

LE PROGRAMME DE LUTTE CONTRE L'ONCHOCERCOSE HUMAINE ET LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

L'Onchocercose humaine est un fléau, tant clinique que social et économique, largement répandu en Afrique intertropicale, qui provoque, au stade ultime chez les populations humaines exposées, une cécité irréversible. Outre l'aspect purement sanitaire, la maladie favorise l'exode des populations des zones fertiles que sont les abords des rivières. Avant que les premiers traitements n'interviennent on estimait qu'en Afrique occidentale (Nigéria excepté par manque de données) le nombre d'onchocerciens était de deux millions d'individus (1/10 de la population) parmi lesquels 150 000 étaient aveugles. Cette filariose (filaire : *Onchocerca volvulus*) est transmise en Afrique occidentale par la femelle d'un petit Diptère Nématocère appartenant au complexe d'espèces *Simulium damnosum*. Les larves de ces insectes se développent sur des substrats (végétation aquatique ou partiellement immergée, rochers...) situés dans des zones de fort courant que l'on appelle couramment gîtes à simulies. Après la ponte, le développement larvaire, nymphal puis imaginal dure une dizaine de jours selon les conditions climatiques, notamment la température de l'eau.

CHOCERCOSE EN AFRIQUE DE L'OUEST ENT AQUATIQUE

LE PROGRAMME DE LUTTE

Jusqu'à ces dernières années, aucune thérapie de masse satisfaisante n'a pu être mise en place en raison des risques secondaires encourus par utilisation des médicaments existants. Il était donc nécessaire d'effectuer un contrôle des populations du vecteur, afin d'abaisser au maximum la transmission de la maladie. Malgré de nombreuses recherches, les aires de repos des femelles adultes n'ont pas encore été clairement identifiées, notamment celles des individus gorgés du sang qui permet l'élaboration de leur ponte. De ce fait, une lutte contre les adultes était assez aléatoire, d'autant que les populations imaginaires sont très dispersées. Les différents essais effectués se sont généralement soldés par des échecs. Il fut donc décidé d'utiliser des insecticides destinés à contrôler les populations larvaires aquatiques puisque celles-ci ont une distribution limitée aux rapides. Cela impliquait de déverser des insecticides dans les rivières de la zone à traiter. Sous l'égide de l'OMS(1), un Programme de Lutte contre l'Onchocercose (OCP)(2) fut mis en œuvre en décembre 1974, pour une durée de 20 ans(3), dans le bassin des Volta qui est une des plus vastes régions d'endémicité de la maladie. Ce Programme concerne actuellement 11 Etats (> 1 000 000 km²) à l'intérieur desquels 50 000 km de rivières

sont susceptibles d'être traitées et donc deux à trois millions de riverains d'être protégés. Initialement étaient inclus dans ce Programme de Lutte, le Burkina Faso, la moitié nord du Bénin, du Togo, du Ghana et de la Côte d'Ivoire ainsi que le Sud Mali (fig. 1). Les premiers traitements ont débuté en février 1975 dans la partie centrale de l'aire couverte par l'OCP, puis se sont étendus progressivement vers l'Est, le Sud et l'Ouest. Ultérieurement de plus larges extensions vers l'Est et l'Ouest (cf. carte) furent planifiées en raison des facultés de dispersion des simulies adultes.

Le cycle de développement de la simulie étant comme nous l'avons dit d'une dizaine de jours, des épandages hebdomadaires d'insecticides sont programmés sur chaque gîte à simulies. Du fait de la durée des traitements prévue par le Programme, il fut créé un Programme de Surveillance de l'Environnement aquatique destiné à contrôler l'impact des épandages répétés d'insecticides vis-à-vis de la faune non-cible. Il faut noter que ce Programme de Lutte anti-vectorielle est certainement un des premiers de cette envergure à se soucier, à long terme, de l'impact des pesticides déversés sur l'environnement. Pour ce faire des hydrobiologistes-écologistes effectuent des prélèvements spécifiques suivant un protocole précis (voir plus avant). Au vu des données recueillies, un Groupe Ecologique(4) donne son avis sur les conséquences écologiques et soumet



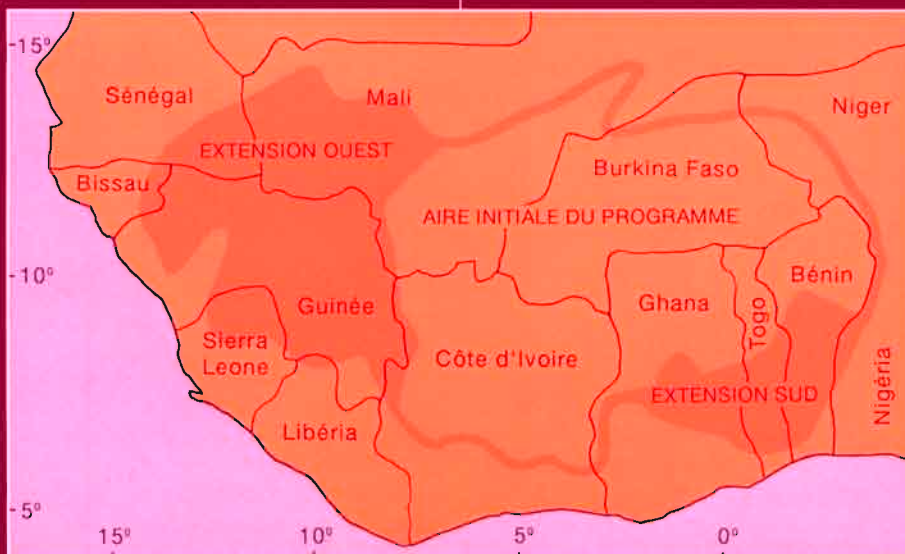
Tests de toxicité de différentes formulations d'insecticides sur la faune entomique non-cible
Photo : C. Devillers

son rapport lors du Comité d'Experts chargé d'évaluer les résultats obtenus par l'OCP.

LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT.

Les résultats énoncés par la suite sont pour la plupart issus des publications des équipes travaillant dans les Laboratoires d'Hydrobiologie de Bouaké (Côte d'Ivoire), puis de Bamako (Mali).

Quels sont les critères d'acceptation et/ou de rejet d'un insecticide antismulidien ? Une démarche hiérarchique est suivie. Le premier critère est l'efficacité contre *S. damnosum*. Le criblage suit deux phases, dont la première consiste à tester au laboratoire ou au moins en conditions expérimentales l'efficacité de la formulation. En cas de succès, celle-ci est alors testée *in situ* sur un bief limité et si elle semble toujours prometteuse, elle est utilisée à plus grande échelle. En cas de réussite, on teste alors la toxicité de la formulation à l'égard de la faune non-cible. Il s'agit évidemment dans un premier temps d'un constat à court terme ; nous parlerons alors de toxicité aiguë. Si l'insecticide tue des poissons et/ou des ma-



Aire géographique du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'ouest.

(1) OMS : Organisation Mondiale de la santé.

(2) OCP : Onchocerciasis Control Programme.

(3) On pensait alors que la longévité de la femelle adulte d'*O. volvulus* était d'environ 15 à 20 ans. Des travaux récents laissent supposer qu'elle serait en réalité de 8 à 12 ans.

(4) Instance indépendante composée de cinq membres.

crocrustacés, il est immédiatement rejeté. Ce premier criblage passé, sa nocivité à l'égard de la faune invertébrée est alors testée (essentiellement les larves aquatiques d'insectes). Les tests se font alors généralement en gouttières expérimentales, ce qui permet d'avoir pour chaque groupe le pourcentage de dérive et éventuellement de survie après décrochement. Il est évidemment difficile, notamment pour les invertébrés, de se faire une idée de l'impact réel, car on ne sait quelle fraction des populations est effectivement touchée et éliminée. C'est pour cette raison, et dans le cas d'une toxicité aiguë relativement faible, que l'on est amené à effectuer une surveillance à long terme destinée à évaluer la toxicité chronique. Cela est aussi vrai pour les insectes non-cibles que pour les poissons. En fait, il s'agit de vérifier que, d'une part, la structure et la composition des communautés sont peu ou pas affectées et, d'autre part, pour les insectes non-cible, que les "densités" d'organismes ne diminuent pas trop. En ce qui concerne les poissons, il fallait également vérifier que leur physiologie : embonpoint (condition), croissance et reproduction, ne soit pas modifiée. Enfin, des études complémentaires furent nécessaires pour connaître les cycles biologiques des principales espèces et évaluer ainsi le rôle de l'environnement naturel et celui du pesticide.

Les insecticides employés

Jamais aucun organochloré, tel le DDT, n'a été employé en campagne durant toutes ces années de lutte. En revanche et au fur et à mesure que des souches résistantes de simulies apparaissaient, plusieurs insecticides appartenant à des familles diverses ont été employés. Le premier, le téméphos (organophosphoré), après de nombreux tests, s'avéra, et s'avère d'ailleurs toujours être le meilleur si l'on compare son efficacité sur les simulies et sa relative innocuité à l'égard de la faune non-cible. Après les premiers signes de résistance (décembre 1979 pour les cytotypes de forêt et 1986 pour ceux de savane), un autre organophosphoré fut utilisé, le chlorphoxime. Si son action sur les simulies s'avère satisfaisante, en revanche, il se montre plus toxique que le téméphos pour la faune non-cible, au moins à court terme. Etant de la même famille, la résistance à ce pesticide se manifesta relativement rapidement. Le *Bacillus thuringiensis* (*B.t.* H14), insecticide dit "biologique" fut également utilisé. Il est spécifique des simulies et peu toxique pour la faune non-cible, mais doit être employé en grosse quantité, ce qui d'un point de vue logistique ne permet pas son utili-

	Téméphos	Chlorphoxime	B.t. H-14	Perméthrine	Carbosulfan	Pyraclufos
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	
1988	84	80	380	26	11	
1989	91	65	275	51	31	2

Tableau 1 - Quantités d'insecticides commerciaux (en milliers de litres) utilisés par le programme de Lutte contre l'*Onchocercose*

sation durant la crue. Depuis, deux autres organophosphorés (pyraclufos et phoxime), un pyréthrinolide (perméthrine) et un carbamate (carbosulfan) sont venus s'ajouter aux trois autres formulations (tab. I). Toutefois en raison de leur assez forte toxicité pour la faune non-cible, les deux derniers ne sont employés que durant la crue et seulement pendant quelques cycles. Dorénavant, la stratégie employée par l'OCP est assez complexe. Si en premier lieu ne sont traitées que les parties de rivières où persistent des larves de simulies, en revanche, les tactiques employées, en fonction des débits, sont multiples et variées (fig. 2) :

- $0 \text{ m}^3/\text{s} < \text{débit} \leq 15 \text{ m}^3/\text{s}$, le *B.t.* H14 est généralement employé et une utilisation éventuelle du téméphos et du phoxime, s'il n'existe pas de résistance aux organophosphorés ;

- $15 \text{ m}^3/\text{s} < \text{débit} \leq 50 \text{ m}^3/\text{s}$, le phoxime et le pyraclufos sont généralement utilisés, plus rarement le *B.t.* H14 et le téméphos ;

- $50 \text{ m}^3/\text{s} < \text{débit} \leq 70 \text{ m}^3/\text{s}$, le téméphos, le phoxime et le pyraclufos sont exclusivement employés ;

- $70 \text{ m}^3/\text{s} < \text{débit} \leq 150 \text{ m}^3/\text{s}$, les mêmes plus le carbosulfan durant quelques cycles ;

- débit $> 150 \text{ m}^3/\text{s}$, le téméphos et la perméthrine durant quelques cycles sont généralement utilisés, plus rarement le phoxime, le pyraclufos et le carbosulfan.

La toxicité aiguë

Sur les poissons, aucun de ces insecticides ne s'est montré mortel aux concentrations employées durant les campagnes de traitement ; d'ailleurs ils sont très peu de temps exposés, car dès qu'ils ressentent l'arrivée du polluant, ils remontent la vague pour la traverser au plus vite. En condition expérimentale, c'est-à-dire en maintenant les pois-

sons en eau "polluée" (aquariums), on note une nette baisse de l'activité acétylcholinestérasique cérébrale après exposition aux organophosphorés (Gras et al., 1982). Toutefois, aux doses employées lors des traitements, les poissons récupèrent rapidement, même après exposition au chlorphoxime, pourtant plus toxique que le téméphos. Si, lors d'un épandage, on maintient dans la rivière les poissons en cage, on note également une baisse d'activité acétylcholinestérasique, cependant plus faible que lors d'expériences faites en aquariums. Si après un épandage, on pêche des poissons qui ont subi la vague insecticide, on remarque en revanche qu'ils ne montrent aucune diminution d'activité cérébrale, ce qui prouve que l'insecticide agit peu, soit parce que les poissons le fuient, soit parce que celui-ci se trouve assez rapidement dilué. En ce qui concerne l'accumulation dans les tissus graisseux, on a pu montrer qu'elle pouvait exister pour le téméphos mais dans des proportions très faibles et de toute façon moins importantes qu'en conditions expérimentales (Quélenec et al., 1977). En règle générale, on constate une plus forte sensibilité des organismes lors du premier traitement. L'action du téméphos sur les larves d'insectes aquatiques est variable selon les groupes. Les Chironomides en général ne semblent pas très affectés, en revanche certains Ephéméroptères et Trichoptères paraissent plus sensibles. De même, les jeunes stades sont en général plus touchés. Le *B.t.*, s'il affecte les simulies, semble en revanche n'avoir qu'une faible action à l'égard de la faune non-cible, sauf peut-être sur quelques taxons comme les *Chironomini* (Diptères) et les *Orthotrichia* (Trichoptères). Le chlorphoxime est en général plus toxique que le téméphos, seuls deux groupes semblent y être peu sensibles, les

Orthocladinae (Chironomidae) et les *Caenidae* (Ephéméroptères). Le phoxime semble avoir le même impact, en revanche le pyraclofos a une toxicité qui se situe entre celle du téméphos et celle du chlorphoxime ou du phoxime. La perméthrine a un effet assez drastique, à court terme, sur la faune invertébrée, plus particulièrement sur les Ephéméroptères et à l'exception des *Chironomini*. A moyen terme, la faune semble régulièrement s'appauvrir au fur et à mesure des traitements. Il s'agit donc d'un insecticide à utiliser avec précaution. Le carbosulfan enfin, semble également avoir un effet toxique important sur certains Ephéméroptères et certains Chironomides. La toxicité de cet insecticide est proche de celle de la perméthrine et son utilisation d'un point de vue écologique doit être suivie avec beaucoup d'attention. D'autres insecticides ont également été testés, mais n'ont pas été retenus en raison de leur trop forte toxicité à l'égard de la faune non cible.

La toxicité chronique

Il s'agit là de vérifier non plus l'impact immédiat des pesticides, mais de voir comment réagissent à long terme les communautés régulièrement exposées aux insecticides. Ce Programme de Surveillance de l'Environnement se déroulant sur une vaste échelle, il est nécessaire pour comparer les résultats dans des régions parfois assez différentes d'adopter un protocole pouvant s'appliquer partout. Aucun moyen d'échantillonnage n'est parfait, de plus il doit généralement s'adapter aux conditions de milieu. Ici, l'échelle étant trop grande, il a fallu trouver un compromis susceptible d'être le plus représentatif possible pour les différentes conditions rencontrées.

En ce qui concerne les poissons, seuls les filets maillants peuvent raisonnablement être utilisés partout. On connaît la sélectivité particulière de ces engins de pêche, mais la senne est difficilement utilisable dans la plupart des rivières en raison de la présence de rochers, l'épervier est trop lié à l'habileté du lanceur, la pêche électrique est impraticable dans les eaux lentes et dès que la profondeur dépasse quelques dizaines de centimètres, et le chalutage est inadapté pour les mêmes raisons que la senne. Il fut donc décidé que chaque équipe, dans son pays respectif, utilise une batterie standard de filets maillants, fasse des pêches expérimentales trimestrielles et calcule pour chaque maille ou par type de maille les prises par unité d'effort tant numériques que pondérales. A long terme, une analyse appropriée des captures (ici AFC) peut donner les grandes tendances des

variations de structures des communautés et permet d'analyser si celles-ci semblent plus liées à l'insecticide qu'aux conditions naturelles. Parallèlement, chaque poisson est pesé, mesuré et disséqué afin de pouvoir estimer sa condition (coefficient de condition K), son sexe, son état de maturité sexuelle et enfin analyser son contenu stomacal. L'idée étant ici que, d'une part la raréfaction de la nourriture consécutive à l'action de l'insecticide peut entraîner une baisse du coefficient de condition et que cette perte d'énergie agisse sur la maturité des gonades, et d'autre part que l'action du pesticide agisse directement sur la physiologie des individus, les plus jeunes étant par ailleurs les plus sensibles. Parallèlement, et pour pouvoir mieux comprendre les éventuelles variations, l'étude des cycles biologiques (reproduction, alimentation...) des principales espèces a été entreprise. Ainsi nous avons pu voir le rôle primordial que jouent la crue et l'étiage qui entraînent des modifications fondamentales dans les communautés, d'où l'intérêt de comparer les échantillons à des périodes hydrologiquement identiques.

L'échantillonnage des larves d'insectes

aquatiques se fait essentiellement de deux façons. D'une part est étudiée la dérive des larves, de jour et de nuit, la première est considérée soit comme traumatique soit comme accidentelle, tandis que la seconde est liée au cycle trophique des organismes. D'autre part, les densités d'invertébrés colonisant les dalles rocheuses sont estimées à l'aide d'un échantillonneur de Surber.

Initialement, l'emploi de substrats artificiels faisait partie du protocole de surveillance des invertébrés, mais l'inadéquation initiale des types de substrats utilisés fit abandonner cette technique. De même qu'en Ichtyologie, les analyses multivariées (ici AFC) ont permis de caractériser les communautés d'invertébrés en conditions naturelles et sous la pression d'un ou plusieurs insecticides (Yaméogo et *al.*, 1991). Comme en ce qui concerne les poissons, l'hydrologie joue un rôle primordial d'où aussi la nécessité de comparer des prélèvements effectués à des périodes similaires.

QUELLES CONSÉQUENCES ?

Au bout de dix années de surveillance que pouvons-nous conclure ? D'un

Onchocerciasis control and environmental monitoring in West Africa

Two million people in West Africa are affected by Onchocerciasis, a disease which leads to irreversible blindness. Medical treatment raises many problems, and the most promising line of research for control of the disease was seen to be vector control, using insecticides on the freshwater-dwelling larvae of the blackfly vector. The Who's 20-year Onchocerciasis Control Program began in the Volta river valley in 1974, covering 18,000 km of river. Trials have been run with a number of different insecticides. Besides testing their efficacy against the blackfly larvae, it was necessary to monitor their short- and long-term impact on non-target fauna, both invertebrates and fish. This was Orstom's role - to set up a network of stations for research and monitoring of the environmental impact, and to build up a database. This work involved development of sampling methods for fish and invertebrates,

study of the different species involved, correlation of impact with the river's discharge at the time of treatment, multivariate analysis of findings, etc.

From health standpoint, the OCP has been a success, saving several million children from river blindness. Socio-economically it has also been successful, enabling recolonization of valleys that had been abandoned because of the disease.

The environmental impact is considered acceptable in view of these results. Although there has been short-term disruption of some fish and insect populations, no irreversible damage has been detected in any species and there have been no mass deaths among fish populations.

Spinoff from the program has been the training of local researchers and technicians and the establishment of records on the river fauna, which will be of great value in other development fields.

point de vue sanitaire, l'OCP est une réussite complète, puisque plusieurs millions d'enfants ne seront plus onchocerciens dans cette région. Au plan socio-économique, ce Programme de Lutte est également un succès puisqu'une partie non négligeable des vallées abandonnées est, ou est en train d'être recolonisée. D'un point de vue écologique, il faut distinguer deux choses. L'une est l'impact à court terme, l'autre est le bilan à long terme. Nous avons vu qu'au moins deux des insecticides employés se montrent relativement toxiques principalement à l'égard de la faune entomique. Toutefois, dans un souci, peut-être d'économie, mais aussi d'un point de vue éthique, vis-à-vis de l'environnement, l'OCP limite ses épandages d'insecticides aux seuls gîtes positifs en larves de *S. damnosum*. De ce fait, des 18 000 km théoriques de rivières traitées, beaucoup le sont que rarement ou parfois jamais. Ainsi subsistent de nombreuses zones refuges qui permettent en cas d'arrêt des traitements une recolonisation des biefs par la faune entomique non-cible. L'analyse des données montre que certains groupes sont atteints plus que d'autres, mais elle souligne également l'avantage que tirent certains taxons peu sensibles à un insecticide donné, car en l'absence de concurrence ils sont en fait favorisés et se multiplient. Si certains gîtes furent très atteints par les traitements, la majorité d'entre eux ne le fut jamais de façon irréversible, ce qui est acceptable d'un point de vue écologique par rapport au succès sanitaire acquis. Une disparition définitive de la faune eût été catastrophique d'autant qu'elle eût touché les larves prédatrices, car à l'issue des traitements leur disparition peut entraîner une multiplication des simulies, le cycle de ces dernières étant généralement beaucoup plus rapide que celui des prédateurs, d'où un déséquilibre écologique inacceptable. Enfin, aucune mortalité massive de poissons, due aux insecticides employés par l'OCP, n'a été mise en évidence, pas plus qu'une modification tant qualitative que quantitative des communautés ichtyologiques. Des modifications physiologiques, perte de condition et absence de maturation des gonades, ont été constatées en Côte d'Ivoire, chez certaines espèces durant l'année de sécheresse de 1976. Mais ayant affecté aussi bien les populations des rivières soumises aux épandages que celles des cours d'eau non traités, il faut attribuer cet impact aux très mauvaises conditions naturelles, non à l'insecticide (Lévêque et al., 1988). Si la raréfaction ou la disparition momentanée d'espèces d'insectes proies ont parfois entraîné une modification dans la composition du bol alimentaire des

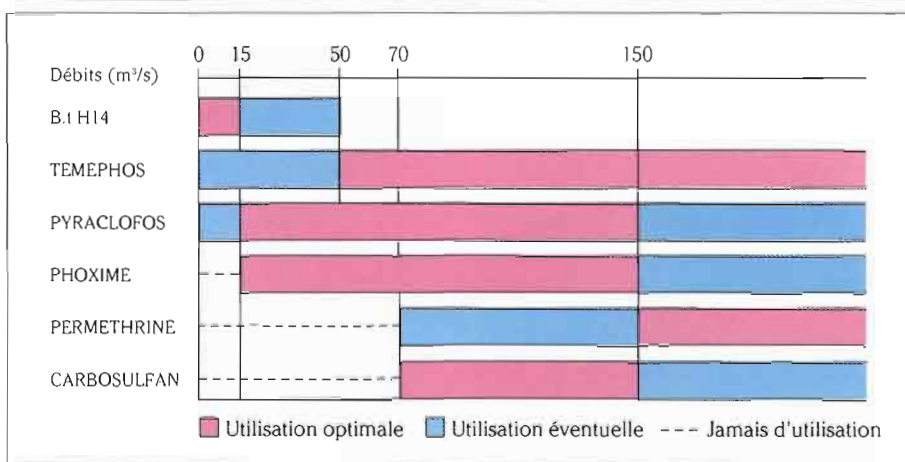


Figure 2 - Priorité d'utilisation des larvicides anti-simulidiens en fonction du débit des rivières (d'après Guillet, 1991).

poissons insectivores, cela ne s'est pas fait ressentir au niveau de leur état physiologique. Il paraît clair que dans certaines limites de densité et de taille de la proie, chaque espèce se nourrit à partir de ce qu'elle trouve en plus grande abondance dans le milieu.

Terminons enfin par le rôle formateur joué par les différentes équipes en place, puisqu'aussi bien en Côte d'Ivoire qu'au Mali, de nombreux chercheurs et techniciens locaux ont été formés, afin d'assurer le suivi de la surveillance à long terme dans leur pays respectif, le rôle des agents Orstom étant surtout au départ de mettre en place et de démarer, pour acquisition de données de base, un réseau de stations à étudier et à surveiller. Un bilan des travaux effectués dans ce cadre a permis de recenser 212 publications ou rapports de 1974 à 1987 (Paugy et Elouard). Notons également, pour ce qui touche au développement des connaissances, l'élaboration de faunes entomologique et ichthyologique.

Ce Programme de Surveillance de l'Environnement aquatique est semblable à un exemple concret d'une finalité où la recherche fondamentale est mise au service de la coopération et du développement ■

Didier Paugy

Département Eaux Continentales - UR "Environnement et Ressources Aquatiques des Vallées Fluviales Tropicales"

Pour en savoir plus

Gras G., Pélissier C. et Leung Tack D., 1982 - Action du téméphos sur l'activité acétylcholinestérasique du cerveau de *Tilapia guineensis*. 1ère partie: études expérimentales aux doses opérationnelles. *Toxicol. Europ. Res.*, 4 (6) : 301-308.

Guillet P., 1991 - Resistance and rotational use of insecticides in the Onchocerciasis Control Programme in West Africa (O.C.P.). CTD/OPR/EC91.

45 : 1-7.

Le Berre R., 1966 - Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). Orstom, Paris, 7, 204 pp.

Levêque C., Fairhurst C., Abban K., Paugy D. et Curtis M.S., 1988 - Onchocerciasis Control Programme in West Africa : ten years monitoring of fish populations. *Chemosphere*, 17 (2) : 421 - 440.

Paugy D. et Elouard J.M., 1989 - Recherches hydrobiologiques Orstom réalisées dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose : Bilan bibliographique commenté (1974-1987), Editions de l'Orstom, 145 pp.

Philippon B., 1977 - Etude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1883) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* (Theobald, 1903) (Diptera, Simuliidae) en Afrique tropicale. *Travaux et Documents Orstom*, 63, 308 pp.

Quellenec G., Miles, J.W., Dejoux C. et Mérona B. de, 1977 - Chemical monitoring for temephos in mud, oysters and fish from a river within the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River basin. *WHO/VBC/77*. 683 : 1-6.

Yaméogo L., Elouard J.M. et Simier M., 1991 - Typologies des entomocénoses benthiques soumises à des épandages d'insecticides antisimulidiens. *Arch. für Hydrobiol.*, (sous presse).

Yaméogo L., Levêque C., Traore K. et Fairhurst C., 1988 - Dix ans de surveillance de la faune aquatique des rivières d'Afrique de l'Ouest traitées contre les Simulies (Diptera : Simuliidae), agents vecteurs de l'Onchocercose humaine. *Naturaliste can. (Rev. Ecol. Syst.)*, 115 : 287-298.

Yaméogo L., Tapsoba J.M. et Calamari D., 1991 - Laboratory toxicity of potential blackfly larvicides on some african fishes in the Onchocerciasis Control Programme area. *Ecotox. Environ. Safety*, 21 : 248-256.

