

Toxicité pour la faune aquatique de quelques nouveaux insecticides

III - La deltaméthrine

Claude DEJOUX (1)

RÉSUMÉ

La deltaméthrine est un insecticide pyréthroïde de synthèse très actif et ayant un large spectre d'action. Son utilisation dans le domaine de la santé publique et animale, et surtout en agriculture, semble être largement envisagée. De nombreuses observations de terrain effectuées en pays tropical dans un cadre varié d'utilisation (lutte anti-simulidienne, anti-glossines, contre les insectes « borers » du riz...) montrent cependant la forte toxicité de ce produit pour l'environnement aquatique, même à des doses extrêmement faibles.

Si l'ichtyofaune ne semble pas être directement menacée par l'utilisation de deltaméthrine aux doses efficaces contre la plupart des groupes cibles, il n'en est pas de même pour les invertébrés dont certains, comme les Éphéméroptères et surtout les macro-crustacés, sont extrêmement sensibles. Par ailleurs, la sensibilité des différents invertébrés aquatiques augmente très vite avec la concentration d'emploi de ce pyréthroïde, ce qui rend d'autant plus dangereuse son utilisation en campagne de traitements de grande envergure, dans le temps et l'espace, comme c'est le cas par exemple pour la lutte anisimulidienne.

Compte tenu de ces résultats, l'emploi de cet insecticide à grande échelle, dans ou près des milieux aquatiques, n'est pas recommandé et doit être réalisé avec de très grandes précautions s'il s'avère indispensable.

MOTS-CLÉS : Insecticide — Pyréthroïde — Impact — Faune non cible — Afrique — Invertébrés — Poissons.

SUMMARY

TOXICITY OF SOME NEW INSECTICIDES TOWARDS THE AQUATIC FAUNA. III. THE DELTAMETHRINE

Deltaméthrine is a synthetic pyrethroid insecticide, very efficient and with a large spectrum of action. Its use for public health as well as agriculture purposes seems to be largely considered. However, numerous field experiments, carried out in tropical countries and related to various types of use (Simulium or TseTse fly control, fight against rice borer insects...) have pointed out the high toxicity of that compound for aquatic environment, even at very low dosages.

The fishfauna seems to be directly unaffected by use of deltamethrine at the normal dosages utilised against the main target groups of insects. It is not the case for invertebrates, and some of them such as Ephemeroptera or chiefly macro-crustacea are extremely sensitive. In other respects, the sensitiveness of invertebrates rise up rapidly in relation to a slight increase of concentration of that pyrethroid. That makes the use of such a compound, in large campaigns and for a long time as it is the case for Simulium damnosum control for example, very unsafe.

According to these results, the use of deltaméthrine on a large scale, into or near aquatic habitats, is not recommended or, if necessary, have to be done with great precautions.

KEY WORDS : Insecticide — Pyrethroid — Impact — Non target fauna — Africa — Invertebrates — Fish.

(1) *Hydrobiologiste O.R.S.T.O.M., 5, chemin du Moulin, 33260 La Teste, France.*

L'emploi des pyréthrinoïdes naturels ou de synthèse comme insecticides n'est pas récent, cependant, ce n'est qu'à partir de 1978 qu'un nouveau groupe fut découvert, présentant à la fois un grand spectre d'action et une forte stabilité à l'air et à la lumière.

La deltaméthrine (OMS 1998) ou K.othrine®, ou décaméthrine, ou NRDC 161, fait partie de ces nouveaux composés stables dernièrement mis au point, dont l'emploi diversifié couvre un champ varié. Dans le présent travail, et après un bref rappel concernant la toxicologie générale de ce produit, nous envisagerons son impact sur la faune aquatique tropicale, dans le cadre de son emploi éventuel comme insecticide antisimulidien, ainsi qu'en lutte aduicide contre les glossines. Nous dirons enfin quelques mots de son utilisation en riziculture.

1. TOXICOLOGIE GÉNÉRALE

La deltaméthrine présente une toxicité orale aiguë pour le rat et le chien de respectivement 130 à 140 et 300 mg kg⁻¹ (DL 50). On peut la considérer comme modérée. Les oiseaux paraissent également peu sensibles et la DL 50 par voie orale chez le poulet est d'environ 1 g kg⁻¹ et 4,5 g kg⁻¹ chez le canard (Anon. 1979).

Chez l'homme, la manipulation de ce produit et son inhalation peuvent provoquer des irritations faciales, nasales et oculaires. Il y a donc lieu, comme pour de nombreux pesticides, de le manipuler avec précaution. La toxicité à long terme pour les mammifères est faible, principalement en raison de la grande vitesse de métabolisation de ce composé. Cette métabolisation intervient d'ailleurs rapidement et d'une manière générale, dans tout milieu biologiquement actif. Dans le sol, la deltaméthrine pénètre peu en profondeur et est adsorbée par les particules inorganiques fines.

Enfin, il faut signaler que le fabricant lui-même insiste sur la toxicité de ce produit pour la faune aquatique en général et invite à prendre des précautions en cas d'utilisation dans un tel milieu. Nos expérimentations, ainsi qu'une analyse de certains résultats obtenus dans le cadre de la lutte antiglossines, nous permettent de donner dans le présent travail quelques précisions quant à la toxicité de ce pyréthrinoïde en milieu tropical.

2. ACTION DE LA DELTAMÉTHRINE SUR LA FAUNE LOTIQUE

L'action insecticide de la deltaméthrine étant largement démontrée (MULLA, 1978 ; BALDRY *et al.*, 1978 ; RUSCOE, 1977...), son utilisation sans risques écologiques dans le domaine de la santé publique permettrait d'adjoindre un élément de choix à l'arsenal des moyens de lutte contre certains vecteurs de grandes endémies.

Afin de rechercher sur le terrain l'impact de ce produit en milieu tropical, nous avons réalisé quelques expérimentations particulières ayant donné les résultats suivants.

2.1. Effets toxiques d'une application à la concentration 0,003 mg/l/10 minutes, en lutte anti-simulidienne

Ce premier essai a été conduit sur la rivière Baoulé, dans l'ouest du Mali. La deltaméthrine utilisée était sous la forme d'un concentré émulsifiable à 2,5 % de matière active (Décis® de Procida, ref. OMS 1998). Elle contenait un synergisant, le pipéronylbutoxide, à la concentration de 125 g l⁻¹. L'épandage a été réalisé par hélicoptère, à environ 200 mètres en amont de notre point d'observation. Les eaux étaient relativement turbides (environ 50 cm de transparence au disque de Secchi), et chaudes (30 °C). Les observations consistèrent essentiellement en une analyse de la cinétique de dérive des invertébrés, à l'aide de filets jumelés de 60 cm de longueur, 12 cm de diamètre d'entrée et environ 250 µ de vide de maille. Chaque récolte durait exactement 30 secondes.

L'épandage eut lieu tôt le matin et les premiers effets se manifestèrent 40 minutes plus tard, le maximum d'intensité de dérive étant mis en évidence une heure après le traitement. Quelques valeurs rassemblées dans le tableau I ainsi que la schématisation de la cinétique de dérive (fig. 1) donnent une bonne indication sur l'impact du traitement qui est très violent, mais de courte durée. Cet aspect, largement différent de ce que nous connaissons avec l'utilisation d'insecticides organophosphorés par exemple, semble constant et caractéristique du mode d'action des pyréthrinoïdes qui ont un effet de choc sur les organismes.

Le rapport d'augmentation instantanée maximale de l'indice de dérive est de 87,9 et celui d'augmentation pondérée, de 21,2 (1). Ce sont des valeurs du

(1) Le rapport d'augmentation instantanée maximale est le rapport de la valeur de l'indice de dérive immédiatement avant traitement à sa valeur au maximum mesuré de l'impact. Le rapport d'augmentation pondérée est celui de la valeur moyenne de l'indice de dérive dans l'heure précédant le traitement (généralement 4 mesures) à sa valeur moyenne calculée sur une heure (généralement 6 mesures), centrée sur l'acrophase de décrochement.

TABLEAU I

Variations de l'indice de dérive moyen (\bar{ID}) de quelques taxocènes (Invertébrés), en fonction de l'utilisation de différentes concentrations de décaméthrine. Rappelons que l'indice de dérive ID est donné par la relation $ID = \frac{N}{V}$ où N est le nombre d'organismes récolté dans un filet à dérive durant un temps donné et V le volume d'eau ayant été filtré pendant ce même temps, exprimé en mètres cubes

Principaux taxocènes	Concentration 0,003 mg l ⁻¹ 10 mn ⁻¹		Concentration 0,007 mg l ⁻¹ 10 mn ⁻¹	
	\bar{ID} avant traitement	\bar{ID} après traitement *	\bar{ID} avant traitement	\bar{ID} après traitement *
Baetidae	5,6	877,8	8,8	7982,7
Caenidae	0	27,8	0	442,5
Leptophlebiidae	0	5,6	0	182,9
Hydropsychidae	16,7	22,2	0	265,5
Philopotamidae	5,6	27,8	0	94,4
Leptoceridae	0	16,7	0	70,8
<i>S. damnosum</i>	0	5,7	0	23,6
Simuliidae	2,2	5,7	0	64,9
Orthocladinae	0	5,7	8,3	590
Chironomini	11,1	5,7	2,4	88,5
Tanypodinae	5,7	16,8	0	106,2
Tanytarsini	-	-	5,9	82,6
Elmidae	5,7	5,7	0	35,4
Dytiscidae	0	16,7	0	5,9
<i>Micronecta</i> sp.	0	11,1	0	64,9
<i>Anisops</i> sp.	0	11,1	-	-
Hydracariens	0	105,5	0	106,2

* Calculé au maximum d'impact décelé par des prélèvements faits toutes les 10 minutes.

même ordre de grandeur que celles obtenues par action sur un milieu vierge d'une formulation de téméphos 200 CE à la concentration 0,1 mg l⁻¹ 10 mn⁻¹. De même, les Baetidae présentent le maximum de sensibilité et les Hydracariens paraissent très affectés par le traitement.

Une toxicité de ce niveau pourrait être acceptable, mais à cette concentration l'efficacité sur le groupe cible n'est que partielle (DEJOUX et GUILLET, 1980). Il n'est donc pas possible de préconiser un tel dosage en campagne de lutte antisimulidienne.

2.2. Effets d'une application à la concentration 0,005 mg l⁻¹ 10 mn⁻¹

Dans le but de rechercher dans un même test l'action de très faibles concentrations de delta-méthrine et celle de concentrations moyennes, nous avons réalisé l'expérimentation en deux temps,

utilisant la méthode des gouttières « in situ » (1). Dans une première phase d'une durée d'une heure, nous avons recherché l'intensité du décrochement produit par l'action d'une concentration de 0,0005 mg l⁻¹ 10 mn⁻¹ sur une faune stabilisée durant une semaine. Dans une seconde phase, nous avons observé le décrochement induit par l'introduction de delta-méthrine à la concentration de 0,005 mg l⁻¹ 10 mn⁻¹, sur la faune demeurée en place à l'issue de la première heure. L'expérience a été conduite sur la rivière Maraoué, en Côte d'Ivoire.

Sur les 1 608 organismes soumis au traitement, 701 (43,6 %) ont décroché dans la première heure suivant le passage de l'insecticide (0,0005 mg l⁻¹ 10 mn⁻¹), puis 643 (40 %) durant les 23 heures suivant la deuxième application (0,005 mg l⁻¹ 10 mn⁻¹).

On notera l'importance des effets du faible dosage qui entraîna un décrochement immédiat des invertébrés, l'indice de dérive atteignant 220 dans les

(1) Pour toute explication concernant la technique des tests en gouttières *in situ*, cf. DEJOUX 1975 et 1980.

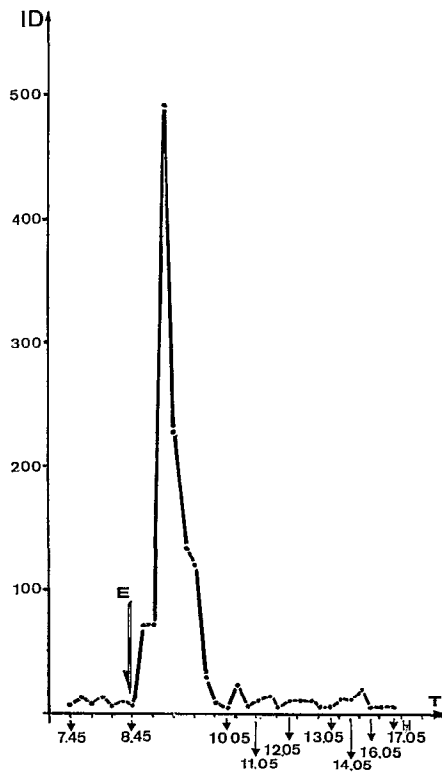


FIG. 1. — Variation de l'indice de dérive des invertébrés lotiques dans une rivière du Mali, après épandage d'une formulation de deltaméthrine à la concentration 0,003 ppm/10 minutes. ID = indice de dérive = nombre d'organismes dérivants chaque seconde dans 1 mètre cube d'eau de la rivière.

$ID = \frac{10^6 \cdot \bar{N}}{v \cdot s \cdot t}$ où \bar{N} est le nombre moyen d'organismes récoltés dans un filet à dérive ; v la vitesse du courant en cm/s mesurée à l'entrée du filet ; s la surface d'entrée d'un filet (en cm^2) et t le temps de récolte en secondes

10 premières minutes. Après la seconde application, le maximum d'intensité atteint par la dérive fut plus faible (ID max = 103), en raison de l'extrême réduction numérique de la faune survenue dans la première heure. Le bilan de l'expérimentation est présenté dans le tableau II.

Tous les taxocènes présents eurent une forte dérive dans la première heure, malgré le faible dosage utilisé. Les Éphéméroptères présentèrent cependant le maximum de réaction avec des pourcentages de décrochement en 24 heures variant entre 76,5 % (Oligoneuridae) et 100 % (Heptageniidae). Parmi les Trichoptères, *Chimarra petri*, avec 82,3 % de décrochement, apparaît également comme très sensible.

Il semble qu'à l'effet de choc soit associé un effet de fuite instantanée, faisant entrer volontairement

les invertébrés dans la dérive. Nous retrouverons ce phénomène encore plus marqué avec l'ichtyofaune.

2.3. Effets d'une application à la concentration 0,007 $mg\ l^{-1}\ 10\ mn^{-1}$

Cet essai a été effectué sur le Badinn Ko, au Mali, sur un gîte à similies formé par de violents rapides situés à l'entrée d'un cañon étroit et encaissé d'environ 10 km. Notre point d'observation était situé à une dizaine de mètres à l'intérieur de la zone de rapides, au seul endroit accessible. La dérive, régulièrement récoltée selon la méthodologie déjà utilisée au cours des essais précédents, provenait donc dans le cas présent, en partie de la zone calme située entre le point d'épandage et le début des rapides (environ 300 mètres), mais surtout de la première dizaine de mètres de ceux-ci.

Si l'on en juge par l'extrême abondance de la faune rhéophile que nous avons récoltée, tout laisse à penser que le décrochement global, à l'échelle du bief traité, fut catastrophique.

Le pesticide atteignit notre point d'observation en 30 minutes environ. Immédiatement après

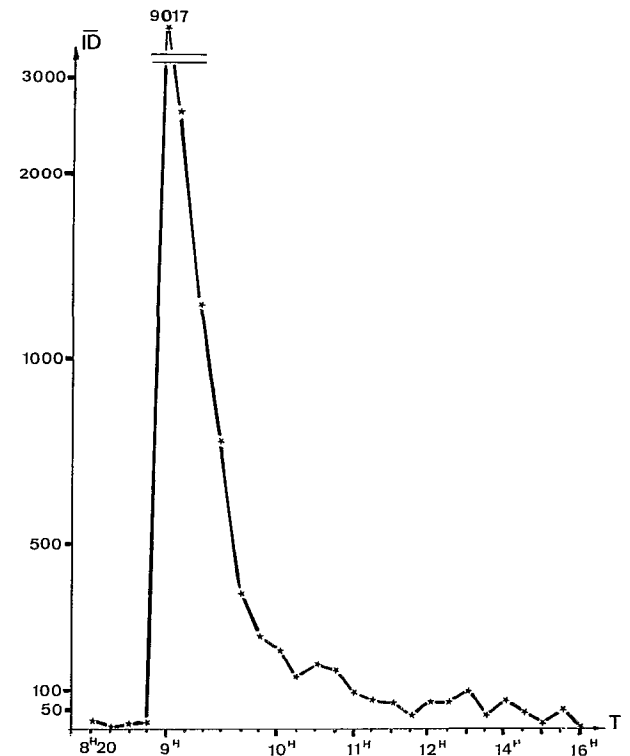


FIG. 2. — Variation de l'indice de dérive des invertébrés lotiques dans une rivière du Mali, après épandage d'une formulation de deltaméthrine à la concentration de 0,005 $mg\ 10\ mn^{-1}$

TABLEAU II

Bilan de l'expérimentation en gouttière de la deltaméthrine à la concentration 0,0005 mg l⁻¹ puis 0,005 mg l⁻¹ 10 mn⁻¹
Correspondance des codes pour les Trichoptères : T1 = *Cheumatopsyche falcifera*, T2 = *Amphipsyche* sp., T10 = *Cheumatopsyche digitata*, T32 = *Aethaloptera dispar*, T14 = *Orthotrichia straeleni*, T16 = *Chimarra petri*, T20 = *Oecetis* sp.

TAXONS	Faune dérivée	Faune restante	Faune totale testée	% de décrochement
Bastidae	213	12	225	94,7
Caenidae	175	9	184	95,1
Leptophlebiidae	62	4	66	93,9
Heptageniidae	59	0	59	100
Trypocrythidae	309	11	320	96,6
Oligoneuriidae	13	4	17	76,5
<i>Fovilla</i> sp.	1	0	1	100
<i>Neoperla</i> sp.	2	0	2	100
Libellulidae	2	0	2	100
Agrionidae	1	6	7	14,3
T1	58	47	105	55,2
T2	4	0	4	100
T10	7	1	8	87,5
T32	7	0	7	100
T14	5	2	7	
T16	130	28	158	82,3
T20	2	0	2	100
Veliidae	0	1	1	0
Ceratopogonidae	0	4	4	0
Simuliidae	136	79	215	63,2
Chironomini	14	4	18	77,8
Tanytarsini	1	0	1	100
Orthoclaadiinae	69	23	92	75,0
Tanypodinae	57	18	75	76,0
Tipulidae	1	0	1	100
Rhegionidae	0	3	3	0
Hydrophilidae	0	3	3	0
Dytiscidae	3	0	3	100
Elmidae	7	4	11	63,6
Hydracariens	6	0	6	100
<i>Blasmodonta</i> sp.	0	1	1	0
TOTAL	1344	264	1608	% 83,58

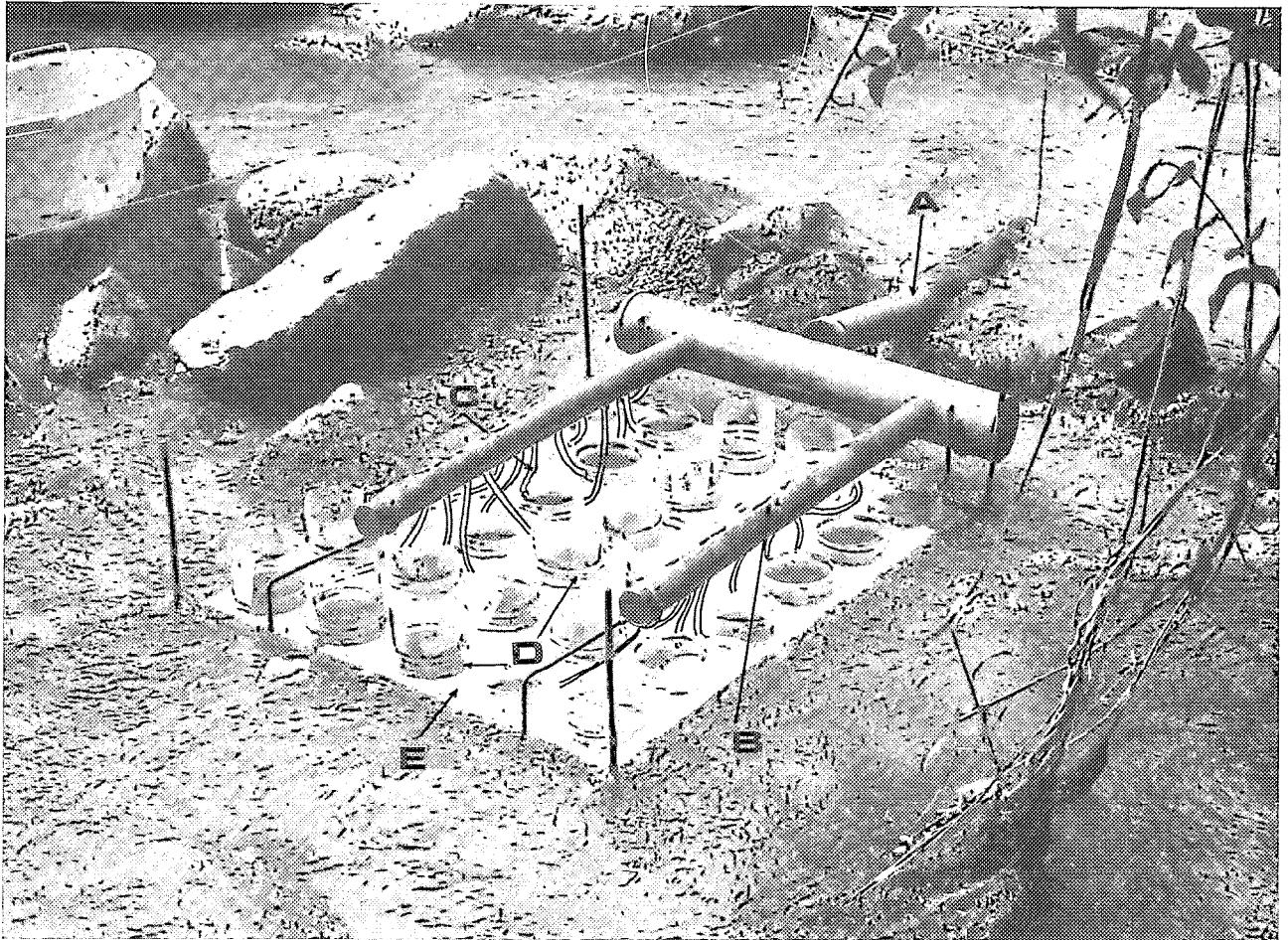
s'ensuivait une dérive spectaculaire atteignant son maximum en 10 minutes (fig. 2), avec une valeur de ID supérieure à 9 000. Le rapport d'augmentation instantanée maximale de cet indice est de 510,9, soit près de 6 fois plus élevé que dans le cas du traitement à 0,003 mg l⁻¹ mn⁻¹. En raison de l'énorme quantité de faune présente dans la dérive, le rapport d'augmentation pondérée est lui-même très élevé (148,5).

Il est pratiquement certain qu'en raison de la configuration du gîte, l'impact de ce traitement expérimental se fit sentir sur une grande distance et fut très meurtrier. Dans de telles conditions et malgré une efficacité totale vis-à-vis du groupe cible, l'emploi d'une telle concentration en campagne de

lutte antisimulidienne ne peut être envisagée sans risque d'entraîner de graves déséquilibres écologiques dans les milieux traités.

2.4. Tests de toxicité *in situ*

Nous avons vu que la deltaméthrine a un effet de choc très violent sur l'ensemble des organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Afin de rechercher si cet effet entraînait la mort des organismes, nous avons réalisé, sur certains invertébrés et quelques espèces de poissons, une série d'expérimentations particulières sur la Maraoué en Côte d'Ivoire.



Dispositif destiné à l'observation *in situ* de la réaction des invertébrés après contamination dans des bains de deltaméthrine de concentrations différentes :

- A. Tuyau d'amenée de l'eau du cours d'eau.
- B. Rampe de distribution.
- C. Alimentation individuelle des boîtes d'observation.
- D. Boîtes d'observation avec grillage circulaire retenant les organismes et laissant s'écouler l'eau par débordement.
- E. Plaque de support des boîtes, réglable en hauteur pour une semi-immersion des bacs d'observation nécessaire à la régulation thermique du système.

2.4.1. ACTION SUR LES INVERTÉBRÉS

Les individus testés étaient prélevés dans le milieu naturel le plus délicatement possible, plongés à l'aide de petits paniers grillagés dans les solutions de deltaméthrine aux concentrations voulues, durant un temps précis, puis replacés dans le cours d'eau après rinçage rapide, à l'intérieur de petites boîtes de matière plastique parcourues par un courant d'eau continu (cf. photo). Leur comportement était ensuite régulièrement observé.

Le détail des résultats obtenus est présenté dans le tableau III. Il apparaît que dans la majorité des cas la mortalité survient rapidement après un effet

de choc immédiat. Ce n'est qu'avec des concentrations inférieures au $1/100$ de mg l^{-1} que les chances de survie existent, bien que souvent des séquelles de la contamination semblent affecter le comportement des individus (déplacements ralentis, « prostration », abandon des tubes chez les Trichoptères...) phénomènes jamais observés dans le cas des individus témoins.

2.4.2. ACTION SUR L'ICHTHYOFAUNE

Les tests auxquels ont été soumis les poissons sont disparates en raison des difficultés d'obtention rapide et en grande quantité de poissons vivants en

TABLEAU III
Effets de la deltaméthrine sur quelques invertébrés aquatiques

TAXONS	Nbre d'ind. testés	Concentrations et temps de contamination	Observations
<i>Amphipsyche</i> sp.	6	1mg l ⁻¹ 5mn ⁻¹	K.O immédiat. 3 meurent après 2 heures 30, 1 après 5 heures 30, les deux derniers sont trouvés morts le lendemain du traitement et sont certainement morts depuis longtemps (observation nocturne <i>in situ</i> impossible).
	5	0,1mg l ⁻¹ 10mn ⁻¹	K.O immédiat. 3 meurent après 2h 30. Les deux derniers meurent dans la nuit.
	6	0,05mg l ⁻¹ 10mn ⁻¹	K.O immédiat. 5 meurent après 2 h 30, les 3 derniers meurent durant la nuit.
	5	0,003mg l ⁻¹ 2mn ⁻¹	Légère traumatisation immédiate caractérisée par une agitation intense. Les 5 sont encore vivants après 24 heures mais n'ont pas reconstruit leur abri.
	5	Témoins	Activité normale. Reconstituent rapidement un abri avec le sable et les graviers mis à leur disposition. 1 est trouvé mort après 24 heures.
Aeptageneidae <i>Afronurus</i> sp.	6	0,01mg l ⁻¹ 1mn ⁻¹	4 traumatisés avec perte d'équilibre pendant la contamination. 1 mort après 2 heures. 5 vivants après 24 heures avec un comportement normal.
	7	0,05mg l ⁻¹ mn ⁻¹	Traumatisation de 2 individus durant la contamination. 2 morts après 2 heures, 1 mort après 24 heures. Le reste a un comportement normal.
	11	0,005mg l ⁻¹ 10mn ⁻¹	Traumatisation de tous les individus en cours de contamination. 3 morts après 2 heures. 8 vivants après 24 heures.
	13	Témoins	1 mort après 24 heures. Tous les autres ont un comportement normal.
Tricorythidae <i>Tricorythus</i> sp.	25	0,003mg l ⁻¹ 1mn ⁻¹	Forte agitation pendant la contamination. Observation après 2 heures : tous vivants. Après 10 heures : 9 morts, 1 mourant et 15 vivants à comportement normal.
	2	0,1mg l ⁻¹ 1mn ⁻¹	1 mort et 1 vivant après 20 heures.
	6	Témoins	6 vivants après 18 heures.
Baetidae	14	0,003mg l ⁻¹ 1mn ⁻¹	Traumatisation immédiate. 14 morts après 1 heure.
	7	Témoins	5 morts après 18 heures. 2 vivants.
Leptophlebiidae <i>Adenophlebiodes</i> sp.	3	0,1mg l ⁻¹ 1mn ⁻¹	Meurent en moins d'une heure.
<i>Macronema</i>	9	0,003mg l ⁻¹ 1mn ⁻¹	8 morts et 1 vivant après 18 heures. (traumatisé).
<i>Polymorphomiscus</i>	1	0,05mg l ⁻¹ 10mn ⁻¹	Meurt au bout d'une heure. Très taumatisé durant le traitement.
Odonates <i>Chyllomacromia</i> sp.	4	0,05mg l ⁻¹ 10mn ⁻¹	Perte d'équilibre durant le traitement - masque inerte se détache de la tête et pend ! Traumatisation durant plus de deux heures puis mort d'un individu. Les 3 autres reprennent leur activité normale après 18 heures.
	1	Témoins	Vivant après 24 heures.
<i>Cleopatra</i> sp. (Mollusque)	10	0,05mg l ⁻¹ 10mn ⁻¹	Rentrent tous dans leur coquille pendant le traitement. Reprennent leur déplacement après 2 ou 3 heures. Deux demeurent "sur le dos" après 18 heures mais ne sont pas morts.
	10	Témoins	Vivants après 24 heures, se déplacent régulièrement.

TABLEAU IV

Bilan des tests *in situ* de contamination par la deltaméthrine de quelques espèces de poissons de Côte d'Ivoire

Espèces testées	Nombre	Concentration et temps de contamination	% de mortalité	Durée en heures
<i>Tilapia zillii</i>	1		0	24
<i>Alestes muriei</i>	6		0	24
<i>Barilius senegalensis</i>	2	Témoins	0	24
<i>Labeo parvus</i>	1		0	24
<i>Alestes rutilus</i>	2		50	24
<i>Barbus</i> sp.	1		0	24
<i>T. zillii</i>	1	100mg l ⁻¹ 20 s ⁻¹	0	24
<i>T. zillii</i>	1		0	24
<i>A. muriei</i>	1		0	24
<i>L. parvus</i>	1	100mg l ⁻¹ 10s ⁻¹	100	2,30
<i>A. rutilus</i>	1		100	4
<i>B. sp.</i>	1		100	15
<i>A. muriei</i>	2	100mg l ⁻¹ 5s ⁻¹	0	24
<i>A. muriei</i>	1	100mg l ⁻¹ 2s ⁻¹	0	24
<i>B. senegalensis</i>	1		0	17
<i>L. parvus</i>	1		0	17
<i>T. zillii</i>	1	50mg l ⁻¹ 50s ⁻¹	100	4
<i>B. senegalensis</i>	1	50mg l ⁻¹ 40s ⁻¹	100	2
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	1		100	1
<i>A. muriei</i>	1	50mg l ⁻¹ 20s ⁻¹	100	0,10
<i>B. senegalensis</i>			100	2
<i>B. sp.</i>	1	50mg l ⁻¹ 10s ⁻¹	0	17
<i>A. muriei</i>	2	50mg l ⁻¹ 5s ⁻¹	50	15
<i>L. parvus</i>	1	10mg l ⁻¹ 2mn ⁻¹	0	24
<i>T. zillii</i>	2	10mg l ⁻¹ 100	0	24
<i>A. muriei</i>	1	10mg l ⁻¹ 50	100	6,30
<i>A. muriei</i>	1	1mg l ⁻¹ 10mn ⁻¹	100	24
<i>B. sp.</i>	1		100	6
<i>A. rutilus</i>	7		86	0,05 - 2
<i>Alestes longipinnis</i>	1	1mg l ⁻¹ 2mn ⁻¹	0	18
<i>A. longipinnis</i>	3	1mg l ⁻¹ 1mn ⁻¹	33	16
<i>A. muriei</i>	11		63	2-15
<i>A. rutilus</i>	2	1mg l ⁻¹ 20s ⁻¹	100	0,25

bon état. Cependant, ils donnent des indications intéressantes et inédites sur la réaction de ces organismes à la deltaméthrine. Les individus testés ont été pêchés de nuit à l'aide d'un épervier puis mis en observation *in situ*, dans des cages, durant au moins 12 heures avant d'être contaminés. Cette contamination se faisait alors en plongeant les individus durant un temps précis dans des solutions de deltaméthrine de concentrations connues et variées. Ils étaient ensuite remis immédiatement dans des grandes cages (50 cm de côté), disposées dans des endroits particuliers de la rivière, choisis pour être

représentatifs de leur biotope habituel. Leur comportement était alors observé durant 24 heures.

Bien qu'il n'ait pas été possible de tester de séries complètes de concentrations, ce qui eût apporté une meilleure validité statistique aux résultats obtenus, nos observations concernèrent 62 poissons appartenant à 8 espèces. 13 furent conservés comme témoins dont 1 fut trouvé mort après 24 heures ; sur les 49 ayant été contaminés, 30, soit 61 %, moururent durant ces mêmes 24 heures.

Les résultats obtenus figurent dans le tableau IV. D'une manière générale, les concentrations utilisées

sont élevées et correspondent à des conditions que l'on ne rencontre en campagne qu'aux points d'épandage ou dans les environs immédiats. Il faut cependant noter que l'effet de choc sur certaines espèces est pratiquement instantané ce qui, in situ, se traduit par l'impossibilité de fuite et le maintien des individus dans la zone contaminée durant un temps suffisamment long pour entraîner la mort.

La première réaction des poissons, dès qu'ils sont en contact avec la deltaméthrine est la fuite, au sein de l'eau, ou en surface avec bonds hors de l'eau. Ce phénomène est probablement dû à un effet très irritant du produit, mais il est difficile de savoir s'il est le fait de la matière active ou bien s'il provient de l'action de l'un des constituants de la formulation. Une telle réaction avait également été observée lors d'un survol à basse altitude du Badinn Ko au Mali, traité à la concentration 0,003 mg l⁻¹ mn⁻¹. Si la concentration est trop forte (100 mg l⁻¹) ou le temps d'exposition trop long (5 à 10 minutes), l'effet de choc plus ou moins rapide se traduit par un déséquilibre avec immobilisation des individus. Ce phénomène apparaît plus ou moins rapidement selon les espèces et celles ayant un métabolisme rapide (poissons de pleine eau à nage continue), sont choquées plus vite que les espèces à métabolisme lent (*Tilapia*, *Labeo*...).

Les *Alestes* par exemple, soumis à de fortes concentrations durant un temps court, perdent leur équilibre en quelques secondes et tombent au fond. La durée de survie en état d'immobilisation est variable selon les individus et l'intensité du choc et il peut y avoir reprise d'activité normale après quelques minutes si les poissons sont placés dans une eau non contaminée et bien oxygénée.

Dans le cas de concentrations plus faibles, mais avec une longue exposition (10 minutes par exemple), après une vive réaction de fuite, il y a ralentissement de l'activité, puis nage hésitante avec recherche apparente d'oxygène en surface. Généralement, le déséquilibre survient avant la fin de l'exposition, suivi par un rétablissement quand les conditions écologiques sont à nouveau normales.

Il semble donc qu'en conditions de campagne, les risques d'entraîner une mortalité directe des poissons soient localisés et fonction de la topographie des biefs traités. Ils demeurent cependant toujours présents.

3. OBSERVATION CONCERNANT L'IMPACT SUR LE MILIEU AQUATIQUE D'UN EMPLOI EXPÉRIMENTAL DE LA DELTAMÉTHRINE EN RIZICULTURE

La deltaméthrine ayant montré une bonne efficacité contre les insectes « borers » du riz, l'emploi de ce

pyréthrianoïde est susceptible de se développer en régions tropicales. Nous avons donc jugé intéressant d'étudier succinctement les effets possibles de cet insecticide sur le milieu aquatique particulier que représente une rizière (DEJOUX *et al.*, 1977).

Plusieurs modes d'application de la deltaméthrine peuvent être envisagés selon la période végétative du riz et selon la superficie à traiter. Il peut ainsi y avoir un apport par les canaux d'amenée de l'eau dans les différents casiers (cas le moins fréquent), ou bien traitement par pulvérisation, soit depuis le sol (dos d'homme, mécanisé...), soit par voie aérienne.

3.1. Traitement d'un canal d'irrigation

La deltaméthrine (formulation en concentré émulsifiable à 20 g de matière active par litre, sans synergisant) a été introduite dans une vasque située au niveau du déversoir d'un petit lac de barrage, d'où partait le canal d'irrigation d'une rizière expérimentale située près de Bouaké, en Côte d'Ivoire.

Sachant que la concentration normalement employée pour lutter contre les « borers » du riz est de 750 ml de formulation par hectare, nous avons traité la vasque à une concentration 10 fois supérieure afin d'obtenir, compte tenu des pertes et du coefficient de renouvellement de l'eau, une concentration dans les casiers situés en aval qui soit proche du dosage actif.

Le canal d'irrigation des casiers faisant suite à la vasque traitée présentait un riche peuplement d'algues filamenteuses (*Spirogyra* sp.) et d'invertébrés, ainsi qu'une ichtyofaune relativement abondante.

Le passage de la deltaméthrine dans ce canal d'irrigation entraîna une dérive considérable et immédiate des invertébrés, Baetidae et Ceratopogonidae étant les plus affectés. L'indice de dérive calculé avant et 30 minutes après traitement, présentait un coefficient d'augmentation de 27 (ID passant de 29,3 à 796,6).

Les poissons réagirent également aussitôt après le passage du produit et il y eut une dévalaison complète des individus présents dans le canal, 89 poissons appartenant à 7 espèces ayant été récoltés dans la poche d'un filet situé à 40 mètres en aval du point de traitement. Il faut toutefois signaler que 68 poissons ainsi capturés furent placés en observation dans un casier à riz de 24 m², vierge d'insecticide et qu'aucune mortalité n'a été constatée en 48 heures.

3.2. Traitements sur casiers

La seconde expérimentation consista en un épandage direct de deltaméthrine, en milieu stagnant et par pulvérisation depuis le sol, à la concentration de 750 ml.ha⁻¹ de formulation.

3.2.1. IMPACT SUR LES POISSONS

Trois casiers de 24 m² chacun, contenant respectivement 5,5 ; 2,8 et 3,4 m³ d'eau ont été traités après avoir été empoisonnés deux jours avant le test.

Les différentes charges ont été faites à partir des milieux aquatiques environnants, après pêche électrique. La faune présente dans chaque casier est détaillée dans le tableau V.

TABLEAU V

Distribution des différentes espèces de poissons testés, dans les trois casiers expérimentaux et concentration effective de deltaméthrine, en fonction du volume de chaque casier

Taxons	Casier 1	Casier 2	Casier 3
<i>Tilapia zillii</i>	5	2	1
<i>Clarias</i> sp.	2	4	-
<i>Heterobranchius</i> sp.	1	10	-
<i>Epiplatys</i> sp.	8	6	2
<i>Barbus spurrelli</i>	14	1	8
<i>Ctenopoma kinsleyae</i>	1	3	-
<i>Neolebias unifasciatus</i>	3	9	20
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	6	5	9
Total	40	40	40
Matière active par litre	0,0065mg	0,013mg	0,011mg

Cette expérimentation nous plaçait dans le cas d'un impact maximal sur le milieu stagnant. Les quelques graminées présentes dans chaque casier pouvaient être assimilées à de jeunes pousses de riz et la deltaméthrine risquait peu d'être décomposée par la matière organique, comme c'est le cas au moment où le riz est dans une phase végétative avancée.

La formulation a été pulvérisée directement à la surface de l'eau. En raison de la forte turbidité, il ne fut pas possible d'observer un effet de choc entraînant le déséquilibre de certains individus comme nous l'avons vu en rivière, mais l'application du produit provoqua une fuite en tous sens de quelques-uns d'entre eux, décelable aux remous produits au sein de l'eau.

Les différents casiers ont été vidangés 48 heures après le traitement et seul un *Neolebias unifasciatus* était trouvé mort, sans qu'il soit possible de mettre l'insecticide en cause avec certitude.

3.2.2. ACTION SUR LES INVERTÉBRÉS

Au moment du traitement, chaque casier était peuplé d'une abondante faune d'insectes aquatiques où dominaient les Coléoptères, les Hémiptères et les Diptères Chironomides.

Moins d'une heure après l'épandage, les premiers

individus morts venaient flotter à la surface. Les organismes les plus touchés étaient ceux à respiration aérienne ou semi-aérienne, parmi lesquels il faut citer :

- Les Gyrinidae du genre *Dineutus*.
- Les Hydrophilidae Hydrobiinae.
- Les Dytiscidae des genres *Hydrocanthus*, *Canthydrus* et *Hydaticus*.
- Les Hémiptères des genres *Ranatra*, *Laccotrepes*, *Hydrocygrius Anisops*, *Micronecta*, *Enithares* et *Diplonychus*.

Ensuite moururent les Diptères Chironomides (Chironomini, Tanytarsini et Tanyptodinae).

Le lendemain de l'expérimentation, pratiquement toute l'entomofaune avait succombé.

Ces premières observations concernant l'effet de la deltaméthrine sur la faune aquatique des rizières devraient être répétées. Elles permettent toutefois d'envisager les hypothèses suivantes :

— Si la concentration utile est bien respectée, les mortalités directes de poissons sont peu probables, tout au moins celles de grands individus. Par contre, l'entomofaune souvent riche de ce type de milieu sera régulièrement décimée à chaque traitement.

— Si les épandages sont suffisamment espacés dans le temps (tous les deux à trois mois par exemple), une reconstitution rapide des peuplements aura lieu par des individus provenant des plans d'eau voisins non traités, l'impact indirect sur l'ichthyofaune étant faible et ne risquant d'affecter que les espèces strictement insectivores.

4. RISQUES LIÉS A L'UTILISATION DE LA DELTAMÉTHRINE DANS LA LUTTE CONTRE LES GLOSSINES RIVERAINES

Parmi les insecticides pouvant être utilisés pour le contrôle des populations adultes de *Glossina palpalis* et *Glossina tachinoïdes*, se trouvent des produits très toxiques pour l'environnement aquatique, comme par exemple l'endosulfan et la deltaméthrine. Les effets marginaux de ce dernier insecticide sur la faune non cible ont été plusieurs fois étudiés lors de traitements adulticides expérimentaux (ÉLOUARD *et al.*, 1979 ; BALDRY *et al.*, 1978, 1981 ; TAKKEN *et al.*, 1978 ; SMIES *et al.*, 1980...).

La lutte contre les glossines est réalisée par épandages d'insecticides dans les galeries forestières, de manière séquentielle (aérosols) ou résiduelle (traitement direct de la végétation constituant les lieux de repos des adultes). Au cours de ces traitements réalisés très près des cours d'eau, une partie de l'insecticide peut être épandue, accidentellement ou par négligence, directement dans l'eau. Il est cependant très difficile de connaître la quantité de

produit atteignant réellement le milieu aquatique. Sur certains biefs et en fonction de facteurs divers (conditions météorologiques, densité du couvert végétal, système d'épandage, habileté du pilote ou de l'épandeur au sol...), la majeure partie de l'insecticide peut atteindre la rivière, alors que sur d'autres les retombées seront pratiquement nulles.

Quelle que soit cette fraction, l'impact sur le milieu peut être dans la majorité des cas décelable à l'échelle macroscopique et nous signalerons ci-dessous quelques résultats obtenus en Afrique de l'ouest et centrale.

Des épandages expérimentaux de deltaméthrine ont été effectués en Côte d'Ivoire contre les glossines de galeries forestières (EVERTS, 1979). Les traitements étaient réalisés par hélicoptère, au-dessus de la rivière Maraoué et dirigés vers l'intérieur de la galerie. Ils étaient de type résiduel, à 12,5 g de matière active par hectare.

Les hydrobiologistes de l'équipe responsable de ces traitements ont étudié les effets sur la faune non cible; ils ont obtenu les résultats suivants :

— Les Baetidae disparaissent rapidement après traitement et recolonisent vite.

— Les Tricorythidae subissent également de lourdes pertes mais recolonisent très lentement. Il en est de même pour les Heptageniidae, les Caenidae et Polymitarcyidae.

— Les Trichoptères sont très affectés mais recolonisent rapidement entre deux traitements.

— Les Chironomidae présentent un développement anormalement élevé de leur peuplement.

— Les Simuliidae sont décimés à chaque traitement mais repeuplent en moins de deux semaines.

— Une dérive très importante de Gerridae, Veliidae et Hydrometridae est constatée, de même que celle d'Elmidae (Coléoptère) et Pyralidae (Lépidoptère).

— Les crustacés *Caridina africana* sont exterminés mais les populations de *Macrobrachium vollenhovenii* récupèrent après un effet de choc paralysant d'assez courte durée (10 heures).

Nous avons mis à profit notre présence sur les lieux pour confirmer leurs résultats.

— Les effets immédiats se manifestèrent par une dérive des invertébrés de type catastrophique, concernant l'ensemble des espèces présentes, à tous leurs stades de développement. Une estimation de l'indice de dérive effectuée 3 heures après le traitement, donc très certainement en dehors du maximum d'impact, donna une valeur de 3 284 ind. m⁻³ alors que l'ordre de grandeur normal pour la Maraoué, à ce niveau, est en moyenne annuelle de l'ordre de 3 ind. m⁻³ !

— Des estimations de densité des invertébrés, réalisées à l'échantillonneur de Surber 5 jours plus

tard, sur les rochers situés dans le courant et recouverts d'un petit phanérogame (*Tristicha trifaria*), ont été comparées à celles présentes sur une autre station de la même rivière, à une vingtaine de kilomètres en amont de la zone traitée. Les résultats, schématisés figure 3 témoignent du violent impact du traitement. En effet, malgré une recolonisation par dérive en provenance de l'amont non traité et par reproduction des adultes ailés, les peuplements d'insectes aquatiques sont extrêmement faibles. Les Éphéméroptères, qui généralement dominent, ont totalement disparu et les Hydropsychidae (autre groupe abondant) sont peu nombreux et représentés en majeure partie par de très jeunes stades, certainement éclos depuis le jour du traitement. Seuls les Chironomini semblent avoir peu souffert, peut-être

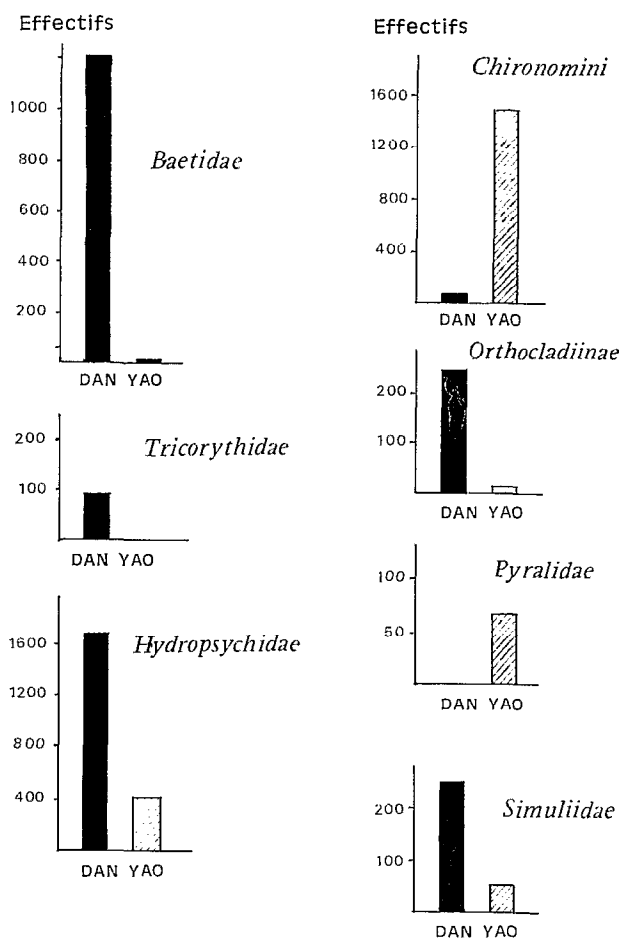


FIG. 3. — Densités comparées des invertébrés à la surface des rochers dans le courant, pour deux stations. La première située sur la Maraoué près de Danangoro (DAN) est non traitée, la seconde située près de Yaokro (YAO) se trouve en zone de traitement anti-glossines, à la deltaméthrine. Effectifs moyens pour une surface de 625 cm²

en raison d'une moindre sensibilité (comme les Pyralidae) ou plus sûrement par repeuplement à partir de pontes et en profitant de la disparition de leurs prédateurs (ELOUARD *et al.*, 1979).

Ce type de résultat n'est pas spécifique à la Maraoué. Ainsi, à l'issue de traitements expérimentaux réalisés en Haute-Volta sur la Comoé, il a été constaté également un fort impact sur la faune aquatique d'épandages à la concentration de 12,5 g de m.a. ha⁻¹.

Si aucune mortalité de poisson n'a été décelée, l'ensemble des peuplements de macro-crustacés (essentiellement *Caridina africana* et *Macrobrachium raridens*) ont été décimés. Seule la première espèce était à nouveau présente sur les lieux un an après traitement, la seconde demeurant introuvable (BALDRY *et al.*, 1981).

Une dérive considérable des invertébrés est également indirectement signalée, les mêmes auteurs indiquant leur présence en grande abondance dans les estomacs de poissons, après traitement.

Les peuplements ichtyologiques étudiés sur un plan qualitatif, avant et après traitement, montrent de profonds changements caractérisés par une disparition rapide de nombreuses espèces de la zone traitée, ce qui laisse à penser à une fuite importante de ces taxons.

Des résultats identiques avaient déjà été obtenus au Nigeria par SMIES *et al.* (1979) et confirment donc le type d'action de ce pyréthri-noïde. Les effets y étaient d'autant plus marqués que les traitements étaient effectués à 30 g de m.a. ha⁻¹.

4. CONCLUSION

L'ensemble des résultats obtenus sur le terrain, en milieu tropical, met en évidence la forte toxicité de la deltaméthrine pour la faune aquatique et sa faible sélectivité. Ces résultats sont confirmés par la littérature et l'impact souvent catastrophique sur les invertébrés lotiques de traitements anti-glossines

réalisés avec ce pyréthri-noïde, a maintes fois été mis en évidence.

Si l'on ne prend en considération que les traitements antismulidiens, le fait le plus marquant est la rapidité d'action de la deltaméthrine sur la faune aquatique non cible. Cet effet de choc, même s'il n'entraîne pas systématiquement la mort des individus, peut très souvent être la cause d'une mortalité indirecte : prédation, transport dans des biots écologiquement non viables. Enfin, la toxicité de ce pyréthri-noïde croît rapidement avec la concentration utilisée, même à des doses très faibles. Si l'impact sur les invertébrés peut par exemple être considéré comme acceptable à 0,003 mg l⁻¹ 10 mn⁻¹, il devient catastrophique à 0,007 mg l⁻¹. On conçoit alors que l'utilisation de ce produit dans les campagnes de lutte anti-simulies, si tant est qu'il eût été efficace sur le groupe cible à 0,003 mg l⁻¹, présenterait un risque permanent pour la faune non cible dans la mesure où, à une aussi grande échelle de temps et d'espace, un respect très strict d'une concentration aussi précise est pratiquement irréalisable.

En conséquence, il est impossible du point de vue écologique, de recommander l'emploi de la deltaméthrine en campagne de traitements antismulidiens sans s'exposer à des risques certains et graves pour la faune aquatique lotique.

Dans d'autres domaines d'emploi, comme par exemple la lutte contre les glossines ou la lutte contre les insectes « borers » du riz, une utilisation plus ponctuelle et plus limitée dans le temps de cet insecticide peut être envisagée en cas de grande nécessité et en cas d'inefficacité d'autres produits moins toxiques. Il sera toutefois nécessaire de s'assurer que les applications de deltaméthrine soient faites avec le maximum de précautions, à la dose minimale utile et avec un espacement dans le temps permettant la recolonisation des zones traitées à partir des biotopes voisins non traités.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 18 mai 1983

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1979. — K. othrine®. — Les insecticides pyréthri-noïdes de Roussel Uclaf, 59 p.
- BALDRY (D. A. T.), MOLYNEUX (D. H.), VAN WETTERE (P.), 1978. — The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverine populations of *Glossina tachinoïdes* in West Africa. Part V. Evaluation of decamethrin applied as a spray. *PANS* 24 (4) : 447-454.
- BALDRY (D. A. T.), EVERTS (J.), ROMAN (B.), BOON VON OCHSEE (G. A.), LAVESSIÈRE (C.), 1981. — The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverine populations of *Glossina tachinoïdes* in West Africa. Part VIII. *Trop. pest Manag.* 27 (1) : 83-110.
- DEJOUX (C.), 1975. — Nouvelle technique pour tester *in situ* l'impact de pesticides sur la faune aquatique non cible. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIII, n° 2 : 75-80.
- Rev. Hydrobiol. trop.* 16 (3) : 263-275 (1983).

- DEJOUX (C.), ALBARET (J. J.), MERONA (B. de), TROUBAT (J. J.), 1977. — Emploi du Décis en riziculture. Recherches préliminaires concernant son éventuelle toxicité sur la faune aquatique non cible. *Rapp. O.R.S.T.O.M., dactylogr.*, 7 p.
- DEJOUX (C.), MENSAH (G.), TROUBAT (J. J.), 1979. — Toxicité pour la faune aquatique de nouveaux insecticides antismulidiens. *Rapp. O.R.S.T.O.M. Bouaké*, n° 27, 55 p. *multigr.*
- DEJOUX (C.), 1980. — Effets marginaux de la lutte chimique contre *Simulium damnosum*. Techniques d'étude. *Rap. O.R.S.T.O.M. Bouaké*, n° 35, 64 p. *multigr.*
- DEJOUX (C.), GUILLET (P.), 1980. — Evaluation of new blackfly larvicides for use in Onchocerciasis control in West Africa. *WHO/VBC*, 80.783, 19 p. *multigr.*
- ELOUARD (J.M.), DEJOUX (C.), TROUBAT (J. J.), 1979. — Les peuplements d'invertébrés benthiques de la Maraoué avant son traitement au téméphos. II : Pollutions ponctuelles par pesticides d'origines diverses. *Rap. O.R.S.T.O.M. Bouaké*, n° 29, 35 p. *multigr.*
- EVERTS (J. W.), 1979. — Side effects of aerial insecticide applications against TseTse Flies near Bouaffé, Ivory Coast. *Rap. Dept. of Toxicology Agricultural, University, Wageningen* : 1.115.
- MULLA (M. S.), 1978. — Potential of some new insecticides, Pyrethroids and growth regulators, *OMS-OCP/SWG/78.22*, 4 p. *multigr.*
- RUSCOE (C. N. E.), 1977. — The new NRDC pyrethroids as agricultural insecticides. *Pesticide science*, 8 : 236-242.
- SMIES (M.), EVERTS (R. H. J.), PEIJENBURG (F. H. M.), KOEMAN (J. H.), 1980. — Environmental Aspects of Field Trials with Pyrethroids to Eradicate TseTse Fly in Nigeria. *Ecotoxicol. and Environm. Safety*, 4 : 114-128.
- TAKKEN (W.), BALK (F.), JANSEN (R. C.), KOEMAN (J. H.), 1978. — The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverine populations of *Glossina tachinoïdes* in West Africa. VI. Observations on side-effects. *PANS* 24 (4) : 455-466.