

# PRÉSENCE A MADAGASCAR DE LA RÉSISTANCE A LA DIELDRINE chez la forme B du complexe *Anopheles gambiae* Giles

par

G. CHAUVET\* et G. DAVIDSON\*\*

---

## 1 - Introduction

Le Laboratoire d'Entomologie médicale du Centre O.R.S.T.O.M. de Tananarive et le Service de Lutte contre les Grandes Endémies de Madagascar effectuent actuellement, avec l'aide du Ross Institute de Londres, une enquête sur l'identité et la répartition des différentes formes du complexe *A. gambiae* existant à Madagascar (DAVIDSON, 1964 ; PATERSON, 1964).

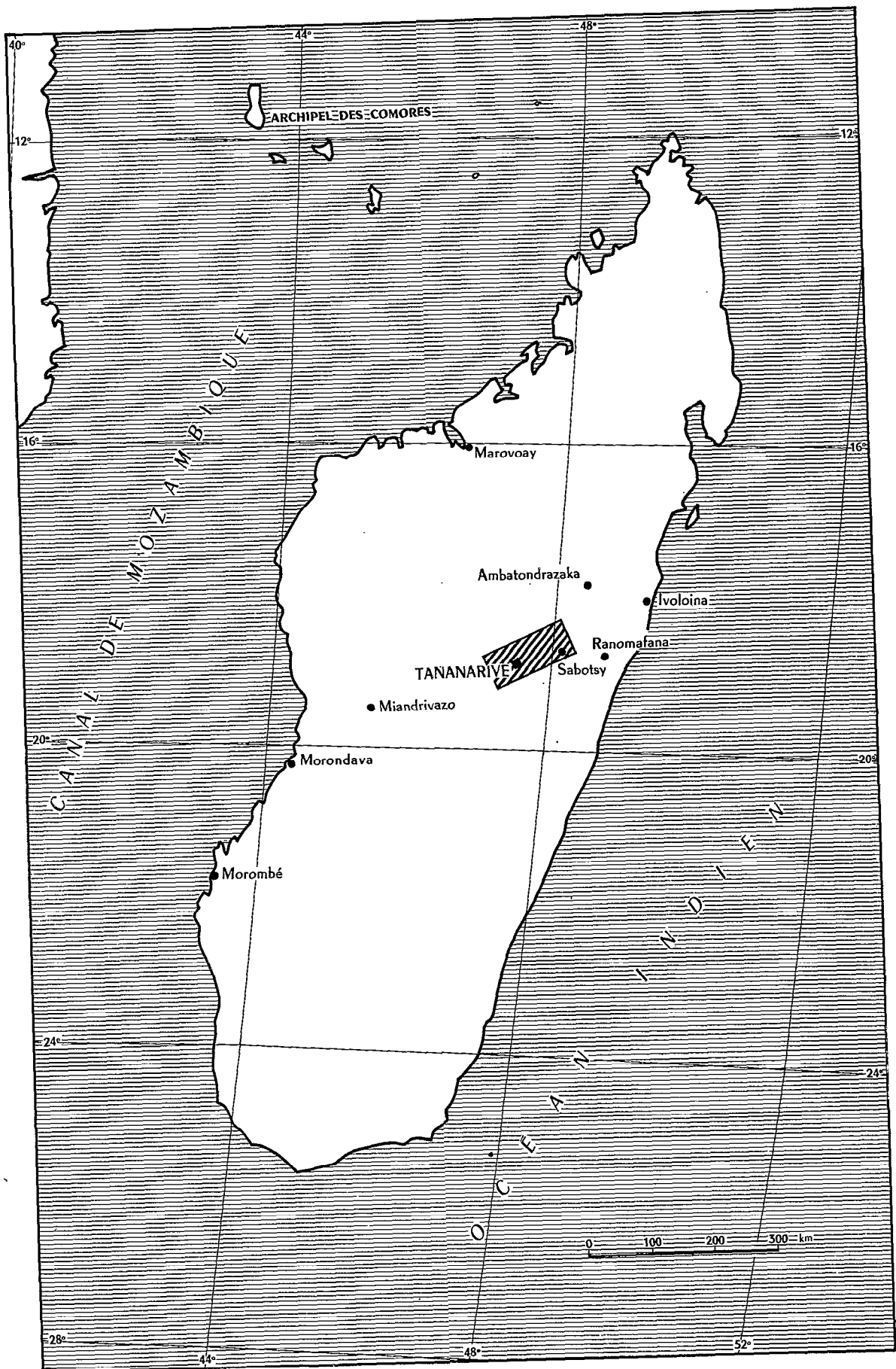
Les femelles d'anophèles appartenant au complexe *A. gambiae* sont récoltées en différents points de l'île. Les pontes de ces femelles sont recueillies isolément et sont adressées au Ross Institute pour identification par croisement avec des souches de référence. Les tests de routine effectués au cours de ce travail ont permis de découvrir la présence d'individus résistants à la dieldrine, et les observations faites au laboratoire ont été confirmées par des tests exécutés sur le terrain.

Dans l'ensemble de ce travail, le terme *A. gambiae*, sans autre précision, sera employé pour désigner le complexe *A. gambiae* dont au moins deux formes, A et B, existent à Madagascar.

---

\* Entomologiste médical de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), Centre de Tananarive, Madagascar.

\*\* Entomologiste médical du Ross Institute, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Grande-Bretagne.



Carte 1

Localités de Madagascar où a été recherchée la résistance aux insecticides chez *A. gambiae* s.l.  
 En grisé, autour de Tananarive, la zone représentée par la carte 2.

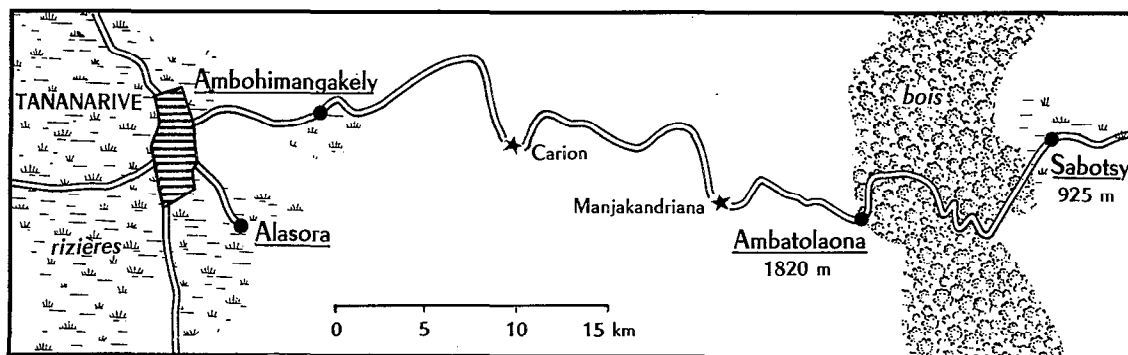
## 2 - Découverte de la résistance à la dieldrine

### 2 - 1. Régions étudiées

La résistance à la dieldrine a d'abord été observée dans deux localités situées respectivement au sommet et au pied de la première falaise orientale, à 45 km à vol d'oiseau de Tananarive : Ambatolaona (1 320 m d'altitude) dans une région vallonnée, largement boisée, avec des rizières dans les bas-fonds, et Sabotsy-Anjiro (925 m d'altitude) dans une région de rizières.

Elle a été par la suite également découverte dans des localités situées seulement à quelques kilomètres à vol d'oiseau de Tananarive, dans une région constituée par un haut plateau occupé par de vastes rizières (carte 2).

Carte 2



Région de Tananarive avec position des villages dans lesquels ont été trouvés des populations d'*A. gambiae* s.l. résistantes à la dieldrine.

### 2 - 2. Observations au laboratoire

Au début de l'année 1965, une ponte d'*A. gambiae* provenant d'Ambatolaona et trois pontes provenant de Sabotsy-Anjiro ont été envoyées au Ross Institute où elles ont été rapportées à la forme B d'*A. gambiae*. Un échantillon de chacune des pontes a servi à l'exécution de tests de sensibilité à la dieldrine, en employant les concentrations discriminatives proposées par l'un d'entre nous (G.D.) et la méthode de Busvine-Nash (DAVIDSON, 1965). La concentration de 0,4 %, avec une exposition d'une heure, tue les seuls homozygotes sensibles, tandis que celle de 4 %, avec une exposition de deux heures, ne laisse survivre que les homozygotes résistants. Ces tests ont montré que les individus issus de l'unique ponte provenant d'Ambatolaona étaient homozygotes résistants à la dieldrine, et qu'une des pontes de Sabotsy-Anjiro contenait un mélange d'individus homozygotes sensibles et d'hétérozygotes.

Plus tard, en juin 1965, douze pontes provenant des villages de Soavimasandro et d'Alasora, situés dans la banlieue de Tananarive, furent toutes identifiées comme appartenant à la forme B d'*A. gambiae*. Quatre d'entre elles ont fourni des adultes homozygotes sensibles à la dieldrine, tandis que les huit autres fournissaient à la fois des homozygotes résistants et des hétérozygotes.

## 2 - 3. Observations sur le terrain

A la suite de la découverte d'individus résistants faite à Londres, des enquêtes systématiques ont été menées sur les populations sauvages de différentes régions de Madagascar, à commencer par celle de Tananarive (carte 1). Les tests ont été faits selon les méthodes et avec le matériel normalisé par l'Organisation mondiale de la Santé (O.M.S., 1963) en employant, soit les concentrations discriminatives précédemment indiquées, soit des concentrations plus faibles.

### 2-3-1. Région de Tananarive

Les tests ont porté sur des femelles semi-gravides d'*A. gambiae*, capturées dans des abris-étables.

A Alasora, en juillet-août 1965, quatre essais totalisant 60 individus par concentration ont été effectués. La mortalité témoin n'a été que de 5% alors que les concentrations de dieldrine à 0,4% pendant une heure et 4% pendant deux heures causaient respectivement des mortalités corrigées de 59 à 90%.

A Ambohimangakely, en février 1966, sept essais ont été réalisés totalisant 105 femelles pour chacune des concentrations. La mortalité témoin a été de 15% et les concentrations de 0,4% (1 heure) et 4% (2 heures) de dieldrine ont occasionné des mortalités corrigées respectives de 71 et 88%.

On peut donc conclure que ces résistances sont de type à dominance partielle (DAVIDSON, 1956) et que chacune des populations testées contenait respectivement : 59 et 71% d'homozygotes sensibles, 31 et 17% d'hétérozygotes et enfin 10 et 12% d'homozygotes résistants.

Seule, la forme B a été trouvée dans cette région. Nous pensons donc que ces résultats ne concernent que cette forme.

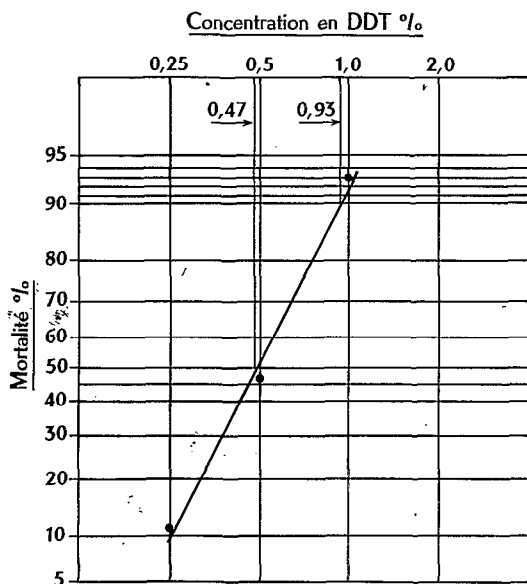
### 2-3-2. Région de Sabotsy-Anjiro

*A. gambiae* était peu abondant lors de notre enquête à Sabotsy-Anjiro, au début de la saison des pluies. Nous avons opéré sur des femelles provenant de porcheries en bordure des rizières, avec 68 individus pour l'ensemble des lots témoins, et 92 individus exposés à 0,4% de dieldrine pendant 1 heure. La mortalité témoin a été de 18% et la mortalité corrigée des lots traités a été de 94%. Il semble donc que les individus résistants à la dieldrine soient rares dans cette région et existent surtout sous forme d'hétérozygotes. Nous soupçonnons maintenant que les formes A et B d'*A. gambiae* coexistent dans cette région et nous avons probablement opéré sur un mélange des deux formes.

### 2-3-3. Autres régions de Madagascar

Nous avons effectué également des enquêtes dans les régions de Ranomafana et d'Ivoloina sur *A. gambiae* forme A, dans les régions de Marovoay, de Morondava et d'Ambatondrazaka sur *A. gambiae* forme B, et dans la région de Miandrivazo sur un mélange des formes A et B. Nous avons opéré sur des femelles gorgées récoltées le matin dans les habitations ou dans les porcheries. Les résultats sont résumés dans le tableau 1 et montrent que nous n'avons pas décelé dans ces régions de populations résistantes à la dieldrine, soit qu'il n'y avait pas de résistance, soit que les individus résistants aient été trop peu fréquents pour avoir été décelés lors de nos tests. Nous tenons à souligner l'extrême sensibilité à la dieldrine des populations d'*A. gambiae* de Madagascar, les CL 100 semblant être de l'ordre de 0,1%.

### 3 - Sensibilité au DDT des populations d'*A. gambiae* de Madagascar



- Détermination graphique de la sensibilité au DDT des femelles de la forme B d'*A. gambiae* capturées à Alasora entre le 9 septembre 1965 et le 9 janvier 1966.
- Quatre-vingts femelles ont été exposées à chaque concentration de DDT.

Nous avons profité des enquêtes sur la sensibilité à la dieldrine pour évaluer dans chacune des régions visitées la sensibilité au DDT des adultes d'*A. gambiae*. Méthodes et matériel employés ont été ceux normalisés par l'O.M.S., avec un temps de contact d'une heure et la lecture des résultats après 24 heures d'observation. Les résultats sont résumés dans le tableau 2 et montrent clairement qu'à Madagascar les formes A et B d'*A. gambiae* sont extrêmement sensibles au DDT, avec une CL 100 égale ou inférieure à 2%. Les CL 50 et 90 observées lors des tests les plus complets, ceux de la région de Tananarive, sont respectivement de l'ordre de 0,47 et 0,93 % de DDT (voir figure).

## 4 - Discussion

### 4 - 1. Traitements insecticides effectués dans les régions étudiées

La lutte contre le paludisme a été entreprise dans l'ensemble de Madagascar à partir de 1949 (CHAUVET *et al.*, 1964) et des insecticides à action rémanente ont été très largement employés pour le traitement des maisons des différentes régions de l'île. Les principaux insecticides utilisés ont été le DDT et la dieldrine, seuls ou en mélange avec des esters phosphorés. Les traitements ont varié selon les années et les provinces. Des insecticides ont également été employés contre les puces dans les foyers de peste, ainsi que contre les criquets migrateurs et pour détruire certains parasites des cultures. Il est malheureusement difficile de trouver trace des détails des traitements effectués il y a plus de 5 ou 6 ans.

#### 4 - 1 - 1. Région de Tananarive

Dans les environs de Tananarive, la dieldrine n'a été employée qu'en 1958 et en 1959, sous forme de deux pulvérisations respectivement à 0,6 et à 0,48 g/m<sup>2</sup>. Or, en 1960, NGUY VAN DUONG, entomologiste O.M.S., a fait des tests de sensibilité à la dieldrine dans notre zone actuelle d'étude et n'a décelé aucune résistance, la CL 50 d'*A. gambiae* étant de 0,1 %

**Tableau 1**

Résultats des tests de sensibilité à la dieldrine exécutés en 1965 et 1966 à Madagascar sur des femelles d'*A. gambiae*. Le nombre de femelles testé figure entre parenthèses. Contact d'une heure et mise en observation de 24 heures, sauf indications contraires.

Région	Forme d' <i>A. gambiae</i> présente	Mortalité témoin %	Mortalité corrigée % après contact avec des papiers imprégnés de dieldrine à			
			0,05 %	0,1 %	0,4 %	4%*
Alasora	B	5 (60)	-	-	59 (60)	90 (60)
Ambohimangakely	B	13 (88)	-	-	71 (105)	88 (105)
Sabotsy-Anjiro	A et B	18 (68)	-	-	94 (92)	-
Ranomafana	A	8 (40)	96 (62)	100 (53)	-	-
Ambatondrazaka	B	14 (42)	79 (60)	100 (25)	-	-
Morondava	B	0 (60)	-	-	100 (60)	-
Miandrivazo	A et B	0 (39)	-	-	100 (41)	-
Ivoloina	A	6 (52)	-	-	100 (45)	-
Marovoay**	B	15 (40)	-	-	100 (40)	100 (40)

\* Contact de 2 heures

\*\* Lecture des résultats faite après seulement 12 heures d'observation

**Tableau 2**

Résultats des tests de sensibilité au DDT exécutés en 1965 et 1966 à Madagascar sur des femelles d'*A. gambiae*, avec contact d'une heure et mise en observation de 24 heures, sauf indication contraire. Le nombre de femelles testé figure entre parenthèses.

Région	Forme d' <i>A. gambiae</i> présente	Mortalité témoin %	Mortalité corrigée % après contact avec des papiers imprégnés de solutions de DDT à			
			0,25 %	0,5 %	1 %	2 %
Alasora	B	8 (80)	12 (80)	46 (94)	93 (77)	100 (31)
Ambohimangakely	B	15 (133)	50 (105)	72 (105)	93 (105)	100 (120)
Sabotsy-Anjiro	A et B	6 (67)	70 (42)	92 (39)	100 (28)	-
Ranomafana	A	6 (52)	65 (52)	80 (53)	100 (53)	-
Ambatondrazaka	B	14 (42)	57 (60)	78 (45)	100 (54)	-
Morondava	B	0 (60)	50 (60)	75 (60)	100 (60)	-
Miandrivazo	A et B	0 (39)	-	-	100 (40)	-
Ivoloina	A	6 (52)	-	100 (14)	100 (45)	-
Marovoay*	B	15 (40)	100 (40)	-	100 (40)	-

\* Lecture des résultats faite après seulement 12 heures d'observation

environ et la CL 100 de 0,8% (CHOUMARA, 1961). La cause majeure de la sélection d'une population d'*A. gambiae* à la dieldrine n'est donc probablement pas le traitement des habitations à l'aide de cet insecticide en 1958 et 1959.

Le principal utilisateur d'insecticides dans la région de Tananarive n'est plus maintenant le Service de Santé, mais le Service de Défense des Cultures qui, depuis 1961, emploie en moyenne annuellement 50 tonnes de HCH et 20 tonnes de DDT pour lutter contre le "pou du riz" (*Trichista sericea*). En outre, depuis 1964, le traitement des pépinières à riz est obligatoire dans la province de Tananarive, pour lutter contre ce même parasite, or ces pépinières à riz représentent un des gîtes permanents d'*A. gambiae* durant la saison sèche. Enfin, deux maisons de commerce de Tananarive, à elles seules, ont vendu à des particuliers 57 tonnes d'insecticides variés qui, outre le traitement des pépinières de riz, ont servi à la protection des cultures maraichères et ont pu contaminer les puits peu profonds qui servent à l'arrosage des légumes et constituent en même temps des gîtes classiques à *A. gambiae*.

#### 4 - 1 - 2. Région de Sabotsy-Anjiro

Les habitations de la région de Sabotsy-Anjiro ont été traitées avec une grande variété d'insecticides, principalement à base de DDT et de dieldrine, de 1957 à 1961. Depuis, ces traitements ont été interrompus. Le pou du riz n'existe pas dans cette région qui n'a donc pas subi de traitements antiparasitaires agricoles.

Aucun test de sensibilité aux insecticides n'ayant été fait avant 1965, nous ne pouvons savoir si la résistance que nous avons observée date de l'époque des traitements domiciliaires, ou leur est postérieure.

#### 4 - 1 - 3. Autres régions

Ranomafana, Ivoloïna et Ambatondrazaka sont dans une même province, dont les habitations ont été traitées avec une grande variété d'insecticides de 1956 à 1960, et notamment avec du DDT et de la dieldrine, seuls ou associés à un composé organophosphoré (malathion ou diazinon). En outre, les rizières de la région d'Ambatondrazaka ont été traitées depuis 1958 à l'HCH pour lutter contre des invasions sporadiques du pou du riz, mais les traitements ont été très localisés et n'ont guère intéressé que 800 ha sur les 30 000 ha cultivés en riz.

Les habitations de la région de Marovoay ont été traitées à la dieldrine en 1959, et le HCH a été utilisé contre les criquets migrateurs en 1955. Il n'y a pas de pou du riz et par suite pas de traitement des rizières.

Les habitations des régions de Miandrivazo et de Morondava ont été traitées à la dieldrine de 1957 à 1960. Aucune application d'insecticides agricoles ne nous a été signalée.

### 4 - 2. Observations antérieures sur la sensibilité d'*A. gambiae* aux insecticides, et discussion de nos résultats

Hormis l'enquête de NGUY VAN DUONG, déjà citée, quatre séries de tests de sensibilité d'*A. gambiae* avaient été faites à Madagascar avant 1965. Les CL 50 au DDT étaient de 0,32% à Miandrivazo (GRUCHET, 1961) et de 0,37% dans les environs de Tananarive (CHAUVET, 1962), tandis qu'une CL 100 égale ou inférieure à 0,25% était observée à Morombé (COZ, 1961) et qu'aucune résistance physiologique n'était observée à Ivoloïna (CHAUVET, 1959). Lors des mêmes enquêtes les CL 50 à la dieldrine ont été de 0,05% à Miandrivazo, et de 0,1% dans les environs de Tananarive, la CL 100 était inférieure ou égale à 0,05% à Morombé et aucune résistance n'était observée à Ivoloïna.

La sensibilité au DDT observée lors des enquêtes de 1965 est du même ordre de grandeur que celle signalée auparavant, les variations observées pouvant être attribuées au petit nombre de spécimens utilisés lors des tests et au fait que souvent les lots ne contenaient chacun que 11 à 15 spécimens au lieu des 20 à 30 prévus lors de la normalisation des tests.

La résistance à la dieldrine semble être apparue très récemment et être nettement postérieure aux dernières applications domiciliaires de cet insecticide. Nous ne l'avons observée que dans les environs de Tananarive et de Sabotsy-Anjiro, mais elle existe peut-être dans d'autres régions de l'île non couvertes par nos enquêtes.

Une résistance spontanée à la dieldrine a été signalée chez *A. gambiae* dans le nord Nigéria en absence de traitements insecticides domiciliaires (SERVICE et DAVIDSON, 1964), mais cette région n'est pas indemne d'applications agricoles de pesticides. Une tolérance à la dieldrine a été observée, en dehors de toute pression insecticide décelable, dans la colonie d'*A. gambiae* du Tropical Pesticides Research Institute d'Arusha (BRANSBY-WILLIAMS, 1962). Nous pensons cependant que dans la région de Tananarive la sélection des individus résistants s'est faite sous la pression des traitements insecticides agricoles contaminant les gîtes larvaires. Le principal composé ayant exercé cette pression n'est probablement pas la dieldrine, mais plutôt le HCH, beaucoup plus couramment utilisé et sélectionnant le même type de résistance que la dieldrine (BROWN, 1957). De telles répercussions des traitements agricoles ont d'ailleurs été observées dans de nombreux pays tropicaux (COZ *et al.*, 1965).

Dans la région de Sabotsy-Anjiro l'apparition d'une population résistante peut dater des traitements domiciliaires à la dieldrine, mais il paraît cependant plus probable qu'elle se soit constituée par dispersion d'individus résistants depuis la région de Tananarive (\*), une telle diffusion de la résistance semblant très fréquente en Afrique occidentale (COZ et HAMON, 1963).

## 5 - Conclusions

Il semble qu'à Madagascar la résistance d'*A. gambiae* à la dieldrine ait une aire de répartition assez limitée, englobant les environs de Tananarive et la zone immédiatement à l'Est, jusqu'à la première falaise, mais de nombreuses enquêtes devront être effectuées dans les régions fréquemment traitées à l'aide d'insecticides pour préciser cette répartition. La sélection des populations résistantes à la dieldrine semble assez récente et est probablement due à l'emploi massif de HCH, aldrine et dieldrine pour la protection des cultures. La résistance est présente avec certitude chez la forme B du complexe *A. gambiae* et il n'est pas impossible qu'elle existe également chez la forme A.

La résistance d'*A. gambiae* à la dieldrine n'a pas encore été signalée d'Afrique orientale, cependant WERNSDORFER a observé une telle résistance dans plusieurs localités du Soudan, au sud-est de Khartoum et au nord de Kotok (O.M.S., 1965). On peut donc penser que le gène de résistance à la dieldrine était simplement beaucoup plus rare en Afrique orientale et à Madagascar qu'en Afrique occidentale et, qu'avec le temps, des populations résistantes apparaîtront dans toute l'aire de répartition du complexe *A. gambiae*.

---

(\*) Ambatolaona ne se trouve qu'à 30 km à vol d'oiseau d'Ambohimangakely. Mais, ni en décembre 1965, ni en février 1966, nous n'avons pu capturer *A. gambiae* dans les villages situés entre ces deux localités.



## Remerciements

Tous nos remerciements vont à l'Organisation mondiale de la Santé (Genève) qui nous aide financièrement et nous a procuré les nécessaires d'épreuves. Ils vont également à notre personnel malgache de la Division antipaludique et en particulier à MM. RAVAONJANAHARY Charles et RASOLONIAINA L. de G. qui ont réalisé avec leur compétence habituelle la majeure partie des tests sur le terrain. Nous exprimons enfin notre gratitude à Mr P. SALES qui a dessiné les illustrations de cet article.

\*

\* \*

## Résumé

Une résistance à la dieldrine a été découverte à Madagascar. Elle concerne la forme B du complexe *Anopheles gambiae* des environs de Tananarive. Elle semble provenir de l'utilisation intensive d'insecticides agricoles, principalement l'HCH, dans cette région.

## Summary

Dieldrin-resistance has now been found for certain in form B of the *Anopheles gambiae* complex in the Tananarive area of Madagascar. It would appear to have arisen from the intensive use of agricultural pesticides (mainly BHC) in this area.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- BRANSBY-WILLIAMS, W. R. - 1962 - Note on a reduced susceptibility to dieldrin in a colony of East African *Anopheles gambiae*. *E. Afr. med. J.*, t. **39**, pp. 656-657.
- BROWN, A. W. A. - 1957 - Insecticide resistance and darwinism. *Botyu-Kagaku*, t. **22**, pp. 277-282.
- CHAUVET, G. - 1959 - 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, Tananarive.
- CHAUVET, G. - 1962 - Rémance du DDT dans les environs de Tananarive. Sensibilité d'*Anopheles gambiae* à cet insecticide. *Méd. trop.* (Marseille), t. **22**, pp. 616-623.

- CHAUVET, G., COZ, J., GRUCHET, H., GRJEBINE, A. et LUMARET, R. - 1964 - Contribution à l'étude biologique des vecteurs du paludisme à Madagascar. Résultats de cinq années d'études (1958-1962). *Méd. trop.* (Marseille), t. 24, pp.27-44.
- CHOUMARA, R. - 1961 - Rapport sur la mission effectuée sur les Hauts Plateaux de la République Malgache de février à juin 1960 par l'Equipe consultative d'éradication du paludisme n°1. Document ronéotypé O.M.S., Brazzaville, 48 pages.
- COZ, J. - 1961 - Mission d'études entomologiques dans le sud-ouest de Madagascar, décembre 1959-décembre 1960. Document ronéotypé, Service Antipaludique de Madagascar, Tananarive, 15 pages, 14 tableaux.
- COZ, J. et HAMON, J. - 1963 - Importance pratique de la résistance aux insecticides en Afrique au sud du Sahara pour l'éradication du paludisme dans ce continent. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd.*, t. 1, pp.27-37.
- COZ, J., HAMON, J. et MOUCHET, J. - 1965 - Importance pratique de la résistance aux insecticides chez les anophèles. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd.*, t. 3-4, pp.127-135.
- DAVIDSON, G. - 1956 - Insecticide resistance in *Anopheles gambiae* Giles, a case of simple mendelian inheritance. *Nature* (London), t. 178, pp.863-864.
- DAVIDSON, G. - 1964 - The five types in the *Anopheles gambiae* complex. *Riv. Malariol.*, t. 43, pp.167-183.
- GRUCHET, H. - 1961 - Mission d'études entomologiques sur le versant ouest de Madagascar, décembre 1959-décembre 1960. Document ronéotypé, Service Antipaludique de Madagascar, Tananarive, 23 pages, 26 tableaux, 15 figures.
- O.M.S. - 1963 - Résistance aux insecticides et lutte contre les vecteurs. *Org. mond. Santé, sér. Rapp. techn.*, t. 265, 234 pages.
- O.M.S. - 1965 - Insecticide resistance in major vectors of malaria and its operational importance in malaria eradication programmes. *WHO/Mal/482.65*, Genève.
- PATERSON, H.E. - 1964 - Direct evidence for the specific distinctness of forms A, B and C of the *Anopheles gambiae* complex. *Riv. Malariol.*, t. 43, pp.191-196.
- SERVICE, M.W. et DAVIDSON, G. - 1964 - A high incidence of dieldrin resistance in *Anopheles gambiae* on unsprayed area in Northern Nigeria. *Nature* (London), t. 203, pp.209-210.
-