

## La résistance aux insecticides chez les Culicinés

Jean MOUCHET \*  
Mercédès QUIROGA \*\*

### RÉSUMÉ.

Cette revue des problèmes de résistance chez les Culicinés fait ressortir une augmentation du nombre des espèces résistantes (38 contre 28 en 1968) et de l'extension géographique de ces phénomènes.

17 espèces sont résistantes aux organophosphorés contre 9 en 1968 : 14 au Malathion (9); 12 au Fenthion (3); 9 à l'Abate (1); 7 au Dursban (0); 6 au Fenitrothion (0).

La multirésistance aux O.P. limitée jusqu'ici à *Aedes nigromaculis* s'étend maintenant aux vecteurs importants que sont *Culex pipiens fatigans*, *Culex tarsalis*, *Culex tritaeniorhynchus* et *Aedes aegypti*.

Pour la première fois est signalée une résistance aux Pyrethroides chez *Aedes aegypti* à Bangkok.

Les résistances diminuent l'arsenal des hygiénistes pour la lutte contre les moustiques; en contre partie le développement de nouveaux insecticides se ralentit; les juvéniles et ecdyzoïdes présentent des difficultés techniques d'emploi; aucune méthode de lutte biologique ou génétique n'est encore vraiment opérationnelle à grande échelle.

Il est donc nécessaire de bien connaître la sensibilité des souches locales pour utiliser au mieux les insecticides disponibles.

### ABSTRACT.

This paper is a review of the resistance status of Culicine Mosquitoes. Since the 1968 review the resistance problem has considerably increased not only in number of species involved but also in terms of geographic extension.

38 species of Culicines have developed some resistance in 1975 as compared with 28 in 1968.

17 of them are resistant to organophosphorous compounds (9 in 1968); 14 being resistant to Malathion (9); 12 to Fenthion (3); 9 to Abate (1); 7 to Dursban (0); 6 to Fenitrothion (0).

Multi O.P. resistance known only in *Aedes nigromaculis* occurs now in main vectors, *Culex pipiens fatigans*, *Culex tarsalis* and at a lesser extent *Culex tritaeniorhynchus* and *Aedes aegypti*. This phenomenon, still geographically limited is continuously extending under the pressure of insecticides used for medical or more often agricultural purposes.

The resistance to Pyrethroids (*Bioresmethrin*) has been reported for the first time from *Aedes aegypti* at Bangkok, Thailand.

As the increase of resistances is reducing the number of available insecticides, the hygienist will face a serious situation for mosquito control. Development of new compounds is going slowly and alternative biological and genetical weapons are not yet operational for large scale programmes. A deep knowledge of the mosquito susceptibility is locally required for an efficient planning of mosquito control with the available compounds.

\* Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M., 70-74 route d'Aulnay 93140 Bondy, France.

\*\* Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Venezuela.

## 1. INTRODUCTION.

La résistance aux insecticides n'est certes pas un problème récent et dès les années 50 elle hypothéquait les programmes d'éradication du paludisme. Mais l'avenir ne semblait pas trop préoccupant. En effet, de nouveaux insecticides étaient constamment mis sur le marché et les méthodes alternatives de lutte biologique ou génétique semblaient pleines de promesses. Or qu'en est-il en 1975 ? Les essais de lutte biologique ou génétique contre les moustiques n'ont encore débouché sur aucun programme de lutte opérationnel. L'utilisation des agents pathogènes pour les insectes en est toujours au stade de l'expérimentation de laboratoire bien que l'O.M.S. envisage de planifier leur développement. Les analogues d'hormones très prometteurs provoquent déjà des résistances alors même que leur emploi à grande échelle débute à peine. Enfin, la production de nouveaux composés chimiques s'est considérablement ralentie en raison du coût énorme des expérimentations exigées pour satisfaire aux normes préalables à leur mise sur le marché surtout aux Etats-Unis; c'est ainsi qu'un certain nombre de produits très actifs ne sont pas commercialisés, les débouchés du marché ne couvrant pas les frais de lancement. En outre, la crise pétrolière mondiale risque de priver l'industrie des insecticides d'une partie de ses sources de matières premières.

Devant cette situation, il est évident que dans l'avenir immédiat les responsables des opérations de lutte contre les arthropodes devront se contenter des insecticides actuellement disponibles dont l'éventail est en continuelle régression par suite du développement considérable des résistances simples ou multiples qui rendent l'utilisation d'un nombre grandissant de composés inefficace pour la lutte contre de nombreuses espèces.

La présente synthèse se propose de rendre compte de l'ampleur des phénomènes de résistance chez les Culicidés.

Depuis l'ouvrage exhaustif de Brown et Pal, en 1971, aucun travail d'ensemble intéressant ce groupe n'a été publié. Seules des études régionales par Mouchet *et al.* se rapportant à *Aedes aegypti* et aux espèces voisines, ont paru, en 1971, en ce qui concerne l'Afrique de l'Ouest et en 1972 pour l'Afrique Centrale ainsi que l'Asie du Sud-Est et le Pacifique. Le moment est venu de faire une analyse des données récentes parues dans de très nombreuses publications ainsi que des résultats périodiquement fournis par les documents ronéotypés de l'O.M.S. de la série V.B.C./I.R.G. Nous n'avons pas toujours suivi les conclusions de l'ordinateur en ce qui concerne l'interprétation des résultats des tests; nous avons été amenés à considérer comme résistantes des souches classées comme sensibles et vice-versa. Dans les

pages qui suivent, les données dont l'origine n'est pas explicitée proviennent des documents O.M.S. (V.B.C./I.R.G. ou V.B.C./75/2).

Nous avons exposé successivement les résistances au sein de chaque espèce et dans les tableaux 1 et 2 nous avons résumé leurs distributions dans le monde.

## 2. LA RÉSISTANCE DANS LE GENRE *CULEX*.

### 2.1. La résistance chez les *Culex* du complexe *pipiens*.

#### 2.1.1. *Culex pipiens pipiens*.

Sous ce vocable on réunit en fait des entités assez différentes : forme rurale anautogène, forme urbaine autogène improprement dénommée *Culex pipiens molestus* Forskall et probablement des hybrides des deux formes particulièrement dans la région méditerranéenne (*C. p. berbericus* de Roubaud).

*C. p. pipiens* autogène (*C. p. molestus*) est résistant au D.D.T. en Italie, Grèce, Israël, Maroc, France (Romans et Pichot, 1972) et Japon (Yasutomi, 1962); à la Dieldrine/HCH en Italie, Israël (Pener, comm. pers.) (avec de CL 50 respectivement de 0,03 ppm et 0,015 ppm); au Fenthion en Israël (Barkaï *et al.*, 1967) (CL 50 de 0,03 ppm).

*C. p. pipiens* sans précision de son statut physiologique et écologique est résistant au D.D.T. en Albanie, Bulgarie, France, Italie, Tchécoslovaquie, Turquie, U.R.S.S. (Géorgie, Azerbaïdjan, Ukraine), Iran (Lofti *et al.*, 1975), et Etats-Unis; à la Dieldrine/HCH en France, Maroc, Tunisie, Egypte, U.R.S.S. (Moscou et Azerbaïdjan) et Etats-Unis et peu sensible en Iran (loc. cit.).

En Egypte, Kamel (73.22 I.R.G.) a observé une multi-résistance aux O.P. avec les CL 50 larvaires suivantes : 0,50 ppm pour le Malathion, 0,012 ppm pour le Fenthion, 0,078 ppm pour l'Abate, 0,01 ppm pour le Dursban, 0,048 ppm pour le Bromophos et 0,009 ppm pour le Parathion.

En France, dans la région de Montpellier la résistance au Dursban a été observée dans plusieurs souches en 1974 avec une CL 50 atteignant 0,012 ppm (Sinègre, comm. pers.).

En Californie, Womeldorf *et al.* (1968) ont signalé une résistance au Fenthion (CL 50 0,027 ppm) et une tolérance au Malathion (0,24 ppm).

#### 2.1.2. *Culex pipiens pallens*.

La résistance au D.D.T. et au groupe Dieldrine/HCH

LA RESISTANCE AUX INSECTICIDES CHEZ LES CULICINES

a été observée sur le terrain dans presque toute l'aire de répartition de cette sous espèce orientale, en Chine (Yu *et al.*, 1963), en Corée (Hwang *et al.*, 1965; Self *et al.*, 1974), au Japon (Suzuki et Misutani, 1962; Yasutomi, 1962).

Des multirésistances aux organophosphorés ont été signalées au Japon dans l'île de Honshi (Suzuki, 1968)

et à Amagasaki (Yasutomi, 1974; Mukai *et al.*, 1974). Les CL 50 les plus élevées observées chez les larves ont été de 1,3 ppm pour le Malathion, 0,18 ppm pour le Fenthion, 0,25 ppm pour l'Abate, 0,007 ppm pour le Dursban et 0,57 pour le Fenitrothion. La souche étudiée par Suzuki présentait des résistances moins élevées que celle testée par Yasutomi.

TABLEAU I. — Répartition de la résistance chez les *Culex*

Espèce	D.D.T.	Dieldrine/ HCH	Malathion	Fenthion	Abate	Dursban	Fenitrothion	Divers
<i>C. pipiens "molestus"</i>	Italie-Grèce Israël-Maroc France-Japon	Italie-Maroc Israël-Japon France		Israël	Israël	Israël		
<i>C. pipiens pipiens</i>	Turquie-Iran Georgie- Ukraine Azerbaïdjan Albanie Bulgarie Égypte-Russie France-U.S.A.	France-Iran Égypte-Maroc Tunisie-U.S.A. Azerbaïdjan Tchécoslo- vaquie	Égypte	Égypte U.S.A.	Égypte	Égypte France		Égypte résistant au Parathion et Bromophos
<i>C. pipiens pallens</i>	Japon-Corée Chine	Japon-Corée Chine	Japon-Corée	Japon-Corée	Japon	Japon		Japon. Résis- tance au Parathion
<i>C. pipiens fatigans</i>	Partout dans son aire de répartition		Cameroun Sierra Leone Madagascar Guinée-Japon U.S.A.- Taiwan Vietnam	Madagascar Taiwan Guinée Japon U.S.A.	Japon U.S.A.	Japon U.S.A.	Madagascar	Résistance au Propoxur à Madagascar et aux U.S.A. Altosid - lab.
<i>C. tritaeniorhynchus</i>	Japon-Taiwan Corée du Sud Nigéria Dahomey	Japon Taiwan Corée du Sud Nigéria	Japon (Ryukyu) Corée du Sud	Japon (Ryukyu) Corée du Sud	Taiwan	Japon (Ryukyu)	Corée du Sud	
<i>C. annulus</i>	Taiwan	Taiwan	Taiwan		Taiwan			
<i>C. fuscocephalus</i>	Taiwan	Taiwan	Taiwan	Taiwan	Taiwan	Taiwan	Taiwan	
<i>C. tarsalis</i>	U.S.A.	U.S.A.	U.S.A.	U.S.A. (Ca)	U.S.A. (Ca)	U.S.A. (Ca)	U.S.A. (Ca)	Parathion (USA) Pyrethrine (lab.) Altosid
<i>C. nebulosus</i>		Dahomey						
<i>C. poicilipes</i>		Dahomey						
<i>C. gelidus</i>	Thaïlande	Thaïlande						
<i>C. coronator</i>	Panama							
<i>C. salinarius</i>	U.S.A.	U.S.A.						
<i>C. restuans</i>	U.S.A.	U.S.A.						
<i>C. erythrothorax</i>	U.S.A.							
<i>C. nigripalpus</i>	U.S.A. ?							
<i>C. peus</i>	U.S.A.	U.S.A.	U.S.A. (Ca)	U.S.A. (Ca)	U.S.A. (Ca)			Parathion et Methylparathion U.S.A.

La souche de Hoshi, après sélection, s'est révélée présenter une résistance monofactorielle au Parathion (Tadano et Sato, 1970).

A Sintaein, en Corée, cette espèce était résistante au Malathion et au Fenthion avec des CL 50 respectives de 1 ppm et de 0,3 ppm (Tadano in Brown et Pal, 1971). Ce dernier phénomène a été confirmé en 1974 (Self *et al.*) avec une CL 50 de 0,074 ppm.

En Chine est signalé un début de résistance au Diazinon et aux Pyrethrine mais les données sont d'une interprétation difficile (Liu Chin-Fa *et al.*, 1966).

### 2.1.3. *Culex pipiens fatigans*.

Pratiquement sur toute l'étendue de son aire de répartition c'est à dire l'ensemble des régions tropicales *C. p. fatigans* est résistant aux composés organochlorés, D.D.T. et Dieldrine. Cette situation déjà constatée par Hamon et Mouchet (1967) a été reconfirmée par Brown et Pal en 1971. Seules quelques souches sélectionnées au laboratoire sont sensibles à ces produits et peuvent être utilisées en référence pour les travaux scientifiques.

La résistance au Malathion observée dès 1960 à Douala, Cameroun (Mouchet *et al.*, 1960) avec une CL 50 des larves de 1,8 ppm a été ensuite rapportée de Freetown, Sierra Leone (*in* Brown et Pal). Une enquête faite à Douala en 1963 montrait une régression de cette résistance à la suite de la cessation des traitements avec ce produit mais la CL 50 restait cependant de 0,7 ppm ce qui permet de considérer la souche comme encore résistante (Tadano et Brown, 1966); elle semblait l'être encore en 1973 (*in* I.R.G./7324). A Tananarive, Madagascar, les adultes présentaient une multirésistance au Malathion, Fenthion et Baygon; chez les larves seule la sensibilité au Fenthion était nettement diminuée (Chauvet *et al.*, 1971). A Parakou, Dahomey, la sensibilité au Fenthion était faible, CL 50 0,022 ppm (Mouchet *et al.*, 1968). La CL 50 au Fenthion de 0,56 % observée sur des adultes à Konakry, Guinée (Badawi *in* I.R.G.) signe une tolérance si ce n'est une résistance. A Okinawa, Ryukyu, Japon, 10 ans de traitements ont augmenté la CL 50 au Malathion de près de cent fois pour atteindre 1,3 ppm en 1969 (Pennington, 1968) (Intermill *in* Brown, et Pal, 1971). En même temps se construisait une résistance du même ordre pour le Fenthion (CL 50 0,17 ppm) puis ultérieurement, pour le Dibrom et à un degré moindre le Dursban (CL 50 0,008 ppm) (Murdoch *in* I.R.G.) et l'Abate (CL 0,005 ppm).

Il faut également noter une résistance au Malathion à Bien Hoa, Vietnam, (CL 50 0,82 ppm) ainsi qu'à Taiwan (CL 50 3,3 % adultes) (Mitchell et Chen, 1974); dans ce dernier cas le phénomène s'étend au Fenthion (CL 50 0,015 ppm).

Aux Etats-Unis, Californie, *C. p. fatigans* présente

une tolérance au Propoxur (CL 50 2,22 ppm), Fenthion (0,035 ppm), Abate (0,0076 ppm), Dursban (0,0054 ppm), Malathion (0,48 ppm), et Fenitrothion (0,047 ppm) (Apperson et Georghiou, 1974).

### 2.2. La résistance chez *Culex tritaeniorhynchus*.

C'est à Okinawa, Ryukyu, Japon, que ce *Culex*, vecteur de l'encéphalite japonaise B, en Extrême-Orient, a été trouvé pour la première fois résistant au D.D.T. et à la Dieldrine puis au Malathion (Pennington, 1968). En quelques années sa sensibilité à ce dernier produit avait diminué de 45 fois; ensuite ces résistances se confirmèrent et s'étendirent au Fenthion, accompagnées d'une baisse de sensibilité au Dursban (CL 50 0,0018 ppm). La résistance aux organochlorés se retrouve dans l'île de Honshu.

En Corée du Sud ce moustique, dont les larves se développent dans les rizières, est soumis à une très forte pression sélective par les insecticides organophosphorés, notamment le Fenitrothion, utilisés contre les ravageurs du riz. La résistance au D.D.T. y est connue depuis 1965 (Hwang *et al.*), mais celle aux organophosphorés est peu affirmée. Le travail de Self *et al.* (1974) ainsi que les résultats de l'ordinateur font ressortir une tolérance marquée des adultes au Fenthion, Fenitrothion et Malathion alors que les larves restent dans les limites d'une sensibilité à peu près normale.

A Taiwan, Mitchell et Chen (1974), signalent la résistance au D.D.T. et à la Dieldrine ainsi qu'une baisse de sensibilité à l'Abate (CL 50 0,0028 ppm).

La double résistance au D.D.T. et à la Dieldrine enregistrée au Nigéria (Morcos *in* V.B.C./72/3) confirme les anciens travaux d'Holstein (1959) au Dahomey. Il est toutefois difficile d'établir les liens de parenté ou d'identité entre les formes africaines et les formes orientales de *Culex tritaeniorhynchus*.

### 2.3. La résistance chez *Culex tarsalis*.

Une très abondante littérature a décrit les étapes du développement de la résistance chez ce vecteur des encéphalites américaines.

En 1957, Gjullin et Issaki, signalaient la résistance au Malathion à Fresno, Californie, en sus de celles au D.D.T. et Dieldrine déjà connues aux Etats-Unis. Puis le phénomène se généralisa à tous les composés organophosphorés (Georghiou *et al.*, 1969). La résistance au Malathion prenait une ampleur considérable, la CL 50 atteignant 13,5 ppm soit 180 fois la normale, se répandait dans tout le Sud-Est de la Californie (Mc

Farland et Pelsue, 1971; Wormeldorf *et al.*, 1972). En 1974, Apperson et Georghiou montraient les dimensions de cette multirésistance dans Coachella Valley, Californie; par rapport aux souches sensibles elle atteignait, respectivement pour les larves et les adultes, 6,4 fois et 6,2 fois pour le Parathion, 7,9 et 13,4 pour le Méthyl parathion, 11,6 et 8,4 pour le Malathion, 92,3 et 2,8 pour le Fenthion, 17,3 et 4,8 pour le Fenitrothion, 26,3 et 17,2 pour le Dursban, 174 et 39 pour Méthyl Dursban; chez les larves la résistance à l'Abate était de 9,5 fois et chez les adultes celle au Dichlorvos de 25,3 fois et celle au Naled de 29,3.

De plus en laboratoire, Plapp et Hoyer (1968) ont montré une liaison entre la résistance au D.D.T. et une certaine résistance aux Pyréthrinés seules ou synergisées par le Piperonyl butoxide.

Enfin il faut signaler l'augmentation de 9 fois de la tolérance à l'Altosid, analogue des régulateurs de croissance, obtenue par Georghiou *et al.* (*in* I.R.G./74. 27) par sélection sur 14 générations d'une souche résistance aux O.P.

#### 2.4. La résistance chez les autres *Culex*.

En Afrique tropicale, la résistance à la Dieldrine chez *Culex poicilipes* et *Culex nebulosus* au Dahomey est déjà très ancienne (Holstein *in* Mouchet, 1968) et aucun fait nouveau n'est à signaler.

En Thaïlande, *Culex gelidus* est résistant au D.D.T. et à la Dieldrine à Bangkok (Moussa et Nawarat, 1969).

A Panama, *Culex coronator* est résistant au D.D.T. (*in* Mouchet, 1968).

Aux Etats-Unis, *Culex salinarius* et *Culex restuans* sont résistants à la Dieldrine et au D.D.T. et *Culex erythrothorax* au D.D.T. (*in* Brown et Pal, 1971; *in* Mouchet, 1968). En Floride, *C. nigripalpus* est peu sensible au D.D.T. mais Rogers et Rathburn (1967) considèrent qu'il s'agit simplement d'une faible sensibilité de l'espèce; des essais d'induction de résistance au Vert de Paris par sélection avec ce produit se sont révélées sans effet (Rathburn et Boike, 1973).

*Culex peus* est résistant au D.D.T. et Dieldrine en Californie et Oregon (*in* Brown et Pal, 1971); en Californie, il a développé une résistance au Malathion (Womeldorf *et al.*, 1966) qui s'est étendue au Parathion, Méthyl Parathion et Fenthion (Pelsue *et al.*, 1972) ainsi qu'à l'Abate (CL 50 0,0068 ppm) (McFarland et Pelsue, 1971).

### 3. LA RÉSISTANCE CHEZ LES *Aedes* ET AUTRES GENRES DE CULICIDÉS.

#### 3.1. *Aedes aegypti*.

*Aedes aegypti* est un insecte chez lesquels les résistances ont été le mieux étudiées; la facilité avec laquelle il se colonise en a fait un insecte de choix pour l'expérimentation de nouveaux produits et les études biochimiques. En contre partie beaucoup de données ne proviennent pas d'insectes directement récoltés sur le terrain mais de souches multipliées pendant 2 à 3 générations au laboratoire. Il est possible que certaines résistances, notamment aux organophosphorés, de moyenne ampleur sur le terrain, régressent spontanément au cours de la multiplication des souches en laboratoire en l'absence de pression insecticide et ne soient plus apparentes lors de l'exécution des tests. Dans nos laboratoires nous avons testé près de 300 souches et ce n'est que récemment que nous avons rencontré des tolérances significatives aux organophosphorés. Il est probable que ces phénomènes sont, en fait, plus répandus et de plus grande ampleur qu'il n'apparaît à l'examen des résultats.

##### 3.1.1. Résistance aux organochlorés.

Brown et Pal (1971) ont fait un long historique des développements de la résistance au D.D.T. et à la Dieldrine qui au fil des années, a fait tache d'huile. C'est ainsi qu'en examinant à cinq ans d'intervalle des souches de même provenance on a pu observer l'apparition de la résistance à la Dieldrine et une baisse de sensibilité au D.D.T. à Tahiti, une baisse générale de sensibilité à tous les insecticides à Brazzaville, etc...

Actuellement, la résistance d'*Aedes aegypti* au D.D.T. et à la Dieldrine, simple au double, est généralisée dans tous les pays de la zone américaine; en Asie du Sud-Est elle est signalée au Pakistan, en Inde, en Thaïlande, au Cambodge, au Vietnam, en Malaisie, à Brunei, en Indonésie, en Birmanie et à Sri Lanka; dans le Pacifique, elle a été observée en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie, dans les îles de Tahiti, Morea et Niué et fortement suspectée dans l'île de Rikitea très isolée dans l'Archipel des Gambiers.

En Afrique, les résistances sont très inégalement réparties; généralement beaucoup plus fréquentes dans les grandes agglomérations elles s'étendent progressivement aux zones rurales. Cependant de nombreuses souches restent encore très sensibles (Mouchet *et al.*, 1971 et 1972 b). Il faut noter que dans l'ensemble du continent la résistance à la Dieldrine est plus fréquente et sem-



ble apparaît plus tôt que celle au D.D.T. Celle-ci seule ou associée à la résistance à la Dieldrine a été observée au Sénégal, au Mali, en Haute-Volta, en Côte d'Ivoire, au Libéria, au Niger, au Dahomey, au Togo, au Cameroun, au Congo et en Tanzanie; la résistance à la Dieldrine seule a été en outre signalée au Ghana, en République Centrafricaine et au Gabon. En fait, les pays où aucune résistance n'a été signalée sont aussi ceux où aucune recherche n'a été effectuée, à l'exception de la Somalie.

La résistance au D.D.T. est croisée avec la résistance à ses homologues notamment O.M.S. 1476, produit biodégradable. De ce fait l'utilisation de ce composé est sérieusement hypothéquée.

### 3.1.2. Résistance aux organophosphorés.

Comme nous l'avons fait remarquer plus haut les résultats actuellement disponibles ne reflètent peut être pas toute l'ampleur du phénomène; hormis les documents ronéotypés de l'O.M.S. fort peu de données ont été publiées.

La résistance au Malathion a été d'abord signalée à Porto-Rico (Fox, 1961 et 1973; Fox et Bayona, 1972) puis à Surinam (Kerr *et al*, 1967); actuellement elle semble assez répandue en Amérique, notamment en Guyane, au Vénézuéla, à la Jamaïque et aux îles Vierges. Si dans ce dernier pays la CL 50 de 1,1 ppm caractérise très nettement une souche résistante, dans beaucoup de cas des CL 50 de 0,3 à 0,5 ppm sont plus révélatrices d'une tolérance que d'une réelle résistance. En Asie du Sud-Est la résistance au Malathion est signalée à Da Nang, Vietnam (CL 50 0,78 ppm), à Kuala Lumpur, Malaysia (Thomas, 1970) et nous l'avons observée à Bangkok, Thaïlande (CL 50 0,5 ppm).

La résistance au Fenthion avait été signalée au Cambodge et en Haute-Volta (Mouchet, 1962) mais il s'agissait d'erreurs d'expérimentation. En effet l'utilisation d'eau du robinet, stérilisée par l'hypochlorite de calcium, diminue de cinquante à cent fois l'activité du Fenthion et peut faire croire alors à de fausses résistances. Aussi les résultats que nous donnons sont quelques fois sujet à caution lorsque les conditions expérimentales ne sont pas exposées. C'est en Amérique que la majorité des souches résistantes au Fenthion sont originaires : Iles Vierges (CL 50 0,10 ppm), Barbuda (0,03), Sainte-Lucie (0,14), Dominique (0,17), Saint-Vincent (0,34), Grenada (0,06 in Kerr *et al*, 1967), Curacao (0,21), Jamaïque (0,07), République Dominicaine (0,08), El Salvador, Panama (0,07), Guyane (0,21), Surinam (0,18), Colombie (0,14), Venezuela (0,27); une CL 50 de 0,016 ppm observée sur une souche en provenance de la Guadeloupe est également très suspecte. En dehors de l'Amérique la résistance au Fen-

thion a été signalée à Kuala Lumpur, Malaisie (0,10) mais la souche testée à nouveau dans nos laboratoires s'était montrée sensible. En Afrique une CL 50 de 0,012 ppm à Brazzaville, Congo, signait une nette baisse de sensibilité sinon un début de résistance.

C'est également en Amérique qu'ont été relevés les cas de résistance à l'Abate : Iles Vierges (0,01 ppm), Antigua (0,005), Sainte-Lucie (0,040), Dominique (0,008), Curacao (0,068), Jamaïque (0,027), Guatemala (?), Surinam (0,01), Colombie (0,056), U.S.A. (Floride - 0,005 à 0,01 ppm). A Djarkarta, Indonésie, une CL 50 de 0,005 ppm peut être considérée comme un signe de tolérance tout comme la CL 50 de 0,0045 relevée à Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Un seul cas de baisse de sensibilité au Dursban (CL 50 0,003 ppm) a été enregistré à Nouméa, Nouvelle-Calédonie, de même qu'un seul cas de tolérance au Fenitrothion est signalé à la Jamaïque (Kerr *et al*, 1967).

La résistance au Bromophos est signalée à Curacao (0,27 ppm), Guyane (0,09 ppm), Surinam et Jamaïque.

En fait, on peut conclure à une multirésistance d'*Aedes aegypti* aux organophosphorés dans la région caraïbe bien que le phénomène ne soit pas aussi net que chez *Culex p. fatigans* ou *Culex tarsalis*. Une approche du problème sur le terrain est absolument nécessaire car lors de la colonisation la sensibilité a tendance à revenir à la normale; ceci est particulièrement visible en comparant les résultats obtenus par les chercheurs sur le terrain à Cayenne, Guyane et ceux qui proviennent des tests exécutés sur les colonies originaires de cette localité. Il ne semble pas que ces résistances posent des problèmes pour les traitements insecticides, ceux-ci étant généralement utilisés en surdosage dans les petits gîtes caractéristiques de l'espèce.

### 3.1.3. Résistance aux Pyrethroides.

Aucune résistance aux Pyrethroides n'avait été observée chez les moustiques jusqu'à ce qu'en mars 1975 des essais de lutte contre *Aedes aegypti* à Bangkok avec la Bioesthrine restent inefficaces à des doses qui normalement auraient dû provoquer un contrôle très satisfaisant (Wickham, Dodd et Invest, comm. pers.<sup>1</sup>). Les chercheurs des Wellcome Research Laboratories pensèrent alors au développement éventuel d'une résistance à ces produits. Exposant pendant une heure à des papiers imprégnés d'un mélange de Bioesthrine et de Piperonyl Butoxide la souche de Bangkok ils constataient que sa

(1) Nous remercions très vivement les chercheurs des Wellcome Research Laboratories qui ont bien voulu nous communiquer leurs résultats et nous faire parvenir des échantillons d'insecticides.

CL 50 était 22 fois supérieure à celle d'une souche de laboratoire et 13 fois supérieure à une souche résistante au D.D.T. de Singapour; la concentration était évaluée en mg de produit actif par m<sup>2</sup> ce qui n'est pas le paramètre retenu par l'O.M.S. Néanmoins, les résultats sont parfaitement valables et la démonstration d'une résistance aux pyrethroides à Bangkok semble bien établie.

L'étude de la résistance aux pyrethroides pose de nombreux problèmes. Cette famille d'insecticides comprend de nombreux produits de développement récent; dans la mesure où sont inconnues les corrélations entre l'activité de ces différents composés il faudra exécuter les recherches avec le produit suspecté d'être l'objet de la résistance. Ceci obligera à fabriquer chaque fois papiers imprégnés et solutions standardisées et limitera les

possibilités de recherches à un petit nombre de laboratoires bien équipés.

Dans un premier temps, il importe donc de disposer d'une souche résistante vis à vis d'un produit, la Bioresithrine par exemple, et d'étudier son comportement vis à vis des autres pyrethroides. S'il existe des corrélations suffisamment sûres on pourra se limiter à tester les souches suspectes vis à vis d'un ou deux produits qui pourraient être fournis par un laboratoire spécialisé.

Les informations sur la sensibilité de base des moustiques adultes, larves et nymphes aux différents pyrethroides, réunies dans le tableau III, sont peu nombreuses. Outre les travaux de Buei Kazuo (1975) et Yasutomi (1974) il s'agit d'informations communiqués à l'O.M.S. par Georghiou et Busvine et des résultats des chercheurs des Wellcome Research Laboratories.

TABLEAU III. — Sensibilité aux Pyrethrines (CL 50) de quelques souches de Culicidés

	<i>Aedes aegypti</i>			<i>Culex fatigans</i>			<i>Culex pallens</i>		<i>Anophele albimanus</i>	
	S	D.D.T/R	Pyre-thrine/R Bangkok	S mais peut être D D T/R	Propoxur/R	O.P/R	Larves	Nymphes	s	Propoxur/R
<i>Larves</i>										
Resmethrin OMS 1206 A N R D C 104		0,0075		0,0096	0,0251	0,00856	0,042	0,056	0,0135	
Bioresmethrin OMS 1206 B N R D C 107	0,00045 à 0,0012	0,003 à 0,012		0,00424	0,0236	0,00577	0,014	0,026	0,0152	0,0145
Cismethine OMS 1800 N R D C 119				0,00155	0,00763	0,0025			0,0123	0,0103
Permethrin OMS 1821 N R D C 143				0,0065	0,017	0,008			0,041	0,034
Biopermethrin OMS 1823 N R D C 147				0,0037	0,011	0,0059			0,025	0,027
Allethrin							0,097	0,28		
Bioallethrin		0,1 à 0,4					0,05	0,06		
Butethrin							0,021	0,014		
Furamethrin							0,011	0,029		
Furamethrin							0,005	0,017		
Propartrhin							0,016	0,036		
Pyrethrina							0,021	0,086		
Tetramethrin							0,06	0,132		
<i>Adultes</i>										
Allethrin	0,10 %			0,060 %						
Bioallethrin	0,015 %			0,011 %						
Bioresmethrine + P B	20*	34*	250*							
Bioallethrine + P B	35*	90*								
B R M + B A + P B	23*	34*	150*							

\* Exprimés en mg/m<sup>2</sup>



Etant donné qu'il est plus facile d'exécuter des tests larvaires et de préparer les solutions de pyrethroides que de faire des tests sur les adultes et d'imprégner des papiers d'insecticides, il nous a paru nécessaire d'étudier la sensibilité des larves avant d'aller plus loin vers la standardisation. En fait les souches que nous avons reçues de Bangkok, supposées résistantes aux pyrethroides, étaient plus sensibles à ces produits, au stade larvaire, que les souches simplement résistantes au D.D.T. de Bangkok (Laboratoire de Liverpool) de Djakarta ou de la Guadeloupe. Nous sommes donc toujours à la recherche d'une souche résistante après colonisation.

Au cours de ces essais nous avons cependant pu observer que la sensibilité à la Bioresmethrine est nettement inférieure chez les souches d'*Aedes aegypti* résistantes au D.D.T. que chez celles sensibles à ce produit comme en témoignent les résultats ci-après (tableau IV), il serait toutefois prématuré de conclure à une résistance croisée entre D.D.T. et Pyrethroides bien que les deux séries soient significativement différentes au seuil 97 % ; le sujet demande à être approfondi, ces observations allant dans le sens de celles de Plapp et Hoyer (1968) sur *Culex tarsalis*. Chez *Culex fatigans* il est difficile d'étudier ce phénomène toutes les souches étant résistantes au D.D.T. dans la nature; néanmoins dans le tableau 3 on observe une corrélation positive entre la résistance au Propoxur de ce moustique et sa tolérance aux Pyrethroides. Par contre, il n'y a pas de différence de comportement entre les souches Propoxur - R et S d'*Anopheles albimanus* (Georgioui, comm. à l'O.M.S.).

TABLEAU IV. — Sensibilité à la Bioresmethrine de quelques souches d'*Aedes aegypti*.

Origine de la souche et caractères	Bioresmethrine	
	CL 50	CL 95
Enugu (Nigeria) D.D.T. - S	0,0004	0,0016
Kari (Haute-Volta) D.D.T. - S	0,0015	0,0028
Tonga (Pacifique) D.D.T. - S	0,0012	0,0026
Djakarta (Indonésie) D.D.T. - R	0,012	0,03
Gosiers (Guadeloupe) D.D.T. - R	0,0045	0,01
Bangkok (Thaïlande) D.D.T. - R	0,004 et 0,003	0,012 0,012
Bangkok - supposée Pyrethrine - R	0,0018	0,0055

Les Pyrethroides et notamment la Bioresmethrine sont des imagocides remarquablement actifs contre *Aedes aegypti*, *Anopheles albimanus* et *Anopheles quadrimaculatus* mais près de 10 fois moins efficaces contre *Culex pipiens fatigans* et *Aedes taeniorhynchus* (Mount et

Pierce, 1975). Il serait intéressant de rechercher les causes de cette moindre efficacité et ses éventuelles liaisons avec d'autres résistances. L'utilisation à grande échelle de ces composés ne pourra se développer que lorsque seront connues les possibilités de résistance croisées avec les insecticides auxquels ils doivent être substitués.

### 3.2. Résistance chez les autres *Aedes*.

Chez *Aedes albopictus*, la résistance au D.D.T. et à la Dieldrine est assez largement répandue dans le Sud-Est asiatique, en Inde (Raghavan *et al*, 1970), en Thaïlande (Gould *et al*, 1968), au Cambodge (Mouchet *et al*, 1972 a), au Vietnam (Do Van Quy, 1963), en Malaisie (Thomas, 1970), à Singapour, à Brunei, en Indonésie, aux Philippines et au Japon (Basio *et al*, 1972; Suzuki et Mizutani, 1962). Les souches de Madagascar étaient toutes très sensibles aux organochlorés. Une résistance très prononcée au Malathion a été observée au Vietnam (CL 50 1,03 ppm). La résistance au Fenthion observée en Malaisie (Thomas, 1970) demanderait à être confirmée. Les faibles sensibilités au Fenthion (CL 50 0,017 ppm) et au Fenitrothion (CL 50 0,019 ppm) relevées sur une souche de Madagascar semblent marquer une certaine tolérance à ces composés.

*Aedes polynesiensis* a été trouvé résistant au D.D.T. et à la Dieldrine à Tahiti, Polynésie Française, alors qu'il restait sensible dans la plus grande partie de son aire de répartition.

*Aedes vittatus* est résistant au D.D.T. en Inde (Raghavan *et al*, 1967).

Il n'y a pas d'autres informations que celle de Burnett et Ash (1961) sur la résistance au D.D.T. d'*Aedes fijiensis* à Fidji.

*Aedes togoi*, en Corée du Sud, semble résistant au Dursban (CL 50 0,039 ppm) et peu sensible au Fenthion (CL 50 0,017 ppm) (Self *et al*, 1974).

*Aedes nigromaculis* est le premier moustique qui après avoir développé une résistance aux produits chlorés puis au Parathion (Lewallen, 1961) a présenté une multirésistance aux organophosphorés. En 1969, Wilder et Schaeffer par comparaison avec des souches sensibles ont montré que la résistance au Parathion était de 288 fois pour les larves et 1 400 fois pour les adultes, les CL 50 étant respectivement passées de 0,0035 ppm à 1,00 ppm et de 0,017 % à 24 % ; pour le Dursban elles s'étaient élevées de 0,0007 ppm à 0,010 ppm soit 714 fois et de 0,0031 % à 0,023 % soit 7 fois; enfin pour le Fenthion elles s'étaient accrues de 0,0013 ppm à 0,022 soit 17 fois et de 0,0068 % à 0,27 % soit 39 fois. En 1972, Womeldorf *et al*. confirment ces résultats et montrent que la résistance s'étend également au Malathion, à l'Abate, au Méthyl Parathion et à l'E.P.N.

En fait, seul le Propoxur, limité à des applications imagocides est efficace contre ce moustique qui n'a pas encore développé de résistance à son encontre (Gillies *et al.*, 1972). *Aedes nigromaculis* fut longtemps le seul moustique vraiment multirésistant aux O.P. et représentait en quelque sorte un modèle qui a fait l'objet de nombreuses études. Cette multirésistance fut attribuée à la très forte pression insecticide exercée sur les gîtes larvaires, essentiellement les prairies irriguées. Deux autres espèces d'*Aedes* vivant dans des conditions similaires dans les mêmes régions ont été soumises à la même pression; l'une *Aedes vexans* n'a développé aucune résistance; l'autre *Aedes melanimon* a développé des résistances au D.D.T. au Parathion et probablement à l'Abate (CL 50 0,0093 ppm) et au Dursban (CL 50 0,0036 ppm) (Gillies *et al.*, 1971).

Toujours en Californie, *Aedes sierrensis* est peu sensible sinon résistant au D.D.T. ainsi qu'à l'Abate (CL 50 0,006 ppm) (Womeldorf et Gillies, 1966).

Aux Etats-Unis, *Aedes triseriatus* est résistant au D.D.T. (V.B.C. 75/2) en Virginie et *Aedes atropalpus* également au D.D.T. en Oklahoma (*in* Brown et Pal, 1971).

Au Canada, *Aedes cantator* est résistant au D.D.T. et à la Dieldrine dans le New Brunswick et *Aedes vexans* au D.D.T. en Colombie Britannique (Peterson, 1966).

*Aedes cantans* semble avoir développé une résistance au D.D.T. en Allemagne Fédérale (*in* Brown et Pal, 1971) et en Tchécoslovaquie (Rettich *in* V.B.C. 75/2).

L'historique de la résistance aux insecticides chlorés puis au Malathion chez les moustiques halophiles de la côte Est des Etats-Unis, *Aedes taeniorhynchus* et *Aedes sollicitans* est traitée de façon très détaillée par Brown et Pal (1971). En 1968, Boike et Rathburn donnaient pour la première espèce une CL 50 au Malathion de 0,22 ppm et surtout une CL 95 de 2,6 ppm indice certain de résistance alors que la sensibilité au Naled restait normale. Les mêmes auteurs en 1969 constataient que la cessation de la pression insecticide amenait un regain de sensibilité sans que toutefois celle-ci soit totalement recouverte. En 1971, Mount *et al.* constataient que la CL 50 au Malathion chez *Ae. taeniorhynchus* avaient augmenté de 23 fois chez les adultes et de 46 fois chez les larves (0,88 ppm) par rapport à une souche sensible initiale; cette augmentation de la résistance était confirmée en 1975 par Boike et Rathburn. Une des informations les plus intéressantes sur la résistance chez ce moustique est son inaptitude à développer des résistances croisées aux O.P.; en effet, Mount *et al.* (1974) ont démontré qu'*Aedes taeniorhynchus* présentait un très grand potentiel à développer une résistance au Malathion par sélection avec ce produit alors que sa sensibilité aux autres imagocides

organophosphorés restait normale. Par ailleurs, cette espèce est résistante au D.D.T. et à la Dieldrine à Grand Cayman (Armstrong, 1971).

*Aedes sollicitans* est résistant au D.D.T. et à la Dieldrine dans tout l'Est et le Sud-Est des Etats-Unis (*in* Brown et Pal, 1971), au Malathion au Texas et en Virginie (Mount *et al.*, 1969).

En 1959, Klein et Michel donnaient une CL 50 de 0,2 ppm de D.D.T. pour *Aedes detritus* qui faisait penser à une résistance à ce produit mais il n'y avait encore eu aucun traitement insecticide contre ce moustique ce qui remettait en doute le jugement en l'absence de données de base.

### 3.3. Résistance chez les autres genres de Culicidés.

*Psorophora discolor* et *Ps. confinis* étaient depuis longtemps résistants à la Dieldrine dans le Sud des Etats-Unis (*in* Brown et Pal, 1971). La dernière espèce est en outre résistante au D.D.T. dans le delta du Mississippi (Ouzts, 1974).

Apperson et Georghiou (1974) donnent les CL 50 suivantes pour les larves de *Culiseta inornata* à Coachella Valley, Californie : D.D.T. : 0,18 ppm, Dieldrine : 0,13, Dursban : 0,0059, Fenthion : 0,011, Abate : 0,013, Parathion : 0,015, Fenitrothion : 0,035, Malathion : 0,45, Propoxur : 0,77. Au premier examen on concluerait à une multirésistance aux composés chlorés et phosphorés d'autant que la région a été abondamment traitée avec ces produits. Il faut toutefois être prudent en l'absence de données provenant de régions où l'espèce n'a pas subi de pression insecticide car il s'agit d'un moustique de grande taille qui pourrait être naturellement plus tolérant.

Le même problème d'interprétation se pose pour *Orthopodomyia californica* peu sensible au D.D.T. (CL 50 0,02 à 0,06 ppm) à l'Abate (0,0093 ppm) et au Dursban (0,0040 ppm); d'ailleurs les auteurs, Womeldorf et Gillies (1966) ne concluent pas.

Chez *Mansonia richiardii*, dans le sud de la France, sans qu'il y ait apparemment de résistance on observe des CL 50 pour les organophosphorés de 10 à 30 fois plus élevées que chez *Culex pipiens* (Sinègre *et al.*, 1971): Ce phénomène est à relier à la physiologie particulière des larves de ce genre; d'ailleurs des adultes de *Mansonia africana* étudiés par Hamon et Sales (1963) en Haute-Volta présentaient une sensibilité comparable à celle des anophèles et des *Culex*.

La résistance au D.D.T., à la Dieldrine, au Malathion et au Fenthion avait été notée chez *Armigeres obturbans* à Sri Lanka (*in* Mouchet, 1968). Les mêmes phénomènes ont été observés au Japon (Yasutomi, 1962; Suzuki et Mizutani, 1962) et en Malaisie (Thomas, 1970), chez *Armigeres subalbatius*.

4. BILAN DU PROBLÈME DE LA RÉSISTANCE CHEZ LES CULICIDÉS EN 1975.

L'examen comparatif de la situation de la résistance chez les Culicidés en 1968 et en 1975 fait apparaître une nette aggravation.

— 38 espèces présentent des phénomènes de résistance en 1975 contre 28 en 1968.

— 17 sont résistantes aux organophosphorés contre 9; parmi celles-ci 14 sont résistantes au Malathion contre 9; 12 au Fenthion contre 3; 9 à l'Abate contre 1; pour la première fois apparaît la résistance au Dursban chez 7 espèces et au Fenitrothion chez 6.

— Les multirésistances aux O.P. limitées à *Aedes nigromaculis* se retrouvent maintenant chez des vecteurs très importants: *Culex pipiens fatigans*, *C. tarsalis* et sous une forme moins nette chez *C. tritaeniorhynchus* et *Aedes aegypti*. Encore limité géographiquement ce phénomène a toutes chances de s'étendre sous la pression des insecticides employés soit en santé publique soit surtout en agriculture. La lutte contre ces moustiques pose déjà de sérieux problèmes qui ne feront qu'empirer.

— L'apparition d'une résistance aux Pyrethroïdes sur le terrain risque d'hypothéquer l'emploi de nouveaux insecticides et l'étude des résistances croisées est hautement prioritaire. L'apparition de tolérance aux analogues des inhibiteurs de croissance doit être sérieusement prise en considération avant de développer l'usage de ces produits comme méthode alternative de lutte.

L'arsenal dont dispose l'hygiéniste pour lutter contre les vecteurs s'amenuise et doit être employé avec toute la rigueur possible. Il est donc nécessaire de connaître constamment l'état de la sensibilité aux insecticides dans tous les programmes de lutte.

Une fois de plus nous ne pouvons qu'insister sur l'urgence de nouvelles familles d'insecticides et la nécessité de développer les recherches sur la lutte biologique et génétique.

Manuscrit reçu au S.C.D. de l'O.R.S.T.O.M. le 26 décembre 1975

BIBLIOGRAPHIE

- APPERSON (Ch. S.) et GEORGHIOU (G. P.), 1974. — Comparative resistance to insecticides in populations of three sympatric species of mosquitoes in the Coachella Valley of California. *J. Med. Ent.*, 11 (5) : 573-576.
- BARKAI (A.), SALITERNIK (Z.) et ROSEN (P.), 1967. — The susceptibility of *Culex pipiens molestus* Forskal in Israël to several insecticides in 1958-1960 to 1965. *Mosquito News*, 27 (2) : 191-198.
- BASIO (R.G.), REISEN (W.K.) et AZURIN (J.C.), 1972. — Information on the susceptibility of *Aedes albopictus* from Okinawa and the Philippines to DDT and Dieldrin. *The Philip. Entomol.*, 2, (3) : 213-216.
- BOIKE (A.H.) et RATHBURN (C.B.), 1968. — Tests of the susceptibility of Florida mosquitoes to insecticides. *Mosquito News*, 28, (3) : 313-316.
- BOIKE (A.H.) et RATHBURN (C.R.), 1975. — Laboratory susceptibility tests of some Florida strains of *Aedes taeniorhynchus* and *Culex nigripalpus* to malathion and naled, 1972-1974. *Mosquito News*, 35, (2) : 137-141.
- BROWN (A.W.A.) et PAL (R.), 1971. — *Insecticide resistance in arthropods*. Ser. monographies de l'O. M.S., n° 38, Genève 1971.
- BUEI KAZUO, 1975. — The effect of Pyrethroids to Larvae and Pupae of *Culex pipiens pallens* Coquillet. *Studies on Biological Assay of Pyrethroids. Botyu Kagaku*, 40, 27.
- BURNETT (G.F.) et ASH (L.H.), 1961. — The susceptibility to insecticides of Disease-carrying Mosquitos in Fiji. *Bull. Org. mond. Santé*, 24 : 547-555.
- CHAUVET (G.), RAVAONJANAHARY (C.) et BRUNHES (J.), 1971. — Sensibilité et résistance à divers insecticides organophosphorés chez *Culex pipiens fatigans* Wied. en milieu urbain à Madagascar. *C.R. Seances Soc. Biol., Tananarive*, 165, (2) : 444-448.
- DO VAN QUY, 1963. — Sensibilité des moustiques aux insecticides. *Rapp. ann. Fonct. techn. Inst. Pasteur Viet-Nam*, 1963 : 21-27.
- FOX (I.), 1961. — Resistance of *Aedes aegypti* to certain Chlorinated Hydrocarbon and Organophosphorus Insecticides in Puerto Rico. *Bull. Org. mond. Santé*, 24 : 489-494.
- FOX (I.), 1973. — Malathion resistance in *Aedes aegypti* from pressure on adults. *Mosquito News*, 33, (2) : 161-164.
- FOX (I.) et BAYONA (I.G.), 1972. — Malathion resistant strains of *Aedes aegypti* in Puerto Rico in 1969. *Mosquito News*, 32, (2) : 157-160.
- GEORGHIOU (G.P.), GILLIES (P.A.) et WOMELDORF (D. J.), 1969. — *Culex tarsalis* Coq : detection of resistance to Parathion, Méthyl parathion, Fenthion, Dursban and Abate in a Malathion resistant population. *California Vector Views*, 16, (12) : 115-118.
- GILLIES (P.A.), FUSSELL (E.M.) et WOMELDERF (D.J.), 1972. — Mortality of caged organophosphorous resistant *Culex tarsalis* using various adulticides applied as nonthermal aerosols. *Proc. Pap. 40th Ann. Conf. Calif. Mosq. Control. Assoc.*, 1972 : 22-25.

- GILLIES (P.A.), WOMELDORF (D.J.) et WHITE (E.K.), 1971. — Insecticide susceptibility of *Aedes melanimon* and *Aedes vexans* larvae in California. *Proc. Pap. 39th ann. Conf. Calif. Mosq. Control. Assoc.*, 1971 : 109-111.
- GJULLIN (C.M.) et ISAAKI (L.W.), 1957. — Present status of mosquito resistance to insecticides in San Joaquin Valley in California. *Mosquito News*, 17, (2) : 67-70.
- GOULD (D.J.) et al., 1968. — An insular outbreak of dengue haemorrhagic fever. III. Identification of vectors and vector ecology. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 17 : 609-618.
- HAMON (J.) et MOUCHET (J.), 1967. — La résistance aux insecticides chez *Culex pipiens fatigans* Wied. *Bull. Org. mond. Santé*, 37 : 277-286.
- HWANG (C.H.), PAIK (K.H.) et KHAN (C.M.), 1965. — *Korean cent. J. Med.*, 9 : 161-166.
- KERR (J.A.), de CAMARGO (S.) et ABEDI (Z.H.), 1964. — Eradication of *Aedes aegypti* in Latin America. *Mosquito News*, 24, (3) : 276-283.
- KLEIN (J.M.) et MICHEL (R.), 1959. — Observations sur le niveau de sensibilité aux insecticides des larves de l'*Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Haliday) du littoral méditerranéen. *Bull. Soc. Path. exot.*, 52 : 295-299.
- LEWALLEN (L.L.), 1961. — Insecticide resistant mosquito in California 1949-1961. *Mosquito News*, 21, (4) : 310-315.
- LIU CHIN-FA, LIU WI-TEH et CHANG CHIU SUN, 1966. — Preliminary report on the development of resistance to dipterex and Pyrethrins in *Culex pipiens pallens* from Changhai. *Acta Ent. Sinica*, 15, (1) : 70-72.
- LOFTI (M.D.), MANOUCHEHRI (A.V.) et YAZDANPANAH (H.), 1975. — Resistance of *Culex pipiens pipiens* to DDT in Northern Iran. *Bull. Soc. Path. exot.*, 68, (1) : 91-93.
- MC FARLAND (G.C.) et PELSUE (F.W.), 1971. — Public health protection chemicals. Resistance in *Culex* species in the Southeast mosquito abatement District. *Proc. 24th Ann. Meet. Utah Mosq. Abat. Assoc.*, 4-5 Oct. 1971 : 20-22.
- MITCHELL (C.J.) et CHEN (P.S.), 1974. — Susceptibility and resistance of four *Culex* species in Taiwan to certain insecticides. *J. Formosan Med. Assoc.*, 73, (4) : 185-195.
- MOUCHET (J.), 1968. — Resistance des Culicines aux insecticides. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, vol. VI, n° 3-4 : 225-235.
- MOUCHET (J.) et al., 1972 a. — La résistance aux insecticides des *Aedes* dans les régions d'Asie du Sud-Est et du Pacifique. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, vol. X, n° 4 : 301-308.
- MOUCHET (J.), CORDELLIER (R.), GERMAIN (M.), CARNEVALE (P.), BARATHE (J.) et SANNIER (C.), 1972 b. — Résistance aux insecticides d'*Aedes aegypti* L. et *Culex pipiens fatigans* en Afrique Centrale. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, vol. X, n° 4 : 347-354.
- MOUCHET (J.), DEJARDIN (J.), SUBRA (R.), 1968. — Sensibilité aux insecticides de *Culex pipiens fatigans* en Afrique de l'Ouest. *Méd. trop., Marseille*, 28, (3) : 374-394.
- MOUCHET (J.), ELLIOT (R.), GARIOU (J.), VOELCKEL (J.) et VARRIERAS (J.), 1960. — La résistance aux insecticides chez *Culex pipiens fatigans* Wied. et les problèmes d'hygiène urbaine au Cameroun. *Méd. trop. Marseille*, 20 : 447-456.
- MOUCHET (J.), PICHON (G.), GAYRAL (P.) et HAMON (J.), 1971. — Sensibilité et résistance aux insecticides d'*Aedes aegypti* en Afrique de l'Ouest et méthodes de contrôle de ce vecteur. *Bull. Org. mond. Santé*, 45 : 394-404.
- MOUNT (G.A.), ADAMS (C.T.) et FORD (H.R.), 1969. — Malathion resistance in *Aedes sollicitans* (Walker) from Langley Air Force Base, Virginia. *Mosquito News*, 29, (2) : 260-261.
- MOUNT (G.A.), SEAWRIGHT (J.A.) et PIERCE (N.W.), 1974. — Selection response and cross susceptibility of a malathion resistant strain of *Aedes taeniorhynchus* (Wied) to other adulticides. *Mosquito News*, 34, (3) : 276-277.
- MOUSSA (M.A.) et NAWARAT (P.), 1969. — Tests on susceptibility of *Culex gelidus* Theob. to DDT, Dieldrin and BHC in Thailand. *Mosquito News*, 29 : 231-236.
- MAKAI (S.), SOGO (K.) et HAYASHI (A.), 1974. — The resistance level of the larvae of pale house mosquito, *Culex pipiens pallens* Coq. to several synthetic insecticides in Amagasaki City. *Botyu Kagaku*, 39 (3) : 91-93.
- OUZTS (J.D.), 1974. — Susceptibility of *Psorophora confinnis* and *Anopheles quadrimaculatus* of the Mississippi delta to four insecticides. *Mosquito News*, 34, (4) : 403-406.
- PELSUE (F.W.), MCFARLAND (G.C.) et GILLIES (P.A.), 1972. — Public Health protection chemical resistance in larval *Culex pipiens quinque fasciatus* Say and *Culex peus* (Dyar) in the South East Mosquito Abatement District. *Proc. 40th Ann. Conf. Calif. Mosquito. Control. Assn.*, 1972 : 25-29.
- PENNINGTON (N.E.), 1968. — Resistance of *Culex tritaeniorhynchus* Giles and *Culex quinquefasciatus* Say to malathion in Okinawa with notes on susceptibility to other insecticides. *Mosquito News*, 28 : 193-198.

LA RESISTANCE AUX INSECTICIDES CHEZ LES CULICINES

- PETERSON (D.G.), 1966. — *Pesticides Progress*, 4, (3) : 59-68.
- PLAPP (F.W.) et HOYER (R.F.), 1968. — Possible pleiotropism of a gene conferring resistance to DDT, DDT analogs and Pyrethrins to Housefly and *Culex tarsalis*. *J. econ. Ent.*, 61, (3) : 761-765.
- RAGHAVAN (N.G.S.), WATTAL (B.L.), BATHNAGAR (V. N.), CHOUDHURY (D.S.), JOSHI (G.C.) et KRISHNAN (K.S.), 1967. — Present status of susceptibility of arthropods of public health importance to insecticide in India. *Bull. Ind. Soc. Mal. commun. Diseases*, 4, (3) : 209-245.
- RATHBURN (C.B. et BOIKE (A.H.), 1973. — Laboratory selection of *Culex nigripalpus* Theob. for resistance to Paris green. *Mosquito News*, 33, (4) : 512-516.
- ROGERS (A.J.) et RATHBURN (C.B.), 1964. — Present status of insecticides for Mosquito Control in Florida. *Mosquito News*, 24 : 286-291.
- ROMAN (E.) et PICHOT (J.), 1972. — Variations de la sensibilité aux insecticides chlorés des larves du moustique citadin lyonnais depuis leur utilisation pour la lutte contre cet insecte. *Rev. Inst. Past. Lyon*, 5, (4) : 287-401.
- SELF (L.S.), SHIM (J.C.) et JOLIVET (P.), 1974. — Susceptibility of *Culex tritaeniorhynchus* and six other mosquitoes to insecticides in Korea. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, vol. XII, n° 2 : 81-92.
- SINEGRE (G.), COUSSERANS (J.), VIGO (G.) et CRESPO (O.), 1971. — Sensibilité des larves de *Mansonia (C.) richiardii* (Ficalbi) à quelques insecticides. Effet de l'Abate sur un biotope larvaire. *Cah. ORSTOM, Ser. Ent. méd. Parasitol.*, vol. XI, n° 3 : 255-265.
- SUZUKI (T.), 1968. — A note on a multiple resistant strain-or tolerant-colony of *Culex pipiens* to organophosphorous insecticides. *Jap. J. Sanit. Zool.*, 19, (2) : 98-100.
- SUZUKI (T.) et MIZUTANI (K.), 1962. — Studies on insecticide resistance in mosquitoes of Japan. *Jap. J. exp. Med.*, 32 : 297-308.
- TADANO (T.) et SATO (H.), 1970. — Parathion resistance in larvae of *Culex pipiens pallens* Coq. *Jap. J. Sanit. Zool.*, 21, (3) : 186-187.
- THOMAS (V.), 1970. — Present status of resistance and susceptibility of four species of West Malaysian culicine mosquito larvae to insecticides *Med. J. Malaya*, 25, (2) : 142-148.
- WILDER (W.H.) et SCHAEFFER (C.H.), 1969. — Organophosphorous resistance levels in adults and larvae of the pastures mosquito, *Aedes nigromaculis* in the San Joaquin Valley of California. *Proc. Pap. 37th. ann. Conf. Calif. Mosq. Control. Assoc.*, 1969 : 64-67.
- WOMELFORF (D.J.) et GILLIES (P.A.), 1966. — Insecticide susceptibility of *Aedes sierrensis* (Ludlow) with notes on *Orthopodomyia californica* Bohart. *Calif. Vector Views*, 13, (7) : 54-61.
- WOLMERDORF (D.J.), GILLIES (P.A.) et WILDER (W.H.), 1966. — Mosquito larvicide susceptibility surveillance, 1965. *Proc. Pap. 34th. ann. Conf. Calif. Mosq. Control. Assoc.* : 77-79.
- WOLMERDORF (D.J.), GILLIES (P.A.) et WHITE (K.E.), 1968. — Present status of insecticide resistance in California mosquito larvae. *Proc. Pap. 36th ann. Conf. Calif. Mosq. Control. Assoc.*, jan. 29-31, 81-83.
- WOMELDORF (D.J.), GILLIES (P.A.) et WHITE (K.E.), 1972. — Insecticide susceptibility of mosquitoes in California; illustrated distribution of organophosphorus resistance in larvae *Aedes nigromaculis* and *Culex tarsalis*. *Proc. Pap. 40th ann. Conf. Calif. Mosq. Control. Assoc.*, 1972 : 17-21.
- YASUTOMI (K.), 1962. — Insecticides resistance developed in several species of the mosquitoes of Japan. *Jap. J. med. Sci. Biol.*, 15 : 29-35.
- YASUTOMI (K.), 1974. — Insecticide resistance in *Culex pipiens pallens* larvae of Amagasaki city. *Botyu Kagaku*, 39, (2) : 59-61.
- YU (Y.), Hsu (S.J.) et LU (S.C.), 1963. — Studies on insecticide resistance in Mosquitoes. *Acta Ent. Sin.*, 12 : 163-164.