (Hautes Terres de Madagascar). *Ann Parasitol Hum Comp*, 1992, **67**, 26-30.
21. ROBERT V, MACINTYRE K, KEATING J, TRAPE JF, DUCHEMIN JB, WARREN M & BEIER JC – Malaria transmission in urban sub-Saharan Africa. *Am J Trop Med Hyg*, 2003, **68**, 169-176.
22. SCOTT JA, BROGDON WG & COLLINS FH – Identification of single specimens of *Anopheles gambiae* complex by the polymerase chain reaction. *Am J Trop Med Hyg*, 1993, **49**, 520-529.
23. WIRTZ RA, ZAVALA F, CHAROENVIT Y, CAMPBELL GH, BURKOT TR *et al.* – Comparative testing of monoclonal antibodies against *Plasmodium falciparum* sporozoites for ELISA development. *Bull Organ Mond Santé*, 1987, **65**, 39-45.