

BIOLOGIE DES VECTEURS DU PALUDISME A MADAGASCAR

--ooOoo--

PAR

G. CHAUVET - J. C O Z - H. GRUCHET et A. GRÉBINE

Entomologistes Médicaux de l' O.R.S.T.O.M.

et R. LUMARET

Médecin Chef du Service Antipaludique de Madagascar

BIOLOGIE DES VECTEURS DU PALUDISME A MADAGASCAR
-Résultats de 5 années d'Etudes (1958-1962) -

p a r

G. CHAUVET, J. COZ, H. GRUCHET et A. GRJEBINE
Entomologistes médicaux de l' O.R.S.T.O.M. ✻

et R. LUMARET

Médecin Chef du Service Antipaludique de Madagascar-

- Institut de Recherche Scientifique de Madagascar
- Service Général d'Hygiène et de Prophylaxie de Madagascar

—

Jusqu'à 1950, les renseignements entomologiques sur l'éthologie et l'écologie des anophèles de Madagascar sont assez rares et très fragmentaires (24-26-28) et particulièrement, en ce qui concerne les régions côtières.

A partir de cette date, des enquêtes sondages sont entreprises et permettent d'obtenir des renseignements de valeur (1-11-14-16-22-23) mais souvent partiels en ce qui concerne la biologie des vecteurs.

En Octobre 1957, le Dr ESTRABE, Directeur de l'Institut d'Hygiène Social présente au 3ème Congrès de P.I.O.S.A.(*) (Tananarivo) une communication, largement circonstanciée, d'où il ressort qu'après 10 années de lutte antipaludique par les insecticides domiciliaires, l'endémie persiste sur toutes les régions côtières et particulièrement sur la Côte Est. Il propose alors de lancer de grandes enquêtes paludométriques et entomologiques et expose les buts précis qu'elles devaient atteindre (12).

C'est ainsi qu'à la demande et avec les moyens matériels du Service Général d'Hygiène et de Prophylaxie dirigé également par le Docteur ESTRABE et pour le compte du Service Central Antipaludique dont le Chef de Service était alors le Médecin Colonel LUMARET, des études entomologiques ont débutées. Ces études entomologiques, menées de façon continue pendant au moins une année par les entomologistes ./...

de l'O.S.T.O.M. ont intéressé les régions suivantes : Côte Est (Tamatave et Maroantsetra) CHAUVET, 1958-1959 (2); Versant Ouest (Miandrivazo) GRUCHET, 1959-1960 (3); Côte Sud-Ouest (Morombe) COZ, 1959-1960, (9); Hauts-Plateaux (env. de Tananarive) CHAUVET, 1960-1961, (4). Depuis, elles ont été souvent étayées par des missions de contrôle (20) Pour compléter ces études générales, des recherches particulières sur la rémanence (5) et l'irritabilité occasionnée aux Anophèles vecteurs par le DDT (7) ont également été faites.

Jusqu'à maintenant, pratiquement rien n'a été publié sur ces recherches malgré leur nouveauté pour le pays et leur importance . Le compte-rendu de ces études est par contre, in extenso, dans les différents rapports ronéotypés du Service Central Antipaludique dont nous donnons, pour la circonstance, la liste en bibliographie.

I.- LES VECTEURS -

L'inventaire actuel de la faune anophélienne essentiellement dû à GRUBBIE (13-14-15-19) révèle 26 espèces ou sous-espèces dont 13 sont endémiques (tableau I). Une carte de répartition au 1/500.000 ° (18) a été dressée grâce à de nombreuses prospections systématiques et aux envois des quelques 60 assistants d'Hygiène Antipalustre du Service de Santé, en poste dans les C.M. de brousse.

Cette carte est continuellement mise à jour. A. marshalli considérée dans le passé comme une espèce importante, au moins en nombre, a été supprimée car elle n'est en fait qu'une variation morphologique d'A. nascaensis (6). Précisons également l'absence ou la non découverte d'A. gambiae melas.

Deux espèces, seulement, ont été trouvées spontanément infectées : A. gambiae Giles et A. funestus Giles (2-9-20-26-28). L'indice sporozoïtique actuel de ces espèces est bas (tableau II).

L'existence de vecteurs secondaires n'a, jusqu'ici, jamais été démontrée malgré un nombre déjà important de dissections des autres espèces principales (tableau III.)

II.- PALUDOMETERIE :

La lutte contre le paludisme a été entreprise à Madagascar depuis 1949 (1) par l'utilisation simultanée des insecticides domiciliaires

(DDT principalement) et de la chimioprophylaxie (chloroquine, en prise hebdomadaire, chez les enfants de 0 à 15 ans principalement)(24). Actuellement (1963) le paludisme est du type endémique et l'agent principal est Plasmodium falciparum. Suivant les zones géographiques la situation est la suivante : Hauts Plateaux, hypo-endémie faible; Ouest et Sud: hypoendémie; Est : mesoendémie.

III.- METHODES ET TECHNIQUES D'ETUDES ENTOMOLOGIQUES ET BUT POURSUIVI

A quelques variantes près, toutes les méthodes suivantes ont été employées systématiquement dans les 4 zones d'études entomologiques de longue durée.

1.- Chasse de jour dans les habitations -

Au tube à essai en s'aidant d'une lampe-torche (Côte Est (1959 et une partie de la mission du versant Ouest) autrement, pulvérisation de pyréthrine en solution dans le pétrole après étalement de draps sur le sol.

Détermination du taux d'exo ou endophilie (par comparaison avec capture de nuit à l'intérieur).

2.- Chasse de jour dans les gîtes artificiels -

Ces gîtes ont été le plus souvent des fûts métalliques hors d'usage d'une contenance de 200 l., à demi-enterrés dans le sol et recouverts de terre et de végétation, ou encore des petits abris " type Gillies " ou enfin des puits à alvéoles latérales " type Fairhead Thomson " (versant Ouest).

Détermination des espèces exophiles

3.- Chasses de nuit -

Le plus souvent couplée : captures à l'extérieur et à l'intérieur des habitations. Les manoeuvres-captureurs servant d'appât, toujours par équipe de 2, prennent au tube à essai, sur leurs jambes nues les Anopheles agressifs en s'éclairant par intermittence d'une lampe-torche. Détermination du taux d'endo ou d'exophagie de la population anophélienne anthropophile, du cycle d'activité horaire nocturne, de l'endo ou de l'exophilie (par comparaison avec capture en faune résiduelle de jour).

à l'extérieur, emploi dans les zones à bovidés de moustiquaires-piège avec pans relevés à 40 cm du sol, abritant soit un homme, soit un veau.

Détermination de l'anthropo ou de la zoophilie en exophagie -

Dans tous les cas de ce chapitre, captures séparées d'heure en heure. Femelles disséquées immédiatement ou conservées jusqu'au matin dans des boîtes isothermes remplies de glace.

4.- Cases-pièges

Cases type local, aux " murs " tapissés de tulle moustiquaire si nécessaire (cases côtières), avec fentes d'accès en V permettant l'entrée des moustiques, pièce secondaire de sortie orientée à l'Est. Pièce principale traitée (versant Ouest) ou non traitée avec home-appât.

Détermination de l'exophilie naturelle ou provoquée par des phénomènes d'irritabilité de la fraction endophagique anthropophile. Taux de survie des anophèles ayant eu des contacts avec un insecticide.

5.- Récolte des larves

Prospection régulière et répétée des mêmes gîtes larvaires permanents.

6.- Détermination des espèces capturées

Dans les 4 zones d'études, la détermination précise n'a pu souvent être faite qu'après montage de l'armature bucco-pharyngée (A. mascarenensis et A. marshalli; A. pauliani et A. radana; A. funestus et A. brunneus dans certains cas).

7.- Dissections :

Toutes les espèces capturées ont été disséquées autant que le temps libre le permettait.

Dissection et montage des glandes salivaires (indices sporozoïtiques)
Dissection du tractus génital pour la détermination du stade ovarien (Christophers et Mer) et de l'âge physiologique (Méthodes de Polodovola (1941) seule, jusqu'à la fin de 1958, associée ou non à partir de 1959 à la méthode des trachéoles de Denitova (1945) jusqu'au stade ovarien II fin et à la méthode des funicules de Polodovola (1949) mo-

difiée par Lewis (1958) à partir du stade ovarien III.)

Détermination du taux d'exo ou d'endophilie, du cycle gonotrophique, du taux de survie.

8.- Tests de sensibilité aux insecticides des anophèles adultes :

Réalisés grâce aux troupes normalisées fournies par l'O.M.S. sur les espèces reconnues vectrices du paludisme : A. gambiae Giles et A. funestus Giles, avec le DDT et la DED.

9.- Analyse de repas de sang :

Réalisée avec l'aide de l'O.M.S. par la méthode des précipitines (Lister Institute) sur étalament de sang.

Détermination des préférences trophiques d'espèce exo ou endophages endophiles.

10.- Essais biologiques de rémanence des insecticides :

Par la méthode de bio-essais avec le matériel standardisé par l'O.M.S. (Hauts Plateaux et versant Ouest). Par comparaison, entre cases traitées et non traitées, des survies/des exemplaires d'anophèles capturés en chasse de nuit et faune résiduelle du matin, dans les 4 zones d'études.

11.- Irritabilité occasionnée par le DDT.

Etude par la méthode O.M.S. sur A. gambiae (Hauts Plateaux) et par comparaison, entre cases traitées et non traitées, des captures d'anophèles, en chasse de nuit et faune résiduelle du matin (Est -Versant Ouest - Hauts Plateaux).

IV.- CHOROLOGIE, ECOLOGIE et ETHOLOGIE D'ANOPHELES GAMBIAE GILES

1.- Chorologie et écologie larvaire :

L'espèce se développe d'autant mieux que les gîtes larvaires sont plus récemment formés, bien ensoleillés et oxygénés, non ou peu pollués. La multitude des petites collections d'eaux naturelles (ornières, empreintes de sabots, excavations diverses, " carrières " de terre à briques...) répondent à cette définition des gîtes préférentiels ainsi que les rizières. Celles-ci représentent le gîte larvaire le plus important, le plus banal. En effet, elles couvrent quelques 800.000 ha. occupent 58 % des terres cultivées, se rencontrent dans toutes les

régions de Madagascar, excepté le Sud désertique et sont pour 90 % des rizières de saison de pluies (Nov. à Mai). Ces quelques constatations expliquent qu'A. gambiae se rencontre dans l'ensemble de l'île (16-23); seule, la densité saisonnière est variable puisque tributaire des variations climatiques des différentes régions naturelles de l'île. Sur les Plateaux (climat soudanien) A. gambiae est présent toute l'année, en grand nombre de Novembre à Mai (rizière), en nombre réduit de juillet à Septembre (4-16).

Sur la côte orientale (climat type guinéen) A. gambiae est également présent toute l'année. Son maximum de densité se situe en Janvier- Février, son minimum en Juillet-Août (2).

Sur la Côte occidentale (climat type sénégalien) on enregistre 2 poussées, la première en Mars-Avril-Mai, la seconde en Septembre - Octobre (9). Enfin, sur le versant occidental, la densité de l'espèce croît après la fin des grosses pluies avec son maximum en Août puis décroît rapidement (20).

La climatologie et la nature des gîtes larvaires, en relation souvent avec l'activité humaine, semble expliquer les divergences constatées. Du fait de cette large répartition, il a été possible d'étudier l'écologie et l'éthologie de l'espèce dans toutes les zones où une enquête a été entreprise.

2.- Ecologie et éthologie des femelles adultes :

a) - Préférences alimentaires :

Sur la côte orientale A. gambiae est anthropophile par nécessité du fait de la rareté du cheptel. Lorsqu'il a la possibilité de choisir (Versant et côte occidentale- Plateaux), il montre par contre une nette tendance à la zoophilie.

Les tests de précipitines analysés au Lister Institute de Londres, grâce à l'obligeance de l'O.M.S., ont donné à ce sujet des indications précises. Sur la côte ouest à Morombe, seulement 21, 61% des spécimens d'A. gambiae capturés dans les habitations humaines s'étaient gorgés sur homme alors que 75, 67 % s'étaient gorgés sur boeufs(9). Sur le versant occidental à Mianarivaso, il a été trouvé un pourcentage identique de repas homme et boeufs dans les mêmes conditions (20). Le boeuf est donc la principale source de nourriture d'A. gambiae dans ces régions

Sur les Plateaux, dans les environs de Tananarive, il y a une forte déviation zoophile. Cette zoophilie a été démontrée en comparant les nombreuses captures faites simultanément sur boeuf et sur homme aussi bien dans le cadre d'une étable que dans une maison : 80 % des femelles ayant eu le choix piquent le boeuf plutôt que l'homme (4). Dans ce dernier cas il semble qu'il y ait eu sélection d'une forme zoophile sous l'influence des pulvérisations domiciliaires d'insecticides répétées pendant 12 ans. En effet, différents auteurs jusqu'en 1954 (I-21-25) s'accordent à reconnaître qu'A. gambiae étaient couramment trouvés dans les maisons alors que depuis 1956 d'autres ne trouvent pratiquement plus l'espèce en dehors des étables (16) alors même (4) que les pulvérisations d'insecticide ont cessé depuis 3 ans. Ce problème fait l'objet d'études actuelles.

En définitive, il faut retenir de ces recherches qu'^{l'espèce}A. gambiae partout où il a été étudié est volontiers anthropophile, mais qu'il présente, dès qu'il a le choix, une forte déviation zoophile

b) -Endophagie - Exophagie.-

Il faut tout d'abord noter que les habitudes nocturnes du ou des hôtes possibles favorisent la tendance de l'anophele. Ainsi sur la Côte Ouest, la population a l'habitude de coucher à l'extérieur pendant la saison chaude, période d'activité maximum de l'espèce; sur la Côte Est les habitants restent au dehors jusque vers 21 h et ainsi 14 % de la population totale agressive durant la nuit, peut se gorger à l'extérieur.

Cette notion n'a en définitive de valeur que s'il y a naturellement des hôtes à l'extérieur et à l'intérieur durant la nuit et singulièrement dans les zones à bovidés parqués à l'extérieur. En effet, cette tendance à l'endo ou à l'exophagie favorisera dans une certaine mesure l'hôte choisi (en plus de la préférence trophique) et par la suite le lieu de repos.

Sur la côte Est où l'hôte principal pour ne pas dire unique est l'homme, l'Anophele est nécessairement endophage dès que l'hôte s'est retiré dans sa case la nuit. Néanmoins, il est intéressant de remarquer qu'^{les exemplaires de}A. gambiae ayant artificiellement le choix entre des hommes postés à l'extérieur et d'autres postés à l'intérieur, présente un taux d'endophagie nettement plus élevé pendant la saison fraîche (Avril-Octobre)

-68%^{qu} pendant la saison chaude 19% (période maximum d'activité de l'espèce). Ce taux calculé pour toute l'année s'élève à 45 % (2) et il est remarquable de constater qu'il est identique sur la c^ote Ouest, 41 % (9) et le versant Ouest, 43 % (20).

En ce qui concerne les Plateaux, d'une part la presque totalité de cette espèce d'Anophèle se gorge sur boeufs, d'autre part ces boeufs sont mis à l'attache à un arbre ou à un piquet ou sont réunis dans un parc ou une fosse. Il ne peut ainsi y avoir qu'exophagie. Même lorsque'il y a des étables, comme dans les environs de Tananarive, on peut difficilement parler d'endophagie alors que ces constructions ne sont le plus souvent qu'un abri sommaire : un toit et 3 ou 4 côtés fermés par une barrière ou une murette. Dans ce type d'abri, il a été vérifié que les conditions climatiques notées sur thermo et hygromètre enregistreurs sont identiques à celles des gîtes extérieurs. Pour la ~~plus~~ faible fraction anthropophile, l'endophagie est nécessaire pour atteindre l'homme qui s'enferme tôt dans son habitation, par ailleurs assez bien close, même par des moustiques (4).

c) - Cycle nocturne d'agressivité sur homme

Sur la côte orientale, A. gambiae atteint son maximum d'agressivité entre 23 et 24 h (2), sur le versant occidental entre 21 et 1 h (20), sur la côte occidentale il y a 3 maximum : entre 21 et 22 h, 1 h et 2 h et au lever du jour (9), sur les Plateaux entre 22 h et 2 h et au lever du jour (4).

d) - Cycle gonotrophique :

Sur la côte orientale (9), sur la côte (9) et le versant occidental (20) la durée de ce cycle est de 48 h pour les pares et 2 repas de sang semblent nécessaires pour la première ponte; sur les Plateaux (4-8) cette étude menée systématiquement au laboratoire et sur le terrain pendant la période d'activité maximum de l'espèce, permet d'évaluer également ce cycle à 48 h chez les pares et à environ 72 h chez les Nullipares. Chez ceux-ci un seul repas de sang, s'il est important, suffit expérimentalement pour atteindre le stade V. Dans la nature, les nullipares aux stades I ou II d'abord gorgés présentent en grande majorité un estomac distendu par le repas de sang qui doit leur permettre d'atteindre le stade V.-

e) - Endophilie -Exophilie (*)

C'est en 1959, sur la côte orientale (2) qu'il a été bien mis l'accent pour la première fois, sur l'exophilie délibérée intense d'A. ambise de cette région, en dehors de toute action insecticide. En 1961, cette exophilie a été contrôlée et chiffrée pour toute la côte Est, au nord de Tamatave, à un taux oscillant entre 94,5 et 97% (3). Sur la côte occidentale (9) 98 % également des exemplaires d'A. gambiae endophages anthropophiles sont exophiles et sur le versant occidental (20) 95 % -(Tableau IX).

Sur les plateaux, le problème est plus complexe car les données de base n'y sont pas aussi nettes. Aussi bien en 1956 (16) qu'en 1960 (27) il ne fut pas trouvé d'exemplaires d'A. gambiae dans les habitations. On pensa que ce fait provenait de l'action irritante du DDT employé alors. Mais, l'étude (4) reprise plus de 2 ans après la cessation généralisée des opérations de pulvérisations domiciliaires d'insecticide a permis de constater au moyen de chasses de nuit intensives, dans les meilleures conditions, qu'il n'y avait qu'un très faible nombre de spécimens de cette espèce qui pénétrait ./...

(*) - Un moustique est dit Endophile lorsqu'il passe la totalité ou la majeure partie de son cycle gonotrophique dans l'abri où il s'est gorgé. Pour un cycle de 48 heures par exemple, on devra trouver lors des faunes résiduelles à l'aurore, une très forte proportion de femelles gravides aux stades IV et V de Christophers. En comparant cette partie de faune résiduelle à la population totale qui s'est gorgée la nuit, on peut donc déterminer un coefficient d'endophilie égal à :

Nombre d'Anophele aux stades IV et V

Nombre d'Anophele se gorgeant la nuit.

Plus ce coefficient sera élevé, plus le taux d'endophilie sera important. Il y aura lieu, éventuellement, de corriger ce coefficient par le taux d'anthropophilie pour faire la part des moustiques gorgés à l'extérieur et venant se reposer dans les cases. Un moustique sera dit exophile lorsque la proportion des stades III de Christophers sera très faible par rapport au nombre de moustiques s'étant gorgés la nuit à l'intérieur.

./...

dans les habitations. En raison de ce faible nombre il n'a pu être chiffré le taux d'exophilie des anophèles ayant pénétré dans les habitations humaines. Pour essayer de juger néanmoins de la tendance de l'espèce de ce point de vue, il a été étudié au moins le comportement de l'énorme fraction zoophile.

La densité de la population anophélienne s'attaquant au bétail est telle qu'il s'est avéré impossible de déterminer le nombre d'A. gambiae se gorgeant sur le boeuf dans l'abri-étable. Dans ces conditions, aussi fructueuses que soient les récoltes en faune résiduelle dans les étables, il est bien difficile d'avoir une idée du pourcentage, même approximatif, des moustiques qui y sont demeurés par rapport à ceux qui y sont rentrés. On pourra dire, tout au plus, qu'un nombre important de femelles demeurent dans l'étable après le repas de sang qu'elles y ont pris, en se rappelant que l'étable n'est qu'un abri ouvert à tous vents. La population d'A. gambiae capturée en nombreux exemplaires à l'extérieur est en âge physiologique et en état de réplétion identique statistiquement à celle capturée à l'intérieur de l'étable. Il ne fut pas trouvé proportionnellement ni plus d'A. gambiae fraîchement gorgés à l'extérieur qu'à l'intérieur (ce qui aurait été un signe d'exophilie) ni plus d'A. gambiae gravide à l'intérieur qu'à l'extérieur (ce qui aurait été un signe d'endophilie). (Tableau ~~IV~~ V). En fait, l'abri étant très sommaire et les conditions climatologiques ne différant pas de l'extérieur, comme nous l'avons déjà vu, on est amené à considérer que l'espèce est exophile.

En définitive, partout où les observations ont permis d'obtenir des résultats chiffrés, A. gambiae marque une très nette tendance à l'exophilie (le taux le plus fréquent étant de l'ordre de 95 à 97 %).

f) -Coefficient de survie (*)

Sur la côte occidentale (9-10) le coefficient de survie est estimé à 0,90 pendant que sur le versant occidental (10) il est égal à 0,86 et sur les Plateaux (4) à 0,89 pendant la période de transmission.

3 - Conclusion :

Les faits principaux à retenir de ces études sur Anopheles gambiae

(*) Ce coefficient de survie est calculé en fonction de la proportion de femelles paires parmi la population totale capturée en chasse de nuit et en considération du cycle gonotrophique de l'espèce.

Giles, vecteur reconnu de Paludisme à Madagascar sont donc :

- l'importante zoophagie de l'espèce partout où elle a le choix entre homme et bovidés (majorité des régions malgaches sauf côte orientale).

- l'exophilie importante de la fraction endophage anthropophile

Autant de points qui sont des écueils importants lorsqu'on désire arriver à l'éradication du paludisme par les insecticides domiciliaires.

V.- CHRONOLOGIE, ECOLOGIE et ETHOLOGIE D'ANOPHELES FUNESTUS GILSS

1.- Chronologie et écologie larvaire

La répartition géographique à Madagascar, aux paysages divers est sous la dépendance du relief, du climat et de l'hydrographie qui en dépend. Celle-ci détermine les gîtes préférentiels de l'espèce et ses variations de densité saisonnière. Les larves se développent surtout dans les gîtes naturels, en particulier les ruisseaux à eaux courantes d'origines pluviales et souterraines ainsi que dans les marais et étangs alimentés par les ruisseaux temporaires et l'eau de pluie. L'eau propice est en général, limpide et ombragée par la végétation qui la borde. Les larves sont difficiles à capturer et la répartition doit être faite surtout d'après la capture des adultes.

Cette espèce se rencontre actuellement outre le versant et la côte occidentale (surtout Nord-Ouest), le versant et la côte Est, dans quelques zones bien définies des Plateaux, surtout en bordure de ceux-ci, à des altitudes ne dépassant pas toutefois en général 1.000 m (Régions de collines permettant la création de ruisseaux dans les talwegs) (4-16-20-22). Il semble que dans le passé cette aire de répartition était plus étendue dans cette dernière région. Cette régression est vraisemblablement à porter à l'actif des pulvérisations d'insecticides domiciliaires.

2.- Ethologie et écologie des femelles

L'étude systématique de la biologie d'A.funestus a surtout été menée sur le versant occidental, dans la région de Mandrivazo (60 m d'altitude) (20). Les principaux points de l'éthologie de l'espèce ont été reconnus en bordure des Plateaux, à l'Ouest de Tananarive

./...

dans le canton de Mahasolo (900 m d'altitude) (29). Seules changeraient les variations saisonnières. Dans la première région proche de marais permanents, A. funestus devient très abondant après la saison des grosses pluies. La courbe de densité croît à partir d'Avril, atteint son maximum en Août, puis décroît jusqu'en Novembre. Il semble que dans les villages éloignés des gîtes permanents la période de prolifération de l'espèce cesse en Août.

Dans la seconde région, la densité maximum de la population se situe au mois de Mai, après la saison des grosses pluies. Dans un cas comme dans l'autre, l'espèce est présente toute l'année.

a.- Préférences alimentaires

A Miandrivazo (20) on a pu constater à l'aide de moustiquaire-piège, l'une abritant des hommes, l'autre un veau, que les captures étaient doublées lorsque l'appât était le veau. De même, des captureurs placés près d'un parc à boeuf attrapent environ 2 fois plus de spécimens de l'espèce que d'autres éloignés d'une trentaine de mètres. Enfin, si 33 % des exemplaires d'A. funestus capturés dans les maisons se sont gorgés sur homme, 29 % se sont gorgés auparavant à l'extérieur sur boeuf. Dans les abris artificiels du village, moins de 3 % des femelles seulement étaient gorgées sur homme alors que 84 % s'étaient nourries sur boeuf (résultats de tests de précipitines réalisés par le Lister Institute de Londres sous l'égide de l'O.E.S.). En définitive, il est évident que la zoophilie prédomine sur l'anthropophilie lorsque les deux hôtes sont présents ainsi que cela avait déjà été remarqué dans la région Nord Ouest (16).

b.- Endophagie - Exophagie

A Miandrivazo (20) la fraction anthropophile de l'espèce est nettement endophagique avec un coefficient de 0,74. A Mahasolo, ce coefficient est de 0,53 pendant la saison d'étude qui correspond au maximum d'activité de l'Anophèle.

c.- Cycle nocturne d'agressivité sur homme

Les femelles d'A. funestus attaquent tard dans la nuit 60 à 65 % des captures sont réalisées après 0 h, avec la plus forte poussée entre 1 et 3 h (locales) (20).

d.- Cycle gonotrophique

Sa durée est estimée à 48 heures en saison chaude et à 72 h en

saison fraîche pour les femelles pares dans la région de Miandrivazo. Deux repas de sang semblent nécessaires aux femelles nullipares.

e) - Endophilie - Exophilie.-

Toujours dans la région de Miandrivazo (20) le rapport du nombre des captures en faune résiduelle (corrigé par le taux d'anthrophilie, pour faire la part des femelles zoophages provenant de l'extérieur) à celui du nombre des captures en chasse de nuit, ainsi que l'analyse de l'évolution des stades ovariens, permet de constater qu'environ 44 % des femelles endophages anthropophiles demeurent dans les habitations au moins jusqu'à la nuit suivante et que, parmi ces femelles, 27 % y feront toute leur digestion.

A Mahasolo (20) le pourcentage des femelles ^{en état de} maturité représente 45 % de la faune résiduelle totale du matin ce qui est également un argument d'endophilie; le taux d'endophilie n'a pu être établi faute d'analyse de repas sanguin pour déterminer les seules femelles gorgées de sang humain.

f) - Coefficient de survie.

Dans la région de Miandrivazo ce coefficient est de 0, 85 en saison chaude et de 0, 92 en saison fraîche (10-20).

3) - Conclusion :

Bien qu'A. funestus présente une tendance à la zoophagie, sa fraction anthropophile demeure importante. Sa tendance à l'endophagie et surtout à l'endophilie permet d'envisager la lutte, par les insecticides de contact, avec quelques succès.

VI.- ETUDES DE L'ACTION DES INSECTICIDES SUR CES VECTEURS

1.- Sensibilité aux insecticides.-

Les tests ont été réalisés grâce aux troupes standardisées fournies gracieusement par l'O.M.S. et suivant les normes édictées par cet organisme.

-A. gambiae Giles

Les CE 50 suivantes ont été déterminées :

A Miandrivazo, sur le versant occidental, DDT : 0,32 %, DLD:0,05 %

A Morombe, sur la côte occidentale, les CL 50 n'ont pu être calculés car, aussi bien avec les papiers imprégnés de DDT 0,25 % qu'avec les papiers traités à la DLD 0,05 % (concentrations les plus basses) 100 % des femelles de l'espèce étaient mortes au bout de 3 heures d'observation (9).

A Ivoiloina, sur la Côte orientale, un seul test a pu être fait avec chacun de ces insecticides, à défaut de détermination de la CL 50 on peut tout au moins affirmer qu'il n'y avait aucune résistance physiologique (2).

A. funestus Giles.-

Dans la région de Miandrivazo cette espèce est très sensible à l'action des insecticides de contact. Pour le DDT la CL 50 est de 0,32 % pour la DLD 0,07 % (20). Dans les marais d'Ilanja, à l'Ouest de Tananarive A. funestus s'est également montré très sensible au DDT et à la DLD (20).

2.- Rémanence des insecticides

L'étude a été faite par la méthode des "essais biologiques" utilisant les cônes plastiques fournis par l'O.M.S. sur différents murs traités au DDT ou à la DLD.- Le temps de contact était de 30 mn et l'observation faite 24 heures après.

Dieldrine -(Poudre mouillable à 50 % utilisée à la dose de 600 mg de produit actif /mètre carré)

Dans les environs de Tananarive, il a été déterminé avec ^(des exemplaires de) A. gambiae, que dans les meilleures conditions, la rémanence de cet insecticide peut atteindre 6 mois sur murs de boue latéritique séchée (27).

Dans la région de Miandrivazo, il a été constaté avec ^(des spécimens de) A. funestus, dans une case expérimentale non occupée, aux murs de boue argileuse enduits de sable latéritique, une mortalité de 72 %, 5 mois après pulvérisation de l'insecticide. Par contre, dans une case semblable mais habitée, cette mortalité n'atteignait plus que 29 % au bout de 3 mois (20).

D.D.T. (poudre mouillable à 75 % de matière active, utilisée à la dose de 3 g de DDT technique / m²).

Dans la région de Tananarive, cette étude, utilisant ^(l'espèce) A. gambiae

a fait l'objet d'une publication (CHAUVET, 1962) d'où il ressort que l'effet toxique sur le plan pratique ne dépasse ^{pas} 5 mois (environ 30 % de mortalité) sur murs d'argile latéritique séchée avec enduit de boue et de bouse de vache.

Dans la région de Miandrivazo, la mortalité des Anophèles testés (A. funestus) dépasse 49 % - 5 mois après traitement des murs d'une case expérimentale non occupée. Ces murs sont constitués de boue argileuse recouverte d'un crépis de sable latéritique. Mais le degré de rémanence est des plus variables dans les habitations occupées et suivant la nature de l'enduit couvrant les murs. Ainsi, la mortalité, au bout de 100 jours passe de 82 % à 36 % suivant que l'enduit est ^{constitué} de sable latéritique avec de la bouse de vache ou de l'argile.

Il résulte de cette série d'observations, bien plus complète en réalité, que dans les conditions pratiques. l'action létale intéressante ne dépasse pas 6 mois et que souvent, du fait de l'activité humaine, elle est inférieure à 4 mois.

3.- Irritabilité manifestée par ces vecteurs en présence de D.D.T.

Dans la région de Tananarive, l'étude de ce phénomène sur l'espèce A. gambiae a également fait l'objet d'une publication (CHAUVET 1963). En opérant suivant les normes de la méthode provisoire préconisée par l'O.N.S., il a été déterminé un coefficient d'irritabilité de 4, 4 pour 5 mm de contact. Par ailleurs, il a été comparé les résultats des captures en chasse nocturne et en chasse de jour au matin dans un local traité au DDT et dans un local non traité. Il est apparu ainsi que cet insecticide supprime pratiquement toute faune résiduelle du matin pendant 14 mois, bien qu'il ait perdu son pouvoir létal depuis de nombreux mois et qu'enfin le nombre des piqûres est réduit pendant 4 mois environ (7).

A Miandrivazo, des résultats voisins (20) ont été enregistrés avec ^{l'espèce} A. funestus en comparant les résultats des captures en chasse nocturne entre habitation traitée et non traitée. Le taux de piqûre nocturne a été abaissé durant 4 à 6 mois bien que l'action létale du DDT ne se soit plus manifesté dès le 3ème mois en pratique.

A Ivoloina, sur la côte orientale il avait été observé (2) qu'au moins pendant 9 mois, la faune résiduelle des cases traitées étaient plus faible que celle de cases non traitées.

CONCLUSION

Grâce à ces grandes enquêtes annuelles et aux études annexes de sensibilité, rémanence et irritabilité, la connaissance de la biologie des vecteurs à Madagascar a une base solide qui faisait défaut jusqu'à maintenant.

L'épidémiologiste y trouve de nombreux renseignements qui recourent ces informations paludométriques. L'hygiéniste responsable de la lutte contre les vecteurs du paludisme peut adopter une politique plus rationnelle et plus économique et éviter bien des leurre en ce qui concerne les possibilités d'un insecticide. Mais, tout n'est pas fait, tout n'est pas dit, il reste un travail énorme à effectuer. Bien des inconnues demeurent, par exemple: la biologie et les variations saisonnières d'A. funestus sur les Plateaux et le versant oriental, où l'hydrographie est différente de la région Ouest; la biologie du vecteur (?) dans le Sud; la biologie du ou des vecteurs (?) dans le Nord Ouest, l'efficacité des pulvérisations d'insecticide domiciliaire contre A. funestus, la recolonisation possible de la côte Est par cette espèce; l'étude du complexe A. gambiae...., autant de sujets d'études nécessaires pour mieux connaître les vecteurs du paludisme à Madagascar. Ce paludisme dont l'indice de transmission est encore de 13,25 % dans l'ensemble des provinces côtières de la Grande Ile.

Tananarive le 23/11/63

Chauvet

Guy CHAUVET
MÉDECIN GÉNÉRALISTE
D. M. S. P.

R E S U M E

Ces dernières années, les auteurs ont étudié pendant des enquêtes d'une durée minimum d'une année, en différents lieux de Madagascar, tout particulièrement la biologie des Anophèles trouvés porteurs de sporozoïtes (Anophèles gambiae et A. funestus).

Les faits principaux à retenir de ces études sont :

Pour A. gambiae (mieux étudié car largement répandu)

- Forte zoophagie lorsque le choix des hôtes est possible.-
- Exophilie délibérée de l'importante fonction endophage et anthropophile.-

Pour A. funestus-

- Importante zoophagie lorsque le choix des hôtes est possible.-
- Tendance à l'endophagie et endophilie

Des études diverses sur l'action des insecticides ont également été menées. Il en ressort que :

- Ces 2 vecteurs sont sensibles au DDT et à la DLD.
- La rémanence pratique, c'est-à-dire occasionnant une mortalité satisfaisante, ne dépasse pas 5 à 6 mois dans les meilleures conditions.
- L'irritabilité occasionnée par le DDT à ces vecteurs diminue l'action létale de l'insecticide.

En définitive, il semble difficile d'obtenir l'éradication du paludisme par les insecticides actuellement employés en ce qui concerne Alcambine. Par contre, on peut espérer de bons résultats dans la lutte contre A. funestus.

- SUMMARY -

These last years, the authors have observed during one year in different parts of Madagascar, the biology of Anopheles which have been found infected with sporozoits. (Anopheles gambiae and A. funestus).

The principal observations are :

A. gambiae : Important zoophagy when choice is possible,
Exophily of the large endophagic and anthropophilic
fraction.

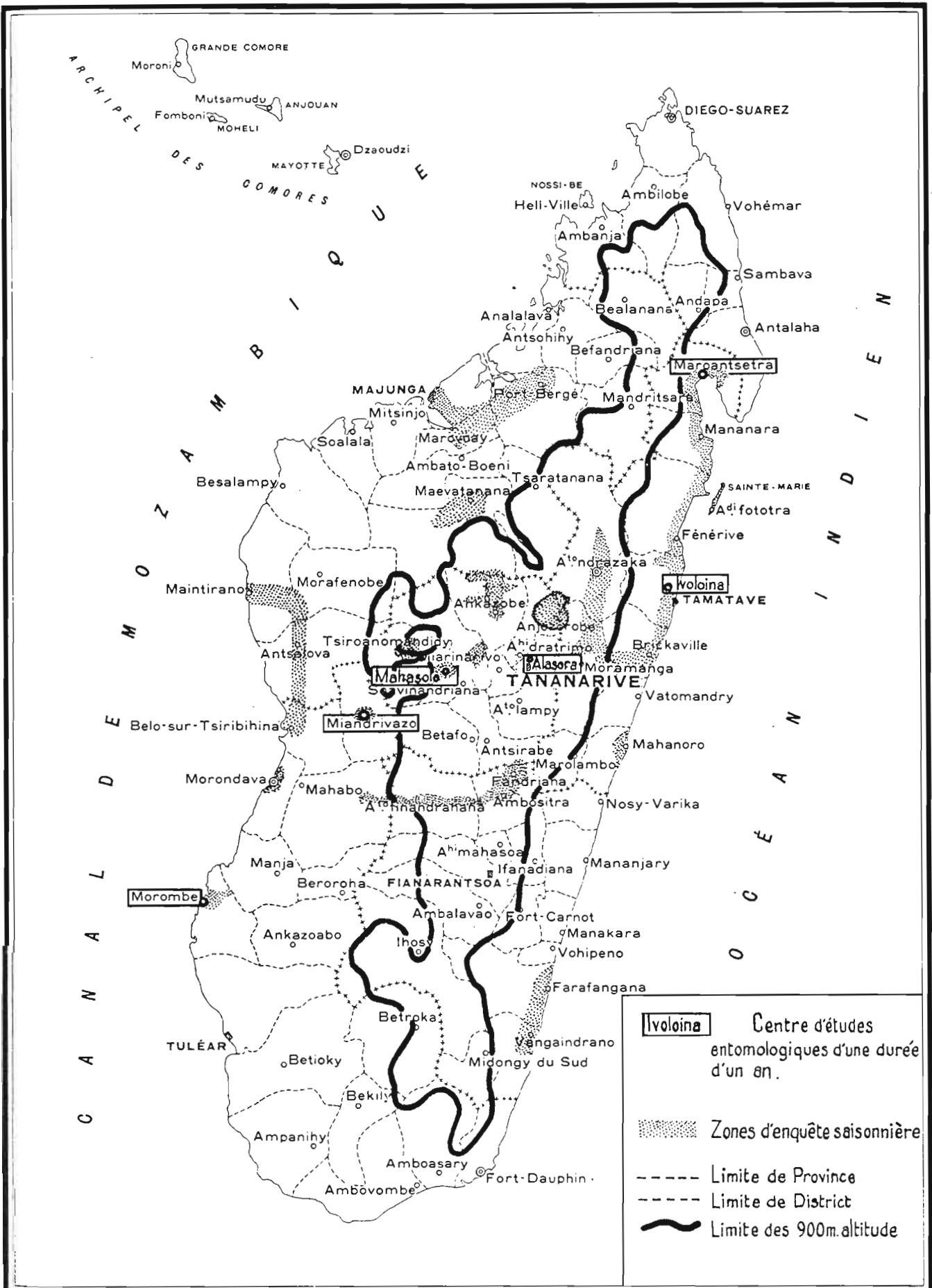
A. funestus : Important zoophagy when choice is possible
Endophagy and endophily.

Different studies on the insecticide-action have been done.

Authors have concluded that:

- These two vectors are susceptible to DDT and DLD
- Residual action causing a satisfactory mortality does not exceed five or six months
- D.D.T. irritability decreases lethal action of the insecticide.

Thus it seems difficult to obtain malaria-eradication with actually employed insecticides for A. gambiae. On the other hand, with A. funestus, malaria-eradication may be possible.



- TABLEAU I -

Espèces anophéliennes de Madagascar

1 - Sous-genre Anopheles Christophers (1915)

Groupe Anopheles Root (1923)

- A. constanti constanti Lavaren (1900)
- A. constanti tenebrosus Donitz (1902)
- * A. fuscicolor fuscicolor Van Someren (1947)
- * A. fuscicolor soalalaensis Grjebine (1953)

2 - Sous-genre Nyssonvia Blanchard (1902)

Groupe Nyssonvia Christophers (1924)

- * A. grisei Grjebine (1953)
- * A. grisei Grjebine
- * A. leoni Grjebine (1953)
- * A. neocrossi de Meillon (1947)
- * A. miloti Grjebine & Leon (1953)

- * A. notigyi Van Someren (1949)
- * A. raulieni Grjebine (1953)
- * A. rudani de Meillon (1943)
- * A. ranci Grjebine (1953)
- * A. roumili Grjebine (1953)

Groupe Nyssonvia Christophers (1924)

- A. brunnea Théobald (1910)
- A. flavicornis Edwards (1911)

- A. funestus funestus Giles (1900)
- * A. grisei Grjebine (1960)

Groupe Pyrocyphus ^{Edwards (1932)} Blanchard

- A. amblye carlise Giles (1902)

Groupe Macellia Christophers (1924)

- A. maculipennis Giles (1902)
- A. neoboriensis Théobald (1903)

- A. rufipes rufipes Gough (1910)

Groupe Collia Christophers (1924)

- A. auranticolobatus Gough (1910)
- A. rhacensis Théobald (1901)

- A. caucasicus caucasicus Théobald (1901)
- A. caucasicus cylindrus de Meillon (1951)

(*) - Les espèces marquées d'un astérisque sont des espèces endémiques.

TABLEAU II

Dissections de glandes salivaires effectuées à Madagascar

	AUTEUR	DATE	REGION	NOMBRE D'EXAMENS	+	%
<u>A. mambia</u>	Legendre	avant 1933	Plateaux	728	25	3,43
	Houier	1937	Plateaux	1130	1	0,08
	Wilson	1943	Tamatave	56	4	7,1
	Wilson	1943	Diégo-Suarez	78	5	6,5
	Doucet	1948-50	Tananarive	500	5	1,0
	Chauvet	1959	Tamatave	763	7	0,91
	Coz	1960	Borombe	971	8	0,08
	Gruchet	1960	Hiandrivazo	1595	1	0,06
<u>A. funebris</u>	Houier	1937	Plateaux	1405	2	0,14
	Wagster Wilson	1943	Ivato (plateaux)	49	6	12,24
	Wilson	1943	Fianarantsoa	697	48	6,8
	Wilson	1943	Diégo-Suarez	295	14	4,8
	Gruchet	1960	Hiandrivazo	6006	3	0,049

Tableau III

Recherche de vecteurs secondaires tous résultats négatifs

ANNEE	1959	1960	1960	
REGION	Tamatave	Morombe	Miandrivazo	TOTAL
AUTEUR	Chauvet	C o z	Gruchet	
<u>A. coustani</u>	2345	2051	1738	6134
<u>A. nascarensis</u>	4350	958	1	5309
<u>A. peuliani</u>	630	10	1078	1718
<u>A. fuscicolor</u>	84	1520	122	1726
<u>A. squamosus</u>	107	1173	62	1342
<u>A. pharoensis</u>	18	659	354	1031
TOTAL	7.534	6.371	3.355	17.260

- T A B L E A U I V -

Détermination du taux d'exophilie (*)

Anophèles anthropophiles endophages

L i e u x	Côte Est	Côte Ouest	Versant Ouest	
Période	Février - Mars 61	Janvier - Décembre 60	Août - Décembre 60	
Espèces anophéliennes	A. gambiae	A. gambiae	A. gambiae	A. funestus
	352	4.783	83	2013 (**)
F.R.	3,92	5,88	2,70	62,39
	0,22	1,77	0,82	20,60
	100 %	21,62 %	43,5 %	63 %
	1718	4.056	226	848
Ch.d.n.	107,35	67,80	26	89
	96 %	98 %	95 %	56 %

(*) - Par comparaison des captures à l'intérieur d'habitation 1°/ en Faune Résiduelle (F.R.) du matin (seulement A. gorgés de la nuit même et anthropophages (correction par taux d'anthropophilie si nécessaires).
2°/ et en Chasse de nuit (Ch.d.n.) A. capturés agressifs sur hommes-appâts.

(**) - Nombre inférieur à réalité (Rapport Gruchet 1960 - p. 11) car souvent petite pièce à réserve de riz, non traitable par solution de pyrethrines.

Tableau V

Comparaison par la méthode de l'écart-réduit
de l'âge physiologique et de la maturité ovarienne
des exemplaires d'A. gambiae capturés soit à
l'extérieur soit à l'intérieur d'abri-étables.

Environs de Tananarive - Période Décembre - Janvier 61

Age physiologique :

		Taux de Parité
Intérieur	: 418 Pares (*) / 530	0,79
Extérieur	: 91 Pares / 112	0,82
Total	: 509 = n ₁ 642 = n ₂	

$$p = \frac{n_1}{n_2} = 0,79 \qquad q = 1 - p = 0,21$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n_1} + \frac{p \cdot q}{n_2}} = 0,024 \qquad e = 0,03$$

e.r. = 1,2. Différence non significative.

Maturité ovarienne : (**):

		Taux d'immatures
Intérieur	: 223 immatures / 418	0,53
Extérieur	: 45 " / 91	0,49
Total	: 268 509	

$$p = 0,52 \qquad q = 0,48 \qquad \sigma_d = 0,057 \qquad e = 0,04$$

e.r. = 0,7. Différence non significative.

(*) - Age physiologique déterminé par la méthode des trachéoles de Detinova (1945) jusqu'au stade II fin, et par la méthode de Lewis (1958) à partir du stade III.

(**) - Seulement chez les femelles paires, plus nombreuses.

BIBLIOGRAPHIE

1. BERNARD (P.M.).- Trois ans de lutte antipaludique à Madagascar.- Bull. de Madagascar 96, pp. 387-458, 1954.
2. CHAUVET (G.).- Observations sur la biologie d'*Anopheles gambiae* Giles sur la côte Est de Madagascar au cours d'une enquête de quatorze mois.- in: Rapport du Service Central Antipaludique de Madagascar, T. 2, pp. 39-86, Ronéotypé, 1959.
3. CHAUVET (G.).- Mission entomologique sur la côte Est (Tamatave-Ile Ste-Marie-Maroantsetra), Fév. Mars 1961.- Document dactylographié. Archives du S.A.P. de Madagascar, 31 p., 1961.
4. CHAUVET (G.).- Mission d'études entomologiques sur les Hauts-Plateaux de Madagascar (Avril 1960-Juin 1961).- Document ronéotypé. Archives du S.A.P. de Madagascar, 45 p., 1962.
5. CHAUVET (G.).- Rémanence du D.D.T. dans les environs de Tananarive. Sensibilité d'*Anopheles gambiae* Giles à cet insecticide.- Méd. trop. (Marseille) 22 (5), pp. 616-623, 1962.
6. CHAUVET (G.).- Variabilité géographique chez les femelles d'*Anopheles mascarensis* de Meillon, 1947 - Absence d'*A. marshalli* Théo., 1929, à Madagascar.- Bull. Soc. Patho. exo. 55 (6), pp. 1145-1156, 1962.
7. CHAUVET (G.).- Notes sur l'irritabilité d'*Anopheles gambiae* au D.D.T.- Méd. trop. (Marseille) 23 (1), pp. 125-138, 1963.
8. CHAUVET (G.).- Etude du cycle gonotrophique d'*Anopheles gambiae* Giles sur les Hauts-Plateaux de Madagascar.- Bull. Soc. Patho. exo., 1954 (1er trimestre). (En préparation).
9. COZ (J.).- Mission d'études entomologiques dans le Sud-Ouest de Madagascar. Déc. 1959-Déc. 1960.- Document ronéotypé. Archives du S.A.P. de Madagascar, 15 p., 14 tabl., 1961.
10. COZ (J.), GRUCHET (H.), CHAUVET (G.) et COZ (M.).- Estimation du taux de survie chez les *Anopheles*.- Bull. Soc. Patho. exo. 54 (6), pp. 1353-1358, 1961.
- 11.- DOUCET (J.).- Les Anophelinés de la région malgache.- Publ. Inst. Rech. Sci. Madagascar, 1951.

12. ESTRADÉ (F.).- Bilan de dix années de lutte antipalustre - Problèmes actuels. Compte-rendu du 3e Congrès du PIOSA, Section G, pp. 75-76, Tananarive, 1957.
13. GRJEBINE (A.).- Observations sur les Nématocères vulnérants de Madagascar. Région de Majunga et de la Mandraka - (Diptères). - Mém. Inst. Sci. Madagascar, E, IV, pp. 443-502, 1953.
14. GRJEBINE (A.).- Données nouvelles sur le peuplement anophélien de Madagascar.- Nat. malgache V (1), pp. 29-33, 1953.
15. GRJEBINE (A.).- Une nouvelle espèce d'Anophele de Madagascar (Dipt. Culicidae).- Nat. malgache V (2), pp. 203-209, 1953.
16. GRJEBINE (A.).- Aperçu sommaire du peuplement anophélien à Madagascar.- Bull. org. mond. Santé 15 (3-4-5), pp. 593-611, 1956.
17. GRJEBINE (A.).- Présentation de la carte 1/500.000e des Anopheles de Madagascar et des Comores. Compte-rendu 6th internat. Congr. trop. Méd. Malaria, Lisboa, pp. 284-285, 1958.
18. GRJEBINE (A.).- Répartition des anopheles de Madagascar (cartes routières au 1/500.000e - 9 feuilles).- Inst. Rech. sci. Madagascar, Tananarive, 1958.
19. GRJEBINE (A.).- Un nouvel Anophele de Madagascar, *A. griveaudi* nov. sp.- Bull. Soc. exot. 53 (6), pp. 939-942, 1960.
20. GRUCHET (H.).- Mission d'études entomologiques sur le versant Ouest de Madagascar, Déc. 1959-Déc. 1960.- Document ronéotypé. Archives du S.A.P. de Madagascar, 23 p., 26 t., 15 fig., 1961.
21. GRUCHET (H.).- Etude de l'âge physiologique des femelles d'*Anopheles funestus funestus* Giles dans la région de Miandrivazo, Madagascar.- Bull. soc. path. exot. 55 (1), pp. 165-174, 1962.
22. LACAN (A.).- L'Anophelisme des Plateaux de Madagascar en 1952.- Mém. Inst. Sci. Madagascar, E (4), pp. 503-519, 1953.
23. LACAN (A.).- Les gîtes larvaires des Anophelinés de Madagascar.- Mém. Inst. Sci. Madagascar, E (6), pp. 349-374, 1955.
24. LEGENDRE (J.).- Le Paludisme à Tananarive.- Bull. soc. path. exo. 23 (1), p. 122, 1930.
25. LUMARET (R.).- Résultats et enseignements de 12 années de lutte contre le paludisme à Madagascar. - Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées. Genève, 1963.

26. MONIER (H.M.).- Caractères de l'Anophelisme sur les Plateaux de l'Emyrne.- Imprimerie Officielle de Tananarive, 1937.
27. NGY VAN DUANG.- Rapport ronéotypé sur une mission O.M.S. temporaire à Madagascar.- O.M.S. Brazzaville, 1960.
28. WILSON (D.B.).- Malaria in Madagascar.- E. Afr. med. J. 24 (4), pp. 171-176, 1947.
29. Rapports de prospections de l'équipe entomologique du S.A.P. dirigée par G. CHAUVET.- Archives du S.A.P. de Madagascar.