

Bull. Org. mond. Santé } 1971, 45, 394-404
Bull. Wld Hlth Org. }

Sensibilité et résistance aux insecticides d'*Aedes aegypti* en Afrique de l'Ouest et méthodes de contrôle de ce vecteur

par J. MOUCHET,¹ G. PICHON,² P. GAYRAL² & J. HAMON²

Les flambées de fièvre jaune et d'arbovirose chikungunya récemment observées en Afrique occidentale ont attiré l'attention d'une façon dramatique sur l'importance médicale que pouvait encore avoir *Aedes aegypti* en cette partie du monde.

En 1965, le symposium sur *A. aegypti* organisé par l'OMS, à Genève, avait noté la pénurie d'informations sur la sensibilité aux insecticides de ce moustique en Afrique et en Asie, là justement où son importance épidémiologique était la plus grande. Un programme global d'évaluation de la sensibilité aux insecticides de ce vecteur fut alors organisé par l'OMS, en coopération avec le Laboratoire d'entomologie médicale des Services scientifiques centraux

de l'Office de la Recherche scientifique et technique Outre-mer (ORSTOM), chargé d'étudier les souches récoltées sur le terrain.

L'enquête faite, en coopération avec l'OMS, de 1966 à 1969, sur la distribution et la fréquence d'*A. aegypti* dans le centre de l'Afrique occidentale, a permis de recueillir un certain nombre de souches de ce moustique qui ont été envoyées aux Services scientifiques centraux de l'ORSTOM pour étude. Un rapport préliminaire sur les résultats de cette enquête avait déjà été présenté il y a deux ans (Mouchet et al., 1968). Le présent document ne constitue pas non plus une mise au point définitive car certaines souches sont encore en cours d'étude en France tandis que les prospections sur le terrain se poursuivent.

Les possibilités de lutte contre *A. aegypti* ont surtout été étudiées par l'équipe OMS de l'Unité de recherche sur *Aedes*, de Bangkok, et par les chercheurs du National Communicable Disease Center

¹ Entomologiste médical, Services scientifiques centraux de l'Office de la Recherche scientifique et technique Outre-mer (ORSTOM), 93 Bondy, France.

² Entomologiste médical, Laboratoire d'entomologie, Centre Muraz, Bobo-Dioulasso, Haute-Volta.

des Etats-Unis d'Amérique, mais les équipes du Laboratoire d'entomologie du Centre Muraz ont apporté leur contribution à cette évaluation, notamment dans le cadre du programme OMS d'évaluation des nouveaux insecticides.^{1,2}

*Sensibilité d'*A. aegypti* aux insecticides*

Souches étudiées, méthodes employées, et interprétation des résultats. Il a été possible à ce jour d'étudier complètement 70 souches provenant respectivement de l'équipe ORSTOM/OCCGE³ (66 souches), de l'équipe ORSTOM/Institut Pasteur de Dakar (2 souches), du Professeur M. T. Gillies (1 souche) et de M. P. Amoussouga (1 souche). Les coordonnées géographiques des 71 localités correspondantes sont données dans l'annexe 1.

L'évaluation de la sensibilité d'*A. aegypti* aux insecticides a été faite sur les jeunes larves au 4^e stade en appliquant la méthode normalisée par l'OMS (Comité OMS d'experts des Insecticides, 1963). La gamme des insecticides utilisables pour les tests sur larves est bien plus large que celle disponible pour les tests sur moustiques adultes, et les résultats sont également plus faciles à interpréter. Dix insecticides ont été employés, trois organochlorés et sept organophosphorés.

Les souches recueillies sur le terrain, généralement à l'aide de pondoires pièges, ne comportaient souvent à l'origine qu'un nombre limité d'individus alors qu'il en faut de 5000 à 10 000 pour déterminer le spectre de sensibilité aux insecticides. Le nombre d'individus a été accru en conservant chaque souche pendant plusieurs cycles de reproduction au laboratoire. Toutes précautions ont été prises pendant cette période pour maintenir un isolement rigoureux entre les différentes souches en cours d'étude.

La détermination des concentrations létales 100% (CL₁₀₀) a toujours été faite par observation directe. Lorsqu'une mortalité de 100% n'a pas été obtenue, il a été précisé que la CL₁₀₀ était supérieure à la plus forte concentration utilisée lors du test. Les concentrations létales 50% (CL₅₀) ont été déterminées

graphiquement, puis améliorées en faisant analyser les résultats par l'ordinateur de l'OMS, à Genève.

L'interprétation des résultats est une affaire d'expérience, la sensibilité de base des populations d'*A. aegypti* n'étant pas uniforme et les critères de caractérisation des individus résistants ne semblant pas pouvoir être rigoureusement fixés. Une souche a été considérée comme résistante lorsqu'elle contenait une proportion, même faible, d'individus résistants. Lorsqu'un doute existait, la souche a été classée sous la rubrique « ? » et elle a été considérée comme sensible pour l'interprétation régionale des résultats.

Les concentrations létales sont exprimées en parties par million.

Sensibilité aux composés organochlorés. Sous réserve de tenir compte des méthodes employées, des critères de caractérisation des individus sensibles et résistants aux insecticides organochlorés peuvent être trouvés dans les travaux de Shidrawi (1957), Khan & Brown (1961), Inwang et al. (1967) et Mouchet (1967a,b). Ce sujet a été revu récemment, en ce qui concerne le DDT, par Wood (1967, 1968). Il apparaît nettement que l'extériorisation de la résistance varie de façon importante en fonction du patrimoine héréditaire général de la population considérée; il y a ainsi des variations de souche à souche et, plus encore, de région à région.

Dans le cas de l'Afrique occidentale, en tenant compte de tous les résultats disponibles, nous avons retenu les critères suivants:

- DDT: sensibilité si la CL₁₀₀ était inférieure ou égale à 0,05 partie par million, résistance si la CL₁₀₀ était supérieure ou égale à 0,5 partie par million, doute dans la situation intermédiaire;
- dieldrine: sensibilité si la CL₁₀₀ était inférieure ou égale à 0,05 partie par million, résistance si la CL₁₀₀ était supérieure ou égale à 0,1 partie par million, doute dans la situation intermédiaire. La résistance à la dieldrine en Afrique ne semble pas très prononcée. Après sélection par cet insecticide d'une souche de Bobo-Dioulasso pendant six générations et d'une souche d'Abidjan pendant quatre générations, aucun adulte viable n'a été obtenu lorsque les larves étaient soumises pendant 24 heures à des doses de dieldrine supérieures à 0,5 partie par million.

La résistance à la dieldrine s'étend à l'HCH mais la sensibilité des larves d'*A. aegypti* à cet insecticide est toujours faible tandis que les différences entre les souches sensibles et résistantes au gamma HCH paraissent moins marquées que celles observées pour

¹ Organisation mondiale de la Santé (1968) *Evaluation of insecticides for vector control. A collaborative programme conducted by the World Health Organization. Part I. Compounds evaluated in 1960-1967.* Document non publié WHO/VBC/68.66.

² Organisation mondiale de la Santé (1968) *Evaluation of insecticides for vector control. A collaborative programme conducted by the World Health Organization. Part II. Problems in the evaluation of insecticides.* Document non publié WHO/VBC/68.66a.

³ Organisation de Coopération et de Coopération pour la Lutte contre les grandes Endémies.

la dieldrine. La CL_{100} des souches sensibles paraît être inférieure ou égale à 0,5 partie par million tandis que celle des souches résistantes serait peu supérieure ou égale à 2,5 parties par million. En sélectionnant par l'HCH une souche résistante de Lomé (Togo), on a pu augmenter seulement la CL_{100} de 2,5 fois après cinq sélections, soit aux environs de 3 parties par million.

Les résultats détaillés des tests de sensibilité au DDT, à la dieldrine et au gamma HCH sont donnés dans l'annexe 2, un résumé des informations figurant dans le tableau ci-après et la distribution géographique des souches sensibles et résistantes figurant sur la carte.

La résistance à la dieldrine est très fréquente et a été trouvée dans 39 des 71 souches étudiées alors que la résistance au DDT paraît présente chez 17 souches. Il faut noter en outre qu'une CL_{100} ne permettant pas d'interprétation a été observée 11 fois dans le cas de la dieldrine et 21 fois dans celui du DDT. Comme Inwang et al. (1967) ont montré que la résistance au DDT est particulièrement difficile à mettre en évidence chez les souches ouest-africaines d'*A. aegypti*, on peut conclure qu'elle

existe avec certitude chez 25 % des souches étudiées, mais est peut-être présente en fait chez plus de 50 % d'entre elles.

La résistance à la dieldrine apparaît souvent seule, ou associée à celle au DDT. La résistance au DDT n'a été observée seule que chez deux souches.

Pour une raison qui n'apparaît pas clairement, c'est dans l'est de l'Afrique occidentale (Dahomey, Niger, Nigéria, Togo) que la proportion des souches résistantes est la plus élevée (23/30).

Dans certains cas, la proportion des individus résistants paraît encore très faible et le DDT, voire l'HCH, pourraient être temporairement employés contre *A. aegypti* en cas d'urgence tandis que l'emploi de la dieldrine ne peut en aucun cas être recommandé. Une utilisation prolongée du DDT aboutirait certainement à la sélection de populations très résistantes.

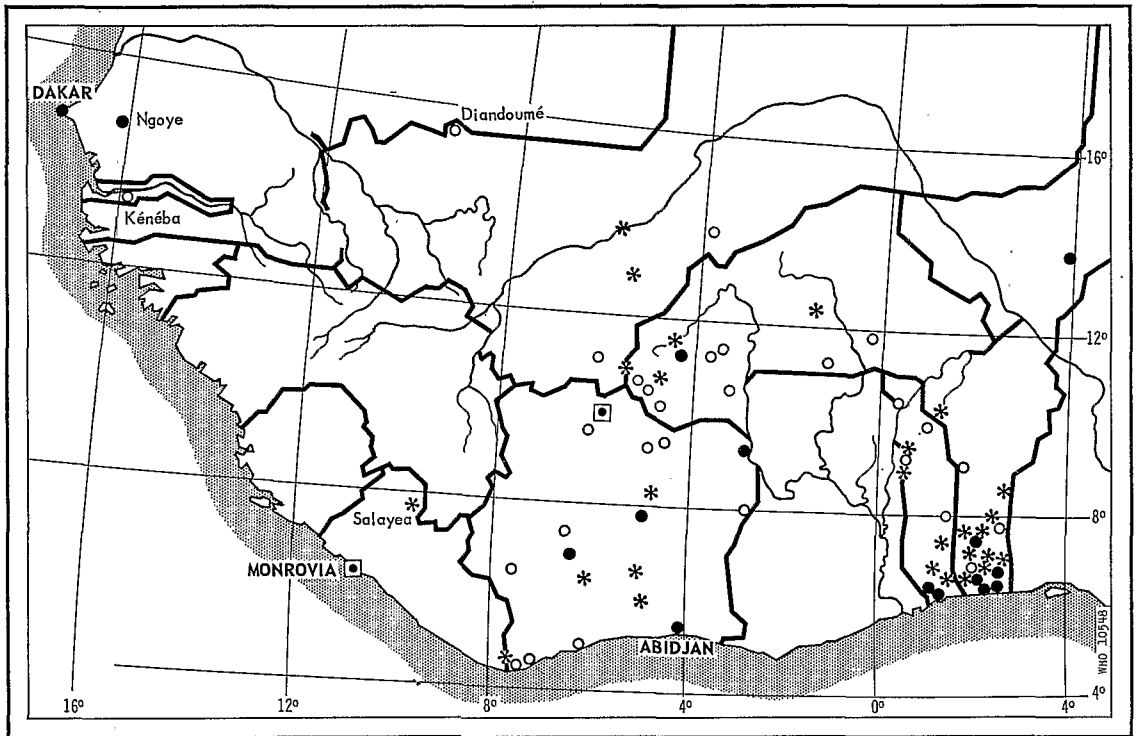
Sensibilité aux composés organophosphorés. La sensibilité aux insecticides organophosphorés des souches ouest-africaines d'*A. aegypti* est dans l'ensemble normale. Les CL_{50} et les CL_{100} sont en général du même ordre de grandeur que celles observées

Distribution par État des souches d'*Aedes aegypti* sensibles et résistantes aux insecticides organochlorés^a

Etat	Nombre de souches				
	Étudiées	Sensibles au DDT et à la dieldrine	Sensibles au DDT et résistantes à la dieldrine	Résistantes au DDT et sensibles à la dieldrine	Résistantes au DDT et à la dieldrine
Côte d'Ivoire	18	10	3	1	4
Dahomey	17	3	9	0	5
Gambie	1	1	0	0	0
Haute-Volta	12	8	3	0	1
Libéria	2	0	1	1	0
Mali	6	4	2	0	0
Niger	1	0	0	0	1
Nigéria ^b	1	0	1	0	0
Sénégal	2	0	0	0	2
Togo	11	4	5	0	2
Total	71	30	24	2	15

^a Les réponses douteuses ont été traitées comme si elles correspondaient à des populations sensibles.

^b La résistance d'*A. aegypti* au DDT a été signalée dans la région de Lagos (Surtees, 1958) mais la méthode employée ne permet pas de conclure de façon nette.



Résistance aux insecticides d'*Aedes aegypti* en Afrique occidentale

- Souches sensibles
- ◻ Souches résistantes au DDT
- * Souches résistantes à la dieldrine
- Souches résistantes au DDT et à la dieldrine

chez les souches sensibles de la même espèce en d'autres parties du monde.¹ On doit toutefois noter que les CL_{100} de quelques souches sont sensiblement plus élevées qu'escompté vis-à-vis du malathion (2 souches), du fenthion (2 souches) et du bromophos (4 souches). Ce ne sont pas les mêmes souches qui paraissent tolérantes à ces différents composés et il peut s'agir de cas extrêmes de la variabilité normale des souches sensibles. La tolérance au fenthion de la souche d'*A. aegypti* de Bobo-Dioulasso était toutefois extrêmement marquée, avec une CL_{50} de 0,18 partie par million contre des valeurs moyennes de 0,0024 à 0,007 partie par million pour les autres souches étudiées; cette caractéristique a disparu dès

la seconde génération élevée au laboratoire mais elle mériterait d'être étudiée dans les populations naturelles.

Un résumé des observations faites, avec l'ordre de grandeur des CL_{50} et des CL_{100} pour les populations sensibles d'*A. aegypti* et la liste des quelques souches ayant une certaine tolérance à l'un ou l'autre des composés organophosphorés, figurent dans l'annexe 3.

Ziv et al.² ont recherché, au laboratoire, dans quelle mesure les composés organophosphorés pouvaient permettre la sélection de souches résistantes à ces insecticides, à partir de populations d'*A. aegypti* apparemment sensibles. Ils ont aussi étudié

¹ Mouchet, J., Barathe, J. & Sannier, C. (1969) *Sensibilité d'Aedes aegypti aux insecticides organophosphorés*. Document non publié WHO/VBC/69.137.

² Ziv, M., Brown, N. J. & Brown, A. W. A. (1969) *Resistance potentialities of Aedes aegypti and Culex fatigans to organophosphorus and other insecticides*. Document non publié WHO/VBC/69.148.

la possibilité d'apparition de résistances croisées. Leurs conclusions ne sont que modérément optimistes car des tolérances marquées vis-à-vis de l'Abate et du fenthion ont pu être observées après sélection par le Dursban, tandis que des tolérances à l'Abate, au Dursban et au bromophos étaient enregistrées après sélection par l'Abate. Le patrimoine héréditaire des populations sauvages étant généralement plus varié que celui des colonies de laboratoire, on peut s'attendre à la sélection de populations encore plus tolérantes lors de l'application massive des composés organophosphorés sur le terrain. Les niveaux de tolérance observés sont toutefois compatibles avec le contrôle des individus tolérants par l'Abate.

Prévention et contrôle d'A. aegypti

Il est toujours possible, en y mettant le prix, de tuer des larves ou des adultes de moustiques, mais il est plus efficace et plus économique, à long terme, d'éviter leur production. Plus le nombre de spécimens d'*A. aegypti* est réduit, plus les risques de développement d'une population résistante sont limités et moindre est l'importance épidémiologique de l'espèce. Les insecticides ne sont ainsi pour une large part que de coûteux palliatifs d'une mauvaise hygiène du milieu.

Prévention de la pullulation d'A. aegypti. Dans les conditions moyennes de l'Afrique occidentale, le cycle de développement préimaginal d'*A. aegypti* est habituellement supérieur à une semaine. Un nettoyage soigneux des récipients de stockage de l'eau, au moins une fois par semaine, éliminerait déjà la grande majorité des larves et nymphes d'*A. aegypti* vivant dans des récipients domestiques avant qu'elles aient donné naissance à des adultes. Les récipients contenant des médications traditionnelles ne peuvent être traités de la sorte et l'application préventive d'un insecticide non toxique pour les vertébrés se justifierait; des récipients étanches aux moustiques (jars fermés d'un fin tulle moustiquaire ou d'un morceau de percale) pourraient également être utilisés.

Les gîtes péri-domestiques constitués par des débris de récipients abandonnés pourraient être éliminés soit en enterrant ces déchets soit en perforant en de nombreux points les boîtes métalliques et en broyant en menus fragments les débris de poterie afin d'éviter qu'ils puissent recéler de l'eau pendant plus de quelques heures.

Le contrôle des gîtes naturels est infiniment plus difficile à réaliser et n'est habituellement justifié qu'en zone urbaine ainsi que dans le périmètre de pro-

tection des aéroports. Il consiste à rechercher systématiquement tous les gîtes potentiels, creux d'arbres, de bambous, de rochers, etc. et à les éliminer soit par destruction soit par remplissage avec des matériaux durables. Cette méthode a été largement employée autrefois avec un grand succès, dans Dakarville et environs.

Ces opérations de prévention sont faciles à décrire mais plus difficiles à réaliser. Elles impliquent l'éducation sanitaire de la population et l'intervention éducative puis coercitive des agents sanitaires et sont, à ce titre, impopulaires. Elles consistent cependant une solution d'avenir même s'il reste indispensable, dans certains cas, de les associer à des traitements insecticides limités.

Contrôle d'A. aegypti. Le contrôle biologique des vecteurs de maladies est à la mode mais il faut reconnaître honnêtement que les perspectives d'application pratique sont encore fort éloignées.¹ Par ailleurs aucun des procédés envisagés ne permet l'élimination rapide d'une population de vecteurs en cas d'épidémie. L'ère des insecticides n'est donc pas terminée.

A. aegypti appartient à un groupe de moustiques caractérisé par la présence d'œufs durables, pondus à la périphérie des gîtes larvaires potentiels, dont l'éclosion se fait à l'occasion des mises en eau ultérieures et est souvent très échelonnée dans le temps. La destruction, pendant une période donnée, de tous les adultes et de toutes les larves et nymphes contenus dans les gîtes larvaires n'entraînerait donc pas l'éradication de l'espèce.

Actuellement, les campagnes de réduction du nombre de gîtes potentiels et de lutte antilarvaire constituent la base des opérations antistégomiques de routine, la lutte contre les adultes d'*A. aegypti* étant surtout envisagée en période d'épidémie. Les résistances déjà observées et les risques d'extension de celles-ci interdisent pratiquement l'emploi prolongé des composés organochlorés pour la lutte contre *A. aegypti* (Gratz, 1966; Mouchet, 1967a,b; Schoof, 1967a,b) alors qu'ils étaient extrêmement employés autrefois (Comité OMS d'experts des Insecticides, 1963). Le DDT et l'HCH, par suite de leur prix modéré et de leur obtention rapide, peuvent cependant rendre peut-être encore quelques services en cas d'urgence, en attendant la livraison de produits mieux appropriés.

¹ Hamon, J. (1969) *Ecological factors important in insecticidal and alternative means of mosquito control*. Document ronéotypé ORSTOM, Bobo-Dioulasso, 495 bis/69 — ORSTOM Bobo.

a) Lutte antilarvaire:

Par suite de la présence d'œufs durables il est intéressant de disposer de formulations larvicides à effet rémanent, pouvant être placées dans les gîtes potentiels et tuant les larves au fur et à mesure de leur éclosion. Par ailleurs, les récipients de stockage de l'eau destinée aux usages domestiques constituent un des gîtes larvaires classiques d'*A. aegypti*; les larvicides employés devront être aussi peu toxiques que possible pour les vertébrés terrestres et avoir une formulation modifiant le moins possible le goût de l'eau.

L'action larvicide de nombreux composés organophosphorés a été évaluée vis-à-vis d'*A. aegypti* depuis une dizaine d'années (Abedi & Aarons 1964; Brooks & Schoof, 1965; Brooks et al., 1965; National Communicable Disease Center, 1965, 1966, 1967; Schoof, 1967a; Organisation mondiale de la Santé¹; Taylor, 1968; Tomasucci & Michieli, 1968; Brooke, 1969; Gayral & Kambou²). Le composé actuellement le plus prometteur est l'Abate.

Alors que la CL₁₀₀ de l'Abate pour les larves au 4^e stade d'*A. aegypti* est inférieure ou égale à 0,02 partie par million, sa dose létale 50% pour les mammifères est supérieure à 8 g/kg de poids, en intoxication aiguë. L'Abate n'a pratiquement pas de toxicité chronique chez les mammifères (Gaines et al., 1967; Laws et al., 1967, 1968) et est, à ce titre, agréé par l'OMS pour le traitement des eaux potables (Comité OMS d'experts des Insecticides, 1967).

L'évaluation de diverses formulations d'Abate a montré que, pour une même dose de matière active, les concentrés émulsionnables étaient plus efficaces que les granulés; par ailleurs, les granulés à base de sable étaient supérieurs à ceux à base de bentonite (Brooks et al., 1966). L'avantage des granulés est de permettre, lorsque cela est souhaité, un relargage progressif du produit actif, les caractéristiques du relargage dépendant alors du substrat et du solvant, la plupart des formulations courantes libérant le produit actif dans les 24 à 72 heures suivant la mise en eau des granulés.^{3,4} Bang & Tonn

ont montré que les concentrés émulsionnables d'Abate avaient une action particulièrement durable lorsqu'ils étaient directement appliqués sur les parois sèches des récipients devant servir au stockage de l'eau; ils considèrent cependant que, pour une campagne à grande échelle, les granulés sont plus maniables que les concentrés émulsionnables.⁵

Lors d'études sur le terrain en Thaïlande, Bang & Tonn ont montré que les granulés de sable à 1% d'Abate ne perdent que lentement leur efficacité lorsqu'ils sont laissés jusqu'à quatre semaines dans des récipients vides.⁶ Ces mêmes auteurs^{7,8} ont observé que l'Abate libéré par les granulés se fixait assez rapidement sur les parois des récipients, un équilibre étant obtenu après environ 24 heures; les vidages et remplissages périodiques n'affectent plus alors que l'Abate en solution, celui fixé sur les parois assurant une certaine rémanence du traitement et étant partiellement libéré dans l'eau nouvellement introduite lors de chaque remplissage du récipient de stockage. Bang & Tonn⁹ ont enfin montré, lors d'une évaluation à grande échelle dans la région de Bangkok, que les granulés de sable à 1% d'Abate, appliqués de façon à créer une concentration théorique initiale de 1 partie par million dans les récipients de stockage de l'eau entraînaient une élimination d'*A. aegypti* pendant deux à cinq mois, la durée d'efficacité étant fonction du rythme d'utilisation de l'eau; dans les récipients exposés au soleil la rémanence du traitement était plus limitée que dans ceux situés à l'ombre.

En Haute-Volta, où les conditions de stockage de l'eau sont moins favorables à la rémanence des traitements larvicides qu'en Thaïlande (récipients plus petits, vidés et remplis beaucoup plus fréquemment), l'application de 1 partie par million d'Abate sous

¹ Sinigre, G. (1968) *Etude du relargage des granulés d'Abate à 1%*. Document ronéotypé de l'Entente départementale pour la démoustication du littoral méditerranéen, Montpellier.

² Bang, Y. H. & Tonn, R. J. (1969) *Residual life of OMS-786 (Abate) emulsion concentrate in potable water jars in Thailand*. Document non publié WHO/VBC/69.156.

³ Bang, Y. H. & Tonn, R. J. (1969) *Effectiveness of one per cent. Abate (OMS-786) sand granules in dry containers*. Document non publié WHO/VBC/69.126.

⁴ Bang, Y. H. & Tonn, R. J. (1969) *A bio-assay technique to determine micro-quantities of Abate (OMS-786) in potable water containers*. Document non publié WHO/VBC/69.123.

⁵ Bang, Y. H. & Tonn, R. J. (1969) *Residual life of Abate (OMS-786) sand granules in water containers under water usage practice*. Document non publié WHO/VBC/69.125.

⁶ Bang, Y. H. & Tonn, R. J. (1969) *Evaluation of 1% Abate (OMS-786) sand granules for the control of Aedes aegypti larvae in potable water*. Document non publié WHO/VBC/69.121.

¹ Organisation mondiale de la Santé (1968) Document non publié WHO/VBC/68.66.

² Gayral, P. & Kambou, F. S. (1969) *Evaluation de l'activité de deux insecticides, OMS-187 et OMS-658, dans la lutte contre les larves d'Aedes aegypti L.* Document ronéotypé OCCGE, Centre Muraz, Bobo-Dioulasso, 173/Ent/69.

³ Mulla, M. S., Chaudhury, M. F. B. & Darwazeh, H. A. (1968) *Release of new mosquito larvicides into water from granular formulations*. Document non publié WHO/VBC/68.94.

forme de granulés de sable à 1% a eu une efficacité extrêmement marquée pendant environ quatre semaines.^{1, 2}

Dans les récipients contenant de l'eau qui n'est pas destinée à la consommation, la concentration initiale d'Abate peut être portée à 5 parties par million, ou bien ce composé peut être remplacé par le Dursban dont les performances techniques sont encore meilleures (Taylor, 1968; Bang & Tonn³), notamment à l'extérieur des maisons, mais dont la toxicité pour les vertébrés est environ 50 fois plus forte que celle de l'Abate.

L'emploi des granulés d'Abate ou de Dursban peut parfaitement convenir pour éliminer temporairement les moustiques des trous d'arbres et de bambous et des creux de rocher, permettant ainsi le contrôle de la majorité des vecteurs selvatiques de fièvre jaune.

b) Lutte contre les moustiques adultes:

Ce n'est qu'en de rares circonstances que l'on peut être amené à appliquer des insecticides rémanents dans les maisons pour lutter contre *A. aegypti*. Dans de telles conditions, tous les composés et formulations recommandés pour la lutte antipaludique sont utilisables. Si l'on exclut les insecticides organochlorés, les produits restant en ligne sont le malathion, le Baygon et le fénitrothion. Tous les trois ont été largement utilisés dans les habitations en régions tropicales et subtropicales, à raison de 2 g/m² de matière active (Najera et al., 1967; Organisation mondiale de la Santé⁴) l'emploi de ces produits n'est dangereux ni pour les habitants ni pour les agents de traitement, sous réserve de prendre, lors de leur application, les mêmes précautions que celles prises lors de l'emploi du DDT. Aux cours actuels, le moins cher des trois est le malathion; le fénitrothion est sensiblement plus cher, tandis que le Baygon est très cher; en revanche, ce dernier composé n'a pas d'odeur désagréable et a une action particulière très intense, simulant une action fumigante.

Les campagnes insecticides contre les adultes d'*A. aegypti* doivent surtout être envisagées en période d'épidémie. Or, pour éliminer rapidement les vecteurs d'un foyer de transmission de fièvre jaune on ne peut faire appel qu'aux nébulisations, qui peuvent être émises soit depuis le sol (Shipp & Hazeltine, 1967; Taylor & Schoof, 1968), soit à partir d'un avion. Ce procédé est largement utilisé aux Etats-Unis pour enrayer les épidémies d'encéphalite (National Communicable Disease Center, 1967), les produits autorisés pour de tels emplois dans les zones habitées étant le malathion, le fenthion et le naled (= Dibrom) (Hamon et al., 1965). Le malathion est le composé le plus fréquemment utilisé, tant pour ses performances techniques (Taylor & Schoof, 1968) que pour son extrême sécurité d'emploi. Les risques de contamination respiratoire par ces composés organophosphorés appliqués en nébulisations sont excessivement faibles (Hartwell & Hayes, 1965) et ne sauraient se comparer avec ceux encourus par les populations en période d'épidémie (Hayes, 1967).

Les techniques d'application aérienne à très faible volume (*ultra low volume*) se développent rapidement. Des résultats excellents ont été obtenus aux Etats-Unis contre des moustiques exophiles en employant 210 g/ha de malathion (National Communicable Disease Center, 1967) tandis qu'en Thaïlande des résultats satisfaisants contre *A. aegypti* ont été obtenus, aussi bien dans les maisons que hors de celles-ci, avec des applications de 420 g/ha de ce même insecticide.⁵ L'application de malathion à très faible volume a été faite en Ethiopie, à titre expérimental, pour lutter contre *A. simpsoni*; les résultats ont été médiocres à la dose de 420 g/ha mais ont été très satisfaisants à des doses supérieures (Wright, communication personnelle); dans ces conditions le composé a une double action, imagocide et larvicide. Des essais d'emploi de l'Abate à très faible volume ont été faits récemment en Thaïlande, à la dose de 105 g/ha, pour tenter de contrôler ainsi les larves situées dans les jarres de stockage de l'eau; les résultats n'ont pas été très satisfaisants parce que beaucoup des gîtes d'*A. aegypti* étaient partiellement protégés de l'insecticide par des couvercles.⁶

¹ Pichon, G. (1968) *Preliminary field evaluation of Abate (OMS-786) pellets against Aedes aegypti larvae in West Africa*. Document non publié WHO/VBC/ETI/68.9 Add. 2.

² Gayral, P. & Pichon, G. (1969) *Evaluation de l'Abate dans la lutte contre les larves d'Aedes aegypti L. à l'échelle d'un village de Haute-Volta*. Document ronéotypé OCCGE, Centre Muraz, Bobo-Dioulasso, 136/Ent/69.

³ Bang, Y. H. & Tonn, R. J. (1969) *Effectiveness of different insecticides and/or formulations against Aedes aegypti larvae in ant traps in Bangkok, Thailand*. Document non publié WHO/VBC/69.118.

⁴ Organisation mondiale de la Santé (1968) Document non publié WHO/VBC/68.66.

⁵ Kilpatrick, J. W., Tonn, R. J. & Sujarti Jatanasen (1968) *Evaluation of ultra-low volume dispensing system for single engine aircraft and their effectiveness against Aedes aegypti populations in South East Asia*. Document non publié WHO/VBC/68.72.

⁶ Lofgreen, C. S., Ford, H. R., Bang, Y. H. & Tonn, R. J. (1969) *Evaluation of an ultra-low-volume aerial application of Abate for control of Aedes aegypti larvae in Thailand*. Document non publié WHO/VBC/69.145.

Les procédés de nébulisation de malathion efficaces contre *A. aegypti* dans des zones habitées en Thaïlande seraient probablement efficaces contre les vecteurs selvatiques de fièvre jaune dans les savanes boisées d'Afrique occidentale, mais il conviendrait toutefois de les évaluer dans ces conditions précises.

Conclusions

La résistance aux insecticides organochlorés est assez largement répandue en Afrique occidentale mais n'interdit pas en tous points l'emploi temporaire du DDT ou du HCH en cas d'épidémie. Il s'agit cependant d'une situation en évolution rapide puisque les premiers cas confirmés de résistance aux insecticides chez *A. aegypti* en Afrique de l'Ouest ne datent guère que d'environ six ans.

Il faudrait donc d'une part compléter la couverture de l'Afrique occidentale en matière de résistance au DDT et à la dieldrine et d'autre part faire des sondages périodiques dans des zones déjà étudiées pour suivre l'évolution de la situation (Mouchet, 1967b). L'étude de la sensibilité aux insecticides organophosphorés pourrait être limitée aux quelques composés susceptibles d'être employés en cas d'épidémie: malathion, fenthion, fénitrothion et Abate.

L'étude de nouveaux insecticides destinés à la lutte contre *A. aegypti* pourra se poursuivre dans le cadre des activités des Centre internationaux OMS de référence pour l'essai et l'évaluation de nouveaux insecticides. Il serait cependant peut-être plus urgent d'étudier les modalités pratiques d'utilisation et les limitations des nébulisations d'insecticides dans les conditions régionales d'habitat et de climat. Il paraît également vital d'étudier rapidement les caractéristiques écologiques et biologiques d'*A. aegypti* conditionnant l'emploi intelligent des insecticides: portée de vol, lieux de repos, longévité, choix des lieux de ponte, etc. (Schoof, 1967b).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abedi, Z. H. & Aarons, R. A. (1964) *W. Indian Med. J.*, **13**, 217-223
- Brooke, J. P. (1969) *Int. Pest Control*, **11**, 18-20
- Brooks, G. D. & Schoof, H. F. (1965) *Simulated field tests of new insecticide formulations against Aedes Aegypti larvae in 55-gallon water storage containers*. In: *Proc. 52nd ann. Meet. N. Jersey Mosq. Contr. Ass.*, pp. 160-166
- Brooks, G. D., Schoof, H. F. & Smith, B. A. (1965) *Mosquito News*, **25**, 423-427
- Brooks, G. D., Schoof, H. F. & Smith B. A. (1966) *Mosquito News*, **26**, 580-582
- Comité OMS d'experts des Insecticides (1963) *Treizième rapport*, Genève (*Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn.*, N° 265)
- Comité OMS d'experts des Insecticides (1967) *Seizième rapport*, Genève (*Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn.*, N° 356)
- Gaines, T. B., Kimbrough, R. & Laws, E. R. (1967) *Arch. Environm. Hlth*, **14**, 283-288
- Gardner, A. L. & Iverson, R. E. (1968) *Arch. Environm. Hlth*, **16**, 823-826
- Gratz, N. (1966) *Bull. Org. mond. Santé*, **35**, 90-91
- Hamon, J., Mouchet, J., Coz, J. & Quelennec, G. (1965) *Méd. trop.*, **25**, 21-40
- Hartwell, W. V. & Hayes, G. R. (1965) *Arch. Environm. Hlth*, **11**, 564-568
- Hayes, W. J. (1967) *Proc. roy. Soc. B*, **167**, 101-127
- Inwang, E. E., Khan, M. A. Q. & Brown, A. W. A. (1967) *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 409-421
- Khan, N. H. & Brown, A. W. A. (1961) *Bull. Org. mond. Santé*, **24**, 519-526
- Laws, E. R., Morales, F. R., Hayes, W. J. & Joseph, C. R. (1967) *Arch. Environm. Hlth*, **14**, 289-291
- Laws, E. R., Sedlak, V. A., Miles, J. W., Joseph, C. R., Lacomba, J. R. & Rivera, A. D. (1968) *Bull. Org. mond. Santé*, **38**, 439-445
- Mouchet, J. (1967a) *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 569-577
- Mouchet, J. (1967b) *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 653-654
- Mouchet, J., Pichon, G. & Amoussouga, P. (1968) *Sensibilité aux insecticides du vecteur urbain de la fièvre jaune, Aedes aegypti, en Afrique de l'Ouest*. In: *Rapport final de la 8^e Conférence technique OCCGE, Bobo-Dioulasso*, pp. 548-552
- Najera, J. A., Shidrawi, G. R., Gibson, F. D. & Stafford, J. S. (1967) *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 913-935
- National Communicable Disease Center (1965) *1965 report on public health pesticides, Pest Control*, 3-14
- National Communicable Disease Center (1966) *1966 report on public health pesticides, Pest Control*, 2-15
- National Communicable Disease Center (1967) *1967 report on public health pesticides, Pest Control*, 1-16
- Schoof, H. F. (1967a) *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 618-622
- Schoof, H. F. (1967b) *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 656-657
- Self, L. S. & Pant, C. P. (1966) *Bull. Org. mond. Santé*, **34**, 960-962
- Shidrawi, G. R. (1957) *Bull. Org. mond. Santé*, **17**, 377-411
- Shipp, O. E. & Hazeltine, W. E. (1967) *Mosquito News*, **27**, 144-149
- Surtees, G. (1958) *W. Afr. med. J.*, **7**, 114-116
- Taylor, R. T. (1968) *Mosquito News*, **28**, 11-16
- Taylor, R. T. & Schoof, H. F. (1968) *Mosquito News*, **28**, 8-11
- Tomasucci, G. & Michieli, G. (1968) *Mosquito News*, **28**, 431-441
- Wood, R. J. (1967) *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 349-353.
- Wood, R. J. (1968) *Bull. Org. mond. Santé*, **39**, 639-645

Annexe 1

LOCALISATION DES VILLES ET DES VILLAGES D'AFRIQUE OCCIDENTALE
OÙ DES SOUCHES D'*Aedes Aegypti* ONT ÉTÉ RÉCOLTÉES
POUR DÉTERMINER LEUR SENSIBILITÉ AUX INSECTICIDES

Etats	Localités	Coordonnées géographiques (ou district administratif)	Etats	Localités	Coordonnées géographiques (ou district administratif)	
Côte d'Ivoire	Abidjan	5°21'N – 4°W	Gambie	Kenéba	13°20'N – 16°01'W	
	Bondoukou	8°03'N – 2°48'W	Haute-Volta	Banfora	10°37'N – 4°45'W	
	Bouaflé	6°58'N – 5°45'W		Bobo-Dioulasso	11°11'N – 4°18'W	
	Bouaké	7°51'N – 5°02'W		Dapola	10°34'N – 2°25'W	
	Bouabalé	4°28'N – 7°14'W		Kari	11°23'N – 3°37'W	
	Bouna	9°06'N – 3°00'W		Koumbia	11°14'N – 3°42'W	
	Cavally	Tabou		Nasso	11°12'N – 4°27'W	
	Daloa	6°54'N – 6°28'W		Niangoloko	10°14'N – 4°52'W	
	Guiendana	9°13'N – 4°53'W		Ouagadougou	12°22'N – 1°31'W	
	Guiglo	6°35'N – 7°28'W		Po	11°10'N – 1°09'W	
	Kakono	9°29'N – 4°54'W		Sindou	10°40'N – 5°10'W	
	Lafi	9°42'N – 6°09'W	Soubakaniedougou	Soubakaniedougou	10°28'N – 5°01'W	
	Sassandra	4°57'N – 6°06'W		Tenkodogo	11°47'N – 0°22'W	
	Seguekiélé	9°30'N – 6°07'W		Libéria	Monrovia	6°20'N – 10°40'W
	Sifci	7°16'N – 6°29'W	Salayea		7°30'N – 9°27'W	
	Dahomey	Tabou	4°24'N – 7°21'W	Mali	Diandoumé	15°24'N – 9°22'W
		Tiassalé	5°54'N – 4°49'W		Lobougoula	11°02'N – 5°59'W
		Timbé	9°09'N – 4°37'W		Kadiolo	10°34'N – 5°46'W
		Abomey	Abomey	7°11'N – 1°59'E	Kébéni	Kébéni
Agouli-Baname			7°19'N – 2°20'E	Sibla		13°47'N – 5°52'W
Azourissé			6°40'N – 2°30'E	Yolo		13°54'N – 3°45'W
Bassila			9°01'N – 1°40'E	Niger	Matankari	13°45'N – 4°01'E
Cotonou (Alepaka)			6°28'N – 2°38'E		Nigéria	Lagos
Dahe-Bopa			6°31'N – 1°58'E	Sénégal		Dakar
			6°35'N – 1°57'E		N'Goye	14°38'N – 16°47'W
Glazoué			7°59'N – 2°29'E	Togo	Agouévé	6°14'N – 1°13'E
Godomey			6°22'N – 2°21'E		Baghan	9°04'N – 0°36'E
Lalo			6°51'N – 1°54'E		Bandjeii	9°24'N – 0°39'E
Natitingou		10°18'N – 1°22'E	Boufalé		9°51'N – 1°20'E	
Ouedémé		6°29'N – 1°57'E	Gboto		6°31'N – 1°32'E	
Paouignan		7°40'N – 2°10'E	Kabou		9°27'N – 0°47'E	
Setto		7°30'N – 2°02'E	Kpélé 2		6°52'N – 1°11'E	
Séhoué-Sekou		6°53'N – 2°18'E	Lomé		6°07'N – 1°15'E	
		6°37'N – 2°14'E	Ontivou		7°22'N – 1°34'E	
Tadiébou	6°46'N – 2°37'E	Sansanné-Mango	10°21'N – 0°28'E			
Tchetti	7°48'N – 1°40'E	Tchequita	6°12'N – 1°21'E			
Toui	8°41'N – 2°35'E					

Annexe 2

VALEURS OBSERVÉES DES CONCENTRATIONS LÉTALES 100% (CL₁₀₀) AU DDT, À LA DIELDRINE ET AU GAMMA HCH POUR LES SOUCHES D'*Aedes Aegypti* D'AFRIQUE OCCIDENTALE ET CONCLUSIONS TIRÉES QUANT À LA RÉSISTANCE À CES INSECTICIDES

Etats	Localités	CL ₁₀₀ (parties par millions) ^a			Conclusions ^b		
		DDT	Dieldrine	HCH	DDT	Dieldrine-HCH	
Côte d'Ivoire	Abidjan	2,5	2,5	5	R	R	
	Bondoukou	0,1	0,05	0,5	?	?	
	Bouaflé	0,05	+ 2,5	2,5	S	R	
	Bouaké	0,5	2,5	2,5	S	R	
	Bouabalé	0,05	0,05	0,5	S	R	
	Bouna	+ 10	+ 2,5	2,5	S	R	
	Cavally	0,05	+ 2,5	0,5	S	R	
	Daloa	2,5	+ 2,5	2,5	S	R	
	Guiendana	0,05	0,05	0,5	S	S	
	Guiglo	0,05	0,05	0,5	S	S	
	Kakono	0,05	0,1	0,5	S	?	
	Lafi	0,5	0,05	0,1	S	S	
	Sassandra	0,02	0,01	0,1	S	S	
	Seguekiélé	0,1	0,05	0,5	?	S	
	Sifci	0,1	0,05	0,5	?	S	
	Tabou	0,05	0,05	0,5	S	R	
	Tiassalé	0,1	2,5	2,5	?	S	
	Timbé	0,05	0,1	0,5	S	?	
	Dahomey	Abomey	0,25	10	2,5	?	R
		Agouli-Baname	0,05	0,1	0,5	S	R
Azourissé		2,5	+ 10	2,5	S	R	
Bassila		0,02	+ 0,02	0,5	S	R	
Cotonou (Alepaka)		+ 2,5	+ 2,5	2,5	S	R	
Dahé-Bopa		0,1	+ 10	2,5	?	R	
Glazoué		0,1	0,25	0,5	?	R	
Godomey		+ 10	+ 10	2,5	?	R	
Lalo		0,05	0,1	0,1	S	S	
Natitingou		0,05	0,5	0,5	S	R	
Ouedémé		0,5	2,5	2,5	R	?	
Paouignan		0,1	0,5	0,5	?	R	
Setto		0,5	+ 2,5	2,5	R	R	
Séhoué-Sekkou		0,05	+ 0,5	0,5	S	R	
Tadiébou		0,1	+ 0,5	+ 0,5	?	R	
Tchetti		0,05	0,5	0,5	S	R	
Toui		0,05	10	2,5	S	R	
Gambie		Kénéba	0,05	0,1	0,5	?	R
		Banfora	0,1	0,1	2,5	?	?
Haute-Volta		Bobo-Dioulasso	0,5	+ 5	2,5	R	?
	Dapola	0,05	0,1	0,5	S	?	
	Kari	0,1	0,05	0,5	?	S	
	Koumbia	0,1	0,1	0,5	?	?	
	Nasso (Source du Kou)	0,1	0,5	0,5	?	R	
	Niangoloko	0,05	0,1	2,5	S	?	
	Ouagadougou	0,1	5	2,5	?	R	
	Po	0,05	0,02	0,1	S	S	
	Sindou	0,05	0,1	2,5	S	?	
	Soubakaniedougou	0,05	0,02	+ 0,5	S	S	
	Tenkodogo	0,05	0,05	0,5	S	S	
	Libéria	Monrovia	+ 5	0,05	0,5	R	S
		Salayea	0,1	+ 2,5	2,5	?	S
Mali	Diandoumé	0,02	0,02	0,25	S	S	
	Loubougoula	0,1	+ 0,1	0,5	?	?	
	Kadiolo	0,02	+ 10	2,5	S	R	
	Kébéni	0,05	0,05	2,5	S	S	
	Sibla	0,1	0,5	0,5	?	R	
Niger	Yolo	0,05	0,1	0,25	S	?	
	Matankari	2,5	2,5	+ 0,5	R	R	
Nigéria ^c	Lagos	+ 0,04	+ 2	+ 1,1	S	R	
	Dakar	0,5	5	2,5	R	R	
Sénégal	N'Goye	0,5	0,5	2,5	R	R	
	Agouévé	2,5	+ 10	2,5	R	R	
Togo	Baghan	0,05	0,05	0,5	S	S	
	Bandjeli	0,02	0,5	0,5	S	S	
	Boufalé	0,05	0,05	0,25	S	S	
	Gboto	+ 0,1	+ 2,5	—	?	?	
	Kabou	0,1	10	2,5	?	R	
	Kpélé 2	0,25	+ 0,5	2,5	?	R	
	Lomé	+ 10	+ 10	2,5	R	R	
	Ontivou	0,05	2,5	2,5	S	S	
	Sansanné-Mango	0,02	0,05	+ 0,1	S	S	
	Tchequita	0,1	0,05	0,5	?	S	

^a + = CL₁₀₀ supérieure à la valeur indiquée. ^b R = résistance; S = sensibilité; ? = résultats ne permettant pas de conclure avec certitude.

^c D'après Self & Pant (1966).

Annexe 3

VALEURS MOYENNES OBSERVÉES DES CONCENTRATIONS LÉTALES
50% ET 100% (CL₅₀ ET CL₁₀₀) DE SEPT INSECTICIDES ORGANOPHOSPHORÉS
VIS-À-VIS DES SOUCHES OUEST-AFRICAINES D'*AEDES AEGYPTI*,
AVEC INDICATION DES SOUCHES SEMBLANT MANIFESTER
UNE TOLÉRANCE À CES COMPOSÉS

Insecticides	CL ₅₀ (parties par million)	CL ₁₀₀ (parties par million)	Souches à sensibilité diminuée
Malathion	0,045 à 0,18	0,25 à 0,50	Sibla (Mali) Bouafé (Côte d'Ivoire)
Fenthion	0,0024 à 0,007	0,004 à 0,02	Monrovia (Libéria) Bobo-Dioulasso (Haute-Volta)
Fénitrothion	0,002 à 0,018	0,01 à 0,05	—
OMS-437 ^a	0,003 à 0,012	0,01 à 0,05	—
Bromophos	0,005 à 0,026	0,02 à 0,1	Daloa (Côte d'Ivoire) Séhoué-Sekkou (Dahomey) Glazoué (Dahomey) Azourissé (Dahomey)
Abate	0,0012 à 0,0045	0,004 à 0,020	—
Dursban	0,0006 à 0,0022	0,002 à 0,01	—

^a Toluène dithiol bis (O,O-diméthyl) phosphorodithioate.