

## Programme de lutte contre l'onchocercose et surveillance de l'environnement aquatique en Afrique de l'Ouest \*

par

C. LÉVÊQUE \*\*

**MOTS-CLÉS.** — Afrique occidentale ; Environnement ; Insecticides ; Onchocercose ; *Simulium*.

**RÉSUMÉ.** — L'onchocercose humaine est une filariose dermique répandue en Afrique tropicale où elle provoque une cécité irréversible chez les sujets exposés. En Afrique de l'Ouest, la filaire est transmise par la femelle de simulie du complexe *Simulium damnosum*. Les larves de simulies sont aquatiques et vivent dans les eaux courantes et rapides. En l'absence de médicament utilisable en traitement de masse des populations humaines, le contrôle des stades larvaires aquatiques du vecteur par des insecticides, est la seule méthode envisageable pour interrompre la transmission de la maladie. Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose a été mis en place en décembre 1974 et concerne 764 000 km<sup>2</sup>. Un maximum de 18 000 km de rivières est traité chaque semaine. Une utilisation extensive et prolongée des insecticides pouvant comporter des risques importants pour l'environnement aquatique, il était nécessaire d'évaluer les effets éventuels sur la faune non-cible. Des centaines de formulations d'insecticides ont été testées afin de sélectionner celles qui étaient à la fois les plus efficaces contre les larves du vecteur et les moins toxiques vis-à-vis de la faune aquatique. Les résultats de dix années de surveillance ne mettent pas en évidence un impact attribuable aux insecticides sur les populations de poissons. Dans les stations de surveillance, les captures par unité d'effort, le nombre d'espèces capturées et le coefficient de condition fluctuent autour d'une valeur moyenne, mais aucun effet négatif n'a été constaté à long terme. Dans un certain nombre de situations, les fluctuations observées peuvent être attribuables aux variations interannuelles des conditions hydrologiques. Pour les invertébrés, les premières applications de téméphos et de chlorphoxime ont un impact sur les peuplements assez net à court terme. Mais cette situation tend rapidement vers un équilibre dans les rivières traitées périodiquement. Dans les conditions opérationnelles, les rivières traitées paraissent avoir une forte résilience et une forte capacité à retrouver leur état initial lorsque les traitements sont interrompus.

\* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences naturelles et médicales tenue le 26 janvier 1988.

\*\* Membre correspondant de l'Académie ; Institut français de Recherche scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), rue La Fayette 213, F-75480 Paris Cedex 10 (France).



SAMENVATTING. — *Programma ter bestrijding van de onchocercose en controle van het aquatische milieu in West-Afrika.* — De menselijke onchocercose is een dermische draadwormziekte verspreid in tropisch Afrika waar zij bij diegenen die er aan blootgesteld zijn een ongeneeslijke blindheid veroorzaakt. In West-Afrika wordt de draadworm overgedragen door de vrouwelijke kriebelmug van het *Simulium damnosum* complex. De larven van de kriebelmug zijn aquatisch en leven in snel stromend water. Bij gebrek aan een bruikbaar geneesmiddel voor een massabehandeling van de menselijke bevolking is de controle van de larvaire aquatische stadia van de vector door insectendodende middelen de enig mogelijke methode om de ziekte-overdracht te onderbreken. Het programma ter bestrijding van de onchocercose werd in december 1974 opgesteld en betreft 764 000 km<sup>2</sup>. Een maximum aan 18 000 km rivieren wordt elke week behandeld. Daar een extensief en langdurig gebruik van de insectendodende middelen voor het aquatische milieu grote risico's kan inhouden, was het nodig de eventuele gevolgen te schatten op de beschermde fauna. Honderden formules van insectendodende middelen werden getest om diegene te selecteren die terzelfdertijd het meest afdoende waren tegen de larven van de vector en de minst giftige ten overstaan van de aquatische fauna. De resultaten van tien jaar controle hebben geen weerslag op de visstand in het daglicht gesteld die toe te schrijven is aan de insectendodende middelen. In de controlestations schommelen de vangsten per uniteit, het aantal gevangen soorten en de omstandigheidscoëfficiënt, rond een gemiddelde waarde, maar er werd op lange termijn geen enkel negatief effect vastgesteld. In een zeker aantal omstandigheden kunnen de vastgestelde schommelingen te wijten zijn aan de interannuele variaties van de hydrologische omstandigheden. Voor de ongewervelden hebben de eerste toepassingen van temephos en chlorphoxime op korte termijn een tamelijk duidelijke weerslag op de visstand. Maar deze toestand loopt vlug uit op een evenwicht in de rivieren die regelmatig behandeld worden. In de operationele omstandigheden schijnen de behandelde rivieren een sterke afbraak te vertonen en een sterke neiging om hun vroegere toestand terug te vinden wanneer de behandelingen worden onderbroken.

SUMMARY. — *Onchocerciasis control programme and monitoring of the aquatic environment in West Africa.* — Human onchocerciasis is a dermal filariasis widespread throughout tropical Africa causing irreversible blindness among exposed human populations. The filaria is transmitted in West Africa by a female blackfly of the *Simulium damnosum* complex. The larvae of blackflies are aquatic and occur only in fast flowing waters. In the absence of any effective treatment (prophylaxis, chemotherapy) suitable for mass application, chemical control of aquatic larval stages was the only feasible method to prevent the spread of the disease. The Onchocerciasis Control Programme was launched in December 1974 over 764 000 km<sup>2</sup>. Up to 18 000 km of river have been treated weekly. Prolonged and extensive use of insecticides could have important environmental risks and therefore it was necessary to evaluate the possible effects on the non-target fauna. Hundred of insecticide formulations had been tested in order to select the most efficient against blackflies and the least toxic against non-target fauna. The results of ten years monitoring of fish populations did not show as a whole any clear impact of pesticides. In selected monitoring stations, catch per unit effort, number of species caught and coefficient of condition appeared to fluctuate around a mean value, but no long-term drop was observed. In some cases long-term fluctuations occurred which were correlated with changing hydrological conditions. For invertebrates, although the first applications of temephos and chlorphoxim had a fairly strong impact on invertebrate communities in the short term, it would seem that these situations disappear after a year or

less of successive applications. In operational conditions, the treated rivers seem to have fairly strong resilience and at any rate a great capacity of recovery.

## 1. Introduction

L'onchocercose humaine est une filariose dermique répandue dans toute l'Afrique intertropicale, mais dont les effets cliniques (cécité), sociaux et économiques sont particulièrement sérieux en zone de savane. La filaire *Onchocerca volvulus* (Leuckart 1883), est transmise à l'homme par les femelles du complexe *Simulium damnosum* (Diptère, *Simuliidae*) représenté en Afrique de l'Ouest par six formes ayant une écologie et des potentialités de transmission différentes (QUILLÉVÉRÉ 1979). Les larves de simulies sont aquatiques et se développent dans les eaux courantes et rapides (plus de 50 cm s<sup>-1</sup>) (PHILIPPON 1977). Il en résulte que la maladie est surtout endémique le long des rivières, ce qui a eu pour conséquence une certaine désertification des vallées. En l'absence de médicament susceptible d'être utilisé pour des traitements de masse, le contrôle du vecteur est la seule méthode efficace pour tenter d'enrayer la transmission de la parasitose.

Le ver adulte d'*Onchocerca volvulus* forme des kystes dermiques chez l'homme. Il émet des microfilaries qui sont ingérées par les femelles de simulies lors d'un repas de sang. Chez le vecteur, les microfilaries se transforment en larves infestantes qui sont inoculées à l'homme à l'occasion d'une autre piqûre. L'émission de microfilaries a lieu durant toute la vie du ver adulte.

Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest a débuté en 1974, avec la perspective d'être mené pendant vingt ans. En effet, la durée de vie du ver adulte était alors estimée à quinze ou vingt ans (mais elle est plus probablement de huit à douze ans d'après les travaux récents) et il était donc nécessaire de prévoir une lutte antivectorielle de durée au moins égale à celle du ver de manière à ce qu'à la fin du Programme, il n'y ait plus théoriquement de vers vivants chez l'homme dans la zone traitée. Le contrôle des stades larvaires de simulies dont la distribution est limitée aux rapides des cours d'eau, a été choisi de préférence au contrôle des populations adultes très dispersées. La durée de vie larvaire étant assez courte (huit à dix jours), les épandages d'insecticides ont été réalisés chaque semaine sur les gîtes.

L'aire initiale du Programme (fig. 1) couvre 764 000 km<sup>2</sup>, incluant une partie des pays suivants : Burkina Faso, Mali, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Niger. Un maximum de 18 000 km de rivière a été traité, mais l'extension des traitements varie selon les conditions hydrologiques et l'existence ou non de populations du vecteur.

Une utilisation prolongée et extensive des insecticides n'est évidemment pas sans danger pour l'environnement. C'est pourquoi l'évaluation des effets à court et long terme sur la faune aquatique non-cible, a été dès le début, une priorité du Programme (LÉVÉQUE *et al.* 1979). Un programme de surveillance de l'environnement aquatique a été mis en place avec la participation d'équipes nationales et l'aide de spécialistes

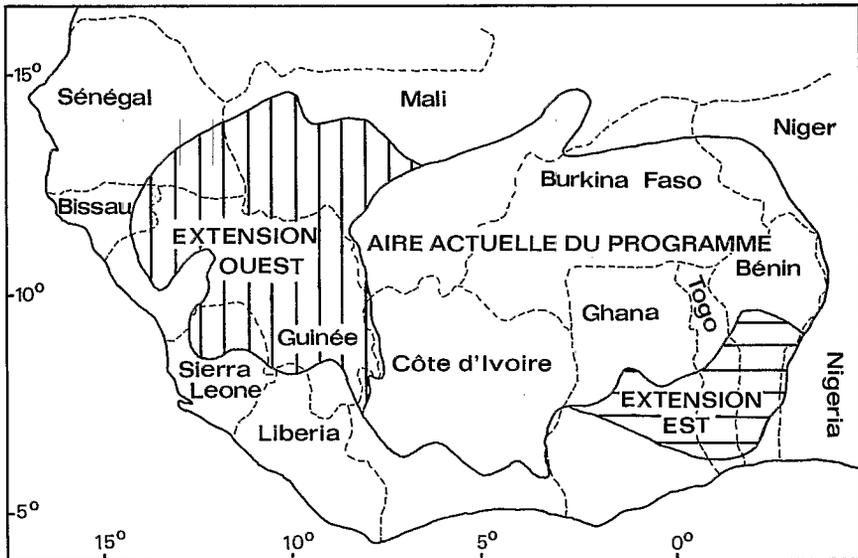


Fig. 1. — Aire géographique du Programme de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest.

étrangers. Les résultats des activités sont périodiquement évalués par un Groupe écologique constitué d'experts indépendants.

## 2. Lutte contre le vecteur

Les insecticides susceptibles d'être utilisés pour la lutte antisimulidienne à grande échelle et durant de nombreuses années, devaient répondre à des exigences précises : être très actifs contre les larves de simulies, mais avoir une toxicité la plus faible possible vis-à-vis des autres organismes aquatiques ; être sans danger pour l'homme et les mammifères et se dégrader sans donner de résidus toxiques ; être d'utilisation facile pour les traitements et coûter le moins cher possible. Un effort particulièrement important a donc été réalisé pour sélectionner des insecticides opérationnels et des centaines de formulations de produits actifs appartenant à différentes familles chimiques ont été testées. Beaucoup de ces formulations n'ont pas été jugées suffisamment efficaces vis-à-vis du vecteur pour être retenues. Celles qui ont donné des résultats prometteurs ont ensuite été testées sur la faune non-cible dans des conditions expérimentales, puis dans un cours d'eau en vraie grandeur. En fonction des toxicités constatées sur la faune non-cible, et des contraintes techniques et économiques, la formulation est alors retenue ou non pour les traitements opérationnels, après avis du Groupe écologique.

Compte tenu des spécifications exigées, très peu d'insecticides ont été sélectionnés jusqu'ici :

- Le téméphos (Abate®) est un organophosphoré commercialisé sous forme de concentré émulsifiable à 20%. Il se dégrade rapidement dans le milieu naturel. Il est utilisé à la dose de 0,05 mg/l/10 min durant les crues et à 0,10 mg/l/10 min en étiage.
- Le chlorphoxime est un autre organophosphoré dont les performances sont comparables au précédent, mais qui est plus toxique pour la faune non-cible. Il est utilisé à la dose 0,025 mg/l/10 min.
- Le *Bacillus thuringiensis* sérotype H-14 (B.t.H-14) est un produit spécifique pour les simulies et à un moindre degré pour les chironomides. Il est utilisé à la dose de 1,6 mg/l/10 min. Cependant pour des raisons techniques, les formulations actuellement disponibles ne permettent pas de traiter les rivières au-delà de 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

Deux autres insecticides plus toxiques que les précédents vis-à-vis de la faune non-cible sont également utilisés plus sporadiquement et pour des périodes limitées, seulement pendant les crues, dans les zones où des résistances aux organophosphorés ont été constatées :

- La perméthrine qui est un pyréthroïde utilisé à la dose de 0,015 mg/l/10 min ;
- Le carbosulfan qui est un carbamate utilisé à la dose de 0,05 mg/l/10 min.

De 1974 à 1979, le téméphos fut le seul et unique insecticide utilisé sur l'aire du Programme de Lutte contre l'Onchocercose. Mais en décembre 1979, une résistance à cet insecticide fut détectée sur les formes forestières (*S. soubrense* et *S. sanctipauli*) du complexe *S. damnosum* dans le Bas-Bandama et s'étendit rapidement à la zone forestière méridionale en Côte d'Ivoire. Au début de 1986, la résistance au téméphos est apparue sur les formes de savane (*S. damnosum* et *S. sirbanum*) au Mali, puis dans d'autres localités. Depuis 1980, d'autres insecticides que le téméphos ont donc été progressivement utilisés (tableau 1) et à l'heure actuelle, les stratégies de lutte contre le vecteur sont basées sur les rotations d'insecticides de manière à préserver au maximum la faune non-cible. Le B.t.H-14 est utilisé en saison sèche dans toutes les rivières où une résistance au téméphos est signalée. Il est remplacé par une séquence chlorphoxime-carbosulfan-perméthrine lorsque le débit des rivières dépasse 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

Il faut rappeler que les 18 000 km de rivières susceptibles d'être des zones de reproduction pour les simulies ne sont pas traités en permanence. En saison sèche, il n'y a généralement que 3500 km en eau. D'autre part, en raison du succès rencontré dans le contrôle du vecteur, dont la présence et l'abondance sont constamment évaluées par un réseau de surveillance entomologique, de nombreuses rivières ne sont traitées sélectivement que lorsque des simulies y sont signalées. Il en résulte un allègement des traitements et une pression moins importante sur la faune non-cible.

Compte tenu de la superficie concernée, les épandages d'insecticides sont réalisés par hélicoptère ou par avion.

**Tableau 1**

Quantités d'insecticides commerciaux (en milliers de litres)  
utilisées par le Programme de Lutte contre l'Onchocercose

	Téméphos	Chlorphoxime	B.t. H-14	Permethrine	Carbosulfan
1975	75				
1976	130				
1977	156				
1978	216				
1979	263				
1980	184	6	0,5		
1981	132	81	8		
1982	162	7	233		
1983	75	36	303		
1984	78	57	257	5	
1985	130	10	199	3	5
1986	92	17	381	10	7
1987	125	65	651	15	21

### 3. Surveillance de l'environnement aquatique

Le programme de surveillance de l'environnement aquatique a concerné principalement deux catégories d'organismes : les invertébrés benthiques, abondants dans les rivières, et qui sont soumis aux insecticides dans les mêmes conditions que les larves de simules ; les poissons en raison de leur intérêt économique, mais également pour des raisons psychologiques vis-à-vis des populations riveraines qui s'en nourrissent.

Dès l'origine du programme, un protocole standardisé a été établi afin que les observations réalisées par différentes équipes puissent être comparées (LÉVEQUE *et al.* 1979). Le protocole spécifiait notamment les techniques à utiliser, la fréquence des observations et les objectifs à atteindre.

#### 3.1. Les invertébrés benthiques

Étant donné la richesse de la faune d'invertébrés benthiques, et du peu de recherches taxinomiques dont elle avait fait l'objet, il n'était guère envisageable d'identifier les taxons au niveau spécifique, à de rares exceptions près. Le programme de surveillance s'est donc essentiellement préoccupé de suivre l'évolution des principaux groupes, en insistant plus particulièrement sur les larves d'insectes pour lesquelles des déterminations au niveau des familles et parfois des genres ont été réalisées. Au fur et à mesure de l'avancement du programme, la systématique des insectes a pu néanmoins progresser.

Les méthodes d'échantillonnage utilisées dans la surveillance de routine ont été de divers types :

- Des filets à dérive standardisés qui permettent d'évaluer le nombre d'individus par m<sup>3</sup> d'eau filtrée et par unité systématique (ELOUARD & LÉVÊQUE 1977). Il s'agit d'une technique qui a été largement utilisée en milieu tempéré. Des échantillonnages étaient réalisés en fin de journée et en début de nuit.
- Le filet Surber pour l'échantillonnage quantitatif de la faune saxicole.
- Des substrats artificiels qui ont été testés et utilisés surtout pour des recherches d'accompagnement (DEJOUX *et al.* 1983, ELOUARD 1984b).

Pour des études à court terme sur la toxicité des pesticides, des gouttières artificielles ont été mises au point (TROUBAT 1981). Ces gouttières dans lesquelles des substrats naturels étaient introduits, ont permis de tester l'impact des insecticides sur une faune dont on connaissait la composition quantitative et qualitative. Elles ont également été largement utilisées pour tester dans des conditions similaires l'effet de diverses concentrations ou de divers insecticides.

L'impact à court terme du téméphos se traduit par une dérive assez importante des organismes benthiques après l'épandage (DEJOUX 1983). On a pu estimer sur une faune vierge de tout traitement que les doses opérationnelles provoquaient une mortalité de 10 à 30% de la faune en place. Cet effet est moindre sur les faunes traitées régulièrement. Les chironomides sont relativement peu sensibles à cet insecticide, à l'inverse de certains groupes comme les *Baetidae* et *Caenidae* (Ephéméroptères) et les jeunes stades de Trichoptères. Le chlorphoxime est plus toxique que le téméphos et provoque des mortalités plus importantes. Ces observations ont eu pour conséquence de limiter son emploi à la période des hautes eaux. Les groupes taxinomiques les plus sensibles sont les mêmes que pour le téméphos. Le B.t.H-14 est beaucoup moins toxique que les précédents et ne provoque qu'une faible mortalité des invertébrés non-cible. Les chironomides sont les plus sensibles à cet insecticide (DEJOUX *et al.* 1985).

Sur le long terme, l'utilisation régulière d'insecticide provoque une certaine modification de la structure des peuplements d'invertébrés (ELOUARD 1984a) qui dépend bien entendu de la sensibilité des différents groupes taxinomiques vis-à-vis des produits utilisés. L'emploi alterné des insecticides ne semble pas avoir plus d'impact qu'une utilisation continue de chacun d'eux (ELOUARD & GIBON 1984). Il faut cependant souligner que les modifications observées ne sont pas irréversibles. En effet, lorsque les traitements sont suspendus, on a pu observer une recolonisation rapide et le rétablissement de communautés d'invertébrés proches de celles qui existaient avant traitement. Cette recolonisation a diverses causes et origines : l'existence de zones non traitées dans le cours principal ou les affluents (zones refuges) où la faune peut se maintenir, les migrations aériennes d'imagos, les cycles de développement généralement courts pour beaucoup d'espèces.

### 3.2. Faune ichtyologique

Quelques expériences de laboratoire ont montré que le téméphos était susceptible de s'accumuler dans les tissus graisseux des poissons, mais que cette accumulation

était moins importante qu'avec les organochlorés (DDT par exemple). Le téméphos et le chlorphoxime ont également la faculté d'inhiber l'activité acétylcholinestérase.

L'examen de poissons prélevés dans le milieu naturel a montré de manière générale que l'accumulation de pesticides et l'inhibition de l'activité acétylcholinestérase étaient beaucoup plus faibles que chez les poissons utilisés dans les systèmes expérimentaux (QUÉLENNEC *et al.* 1977). Ceci est dû probablement à la faculté qu'ont les poissons d'échapper au moins partiellement à la vague d'insecticide dans le milieu naturel.

La surveillance des peuplements ichtyologiques en milieu naturel est basée sur deux idées principales :

- Les insecticides peuvent modifier la chaîne trophique en éliminant les proies, auquel cas il y aura raréfaction, voire disparition, de certaines espèces ;
- Les traitements répétés et prolongés peuvent affecter le cycle reproducteur, soit sur le plan physiologique, soit par action directe sur les œufs et les larves théoriquement plus sensibles.

De telles études sont difficilement réalisables dans les conditions de laboratoire en raison du grand nombre d'espèces en cause et des difficultés d'élevage. C'est pourquoi plusieurs stations de surveillance ont été sélectionnées dans diverses rivières de la zone du Programme.

Sur le plan méthodologique, des pêches expérimentales ont été pratiquées à intervalles réguliers (3 mois) en utilisant une batterie standardisée de filets maillants comportant différents types de mailles. A partir des résultats, il a été possible de suivre les paramètres suivants dans chaque station :

- Nombre d'espèces capturées ;
- Prise totale par unité d'effort ou pour chaque espèce dans la batterie de filets maillants ou par type de maille ;
- Coefficient de condition des principales espèces (rapport entre la longueur standard en mm et le poids en g).

De 1975 à 1985, on n'a pas constaté de réduction du nombre d'espèces capturées dans chacune des stations, bien que des variations saisonnières ou interannuelles aient été observées. Il en est de même pour les captures expérimentales aux filets maillants qui présentent des fluctuations interannuelles, mais pour lesquelles aucune tendance à long terme attribuable à l'effet des insecticides n'a pu être mise en évidence. Les coefficients de condition des principales espèces fluctuent autour d'une valeur moyenne, mais sont restées relativement stables durant toute la période d'observation. L'ensemble de ces résultats (LÉVÊQUE *et al.* 1988) permet de conclure que les insecticides antismulidiens n'ont pas affecté de manière sensible les peuplements ichtyologiques des rivières traitées.

Dans le détail cependant, des modifications temporaires ont pu être constatées que nous attribuons pour l'essentiel aux variations interannuelles de l'hydrologie

dont il est bien connu qu'elles ont un rôle majeur dans le succès de la reproduction et la dynamique des populations de poissons (WELCOMME 1979).

Des pêches électriques réalisées dans un certain nombre de radiers des rivières traitées ont également permis de constater que l'ichtyofaune rhéophile n'avait pas souffert des traitements.

#### 4. Recherches d'accompagnement sur la faune aquatique

Le protocole de surveillance aquatique suivi par toutes les équipes d'hydrobiologistes impliquées, proposait un cadre minimum d'observations en vue de répondre à des objectifs immédiats ou à long terme concernant l'impact des insecticides sur la faune non-cible. Cependant, il est rapidement apparu nécessaire de réaliser des études plus spécifiques afin d'améliorer nos connaissances sur la faune et le fonctionnement des rivières ouest-africaines, et dans le but de mieux interpréter les résultats de la surveillance aquatique. Nous ne pouvons donner ici qu'un bref aperçu de ces recherches qui peuvent se regrouper en deux thèmes principaux :

- Amélioration des connaissances faunistiques et élaboration de faunes ou de guides pour l'identification des organismes : Chironomides (DEJOUX 1984a, 1984b) ; Ephéméroptères (ELOUARD 1986a, 1986b) ; Trichoptères (GIBON 1984, 1985a, 1985b, 1986a, 1986b ; STATZNER 1981, 1982, 1984 ; STATZNER & GIBON 1985) ; Invertébrés (DEJOUX *et al.* 1981) ; Poissons (LÉVÊQUE & PAUGY 1984 ; TEUGELS *et al.* 1988).
- Distribution, biologie et écologie des organismes : ALBARET 1982, DEJOUX *et al.* 1981, GIBON & STATZNER 1985, ILTIS 1983, LÉVÊQUE *et al.* 1983, MÉRONA 1981, STATZNER *et al.* 1985a, b).

#### 5. Conclusions

Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest s'est préoccupé, dès son origine, de la protection de l'environnement aquatique. Il a donc valeur d'exemple dans la mesure où c'est un des rares programmes de cette envergure qui se soit doté des moyens indispensables à la sélection d'insecticides peu toxiques pour la faune non-cible, tout en mettant en place un réseau de surveillance écologique. On peut affirmer à l'heure actuelle que ce programme est un succès sur le plan de la lutte contre l'onchocercose (WHO 1985) et que les traitements anti-simulidiens n'ont eu qu'un effet limité et tout à fait acceptable sur la faune non-cible.

Il faut cependant signaler que des quantités considérables de pesticides sont utilisées à des fins agricoles dans la zone du Programme (CALAMARI 1985) et que des pollutions accidentelles, voire intentionnelles, ne sont pas rares. Des pratiques mal contrôlées et qui tendent à se développer, concernent notamment l'utilisation de pesticides pour la pêche. Si des mesures énergiques ne sont pas prises par les

gouvernements, ces pratiques pourraient à terme perturber de manière irréversible les écosystèmes aquatiques.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ALBARET, J. J. 1982. Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **15** (4) : 347-371.
- CALAMARI, D. 1985. Situation de la pollution dans les eaux intérieures de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. — Document occasionnel du CPCA, n° 12, FAO, Rome.
- DEJOUX, C. 1983. Utilisation du téméphos en campagne de lutte contre *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. Impact des premiers cycles de traitement sur le milieu aquatique. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **16** (2) : 165-179.
- DEJOUX, C. 1984a. Contribution à la connaissance des Chironomides d'Afrique de l'Ouest (Diptères, Nématocères). 3<sup>ème</sup> note. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **17** (1) : 65-76.
- DEJOUX, C. 1984b. Contribution to the knowledge of West African Chironomids from the Guinean Republic. — *Aquatic Insects*, **6** (3) : 157-167.
- DEJOUX, C., ELOUARD, J. M., FORGE, P. & JESTIN, J. M. 1981. Mise en évidence de la microdistribution des invertébrés dans les cours d'eau tropicaux. Incidence méthodologique pour la recherche d'une pollution à long terme par insecticide. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **14** : 253-262.
- DEJOUX, C., ELOUARD, J. M., FORGE, P. & MASLIN, J. L. 1981. Catalogue iconographique des insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. — Rapport ORSTOM, Bouaké, n° 42, 178 pp. (mimeo).
- DEJOUX, C., GIBON, F. M. & YAMEOGO, L. 1985. Toxicité pour la faune non-cible de quelques insecticides nouveaux utilisés en milieu aquatique tropical. IV. Le *Bacillus thuringensis* var. *israelensis*. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **18** (1) : 31-49.
- DEJOUX, C., JESTIN, J. M. & TROUBAT, J. J. 1983. Validité de l'utilisation d'un substrat artificiel dans le cadre de la surveillance écologique des rivières tropicales traitées aux insecticides antisimuliidiens. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **16** (2) : 181-194.
- ELOUARD, J. M. 1984a. Impact d'un insecticide organophosphoré (le téméphos) sur les entomocénoses associées aux stades préimaginaux du complexe *Simulium damnosum* Théobald (Diptera ; Simuliidae). TDM 13. — ORSTOM, Paris, 10 microfiches.
- ELOUARD, J. M. 1984b. Un nouveau type de substrat artificiel de surface pour échantillonner la faune invertébrée lotique. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **17** (1) : 77-81.
- ELOUARD, J. M. 1986a. Ephémères d'Afrique de l'Ouest. Le genre *Eatonica*. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **19** (2) : 87-92.
- ELOUARD, J. M. 1986b. Ephémères d'Afrique de l'Ouest. Le genre *Afromera*. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **19** (3-4).
- ELOUARD, J. M. & GIBON, F. M. 1983. Incidence sur la faune entomique non-cible de l'emploi alterné de trois insecticides (téméphos, chlorphoxime, B.t. H-14) pour lutter contre les larves de *Simulium damnosum*, s.l. — Rapp. WHO/VBC/ONCHO, 39.
- ELOUARD, J. M. & LÈVÈQUE, C. 1977. Rythme nycthéral de dérive des insectes et des poissons dans les rivières de Côte d'Ivoire. — *Cah. ORSTOM*, sér. Hydrobiol., **11** (2) : 179-183.
- GIBON, F. M. 1984. Recherches sur les Trichoptères d'Afrique de l'Ouest. 1. Notes sur le genre *Leptocerus*. — *Rev. fr. Ent.*, N.S., **6** (4) : 159-162.

- GIBON, F. M. 1985a. Recherches sur les Trichoptères d'Afrique de l'Ouest. 2. *Stactobiini (Hydroptilidae)* de Côte d'Ivoire. — *Rev. fr. Ent., N.S.*, **7** : 149-155.
- GIBON, F. M. 1985b. Recherches sur les Trichoptères d'Afrique occidentale. 3. *Ptilopotamidae* de Côte d'Ivoire. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **18** (1) : 25-30.
- GIBON, F. M. & STATZNER, B. 1985. Longitudinal zonation of lotic insects in the Bandama river system (Ivory Coast). — *Hydrobiologia*, **122** : 61-64.
- GIBON, F. M. 1986a. Recherches sur les Trichoptères d'Afrique occidentale. 5. Quelques espèces nouvelles du Haut Bassin du Niger (Guinée). — *Rev. Zool. afr.*, **100** : 161-169.
- GIBON, F. M. 1986b. Recherches sur les Trichoptères d'Afrique occidentale. 9. Notes sur le genre *Nyctiophylax (Polycentropodidae)*. — *Rev. fr. Ent., N.S.*, **8** (4) : 175-180.
- ILTIS, A. 1983. Peuplements algaux des rivières de Côte d'Ivoire. IV. Remarques générales. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **16** (3) : 235-240.
- LÉVÊQUE, C., DEJOUX, C. & ILTIS, A. 1983. Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire. — *Hydrobiologia*, **100** : 113-141.
- LÉVÊQUE, C., FAIRHURST, C. P., ABBAN, K., PAUGY, D., CURTIS, M. S. & TRAORÉ, K. 1988. Onchocerciasis Control Programme in West Africa : ten years monitoring of fish populations. — *Chemosphere*, **17** (2) : 421-440.
- LÉVÊQUE, C., ODEI, M. & PUGH THOMAS, M. 1979. The Onchocerciasis Control Programme and the monitoring of its effects on the riverine biology of the Volta River Basin. — *In* : PERRING, F. H. & MELLANBY, K. (Eds.), *Ecological Effects of pesticides*. Linnean Society Symposium Series, **5** : 133-143.
- LÉVÊQUE, C. & PAUGY, D. 1984. Guide des poissons d'eau douce de la zone du Programme de lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'ouest. — Rapport ORSTOM, Paris, 380 pp.
- MÉRONA, B. (de) 1981. Zonation ichtyologique du bassin du Bandama. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **14** : 63-75.
- PHILIPPON, B. 1977. Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart 1883) (*Nematoda, Onchocercidae*) par *Simulium damnosum* (Theobald 1903). — Travaux et Documents ORSTOM, n° 63, 308 pp.
- QUÉLENNEC, G., MILES, J. W., DEJOUX, C. & DE MÉRONA, B. 1977. Chemical monitoring for temephos in mud, oysters and fish from a river within the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River Basin area. — Rapport WHO/VBC/77.683, 6 pp.
- QUILLÉVÉRÉ, D. 1979. Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectrices des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. — Travaux et Documents ORSTOM, n° 109, 296 pp.
- STATZNER, B. 1981. A progress report on the *Hydropsychidae* from the Ivory Coast : characters for specific identification of larvae and population dynamics of four abundant species. — *Series Entomol.*, **20** : 329-335.
- STATZNER, B. 1982. Population dynamics of *Hydropsychidae (Insecta ; Trichoptera)* in the N'zi River (Ivory Coast), a temporary stream partly treated with the insecticide chlorphoxim. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **15** (2) : 157-176.
- STATZNER, B. 1984. Keys to adult and immature *Hydropsychidae* in the Ivory Coast (West Africa) with notes on their taxonomy and distribution (*Insecta, Trichoptera*). — *Spixiana*, **7** : 23-50.
- STATZNER, B. & GIBON, F. M. 1985. A key to adult and immature *Macronematinae (Insecta : Trichoptera)* from the Ivory Coast (West Africa) with notes on their taxonomy and distribution. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **17** (1984-2) : 129-151.

- STATZNER, B., DEJOUX, C. & ELOUARD, J. M. 1985a. Field experiments on the relationship between drift and benthic densities of aquatic insects in tropical streams (Ivory Coast). I. Introduction : review of drift literature, methods and experimental conditions. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **17** (1) : 319-333.
- STATZNER, B., ELOUARD, J. M. & DEJOUX, C. 1985b. Field experiments on the relationship between drift and benthic densities of aquatic insects in tropical streams (Ivory Coast). II. *Cheumatopsyche falcifera* (Trichoptera : Hydropsychidae). — *J. animal Ecol.*, **55** : 93-100.
- TEUGELS, G., LÉVÊQUE, C., PAUGY, D. & TRAORÉ, K. 1988. État des connaissances sur la faune ichtyologique de la Côte d'Ivoire et du sud-ouest du Ghana. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **21** (3) : 221-237.
- TROUBAT, J. J. 1981. Dispositif à gouttières multiples destiné à tester *in situ* la toxicité des insecticides vis-à-vis des invertébrés benthiques. — *Rev. Hydrobiol. trop.*, **14** (2) : 149-152.
- WELCOMME, R. 1979. Fisheries ecology of floodplain rivers. — Longman, London, 317 pp.
- WHO, 1985. Ten years of onchocerciasis control in West Africa. — Report OCP/GVA/85.18, 113 pp.

#### DISCUSSION

**J. Decelle.** — Quel est le type de résistance aux insecticides développé par les larves de simulies ? Les larves résistantes donnent-elles naissance à des adultes également résistants ?

**Ch. Lévêque.** — La résistance des simulies au téméphos est très stable et transmissible d'une génération à l'autre, ce qui implique qu'elle doit être sous la dépendance d'un ou plusieurs gènes dominants. Il semble donc que ce soit un phénomène à support génétique qui résulte de la sélection des mutants dotés d'un meilleur équipement enzymatique ou physiologique sous la pression d'un insecticide. La résistance à un composé organophosphoré entraîne généralement une résistance croisée à de nombreux produits de cette classe. C'est ce qui s'est produit avec le chlorphoxime pour les populations résistantes au téméphos.

**J.-J. Symoens.** — L'agressivité de la souche H 14 de *Bacillus thuringiensis* sur la faune d'invertébrés non-cibles paraît minime, ce qu'on pouvait effectivement espérer, puisqu'il s'agit d'un agent de lutte biologique. Peut-on imaginer une lutte contre l'onchocercose au moyen de *B. thuringiensis* H 14 seulement ?

**Ch. Lévêque.** — Théoriquement le B.t. H 14 pourrait être le seul insecticide utilisé par le programme. Cependant, les formulations disponibles actuellement ne sont pas suffisamment concentrées pour être opérationnelles en toute saison. En saison des crues notamment il faudrait de grandes quantités de produits, ce qui pose des problèmes logistiques considérables compte tenu du fait que les épandages sont réalisés principalement par hélicoptère, et le coût devient alors prohibitif. A l'heure actuelle, les rivières peuvent être traitées jusqu'à un débit de  $75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Des recherches sont en cours pour sélectionner de meilleures formulations qui permettraient de traiter des débits plus importants.

**KONINKLIJKE ACADEMIE  
VOOR OVERZEESSE  
WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

Nieuwe Reeks  
Nouvelle Série

**34 (2)**

Jaargang 1988  
Année

**MEDEDELINGEN  
DER ZITTINGEN**

Driemaandelijkse publikatie

OVERDRUK – EXTRAIT

**ACADÉMIE ROYALE  
DES SCIENCES  
D'OUTRE-MER**

Sous la Haute Protection du Roi



**BULLETIN  
DES SÉANCES**

Publication trimestrielle

