

APPARITION A LA RÉUNION D'UNE RÉSISTANCE AU DDT  
CHEZ *CULEX FATIGANS* WIEDEMANN,  
PRINCIPAL VECTEUR DE LA FILARIOSE  
A *WUCHERERIA BANCROFTI* DANS L'ILE

Par JACQUES HAMON (\*)

Au fur et à mesure que l'on étend à de nombreux territoires l'emploi sur une grande échelle, des insecticides organiques de synthèse et, en premier lieu du DDT, des phénomènes de résistance à ces insecticides se manifestent chez un nombre croissant d'insectes, surtout chez les diptères.

C'est WIESMANN qui signala, le premier, un tel phénomène, chez des *Musca domestica* L. dans la localité d'Arnas, à 1.100 km. au nord de Stockholm, en 1946. Puis cette DDT-résistance apparut dans de très nombreuses régions du globe. Contre de telles mouches l'emploi d'autres insecticides chlorés (chlordan en Sardaigne et en Corse, HCH au Maroc, dieldrin aux Etats-Unis) amena rapidement la création de races totalement résistantes à ces divers insecticides.

En 1947, le docteur E. MOSNA enregistra l'apparition dans le Latium, lors de la deuxième année de traitement des habitations au DDT, d'une souche de *Culex autogenicus* Roubaud, dont les adultes résistaient environ dix fois plus au DDT que ceux de la souche témoin de laboratoire n'ayant jamais été mise en contact avec le DDT. Les larves de cette souche résistante étaient encore très sensibles à l'action larvicide du DDT et les adultes mouraient rapidement, si on les mettait au contact d'une paroi traitée avec du chlordan ou de l'HCH.

En 1949, R. W. FAY, W. C. BAKER, et M. M. GRAINGER men-

(\*) Que M. P. GRENIER, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Paris, et M. J. L. HOUBEAU, Chargé de Recherches d'Entomologie Médicale de l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer, trouvent ici tous mes remerciements pour l'aide qu'ils m'ont apportée en établissant la bibliographie nécessaire à la rédaction de cet article.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 13018

27 FEB. 1969

tionnèrent la création expérimentale au laboratoire d'une souche d'*Anopheles quadrimaculatus* Say, DDT-résistante.

En juin 1949 C. C. DEONIER, T. L. CAIN Jr. et W. G. Mc DUFFIE constataient l'apparition d'une certaine résistance au DDT chez les larves et les adultes d'*Aedes taeniorhynchus* Wied. et d'*Aedes sollicitans* Wlk. dans des zones de marais saumâtres de Floride traitées par avion au DDT depuis 1943. Cette réduction de sensibilité semblait également se manifester vis-à-vis du chlordane alors que le  $\gamma$ -HCH et la dieldrine conservaient toute leur efficacité.

Les phénomènes observés chez ces trois espèces de diptères ne sont d'ailleurs pas absolument comparables. Chez *Musca domestica* L., la résistance au DDT, puis aux autres insecticides chlorés de synthèse, est totale et, chez certaines souches au moins, elle se transmet héréditairement sans aucun affaiblissement, bien que les générations successives soient maintenues hors du contact du DDT (telle la souche Bellflower des Etats-Unis dont la 28<sup>e</sup> génération était aussi résistante que la première).

Chez *Culex autogenicus* Roubaud, la souche résistante est encore assez sensible à l'action du DDT. Selon E. MOSNA cette faible sensibilité des adultes au DDT est héréditaire et cette souche est encore très sensible à l'action des autres insecticides chlorés.

Chez *Anopheles quadrimaculatus* Say il ne s'agit également que d'une réduction de la sensibilité au DDT. Cette réduction de sensibilité est limitée et il ne semble pas que l'on puisse atteindre une résistance totale; enfin cette résistance disparaît si on laisse deux générations sans les soumettre à une sélection par un contact limité avec le DDT. Cette réduction de sensibilité ne s'étend ni au chlordane ni à l'HCH.

Chez *Aedes taeniorhynchus* Wied. et *Aedes sollicitans* Wlk. on assiste à l'apparition d'une résistance au DDT s'étendant d'emblée au chlordane, et se manifestant aussi bien chez les larves que chez les adultes. De toutes les DDT-résistances signalées jusqu'ici c'est celle se rapprochant le plus de ce que nous avons observé chez *Culex pipiens* ssp. *fatigans* Wied. à La Réunion.

A l'île de la Réunion, département français situé à 1.000 km. environ à l'est de Madagascar, une campagne antipaludique, basée sur le traitement de l'intérieur des maisons avec du pétrole à 5 o/o de DDT, commença en 1948. Cette campagne, entreprise seulement à Saint-Denis en 1948, fut étendue en 1949 à la quasi totalité de la zone littorale et la zone ainsi traitée s'est élargie d'année en année jusqu'à englober toutes les parties de l'île situées à moins de 500 m. d'altitude. Depuis 1950, pendant chaque saison sèche une campagne antilarvaire est entreprise aux environs des principales agglomérations et dans une grande partie de la plaine littorale. Le larvicide

utilisé est le diesel oil à 5 o/o de DDT additionné d'un abaisseur de tension superficielle.

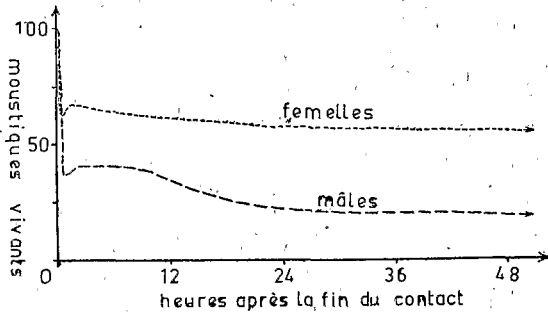
La première campagne anti-adulte importante, en 1949-1950, avait donné entière satisfaction à la population, en diminuant considérablement le nombre des moustiques (essentiellement *Culex fatigans* Wied.). La seconde campagne imagocide, d'octobre 1950 à avril 1951, souleva de nombreuses critiques des habitants se plaignant que les produits utilisés étaient beaucoup moins efficaces que l'année précédente et que les attaques de moustiques étaient sensiblement aussi abondantes après le traitement des maisons au DDT qu'avant. Une enquête menée immédiatement montra que les moustiques incriminés étaient des *Culex fatigans* Wied. Le traitement d'un certain nombre d'habitations avec des solutions de DDT faites avec le reliquat du DDT technique utilisé lors de la première campagne se montra inefficace. D'autre part, le DDT technique utilisé pour préparer les solutions était de bonne qualité comme l'ont montré les analyses de laboratoire. Des phénomènes analogues étaient d'ailleurs observés en Guyane Française et à l'Île Maurice vers la même époque et dans les mêmes conditions.

Une série d'intoxications expérimentales, effectuées au laboratoire départemental d'hygiène de Saint-Denis, nous permit alors de mettre en évidence, qu'à un phénomène de répulsion dû au DDT (les *Culex fatigans* évitaient de se poser sur les parois traitées) s'ajoutait une nette résistance vis-à-vis de cet insecticide. Les moustiques mis en expérience étaient âgés d'un peu plus de deux jours ; ils provenaient de nymphes récoltées dans les environs de Saint-Denis ; ils étaient introduits pendant 30 minutes dans une cage dont toutes les parois étaient recouvertes de papier bristol traité au DDT trois semaines auparavant, par pulvérisation de pétrole à 5 o/o de DDT. Après les 30 minutes de contact forcé les moustiques étaient transférés dans des cages d'élevage du modèle de M. le Professeur ROUBAUD et examinés à intervalles réguliers. Lors des comptages, les morts étaient comptés pour 0, les moustiques renversés sur le dos mais encore vivants pour 1/4 et ceux ayant un comportement normal étaient comptés pour 1. Après 48 heures de surveillance, nous n'observions plus de mortalité et pour l'ensemble des expériences il a survécu en moyenne 53 o/o des femelles et 19 o/o des mâles (Cf. les courbes de survivance du graphique 1).

Les moustiques qui avaient survécu à une première intoxication, nourris d'eau sucrée et maintenus 48 heures au repos furent remis ensuite en expérience dans les mêmes conditions que la première fois. Les résultats furent alors très discordants, allant de 0 à 86 o/o de survivants chez les mâles et de 56 à 93 o/o de survivants chez

les femelles. Nous pensons que cette discordance provient du fait que certains lots venaient de régions traitées depuis un an seulement au DDT tandis que d'autres étaient originaires de la ville de Saint-Denis traitée depuis deux années au DDT.

Dans le courant de l'année 1951 il nous fut donné de capturer, en fin d'après-midi, un certain nombre de *Culex fatigans* Wied. au repos sur des parois traitées au DDT quelques mois avant et où les cristaux de DDT étaient encore visibles. Ces moustiques furent capturés à l'aspirateur et transportés au laboratoire dans des conditions d'inconfort remarquable; là, mis en surveillance dans des cages Roubaud et nourris d'eau sucrée, ils nous permettaient d'enregistrer, quatre jours plus tard, la survivance de toutes les femelles et de 42 o/o des mâles.



Graphique 1. — Courbes de survivance d'adultes de *Culex fatigans* Wied. après un contact forcé de 30 minutes avec une paroi traitée au DDT.

Le fait que la mortalité soit nettement plus élevée chez les mâles que chez les femelles n'a rien de surprenant. En général, les mâles ont la vie beaucoup plus courte que les femelles et sont plus sensibles aux influences extérieures. En étudiant l'action du DDT chez *Musca domestica*, C. M. HARRISON puis L. E. MOSEBACH ont signalé que les mâles sont « knock down » plus tôt que la plupart des femelles.

Au cours de la campagne antilarvaire 1951 nous avons observé un certain nombre de faits semblant indiquer l'apparition d'une DDT-résistance chez les larves de *Culex fatigans* Wied.; voici les principaux :

1° Un puits aux parois et au fond de terre, situé à Saint-Gilles l'Hermitage, était peuplé par *Culex univittatus* Theobald, *Culex tigripes* Grandpré et de Charmoy et par *Culex fatigans* Wied. La surface de l'eau fut recouverte d'une couche de 1 cm. de Gyron (poudre de liège à 5 o/o de DDT); 18 jours après ce traitement le puits contenait de nombreuses larves de *Culex fatigans* Wied. au quatrième stade.

2° Une série de flaques servant d'abreuvoirs, ayant un fond de limon et de gravier, dans le cours inférieur de la ravine Trois Bassins, était peuplée par : *Anopheles gambiæ* Giles et *Culex fatigans* Wied. ; traitées avec un mélange de Gyron et de Néocide 50 (poudre mouillable à 50 o/o de DDT) elles recélaient 20 jours plus tard de nombreuses larves de *Culex fatigans* Wied. au quatrième stade bien qu'aucune pluie n'ait permis le renouvellement de l'eau.

3° Trois ravines de la commune de Saint-Benoit (Ravine sèche St-Benoit, Ravine du Petit Saint-Pierre et Ravine Sainte-Anne) contiennent chacune sur plusieurs kilomètres des milliers de creux de rocher remplis d'eau. Avant la campagne antilarvaire ces creux de rocher étaient peuplés par : *Anopheles gambiæ* Giles, *Anopheles coustani* Laveran, *Culex univittatus* Theobald, *Culex tigris* Grandpré et de Charmoy et *Culex fatigans* Wied. A partir du 12 avril 1951, ces ravines ont été traitées tous les quinze jours avec du mazout à 5 o/o de DDT, dans leurs 1.500 m. inférieurs. A chaque nouveau passage dans ces zones traitées les chefs d'équipe, ou nous-même, trouvions des larves de *Culex fatigans* à tous les stades. Le pourcentage de creux de rocher qu'elles peuplaient et leur densité larvaire étaient au moins aussi élevés que dans les zones non traitées des mêmes ravines où persistaient, en outre, les quatre autres espèces de Culicidés nommées plus haut. Une interruption de traitement de 6 semaines ne provoqua aucune modification dans le peuplement des gîtes de la zone traitée. Cette région avait déjà été soumise l'année précédente à une campagne antilarvaire.

4° Deux ravines de la commune de Saint-Philippe, formant des gîtes en tous points comparables à ceux des ravines de Saint-Benoit et peuplées par *Anopheles gambiæ* Giles, *Culex univittatus* Theobald et *Culex fatigans* Wied. ont été traitées, fin mars 1951, avec du mazout à 5 o/o de DDT. Elles sont restées ensuite sans nouveau traitement pendant deux mois, car elles servaient à l'alimentation en eau de boisson de la population. Pendant cette période, de fortes pluies balayèrent à plusieurs reprises le mazout et renouvelèrent complètement l'eau des gîtes ; malgré cela il fut impossible de trouver la moindre larve de moustique dans les marelles de rocher de ces deux ravines. Cette région était soumise pour la première fois à une campagne antilarvaire. Elle avait été soumise à deux campagnes antiadultes par traitement de l'intérieur des maisons avec du pétrole à 5 o/o de DDT, comme la région de Saint-Benoit, alors que la région Saint-Gilles l'Hermitage-Trois Bassins les Bas n'avait été soumise qu'à une seule campagne quelques mois auparavant.

Faute de temps nous n'avons pu étudier plus à fond ces phénomènes en 1951, mais la mise au point de produits larvicides à la fois efficaces et d'un prix de revient aussi bas que possible nous amena, en février-mars 1952, à faire toute une série d'intoxications expérimentales. Nous avons alors utilisé comme matériel des larves de moustiques au quatrième stade et notamment celles de *Culex fatigans* Wied. provenant de différentes parties de l'île.

Les conditions d'expérimentation étaient les suivantes :

Les lots de larves étaient placés dans des assiettes d'aluminium de 19 cm. de diamètre et contenant 400 cm<sup>3</sup> d'eau (l'eau provenait de l'adduc-

tion d'eau potable de la ville et n'avait été soumise à aucun traitement chimique). Chaque essai comprenait deux lots témoins non traités et deux lots pour chacun des produits essayés (dans le cas de la souche Cap Bernard il y eut, en outre, deux lots traités avec du diesel oil sans insecticide). Les larvicides essayés étaient tous sous la forme de solutions, différemment concentrées, de DDT et d'isomère gamma de l'HCH (\*) dans du diesel oil additionné d'un abaisseur de tension superficielle (Le « Bib » geigy). Il en était mis une goutte par assiette et le même compte-goutte servait toujours pour le même produit. Les larves vivantes, mourantes et mortes étaient ensuite recensées à intervalles réguliers jusqu'à mortalité complète, ou, dans le cas de non décès, jusqu'à éclosion de tous les adultes issus des larves mises en expérience. Nous ne mentionnerons ici que les résultats obtenus avec les solutions de diesel oil à 5 o/o de DDT ou à 1 o/o d'isomère gamma de l'HCH car ce sont ces produits qui ont entraîné les mortalités les plus importantes et qui, de ce fait, donnent les résultats les plus démonstratifs.

Les différentes souches mises en expérience étaient au nombre de 5. Elles provenaient :

a) d'une eau résiduelle de la distillerie de Saint-Denis Cap Bernard, zone ayant subi trois campagnes anti-adultes et de très intenses traitements antilarvaires ; c'est la souche que nous appellerons désormais « Cap Bernard » ;

b) d'une mare de cour intérieure du faubourg Fond du Ruisseau des Noirs, à Saint-Denis, zone ayant subi trois campagnes anti-adultes et deux campagnes antilarvaires modérées ;

c) d'un bassin de cour d'école à Saint-Paul Ville, zone ayant subi deux campagnes anti-adultes et deux campagnes antilarvaires modérées ; comme l'origine de cette souche et ses réactions aux larvicides sont très comparables à celles de la souche b) nous les avons groupées sous le nom « Saint-Paul Ville » ;

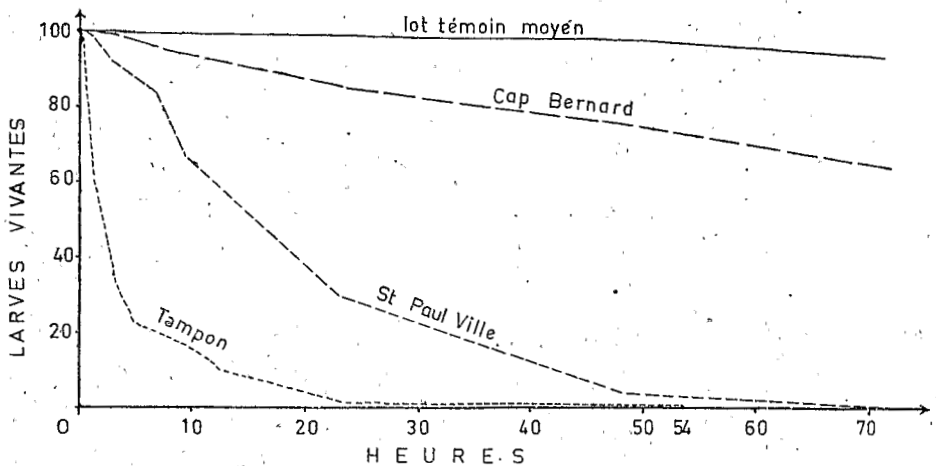
d) d'une eau résiduelle de la distillerie de Saint-Paul la Saline, zone venant d'être traitée pour la première fois en lutte anti-adulte et n'ayant jamais subi de lutte antilarvaire ;

e) d'un bassin d'arrosage de la localité dite « Tampon Ligne des 600 », zone venant d'être traitée pour la première fois en lutte anti-adulte et n'ayant jamais subi de lutte antilarvaire. Cette souche et la souche d) ayant les mêmes caractéristiques d'origine et les mêmes réactions aux larvicides nous les avons groupées sous le nom « Tampon ».

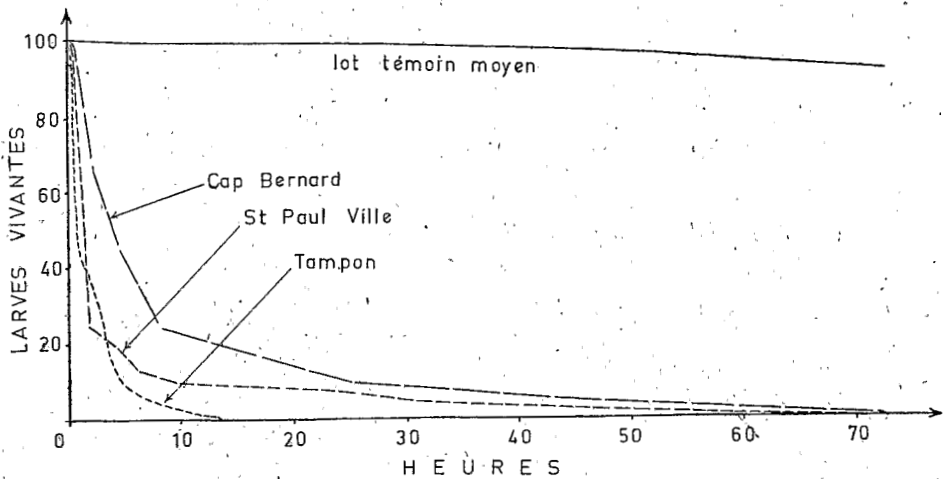
Les résultats de ces intoxications expérimentales sont représentés graphiquement par les courbes de survivance des graphiques 2 et 3. Comme un simple coup d'œil permet de le constater, les souches Tampon sont très sensibles au DDT et excessivement sensibles à l'isomère gamma de l'HCH ; les souches Saint-Paul Ville sont beaucoup moins sensibles au DDT et à l'isomère gamma de l'HCH ; quant à la

(\*) Le DDT utilisé était du DDT technique de la maison Geigy contenant 70 o/o d'isomère *pp'*. L'isomère gamma pur utilisé provenait de la maison Péchiney (Alès, Froges et Camargue).

souche Cap Bernard elle est très peu sensible au DDT et nettement moins sensible que les autres souches à l'isomère gamma de l'HCH.



Graphique 2. — Courbes de survivance de différentes souches de larves de *Culex fatigans* Wied. traitées avec du diesel oil à 5 o/o de DDT.



Graphique 3. — Courbes de survivance de différentes souches de larves de *Culex fatigans* Wied. traitées avec du diesel oil à 1 o/o de  $\gamma$ .HCH.

C'est la seule souche où les larves du quatrième stade aient, en masse, réussi leur nymphosé et, souvent leur éclosion. Pour cette souche, 2 o/o des larves des lots traités au gammexane réussirent leur éclosion mais se noyèrent, tandis que 60 o/o des larves des lots

traités au DDT réussissaient leur éclosion, puis leur envol, contre 68 o/o et 87 o/o chez les lots traités au diesel oil sans insecticide et chez les lots non traités.

Il ne semble pas possible d'incriminer des interactions provenant de l'alimentation initiale des larves, comme celles signalées par PHILLIPS et SWINGLE ou par HURLBUT et BOHART, car la souche la moins sensible (Cap Bernard) et une des souches les plus sensibles, provenaient d'un même type de gîte très riche en matières organiques (eaux résiduelles de distilleries). De même la qualité de l'eau utilisée pour ces expériences ne variait pas d'une façon suffisante d'une expérience à l'autre pour entraîner de telles différences dans l'action des larvicides.

#### CONCLUSIONS

Il nous semble possible d'affirmer :

1° Qu'à la suite de l'emploi du DDT comme imagocide, lors des campagnes antipaludiques qui sont effectuées dans l'île depuis 1948, on a vu apparaître une race de *Culex fatigans* Wied. dont les adultes sont nettement résistants à l'action du DDT. Dans la plupart des localités cette race résistante est apparue un an après la première campagne imagocide.

2° Qu'à la suite de l'emploi du DDT comme larvicide on a vu apparaître une race de *Culex fatigans* Wied. dont les larves du quatrième stade sont résistantes au DDT et manifestent d'emblée une bien plus faible sensibilité au  $\gamma$ .HCH que celles du *Culex fatigans* Wied. constituant la population initiale de l'île. Cette résistance est apparue en moyenne un an après les premières campagnes larvicides.

Nous pensons que ces deux phénomènes sont peut-être distincts l'un de l'autre, c'est-à-dire que la souche résistante à l'état adulte ne le serait pas à l'état larvaire et réciproquement. La lutte antilarvaire préalable semble avoir été indispensable pour créer une DDT-résistante chez les larves ainsi que le montrent les observations faites dans les ravines de Saint-Benoit et de Saint-Philippe. Des expériences complémentaires, que nous ne pourrions malheureusement pas faire puisque nous avons quitté l'île de la Réunion sans espoir de retour, seraient nécessaires pour préciser les relations entre la résistance au DDT chez les larves et chez les adultes ainsi que pour étudier le comportement de ces races dans le temps et vis-à-vis des autres insecticides chlorés de synthèse.



## RÉSUMÉ

L'auteur, après avoir rappelé les DDT-résistances déjà connues chez les diptères, signale l'apparition à l'île de la Réunion de races DDT-résistantes chez les adultes puis chez les larves de *Culex fatigans* Wied. Il expose les conditions ayant abouti à la création de ces races DDT-résistantes et donne le détail des expériences effectuées. Les larves DDT-résistantes ont été trouvées beaucoup moins sensibles au  $\gamma$ -HCH que les larves non DDT-résistantes.

## BIBLIOGRAPHIE

- DEONIER (G. C.), CAIN Jr. (T. L.) et McDUFFIE. — Aerials sprays tests on adult salt marsh mosquitoes resistant to DDT. *J. Econ. Ent.*, 1950, 43, n° 4, 506-510.
- FAY (R. W.), BAKER (W. C.) et GRAINGER (M. M.). — Laboratory studies on the resistance of *Anopheles quadrimaculatus* to DDT and others insecticides. *Jl. Nation. malaria Soc.*, 1949, 8, n° 2.
- DUFOUR (Dr) et HAMON (J.). — Rapport sur la lutte antipaludique. Campagne 1950-1951. *Publ. Dir. Dép. Santé Ile de la Réunion*.
- DUFOUR (Dr) et HAMON (J.). — Rapport sur la lutte antipaludique. Campagne 1951-1952. *Publ. Dir. Dép. Santé Ile de la Réunion*.
- FAY (R. W.) et SHEPPARD (E. H.). — *Anopheles quadrimaculatus* activity patterns in the laboratory on untreated and DDT treated surfaces. *Jl. Nation. Malaria Soc.*
- FLOCH (H.). — Lutte anti-marié et antipaludique en Guyane Française. Campagne 1949 et 1950. *Publ. n° 213 I. P. Guyane Française et Terr. Inini*.
- HANSENS (E. J.), SCHMITT (J. B.) et BARBER (G. W.). — Resistance of house-flies to residual applications of DDT in New Jersey. *Jl. Econ. Ent.*, 1948, 41, n° 5, 802-803.
- HARRISON (C. M.). — DDT resistance in an Italian strain of *Musca domestica* L. *Bull. ent. Res.*, 1952, 42, n° 4, 761-768.
- HURLBUT (H. S.) et BOHART (R. M.). — Factors affecting the larvicidal action of DDT on *Culex quinquefasciatus*. *Jl. Econ. Ent.*, 1945, 38, n° 6, 725.
- JAUJOU (C.), CAMAIN (R.) et ADAM (J. P.). — Lutte antipaludique. Campagne 1949. *Publ. Dir. Dép. Santé de la Corse*.
- JAUJOU (C.), MICHEL (L.) et HAMON (J.). — Lutte antipaludique. Campagne 1950. *Publ. Dir. Dép. Santé de la Corse*.
- KING (W. V.). — DDT resistant house-flies and mosquitoes. *Jl. Econ. Ent.*, 1950, 43, n° 4, 527-532.
- MARCH (R. B.) et METCALF (R. L.). — Development of resistance to organic insecticides other than DDT by house-flies. *Jl. Econ. Ent.*, 42, n° 6, 990.
- MOSEBACH (E.). — Susceptibilité au DDT et à l'HCH des femelles et des mâles de *Musca domestica*. *Ztschr. F. hyg. Zool.*, 1951, 39, n° 5-6, 139-145.

- MOSNA (D. E.). — Su una caratteristica biologica del *Culex autogenicus* di Latina. *Riv. Parassit.*, 1947, 8, n° 2-3.
- MOSNA (D. E.). — *Culex pipiens autogenicus* DDT resistenti e loro controllo con octaklor e esaclorocicloesano. *Riv. Parassit.*, 1948, 9, n° 1.
- PHILLIPS (A. M.) et SWINGLE (M. C.). — Rearing of mosquito larvæ and effect of diet on their resistance to rotenone and nicotine. *Jl. Econ. Ent.*, 1940, 33, n° 1.
- ROTH (A. R.) et MOTE (D. C.). — DDT resistant flies in Oregon. *Jl. Econ. Ent.*, 1950, 43, n° 6.
- SACCA (G.). — Sull'esistenza di mosche domestiche resistenti al DDT. *Riv. Parassit.*, 1947, 8, n° 2, 127-128.
- VEROLINI (F.). — Sul meccanismo di azione del DDT sulle larve di *Culiciné*. *Riv. Parassit.*, 1948, 9, n° 1.
- XXX. — Influence of natural waters on the effectiveness of DDT as a mosquito larvicide. *Bull. U. S. Army Med. Departement*, 1945, 4, n° 6, 633-634.