

**Évaluation en milieu naturel
de l'activité larvicide d'une formulation
de *Bacillus thuringiensis* H 14
sur *Aedes aegypti* (Linné)
dans un foyer épidémique
de fièvre jaune
en Côte d'Ivoire ⁽¹⁾**

J.-M. HOUGARD ^{(2) (3)}, J. DUVAL ⁽⁴⁾, H. ESCAFFRE ⁽⁴⁾

Résumé

Dans un foyer épidémique de fièvre jaune en Côte d'Ivoire, un traitement des eaux de boisson stockées à l'intérieur des habitations (gîtes larvaires à Aedes aegypti), avec une suspension concentrée de Bacillus thuringiensis H 14, a donné les résultats suivants : mortalité totale à 1 et 5 mg/l et rémanence inférieure à une semaine. La population larvaire d'Aedes aegypti retrouve son niveau initial deux à quatre semaines après le traitement selon la concentration utilisée.

Mots-clés : *Aedes aegypti* — *Bacillus thuringiensis* H 14 — Eaux de boisson — Évaluation sur le terrain — Afrique occidentale.

Summary

FIELD EVALUATION OF LARVICIDAL ACTIVITY OF A WATER DISPERSIBLE CONCENTRATE OF *BACILLUS THURINGIENSIS* H 14 IN A YELLOW FEVER FOCUS IN IVORY COAST. *In a yellow fever focus, in Ivory Coast, treatment of drinking water indoor containers (Aedes aegypti breeding sites) with Bacillus thuringiensis H 14 (water dispersible concentrate) has given the following results : 100 % efficacy with 1 and 5 mg/l. The first containers were recolonized less than one week after and all larvicidal activity fully disappeared after two to four weeks according to the concentration used.*

Key words : *Aedes aegypti* — *Bacillus thuringiensis* H 14 — Drinking water — Field test — West Africa.

(1) Dans le cadre des accords conclus entre l'ORSTOM et l'OCCGE, ce travail a bénéficié d'une subvention du Programme Spécial PNUD/Banque mondiale/OMS pour la Recherche et la Formation concernant les Maladies Tropicales.

(2) Entomologiste médical ORSTOM, Institut Pierre Richet, B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.

(3) Présente adresse : ORSTOM, 70-74 route d'Aulnay, 93140 Bondy, France.

(4) Technicien d'Entomologie médicale ORSTOM, même adresse.

1. Introduction

En l'absence de toute campagne de masse systématique, la vaccination anti-amarile en Côte d'Ivoire se pratique de façon ponctuelle, quand se déclare une épidémie de fièvre jaune. C'est ainsi qu'en mai 1982, les autorités sanitaires de Côte d'Ivoire décidaient, à la suite des conclusions d'une enquête épidémiologique consécutive à l'apparition de cas suspects d'ictères fébriles, la vaccination immédiate de la région nord-est de M'Bahiakro.

La transmission interhumaine de cette épidémie a été intégralement assurée par le seul *Aedes aegypti* domestique dont les larves se développent principalement dans les réservoirs d'eau de boisson situés à l'intérieur des habitations. Les gîtes péri- et parodomestiques étaient dans ce cas pratiquement inexistant (Cordellier et Bouchité, 1982).

Si l'urgence de la situation a nécessité une lutte essentiellement adulticide, la lutte larvicide appliquée aux gîtes domestiques intérieurs semble la mieux adaptée en période interépidémique.

Parmi les nouveaux composés récemment utilisés dans la lutte larvicide contre les moustiques, le sérotype H 14 de *Bacillus thuringiensis* offre des perspectives intéressantes d'utilisation :

- il présente une totale innocuité pour les mammifères (de Barjac *et al.*, 1980 ; Rishikesh *et al.*, 1983) ;
- il est thermostable et très toxique pour les larves d'*Aedes aegypti* ;
- aucun cas de résistance à ce sérotype n'a été signalé sur les insectes cibles.

2. Caractéristiques de la zone d'étude

La zone d'étude (fig. 1) est située dans la région nord-est de M'Bahiakro, sur l'épaulement est du « V » baoulé, dans une zone de transition entre la forêt dégradée et la mosaïque forêt/savane, à proximité immédiate des savanes semi-humides de type sub-soudanien. Notre expérimentation s'est déroulée dans deux villages voisins, Dézidougou (7°43' N-4°16' W) et Totodougou (7°46' N-4°15' W) ayant respectivement 420 et 1 000 habitants (données approximatives). Ces deux villages sont peuplés par un petit groupe ethnique, les N'Gain, et furent touchés tous deux par l'épisode amaril de mai 1982. Les enquêtes effectuées à cette époque ont permis de préciser les points suivants :

- la transmission interhumaine de la maladie, assurée par le seul *Aedes aegypti*, est liée au comportement

des villageois en matière de stockage de l'eau de boisson : contrairement aux villages baoulé environnants, les poteries — « canaris » — (photo 1) utilisées à l'intérieur des maisons ne sont ni vidées, ni nettoyées ; elles constituent par conséquent de bons gîtes à *Aedes aegypti* ;

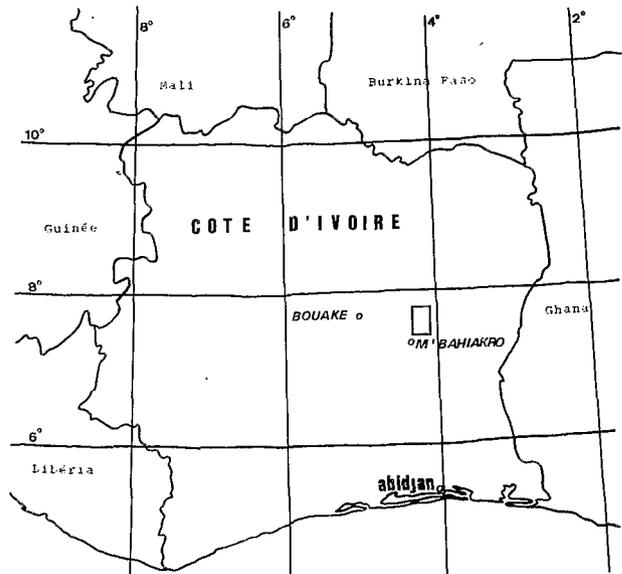


FIG. 1. — Situation géographique de la région nord-est de M'Bahiakro en Côte d'Ivoire



PHOTO 1. — Gîtes domestiques intérieurs (canaris) à *Aedes aegypti* dans un village N'Gain

— cette épidémie était heureusement limitée par deux facteurs : les gîtes péridomestiques (récipients divers abandonnés) et para-domestiques (gîtes naturels en situation rurale) sont pratiquement inexistantes, et l'importance numérique du peuplement n'gain est faible (Cordellier et Bouchité, *op. cit.*).

Ces quelques données expliquent par conséquent le choix de la zone d'étude :

— d'un point de vue épidémiologique, nous nous plaçons dans le cas le plus favorable pour éviter, par le seul traitement larvicide, l'apparition de la transmission interhumaine de la maladie (gîtes limités en nombre et bien localisés) ;

— d'un point de vue lutte antivectorielle, les canaris représentent un matériel de choix pour l'expérimentation (évaluation larvaire et traitement faciles à réaliser).

Notons toutefois qu'il ne s'agit pas ici d'évaluer l'impact d'un traitement larvicide mais de tester, dans les conditions naturelles et avec un nombre restreint de gîtes, l'efficacité d'une formulation insecticide. Par conséquent, le choix de cette zone d'étude d'un point de vue épidémiologique ne se justifie que dans l'éventualité d'un traitement ultérieur, avec la formulation la mieux adaptée, de toute la zone sous menace amarile.

3. Matériel et méthodes

3.1. CHOIX DE LA FORMULATION INSECTICIDE

Nous avons choisi une suspension concentrée de *Bacillus thuringiensis* H 14 (Teknar^R) pour les raisons suivantes :

— cette formulation utilisée opérationnellement dans le programme OMS/OCP de lutte contre l'onchocercose est disponible à tous moments en grandes quantités, dans l'éventualité d'un traitement à plus grande échelle ;

— elle ne perd pas de son activité après plus de 16 mois de stockage en plein soleil en Afrique de l'Ouest (Guillet *et al.*, 1982) ;

— à 1 et 3 mg/l (doses généralement utilisées pour le traitement des eaux de boissons), la suspension

n'a ni couleur, ni odeur et ne présente aucun goût, sept jours après la dilution (Donat, comm. pers.).

3.2. PROSPECTION, CHOIX ET ÉCHANTILLONNAGE DES GÎTES

Des deux villages étudiés, nous avons retenu Dézidoukou comme village témoin (non traité) et Totodougou comme village traité. Pour chacun d'entre eux, nous avons prospecté une vingtaine d'habitations et avons choisi au hasard une trentaine de canaris en eau, c'est-à-dire hébergeant ou susceptibles d'héberger des larves d'*Aedes aegypti*.

L'observation des gîtes s'effectue à l'aide d'une torche électrique permettant une estimation de la densité larvaire.

Nous avons effectué au cours de cette prospection quelques prélèvements de larves d'*Aedes* et d'autres Culicidae pour les identifier au laboratoire.

3.3. TRAITEMENT DES GÎTES PRÉIMAGINAUX, CONTRÔLE DE LA MORTALITÉ

A Totodougou, nous avons traité 34 canaris à 1 mg/l⁽¹⁾ et suivi l'évolution de la population préimaginaire d'*Aedes aegypti* jusqu'à réapparition d'un pourcentage de gîtes positifs (indice récipient) au moins égal à celui du village témoin (étude réalisée en parallèle à Dézidoukou dans 31 canaris).

Passé ce délai, nous avons recommencé l'opération à 5 mg/l avec 27 des canaris précédemment utilisés.

Le contrôle de l'efficacité a lieu une fois par semaine ; un canari sera considéré positif dès réapparition des larves âgées et (ou) des nymphes.

4. Résultats et discussion

4.1. IDENTIFICATION DES CULICIDAE PRÉSENTS DANS LES CANARIS

Outre *Aedes aegypti*, nous avons mis en évidence dans trois canaris des larves de *Culex* (*Culex*) *decens*. Ces moustiques se développent naturellement dans les villages en gîtes surtout péridomestiques, mais au besoin domestiques.

Remarquons également la présence dans quelques

(1) A titre indicatif, 1 mg/l représente plus de cinq fois la CL 100 obtenue au laboratoire sur *Aedes aegypti* souche Bora-Bora (considérée comme souche de référence). D'autre part c'est le volume du canari et non la quantité d'eau présente au moment du traitement qui détermine la dose insecticide à appliquer.

canaris de Copépodes Cyclopidae provenant des mares avoisinantes.

4.2. RÉSULTATS DU TRAITEMENT DES GÎTES LARVAIRES PAR LA SUSPENSION CONCENTRÉE

Dans le village témoin, le pourcentage de canaris positifs reste, pendant les deux mois de notre étude, aux alentours de 40 à 50 % avec un minimum observé de 26 % et un maximum de 62 %. Ces résultats concordent avec ceux trouvés en 1982 dans ces deux villages par Cordellier et Bouchité (comm. pers.).

Dans le village traité, on observe dans certains des canaris quelques jeunes larves d'*Aedes aegypti*, une semaine après les traitements à 1 ou 5 mg/l.

Toutefois, à 1 mg/l, le pourcentage de gîtes positifs revient à un niveau équivalent à celui du village témoin, entre les deuxième et troisième semaines après le traitement.

A 5 mg/l, il redevient équivalent entre les troisième et quatrième semaines (fig. 2).

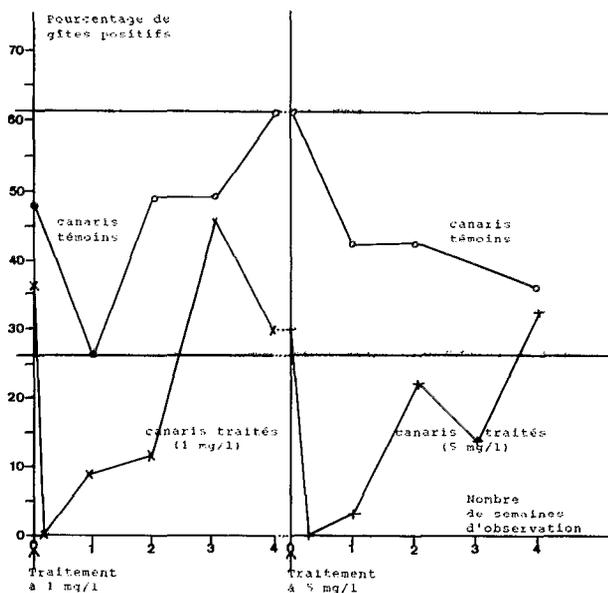


FIG. 2. — Comparaison dans le temps du pourcentage de gîtes positifs entre des canaris traités à 1 mg/l (x), 5 mg/l (+) et non traités (o). Les deux traits horizontaux représentent les variations maximales du pourcentage de gîtes positifs dans les canaris témoins

4.3. DISCUSSION

En Afrique de l'Ouest, à la différence de ce qui a été observé avec le HCH, la dieldrine et le DDT (Mouchet, 1967), aucune résistance aux organophosphorés de niveau très élevé n'a été observée chez *Aedes aegypti* (Mouchet *et al.*, 1972). Pichon *et al.* (1969) recommandent pour ce type de lutte le téméphos (organophosphoré) qui est actuellement le seul larvicide utilisé pour le traitement des eaux de boisson : à 1 mg/l, Hervy et Kambou (1978) ont éliminé totalement, dans un village du Burkina Faso, la production d'adultes d'*Aedes aegypti* pendant quatre à six semaines.

En ce qui concerne *Bacillus thuringiensis* H 14, une étude réalisée en Malaisie par Rampal *et al.* (1983) montre qu'une poudre primaire a une bonne efficacité contre les larves de Culicinae à 0,6 mg/l, mais que l'effet résiduel, pratiquement nul, oblige à répéter les traitements toutes les semaines.

Avec la même suspension concentrée que celle utilisée dans notre étude, des essais sur le terrain en eau claire montrent que les larves d'*Aedes aegypti* réapparaissent moins de 6 jours après un traitement à 0,5 mg/l (Sudomo *et al.*, 1981). Quant à Klein *et al.* (1981), ils n'observent, sur des larves d'*Aedes polynesiensis*, qu'une efficacité totale de 3 à 4 jours dans des fûts de 200 litres d'eau, à 0,55 mg/l.

Ces résultats confirment donc les nôtres, à savoir une efficacité inférieure à celle du téméphos. Cependant, dans le cas particulier de notre étude, la faible rémanence de *Bacillus thuringiensis* H 14 semble due à la fois à un problème de formulation et au comportement des villageois vis-à-vis de l'eau traitée :

- l'eau des canaris est chargée en matière organique. Il en résulte l'apparition au fond du récipient d'une mince couche de substrat. Compte tenu de la sédimentation rapide des spores de *Bacillus thuringiensis* H 14 (Guillet *et al.*, 1980), cette fine couche de matière organique pourrait masquer l'activité de la toxine (Sinègre *et al.*, 1981) ;
- bien que les villageois n'aient l'habitude ni de vider ni de nettoyer leurs canaris, il se peut que malgré nos recommandations, certains d'entre eux aient préféré enlever l'eau traitée.

5. Conclusion

La faible rémanence de la suspension concentrée de *Bacillus thuringiensis* H 14 ne permet pas d'envisager une utilisation opérationnelle de cette formulation

pour la lutte contre *Aedes aegypti* dans les eaux de boissons.

Le même phénomène a déjà été constaté avec cette formulation par Sudomo *et al.* (1981) et Hougard *et al.* (1983) pour la lutte contre *Culex quinquefasciatus* en eaux polluées.

Cependant, compte tenu des qualités de cet insecticide biologique (innocuité pour les mammifères, thermo-stabilité de la toxine et toxicité pour *Aedes aegypti*), il serait peut-être intéressant d'essayer de mettre au point une formulation adaptée à ce type particulier de lutte, qui maintiendrait la toxine dans la zone de nutrition des larves (au fond des canaris) et l'empêcherait d'être remis en suspension lors du remplissage.

Une formulation à langage progressif de la matière active (« slow release ») pourrait répondre à cette condition. Cependant, le substrat enrobant la matière active devra être inerte pour éviter l'apparition dans l'eau de prolifération microbienne : des essais réalisés par notre équipe avec des granulés à base de matière organique et imprégnés de *Bacillus thuringiensis* H 14 ont mis en évidence, après seulement quelques jours dans les canaris, la formation d'un halo blanchâtre de « moisissures » autour de la formulation.

Le comité d'experts de l'OMS sur la sécurité d'emploi des pesticides a décidé de recommander

l'emploi de souches asporogènes pour le traitement des eaux potables.

Aussi nous comptons désormais orienter nos recherches sur des formulations type « slow release » à substrat inerte, imprégné de ces souches asporogènes, et qui devraient être rapidement disponibles sur le marché.

REMERCIEMENTS

Plusieurs personnes de la sous-préfecture de M'Bahiakro nous ont été d'un grand secours pour la mise en route et l'accomplissement de notre travail. Nous remercions notamment

M. le sous-préfet de M'Bahiakro pour son accueil et les facilités qu'il nous a accordées, MM. le Directeur, Médecin-chef et Infirmier Major de l'hôpital de M'Bahiakro pour les renseignements qu'ils nous ont fournis, MM. les chefs et responsables des villages de Totodougou et Dézidougou qui nous ont permis d'entretenir d'excellentes relations avec tous les villageois, M. Anzoumana Ouattara, originaire de Totodougou et Dézidougou pour ses grandes connaissances sur le pays n'gain dont il a su nous faire profiter.

Nous remercions également nos collègues de l'ORSTOM MM. R. Cordellier et B. Bouchité pour leur aide et tous les renseignements qu'il nous ont fournis sur la zone d'étude, MM. D. Quillévéré, P. Guillet et J. Coz pour leurs conseils lors de notre travail et la rédaction de cet article, M. J. Mouchet avec qui nous avons fait la première mission dans cette zone et qui a été à l'origine de ce travail.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 5 novembre 1985

BIBLIOGRAPHIE

- BARJAC (H. de), LARGET (I.), BÉNICHOU (L.), COSMAO (V.), VIVIANI (G.), RIPOUTEAU (H.) et PAPION (S.), 1980. — Tests d'innocuité sur mammifère avec du sérotype H 14 de *Bacillus thuringiensis*. Doc. mimeo. OMS, WHO/VBC/80.761, 23 p.
- CORDELLIER (R.) et BOUCHITÉ (B.), 1982. — Rapport sur l'épidémie de fièvre jaune de la sous-préfecture de M'Bahiakro. Doc. ronéo. ORSTOM/Institut Pasteur de Côte d'Ivoire.
- GUILLET (P.), DEMPAP (J.) et COZ (J.), 1980. — Évaluation de *Bacillus thuringiensis* sérotype H 14 de Barjac pour la lutte contre les larves de *Simulium damnosum* s.l. III. Données préliminaires sur la sédimentation de l'endotoxine dans l'eau et sur sa stabilité en zone tropicale. Doc. mimeo. OMS, WHO/VBC/80.756, 9 p.
- GUILLET (P.), ESCAFFRE (H.) et PRUD'HOM (J.-M.), 1982. — L'utilisation d'une formulation de *Bacillus thuringiensis* H 14 dans la lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. II. Stabilité dans les conditions de stockage en milieu tropical. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 20, 3 : 181-185.
- HERVY (J.-P.) et KAMBOU (F.), 1978. — Village scale evaluation of Abate for larval control of *Aedes aegypti* in Upper Volta. Doc. mimeo. OMS, WHO/VBC/78.694, 9 p.
- HOUGARD (J.-M.), DARRIET (F.) et BAKAYOKO (S.), 1983. — Évaluation en milieu naturel de l'activité larvicide de *Bacillus thuringiensis* sérotype H 14 sur *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 et *Anopheles gambiae* Giles, 1902 s.l. (Diptera : Culicidae) en Afrique de l'Ouest. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 21, 2 : 111-117.
- KLEIN (J.-M.), DUVAL (J.), RIVIÈRE (F.) et FAARUIA (M.), 1981. — Évaluation de *Bacillus thuringiensis* sérotype H 14 de Barjac pour la lutte antilarvaire contre les moustiques de la Polynésie Française. Doc. ronéo.
- MOUCHET (J.), 1967. — La résistance aux insecticides chez *Aedes aegypti* et les espèces voisines. *Bull. Org. mond. Santé*, 36 : 569-577.
- MOUCHET (J.), DÉJARDIN (J.), BARATHE (J.), SANNIER (C.) et SALES (S.), 1972. — Doses discriminatives pour la résistance d'*Aedes aegypti* aux insecticides organophosphorés et étude de quelques éléments susceptibles de modifier les résultats des tests. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 10, 1 : 77-83.
- PIGION (G.), HAMON (J.) et MOUCHET (J.), 1969. — Groupes ethniques et foyers potentiels de fièvre jaune dans les états francophones d'Afrique occidentale ; considérations sur les méthodes de lutte contre *Aedes aegypti*. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 7, 1 : 39-50.
- RAMPAL (L.), THEVASAGAYAM (E. S.), KOLTA (S.) et CHEONG WENG HOON, 1983. — A small scale field trial with *Bacillus thuringiensis* against culicine mosquitoes, Kelang, Malaysia. *St. As. J. Trop. Med. Pub. Hlth.*, 14, 1 : 101-105.
- RISHIKESH (N.), BURGESS (H. D.) et VANDEKAR (M.), 1983. — Operational use of *Bacillus thuringiensis* serotype H 14 and

- environmental safety. Doc. mimeo. OMS, WHO/VBC/83.871, 9 p.
- SINÈGRE (G.), GAVEN (B.) et JULLIEN (J.-L.), 1981. — Contribution à la normalisation des épreuves de laboratoire concernant des formulations expérimentales et commerciales du sérotype H 14 de *Bacillus thuringiensis*. III. Influence séparée ou conjointe de la densité larvaire, du volume ou profondeur de l'eau et de la présence de terre sur l'efficacité et l'action larvicide d'une poudre primaire. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 19, 3 : 157-163.
- SUDOMO (M.), AMINAH (S.), MATHIS (H.) et BANG (Y. H.), 1981. — Small-scale field trials of *Bacillus thuringiensis* H 14 against different mosquito vector species in Indonesia. Doc. mimeo. OMS, WHO/VBC/81.836, 10 p.