



HAL
open science

Rapport final sur le suivi entomo-parasitologique longitudinal du paludisme dans les zones intermédiaires de transmission instable-stable: l'exemple du Moyen-Ouest malgache

Laurent Brutus, Voahirana Rajaonarivelo, Gilbert Le Goff, A.Hélène Razanatsoarilala, Emmanuel Rakontondraibe M., Pascal Handschumacher, Edmond Rajaonarivelo, Stéphane Laventure, Frédéric Mauny, Michel Cot

► To cite this version:

Laurent Brutus, Voahirana Rajaonarivelo, Gilbert Le Goff, A.Hélène Razanatsoarilala, Emmanuel Rakontondraibe M., et al.. Rapport final sur le suivi entomo-parasitologique longitudinal du paludisme dans les zones intermédiaires de transmission instable-stable: l'exemple du Moyen-Ouest malgache. [Rapport de recherche] Programme RAMSE - Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (Orstom). 1997, 54 pp. hal-03581527

HAL Id: hal-03581527

<https://hal.science/hal-03581527>

Submitted on 19 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Ministère de la Santé
Direction de la Lutte contre
les Maladies Transmissibles
(D.L.M.T.)**

**Institut Français de Recherche
Scientifique pour le Développement
en Coopération
(ORSTOM)**

**Institut Pasteur de Madagascar
(I.P.M.)**

**Programme RAMSE
(Recherches Appliquées à Madagascar sur la Santé et l'Environnement)**

RAPPORT FINAL

**Suivi entomo-parasitologique longitudinal du paludisme dans les zones
intermédiaires de transmission instable - stable
L'exemple du moyen ouest malgache**

**Projet financé dans le cadre de l'OPID
Crédits IDA/OMS**

par

**Brutus L.¹, Rajaonarivelo V.¹, Le Goff G.¹, Razanatsoarilala A.H.²,
Rakotondraibe M.E.², Handschumacher P.¹, Rajaonarivelo E.³,
Lavature S.³, Mauny F.¹ & Cot M.¹**

Décembre 1997

¹ ORSTOM / RAMSE, BP 434 Antananarivo 101

² DLMT, BP 460 Antananarivo 101

³ IPM, BP 1274 Antananarivo 101

PLAN DU RAPPORT

pages

A/ JUSTIFICATIONS ET OBJECTIFS

3

1 / Justifications

3

2 / Travaux préliminaires

4

3 / Hypothèses

5

4 / Objectifs de l'étude

6

B/ MATERIELS ET METHODES

8

1 / Lieux de l'étude

9

1.1 / Suivi entomologique

9

1.1.1 / Echantillonnage

9

1.1.2 / Fréquence des missions

9

1.1.3 / Traitement des moustiques vecteurs récoltés

9

1.1.4 / Evaluation des pulvérisations

10

1.1.5 / Analyse des résultats

10

1.2 / Suivi de géographie physique et humaine

10

1.3 / Suivi parasitologique

10

2 / Répartition des tâches

10

3 / Ethique

11

4 / Remarques sur le déroulement des opérations

11

C/ RESULTATS

12

I / ANTSONGONDRAO

13

1 / Espèces capturées selon les différentes méthodes

13

2 / Bioécologie d'*An. arabiensis*

13

2.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains

13

2.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture

14

2.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité

14

2.1.3 / Variations horaires de l'agressivité

15

2.1.4 / Variations mensuelles du taux de parturité des femelles

15

d'*An. arabiensis* lors des captures sur appâts humains

2.2 / Captures de vecteurs au repos

17

2.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie

17

2.4 / Taux d'infestation

18

3 / Tests de sensibilité et de rémanence vis à vis du DDT

18

3.1 / Tests de sensibilité vis-à-vis du DDT

18

3.2 / Tests de rémanence du DDT

19

4 / Infestation humaine

20

II / AMBOHIMENA

21

1 / Espèces capturées selon les différentes méthodes

21

2 / Bioécologie d'*An. funestus*

21

2.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains

21

2.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture

22

2.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité

22

2.1.3 / Variations horaires de l'agressivité

23

2.1.4 / Variations mensuelles du taux de parturité des femelles

24

d'*An. funestus* lors des captures sur appâts humains

2.2 / Captures de vecteurs au repos

25

2.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie

26

2.4 / Taux d'infestation

27

3 / Bioécologie d'*An. arabiensis*

27

3.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains

27

3.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture	27
3.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité	27
3.1.3 / Variations horaires de l'agressivité	28
3.1.4 / Variations du taux de parturité des femelles	29
d' <i>An. arabiensis</i> lors des captures sur appâts humains	
3.2 / Captures de vecteurs au repos	29
3.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie	29
3.4 / Taux d'infestation	29
4 / Tests de sensibilité aux insecticides	30
5 / Infestation humaine	30
III / FENOARIVO	33
1 / Espèces capturées selon les différentes méthodes	33
2 / Bioécologie d' <i>An. funestus</i>	33
2.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains	33
2.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture	34
2.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité	34
2.1.3 / Variations horaires de l'agressivité	35
2.1.4 / Variations mensuelles du taux de parturité des femelles	35
d' <i>An. funestus</i> lors des captures sur appâts humains	
2.2 / Captures de vecteurs au repos	35
2.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie	36
2.4 / Taux d'infestation	36
3 / Bioécologie d' <i>An. gambiae</i> s.l.	37
3.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains	37
3.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture	37
3.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité	37
3.1.3 / Variations horaires de l'agressivité	38
3.1.4 / Variations du taux de parturité des femelles	39
d' <i>An. arabiensis</i> lors des captures sur appâts humains	
3.2 / Captures de vecteurs au repos	39
3.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie	40
3.4 / Taux d'infestation	41
4 / Tests de rémanence du DDT	41
5 / Infestation humaine	42
D/ SYNTHESE	45
1 / Evaluation de la dynamique de la transmission dans les différentes strates du moyen ouest	46
1.1 / Strate des Plateaux en zone OPID; village type: Antsongondrano (altitude: 1400 mètres)	46
1.2 / Strate des versants occidentaux en zone OPID; village type: Fenoarivo (altitude: 1200 mètres)	46
1.2 / Strate des versants occidentaux hors OPID; village type: Ambohimena (altitude: 1000 mètres)	47
2 / Evaluation de l'opération de pulvérisation intra-domiciliaire de DDT dans les différentes strates du moyen ouest	48
3 / Evaluation de l'impact de l'opération de pulvérisation intra-domiciliaire de DDT sur les indices plasmodiques chez l'homme	49
E/ CONCLUSION	53
F/ ANNEXE	54

A/ JUSTIFICATIONS ET OBJECTIFS

1 / Justifications

Depuis 1988, les autorités sanitaires de Madagascar, aidées par la Banque Mondiale et de l'OMS, ont élaboré un programme de lutte anti-vectorielle (dénommé OPID; Opération de Pulvérisations Intra-domiciliaires de DDT) associée à une mise à disposition de chloroquine dans tous les dispensaires des Plateaux. Ce programme, opérationnel sur toutes les hautes terres depuis 1993, fait suite à l'apparition en 1986/1987 d'épidémies de paludisme à *Plasmodium falciparum* (1). En 1973, Chauvet et Rajaonarivelo (2) ont souligné les effets des campagnes de pulvérisations d'insecticides menées de 1949 à 1960. Celles-ci ont entraîné la disparition d'*Anopheles funestus* des Plateaux et la sélection d'*An. arabiensis* zoophile et exophile. L'arrêt de ces campagnes s'est accompagné d'une recolonisation lente des hautes terres par *An. funestus* et de l'apparition d'un certain degré d'anthropophilie chez *An. arabiensis*. Ils prévoient déjà la réapparition du paludisme sur les Plateaux. Ce scénario, envisagé par Chauvet & Rajaonarivelo, s'est vérifié lors des épidémies des années 1986-87. Ainsi, Lepers *et al.*, (3) discutent des facteurs ayant permis la recrudescence du paludisme dans cette région. Ils distinguent les facteurs entomologiques - réapparition d'*An. funestus* sur les hautes terres (4), les facteurs parasitaires - non disponibilité de la chloroquine et apparition d'un certain degré de résistance à ce produit (5) - et les facteurs d'hôtes - acquisition lente voire nulle de la prémunition (indices parasitologiques et spléniques élevés dans toutes les classes d'âge). Cependant, en marge de ces facteurs d'épidémisation, les migrations saisonnières en zones de transmission pérenne et intense, l'utilisation plus ou moins intense des rizières ainsi que les phénomènes d'insécurité - regroupement du bétail autour ou dans les habitations (gardiens de troupeaux la nuit dans les villages) et attraction des espèces zoophiles - pourraient jouer un rôle dans la pérennité du paludisme sur les hautes terres malgaches.

2 / Travaux préliminaires

L'ORSTOM et la DLMT (Direction de la Lutte contre les Maladies Transmissibles, Ministère de la Santé Publique) ont réalisé, avec la collaboration de l'Institut Pasteur de Madagascar, une enquête transversale multi-indicateurs dans le Moyen Ouest malgache. Elle s'est déroulée en juillet 1995 sur les hautes terres malgaches et en août sur les versants occidentaux. Ces deux mois sont le début de la saison sèche et froide pendant laquelle la transmission du paludisme est réputée s'interrompre sur les Plateaux. Les villages enquêtés s'étagent entre 100 et 2000 mètres d'altitude. Le paludisme est considéré absent au-delà de 1500 m. Une campagne d'épandage d'insecticides (DDT) en intra-domiciliaire est réalisée dans la région depuis deux ans dans tous les villages enquêtés situés entre 1000 et 1500 mètres.

L'échantillon de la population a été tiré au sort (proportionnellement à la population résidente) sur la base du recensement général de la population réalisé en 1993 (6).

L'échantillon de la population étudiée porte sur 5509 personnes (48,1% d'hommes et 51,9% de femmes).

¹ Lepers J.P. *et al.*, 1988. - Reappearance of falciparum malaria in central highland plateaux of Madagascar. - *The Lancet*, March 12, 586.

² Chauvet G. & Rajaonarivelo E., 1973. - "Modification de comportement" d'une espèce et variation de la composition d'une population appartenant au complexe *Anopheles gambiae* pendant et après des pulvérisations d'insecticides domiciliaires dans les environs de Tananarive (Madagascar). - *Cah. ORSTOM., Sér. Ent. Med. et Parasitol.*, vol XI, n°3, 155-167.

³ Lepers J.P. *et al.*, 1990a. - Facteurs écologiques de la recrudescence du paludisme à Madagascar. - *Bull. Soc. Path. Ex.*, 83, 330-341.

⁴ Fontenille D. & Rakotoarivony I., 1988. - Reappearance of *Anopheles funestus* as a malaria vector in the Antananarivo region, Madagascar. - *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 82, 644-645.

⁵ Lepers J.P. *et al.*, 1989. - Sudden increase in number of isolates of *Plasmodium falciparum* resistant to chloroquine in Madagascar. - *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 83, 491-492.

⁶ Banque des Données de l'Etat, 1993 - *Recensement général de la population et de l'habitat; août 1993; résultats préliminaires*. Antananarivo. 110 p.

Parmi les fokontany visités, 19 se trouvent sur les hautes terres en zone concernée par les épandages d'insecticides intra-domiciliaires. Le reste des fokontany n'est pas touché par cette lutte antipaludique.

Pour l'ensemble de la population étudiée, nous avons réalisé un frottis mince et une goutte épaisse de même qu'un prélèvement de sang sur papier buvard pour étude sérologique. Une lecture quantitative des gouttes épaisses a été réalisée. Les papiers buvards ont été utilisés pour une immunofluorescence indirecte (IFI) en antigène total de *Plasmodium falciparum*.

Schématiquement, ces résultats permettent de dégager trois zones bien différenciées quant à l'épidémiologie du paludisme.

La zone d'altitude autour de la ville de Betafo, située globalement au-dessus de 1400 mètres, apparaît nettement protégée. Les rares cas humains dépistés correspondent à des cas importés (en majorité des adultes s'étant déplacés en zones d'endémie), les indices plasmodiques de la population ne dépassent pas 3% et seuls les adultes présentent une réponse anticorps anti-plasmodium. Dans cette région, le paludisme ne s'est vraisemblablement jamais implanté et les opérations de lutte anti-vectorielle viennent conforter cette situation.

La zone des Plateaux qui s'étend entre 1000 et 1400 mètres présente par contre des spécificités intéressantes. Les opérations de pulvérisation d'insecticide (menées depuis 1993 à partir de 1000 mètres d'altitude) paraissent avoir provoqué une diminution très nette de la transmission sans cependant totalement l'interrompre. En effet, les populations des villages ayant bénéficié des aspersions intra-domiciliaires présentent des indices plasmodiques qui varient entre 0 et 27% (de 0 à 47% chez les enfants de 2 à 9 ans classant cette région en zone de méso-endémie) et des taux de séro-prévalence (IFI) de l'ordre de 69%. 16% des enfants âgés de moins de trois ans, qui n'auront vécu dans cette zone que durant l'opération de lutte anti-vectorielle, sont positifs en IFI contre 2% en zone d'altitude. Le seuil de positivité en IFI sur éluat a été fixé au 1/8^e, titre au-delà duquel on n'observe plus de faux-positifs. A l'inverse, dans les villages non concernés par l'opération de lutte anti-vectorielle et situés à l'Ouest entre 900 et 1000 mètres d'altitude, les résultats de l'enquête permettent de les classer en zone d'hyper-endémie (Indices plasmodiques chez les enfants de 2 à 9 ans variant entre 47 et 70%). 62% des enfants de moins de 3 ans sont positifs en IFI.

Enfin, la région de Miandrivazo (altitudes inférieures à 200 mètres) apparaît comme une zone de paludisme hyper-endémique (Indices plasmodiques chez les enfants de 2 à 9 ans supérieurs à 50% et 42% des enfants de moins de 3 ans positifs en IFI).

3 / Hypothèses

Au delà de 1500 mètres d'altitude, les villages semblent protégés du paludisme. Cela est en accord avec les observations déjà réalisées à Madagascar (7). Cette limite de 1500 mètres ne doit cependant pas être considérée comme définitive puisque lors de l'enquête nous avons pu identifier deux villages situés à 1515 mètres qui présentent un indice plasmodique chez les enfants de 2 à 9 ans égal à 47,4%. Les actions de pulvérisation de DDT viennent renforcer cette protection de façon indubitable. Les rares cas de paludisme-infection retrouvés sont le fait d'adultes qui très probablement reviennent de séjour à l'Ouest de la zone en région d'endémie palustre. L'altitude et donc les facteurs climatiques, la gestion de l'espace, les phénomènes migratoires pourraient contribuer à modifier les aspects du paludisme dans cette zone.

A l'étage situé entre 1000 et 1500 mètres, les opérations de pulvérisation semblent diminuer la transmission. Cependant celle-ci n'est manifestement pas interrompue comme en témoigne l'infection palustre chez les enfants et les forts taux de séro-prévalence en anticorps anti-palustres au sein de la population. La distribution par âge du paludisme infection est typique des zones de transmission sur les Plateaux malgaches avec une décroissance chez les adultes (plus de 15 ans) et un pic entre 10 et 14 ans signant une acquisition tardive, si elle existe, de la prémunition.

⁷ Mouchet J. et al., 1993. - Stratification épidémiologique du paludisme à Madagascar. - Arch. Inst. Pasteur de Madagascar, 60(1 et 2), 50-59.

Il existe donc un problème quant à l'efficacité des mesures de lutte antivectorielle menées depuis trois ans dans ces villages. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées :

- des problèmes techniques liés aux épandages : oubli ou inaccessibilité de villages, absence ou pénurie de DDT entraînant des sous-dosages des quantités épandues,...

- des problèmes d'adéquation des mesures de lutte avec la réalité de la situation épidémiologique sur le terrain. En particulier, il n'est pas certain que ce soit *Anopheles funestus* (cible des traitements) le seul responsable de la transmission dans ces villages. A cet égard, la situation sur les Plateaux malgaches est très hétérogène et tantôt la transmission est assurée par *An. funestus* ⁽⁸⁾, endophile et anthropophile, tantôt elle l'est par *An. arabiensis*, plus exophile et zoophile ⁽⁹⁾ ou par les deux ⁽¹⁰⁾. En 1973, Chauvet et Rajaonarivelo avaient bien montré la plasticité éthologique de *An. arabiensis* suivant la pression de sélection s'exerçant sur ce vecteur et indiqué le risque d'une transmission assurée par cet anophèle même en l'absence de *An. funestus* sur les Plateaux. Ces observations semblent se confirmer à la lumière des travaux récents de certaines équipes à Madagascar ⁽¹¹⁾ qui ont mis en évidence un gradient croissant d'anthropophilie et d'endophilie vers l'ouest chez *An. arabiensis*. Par ailleurs, il ne peut être exclu qu'un certain degré de résistance au DDT chez *An. funestus* ne soit apparu au fil des traitements.

Enfin, la situation qui prévaut à l'Ouest de la zone d'épandage de DDT, à altitude équivalente (entre 900 et 1000 mètres : circonscription médicale de Mandoto) pose les problèmes de la limitation de la zone concernée par l'OPID et d'éventuelles réinvasions de proximité.

4 / Objectifs de l'étude

Dans un contexte où les indices plasmodiques de la population se révèlent positifs et élevés dans certaines communautés villageoises soumises aux aspersions intra-domiciliaires de DDT (OPID), il devenait important de **comprendre les mécanismes par lesquels la transmission du paludisme semble se maintenir dans certaines zones.**

Les hypothèses étaient principalement au nombre de trois :

- des problèmes techniques liés aux épandages d'insecticides; oubli ou inaccessibilité des villages, absence ou pénurie de DDT ayant entraîné des sous-dosages des quantités épandues,

- une résistance des vecteurs à l'insecticide utilisé,

- des vecteurs réfractaires aux aspersions intra-domiciliaires du fait de leur comportement.

Cependant, ce type d'étude n'était plus réalisable pour une raison essentielle. En effet, du fait d'un retard dans l'arrivage de l'insecticide pendant l'année 1995/96, la campagne de pulvérisations n'a pas pu être complétée dans l'ensemble de la zone de traitements. Aussi bien, les villages concernés par cette étude n'ont été pulvérisés que deux années consécutives (1993/94 et 1994/95) et presque un an et demi séparent la dernière pulvérisation des enquêtes entomologiques qui devaient débiter en mai 1996.

Dans ce contexte, il n'était plus possible d'attribuer l'éventuelle présence des vecteurs (en particulier *An. funestus*) à une moindre efficacité du DDT dans la zone. En effet, la rémanence du produit n'est pas aussi longue et les possibilités de recolonisation existent.

Cependant, les autorités sanitaires malgaches ont d'ores-et-déjà programmé de nouvelles aspersions de DDT dès septembre 1996. Il devenait ainsi possible de réaliser un véritable suivi prospectif de certains villages de la zone avec une étude à la fois entomologique et parasitologique qui concernerait l'avant pulvérisation (de mai à septembre 1996), le pendant et l'après traitement (d'octobre à avril 1997).

L'Unité de Recherche "Environnement et Santé" de l'ORSTOM, en collaboration avec les équipes de l'Institut Pasteur de Madagascar et du Ministère de la Santé, a donc procédé à une **étude**

⁸ Severini C. *et al.*, 1990. - Importance d'*Anopheles funestus* dans la transmission du paludisme au hameau de Mahitsy, à Tananarive, Madagascar. - *Bull. Soc. Path. Ex.*, **83**, 114-116.

⁹ Ralisoa O. & Coluzzi M., 1987. - Genetical investigations on zoophilic and exophilic *Anopheles arabiensis* from Antananarivo area (Madagascar). - *Parassitologia*, **29**, 93-97.

¹⁰ Fontenille D. *et al.*, 1990a. - Malaria transmission and vector biology in Manarintsoa, high plateaux of Madagascar. - *Am. J. Trop. Med Hyg.*, **43**(2), 107-115.

¹¹ Ralisoa O., 1995. - Répartition des vecteurs du paludisme dans les différentes strates écologiques. - *Communication aux journées de réflexion "Irrigation et santé"* (28 et 30 mars 1995), Tananarive.

entomo-parasitologique longitudinale dont l'objectif final était **d'évaluer l'efficacité de l'OPID** sur les Plateaux malgaches (entre 1000 et 1500 mètres). Elle devrait permettre d'adapter les mesures actuellement mises en oeuvre et de proposer des stratégies nouvelles en vue de la décentralisation au niveau des Fivondronana (Départements) des opérations de lutte après la dernière campagne OPID en 1997/98.

Les objectifs spécifiques de cette étude entomo-parasitologique longitudinale d'un an étaient :

- évaluer le niveau et les variations de la transmission,
- faire la part de chacune des différentes espèces anophéliennes dans la transmission,
- évaluer la dynamique des populations anophéliennes et leur éthologie,
- évaluer la qualité des opérations de pulvérisation de DDT,
- préciser l'évolution des paramètres parasitologiques du paludisme au sein des communautés étudiées.

2 1 20 2

MATERIELS ET METHODES

1 / Lieux de l'étude

Trois sites d'étude ont été inclus dans ce protocole.

- un village en zone non concernée par les aspersions intra-domiciliaires depuis le début de l'OPID (mais cependant située en périphérie de la zone) ; Ambohimeno (altitude moyenne de 1000 m et indice plasmodique total en août 1995 égal à 21%),

- un village en zone concernée par l'OPID (à au moins 30 kms de la limite ouest de l'OPID) depuis deux ans (1993/1994 et 1994/1995) et où l'efficacité des mesures semble avérée par de faibles indices plasmodiques (5%, cas importés) en juillet 1995; Antsongondrano (altitude moyenne de 1400 m),

- un village lui aussi concerné par l'OPID depuis deux ans (à au moins 30 kms de la limite ouest de l'OPID) mais présentant en juillet 1995 un indice plasmodique total égal à 15% semblant montrer un maintien de la transmission ; Fenoarivo (altitude moyenne de 1200 m).

1.1 / Suivi entomologique

1.1.1 / Echantillonnage

Nous avons utilisé trois méthodes de captures de moustiques adultes :

- **Appâts humains nocturnes (faunes anthropophiles endo ou exophages):**

Deux maisons par village ont été l'objet des captures avec deux captureurs/nuit à l'intérieur et deux captureurs/nuit à l'extérieur, durant trois nuits consécutives, soit au total 24 hommes/nuit par village et par mission (les équipes de captureurs ont changé à minuit).

- **Faunes résiduelles (faunes endophiles anthrope ou zoophiles):**

Un total de 12 pièces par village et par mission ont été échantillonnées par pyréthrages matinaux (6 chambres à coucher, 3 débarras sans hommes ni animaux et 3 étables).

- **Puits de Muirhead-Thomson (faunes exophiles anthrope ou zoophiles):**

Deux puits ont été creusés en périphérie des villages à deux extrémités et explorés lors de chaque mission pour récolter les imagos au repos. De même des captures d'imagos dans des abris naturels (sisal, trous,...) ont été réalisées chaque mois.

1.1.2 / Fréquence des missions

Les missions se sont déroulées une fois par mois à raison de trois nuits de capture consécutives dans chaque village à partir de mai 1996.

1.1.3 / Traitement des moustiques vecteurs récoltés

Nous avons procédé aux opérations suivantes :

- **Dissection des glandes salivaires** des moustiques obtenus sur appâts humains. Environ 30 anophèles vecteurs potentiels par jour (soit environ 100 par village) ont été disséqués pour recherche de l'infestation par des sporozoïtes de Plasmodium.

- **Elisa-CSP** (circumsporozoïte) de tous les anophèles capturés par traitements de la tête et du thorax, stockés à -20°, par l'utilisation d'anticorps monoclonaux contre les quatre espèces plasmodiales.

- **Elisa-repas de sang** des anophèles récoltés à l'occasion des faunes résiduelles ou dans les puits de Muirhead-Thomson à raison de 60 moustiques par village et par mission (30 en chambres à coucher, 10 en débarras, 10 en étables et 10 en puits). Les abdomens disséqués ont été écrasés sur papier filtre et conservés à -20°. Les espèces hôtes recherchés étaient l'homme, le boeuf, le chien et le porc.

- **Examen de la parité** des anophèles capturés sur appâts humains. Environ 30 anophèles vecteurs potentiels par jour (soit environ 100 par village) ont été disséqués pour examen des trachéoles ovariennes.

- Les anophèles récoltés, membres du complexe *gambiae*, ont été échantillonnés par tirage au sort pour détermination par PCR de l'espèce à laquelle ils appartenaient. Chaque mois dans chaque village, 40 anophèles du complexe *gambiae* ont été ainsi tirés au sort (10 exemplaires en

appâts humains intérieur, 10 à l'extérieur, 10 en débarras et 10 en puits de Muirhead-Thomson). Les pattes et les parties du corps restant éventuellement après dissection ont été déposées dans des tubes Eppendorf individuels contenant du silica-gel et stockés à -20°.

1.1.4 / *Evaluation des pulvérisations*

Nous avons procédé à une série de tests de rémanence du DDT et de sensibilité des anophèles au DDT et à un pyréthrianoïde de synthèse dans les villages traités à partir de janvier 1997.

1.1.5 / *Analyse des résultats*

Nous avons effectué un traitement des données de façon à déterminer les indices d'agressivité et de parturité par espèces vectrices, les variations saisonnières de ces taux, les taux d'endophilie, d'exophilie, d'anthropophilie et de zoophilie selon les espèces anophéliennes en cause et le lieu de capture.

1.2 / **Suivi de géographie physique et humaine**

Autour de chaque site retenu, nous avons relevé les paramètres climatiques (températures, précipitations, hydrométrie) et physiques (altitude et coordonnées géographiques précises, nature des maisons et distance moyenne séparant ces dernières des gîtes larvaires probables de chacune des espèces vectrices).

De même, des études de géographie ont permis de préciser les modes d'occupation de l'espace par les populations, les calendriers de culture et la nature des productions agricoles des villages enquêtés. Nous avons tenté de préciser les variations saisonnières du calendrier cultural (rythmes de mise en eau et de croissance des plants dans les rizières) et celles concernant l'importance du bétail autour des habitations.

1.3 / **Suivi parasitologique**

La population étudiée dans chaque village (de 100 à 300 personnes) a été visitée six fois par an pendant une année (1996/97) par les équipes de parasitologie.

Au plan parasitologique, les indices plasmodiques et gamétocytaires ont été calculés lors de chaque passage.

L'évaluation des mouvements migratoires a été réalisée par questionnaire et a précisé le rythme et la périodicité, l'intensité et les destinations des mouvements de populations. Les déplacements des personnes incluses dans l'étude ont fait l'objet d'un questionnaire retrospectif sur les deux derniers mois.

2 / **Répartition des tâches**

L'équipe ORSTOM d'Antananarivo a pris en charge les travaux de terrain (captures dans les villages), ceux de laboratoire (Elisa) et l'analyse des données.

L'équipe ORSTOM de Dakar a pris en charge le travail de laboratoire (PCR moustiques).

L'équipe de l'Institut Pasteur de Madagascar a pris en charge le travail de laboratoire (Elisa) et la réalisation des tests de sensibilité et de rémanence des insecticides sur le terrain avec l'ORSTOM.

L'équipe de la DLMT a participé au travail de terrain (captures). Elle a effectué par ailleurs deux visites de supervision.

3 / Ethique

La population enquêtée a pris connaissance du protocole et n'a été incluse dans les cohortes qu'après avoir donné son consentement au préalable.

La population a bénéficié tout au long du suivi de consultations médicales gratuites ainsi que du traitement des principales affections diagnostiquées à cette occasion.

Les résultats des divers examens pratiqués ont été communiqués aux populations concernées par le programme RAMSE et les sujets ont été traités à la fin du protocole contre les principales affections parasitaires (helminthes intestinaux, bilharzioses).

4 / Remarques sur le déroulement des opérations

Cette étude s'est déroulée pendant douze mois du 1er mai 1996 au 30 avril 1997 en vertu du protocole d'accord signé avec l'OMS le 1er juillet 1996. Il nous a semblé que l'intérêt scientifique d'un tel suivi ne faisait pas de doute pour l'ensemble des partenaires associés au projet (DLMT, IPM et ORSTOM). Aussi, nous avons décidé de poursuivre cette étude pendant 7 autres mois (de mai à novembre 1997) grâce à un financement propre de l'ORSTOM (Grand Programme Maladies à Vecteurs). Les principaux résultats concernant cette période figureront dans la synthèse des résultats.

Seuls les résultats des analyses de repas sanguins effectuées après le mois d'octobre 1996 ont été pris en compte car des problèmes sont survenus avec les réactifs Elisa reçu en début de projet. De nouveaux réactifs ont été disponibles à compter du mois de novembre 1996. Les résultats de Fenoarivo entre mai et novembre 1996 sont cependant mentionnés car ils représentent l'essentiel des captures de ce village.

Les résultats concernant les Elisa CSP entre janvier et avril 1997 ne sont encore pas disponibles. Le fabricant (Dr Wirtz aux USA) ayant changé de laboratoire, il n'a pas pu nous les faire parvenir à temps. Nous compléteront ce rapport avec ces résultats dès qu'ils seront analysés.

RESULTATS

I / ANTSONGONDRAÑO

1 / Espèces capturées selon les différentes méthodes

Pendant la période considérée, 2333 vecteurs potentiels de plasmodies ont été capturés à Antsongondrano. L'ensemble de ces femelles d'anophèles appartient au complexe *Anopheles gambiae* s.l. Aucune femelle d'*An. funestus* n'a été capturée dans ce village. Le détail selon les différentes méthodes de capture est donné dans le tableau I.

Tableau I: Nombre et pourcentage de vecteurs du paludisme capturés par différentes méthodes entre mai 1996 et avril 1997 à Antsongondrano

	Faune agressive sur homme		Vecteurs au repos (faunes résiduelles)				Total	
	extérieur	intérieur	chambre	débaras	abri artificiel	abri naturel puit		étable
Nbre <i>An. funestus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Nbre <i>An. gambiae</i> s.l.	1432	157	7	2	60	113	562	2333
Nombre total vecteurs	1432	157	7	2	60	113	562	2333
Nombre de tests PCR	34	88	0	2	8	38	12	182
% <i>An. arabiensis</i>	100	100	100	100	100	100	100	100

Sur les 2333 *An. gambiae* s.l. capturées, 182 femelles (8%) ont été analysées par PCR et l'ensemble des spécimens s'est avéré appartenir à l'espèce *An. arabiensis*.

2 / Bioécologie d'*An. arabiensis*

2.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains

Du mois de mai 1996 au mois d'avril 1997, 36 séances de capture sur appât humain totalisant 288 hommes-nuits ont été réalisées à Antsongondrano. Au total, 1589 femelles d'*An. gambiae* s.l. ont été capturées. L'agressivité moyenne au cours des douze mois d'observation a été de 5,51 piqûres par homme et par nuit (PHN). Sur ces 1589 femelles, 122 ont été analysées en PCR (soit 7,7%) et toutes se sont avérées appartenir à l'espèce *An. arabiensis*.

Elle a varié selon le lieu de capture, l'heure, le mois et la période de l'année.

Nous avons distingué deux périodes pour l'écologie de cet anophèle. Entre mai et novembre 1996 (correspondant aux plus faibles taux d'agressivité), entre décembre 1996 et avril 1997 (correspondant globalement à l'après pulvérisation de DDT et aux plus forts taux d'agressivité).

2.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture

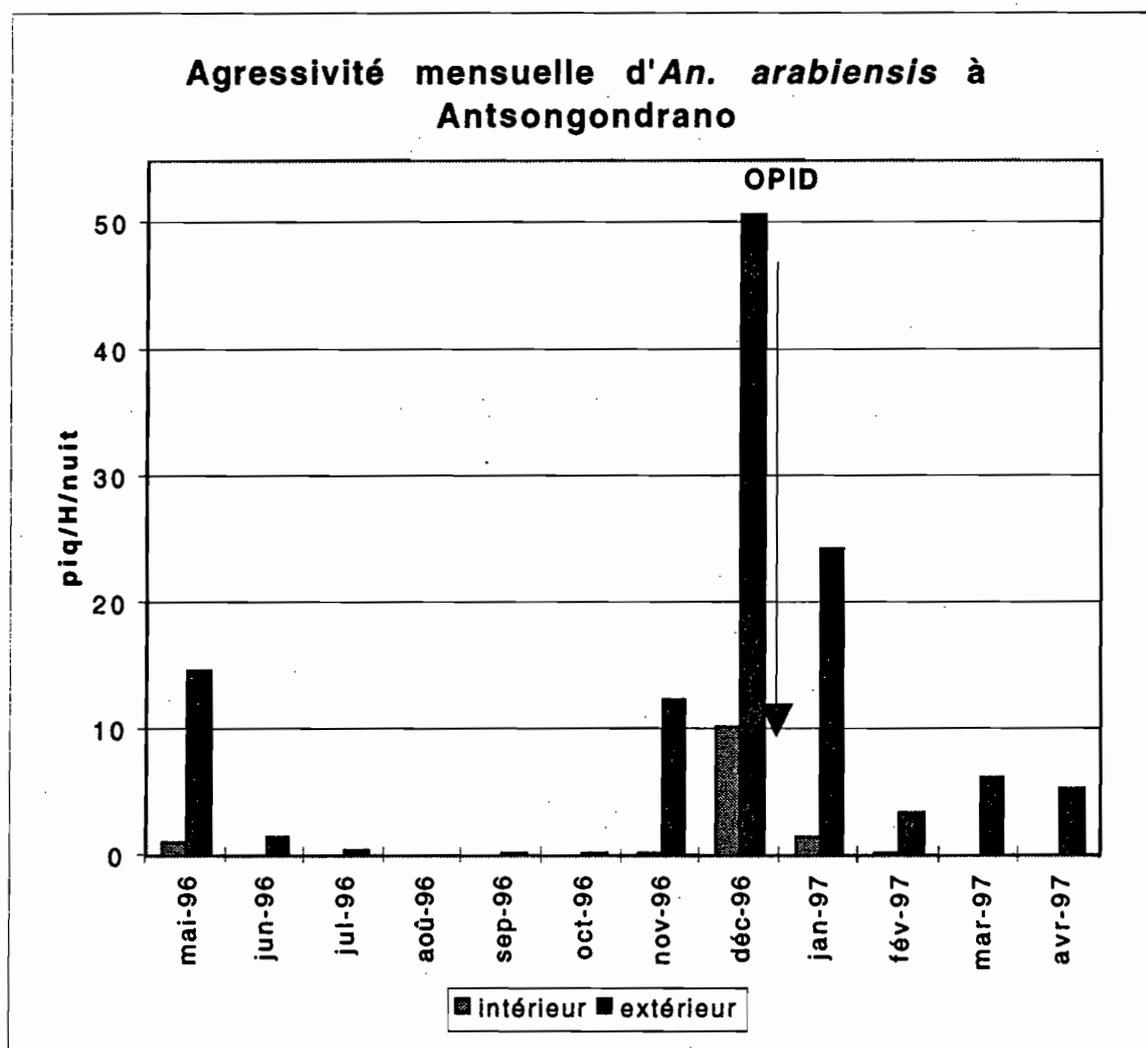
Les séances de capture ont eu lieu simultanément à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. Des 1589 femelles capturées, 157 l'ont été à l'intérieur et 1432 à l'extérieur. L'agressivité moyenne pour l'homme a été de 1,09 PHN à l'intérieur et de 9,94 PHN à l'extérieur. Dans ce village, *An. arabiensis* présente un fort taux d'exophagie (90,1%).

Le taux d'endophagie des femelles d'*An. arabiensis* varie selon la saison. Il est égal à 3,8% (14/368) entre mai et novembre 1996 et égal à 11,7% (143/1221) entre décembre et avril 1997. La différence est significative ($p < 0,001$).

2.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité

Les captures sur appâts humains ont permis de montrer la présence toute l'année de femelles d'*An. arabiensis*. On note cependant un pic d'agressivité très net au cours des mois de novembre à janvier (figure 1). Le taux de piqûres à l'extérieur atteint 50,74 PHN en décembre 1996. Durant la saison froide, de juin à octobre, le taux d'agressivité est extrêmement bas. Ces taux mensuels d'agressivité peuvent être rapportés aux données climatologiques relevées à Betafo (figure 2) (ville située à 5 kms de Antsongondrano et à la même altitude). Le maximum d'agressivité de *An. arabiensis* à Antsongondrano correspond au début de la saison chaude et pluvieuse. De même, ce pic correspond à la période des labours et du repiquage dans les rizières.

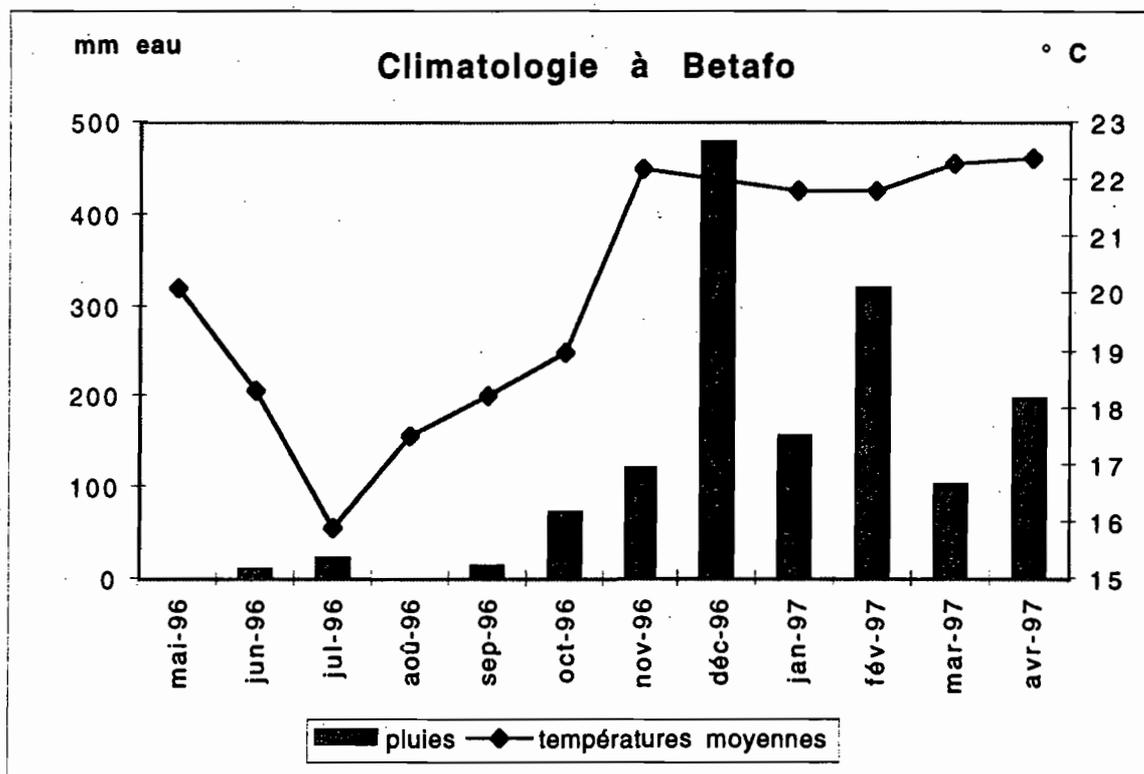
figure 1



Il faut noter qu'en décembre 1996 (juste après le passage de l'équipe entomologique) a eu lieu le quatrième cycle de pulvérisations intra-domiciliaires à Antsongondrano. L'application de DDT a été incomplète puisque seules 50% des habitations de ce village ont été traitées. Le motif invoqué est le refus des villageois de pulvériser leurs maisons car ils se livrent à l'élevage des vers à soie. L'impact de cette pulvérisation a été faible sur les populations essentiellement exophages d'*An. arabiensis*.

Au cours des douze mois de l'année, l'activité des femelles exophages d'*An. arabiensis* a toujours été supérieure à celle des femelles endophages.

figure 2



2.1.3 / Variations horaires de l'agressivité

La figure 3 montre les variations horaires de l'agressivité d'*An. arabiensis* à Antsongondrano au cours de l'année. De manière générale, on observe 2 pics d'abondance au cours de la nuit. Le premier, plus faible que le second survient entre 20 et 22 heures. Le second, plus important entre 0 et 4 heures du matin. Compte-tenu des effectifs échantillonnés à l'intérieur, cette répartition horaire bi-modale est surtout évidente pour les anophèles exophages.

2.1.4 / Variations mensuelles du taux de parturité des femelles d'*An. arabiensis* lors des captures sur appâts humains

Sur les 1589 femelles capturées sur appâts humains, 727 ont été disséquées et 478 sont pares soit un taux de parturité global de 65,7%. La figure 4 montre la répartition mensuelle du taux de parturité des femelles d'*An. arabiensis*. On note que la population semble plus jeune entre décembre et janvier. Par ailleurs, le taux de parturité des femelles est de 58,7% à l'intérieur contre 66,2% à l'extérieur (différence non significative).

Cependant, le taux de parturité varie selon la saison. De mai à novembre 1996 il est de 72% (228/317) et de décembre à avril 1997 il est égal à 60% (246/410) (différence significative; $p < 0,001$).

figure 3

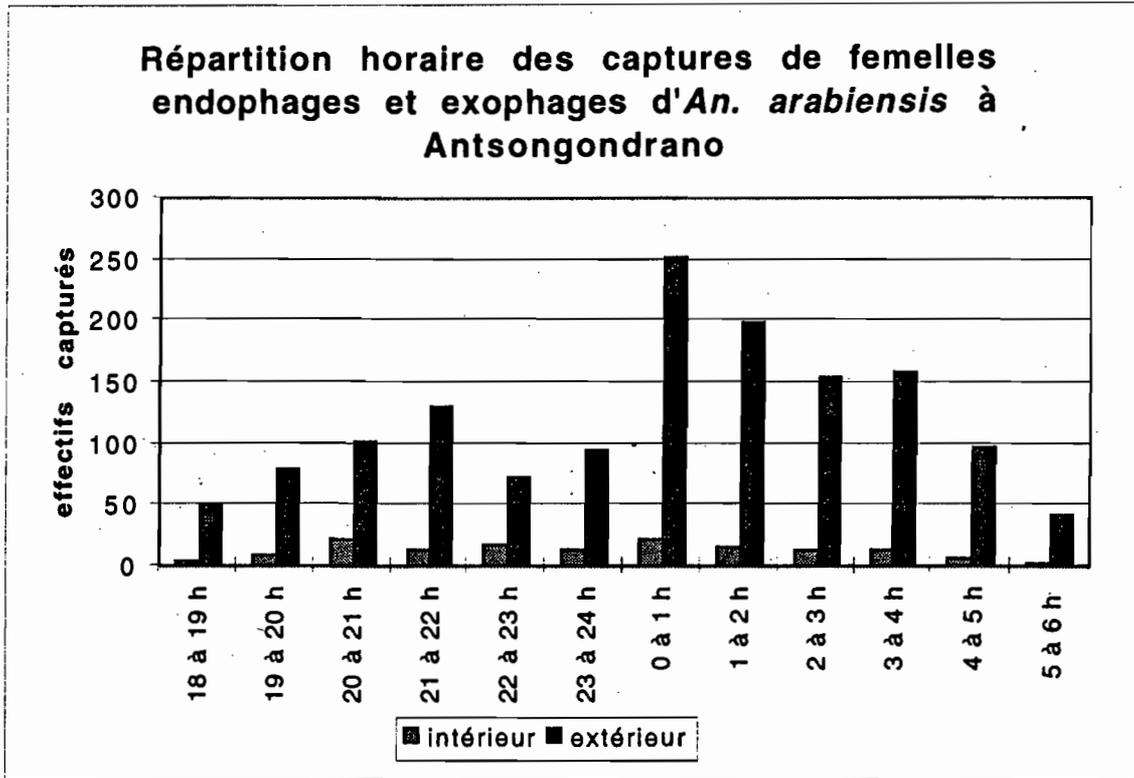
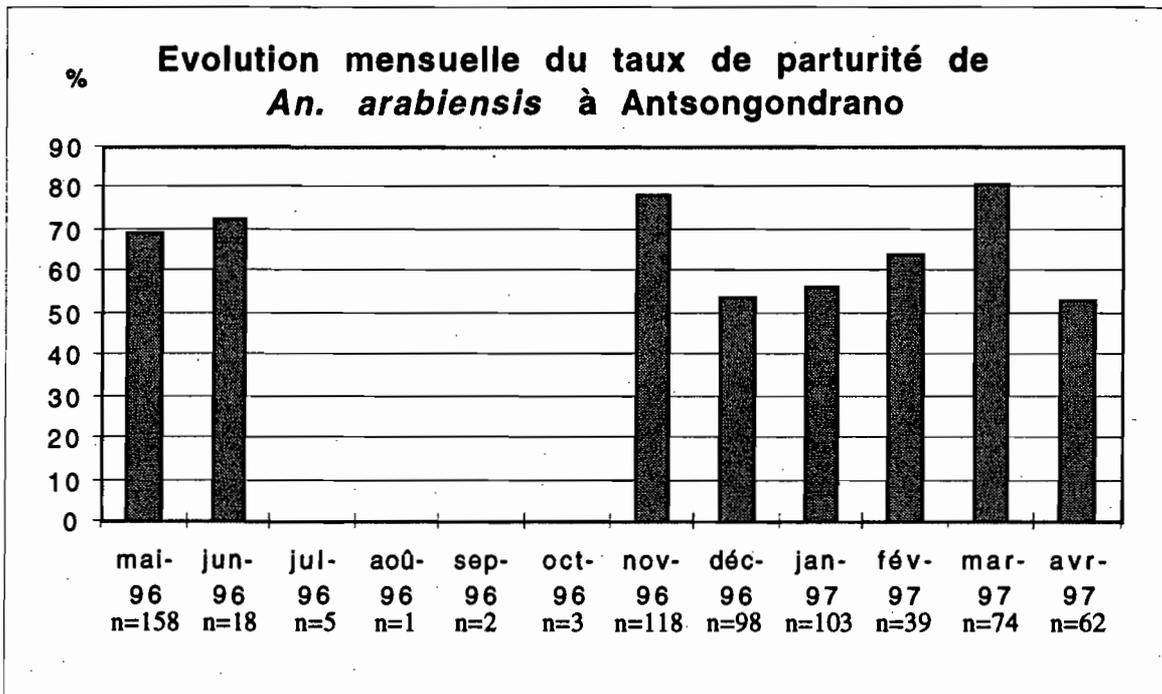


figure 4



2.2 / Captures de vecteurs au repos

Au cours de l'année, 744 femelles d'*An. gambiae* s.l. ont été échantillonnées lors de captures en faunes résiduelles. Ce village du moyen ouest est caractérisé par la présence d'étables. C'est le seul village parmi les trois étudiés qui présente cette caractéristique. Pendant les douze mois du suivi, 562 femelles d'*An. gambiae* s.l. ont été capturées en étables (à l'aspirateur manuel), 60 dans des abris artificiels (abris à charettes, maison inhabitées,...), 113 dans les puits de Muirhead-Thomson ou en abris naturels, 2 en débarras et 7 en chambres à coucher (Tableau I). Au total, 60 de ces femelles (soit 8%) ont été testées en PCR et toutes se sont révélées être *An. arabiensis*.

Le taux d'endophilie a été calculé selon le ratio de la densité des femelles anthropophiles en faune matinale et des captures sur homme à l'intérieur par maison. On remarque le très faible taux d'endophilie de cette espèce ; 0,4%.

Les densités mensuelles par étable ou par puits de Muirhead-Thomson sont indiquées dans la figure 5. Les étables ne peuvent pas vraiment être considérées comme de véritables pièces. Ce sont des locaux en partie fermés dont au moins un mur ou une partie du toit sont ouverts. Ces locaux ont été pulvérisés par le DDT en décembre 1996.

On observe le même profil pour les deux courbes de densité. Il existe un pic d'abondance en décembre (novembre à février) qui correspond au pic observé en captures sur appâts humains.

La forte densité observée en étables peut être reliée avec la tendance confirmée de cette espèce à la zoophilie. Le fort rendement des puits de Muirhead-Thomson confirme la nette exophilie de *An. arabiensis*. Le taux de parturité des femelles capturées dans les étables est de 75,6% (59/78).

2.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie

Le tableau II montre les résultats de l'analyse des repas sanguins pour 115 femelles du complexe *An. gambiae* s.l. capturées en état de gorgement. Une seule femelle capturée en chambres à coucher était gorgée.

Tableau II: Nombre de femelles d'*An. arabiensis* gorgées sur homme, boeuf, porc ou chien à Antsongondrano, novembre 1996 à avril 1997

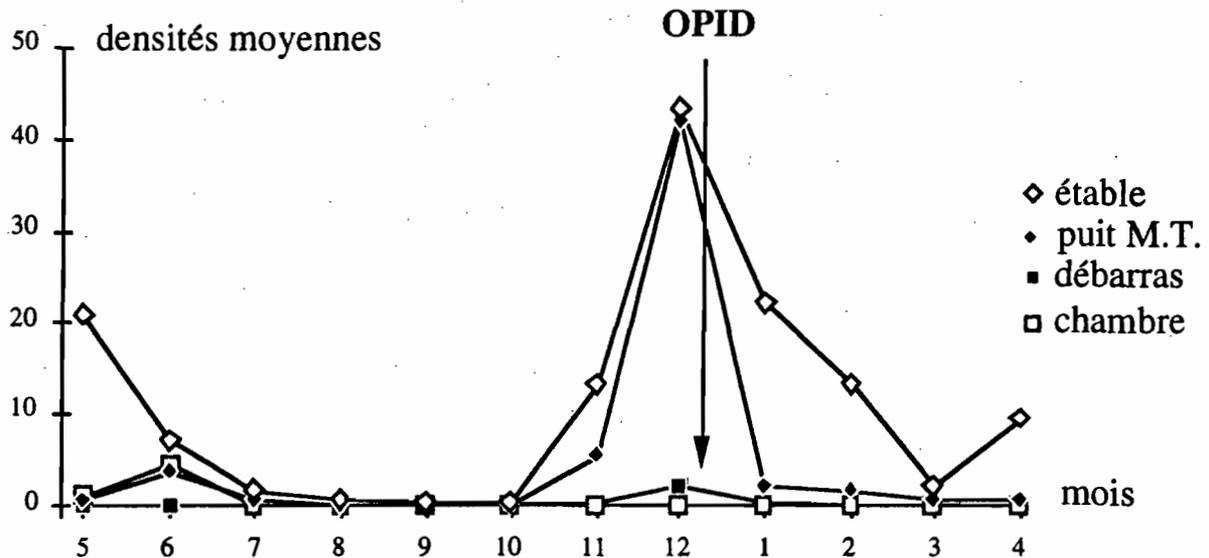
	chambres	étables	abris artificiels	puits de Muirhead	total
homme	0	0	0	0	0
boeuf	1	75	26	12	114
porc	0	1	0	0	1
chien	0	0	0	0	0
total	1	76	26	12	115

La lecture du tableau II nous apprend que l'espèce *An. arabiensis* à Antsongondrano semble exclusivement zoophile. Le taux d'anthropophilie semble nul au vu de ces résultats. Toutefois, une seule femelle capturée en chambres à coucher a pu être analysée.

L'hôte préférentiel de cette espèce est le boeuf (99,1%). Ce résultat est important car le nombre de bovins présents dans ce village est assez faible en regard de celui existant dans les villages situés plus à l'ouest.

figure 5

Evolution mensuelle des densités moyennes de la faune résiduelle d'*An. arabiensis*, en fonction des lieux de repos (Antsongondrano, Moyen ouest, 1996/1997)



2.4 / Taux d'infestation

Sur les 2333 femelles du complexe *An. gambiae* s.l. capturées, 1835 ont été testées en Elisa pour la recherche d'antigènes circum-sporozoitaires (Ag CSP) de plasmodies humaines. Il manque encore les résultats concernant les spécimens capturés entre janvier et avril 1997.

Dans ce village traité par l'OPID en 1995/96, 1 femelle d'*An. arabiensis* a été trouvée positive pour *Plasmodium falciparum* en décembre 1996, soit deux ans après la pulvérisation. Le taux moyen d'infestation immunologique est de 0,05%.

Le fait qu'il existe des cas d'infestation sporozoitaire chez cet anophèle semble indiquer qu'il est doué d'une certaine plasticité dans la recherche de ses hôtes et qu'il présente un taux d'anthropophilie certes très faible mais non nul.

3 / Tests de sensibilité et de rémanence vis à vis du DDT

3.1 / Tests de sensibilité vis-à-vis du DDT

Les anophèles ont été capturés en faune résiduelle matinale dans les étables, à Antsongondrano, le 13 janvier 1997.

Les tests ont été réalisés suivant le protocole préconisé par l'OMS, après une heure de contact.

Les résultats sont montrés dans le tableau III.

Tableau III : Tests de sensibilité d'*Anopheles gambiae* s. l. , collectés à Antsongondrano (Betafo, Moyen Ouest), au DDT 4 %

	nombre de tests diagnostics	nombre de moutiques testés	nombre de Knock-down après 1 heure de contact	nombre de morts après 24 heures d'observation	% de mortalité	% mortalité corrigée (formule d'Abott)
Témoins	1	15	-	1	7 %	-
DDT 4 %	3	52	-	51	98 %	98 %

Le tableau III montre que les spécimens d'*An. arabiensis* capturés à Antsongondrano sont sensibles au DDT 4%.

3.2 / Tests de rémanence du DDT

Tableau IV : Tests de rémanence du DDT, 31 jours après pulvérisation, à Antsongondrano sur *Anopheles gambiae* s. l. (Betafo, Moyen Ouest)

	surfaces testées	nombre total de moutiques testés	nombre de morts après 24 heures d'observation	% de mortalité	observations
Témoins	mur crépi et blanchi	20	12	52 %	maison non traitée
	bois	20	8	40 %	maison non traitée
DDT appliqué à 2 g/m ²	mur crépi et blanchi	81	76	94 %	effet Knock-down très marqué après 1 heure de contact
	bois	18	17	94 %	beaucoup de survivants après 1 heure de contact

Le tableau IV montre que l'effet du DDT est bon un mois après la pulvérisation du DDT.

Tableau V : Tests de rémanence du DDT, 193 jours après pulvérisation, à Antsongondrano sur *Anopheles gambiae* s. l. (Betafo, Moyen Ouest)

	surfaces testées	nombre total de moutiques testés	nombre de morts après 24 heures d'observation	% de mortalité	observations
Témoins	mur crépi et blanchi	12	2	17 %	maison non traitée
	bois	11	2	18 %	maison non traitée
DDT appliqué à 2 g/m ²	mur crépi et blanchi	25	24	95 %	effet Knock-down très marqué après 1 heure de contact
	carton	11	11	100 %	effet Knock-down très marqué après 1 heure de contact
	bois	10	8	76 %	

Le tableau V montre que l'effet du DDT, 6 mois après la pulvérisation est encore très bon sur les supports de murs crépis et blanchis et sur le carton. Par contre, il est moins bon sur le support "bois".

4 / Infestation humaine

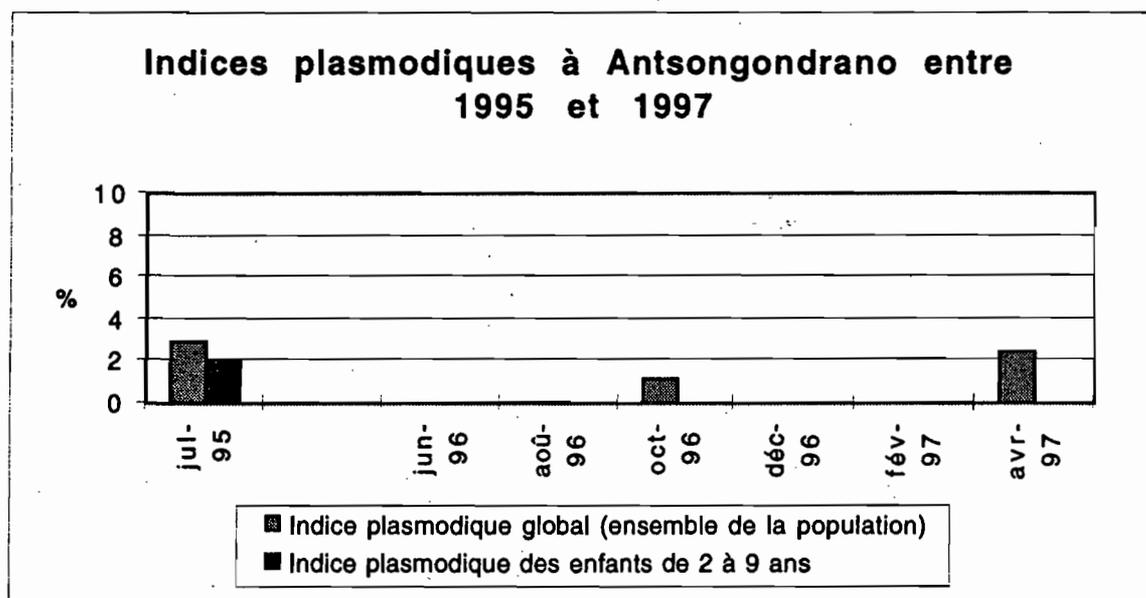
Au cours des douze mois de ce suivi, 6 enquêtes transversales ont été réalisées auprès de la totalité de la population de ce village (environ 100 personnes). Les résultats de l'impaludation de la population sont montrés dans la figure 6. Pour rappel, nous indiquons l'indice plasmodique global de toute la population et celui des enfants âgés de 2 à 9 ans relevé par nos équipes dans ce village en juillet 1995.

Tout au long de ce suivi, seuls trois adultes se sont révélés positifs pour *Plasmodium falciparum* ou *P. malariae* en octobre 1996 (1/88) et en avril 1997 (2/83: 2,4%). La personne positive en octobre avait fait un séjour à Mandoto au cours des 2 mois précédents.

Les deux personnes positives en avril se sont déplacées hors du village entre les passages de l'équipe en février et en avril 1997. L'une s'est déplacée dans la région d'Antsirabe (sans plus d'indication) et l'autre à Miandrivazo. Cette dernière s'est vraisemblablement infestée là-bas. Au total, il s'agit probablement de cas importés. Le rôle des migrations dans ce village peut s'avérer déterminant pour la circulation des parasites. Un sujet sur les deux parasités en avril était porteur de gamétocytes de *Plasmodium falciparum*. Le taux d'impaludation de la population est demeuré négatif le reste de l'année.

Aucun cas de paludisme n'a été mis en évidence en décembre 1996 au moment où une anophèle était positive en Elisa CSP. La transmission n'existe probablement pas dans ce village de façon permanente.

figure 6



II / AMBOHIMENA

1 / Espèces capturées selon les différentes méthodes

Pendant la période considérée, 5311 vecteurs potentiels de plasmodies ont été capturés à Ambohimena. L'immense majorité de ces femelles d'anophèles appartiennent à l'espèce *Anopheles funestus*. Une faible proportion d'*An. gambiae* s.l. a été capturée dans ce village. Le détail selon les différentes méthodes de capture est donné dans le tableau VI.

Tableau VI: Nombre et pourcentage de vecteurs du paludisme capturés par différentes méthodes entre mai 1996 et avril 1997 à Ambohimena

	Faune agressive sur homme		Vecteurs au repos (faunes résiduelles)					Total
	extérieur	intérieur	chambre	débarras	abri artificiel	abri naturel puit	porcherie	
Nbre <i>An. funestus</i>	1513	659	1312	791	629	139	5	5048
Nbre <i>An. gambiae</i> s.l.	61	23	7	17	101	54	0	263
Nombre total vecteurs	1574	682	1319	808	730	193	5	5311
Nombre de tests PCR	56	21	0	4	83	42	-	206
% <i>An. funestus</i>	96,1	96,6	99,5	97,9	86,2	72,0	100	95,0
% <i>An. arabiensis</i>	3,9	3,4	0,5	2,1	13,8	28,0	-	5,0

Sur les 263 *An. gambiae* s.l. capturées, 206 femelles (78%) ont été analysées par PCR et l'ensemble des spécimens s'est avéré appartenir à l'espèce *An. arabiensis*.

2 / Bioécologie de *An. funestus*

2.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains

Du mois de mai 1996 au mois d'avril 1997, 36 séances de capture sur appâts humains totalisant 288 hommes-nuits ont été réalisées à Ambohimena. Au total, 2172 femelles d'*An. funestus* ont été capturées. L'agressivité moyenne au cours des douze mois d'observation est de 7,54 piqûres par homme et par nuit (PHN).

L'agressivité a varié selon le lieu de capture, l'heure, le mois et la période de l'année.

Nous distinguerons deux périodes au cours de l'année 1996. Les mois de mai à novembre 1996 sont regroupés. Ils correspondent à la saison froide et sèche. Puis la saison chaude et pluvieuse qui s'étend de décembre à avril 1997.

2.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture

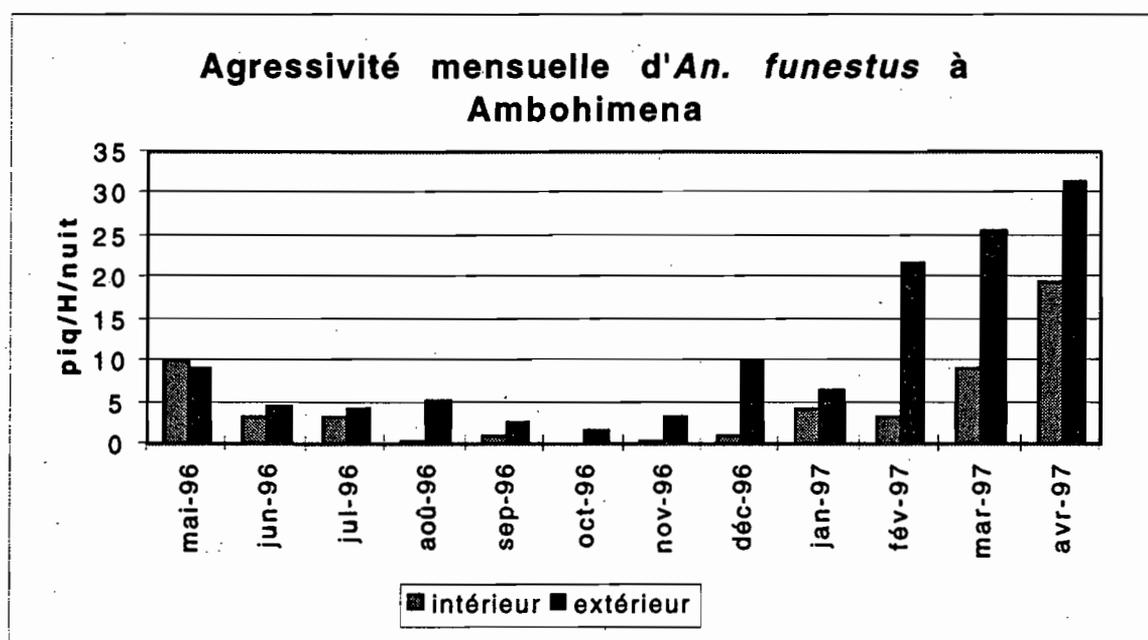
Les séances de capture ont eu lieu simultanément à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. Des 2172 femelles capturées, 659 l'ont été à l'intérieur et 1513 à l'extérieur. L'agressivité moyenne pour l'homme a été de 4,57 PHN à l'intérieur et de 10,51 PHN à l'extérieur. Dans ce village, *An. funestus* présente un taux d'exophagie (69,6%) important.

Le taux d'exophagie des femelles d'*An. funestus* varie selon la saison. Entre mai et novembre 1996, il est de 36,7% (215/586) et de décembre à avril 1997, il est de 70,2% (444/1586). Les différences sont significatives entre la première et la seconde période ($p < 0,001$).

2.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité

Les captures sur appâts humains ont permis de montrer la présence toute l'année de femelles d'*An. funestus*. On note cependant un pic d'agressivité très net au cours des mois de février à avril (figure 7). Le taux de piqûres (à l'extérieur) atteint 31,58 PHN en avril 1997. Durant la saison froide, de juin à octobre, le taux d'agressivité est beaucoup plus bas. Ces taux mensuels d'agressivité peuvent être rapportés aux données climatologiques relevées à Betafo (figure 2). Le maximum d'agressivité de *An. funestus* à Ambohimena correspond à la fin de la saison chaude et pluvieuse. De même, ce pic correspond à la période de l'épiaison et des récoltes dans les rizières. Au cours des douze mois de l'année, l'activité des femelles exophages d'*An. funestus* a presque toujours été supérieure à celle des femelles endophages, sauf en mai 1996.

figure 7



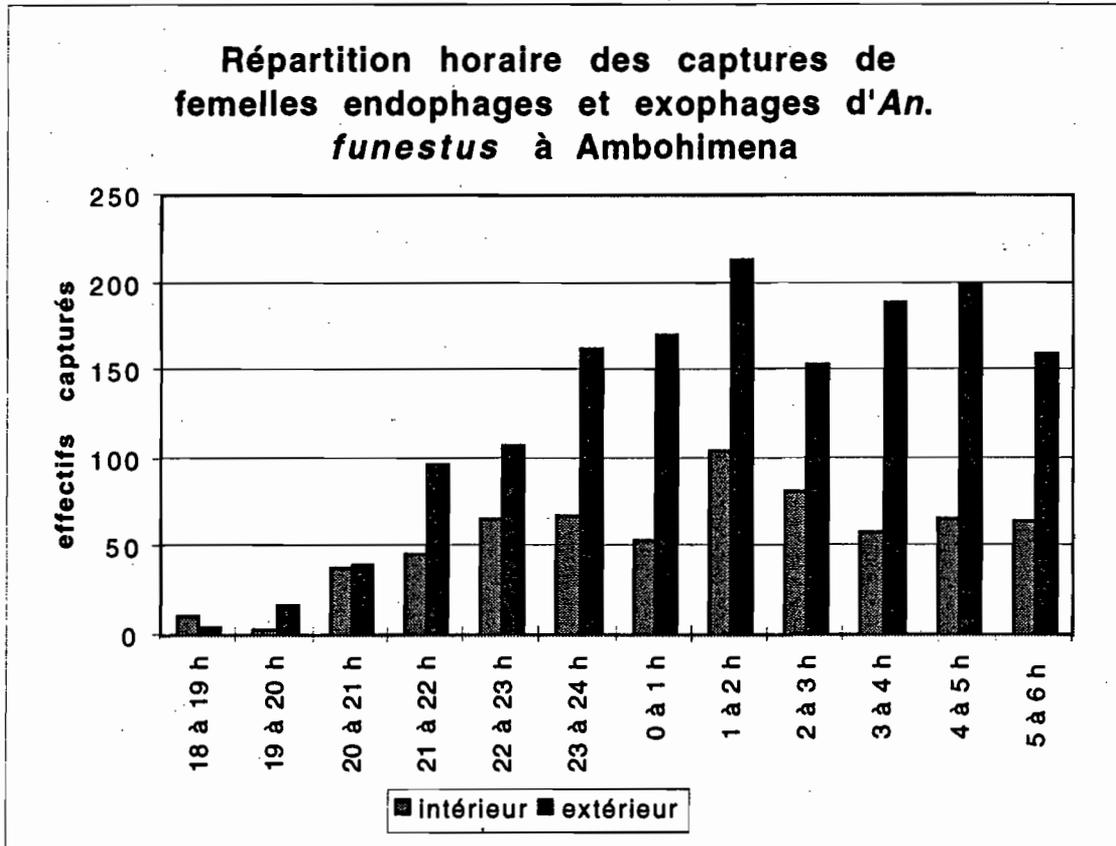
Il faut noter que le village d'Ambohimena est situé en dehors de la zone de pulvérisations intradomiciliaires de DDT.

2.1.3 / Variations horaires de l'agressivité

Les figures 8 et 9 montrent les variations horaires de l'agressivité d'*An. funestus* à Ambohimena au cours de l'année et selon la saison. De manière générale, l'essentiel de l'activité des femelles d'*An. funestus* se déroule au cours de la deuxième partie de la nuit. Cette répartition horaire est valable aussi bien pour les anophèles exophages qu'endophages.

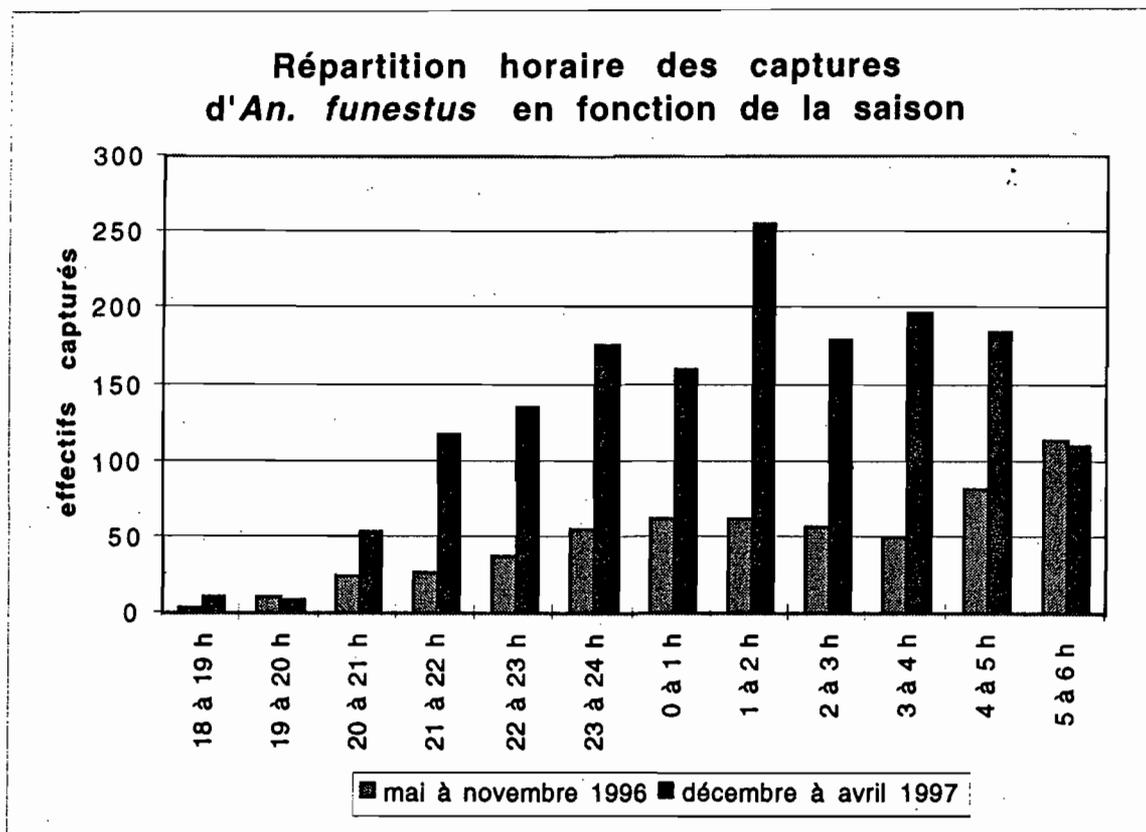
L'activité des femelles exophages est toujours supérieure à celle des femelles endophages au cours de la nuit (sauf entre 18 et 19 heures).

figure 8



Selon la saison, la répartition horaire des captures d'*An. funestus* semble varier quelque peu bien qu'elle garde sensiblement le même profil de courbe. Durant la saison froide et sèche, les femelles sont capturées proportionnellement davantage au cours des deux dernières heures de la nuit que lors de la saison chaude et pluvieuse.

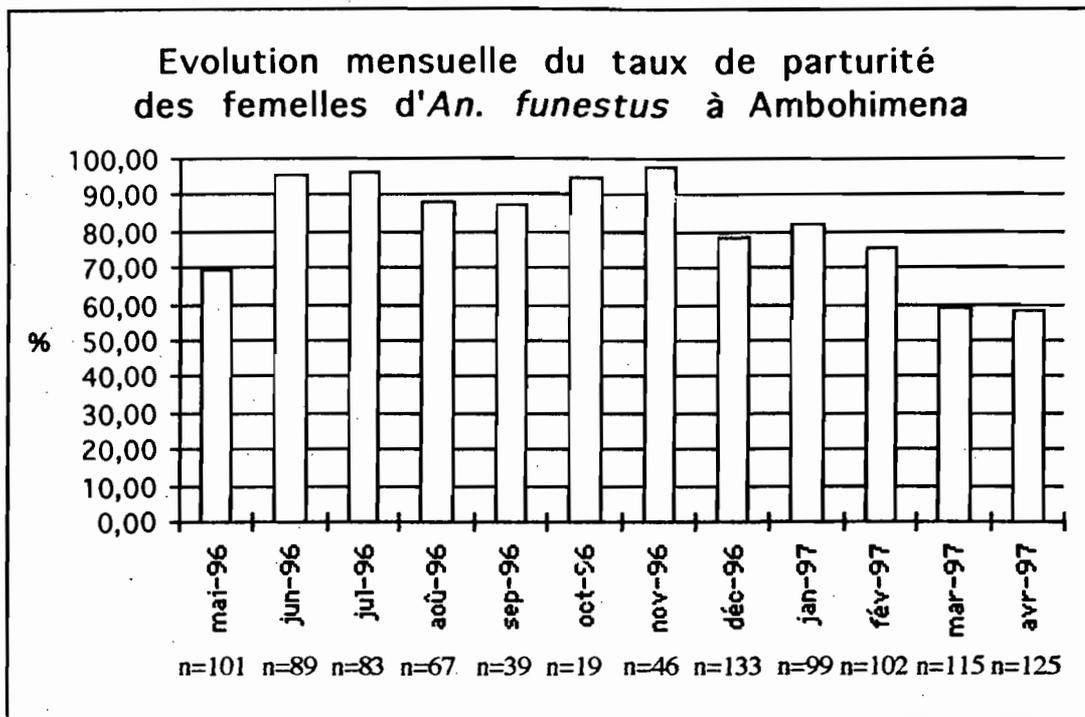
figure 9



2.1.4 / Variations mensuelles du taux de parturité des femelles d'*An. funestus* lors des captures sur appâts humains

Sur les 2172 femelles capturées sur appâts humains, 1018 ont été disséquées et 791 sont pares soit un taux de parturité global de 77,7%. La figure 10 montre la répartition mensuelle du taux de parturité des femelles d'*An. funestus*. On distingue clairement deux périodes différentes au cours desquelles le taux de parturité de *An. funestus* varie. Entre mai et novembre 1996, le taux de parturité est égal à 87,4% (388/444). Entre décembre et avril 1997, il est de 70,2% (403/574). La différence est significative ($p < 0,001$).

figure 10



2.2 / Captures de vecteurs au repos

Au cours de l'année, 2876 femelles d'*An. funestus* ont été échantillonnées lors de captures en faunes résiduelles. Dans ce village du moyen ouest il n'existe pas d'étables et les boeufs, nombreux, sont parqués dans des enclos dans le village. Pendant les douze mois du suivi, 1312 femelles d'*An. funestus* ont été capturées après pyréthrage en chambres à coucher, 791 en débarras, 629 dans des abris artificiels (abris à charettes, maison inhabitées,...), 139 dans les puits de Muirhead-Thomson ou en abris naturels, et 5 en porcherie (Tableau III).

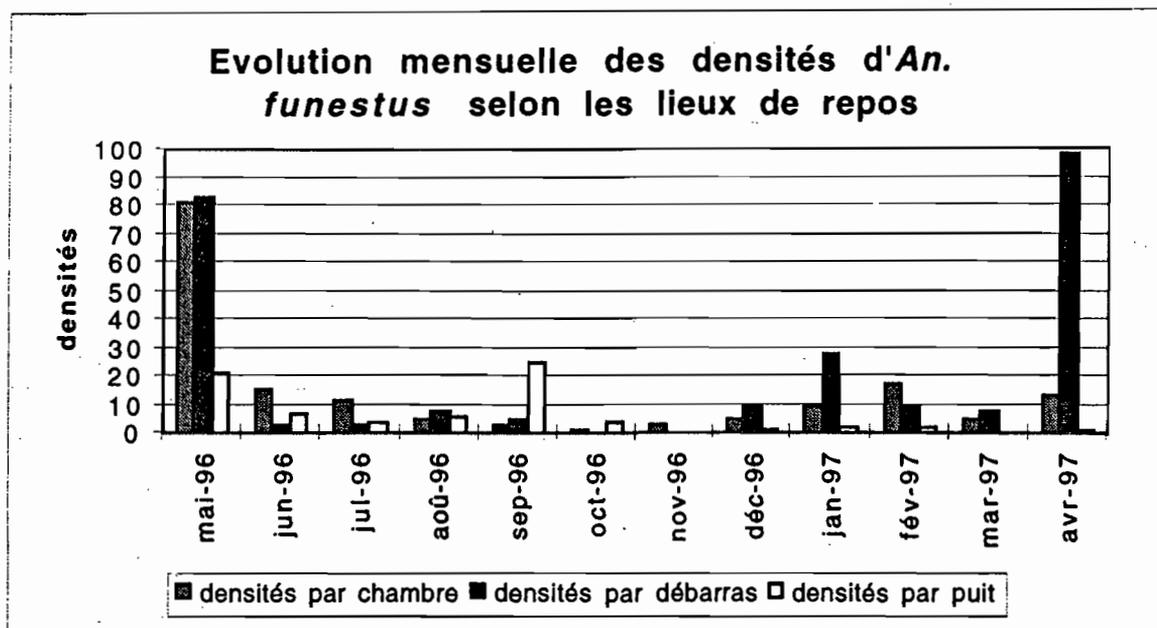
Le taux d'endophilie a été calculé selon le ratio de la densité des femelles anthropophiles en faune matinale et des captures sur homme à l'intérieur par maison. On remarque le très fort taux d'endophilie de l'espèce ; 88%.

Les densités mensuelles par chambre, par débarras ou par puit de Muirhead-Thomson sont indiquées dans la figure 11.

On observe des profils différents pour les trois courbes de densité. Il existe un pic d'abondance entre février et mai pour les captures en chambres à coucher. Ce pic correspond sensiblement à celui observé en captures sur appâts humains. Pour les faunes en débarras, le pic semble retardé et s'exprime en avril-mai. Enfin, il existe un faible pic en septembre pour la faune exophile capturée dans les puits.

Le rendement des puits de Muirhead-Thomson est assez remarquable pour cette espèce et semble indiquer une tendance à l'exophilie.

figure 11



2.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie

Le tableau VII montre les résultats de l'analyse des repas sanguins pour 272 femelles d'*An. funestus* capturées en état de gorgement.

Tableau VII: Nombre de femelles d'*An. funestus* gorgées sur homme, boeuf, porc ou chien à Ambohimena, novembre 1996 à juin 1997

	chambre	Débarras	porcherie	abri artificiel	puits de Muirhead	Total
homme	89	20	5	9	1	124
boeuf	46	24	0	65	10	145
porc	1	1	0	0	0	2
chien	0	0	0	1	0	1
total	136	45	5	75	11	272

La lecture du tableau IV nous apprend que l'espèce *An. funestus* à Ambohimena semble pour partie anthropophile et zoophile. Le taux d'anthropophilie global est de 45,6%. L'hôte préférentiel de cette espèce paraît variable dans ce village. *An. funestus* semble douée de plasticité pour le choix de ses hôtes, préférant tantôt l'homme tantôt le boeuf. Le nombre de bovins présents dans ce village est très important et peut jouer un rôle dans la déviation zoophagique de cette espèce.

Le taux d'anthropophilie global varie peu avec la saison. En novembre 1996, il est égal à 41,2% (14/34), il est de 46,6% (69/148) entre décembre et avril 1997 et égal à 44,4% (40/90) en mai et juin 1997. La différence ne sont pas significatives.

De même, la fraction endophile de la population (chambres et débarras) présente un taux d'anthropophilie égal à 56,7% entre décembre et avril 1997 et de 58,1% en mai-juin 1997. Par contre, les femelles exophiles se gorgent sur homme entre décembre et avril 1997, à 22,7% et à 14,3% en mai et juin 1997. Les différences observées entre les taux d'anthropophilie des faunes endo et exophiles sont significatives ($p < 0,001$).

En résumé, on notera que la fraction endophile de la population d'*An. funestus* est anthropophile à 60,2% et que la population la plus exophile (abris artificiels et puits de Muirhead-Thomson) est plus faiblement anthropophile, de l'ordre de 16,5% ($p < 0,001$).

2.4 / Taux d'infestation

Sur les 5048 femelles d'*An. funestus* capturées, 2290 ont été testées en Elisa à la recherche d'antigènes circum-sporozoïtares (Ag CSP) de plasmodies humaines. Il manque encore les résultats concernant les spécimens capturés entre décembre 1996 et avril 1997 où le nombre de vecteurs est maximal.

Dans ce village, 4 femelles d'*An. funestus* ont été trouvées positives en mai et novembre 1996. Le taux moyen d'infestation immunologique est de 0,22%.

Deux anophèles positives ont été capturées en mai 1996, l'une dans une chambre à coucher (taux d'infestation; 0,22%) et l'autre dans un débarras (0,33%).

Les deux autres anophèles positives ont été capturées sur appâts humains, l'une à l'intérieur (taux d'infestation; 0,46%) et l'autre à l'extérieur (0,20%).

Les cas d'infestation sporozoïtaire chez cet anophèle ont donc été identifiés parmi la fraction anthropophile et endophile de cette espèce.

3 / Bioécologie de *An. arabiensis*

3.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains

Du mois de mai 1996 au mois d'avril 1997, 84 femelles d'*An. gambiae* s.l. ont été capturées. L'agressivité moyenne au cours des douze mois d'observation est de 0,29 piqûres par homme et par nuit (PHN).

Elle a varié selon le lieu de capture, l'heure, le mois et la période de l'année.

Nous avons distingué deux périodes pour l'écologie de cet anophèle; entre mai et novembre 1996 et entre décembre 1996 et avril 1997.

3.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture

Les séances de capture ont eu lieu simultanément à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. Des 84 femelles capturées, 23 l'ont été à l'intérieur et 61 à l'extérieur. L'agressivité moyenne pour l'homme a été de 0,16 PHN à l'intérieur et de 0,42 PHN à l'extérieur. Dans ce village, *An. gambiae* s.l. présente un taux d'exophagie (72,6%) important.

L'analyse par PCR de 77 femelles a identifié *An. arabiensis* dans tous les cas.

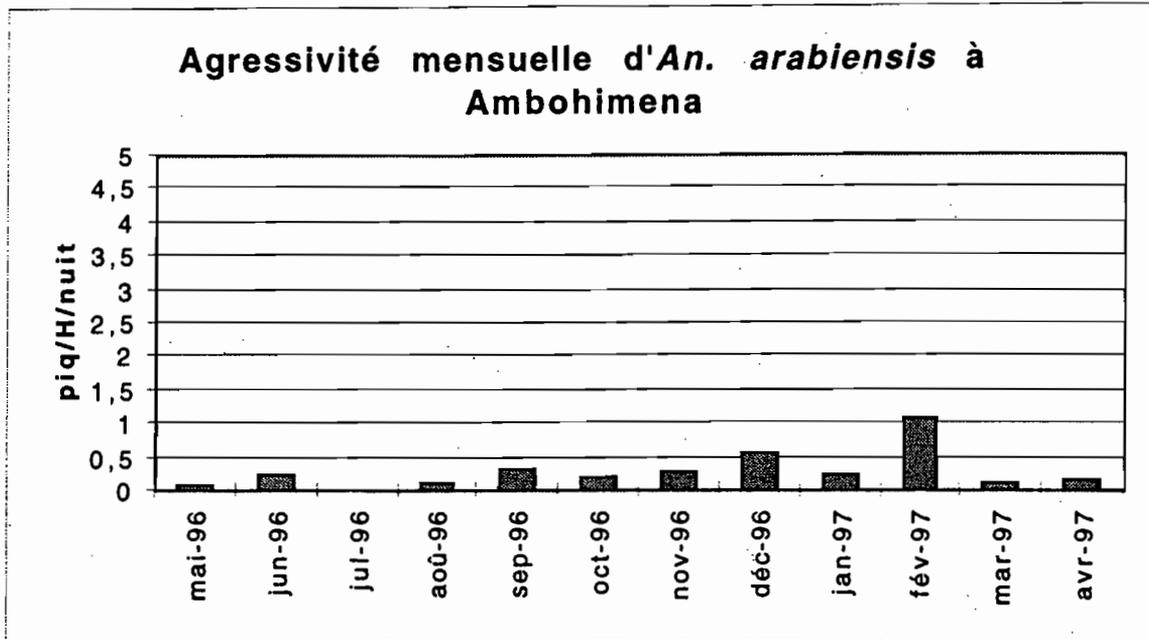
L'endophagie varie peu en fonction des deux périodes considérées; 29% entre mai et novembre 1996 et 26% entre décembre et avril 1997.

3.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité

Les captures sur appâts humains ont permis de montrer la faible présence presque toute l'année de femelles d'*An. arabiensis* (seul le mois de juillet a été négatif). On note cependant un pic d'agressivité au cours du mois de février (figure 12).

Au cours des douze mois de l'année, l'activité des femelles exophages d'*An. arabiensis* a presque toujours été supérieure à celle des femelles endophages, sauf pendant les mois de avril à juin où elle est équivalente.

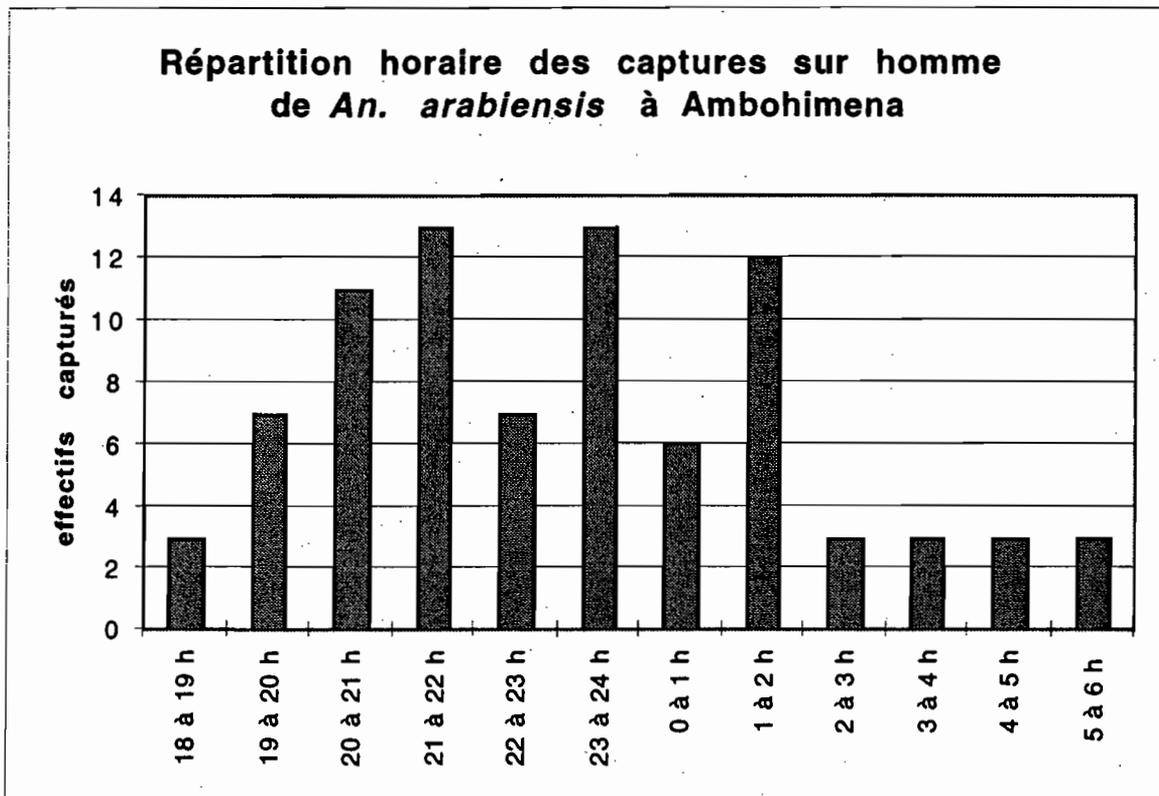
figure 12



3.1.3 / Variations horaires de l'agressivité

La figure 13 montre les variations horaires de l'agressivité d'*An. arabiensis* à Ambohimena au cours de l'année. De manière générale, l'essentiel de l'activité des femelles d'*An. arabiensis* se déroule au cours de la première partie de la nuit.

figure 13



3.1.4 / Variations du taux de parturité des femelles d'*An. arabiensis* lors des captures sur appâts humains

Sur les 84 femelles capturées sur appâts humains, 79 ont été disséquées et 31 sont pares soit un taux de parturité global de 39,2%. Le taux de parturité des femelles endophages est de 50% (10/20) et celui des femelles exophages de 35,6% (21/59). Compte tenu du faible effectif, la différence n'est pas significative. Par contre, le taux de parturité varie significativement selon la période ($p = 0,01$). Il est de 57% (16/28) en mai-novembre 1996 et de 29% (15/51) entre décembre et avril 1997.

3.2 / Captures de vecteurs au repos

Au cours de l'année, 179 femelles d'*An. arabiensis* ont été échantillonnées lors de captures en faunes résiduelles. Pendant les douze mois du suivi, 7 femelles d'*An. arabiensis* ont été capturées après pyréthrage en chambres à coucher, 17 en débarras, 101 dans des abris artificiels (abris à charettes, maison inhabitées,...) et 54 dans les puits de Muirhead-Thomson ou en abris naturels (Tableau III). Sur les 179 femelles capturées, 129 ont été analysées en PCR. Seule l'espèce *An. arabiensis* est présente.

Le taux d'endophilie a été calculé selon le ratio de la densité des femelles anthropophiles en faune matinale et des captures sur homme à l'intérieur par maison. On remarque le très faible taux d'endophilie de cette espèce ; 4%.

Tout au long de l'année, les densités par chambre, débarras ou abris extérieurs sont restées très faibles. On note toutefois un léger pic d'abondance en septembre dans les puits de Muirhead-Thomson.

3.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie

Le tableau VIII montre les résultats de l'analyse des repas sanguins pour 29 femelles d'*An. arabiensis* capturées en état de gorgement.

Tableau VIII: Nombre de femelles d'*An. arabiensis* gorgées sur homme ou boeuf, novembre 1996 à juin 1997

	chambre	Débarras	abri artificiel	puits de Muirhead	Total
homme	1	0	1	0	2
boeuf	0	6	17	4	27
total	0	6	18	4	29

La lecture du tableau V nous apprend que l'espèce *An. arabiensis* à Ambohimena semble fortement zoophile. L'hôte préférentiel de cette espèce est le boeuf. Dans ce village, le nombre de bovins est très important et est parqué à l'extérieur des habitations.

Cependant, le taux d'anthropophilie global est de 6,9% (2/29) et atteint 14,3% (1/7) pour la faune endophile.

3.4 / Taux d'infestation

Aucune femelles d'*An. arabiensis* capturées et testées en Elisa à la recherche d'antigènes circumsporozoïtaires (Ag CSP) de plasmodies humaines ne s'est avérée positive. Cependant, il manque encore les résultats concernant les spécimens capturés entre décembre 1996 et avril 1997.

4 / Tests de sensibilité aux insecticides

Nous avons cherché à connaître la sensibilité d'*An. funestus* à un organochloré (DDT) et à un pyréthrianoïde de synthèse (lambda-cyhalothrine) à Ambohimena.

Les résultats sont indiqués dans les tableaux IX et X. Les tests ont été réalisés suivant le protocole préconisé par l'OMS, après une heure de contact. Les anophèles ont été capturés en faune résiduelle matinale à l'intérieur des habitations humaines et à l'extérieur dans les WC, à Ambohimena les 18 et 19 juin 1996.

Tableau IX : Tests de sensibilité d'*Anopheles funestus*, collectés à Ambohimena (Mandoto, Moyen Ouest) au DDT 1 % et 4 %

	nombre de tests diagnostics	nombre de moutiques testés	nombre de Knock-down après 1 heure de contact	nombre de morts après 24 heures d'observation	% de mortalité	% mortalité corrigée (formule d'Abott)
Témoins	2	43	0	3	7 %	-
DDT 1%	2	42	5	37	88 %	87 %
DDT 4%	3	63	63	63	100 %	100 %

Le tableau IX montre que les specimens d'*An. funestus* testés à Ambohimena sont sensibles au DDT.

Tableau X - Tests de sensibilité d'*Anopheles funestus*, collectés à Ambohimena (Mandoto, Moyen Ouest), à la lambda-cyhalothrine 0,1 %

	nombre de tests diagnostics	nombre de moutiques testés	nombre de Knock-down après 1 heure de contact	nombre de morts après 24 heures d'observation	% de mortalité	% mortalité corrigée (formule d'Abott)
Témoins	2	43	0	1	2 %	-
lambda-cyhalothrine 0,1 %	5	104	104	104	100 %	-

Le tableau X montre que les specimens d'*An. funestus* testés à Ambohimena sont sensibles à la lambda-cyhalothrine.

5 / Infestation humaine

Au cours des douze mois de ce suivi, 6 enquêtes transversales ont été réalisées auprès de la totalité de la population de ce village (environ 300 personnes). Les résultats de l'impaludation de la population sont montrés dans la figure 14. Pour rappel, nous indiquons l'indice plasmodique global de toute la population et celui des enfants âgés de 2 à 9 ans relevé par nos équipes dans ce village en août 1995. De même, nous indiquons ces mêmes indices pour le mois d'août 1997.

Depuis 1995, les indices plasmodiques sont restés sensiblement comparables d'une année sur l'autre (21% en août 1995, 28,8% en août 1996 et 22,4% en août 1997, différences non significatives).

La classe d'âge la plus touchée est celle des enfants âgés de 2 à 9 ans (environ 90 enfants) aussi bien pour les indices plasmodiques que pour les densités parasitaires (tableau XII et figure 15).

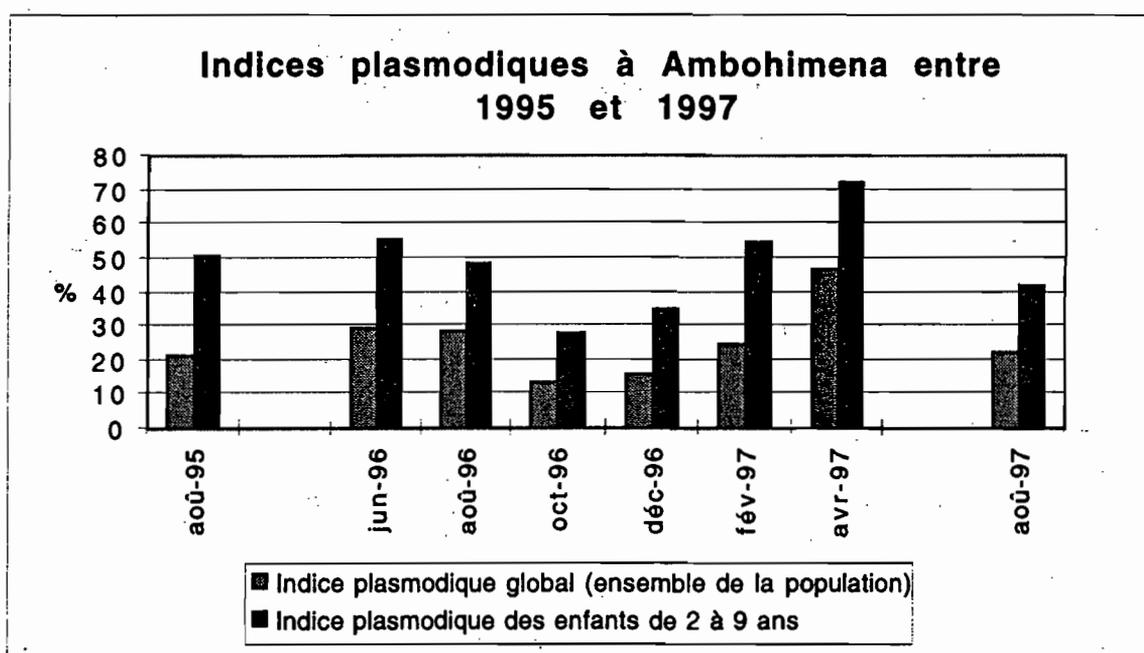
On observe une élévation franche des indices plasmodiques entre février et mai (pic en avril 1997; 46,7%). Durant la saison froide et en début de saison chaude, les indices plasmodiques sont les

plus bas (13,2% en octobre 1997). Cette augmentation des indices plasmodiques de février à mai coïncide avec l'élévation des densités d'*An. funestus* (figure 16). Le tableau XI montre l'évolution des indices gamétocytaires à *P. falciparum* pour chacun des passages parasitologiques à Ambohimena.

Tableau XI: Evolution des indices gamétocytaires à *P. falciparum* à Ambohimena

	juin 1996	août 1996	oct. 1996	déc. 1996	fév. 1997	avr. 1997
porteurs de gamétocytes (%)	16/270 (5,9)	12/271 (4,4)	7/303 (2,3)	15/303 (5,0)	8/321 (2,5)	15/353 (4,2)

figure 14



Par ailleurs, nous avons mis en évidence la présence des trois autres espèces plasmodiales à Ambohimena. *P. malariae* est le plus répandu après *P. falciparum*. Ses prévalences oscillent entre 2,9 et 5,5%. Vient ensuite *P. ovale* avec des prévalences allant de 0 à 3,7% et enfin, *P. vivax* avec un indice plasmodique ne dépassant pas 0,8%.

Tableau XII: Evolution des moyennes des densités parasitaires à *P. falciparum* par classes d'âge à Ambohimena

sujets positifs	juin 1996	août 1996	oct. 1996	déc. 1996	fév. 1997	avr. 1997	juin 1997
< 2 ans (n)	8000 (4)	100 (2)	120 (2)	9310 (4)	1128 (9)	10273(13)	2770 (8)
2 à 9 ans (n)	4689 (43)	2524 (35)	459 (23)	1205 (29)	6742 (44)	5156 (70)	3407 (54)
10 à 14 ans(n)	834 (15)	1541 (13)	240 (8)	106 (6)	2220 (8)	1750 (30)	1888 (20)
15 à 24 ans(n)	255 (8)	570 (11)	190 (4)	286 (6)	1190 (12)	2031 (24)	368 (18)
≥ 25 ans (n)	93 (9)	268 (17)	106 (3)	106 (3)	140 (6)	1395 (28)	1376 (22)

figure 15

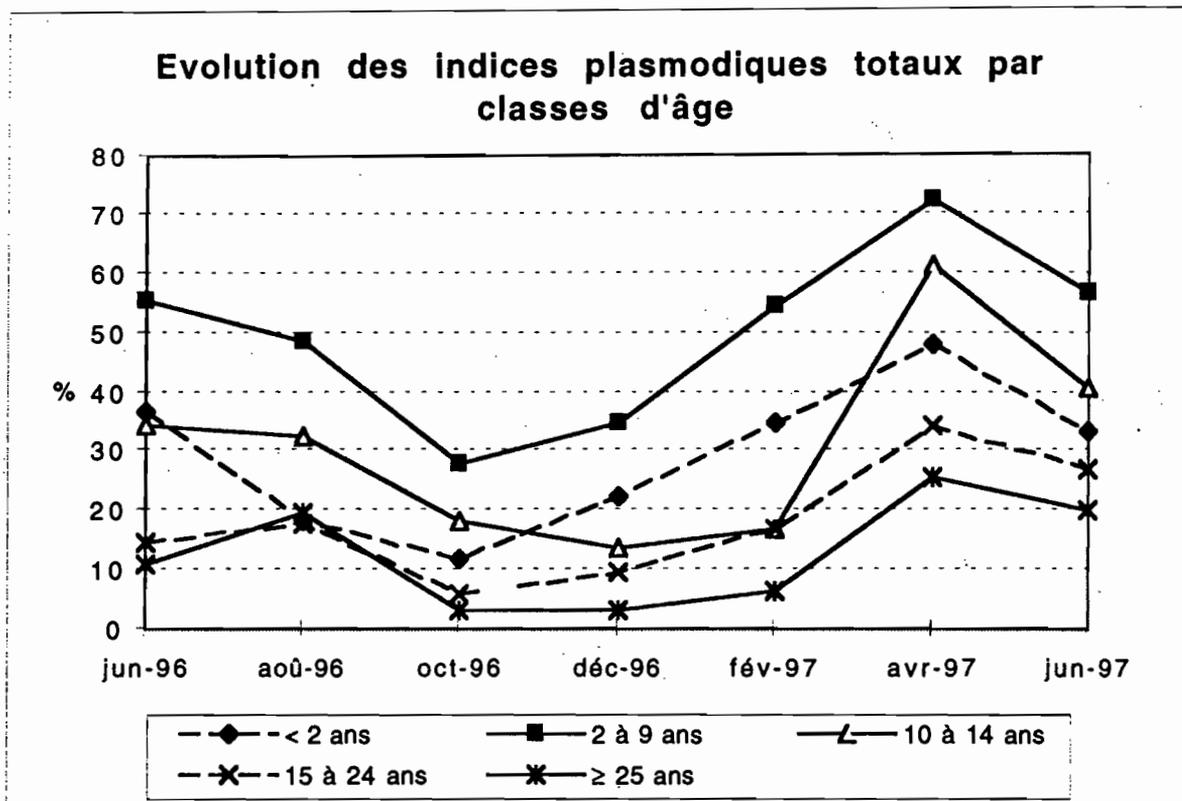
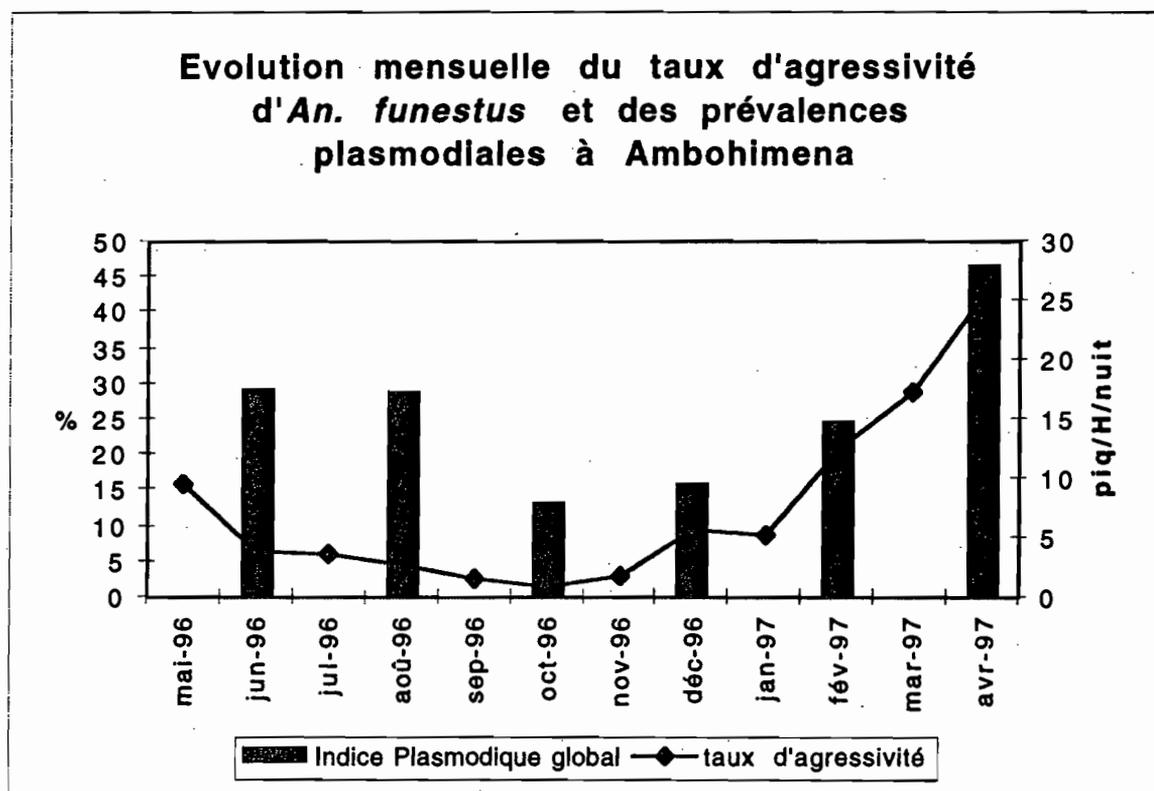


figure 16



III / FENOARIVO

1 / Espèces capturées selon les différentes méthodes

Pendant la période considérée, 1194 vecteurs potentiels de plasmodies ont été capturés à Fenoarivo. La grande majorité de ces femelles d'anophèles appartiennent à l'espèce *Anopheles gambiae* s.l.. Une faible proportion d'*An. funestus* a été capturée dans ce village. Le détail selon les différentes méthodes de capture est donné dans le tableau XIII.

Tableau XIII: Nombre et pourcentage de vecteurs du paludisme capturés par différentes méthodes entre mai 1996 et avril 1997 à Fenoarivo

	Faune agressive sur homme		Vecteurs au repos (faunes résiduelles)					Total
	extérieur	intérieur	chambre	débaras	abri artificiel	abri naturel puit	poulailler	
Nbre <i>An. funestus</i>	29	10	21	37	15	11	0	123
Nbre <i>An. gambiae</i> s.l.	660	102	5	76	149	77	2	1071
Nombre total vecteurs	689	112	26	113	164	88	2	1194
Nombre de tests PCR	226	66	0	35	78	54	2	461
% <i>An. funestus</i>	4,2	8,9	80,7	32,7	9,1	12,5	0	10,3
% <i>An. gambiae</i>	0,4	0	-	0	0	0	0	0,08
% <i>An. arabiensis</i>	95,4	91,1	19,3	67,3	90,9	87,5	100	89,62

Sur les 1071 *An. gambiae* s.l. capturées, 461 femelles (43%) ont été analysées par PCR et la majorité des spécimens s'est avéré appartenir à l'espèce *An. arabiensis*. Un seul anophèle appartient à l'espèce *An. gambiae* s.s. capturé sur appât humain à l'extérieur.

2 / Bioécologie de *An. funestus*

2.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains

Du mois de mai 1996 au mois d'avril 1997, 36 séances de capture sur appâts humains totalisant 288 hommes-nuits ont été réalisées à Fenoarivo. Au total, 39 femelles d'*An. funestus* ont été capturées. L'agressivité moyenne au cours des douze mois d'observation est de 0,13 piqûres par homme et par nuit (PHN).

L'agressivité a varié selon le lieu de capture, l'heure, le mois et la période de l'année.

Nous distinguerons deux périodes au cours de l'année 1996/97. Les mois de mai à novembre 1996 sont regroupés. Ils correspondent à la saison froide et sèche. Les données entomologiques recueillies pendant cette période sont séparées de la pulvérisation de DDT de l'année 1994/95 dans ce village par une durée d'au moins 16 mois. Puis la saison chaude et pluvieuse qui s'étend de décembre 1996 à avril 1997 et survient après le pulvérisation de DDT de décembre 1996.

2.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture

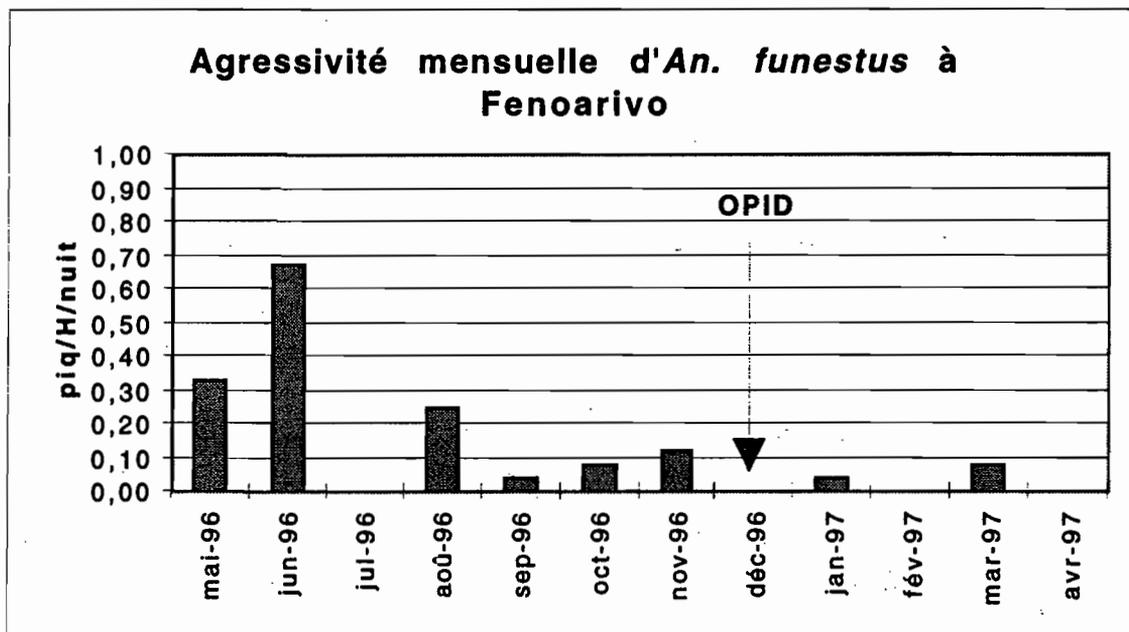
Les séances de capture ont eu lieu simultanément à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. Des 39 femelles capturées, 10 l'ont été à l'intérieur et 29 à l'extérieur. L'agressivité moyenne pour l'homme a été de 0,07 PHN à l'intérieur et de 0,20 PHN à l'extérieur. Dans ce village, *An. funestus* présente un taux d'exophagie (74,3%) important. Ce taux varie selon la saison. Entre mai et novembre 1996, il est égal à 75%. Entre décembre 1996 et avril 1997, ce taux est difficile à calculer car seulement 3 femelles d'*An. funestus* ont été capturées durant cette période.

2.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité

Les captures sur appâts humains ont permis de montrer la présence de femelles d'*An. funestus* de façon très irrégulière (figure 17). Cette espèce a surtout été retrouvée en mai et juin 1996, plus de 16 mois après les dernières aspersion de DDT. En effet, ce village, situé en zone de pulvérisations intra-domiciliaires de DDT n'avait pas été pulvérisé lors du cycle de 1995/96. En décembre 1996 a eu lieu un cycle d'aspersion de DDT. Passée cette date, le nombre de femelles d'*An. funestus* capturées a considérablement baissé. Toutefois, quelques exemplaires ont été capturés à l'extérieur en janvier et mars 1997.

Les faibles effectifs d'*An. funestus* capturés à Fenoarivo n'autorisent pas de comparaisons mensuelles quant aux comportements d'exo-endophagie. On observera seulement que le pourcentage de femelles exophages est chaque mois supérieur à celui des femelles endophages.

figure 17



2.1.3 / Variations horaires de l'agressivité

De manière générale, l'essentiel de l'activité des femelles d'*An. funestus* se déroule au cours de la deuxième partie de la nuit. Cette répartition horaire est valable aussi bien pour les anophèles exophages qu'endophages.

L'activité des femelles exophages est toujours supérieure à celle des femelles endophages au cours de la nuit.

2.1.4 / Variations mensuelles du taux de parturité des femelles d'*An. funestus* lors des captures sur appâts humains

Sur les 39 femelles capturées sur appâts humains, 38 ont été disséquées et 32 sont pares soit un taux de parturité global de 84,2%. Par ailleurs, le taux de parturité des femelles endophages est de 77,7% (7/9) et celui des femelles exophages de 81,8% (27/33). Les taux de parturité sont comparables durant les deux périodes distinguées.

2.2 / Captures de vecteurs au repos

Au cours de l'année, 84 femelles d'*An. funestus* ont été échantillonnées lors de captures en faunes résiduelles. Dans ce village du moyen ouest il n'existe pas d'étables et les boeufs sont parqués dans des enclos dans le village. Pendant les douze mois du suivi, 21 femelles d'*An. funestus* ont été capturées après pyréthrage en chambres à coucher, 37 en débarras, 15 dans des abris artificiels (abris à charettes, maison inhabitées,...) et 11 dans les puits de Muirhead-Thomson ou en abris naturels (Tableau XIII).

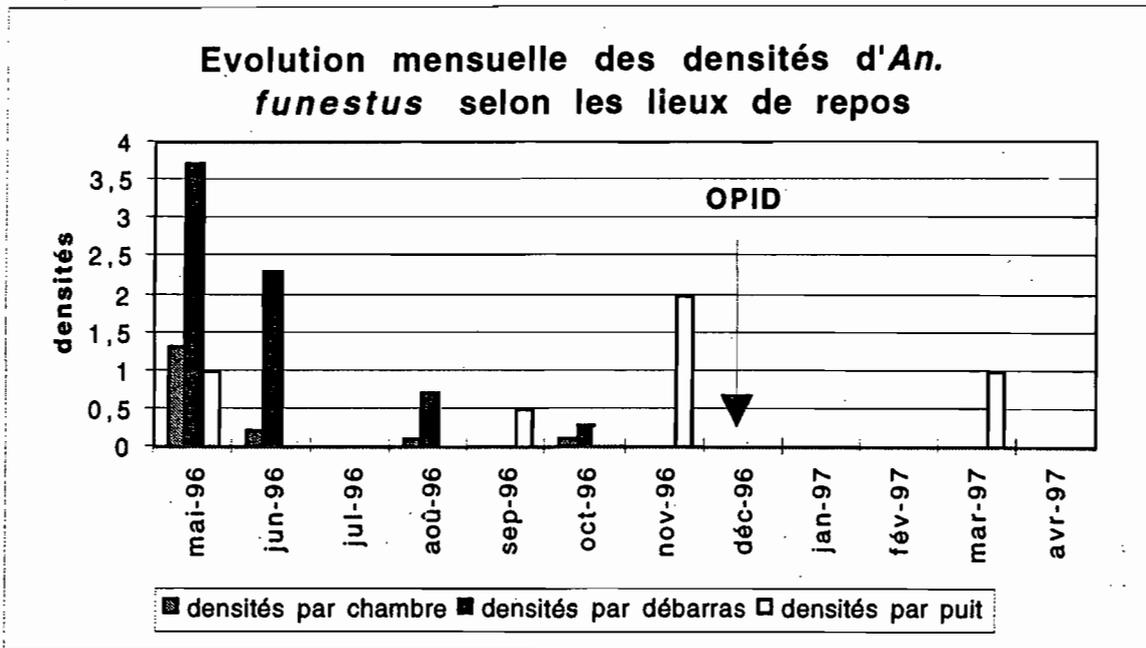
Le taux d'endophilie a été calculé selon le ratio de la densité des femelles anthropophiles en faune matinale et des captures sur homme à l'intérieur par maison. On remarque que le taux d'endophilie de cette espèce dans ce village est plus faible qu'à Ambohimena ; 68%.

Les densités mensuelles par chambre, par débarras ou par puit de Muirhead-Thomson sont indiquées dans la figure 18.

On observe des profils différents pour les trois courbes de densité. Il existe un pic d'abondance en mai et juin 1996 pour les captures en chambres à coucher et en débarras qui correspond sensiblement à celui observé en captures sur appâts humains. Après décembre 1996, plus aucune femelle d'*An. funestus* n'est capturée à l'intérieur des maisons. Enfin, quelques exemplaires ont été capturés dans les puits à différents moments de l'année.

Le rendement des puits de Muirhead-Thomson n'est pas nul pour cette espèce et semble indiquer une tendance à l'exophilie.

figure 18



2.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie

Le tableau XIV montre les résultats de l'analyse des repas sanguins pour 37 femelles d'*An. funestus* capturées en état de gorgement. Nous avons tenu compte des faibles effectifs analysés dans l'interprétation des résultats.

Tableau XIV: Nombre de femelles d'*An. funestus* gorgées sur homme, boeuf à Fenoarivo, mai à novembre 1996

	chambre	Débarras	abri artificiel	puits de Muirhead	total
homme	12	0	0	0	12
boeuf	1	10	11	3	25
total	13	10	11	3	37

Le taux d'anthropophilie global était de 32,4%, plus de 16 mois après les pulvérisations de 1994/95 et avant celles de 1996/97. Le taux d'anthropophilie de la faune endophile avant le DDT était de 52,2%. A partir de décembre 1996, aucune des femelles analysées pour l'origine du repas sanguin ne provenait de chambres à coucher ou de débarras. Le taux d'anthropophilie de la faune endophile ne peut donc pas être évalué. Après les aspersion intra-domiciliaires de DDT de décembre 1996, la fraction endophile d'*A. funestus* est devenue extrêmement rare.

La fraction exophile de la population capturée entre décembre 1996 et juin 1997 semble exclusivement zoophile. Cette population paraît se tenir à l'écart de la population humaine.

2.4 / Taux d'infestation

Sur les 123 femelles d'*An. funestus* capturées, 117 ont été testées en Elisa à la recherche d'antigènes circum-sporozoitaires (Ag CSP) de plasmodies humaines.

Dans ce village, aucune femelle d'*An. funestus* n'a été trouvée positive.

3 / Bioécologie de *An. gambiae* s.l.

3.1 / Captures de vecteurs sur appâts humains

Du mois de mai 1996 au mois d'avril 1997, 762 femelles d'*An. gambiae* s.l. ont été capturées. L'agressivité moyenne au cours des douze mois d'observation est de 2,64 piqûres par homme et par nuit (PHN).

Elle a varié selon le lieu de capture, l'heure, le mois et la période de l'année.

Nous avons distingué deux périodes pour l'écologie de cet anophèle. Entre mai et novembre 1996 (correspondant aux plus faibles taux d'agressivité), entre décembre 1996 et avril 1997 (correspondant à la fois à l'après pulvérisation de DDT et aux plus forts taux d'agressivité).

3.1.1 / Variations de l'agressivité en fonction du lieu de capture

Les séances de capture ont eu lieu simultanément à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. Des 762 femelles capturées, 102 l'ont été à l'intérieur et 660 à l'extérieur. L'agressivité moyenne pour l'homme a été de 0,71 PHN à l'intérieur et de 4,58 PHN à l'extérieur. Dans ce village, *An. gambiae* s.l. présente un taux d'exophagie (86,6%) important. Ce taux augmente progressivement depuis mai 1996. Il est de 82% entre mai et novembre 1996 et de 88% entre décembre 1996 et avril 1997 ($p = 0,08$).

L'analyse par PCR de 292 femelles a identifié *An. arabiensis* dans tous les cas (99,7%) sauf une femelle pare capturée à l'extérieur entre 22 et 23 heures en avril 1997 qui appartient à l'espèce *An. gambiae* s.s. Parce que le nombre d'analyses par PCR a été constant chaque mois, nous considérerons, pour le reste de l'analyse, que nous avons principalement observé *An. arabiensis* dans ce village.

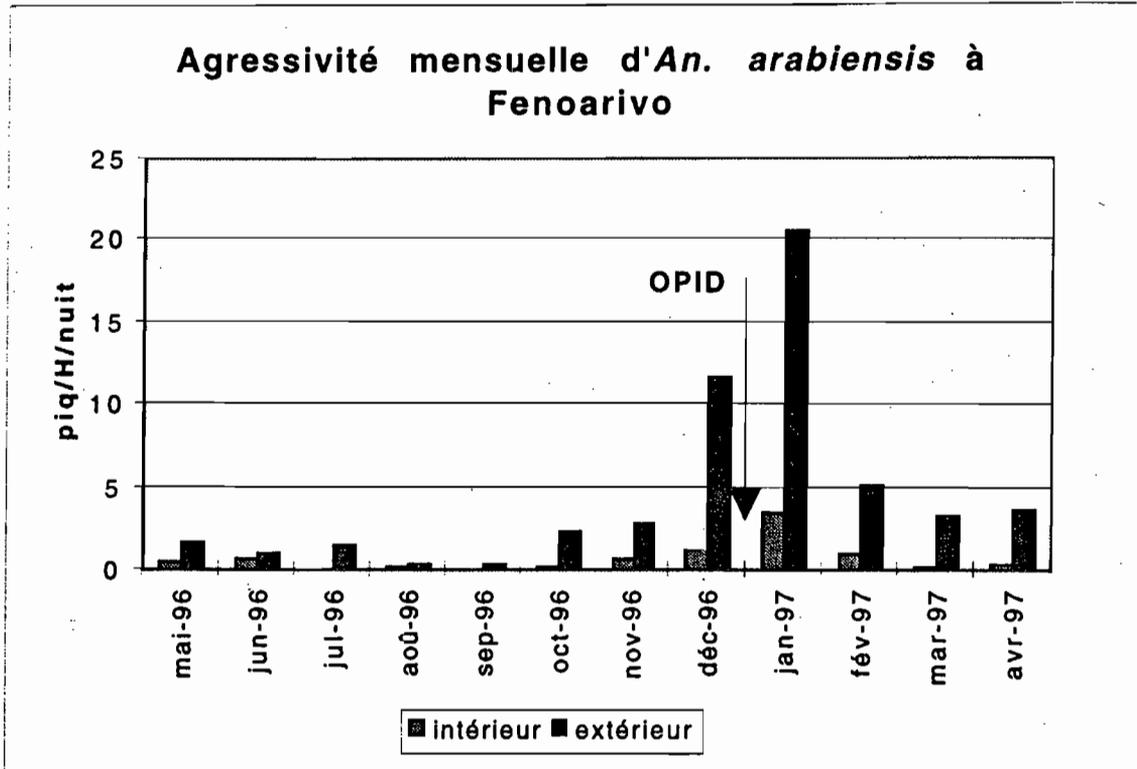
3.1.2 / Variations mensuelles de l'agressivité

Les captures sur appâts humains ont permis de montrer la présence toute l'année de femelles d'*An. arabiensis*. On note cependant un pic d'agressivité entre les mois de décembre à février (figure 19). Au cours des douze mois de l'année, l'activité des femelles exophages d'*An. arabiensis* a toujours été supérieure à celle des femelles endophages. Les taux d'exophagie sont comparables d'une saison à une autre (86 et 88%).

La pulvérisation de DDT en décembre 1996 ne paraît pas avoir eu d'effet significatif sur le taux d'agressivité à l'extérieur de cette espèce.

Toutefois, il faut souligner l'existence d'une variation annuelle du taux d'endophagie dans ce village. De mai à novembre 1996 (soit plus de 16 mois après la dernière application de DDT), le taux d'endophagie de *An. arabiensis* est de 18% (27/153). Entre décembre 1996 et avril 1997, ce même taux n'est que de 12% (75/609). Nous avons poursuivi le suivi entomologique de ce village après avril 1997. Le taux d'endophagie entre mai et novembre 1997 (soit entre 5 et 11 mois après la pulvérisation de décembre 1996) est tombé à 6% (4/63). La différence entre les périodes mai-novembre 1996 et 1997 est significative ($p = 0,03$). On sait qu'il peut exister des variations inter-annuelles en entomologie. Cependant, l'hypothèse d'un effet répulsif et irritant du DDT pour expliquer cette variation ne doit pas être sous-estimée.

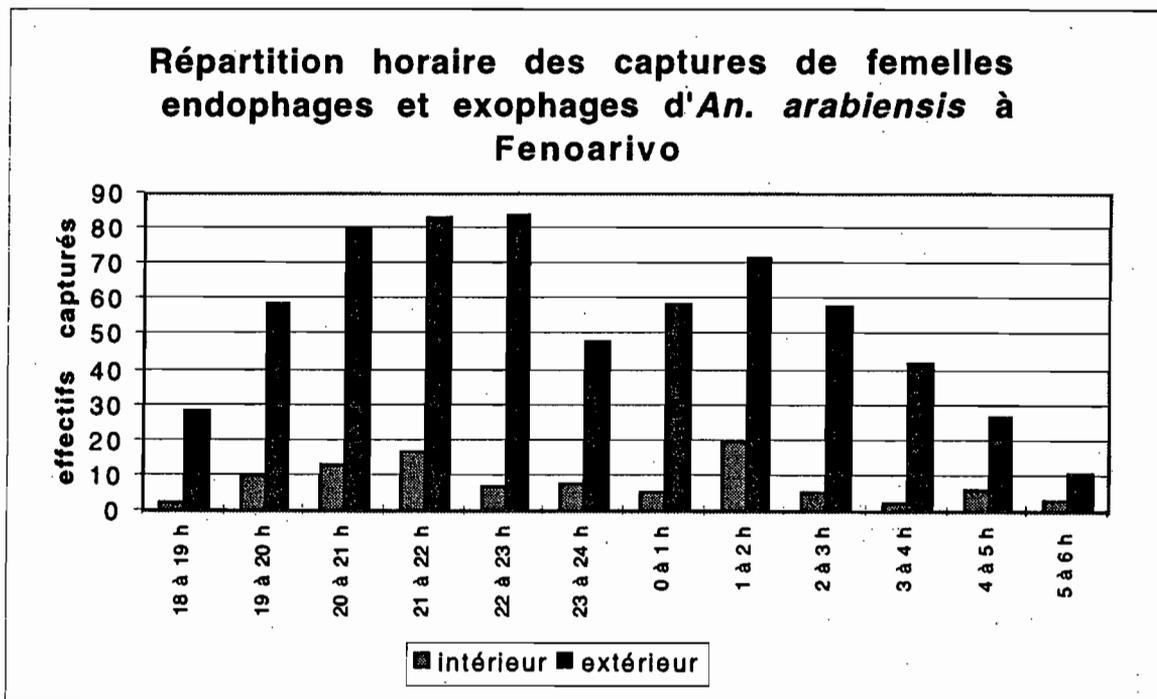
figure 19



3.1.3 / Variations horaires de l'agressivité

La figure 20 montre les variations horaires de l'agressivité d'*An. arabiensis* à Fenoarivo au cours de l'année. De manière générale, l'essentiel de l'activité des femelles d'*An. arabiensis* se répartit en deux périodes au cours de la nuit. On observe un premier pic entre 20 et 23 heures et un second pic moins important entre minuit et 3 heures du matin. Ce profil de courbe est identique pour les femelles endophages et exophages.

figure 20

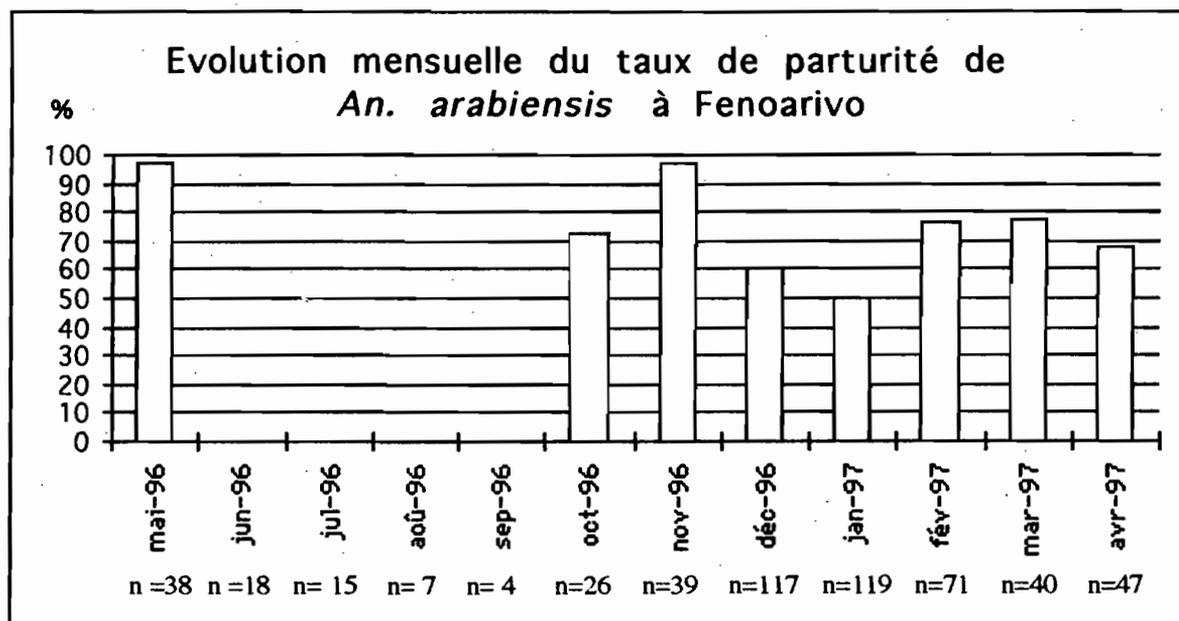


3.1.4 / Variations du taux de parturité des femelles d'*An. arabiensis* lors des captures sur appâts humains

Sur les 762 femelles capturées sur appâts humains, 534 ont été disséquées et 369 sont pares soit un taux de parturité global de 69,1%. Ce taux varie selon la saison, 87% de mai à novembre 1996 et 63% de décembre 1996 à avril 1997 ($p < 0,001$) (figure 21).

Le taux de parturité des femelles endophages est de 78% (60/77) et celui des femelles exophages de 68% (309/457). La différence n'est pas significative ($p = 0,07$).

figure 21



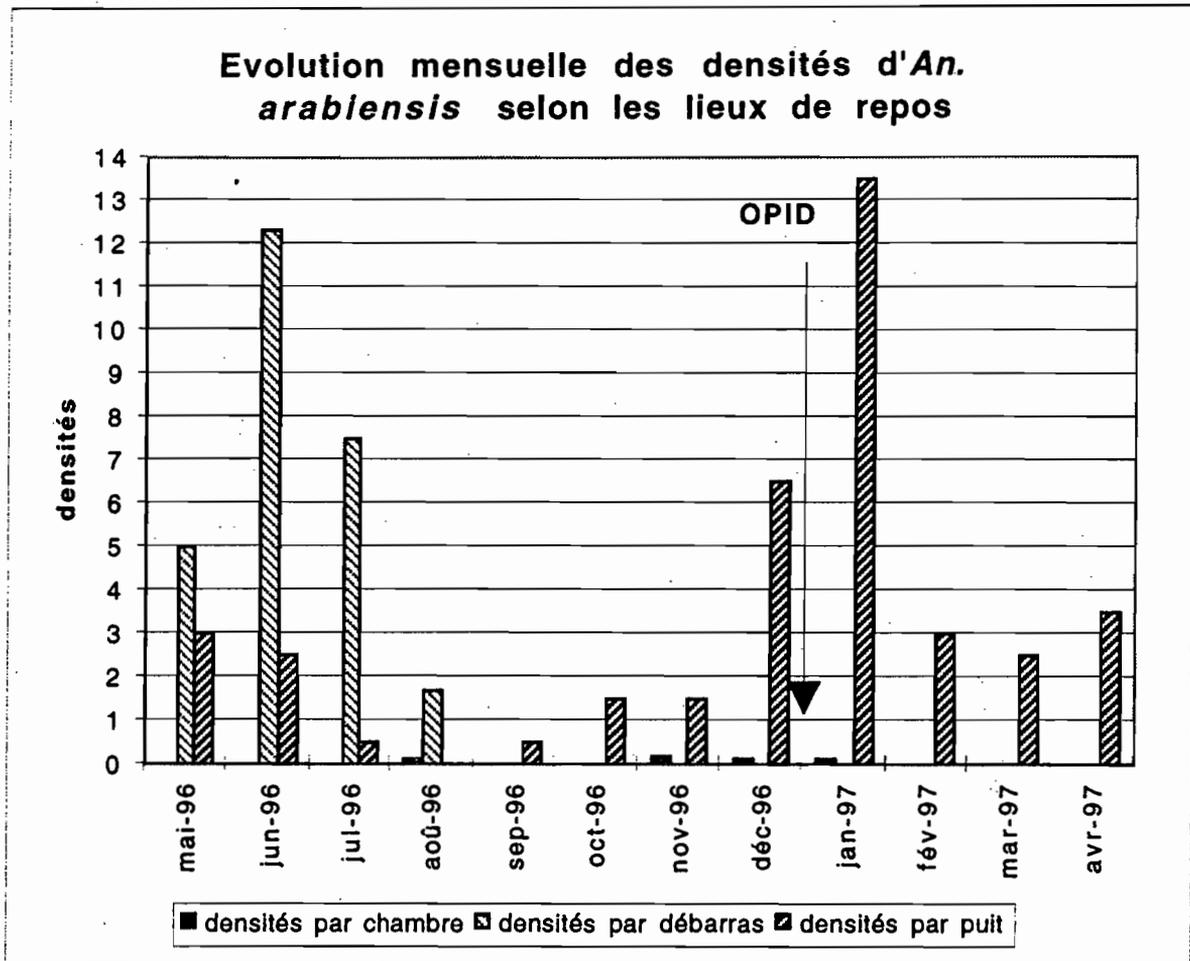
3.2 / Captures de vecteurs au repos

Au cours de l'année, 309 femelles d'*An. arabiensis* ont été échantillonnées lors de captures en faunes résiduelles. Pendant les douze mois du suivi, 5 femelles d'*An. arabiensis* ont été capturées après pyréthrage en chambres à coucher, 76 en débarras, 2 en poulailler, 149 dans des abris artificiels (abris à charettes, maison inhabitées,...) et 77 dans les puits de Muirhead-Thomson ou en abris naturels (Tableau XIII). Sur les 309 femelles capturées, 169 ont été analysées en PCR. Seule l'espèce *An. arabiensis* est présente.

Le taux d'endophilie a été calculé selon le ratio de la densité des femelles anthropophiles en faune matinale et des captures sur homme à l'intérieur par maison. On remarque le très faible taux d'endophilie de cette espèce ; 0,5%.

Tout au long de l'année, les densités par chambre sont restées très faibles. On note toutefois des pics d'abondance différents en débarras et en puits de Muirhead-Thomson (figure 22). On peut attribuer cette différence à la tenue de l'OPID en décembre 1996 qui est probablement responsable de la disparition de cette espèce dans les débarras entre janvier et avril 1997.

figure 22



3.3 / Préférences trophiques et taux d'anthropophilie

Le tableau XV montre les résultats de l'analyse des repas sanguins pour 103 femelles d'*An. arabiensis* capturées en état de gorgement.

Tableau XV: Nombre de femelles d'*An. arabiensis* gorgées sur homme ou boeuf, novembre 1996 à juin 1997

	chambre	Débarras	abri artificiel	puits de Muirhead	Total
homme	1	0	0	0	1
boeuf	2	0	70	30	102
total	3	0	70	30	103

La lecture du tableau XV nous apprend que l'espèce *An. arabiensis* à Fenoarivo présente un taux d'anthropophilie global égal à 0,9% (1 repas sur homme pour 103 repas sanguins analysés). L'hôte préférentiel de cette espèce est le boeuf. Dans ce village, le nombre de bovins est non négligeable et est parqué à l'extérieur des habitations.

Le taux d'anthropophilie global varie peu en fonction des périodes de l'année; 0% en novembre 1996, 1,6% entre décembre et avril 1997 et 0% en mai et juin 1997.

Le taux d'anthropophilie de la faune endophile semble non négligeable (1/3) mais les faibles effectifs n'autorisent pas d'extrapolation, il est nul pour la faune exophile.

3.4 / Taux d'infestation

Sur les 1071 *An. gambiae* s.l. capturés à Fenoarivo, 837 ont été testés en Elisa à la recherche d'antigènes circum-sporozoïtares (Ag CSP) de plasmodies humaines. Il manque encore les résultats concernant les spécimens capturés entre janvier et avril 1997.

Trois femelles ont été trouvées positives, l'indice sporozoïtique immunologique est de 0,36.

Deux femelles positives ont été capturées sur appât humain à l'extérieur en novembre et décembre 1996. La troisième provient d'une faune capturée en débarras en mai 1996.

4 / Tests de rémanence du DDT

Dans ce village, il n'a pas été possible de tester la sensibilité d'*An. funestus* aux insecticides car le nombre de vecteurs de cette espèce capturé est très faible. Il a seulement été possible de réaliser deux tests de rémanence du DDT, le premier 42 jours après la pulvérisation de décembre 1996 (tableau XVI) et le second, 186 jours après (tableau XVII). Les moustiques utilisés ont été capturés à Ambohimena.

Tableau XVI : Tests de rémanence du DDT, 42 jours après pulvérisation, à Fenoarivo sur *Anopheles funestus* (Betafo, Moyen Ouest)

	surfaces testées	nombre total de moustiques testés	nombre de morts après 24 heures d'observation	% de mortalité	observations
Témoins	mur crépi et blanchi	52	11	21 %	puits non traité
DDT (2 g/m ²)	mur crépi et blanchi	84	84	100 %	effet Knock-down très marqué après 1 heure de contact
	mur de briques nues	21	21	100 %	effet Knock-down très marqué après 1 heure de contact
	bois	61	61	100 %	beaucoup de survivants après 1 heure de contact

Le tableau XVI montre que l'effet du DDT à 1 mois est total quelque soit le support sur lequel il a été testé.

Tableau XVII : Tests de rémanence du DDT, 186 jours après pulvérisation, à Fenoarivo sur *Anopheles funestus* (Betafo, Moyen Ouest)

	surfaces testées	nombre total de moustiques testés	nombre de morts après 24 heures d'observation	% de mortalité	observations
Témoins	mur crépi et blanchi	30	7	23 %	mur d'une chambre non traitée
DDT (2 g/m ²)	mur crépi et blanchi	56	52	93 %	effet Knock-down très marqué après 1 heure de contact
	bois	32	24	75 %	-

Six mois après la pulvérisation, la rémanence du DDT est bonne sur le support de mur crépi et blanchi. Il est déjà moins bon pour le support "bois". Pour des raisons techniques, il n'a pas été possible de tester le support "chaume".

5 / Infestation humaine

Au cours des douze mois de ce suivi, 6 enquêtes transversales ont été réalisées auprès de la totalité de la population de ce village (environ 200 personnes). Les résultats de l'impaludation de la population sont montrés dans la figure 23. Pour rappel, nous indiquons l'indice plasmodique global de toute la population et celui des enfants âgés de 2 à 9 ans relevé par nos équipes dans ce village en août 1995. De même, nous indiquons ces mêmes indices pour le mois d'août 1997.

Depuis 1995, les indices plasmodiques ont sensiblement diminués (15% en juillet 1995, 7,1% en juin 1996 et 5,9% en juin 1997). Les différences sont significatives entre 1995 et 1996 ($p = 0,02$) et entre 1995 et 1997 ($p = 0,002$).

La classe d'âge la plus touchée est celle des enfants âgés de 2 à 9 ans entre les mois de juin à décembre 1996 (environ 55 enfants).

On observe une élévation des indices plasmodiques entre octobre et décembre 1996. Cela est sans doute en rapport avec le pic d'agressivité d'*An. arabiensis* enregistré à partir du mois d'octobre 1996. De surcroît, deux *An. arabiensis* ont été trouvées parasitées durant cette période. Les indices plasmodiques sont les plus bas en août 1996 et en février 1997. On constate aussi une légère augmentation des indices plasmodiques en avril qui coïncide avec l'élévation des densités d'*An. funestus* dans cette région (voir le village d'Ambohimena) mais que nous n'avons pas observé à Fenoarivo.

Le tableau XVIII montre l'évolution des indices gamétoctaires à *P. falciparum* pour chacun des passages parasitologiques à Fenoarivo.

Durant tout le suivi, seule l'espèce *P. malariae* en plus de *P. falciparum* a été mise en évidence dans ce village. Le taux de prévalence ne dépasse pas cependant 0,5%.

Tableau XVIII: Evolution des indices gamétoctaires à *P. falciparum* à Fenoarivo

	juin 1996	août 1996	oct. 1996	déc. 1996	fév. 1997	avr. 1997
porteurs de gamétoctes (%)	3/183 (1,6)	0/164 (0)	2/194 (1)	0/181 (0)	0/182 (0)	3/193 (1,6)

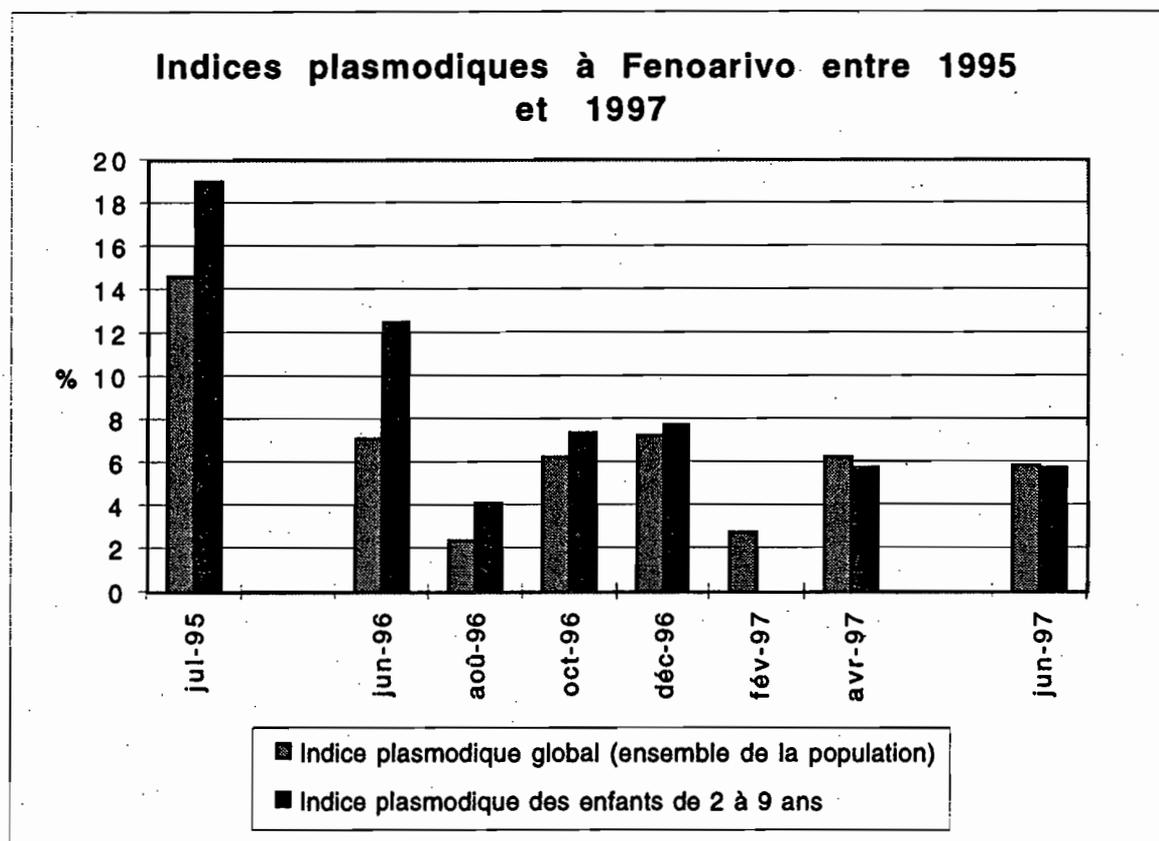
Dans ces villages du moyen ouest, les déplacements de population peuvent être importants. Les paysans du village de Fenoarivo et parfois avec eux leurs familles se déplacent volontiers pour effectuer des travaux agricoles dans les régions de l'ouest, endémiques pour le paludisme. Le rôle de ces déplacements dans l'importation de parasites n'est pas négligeable. Nous avons cherché à savoir quels étaient les taux d'impaludation respectifs des personnes restées au village entre deux passages successifs et de celles qui se sont déplacées hors du village au cours de cette intervalle de deux mois. Les résultats sont indiqués dans le tableau XIX. La principale information contenue dans ce tableau consiste à confirmer qu'il existe bien une transmission locale dans le village de Fenoarivo. Les indices plasmodiques de la population "sédentaire" sont constamment supérieurs à 2%. Toutefois, les taux d'impaludation des "voyageurs" sont toujours supérieurs, sauf en saison froide et la proportion de cas importés probables peut atteindre 20% à certaines périodes.

Tableau XIX: Evolution des prévalences plasmodiales à Fenoarivo en fonction des déplacements hors du village de la population

	juin 1996	août 1996	oct. 1996	déc. 1996	fév. 1997	avr. 1997
prévalences chez les						
sujets s'étant déplacés au cours des 2 mois précédant l'enquête	0 (n=6)	0 (n=18)	8,7% (n=23)	12,5% (n=8)	7,1% (n=14)	12,5% (n=8)
sujets restés au village au cours des 2 mois précédant l'enquête	7,6% (n=172)	2,8% (n=142)	5,9% (n=169)	6,9% (n=172)	2,4% (n=167)	5,9% (n=184)
proportion de "cas importés" probables sur l'ensemble des sujets positifs	0	0	16,7%	7,7%	20%	8,3%

n = taille de l'échantillon lors de chaque passage et dans chaque catégorie

figure 23

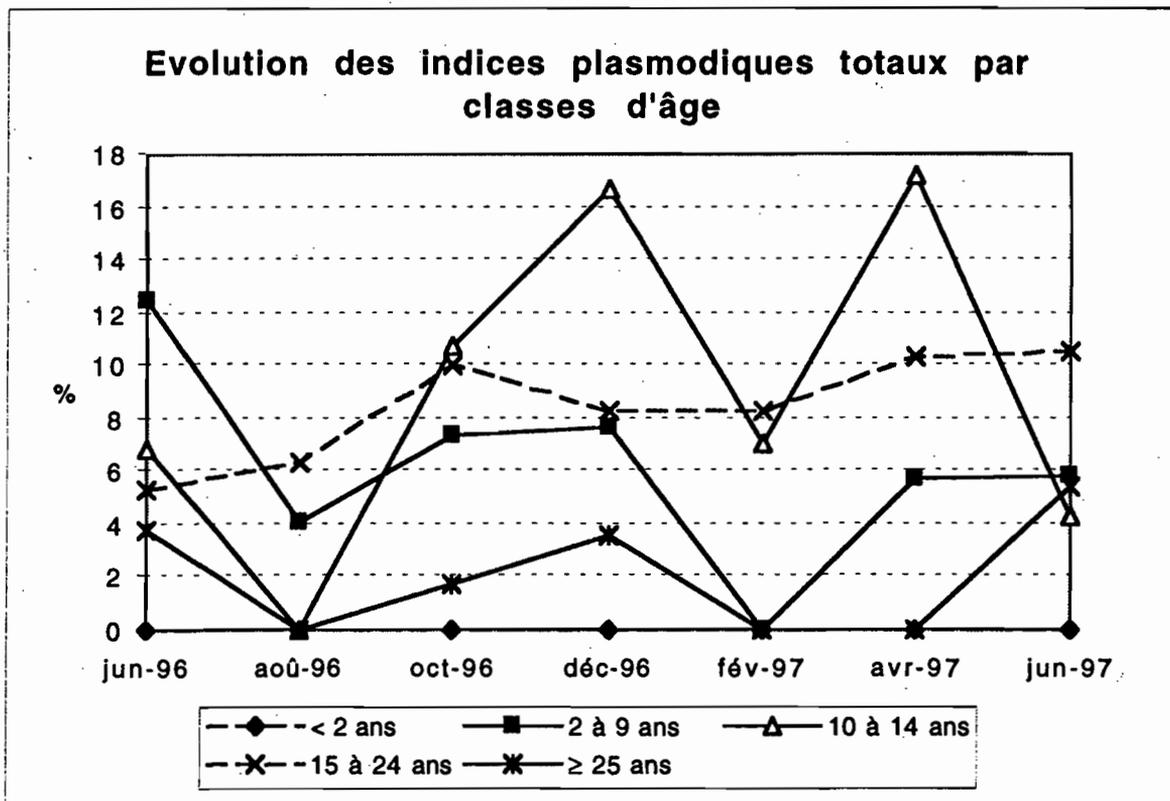


Le tableau XX montre que ce sont surtout les jeunes adultes de 15 à 24 ans qui présentent les densités parasitaires les plus fortes. La figure 24 indique que toutes les classes d'âge sont touchées par le paludisme à Fenoarivo avec une prédominance pour les enfants entre 10 et 14 ans. Les très jeunes enfants (moins de 2 ans) ont été chaque fois épargnés.

Tableau XX: Evolution des moyennes des densités parasitaires à *P. falciparum* par classes d'âge à Fenoarivo

sujets positifs	juin 1996	août 1996	oct. 1996	déc. 1996	fév. 1997	avr. 1997	juin 1997
< 2 ans (n)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
2 à 9 ans (n)	194 (7)	600 (2)	70 (4)	240 (4)	0 (0)	200 (3)	133 (3)
10 à 14 ans(n)	3660 (2)	0 (0)	306 (3)	150 (4)	160 (2)	624 (5)	800 (1)
15 à 24 ans(n)	20 (2)	140 (2)	120 (4)	1193 (3)	1533 (3)	3480 (4)	280 (4)
≥ 25 ans (n)	220 (2)	0 (0)	80 (1)	60 (2)	0 (0)	0 (0)	1226 (3)

figure 24



SYNTHESE

1 / Evaluation de la dynamique de la transmission dans les différentes strates du moyen ouest

1.1 / Strate des Plateaux en zone OPID; village type: Antsongondrano (altitude: 1400 mètres) (tableaux récapitulatifs XXI et XXIV)

Ce village se situe sur les Plateaux malgaches, les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 20 °C et les précipitations autour de 1500 mm d'eau par an.

Seule l'espèce *An. arabiensis* est présente dans ce village. Les densités de ce vecteur sont intimement liées à la dynamique des gîtes potentiels. On observe une élévation franche des densités agressives au début de la saison chaude et pluvieuse (fin novembre - début décembre), mais surtout correspondant à la période des labours et du repiquage des jeunes plants de riz dans ce village. A Antsongondrano, comme du reste autour de Betafo à cette altitude, les grandes potentialités d'apports en eau liées à l'irrigation rendent les paysans relativement indépendants de la pluviométrie pour le début de la saison rizicole qui démarre dès le mois d'octobre.

L'évolution des rizières vers l'épiaison (janvier) s'accompagne d'une diminution des densités agressives de ce vecteur. L'importance des cultures vivrières ou agro-industrielles autour de Betafo se traduit par la transformation du paysage agricole. Dès le mois de février et jusqu'à la fin de la saison chaude (mai), les rizières sont asséchées pour y implanter les cultures de rente. Ce phénomène ainsi que la présence de pulvérisations intra-domiciliaires de DDT dans cette zone depuis 1993 expliquent sans doute l'absence totale d'*An. funestus* dans ce village.

An. arabiensis est, à Antsongondrano comme ailleurs sur les Plateaux malgaches, classiquement exophage et exophile et son rythme d'activité horaire bi-modal est conforme aux observations antérieures.

Il faut cependant signaler la présence d'étables dans ce village. Le bétail est stabulé dans des locaux attenants ou intégrant les habitations humaines. Ce phénomène peut induire une modification du comportement trophique de cette espèce et la mettre davantage au contact de l'homme.

Une seule anophèle a été trouvée parasitée par *P. falciparum* dans ce village en décembre 1996. Ce résultat, malgré un taux calculé d'anthropophilie nul, montre une certaine plasticité de cette espèce dans le choix de ses hôtes. D'ailleurs, les fortes densités agressives pour l'homme à l'extérieur des habitations et dans une moindre mesure à l'intérieur démontrent une capacité d'attraction trophique pour l'homme.

Au total, il existe des densités élevées, notamment de femelles endophages, en décembre et en janvier soit pendant deux mois de l'année. Les températures moyennes mensuelles sont favorables au déroulement du cycle extrinsèque du parasite pendant cette période (de novembre à avril). Les mouvements migratoires humains vers les zones impaludées permettent une circulation du parasite. L'indice de stabilité ne peut pas être calculé car le taux d'anthropophilie est nul.

Nous ne sommes pas en mesure de prouver l'existence ou au contraire l'absence de transmission dans ce village. Quoi qu'il en soit, si une transmission existe, elle est due à l'espèce *An. arabiensis*, se déroule pendant à peine deux mois de l'année et vraisemblablement de façon irrégulière d'une année sur l'autre. Il s'agirait d'une transmission instable épisodique.

1.2 / Strate des versants occidentaux en zone OPID; village type: Fenoarivo (altitude: 1200 mètres) (tableaux récapitulatifs XXII, XXIV, XXV et XXVII)

Pour ce village, il faut d'emblée remarquer que nos observations ont coïncidé pour l'avant pulvérisation de DDT à la saison froide et sèche, période à laquelle les densités vectorielles sont classiquement faibles. La saison chaude et pluvieuse a suivi l'aspersion de DDT et s'est accompagnée de ce fait d'une diminution très nette des populations endophiles et endophages. Nous n'avons donc pas d'élément pour apprécier la dynamique de la transmission en saison chaude dans ce village en absence de DDT.

Par ailleurs, les aspects humains et écologiques prévalant dans ce village sont différents de ceux observés dans le village de la strate des Plateaux. En particulier, on note une densité de population

humaine plus faible et des espaces rizicoles moins étendus. Les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 22 °C et les précipitations annuelles aux alentours de 1500 mm d'eau. Le système d'irrigation ne permet pas le début de la saison rizicole en absence de pluies. Aussi bien le repiquage du riz ne débute-t-il qu'au moment des premières pluies, c'est à dire en novembre pour la saison 1996/97.

Dans ce village, trois espèces d'anophèles potentiellement vectrices de paludisme ont été capturées; il s'agit d'*An. funestus*, d'*An. arabiensis* et d'*An. gambiae* s.s.

L'espèce *An. arabiensis* prédomine largement et présente les mêmes caractéristiques éthologiques et biologiques qu'à Antsongondrano. Cependant, pour les raisons évoquées auparavant, son pic d'agressivité est décalé en janvier.

Chaque mois avant la pulvérisation de DDT qui a eu lieu en décembre 1996, nos équipes ont pu capturer *An. funestus*. Ce vecteur s'est avéré faiblement endophile et fortement exophage. Après décembre 1996, on observe le maintien de faibles effectifs d'*An. funestus* voire même d'*An. gambiae* s.s. *An. funestus* est apparu à chaque épiaison des deux tours de riz de ce village en janvier et en mars 1997. Mais il s'est maintenu sous une forme exclusivement exophile et exophage.

A Fenoarivo, il existe une transmission locale de paludisme due à l'espèce *An. arabiensis*. Seule cette espèce a été retrouvée parasitée par *P. falciparum* en fin de saison chaude (mai 1996) et en début de saison des pluies (novembre et décembre 1996). Malgré son exophagie et sa zoophilie prépondérantes, une fraction de la population de ce vecteur garde un contact avec l'homme (taux d'anthropophilie de l'ordre de 1%) et est responsable de la pérennisation du paludisme dans ce village en dehors de la saison froide et sèche. La transmission provoquée par ce vecteur est de toute façon instable et saisonnière (indice de stabilité inférieur à 0,1)

Il n'est cependant pas exclu que compte tenu de sa longue espérance de vie et malgré la présence de DDT, la population résiduelle d'*An. funestus* puisse relayer la transmission provoquée par *An. arabiensis*. En effet, près de deux ans après la dernière pulvérisation de DDT et avant celle de 1996, la population d'*An. funestus* capturée à Fenoarivo présente une espérance de vie de près de 12 jours et un taux d'anthropophilie égal à 32,4%. L'indice de stabilité calculé pour cette période est de 1,51. Avant la dernière pulvérisation de 1996 et malgré deux campagnes en 1993 et 1994, cette espèce était encore théoriquement responsable d'une transmission de stabilité moyenne. Après décembre 1996, aucun exemplaire de cette espèce n'a été capturé à l'intérieur des habitations humaines et le taux d'anthropophilie est nul.

1.3 / Strate des versants occidentaux hors OPID; village type: Ambohimena (altitude: 1000 mètres) (tableaux récapitulatifs XXIII, XXIV, XXVI et XXVII)

Le village de cette strate se situe en dehors de la zone de pulvérisation de DDT. A ce niveau, les densités de population humaine sont très faibles et les espaces agricoles restreints aux bas-fonds des vallées. Les températures moyennes annuelles (environ 24 °C) sont plus élevées qu'à Fenoarivo et surtout qu'à Antsongondrano. Les précipitations sont aussi un peu plus faibles (moins de 1400 mm d'eau par an).

Deux espèces de vecteurs du paludisme ont été identifiées dans ce village; *An. arabiensis* et surtout *An. funestus*.

Les densités d'*An. arabiensis* sont beaucoup plus faibles que dans les deux autres villages situés à des altitudes plus élevées. Il est probable que cette strate constitue la limite de répartition de l'espèce. Dans ce village, le taux de parturité de ce vecteur est très faible et son espérance de vie limitée. Malgré un taux d'anthropophilie plus fort qu'à Fenoarivo (près de 7%), l'indice de stabilité pour cette espèce à Ambohimena est inférieur à 0,1. *An. arabiensis* ne participe vraisemblablement pas à la transmission dans ce village.

Les densités d'*An. funestus* à Ambohimena suivent une évolution saisonnière marquée. Elles augmentent nettement en milieu de saison chaude et pluvieuse (février) et culminent au mois d'avril. Elles s'abaissent sans jamais s'annuler durant la saison froide et sèche. La variation horaire d'agressivité nocturne est assez classique avec un pic d'activité en deuxième partie de la nuit (entre 1 et 2 heures pour les femelles endophages) jusqu'à l'aube à un moment où les populations humaines commencent leurs activités quotidiennes. Il faut signaler que l'on observe un profil bi-modal d'agressivité des femelles exophages. Elles piquent nombreuses entre 1 et 2

heures et aussi entre 3 et 5 heures du matin. Ce phénomène est surtout marqué durant la saison froide et sèche.

Cette espèce présente un comportement endo-exophage avec une nette inclinaison pour l'endophilie.

La dynamique des populations d'*An. funestus* est liée au rythme de la riziculture et le maximum d'agressivité enregistré entre février et avril correspond à la période de l'épiaison et des récoltes dans cette région.

Compte tenu de sa grande espérance de vie (près de 9 jours), c'est fort logiquement que nous avons retrouvé 4 femelles d'*An. funestus* parasitées par des plasmodies (*P. falciparum* et *P. malariae*). Ces anophèles parasitées ont toujours été capturées au contact des habitations humaines en mai 1996 et en novembre 1996. Aucune anophèle n'a été trouvée positive entre les mois de juin et octobre traduisant l'absence probable de transmission en saison froide et sèche.

Il existe donc une transmission saisonnière longue à Ambohimena qui s'étend du mois de novembre au mois de mai. Ce résultat obtenu pour *An. funestus* à Ambohimena corrobore celui enregistré à Fenoarivo pour *An. arabiensis*. L'indice de stabilité pour *An. funestus* à Ambohimena est égal à 1,58. Si l'on considère les seules femelles endophiles, l'indice de stabilité est à 2,10 et pour les femelles exophiles à 0,58. La valeur de cet indice place ce village en zone de transmission de stabilité moyenne.

2 / Evaluation de l'opération de pulvérisation intra-domiciliaire de DDT dans les différentes strates du moyen ouest

L'opération de pulvérisation intra-domiciliaire de DDT, telle qu'elle est conduite actuellement, présente à nos yeux trois handicaps majeurs. En premier lieu, il est dommage de constater une alternance d'années avec pulvérisations et d'années sans pulvérisations dans les mêmes villages. Fort logiquement, le bénéfice escompté des aspersion diminue lorsque la pression insecticide s'abaisse. L'exemple du village de Fenoarivo est intéressant à cet égard. En deuxième lieu, lorsque les opérations se déroulent normalement, nous avons pu constater que la totalité des habitations pouvaient n'être pas pulvérisées. Un taux de couverture insuffisant peut expliquer en partie une moindre efficacité épidémiologique des opérations. En troisième lieu, les opérations de pulvérisation débutent en novembre et se terminent en février, soit bien après l'augmentation des densités vectorielles et la reprise de la transmission saisonnière.

Toutefois, nous avons pu juger de la bonne qualité technique des aspersion dans les villages suivis en 1996/97. Le DDT s'avère encore efficace (plus de 95% de mortalité) 6 mois après son application sur les murs en brique. Cette excellente rémanence du DDT est à mettre au crédit de la bonne qualité technique des aspersion effectuées par les équipes mobiles de la DLMT.

Cette rémanence au contact, au-delà de 6 mois, du DDT appliqué à la dose de 1 à 2 g/m² contre les vecteurs du paludisme a été mentionnée par l'OMS (12). Il est probable cependant que dans les conditions de l'OPID, cette rémanence n'excède pas nettement les 6 mois observés. En effet, nous avons pu constater que les villageois repeignaient pour les trois quart d'entre eux leurs maisons à l'occasion des cérémonies de Famadihana. Il nous a donc été impossible de vérifier la rémanence du produit entre les mois de juin et octobre mais la réfection des maisons ou l'application d'une couche de peinture sur les murs n'ont pu que réduire le contact entre le DDT et les vecteurs.

Les résultats enregistrés à Fenoarivo où les densités d'*An. funestus* ont très sensiblement diminué après la pulvérisation de DDT montrent l'efficacité de l'OPID en conditions normales.

Nous avons pu vérifier que la saison de transmission (soit à *An. funestus* soit à *An. arabiensis*) débute dès le mois de novembre pour globalement s'interrompre en mai de l'année suivante. L'insecticide employé doit donc être efficace pendant au moins 8 mois consécutifs ce qui pose actuellement problème. Cependant, la transmission assurée par *An. arabiensis* prédomine entre décembre et janvier alors que celle assurée par *An. funestus* culmine entre février et avril. Dans la région du moyen ouest que nous avons suivi, la transmission assurée par *An. arabiensis* semble apparaître dès novembre à l'étage situé entre 1200 et 1400 mètres alors qu'elle pourrait être décalée d'un mois entre 1000 et 1200 mètres. La transmission relayée par *An. funestus* pourrait n'exister

¹² WHO, 1997. - Chemicals methods for the control of vectors and pests of public health importance. - Ed. Chavasse & Yap, WHO/CTD/WHOPES/97.2, Geneva.

qu'en-dessous de 1200 mètres. Afin de tenter de couvrir l'ensemble de la saison de transmission, il pourrait être judicieux de tenir compte des variations liées à l'écologie des différents vecteurs et de débiter les opérations de pulvérisation dès le mois de septembre dans les régions d'altitude pour terminer par les régions plus bas situées, mais de toute façon avant novembre. Cela permettrait de surcroît d'éviter les problèmes liés à l'inaccessibilité de certains villages en saison des pluies.

3 / Evaluation de l'impact de l'opération de pulvérisation intradomiciliaire de DDT sur les indices plasmodiques chez l'homme

Au cours de ce suivi, nous avons mis en évidence dans le moyen ouest les quatre espèces plasmodiales parasitant l'homme. Du fait des campagnes de nivaquinisation antérieures, l'espèce *P. falciparum* prédomine à 95%.

L'évolution des indices plasmodiques des enfants âgés de 2 à 9 ans permet de suivre le niveau d'endémie dans chaque village.

A Antsongondrano, en juillet 1995, cet indice était à 2,1%. Un an plus tard en juin 1996, il était nul de même qu'en avril 1997. L'absence d'infection chez les enfants dans ce village est un argument supplémentaire en faveur d'une absence de transmission locale en 1996/97.

A Fenoarivo, l'évolution des indices plasmodiques des enfants est en tout point remarquable et riche d'intérêt. En juillet 1995, 19% des enfants de 2 à 9 ans sont parasités ce qui classe ce village en zone de mésoendémie après deux campagnes de pulvérisation de DDT en 1993/94 et 1994/95. En juin 1996, ils sont 12,5% à être parasités et en juin 1997 (6 mois après la dernière pulvérisation), il n'en reste que 5,8%. Ce dernier chiffre atteste que ce village, sous l'influence des campagnes de pulvérisations, est passé d'une situation mésoendémique à hypoendémique. Pendant le suivi, la classe d'âge la plus atteinte a été celle des enfants âgés de 10 à 14 ans ainsi que des jeunes adultes entre 15 et 24 ans témoignant d'une acquisition tardive, si elle existe, de la prémunition.

Enfin, à Ambohimena, on n'observe pas de variation interannuelle significative des indices plasmodiques des enfants de 2 à 9 ans (50,9% en août 1995, 48,6% en août 1996 et 41,9% en août 1997).

Par contre, il existe de fortes variations saisonnières dans ce dernier village où l'on observe une situation hyperendémique au cours de la saison chaude (72,2% des enfants parasités en avril 1997) et mésoendémique en fin de saison froide (27,7% en octobre).

La classe d'âge la plus atteinte est constituée par les enfants de 2 à 9 ans ce qui témoigne d'un niveau d'endémie plus élevé qu'à Fenoarivo.

**Tableau XXI: Nombre de *An. gambiae* s.l. capturés
par différentes méthodes entre mai 1996 et novembre 1997
à Antsongondrano**

	Faune agressive		Vecteur au repos (faunes résiduelles)				Total
	intérieur	extérieur	chambres	débarras	étables abris artificiels	abris naturels puits	
mai à novembre 1996	14	354	1	2	261	20	652
décembre à avril 1997	143	1078	6	0	361	93	1681
mai à novembre 1997	-	-	-	-	-	-	-
total	157	1432	7	2	622	113	2333

**Tableau XXII: Nombre de *An. gambiae* s.l. capturés
par différentes méthodes entre mai 1996 et novembre 1997
à Fenoarivo**

	Faune agressive		Vecteur au repos (faunes résiduelles)				Total
	intérieur	extérieur	chambres	débarras	abris artificiels	abris naturels puits	
mai à novembre 1996	27	126	3	76	63	19	314
décembre à avril 1997	75	534	2	0	88	58	757
mai à novembre 1997	4	59	1	0	33	25	122
total	106	719	6	76	184	102	1193

**Tableau XXIII: Nombre de *An. gambiae* s.l. capturés
par différentes méthodes entre mai 1996 et novembre 1997
à Ambohimena**

	Faune agressive		Vecteur au repos (faunes résiduelles)				Total
	intérieur	extérieur	chambres	débarras	abris artificiels	abris naturels puits	
mai à novembre 1996	9	22	7	2	73	37	150
décembre à avril 1997	14	39	0	15	28	17	113
mai à novembre 1997	16	52	8	46	65	34	221
total	39	113	15	63	166	88	484

Tableau XXIV: Récapitulatif des différents indices pour *An. gambiae* s.l. dans les trois villages

Pourcentage de :	Antsongondrano		Fenoarivo			Ambohimena		
	mai-nov 96	déc-avril 97	mai-nov 96	déc-avril 97	mai-nov 97	mai-nov 96	déc-avril 97	mai-nov 97
endophagie	3,8	11,7	17,6	12,3	6,3	29,0	26,4	23,5
endophilie	1,0	1,3	49,0	1,3	1,7	7,5	25,0	35,3
anthropophilie	0 ?		0,9			6,9		
parturité	65,2		68,7			29,5		
a	?		0,0036			0,0276		
p	0,843		0,860			0,614		
1/- log p	5,84		6,66			2,05		
stabilité	?		0,02			0,05		

**Tableau XXV: Nombre de *An. funestus* capturés
par différentes méthodes entre mai 1996 et novembre 1997
à Fenoarivo**

	Faune agressive		Vecteur au repos (faunes résiduelles)				Total
	intérieur	extérieur	chambres	débaras	abris artificiels	abris naturels puits	
mai à novembre 1996	9	27	21	37	14	9	117
décembre à avril 1997	1	2	0	0	1	2	6
mai à novembre 1997	0	4	0	0	3	3	10
total	10	33	21	37	18	14	133

**Tableau XXVI: Nombre de *An. funestus* capturés
par différentes méthodes entre mai 1996 et novembre 1997
à Ambohimena**

	Faune agressive		Vecteur au repos (faunes résiduelles)				Total
	intérieur	extérieur	chambres	débaras	abris artificiels	abris naturels puits	
mai à novembre 1996	215	371	863	295	193	130	2067
décembre à avril 1997	444	1142	449	496	441	9	2981
mai à novembre 1997	173	476	139	496	496	69	1849
total	832	1989	1451	1287	1130	208	6897

Tableau XXVII : Récapitulatif des différents indices pour *An. funestus* dans les deux villages

pourcentage de :	Fenoarivo			Ambohimena		
	mai-nov 96	déc-avril 97	mai-nov 97	mai-nov 96	déc-avril 97	mai-nov 97
endophagie	25,0	33,0	0	36,7	27,9	26,6
endophilie	71,6	0	0	78,2	67,7	51,2
anthropophilie	32,4	0	0	45,2 (endophiles: 60,2 et exophiles: 16,5)		
parturité		80,9		75,1		
a	0,130			0,181 (endo: 0,241; exo: 0,066)		
p		0,918		0,891		
1/- log p		11,68		8,73		
stabilité	1,51			1,58 (endo: 2,10; exo: 0,58)		

CONCLUSIONS

Le bénéfice de l'opération de pulvérisations intra-domiciliaires de DDT dans la région du moyen ouest semble indéniable. Au moment où paraît ce rapport se déroule le cinquième et dernier cycle de pulvérisations prévu au niveau central par la Ministère de la Santé et la DLMT avec l'aide des bailleurs de fonds internationaux (dont l'OMS et la Banque Mondiale). Dans le cadre de la décentralisation en cours à Madagascar, il est théoriquement envisagé de confier ultérieurement le contrôle antivectoriel et la lutte anti-paludique aux districts sanitaires.

Il nous semble que quelques conditions doivent être réunies afin de renforcer les résultats obtenus par l'OPID ces cinq dernières années.

Un effort accru doit être réalisé sur le plan des enquêtes de surveillance épidémiologique. Il s'agit de cartographier les zones à risque de réinvasion des vecteurs et notamment d'*An. funestus*. A ce titre, la zone des franges occidentales des Plateaux et notamment notre transect doit faire l'objet d'une attention toute particulière. En effet, il persiste une transmission locale essentiellement due à *An. arabiensis* dans des villages soumis aux aspersions et une population résiduelle d'*An. funestus* qui ne demande qu'à revenir à ses densités d'avant pulvérisation.

Une prolongation de la lutte par aspersions intra-domiciliaires serait sans aucun doute souhaitable au moins sur les marges de l'actuelle zone de pulvérisation. En effet, les indices plasmodiques qui se sont nettement abaissés sans toutefois totalement s'annuler depuis quelques années ne peuvent que remonter à leur niveau initial en même temps que se reconstituera la population de vecteurs. Les mouvements migratoires humains dans les zones actuellement contrôlées sont déjà responsables d'une circulation préoccupante des parasites.

Dans le cas où de nouvelles opérations de pulvérisation, qui répétons-le ont montré leur efficacité, devaient avoir lieu, il serait judicieux de les programmer dans leur totalité avant le début de la saison de transmission en intégrant les facteurs bioclimatiques et peut-être humains (calendriers de riziculture) dans le chronogramme des activités.

Le choix de l'insecticide à utiliser reste entier. Le DDT a montré son efficacité et sa bonne rémanence en conditions opérationnelles. Mais les populations commencent à s'en lasser du fait de ses inconvénients physiques (odeur et tâches) et surtout de sa non-efficacité sur les puces et autres insectes nuisants. Le problème de sa toxicité pour l'environnement et l'homme est actuellement l'objet d'une évaluation de la part de la DLMT.

Quoi qu'il en soit, nous reprendrons à notre compte les déclarations d'un groupe d'experts de l'OMS à ce sujet (12): " le DDT n'est plus l'insecticide de choix pour la lutte contre les vecteurs du paludisme, non pas tant pour des raisons environnementales ou toxiques mais bien parce qu'il existe aujourd'hui une large gamme d'insecticides de remplacement".

Enfin, l'étude du village de la strate des versants occidentaux des Plateaux hors zone OPID indique que *An. funestus* est responsable d'une transmission de stabilité moyenne. Ces villages du moyen ouest situés au niveau des franges de l'actuelle OPID pourraient ainsi être accessibles à la lutte contre les anophèles vecteurs et être inclus dans de futures opérations de lutte antipaludique.

F/ ANNEXE

Résultats concernant le village de Mahatsinjo

Ce village a fait l'objet d'une étude complémentaire sur fonds propres ORSTOM en marge du protocole signé entre le programme RAMSE et l'OMS. En effet, il nous a semblé intéressant de connaître la situation d'endémie palustre existant dans un village situé à plus de 50 kms à l'ouest de la marge de la zone OPID à une altitude moyenne de 800 mètres.

Le village de Mahatsinjo (commune d'Ambatotsipihina) a été visité tous les deux mois selon le même protocole que les trois autres villages. Le suivi entomologique a seulement consisté à réaliser des captures après pyréthrage de faunes au repos dans deux maisons lors de chaque passage. Les principaux résultats de ce suivi figurent dans le tableau suivant.

Résultats parasitologiques et entomologiques recueillis pendant un an dans le village de Mahatsinjo

	Juin 96	Août 96	Oct. 96	Déc. 96	Fév. 97	Avril 97	Juin 97
effectifs	190	239	293	289	288	308	289
IP total	56,3%	33,5%	45,4%	38,4%	34%	64,3%	56,7%
% <i>P. falciparum</i>	100%	95,4%	95,2%	95,2%	97,9%	98,7%	96,6%
IP 2 à 9 ans	76,6%	60,8%	68,5%	57,1%	53,3%	86,3%	81,5%
densités parasitaires (sujets positifs)							
< 5 ans	20154	513	2578	6669	1366	8268	5091
≥ 5 ans	2513	864	684	510	864	1373	911
densités/chambre							
<i>An. funestus</i>	58	5	2,5	9	15	13,5	-
<i>An. gambiae</i> s.l.	0	0,5	1,5	1	0,5	0	-

La lecture de ce tableau nous indique que ce village est situé en zone d'hyperendémie palustre. Malgré l'existence de variations saisonnières marquées, l'indice plasmodique total des enfants âgés de 2 à 9 ans reste chaque mois supérieur à 50%. Le niveau de la transmission est certainement très élevé (niveau proche de l'holoendémie) puisque les densités parasitaires des sujets positifs décroissent rapidement après l'âge de 5 ans.

L'espèce *An. funestus* a été capturée toute l'année dans les maisons et l'on observe un pic très marqué correspondant aux mois de février à juin.

L'espèce *An. gambiae* s.l. est présente dans ce village mais en faible densité. Son pic d'abondance semble se situer entre octobre et décembre.

Au total, la situation entomologique de ce village semble à première vue comparable à celle existant à Ambohimena. Les prévalences et les densités parasitaires observées suggèrent des niveaux de transmission et de stabilité plus élevés qu'à Ambohimena.