

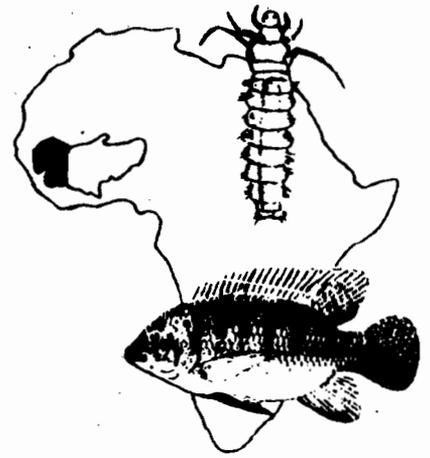
CONVENTION OMS - ORSTOM

SURVEILLANCE

DE

L'ENVIRONNEMENT AQUATIQUE

EXTENSION OUEST - OCP



SURVEILLANCE ICHTYOLOGIQUE

**ACCUMULATION DES RESIDUS
INHIBITION ACETYLCHOLINESTERASIQUE**

D. PAUGY

Rapport n°17

Date: 15 avril 1986

ORSTOM

Laboratoire d'Hydrobiologie

B.P 2528

Bamako

Mali

SURVEILLANCE ICHTYOLOGIQUE

ACCUMULATION DES RESIDUS
INHIBITION ACETYLCHOLINESTERASIQUE

D. PAUGY

Rapport n°17

Date: 15 avril 1986

AVERTISSEMENT

Ce rapport n'est pas une étude originale, mais résume les travaux et les résultats obtenus concernant la surveillance chimique des insecticides chez les Poissons dans la zone traitée par OCP.

Par surveillance chimique, nous entendons, quelles perturbations peuvent créer les larvicides épanchés sur les Poissons, en opposition avec la surveillance écologique qui est destinée à constater les effets globaux sur la faune sans y voir forcément les raisons physiologiques.

Nous nous sommes généralement contentés de résumer les travaux commandités par OCP, mais nous avons également tenu compte de ceux s'inscrivant directement dans les préoccupations du Programme. C'est le cas notamment de toutes les expériences de laboratoire effectuées sur les organophosphorés utilisés en campagne de traitements.

SURVEILLANCE CHIMIQUE DU TEMEPHOS CHEZ LES POISSONS

La surveillance écologique effectuée depuis 10 ans dans la zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose est la résultante de l'action éventuelle que pourraient avoir les larvicides employés pour la lutte anti-vectorielle. Cette surveillance ne doit être considérée que comme une finalité globale faisant abstraction, pour ses conclusions, de ce que peut être l'action des pesticides au niveau individuel. Si un impact peut être décelé par la surveillance à long terme des rivières traitées, en revanche on ne saura pas forcément quelle cause exacte entraîne une modification, des peuplements, de la physiologie et de la biologie des Poissons.

Afin d'évaluer sur les organismes l'effet que peut avoir le téméphos (larvicide le plus employé au début du Programme), deux facteurs principaux ont été étudiés:

- * accumulation du téméphos dans les organes, les tissus et les graisses des Poissons,
- * inhibition par le téméphos de l'activité acétylcholinestérasique dans le cerveau des Poissons.

1. ACCUMULATION ET RESIDUS DU TEMEPHOS CHEZ LES POISSONS.

Deux types d'approches et donc de résultats existent selon que l'on s'intéresse à la théorie ou à ce qui se passe réellement sur le terrain durant les campagnes de traitements.

1.1. Accumulation du téméphos. Expériences de laboratoire.

Différentes simulations de traitements en aquarium montrent que dans tous les cas, des concentrations mesurables de téméphos peuvent être décelées chez des Poissons contaminés par ce larvicide (Miles et al., 1976; Matthiessen & Johnson, 1978).

- * L'accumulation de l'Abate est importante, d'autant que les Poissons sont contaminés quotidiennement ou hebdomadairement. L'accumulation paraît moindre lorsque l'exposition au pesticide est continue. La contamination des Poissons est faite soit par exposition dans de l'eau polluée, soit par alimentation à l'aide d'une nourriture elle-même déjà soumise au pesticide.
- * L'accumulation pour le téméphos est du même ordre que celle observée pour d'autres organophosphorés: malathion, diazinon ou fénithion.

- * Contrairement au DDT qui s'accumule indéfiniment, la concentration d'Abate chez les Poissons atteint un plateau au bout d'un certain temps (6 à 20 jours). En effet, après, le métabolisme et l'excrétion semble contrebalancer l'accumulation.
- * Chez les Poissons soumis au jeûne, la concentration de résidus est plus importante, au moins initialement. Ceci peut-être parce qu'après absorption, ils sont moins capables de le métaboliser que ceux qui sont nourris normalement.
- * Le larvicide semble avoir une affinité plus particulière pour tous les organes et tissus les plus gras. Ceci suit le même schéma que pour les organochlorés, mais contrairement à ceux-ci il y a peu d'accumulation dans le foie. En revanche, on trouve des doses non négligeables de téméphos sur les branchies, ce qui semble indiquer que l'accumulation et l'excrétion du larvicide se font surtout par cette voie.

D'après ces expériences de laboratoire, nous reprenons intégralement les conclusions des auteurs: "(...) Les expériences faites ici suggèrent que des Poissons comme Sarotherodon mossambicus exposés hebdomadairement à des doses d'Abate de 0.05 ppm dans des rivières courantes n'accumulent que de faibles taux de résidus (3-4 mg/kg) par absorption directe mais qu'ils seraient capables d'absorber d'autres sources d'Abate à partir de sources alimentaires contaminées".

Ces quelques expériences menées en laboratoire mettent les Poissons dans les pires conditions de contamination (pas de fuite possible) et ne peuvent donc refléter ce qui se passe dans les conditions naturelles. Elles ont toutefois l'avantage de suggérer une innocuité de ce pesticide sur le terrain puisqu'elles ne mettent pas en évidence de dommages majeurs en expérimentation.

Du fait de sa relativement faible toxicité générale et notamment à l'encontre des Poissons, il semble que le téméphos ait fait l'objet de peu de travaux à partir d'individus prélevés dans des rivières soumises à des épandages réguliers. Concernant l'accumulation de résidus nous ne connaissons en milieu tropical que les travaux de Quellenec et al. (1977) et de KIPS (1981 non publié), effectués sur des Poissons prélevés dans la zone d'OCP.

1.2. Accumulation du téméphos. Poissons prélevés dans les rivières traitées.

Un certain nombre de Poissons appartenant à 7 espèces différentes ont été prélevés à deux saisons différentes (mai

et septembre 1977) sur le Bandama à Niaka (Côte d'Ivoire) (Queleennec et al., 1977).

1.2.1. Etiage (mai 1977).

Immédiatement en aval du point d'épandage, le lendemain du traitement, les Poissons capturés montraient des traces de téméphos (1,30 à 14,32 ppm suivant les espèces). Six jours après le traitement, les individus pêchés au même endroit présentaient une contamination beaucoup plus faible (0,95 à 7,08 ppm suivant les espèces). Notons que des Poissons prélevés en même temps mais 1 km en aval du point d'épandage étaient très faiblement contaminés (0 à 0,25 ppm). Parmi les espèces capturées, dans tous les cas Tilapia zillii accumule le téméphos nettement plus que les autres (de l'ordre de 10 fois). Ceci est vraisemblablement dû à ses habitudes alimentaires puisque cette espèce est réputée détritivore.

1.2.2. Crue (septembre 1977).

Durant la crue, la contamination des Poissons capturés au point d'épandage est assez nettement plus faible par rapport aux conditions d'étiage puisqu'elle passe de 0-0,41 ppm cinq heures après l'épandage à 0-0,03 ppm cinq jours après celui-ci.

1.2.3. Autres organismes et substrats.

Des huîtres prélevées dans les mêmes conditions présentent toujours en chaque point d'échantillonnage une concentration sensiblement constante dans le temps. Toutefois d'un lieu à un autre, la contamination peut être relativement différente, ce que les auteurs attribuent à des différences liées à la biologie de l'espèce.

La concentration en téméphos trouvée dans les boues est assez importante et paraît liée à la composition du substrat (proportion +/- importante de sable). Notons enfin que la présence de cet organophosphoré est toujours détectable à la même concentration qu'au départ 6 jours après l'épandage.

1.2.4. Autres résultats.

Trois espèces de Poissons prélevées en février-avril 81 dans la Volta Noire (région de Samendéni, Burkina Faso) analysées par Kips (1981 non publié) montrent également des traces de téméphos mais nettement plus faibles que celles observées par Queleennec et al. puisque la concentration évolue entre 0 et 0,2 ppm pour le Poisson entier (0,05 à 3,43 pour les seules graisses). A noter que contrairement aux résultats précédents la plus forte contamination n'est pas retrouvée chez T. zillii mais chez Brycinus nurse. Dans cet exemple les T. zillii ne présentent pratiquement pas de contamination.

1.2.5. Autres insecticides.

Le Bandama en Côte d'Ivoire traverse des régions agricoles où le DDT était encore employé en 1977. Si ce pesticide n'est pas directement épandu dans les rivières, il les rejoint toutefois par lessivage des feuilles et des sols. C'est pour cela qu'en même temps que les échantillons prélevés pour analyse du téméphos ont également fait l'objet de recherches sur les résidus de DDT et de DDE. Effectivement, des résidus de DDT et DDE furent retrouvés aussi bien dans les boues (0,01-0,07ppm) que dans 7 espèces de Poissons (0,01-0,35 ppm) (Quellenec et al., 1977).

1.3. Conclusions.

Il ressort assez clairement qu'il existe, même dans les conditions naturelles, une accumulation de téméphos par les organismes vivants et notamment par les Poissons. Toutefois à notre connaissance aucune étude de terrain n'a mis en évidence le temps durant lequel l'Abate persiste chez les organismes vivants ni quelles concentrations peuvent agir sur la physiologie des Poissons. Toutefois, on sait que les organophosphorés en général et le téméphos en particulier sont capables d'inhiber l'activité acétylcholinestérasique dans le cerveau des Poissons (Thirugnanam & Forgas, 1975). L'analyse des résidus posant de nombreux problèmes logistiques et d'interprétation, OCP a alors envisagé par le biais de l'activité enzymatique cérébrale de faire effectuer des contrôles annuels sur des Poissons soumis à des épandages réguliers de téméphos mais également de chlorphoxime autre organophosphoré employé dans la zone du Programme notamment en saison des pluies.

2. INHIBITION ACÉTYLCHOLINESTÉRASIQUE DANS LE CERVEAU DES POISSONS PAR LES ORGANOPHOSPHORÉS.

Dans un premier temps des expériences ont été menées en laboratoire puis au vu des résultats obtenus, différentes investigations ont été conduites dans les rivières de la zone d'OCP tant pour le téméphos que pour le chlorphoxime.

2.1. Expériences de laboratoire effectuées sur Tilapia guineensis

En raison de leurs études expérimentales sur l'inhibition acétylcholinestérasique cérébrale chez les Poissons directement liées aux préoccupations d'OCP, nous résumerons les travaux faits par Gras et al. (1982) et par Pelissier et al. (1982 et 1983). De plus les tests ont été effectués sur des Poissons susceptibles d'être rencontrés dans la zone du Programme avec des échantillons d'insecticides envoyés par OCP.

2.1.1. Etude expérimentale avec du téméphos employé aux doses opérationnelles (0,05 mg/l durant 10 minutes).

- * Il est important de noter qu'aucun Poisson ne présente de signe visible d'intoxication même après trois traitements hebdomadaires successifs.
- * Il existe une nette inhibition de l'activité acétylcholinestérasique (environ 25%) du tissu cérébral en dépit de l'absence de signes d'intoxication. Rappelons qu'on considère qu'une baisse de 30 à 40% par rapport à la normale ne rend plus la vie possible chez les Poissons (Weiss, 1958; Gibson & Ludke, 1971).
- * Bien que l'exposition des Poissons n'ait été que de 10 minutes, l'effet inhibiteur continue à se manifester durant 48 heures.
- * Des traitements hebdomadaires répétés montrent que chaque nouvelle exposition provoque une nouvelle baisse de l'activité acétylcholinestérasique.
- * En conclusion, l'activité inhibitrice du téméphos se révèle modérée et certainement moins perturbatrice que celle d'autres organophosphorés (§ 2.1.3.).

2.1.2. Etude expérimentale lors d'une exposition de 24 heures au téméphos (0,05 mg/l).

- * Aucun signe clinique d'intoxication n'est observé sur aucun Poisson lors d'un traitement unique.
- * Après trois traitements hebdomadaires durant ce temps d'exposition, les Poissons montrent en revanche d'importants signes de faiblesse. De même, il a été constaté une fragilité anormale du tissu cérébral et une nette tendance à l'hémorragie.
- * Après une exposition, il existe une très nette baisse de l'activité acétylcholinestérasique et ce jusqu'au 6ème jour (environ 38%).
- * Le retour à 80% de la valeur normale ne se fait qu'au bout de 40 jours (25 jours pour une exposition de 10 minutes). L'effet immédiat est le même pour 10 minutes et 24 heures d'exposition mais l'effet se manifeste plus longtemps et le temps de récupération est deux fois plus long lors d'une exposition de 24 heures.
- * Une troisième application durant 24 heures fait tomber l'activité enzymatique à 31% de sa valeur initiale (baisse de 69%), ce qui est incompatible avec la survie des Poissons. A noter que les nouveaux traitements du fait de leur cycle hebdomadaire interviennent au tout début de la période de récupération qui lors d'une exposition de 24 heures ne se fait qu'après le 6ème jour.

2.1.3. Action comparée du téméphos et de trois autres insecticides organophosphorés.

Outre le téméphos, les autres organophosphorés testés ont été le chlorphoxime, le pirimiphos-méthyl, le chlorpyrifos-méthyl et le téméphos pur (non formulé). Tous ces composés ont été testés sur des Poissons exposés durant 24 heures.

- * Les trois composés autres que le téméphos montrent une activité inhibitrice plus importante.
- * Le chlorpyrifos-méthyl est en particulier très perturbateur mais contrairement aux autres produits testés le pourcentage minimal d'activité se situe immédiatement et la récupération commence dès que les Poissons se retrouvent en eau non polluée.
- * Pour les trois insecticides testés le temps de récupération est supérieur à 50 jours.
- * La formulation d'Abate (CE 200) utilisée en campagne se révèle plus toxique que le téméphos pur. On doit certainement voir là une action conjointe du solvant et de l'émulsifiant qui entrent dans la composition de la formulation.

Insecticides	Temps après exposition										
	0j	2j	6j	10j	16j	20j	30j	40j	50j	60j	
Téméphos pur	68,5	83,2	64,1	79,4	79,5	87,3	86,6	97,9			
Téméphos CE 200	81,3	69,0	61,5	76,5	80,7	81,6	73,5	82,3			
Chlorphoxime	55,8	53,3	60,9	55,6	58,0	63,0	55,8	58,0		60,5	
Chlorpyrifos-méthyl	44,9	49,0	48,4	53,6	57,5	56,4	56,9		60,1		
Pirimiphos-méthyl	51,6	43,9	50,3	57,7	57,3	62,4	63,3		66,0		

Pourcentage moyen de l'activité acétylcholinestérasique cérébrale après exposition à différents organophosphorés (0,05 mg/l durant 24 heures).

2.1.4. Conclusions.

- * Aux doses opérationnelles, même en conditions expérimentales, l'action inhibitrice du téméphos se révèle modérée.
- * En dépit de doses beaucoup plus élevées que celles utilisées sur le terrain, aucun signe d'intoxication n'a été observé quels que soient les insecticides employés et ce malgré des baisses d'activité proches ou inférieures à 50% de la normale.

- * Enfin il s'agit là de résultats expérimentaux qui placent les Poissons dans les pires conditions de contamination car:
 - il existe en conditions naturelles une dilution rapide du produit dans le courant à partir du point d'épandage,
 - dans les conditions naturelles, les Poissons ont un réflexe de fuite lors du contact avec un insecticide, ce qui les protège d'une exposition prolongée. Il semble que des doses extrêmement faibles suffisent à déclencher ce réflexe de fuite (Scherer, 1975).

2.2. Etudes réalisées sur le terrain dans les rivières de la zone d'OCP.

2.2.1. Téméphos.

- * Toutes les études menées dans les rivières de la zone du Programme montrent que quelle que soit l'espèce, l'activité acétylcholinestérasique des Poissons pêchés n'est pas significativement différente de celle de Poissons témoins (rivières non traitées) (Scheringa et al., 1981; Antwi, 1983 et 1984).
- * Des Poissons prélevés dans le milieu peu de temps après un épandage ne présentent pas une activité enzymatique cérébrale significativement différente de la normale.
- * Après avoir placé des Poissons en cage et leur avoir fait subir un traitement opérationnel aérien, il n'a pas été constaté par la suite une diminution significative de l'activité enzymatique cérébrale (Scheringa et al., 1981; Antwi, 1984). Dans la mesure où dans cette expérience les Poissons sont en cage, on peut noter une certaine contradiction avec les résultats obtenus lors des expérimentations en laboratoire puisque les individus exposés n'ont aucune possibilité de fuite. Il faut donc imaginer que les Poissons, pourtant maintenus relativement peu en aval du point d'épandage subissent une intoxication trop faible après dilution du larvicide pour que celui-ci induise une inhibition acétylcholinestérasique cérébrale. Il est au demeurant possible que la concentration soit suffisamment élevée mais que le temps d'exposition soit beaucoup plus bref que les 10 minutes théoriques.

2.2.2. Chlorphoxime.

- * Des Poissons pêchés près d'un point d'épandage 24 heures après un traitement opérationnel aérien montrent une diminution d'activité enzymatique cérébrale de l'ordre de 20% (Antwi, 1984).

- * Des Poissons mis en cage avant un épandage et subissant par la suite celui-ci présentent une activité réduite de 16% puis de 19% respectivement 2 et 5 heures après l'épandage (Antwi, 1984). Toutefois il fut démontré que cette inhibition est par la suite totalement réversible (Antwi, 1985).
- * Il n'a pas été noté de réduction significative de l'activité acétylcholinestérasique cérébrale chez des Poissons prélevés dans une rivière ayant été traitée hebdomadairement durant 10 mois mais où les traitements avaient été stoppés depuis 7 mois au moment de l'étude.

2.3. Conclusions concernant l'inhibition de l'acétylcholinestérase par les organophosphorés.

Les études réalisées tant en laboratoire qu'en milieu naturel montrent que le téméphos possède des vertus toxiques nettement moindres que celles d'autres organophosphorés et en particulier du chlorphoxime utilisé en campagne de traitements.

A long terme tout semble montrer que sur le plan particulier de son action anti-acétylcholinestérasique, le téméphos montre une innocuité totale en campagne de traitements. A l'inverse, le chlorphoxime semble montrer une certaine toxicité, heureusement réversible et qui, en ce qui concerne les Poissons, peut être considérée d'autant plus acceptable que ce produit n'est utilisé que sporadiquement durant la seule saison des pluies.

Enfin si un carbamate était utilisé comme produit de substitution, des études concernant l'activité acétylcholinestérasique cérébrale des Poissons devraient être envisagées dans la mesure où ce groupe d'insecticides possède comme les organophosphorés une action inhibitrice.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

- Antwi (L.A.K.), 1983 - The effect of Abate and chlorphoxim on the brain activity of fish from some treated rivers in the Volta basin area. Report to OCP:
- Antwi (L.A.K.), 1984 - Effet de l'Abate sur l'activité acétylcholinestérasique du cerveau de Poissons de deux cours d'eau traités en Haute Volta: la Volta Blanche et la Volta Noire. Rap. OCP/VCU/HYBIO/84.13: 14 p.
- Antwi (L.A.K.), 1985 - Effects of chlorphoxim on the brain acetylcholinesterase activity of Tilapia zillii. Report to OCP: 5 p.
- Bowman (J.S.) & (E.J.) Orloski, 1966 - Abate insecticide residues in streams and ponds treated for control of mosquito larvae. Mosquito News, 26: 557-561.
- Coppage (D.L.), 1975 - Brain acetylcholinesterase inhibition in fish as a diagnosis of environmental poisoning by malathion. Pest. Bioch. Phys., 5: 536-542.
- Coppage (D.L.), 1977 - Anticholinesterase action of pesticidal carbamates in the central nervous system of poisoned fishes. Physiological responses of marine biota to pollutants, Academic Press, New York: 93-102.
- Dales (W.E.), Miles (J.W.) & (G.O.) Guerrant, 1975 - Monitoring of residues of Abate in streams treated for Simulium control. Env. Qual. Safe, 3 (supl.): 780-783.
- Fukuto (T.R.), 1971 - Relationships between the structure of organophosphorous compounds and their activity as acetylcholinesterase inhibitors. Bull. WHO, 44: 31-42.
- Gibson (J.R.) & (J.L.) Lduke, 1971 - Effect of sesamex on brain acetylcholinesterase inhibition by parathion in fishes. Bull. Env. Cont. Toxicol., 6(2): 97-99.
- Gras (G.), Pelissier (C.) & (D.) Leung Tack, 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.
- Holland (H.T.), Coppage (D.L.) & (P.A.) Butter, 1967 - Use of fish brain acetylcholinesterase to monitor pollution of organophosphorous pesticides. Bull. Env. Cont. Toxicol., 2(3): 156-162.

- Johnson (D.W.), 1973 - Pesticide residues in fish. In Environmental Pollution by Pesticides (C.A. Edwards, ed.), London, New York, Plenum Press: 181-212.
- Kanazawa (J.), 1975 - Uptake and excretion of organophosphorous and carbamate insecticides by freshwater fish. Mutsugo, Pseudorasbora parva. Bull. Env. Cont. Toxicol., 14: 346-352.
- Matthiessen (P.) & (J.S.) Johnson, 1978 - Accumulation of the organophosphate blackfly larvicide Abate (temephos) in Sarotherodon mossambicus, with reference to the larvicidal control of Simulium damnosum. J. Fish. Biol., 13: 575-586.
- Miles (J.W.), Dales (W.E.) & (F.C.) Churchill, 1976 - Storage and analysis of samples of water, fish and mud from environments contaminated with Abate. Arch. Env. Cont. Toxicol., 5:29-41.
- Pelissier (C.), Leung Tack (D.) & (G.) Gras, 1982 - Action du téméphos sur l'activité acétylcholinestérasique du cerveau de Tilapia guineensis. 2ème partie: étude expérimentale lors d'une exposition de 24 heures au toxique. Toxicol. Europ. Res., 4(6): 309-319.
- Pelissier (C.), Leung Tack (D.) & (G.) Gras, 1983 - Action du téméphos sur l'activité acétylcholinestérasique du cerveau de Tilapia guineensis. 3ème partie: action comparée du téméphos et de trois insecticides de remplacement. Toxicol. Europ. Res., 5(2): 63-69.
- Queleennec (G.), Miles (J.W.), Dejoux (C.) & (B. de) Merona, 1977 - Chemical monitoring for temephos in mud, oysters and fish from a river within the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River basin area. WHO/VBC/77.683: 6 p.
- Scherer (E.), 1975 - Avoidance of fenitrothion by gold fish (Carassius auratus). Bull. Env. Cont. Toxicol., 13(4): 492-496.
- Scheringa (E.J.F.), Strik (J.J.T.W.A.) & (L.A.K.) Antwi, 1981 - Fish brain acetylcholinesterase activity after Abate applications against Simulium damnosum in the Volta River basin area. Unpublished report to OCP: 27p.
- Thirugnanam (M.) & (A.J.) Forgash, 1975 - Environmental impact of mosquito pesticides: influence of temephos on the brain acetylcholinesterase of killifish. Env. Physiol. Bioch., 5: 451-459.
- Weiss (C.), 1958 - The determination of cholinesterase in the brain of three species of freshwater fishes and its inactivation in vivo. Ecology, 39(2): 190-199.

Weiss (C.), 1961 - Physiological effects of organic phosphorus insecticides on several species of fish. Trans. Amer. Fish. soc., 90: 143-153.

Williams (A.K.) & (C.R.) Sova, 1966 - Acetylcholinesterase levels in brains of fishes from polluted waters. Bull. Env. Cont. Toxicol., 1(5): 198-203.