

ACTION DE L'ABATE SUR LES INVERTÉBRÉS AQUATIQUES CINÉTIQUE DE DÉCROCHEMENT A COURT ET MOYEN TERME

CLAUDE DEJOUX*
JEAN-MARC ELOUARD**

* Hydrobiologiste, ** Entomologiste médical. Laboratoire d'Hydrobiologie O.R.S.T.O.M., B.P. 1434 Bouaké, Côte d'Ivoire

RÉSUMÉ

Le contrôle des populations de *Simulium damnosum* dans le bassin des Volta est actuellement réalisé à l'aide d'épandages hebdomadaires d'un insecticide organophosphoré: l'Abate 200 CE. Malgré une sélectivité certaine de ce produit vis-à-vis du vecteur de l'Onchocercose, les groupes d'insectes non cibles des milieux aquatiques traités subissent un certain impact du produit utilisé, impact que nous avons cherché à mettre en évidence de manière expérimentale ou à l'aide d'observations suivies et régulières des milieux traités.

Quelle que soit la concentration employée, l'épandage d'Abate dans un cours d'eau entraîne un décrochement des organismes en place qui induit une très forte augmentation des valeurs de l'indice de dérive. Cette augmentation suit toujours de très près le passage de la vague insecticide, témoignant d'une réaction extrêmement rapide de la faune d'Invertébrés. L'effet du toxique s'atténue ensuite rapidement et devient négligeable après 24 heures. Tous les groupes présentent une cinétique de décrochement de ce type avec cependant des variations en fonction de leur sensibilité intrinsèque. Parmi les plus sensibles, il faut signaler les Éphéméroptères Baetidae et Caenidae, les Trichoptères du genre *Macronema* et les Chironomides d'une manière générale. Il est très important de noter que les traitements isolés sur un milieu vierge sont le plus souvent très toxiques et peuvent entraîner, selon la concentration employée, une mortalité des Invertébrés de 50 % et plus. Par contre, quand les traitements sont répétés régulièrement, après une première série ayant des effets toxiques importants, les suivants n'induisent à chaque fois qu'un faible décrochement. Ce fait explique que, après maintenant deux années de traitements à l'Abate, la faune d'Invertébrés des rivières ouest africaines soit toujours abondante.

ABSTRACT

Population control of *Simulium damnosum* in the Volta basin is presently done by weekly sprays of Abate 200 CE, an organophosphorus insecticide. In spite of the relative selectivity of Abate against the larvae of blackflies, the non-target organisms living in the aquatic biota are affected by the toxicity of the product. By using experimental methods and also after regular observations carried out on treated and untreated rivers, we try to point out the toxicity rate of Abate against the aquatic invertebrate fauna.

At all the concentrations tested in the rivers, Abate treatments induce detachment of invertebrates from their substrates, especially insect larvae, and an increase of the drift rate. This increase always appears very soon after the passage of the insecticide wave, giving evidence of a rapid response of the organisms to the chemical. After this very sensitive effect, the drift rate decreases rapidly and rises to its normal level 24 hours later.

The general detachment kinetic is similar for all the invertebrate groups but some differences occur in relation to the specificity of the animals concerned. Ephemeroptera: Baetidae and Caenidae, Chironomids in general and Trichoptera of the genus *Macronema* are some of the more sensitive taxa.

It is very important to point out that isolated treatments done on virgin biotas often have a very drastic effect and could involve a mortality of 50 % and more at normal concentrations used for *Simulium* control. On the other hand, if treatments are regularly done in a river, after a first series of drastic effects, the following ones each time induce a relative small detachment of organisms. This is certainly the reason why the invertebrate fauna is always present in the treated rivers at a quite satisfactory level, even after two years of treatments.

INTRODUCTION

Parmi un certain nombre d'insecticides organophosphorés, susceptibles d'être employés pour lutter contre les larves de *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest, l'Abate a été reconnu comme l'un de ceux présentant la moindre toxicité pour la faune non-cible, tout en gardant une grande efficacité vis-à-vis des Simulies (LE BERRE et al., 1971; LAUZANNE-DEJOUX, 1973; DEJOUX-TROUBAT, 1974; DEJOUX-TROUBAT, 1975).

Cependant, l'insecticide employé n'ayant pas une action spécifique, il peut détruire une partie de la faune non-cible et par là même entraîner un déséquilibre des écosystèmes lotiques. Si certaines espèces de l'entomofaune aquatique et de l'ichtyofaune sont touchées par effet toxique direct de l'insecticide, d'autres espèces prédatrices risquent de voir leurs densités diminuer par raréfaction de certains maillons de la chaîne trophique.

Après maintenant une année et demie d'épandages aériens, aucun effet toxique catastrophique n'a été observé sur la faune des rivières traitées en Afrique de l'Ouest. Toutefois des effets ponctuels et localisés dans le temps peuvent être mis en évidence à la suite de chaque épandage. Le recul n'est pas encore suffisant pour que nous soyons certains que ces effets ne se cumuleront pas de façon telle qu'un déséquilibre du milieu s'ensuivrait. Il existe cependant actuellement un certain traumatisme permanent des invertébrés des rivières traitées qui se traduit par un taux de dérive journalier supérieur en moyenne à celui rencontré dans les cours d'eau non traités.

Dans le cadre du Programme régional de lutte contre l'Onchocercose dans le bassin de la Volta, un programme de surveillance du milieu aquatique a été mis en place sous l'égide de l'O.M.S., afin de prévenir toute action drastique des traitements insecticides sur l'environnement. C'est dans cette optique et avec l'aide d'un financement de l'O.M.S. que nous avons étudié le niveau de toxicité, à court et moyen terme, de l'Abate.

1. MÉTHODES ET TECHNIQUES UTILISÉES

1.1. Récolte de la faune dérivante

Elle est réalisée selon une méthode désormais classique (ELOUARD-LÉVÊQUE, 1975), basée sur l'utilisation d'un jeu de 3 filets à mailles fines, placés dans les zones de courant fort. Ces filets travaillent pendant un temps déterminé selon le but recherché, temps que nous spécifierons pour chaque expérimentation effectuée. Après avoir trié les organismes récoltés, un indice de dérive moyen (ID) est calculé, qui représente le nombre moyen

théorique d'organismes dérivants chaque seconde dans un mètre cube d'eau de la rivière étudiée.

Dans les travaux de surveillance du programme de lutte contre *S. damnosum*, la dérive de jour est toujours récoltée une heure et demie avant le coucher du soleil et les filets travaillent durant 30 minutes.

1.2. Emploi de gouttières

Nous ne nous étendons pas sur cette méthode déjà décrite par ailleurs (DEJOUX, 1975; DEJOUX-TROUBAT, 1976). La technique consiste à prélever dans un cours d'eau une certaine quantité de substrat présent et à le transplanter, avec la faune qu'il contient, dans une gouttière semi-immersée, placée dans la même rivière. On fait passer une concentration déterminée d'insecticide pendant un temps donné. Les organismes atteints dérivent dans la gouttière et sont recueillis au moyen d'un filet à mailles fines à l'extrémité aval, selon une chronologie préétablie.

Afin de mieux cerner les effets à court terme de l'Abate, nous nous sommes placés dans différentes conditions (épandages mécaniques aériens, manuels sur le terrain, expérimentaux en gouttières) et avons utilisé des concentrations différentes. Par ailleurs, nous avons comparé les effets de différentes formulations d'Abate (Procida et American cyanamid), sur la faune non-cible.

Les stations où ont été effectuées les observations ou les expérimentations sont localisées sur la figure 1.

2. ACTION DE L'ABATE 200 GE PROCIDA

2.1. Effets toxiques à court terme d'un épandage par hélicoptère, dans les conditions générales du programme O.M.S. (1) observations à « Niaka » sur le Bandama

L'épandage étudié était le 40^e effectué dans cette station depuis le début des traitements hebdomadaires exécutés dans le cadre du programme O.C.P. (2); la quantité d'Abate déversée (10 litres), devrait permettre d'obtenir une concentration de 0,05 ppm pour une durée de passage d'environ 10 minutes. Le déversement de l'insecticide a eu lieu à 11 h 55.

Un cycle naturel de dérive a été établi selon la méthode classique (récoltes périodiques de 3 minutes) durant les 24 heures précédant l'épandage puis pendant les 24 heures suivant l'épandage. Les résul-

(1) Organisation Mondiale de la Santé.

(2) Onchocerciasis Control Program.

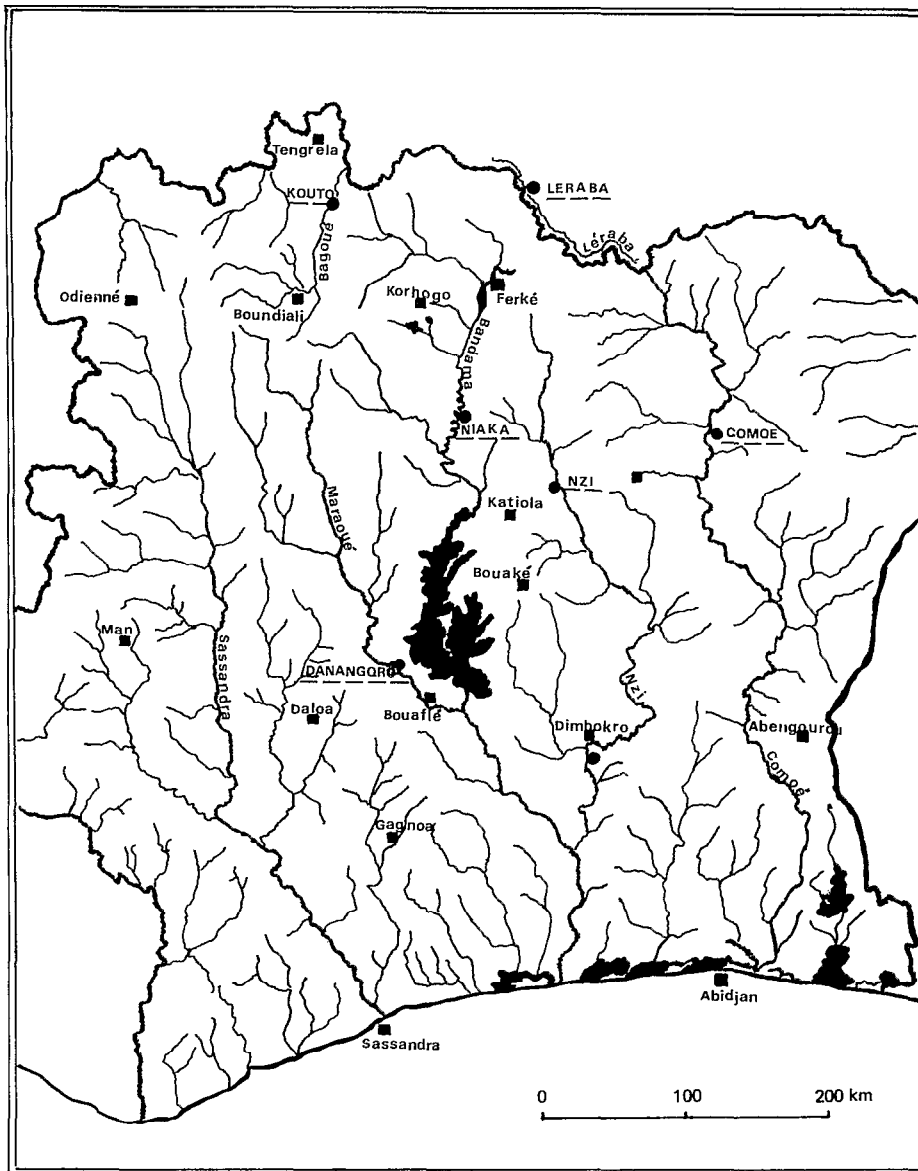


Fig. 1. — Orographie générale de la Côte d'Ivoire. Situation des stations.

lats sont exprimés en indice de dérive et reportés dans le tableau 1.

Ils sont par ailleurs schématisés sur les figures 2 et 3. Il apparaît de façon nette, une augmentation de l'indice de dérive après épandage. Durant la période diurne, de 13 à 18 h., la valeur moyenne calculée de ID est de 1,46 alors que pendant la même période, après épandage, elle atteint 2,30 soit un facteur d'augmentation de 1,58. Durant la période nocturne, les valeurs moyennes des indices de dérive sont de 7,17 avant épandage et de 10,88

après, soit un coefficient d'accroissement de 1,5. Enfin, durant la matinée du lendemain de l'épandage, nous avons un coefficient d'accroissement de l'indice de dérive de 1,54, les indices moyens d'avant et après épandage étant de 3,0 et 4,6. L'action de l'insecticide se traduit donc par une augmentation non négligeable et relativement constante de la quantité totale d'organismes dérivants. Ce phénomène est particulièrement net pour les groupes les plus abondants : Éphémères Baetidae et Caenidae, Chironomides (fig. 3).

Bien que l'augmentation du décrochement des organismes par action du traitement soit nette, nous verrons par la suite qu'elle est moins importante que celle observée après épandage d'insecticide sur un gîte d'une rivière non traitée régulièrement.

Tout se passe comme si la faune présente dans les rivières régulièrement traitées avait subi une certaine sélection ou bien présentait une tolérance plus grande au toxique que celle des rivières non traitées.

2.2. Effets toxiques à court terme d'un épandage expérimental fait au vide vite, à la concentration 0,1 ppm.

L'épandage a été réalisé sur la Léraba après une période de deux mois d'arrêt des traitements réguliers à l'Abate. La population simuliidienne était alors telle que tous les supports immergés étaient littéralement couverts de larves et de nym-

TABLEAU 2
Variation des indices de dérive de quelques groupes d'insectes aquatiques lors d'un épandage expérimental d'Abate 200 Procida à la concentration 0,1 ppm.

Avant épandage

TEMPS	15 h	18 h	20 h	22 h 30	1 h	4 h	6 h	9 h
Éphémères.....	0,04	0,11	0,77	0,4	0,44	0,24	0,13	0,15
Chironomides N.....	0,28	0,86	1,01	—	—	—	0,1	—
Chironomides L.....	0,31	0,31	1,44	0,97	0,47	0,26	0,06	0,06
Trichoptères.....	0,02	—	0,33	0,22	0,09	0,08	—	0,04
Simulies.....	0,86	0,53	2,77	3,84	4,08	2,66	1,66	0,77

Après épandage

TEMPS	9 h 15	9 h 45	11 h	11 h 30	12 h	15 h	18 h	20 h	20 h 30	24 h	2 h
Éphémères.....	0,44	5,48	7,35	17,24	9,11	1,68	1,31	0,48	2,02	0,06	0,42
Chironomides N.....	—	0,44	1,75	1,44	1,02	0,24	0,72	0,64	0,68	0,04	—
Chironomides L.....	0,28	2,53	9,62	19,37	9,8	1,37	2,11	0,28	2,8	0,06	0,28
Trichoptères.....	—	0,04	2,42	4,66	6,26	2,31	3,25	0,53	3,51	0,4	0,37
Simulies.....	1,24	10,02	23,11	22,73	18,66	6,24	9,15	0,17	4,35	0,28	0,04

phes. Nous n'avons pris en considération, dans cette étude, que les taxons numériquement abondants dans la dérive naturelle, à savoir les Trichoptères, les Simulies, les Éphémères et les Chironomides. Les résultats sont consignés dans le tableau 2 et schématisés sur la figure 4.

Une augmentation spectaculaire de l'indice de dérive a lieu une demi-heure après l'épandage de l'insecticide qui eut lieu à 9 heures. L'indice total de dérive atteint alors la valeur de 44,25 à 11 heures alors qu'il n'était que de 6,32 à sa valeur maximum durant la nuit précédant l'épandage et de 1,02 juste avant l'épandage, soit respectivement 7 et 43 fois plus! L'acrophase de dérive se situe entre 1 h 30 et deux heures après l'épandage pour les Simulies, les Chironomides et les Éphémères, les Trichoptères présentant un décrochement plus tardif avec deux maximums. La valeur de l'indice

de dérive redescend ensuite progressivement à un taux voisin de la normale.

Il est à noter que le taux de dérive nocturne est plus important lors de la nuit suivant l'épandage que la nuit le précédant. Ceci est dû au fait que de nombreux organismes se trouvent affaiblis par l'insecticide et présentent dès lors une résistance moins grande aux courants affrontés lors de leurs déplacements trophiques nocturnes.

2.3. Expérimentation en gouttière de la toxicité à court terme de l'Abate

Afin de pouvoir quantifier de manière plus précise la toxicité de l'Abate à court terme, nous avons réalisé une série d'expériences *in situ* en utilisant le système des gouttières.

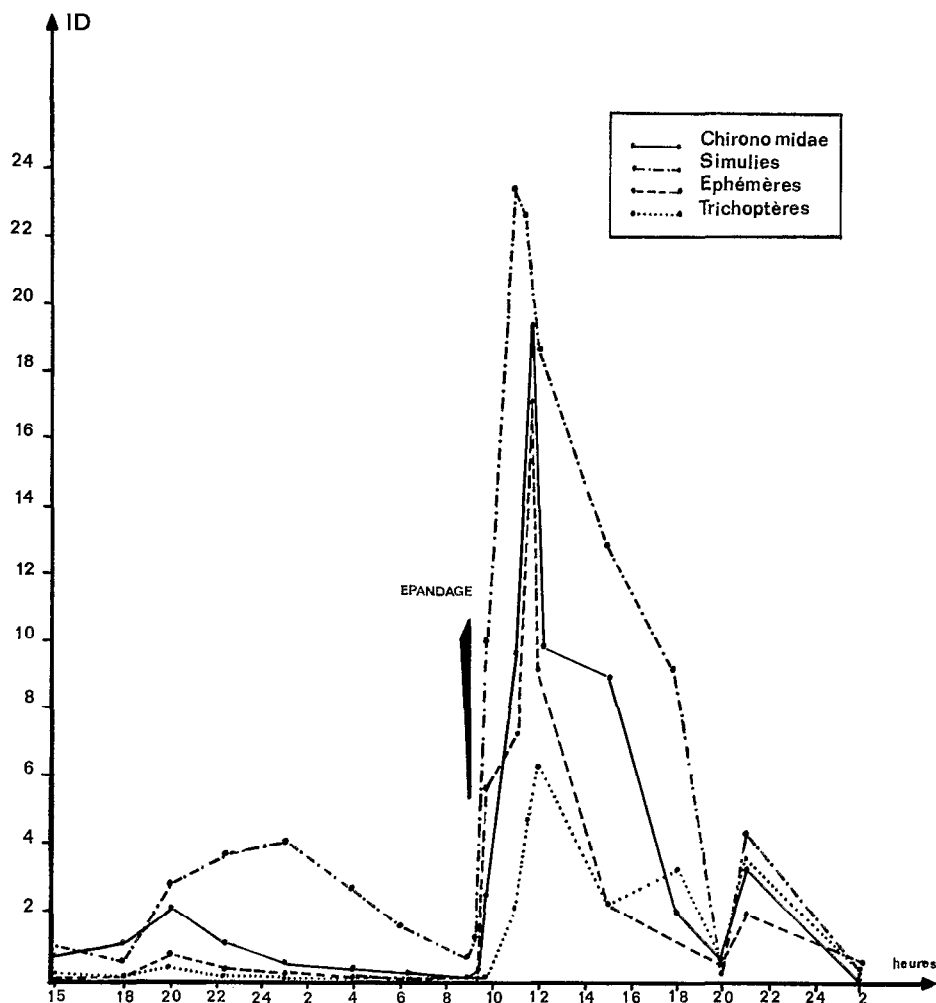


Fig. 4. — Toxicité de l'Abate 200 CE Procida. Cinétique de décrochement obtenue à Niaka pour 4 groupes taxonomiques importants, après action de la concentration 0,1 ppm.

Trois concentrations différentes ont été testées : 0,025 ppm, 0,05 ppm et 0,1 ppm avec un temps de passage de l'insecticide de 10 minutes, les deux premières dans la Maraoué, rivière jamais traitée, la troisième dans le Bandama, au radier de Niakaramandougou, rivière subissant un traitement hebdomadaire régulier d'Abate depuis près d'un an.

Dans chaque cas, l'appareil recevant l'insecticide était doublé d'un appareil témoin indemne de tout traitement, qui permettait une estimation précise des indices de dérive naturelle.

a) EXPÉRIMENTATION EN RIVIÈRE NON TRAITÉE (MARAOUÉ), À LA CONCENTRATION 0,025 PPM DURANT 10 MINUTES

Dans la gouttière témoin, au cours des 24 heures d'observation, les indices de dérive ont varié entre

les valeurs extrêmes 0,24 et 1,60 avec une moyenne de 0,82. Le total des organismes ayant dérivé pendant cette même période a été de 270, pour une faune total expérimentée de 8 316 organismes, ce qui représente une dérive naturelle de 3,25 % de la faune présente.

Dans le tableau 3 sont consignés les résultats obtenus dans la gouttière ayant reçu l'insecticide. Il apparaît immédiatement que tous les groupes ne sont pas touchés de la même manière et que certains d'entre eux sont particulièrement sensibles. Ce sont, entre autres, les Éphémères Baetidae, les Trichoptères Hydropsychidae du genre *Macronema*, les Odonates Agrionidae et les Chironomides de la tribu des Chironomini.

Les indices de dérive ont varié durant 24 heures entre les valeurs extrêmes 2,6 et 233,9 avec une

TABLEAU 3

Variation des indices de dérive des organismes aquatiques lors d'un épandage en gouttière d'Abate 200 Procida aux concentrations 0,025 ppm et 100 ppm.

TAXONS	Faune totale dérivée		Faune résiduelle non tuée		Faune totale expérimentée	% tué	
	0,025 ppm	100 ppm	avant 100 ppm	après 100 ppm		0,025 ppm	100 ppm
Baetidae.....	1.878	1.264	1.450	186	3.328	56,4	87,3
Caenidae.....	34	13	242	229	276	12,3	5,4
Leptophlebiidae.....	10	0	109	109	119	8,4	0
Epheméridae..	3	0	0	0	3	100	0
Heptageniidae..	0	0	1	1	1	0	0
Tricorythidae..	0	3	6	3	6	0	100
<i>Cheumatopsyche</i> sp.....	419	1.474	3.240	1.766	3.659	11,5	45,5
<i>Macronema</i> sp.....	203	97	183	86	386	52,6	53,0
<i>Orthotrichia</i> sp..	84	31	214	183	298	28,2	14,5
Sericostomatidae T 19....	3	0	3	3	6	50,0	0
Sericostomatidae T 22....	3	0	28	28	31	9,7	0
Philopotamidae..	0	21	21	0	21	0	100,0
Chironomini....	37	0	41	41	78	47,4	0
Tanytarsini....	13	0	28	28	41	31,7	0
Tanypodinae....	16	77	101	24	117	13,7	76,2
Orthocladiinae..	24	335	678	343	702	3,4	49,4
Rhagionidae....	2	8	97	89	99	2,0	8,2
Ceratopogonidae.....	1	0	0	0	1	100	0
Simuliidae.....	0	127	128	1	128	0	99,2
<i>S. damnosum</i> ..	22	0	0	0	22	100	0
Plécoptères....	0	1	7	6	7		104,3
Agrionidae....	44	3	3	0	47	93,6	100
Libellulidae....	67	114	133	19	200	33,5	85,7
Pyralidae.....	6	4	25	21	31	19,4	16,0
Elmidae.....	20	10	922	912	942	2,1	1,1
Sysiridae.....	1	0	0	0	1	100	0
Hydracariens..	0	3	6	3	6	0	50
Batraciens....	4	2	2	0	6	66,7	100
Ancylidae.....	0	1	1	0	1	0	100
<i>Cleopatra</i> sp...	0	0	3	3	3	0	0
TOTAUX...	2.894	3.528	7.672	4.084	10.566	27,4	46,8

valeur moyenne de 21,64 soit 26 fois supérieure à celle du témoin.

La courbe représentant l'évolution des indices de dérive sur 24 heures est de type classique (fig. 5), présentant un maximum extrêmement marqué dans l'heure suivant l'épandage puis une diminution régulière qui aboutit au bout de 24 heures à une situation peu différente de la normale.

TABLEAU 4

Variation des indices de dérive des organismes aquatiques lors d'un épandage en gouttière d'Abate 200 Procida à la concentration 0,05 ppm.

TAXONS	Faune dérivée 0,05 ppm	Faune résiduelle non dérivée	Faune totale expérimentée	% de mortalité
Baetidae.....	1.881	1.008	2.889	65,1
Caenidae.....	59	1.022	1.081	5,5
Tricorythidae.....	2	0	2	100
Leptophlebiidae.....	10	50	60	16,7
Epheméridae.....	3	48	51	5,9
<i>Cheumatopsyche</i> sp...	334	2.341	2.675	12,5
<i>Macronema</i> sp.....	177	287	464	38,1
<i>Orthotrichia</i> sp.....	95	176	271	35,1
<i>Dipseudopsis</i> sp.....	1	0	1	100
Sericostomatidae				
T 19.....	3	0	3	100
Calamoceratidae.....	1	0	1	100
Philopotamidae.....	4	13	17	23,5
Sericostomatidae				
T 22.....	20	1	21	95,2
Chironomini.....	110	458	568	19,4
Tanytarsini.....	16	308	324	4,9
Orthocladiinae.....	60	568	628	9,6
Tanypodinae.....	40	24	64	62,5
Rhagionidae.....	2	39	41	4,9
<i>S. damnosum</i>	15	5	20	75,0
Simuliidae.....	0	62	62	0
Agrionidae.....	118	12	130	90,8
Libellulidae.....	1	0	1	100
Pyralidae.....	1	103	104	1,0
Elmidae.....	16	333	349	4,6
<i>Neoperla spio</i>	2	24	26	7,7
Poissons.....	2	0	2	100
Hydracariens.....	2	0	2	100
Ancylidae.....	1	2	3	33,3
Oligochètes.....	0	12	12	0
TOTAUX.....	2.976	6.896	9.872	M 30,15

La faune totale expérimentée était de 10.566 individus et la quantité ayant dérivé en 24 heures, de 2 894 organismes; ceci correspond à un décrochement de l'ordre de 27,4 % de la faune testée. Si l'on retranche de cette valeur celle du décrochement naturel observée dans le témoin, nous obtenons un décrochement net par effet de l'insecticide égal à environ 24 % de la faune présente.

b) EXPÉRIMENTATION EN RIVIÈRE NON TRAITÉE (MARAOUÉ), À LA CONCENTRATION 0,05 PPM DURANT 10 MINUTES

Les résultats obtenus pour la gouttière témoin sont les suivants :

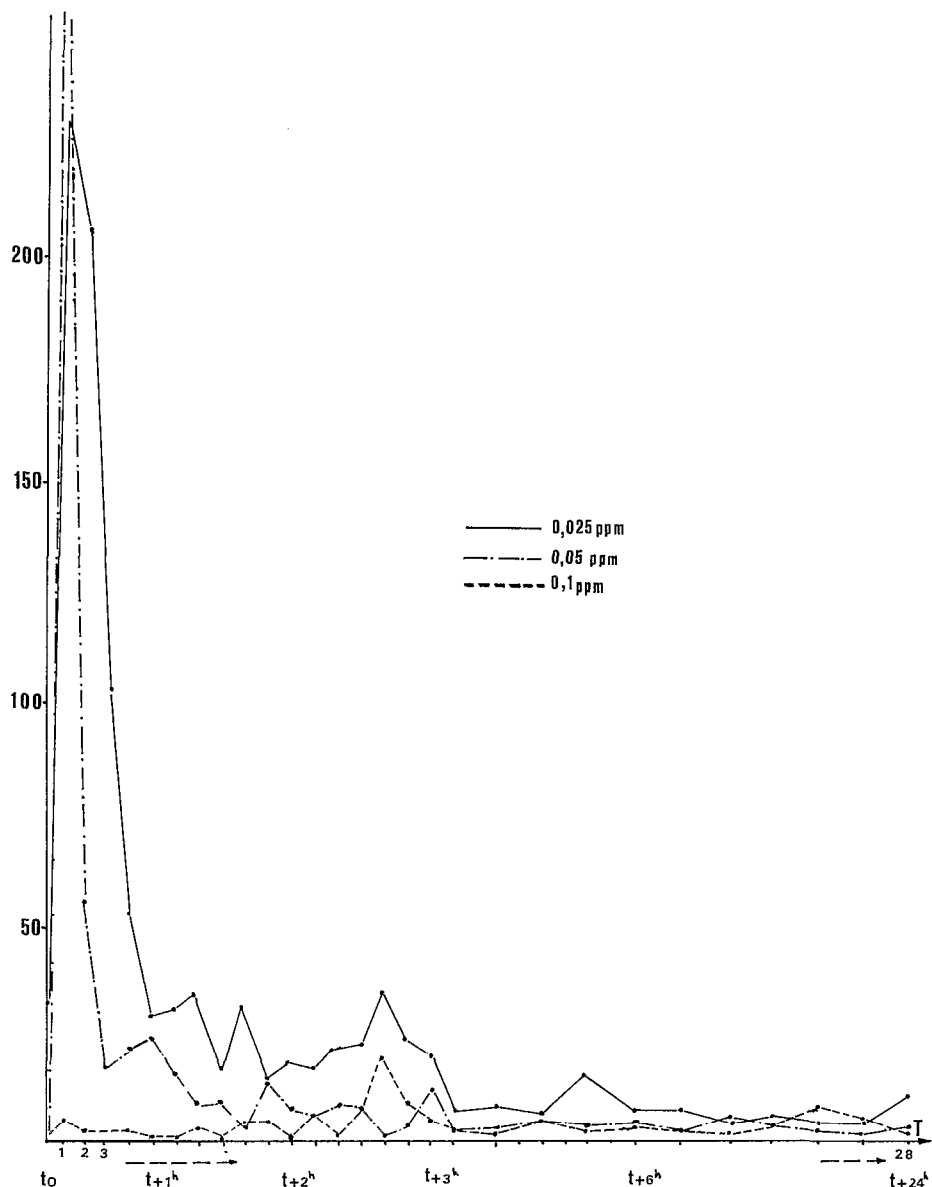


Fig. 5. — Toxicité de l'Abate 200 CE Procida. Expérimentation en gouttière.

Nombre d'individus expérimentés....	8 216
Nombre d'individus décrochés.....	356
Pourcentage de décrochement.....	4,33 %
Valeurs extrêmes de l'indice de dérive.	0,120 - 1,54
Valeur moyenne de l'indice de dérive..	0,55

Dans le tableau 4 sont consignés les résultats obtenus dans la gouttière ayant reçu l'insecticide. Une faune totale de 9 872 individus a été testée. Au cours des 24 heures d'expérience 2 976 organismes dérivèrent, soit 30,15 % de la faune présente.

Les groupes qui apparaissent les plus sensibles (pourcentages en italique dans le tableau), peuvent être considérés comme identiques à ceux de l'expérience précédente malgré cependant quelques petites différences comme par exemple une moindre sensibilité des Chironomini et au contraire un plus fort décrochement des Tanypodinae.

La courbe de l'évolution des indices de dérive sur 24 heures est tracée sur la figure 5. Son aspect général est le même que celui de la courbe correspondant à la concentration 0,025 avec toutefois

un maximum beaucoup plus marqué dans la première heure suivant l'épandage et au contraire un niveau inférieur après une heure et jusqu'à la fin de l'expérience.

Les valeurs extrêmes de variation de l'indice de dérive durant 24 heures ont été de 1,6 et 312 avec une moyenne de 20,5.

A nouveau, si l'on tient compte du pourcentage de dérive naturelle estimé grâce au témoin (4,33 % de la faune en place), nous obtenons un décrochement net par effet du toxique, de l'ordre de 26 %, soit seulement légèrement supérieur à celui obtenu par action de la concentration 0,025 ppm.

c) EXPÉRIMENTATION EN RIVIÈRE TRAITÉE (BANDAMA), À LA CONCENTRATION 0,1 PPM DURANT 10 MINUTES

Pour des raisons pratiques, cette expérimentation n'a pas été réalisée sur la Maraoué mais sur le Bandama, rivière déjà traitée à l'Abate depuis un an.

L'étude de la dérive naturelle dans un témoin nous a permis d'obtenir les éléments suivants :

Nombre d'individus testés.....	5 033
Nombre d'individus décrochés.....	230
Pourcentage de décrochement.....	4,57
Valeurs extrêmes de l'indice de dérive..	0,35 - 2,48
Valeur moyenne de l'indice de dérive...	0,80

Les résultats obtenus dans la gouttière ayant reçu l'insecticide sont consignés dans le tableau 5 et la courbe d'évolution des indices de dérive a été tracée sur la figure 5.

Sur un nombre total testé de 4 875 individus, seulement 538 décrochèrent au cours des 24 heures, soit 11 %. Comme dans la Maraoué, les Trichoptères *Macronema* apparaissent comme sensibles, de même que les Chironomides Chironomini. Par contre, les Hydracariens semblent ici fortement touchés, avec un décrochement de près de 53 % et les Éphéméroptères Caenidae présentent une grande sensibilité. Les Tricorythidae, très abondants dans notre expérience, sont peu sensibles au traitement; leur décrochement n'atteint pas 5 %.

Les valeurs extrêmes de l'indice de dérive sur 24 heures sont comprises entre 0 et 9,5 avec une moyenne de 1,74, soit à peine plus du double de la valeur obtenue dans le témoin, ce qui correspond à un pourcentage de décrochement dû à l'insecticide de l'ordre de 6,5 % de la faune expérimentée.

Sans préjuger du niveau de décrochement que l'on aurait obtenu sur la Maraoué avec la concentration 0,1 ppm, on peut penser qu'il aurait été supérieur à ceux obtenus avec les concentrations plus faibles.

TABLEAU 5

Variation des indices des invertébrés aquatiques lors d'un épandage en gouttière de l'Abate 200 Procida aux concentrations 0,1 ppm et 100 ppm.

TAXONS	Faune totale dérivée		Faune résiduelle non tuée		Faune totale expérimentée	% tué	
	0,1 ppm	100 ppm	avant 100 ppm	après 100 ppm		0,1 ppm	100 ppm
Tricorythidae..	97	20	2.028	2.008	2.125	4,6	1,0
Caenidae.....	47	2	66	64	113	46,6	3,0
Baetidae.....	60	136	727	591	787	7,6	18,7
Oligoneuriidae..	2	0	2	2	4	50,0	0
Epheméridae..	0	0	1	1	1	0	0
Heptageniidae..	0	0	2	2	2	0	0
<i>Cheumatopsyche</i> sp.....	124	183	448	265	572	21,7	40,8
<i>Macronema</i> sp..	11	6	16	10	27	40,7	37,5
T14 <i>Orthotrichia</i> sp.....	7	0	3	3	10	70,0	0
Philopotamidae.	34	124	195	71	229	14,8	63,6
Chironomini...	17	0	2	2	19	89,5	0
Orthocladiinae.	112	17	470	453	585	19,2	3,6
Tanypodinae..	1	1	16	15	17	5,9	6,2
Tanytarsini...	0	2	303	301	303	0	0,7
Rhagionidae...	2	1	34	33	36	5,6	2,9
Plécoptères...	0	0	1	1	1	0	0
Hydracariens..	18	0	16	16	34	52,9	0
Elmidae.....	3	0	2	2	5	60,0	0
Nématodes....	3	1	4	3	7	42,9	25,0
Planipenne....	0	0	1	1	1	0	0
TOTAL.....	538	493	4.337	3.844	4.875	11,0	11,4

En fait, dans le Bandama, nous avons obtenu un décrochement nettement inférieur.

Il apparaît donc qu'un traitement isolé portant sur une faune ne subissant ordinairement aucun effet toxique, entraîne un décrochement important, même à une faible concentration. Par contre, si ce traitement intervient sur une faune déjà régulièrement soumise aux effets de l'Abate, la mortalité induite par un traitement isolé est plus faible. Ceci explique que, malgré un traitement prolongé à l'Abate, nous ayons encore dans les rivières traitées une faune relativement abondante.

d) ACTION DE TRÈS FORTES CONCENTRATIONS

Il est bien connu que dans la zone d'épandage et pendant un court laps de temps, les concentrations d'Abate présentes dans le milieu peuvent être très élevées.

Dans deux des expériences précédentes, après 24 heures d'observation, nous avons fait agir une concentration de 100 ppm pendant une durée de 5 secondes environ. Nous avons ensuite étudié le décrochement sur une durée de 3 heures. Les résultats sont consignés dans les tableaux 3 et 5.

Dans le cas de la Maraoué, non traitée, nous avons obtenu au bout de 3 heures un décrochement de 46,8 % de la faune testée. Dans le Bandama déjà traité, le décrochement pendant le même temps n'a été que de 11,4 %. Ces résultats confirment ce que nous disions précédemment, à savoir la relativement forte toxicité de l'Abate en traitement isolé et au contraire sa plus faible toxicité instantanée dans le cas de traitements répétés, ce qui n'est toutefois pas incompatible avec l'obtention à moyen terme d'un effet cumulé atteignant le niveau de celui d'un traitement isolé.

2.4. Toxicité de l'Abate à moyen terme

a) ÉTUDE DES EFFETS DE DEUX MOIS DE TRAITEMENT.

Durant 2 mois, un gîte à *S. damnosum* du N'zi (1) a été traité à l'Abate 200, dans une zone encore indemne de tout traitement, à raison d'un épandage chaque semaine. Trois points étaient étudiés et échantillonnés à l'aide de filets à dérive. Le premier point (A), non traité était situé en zone de rapides, environ 50 mètres en amont du point d'épandage; le second (B) et le troisième (C) étaient en aval du point d'épandage, respectivement à environ 100 m et 7 km.

Les résultats obtenus ont été consignés dans le tableau 6. Les données du 2/XII/76 représentent la situation aux trois points, la veille du premier épandage. Les échantillons ont par la suite été récoltés simultanément en A et B, 1 heure après épandage. La récolte de la dérive en C avait lieu 24 heures après épandage, ceci afin que la vague d'insecticide ait eu le temps de parcourir les 7 kilomètres. Une concentration de 0,05 ppm a été employée durant la première moitié de l'étude correspondant à des conditions hydrologiques de saison des pluies et 0,1 ppm pendant la seconde, correspondant à des conditions hydrologiques de saison sèche.

Nous pouvons considérer la situation de départ comme relativement homogène sur les 3 points avec une valeur de \overline{ID} comprise entre 0,4 et 0,9. Au point A non traité, les fluctuations n'ont été durant les deux mois que de faible amplitude avec une valeur moyenne de \overline{ID} de 0,14. Par contre, au point B, immédiatement après le point d'épan-

(1) Situation signalée par une étoile sur la figure 1.

TABLEAU 6

Variation des indices de dérive en 3 points du N'zi durant 2 mois d'épandages d'Abate 200 CE.

Avant épandage	DATES	A	B	C
	2/XII/76.....	0,41	0,87	0,62
Pendant épandage	3-4/XII/75.....	0,18	3,35	0,79
	8-9/XII/75.....	0,27	0,74	1,76
	16-17/XII/75.....	0,32	38,47	4,78
	21-22/XII/75.....	0,27	0,46	2,56
	29-30/XII/75.....	0,87	29,96	3,70
	6-7/I/76.....	0,65	21,04	3,92
	13-14/I/76.....	0,18	86,13	0,72
	20-21/I/76.....	0,08	111,68	3,82
	27-28/I/76.....	0,12	0,20	3,56
	3-4/II/76.....	1,16	30,34	0,41
	Moyenne.....	0,41	32,29	2,60

dage, la valeur moyenne de \overline{ID} est de 32,29 soit près de 80 fois celle trouvée en A et 40 fois celle de départ.

Au point C qui ne reçoit plus qu'une faible partie de l'insecticide, la moyenne de \overline{ID} est de 2,60 soit 6 fois la valeur trouvée en A et seulement 4 fois supérieure à la valeur trouvée avant traitement.

Il apparaît donc nettement une fois de plus que le passage de l'Abate provoque un décrochement important de la faune aquatique dans un délai très bref. Cet effet s'atténue avec la distance, en partie en raison de l'importante dilution du produit épandu.

b) ÉTUDE À MOYEN TERME DE LA DÉRIVE DE JOUR DANS 6 STATIONS DE CÔTE D'IVOIRE

Parmi les paramètres suivis dans le cadre du programme de surveillance de l'environnement lié au Programme de lutte contre l'Onchocercose, l'étude de la dérive de jour permet de mettre en évidence l'intensification du décrochement des organismes aquatiques par l'effet des traitements.

Quelle que soit l'intensité de l'activité biologique des rivières de la zone du programme, on peut considérer que la valeur de l'indice de dérive de jour, mesuré 1 h 1/2 avant le coucher du soleil, au niveau des radiers, varie entre 0,20 et 4. Tout dépassement de ces limites est presque toujours dû à l'action d'un facteur artificiel ou tout au moins inhabituel.

Dans le tableau 7 nous avons consigné les valeurs de \overline{ID} calculées depuis 1975 pour 6 stations. Sur les 4 stations traitées, il apparaît nettement des groupes

TABLEAU 7

Variation des valeurs de \overline{ID} pour 6 stations de Côte d'Ivoire.

	1975								1976								\overline{ID}	σ^2		
	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A			S	O
*BAGOUÉ.....	—	—	0,88	—	1,30	—	0,37	—	1,31	—	1,47	—	1,08	—	3,19	0,60	0,81	1,28	1,23	0,59
*MARAOUÉ.....	0,70	0,72	1,12	1,91	0,82	1,27	2,51	0,38	1,42	0,94	3,32	2,71	0,32	2,10	2,67	1,20	3,28	0,56	1,55	0,98
NIKA.....	3,52	1,02	0,18	2,98	1,04	11,25	1,47	0,53	1,79	1,88	307,2	0,55	0,75	0,23	1,77	0,63	0,30	3,03	18,89	5183,41
LERABA.....	1,40	0,20	11,49	1,56	1,10	1,17	1,02	0,5	3,38	1,44	0,09	0,57	1,70	0,15	0,46	0,92	0,98	1,14	1,63	6,63
N'ZI.....	0,25	—	4,03	2,61	1,96	0,74	10,95	0,61	0,84	—	—	—	1,80	0,88	5,83	1,32	0,69	3,92	2,60	8,40
COMOE.....	5,79	—	3,10	1,20	0,44	0,41	1,74	2,0	0,24	0,13	0,57	46,3	5,83	6,19	0,60	1,70	3,04	1,74	4,77	118,61

* Ces deux stations sont non traitées.

de valeurs excessivement fortes, qui dépassent le seuil de $\overline{ID} = 4$, parfois dans des proportions considérables (Niaka $\overline{ID} = 307,2$ en mars 1976).

D'une manière générale dans toutes les stations traitées, l'indice de dérive de jour moyen est supérieur à celui calculé pour les deux stations non traitées. L'examen des variances correspondantes montre que seulement dans ces deux dernières stations, la variance de \overline{ID} est inférieure à sa moyenne ce qui traduit une distribution régulière et homogène des valeurs de \overline{ID} . Par contre, dans les stations traitées, la variance est supérieure à la moyenne et même très supérieure dans le cas de Niaka.

La station de la Léraba ne présente pas un indice de dérive moyen très élevé. Cependant cette station est dans l'ensemble pauvre en faune et des valeurs très basses de \overline{ID} s'y rencontrent (0,09 - 0,15 - 0,20...). Il est évident que dans une série aussi faible, une valeur de \overline{ID} égale à 11,49 (juillet 75) traduit un fort décrochement de la faune en place.

Il faut enfin remarquer que pour des raisons logistiques, les échantillonnages d'une fois sur l'autre ne sont pas toujours faits avec un intervalle de temps identique après l'épandage. Il a été montré précédemment que la valeur de \overline{ID} est d'autant plus grande que cet intervalle de temps est court. En conséquence, la différence constatée entre les valeurs moyennes de \overline{ID} pour les stations traitées et pour les stations non traitées, serait encore plus grande, si l'échantillonnage pour la surveillance du milieu pouvait être fait systématiquement après l'épandage et le même jour que celui-ci.

3. ACTION À COURT TERME DE L'ABATE 200 GE AMERICAN CYANAMID

Nous avons déjà montré que des différences de toxicité peuvent exister selon le type de formulation

TABLEAU 8

Étude de la toxicité de l'Abate 200 GE American Cyanamid. Chronologie des récoltes et résultats généraux.

DATE et HEURE	Numéro du prélèvement	Nombre d'organismes récoltés	Indice de dérive correspondant
11/6/1975			
8 h 20	1	60	3,56
8 h 50	2	69	4,09
9 h 20	3	54	3,20
9 h 50	4	25	1,48
10 h	Épandage	—	—
10 h 10	5	22	2,17
10 h 20	6	558	55,11
10 h 30	7	766	75,65
10 h 40	8	493	48,69
10 h 50	9	305	30,02
11 h 00	10	70	6,91
11 h 10	11	38	3,75
11 h 20	12	308	30,42
11 h 30	13	118	11,65
11 h 40	14	158	15,60
11 h 50	15	124	12,25
12 h 00	16	101	9,98
13 h 00	17	106	10,47
13 h 30	18	104	10,27
14 h 00	19	114	11,26
14 h 30	20	86	8,49
15 h 00	21	65	6,42
15 h 30	22	65	6,42
16 h 00	23	26	2,57
16 h 30	24	37	3,65
17 h 00	25	8	0,79
17 h 30	26	68	6,72
18 h 00	27	39	3,85
12/12/1975			
7 h 00	28	46	2,73
7 h 30	29	58	3,44
8 h 00	30	38	2,25
8 h 30	31	46	2,73
9 h 00	32	34	2,01

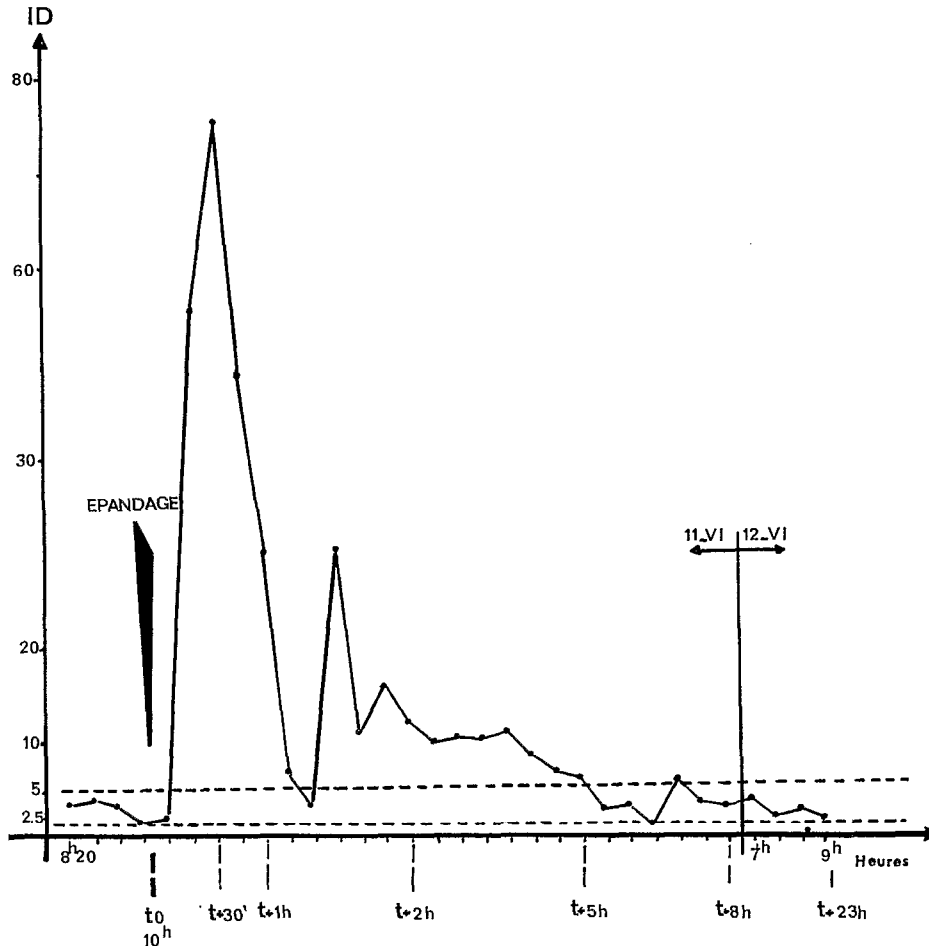


Fig. 6. — Toxicité de l'Abate 200 CE American Cyanamid. Cinétique de décrochement de l'ensemble des organismes.

de l'Abate qui est utilisée (LAUZANNE - DEJOUX, 1973; DEJOUX - TROUBAT, 1975) aussi avons-nous testé les effets de l'Abate 200 de l'American Cyanamid Company sur la faune non-cible afin de rechercher s'ils diffèrent de ceux de l'Abate 200 de Procida.

L'épandage étudié a été réalisé au vide-vite sur la Maraoué, rivière non traitée. La concentration employée était de 0,1 ppm durant 10 minutes. Un filet de récolte de dérive était mis en place avec une périodicité définie et à chaque fois pendant une durée de 5 minutes avant épandage et de 3 minutes après épandage. Les résultats sont consignés dans le tableau 8 et schématisés sur les figures 6, 7 et 8.

Immédiatement après l'épandage l'indice de dérive s'accroît de façon considérable et devient rapidement (30' après) plus de 20 fois ce qu'il était avant le passage de l'insecticide. Au bout d'une heure, on note une première chute de l'indice de dérive suivit d'un deuxième pic dont l'amplitude n'atteint cependant pas la moitié du précédent. Plusieurs

pics se succèdent ensuite, de plus en plus atténués et 5 heures après l'épandage nous retrouvons un indice de dérive « normal » (situé entre les lignes pointillées indiquant les limites des valeurs normales de l'indice de dérive de jour pour cette rivière et cette station).

Le lendemain de l'épandage, aucune augmentation notable et significative n'apparaît dans les valeurs calculées de l'indice de dérive, ce qui laisse à penser que les conditions locales sont redevenues identiques à celles existant avant le traitement.

Globalement, la valeur moyenne de ID est de 3,08 avant épandage. Elle passe à 16,22 le jour de l'épandage et retombe à 2,63 le lendemain. Nous avons une valeur 5,3 fois plus forte après épandage revenant ensuite à 0,85 fois la valeur initiale, ce qui traduit à la fois le retour à une situation normale mais aussi la perte momentanée en organismes sur les lieux du traitement.

Trois éléments faunistiques constituent l'essentiel

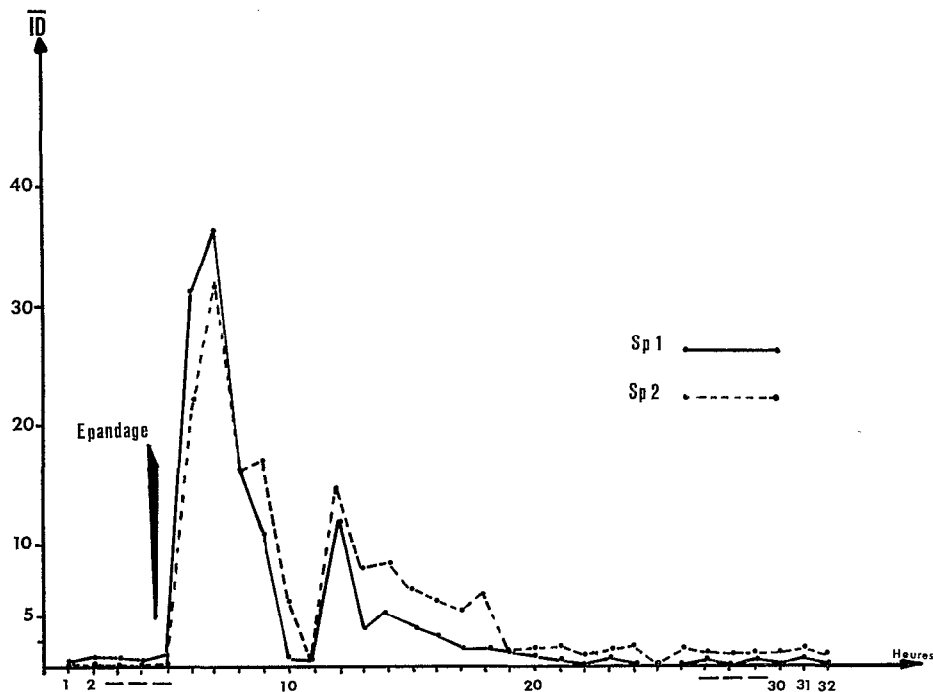
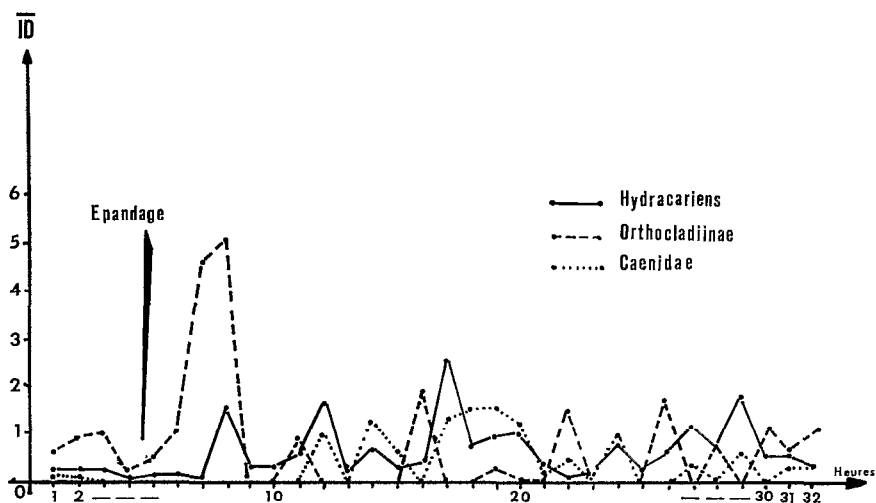


Fig. 7. — Toxicité de l'Abate 200 CE American Cyanamid. Expérimentation sur la Maraoué, cinétique de décrochement de quelques groupes d'invertébrés.

Fig. 8. — Toxicité de l'Abate 200 CE American Cyanamid. Expérimentation sur la Maraoué, cinétique de décrochement de deux espèces de Baetidae.

de la dérive : deux Éphéméroptères Baetidae et un Chironomidae Orthocladiinae. A moindre titre, il faut noter une présence abondante de Caenidae et d'Hydracariens. Selon les groupes considérés, la cinétique de décrochement peut être légèrement différente. C'est ainsi que les Caenidae ne présentent leur maximum de décrochement que deux heures

environ après le passage de l'insecticide alors qu'il suit de seulement quelques minutes pour les Baetidae.

Nous retrouvons donc un schéma d'action en tout point identique à celui obtenu pour l'Abate 200 Procida. En fait, seules les intensités du décrochement peuvent varier d'une formulation à l'autre mais leurs modes d'action demeurent du même type,

induisant un effet immédiat souvent très important, qui s'atténue rapidement.

4. CONCLUSION

Dans toutes les expériences réalisées apparaît un effet immédiat du traitement, se traduisant par une augmentation très importante et rapide du taux de dérive des organismes en place. Cet effet sera d'autant plus important que le milieu est vierge de tout traitement préalable. L'indice de dérive peut prendre des valeurs dix à cent fois supérieures à la normale, témoignant ainsi d'un fort décrochement des organismes de leur substrat. Les effets aigus d'un traitement s'atténuent toutefois rapidement et sont souvent à peine décelables 24 heures après passage de l'insecticide.

Si tous les groupes affectés réagissent globalement de la même manière, la cinétique de décrochement de chacun d'eux peut varier légèrement d'une espèce à l'autre, compte tenu soit d'une plus faible sensibilité au toxique, soit d'une localisation particulière dans les biotopes les exposant plus ou moins aux effets mécaniques d'arrachement par le courant.

Dans la majorité des cas, la composition de la faune dans la portion de rivière traitée n'est pas connue, il se peut que les éléments qui dominent dans la dérive après traitement soient aussi ceux qui dominent dans le milieu naturel. En conséquence, la plus grande abondance de ces organismes dans la dérive ne signifie pas nécessairement qu'ils présentent une plus grande sensibilité aux insecticides que d'autres groupes, numériquement moins bien représentés. Seules les expériences réalisées à l'aide des gouttières permettent une estimation précise des sensibilités relatives de chaque constituant des peuplements testés et l'on peut affirmer que les Éphéméroptères Baetidae et Caenidae, les Trichoptères *Macronema* et *Orthotrichia*, les Chironomides

chironomini, constituent avec les Simuliidae les organismes les plus affectés par les traitements.

Nous avons montré par ailleurs (ELOUARD-LÉVÊQUE, 1975) que la dérive de jour a un caractère traumatique. Ceci implique que l'indice de dérive dans les rivières en équilibre est normalement faible. Au contraire, une augmentation notable de cet indice dans un cours d'eau traduit l'action d'un effet traumatisant certain. Pratiquement, nous avons retrouvé durant plus d'un an d'observation sur 6 stations, des valeurs de \overline{ID} nettement supérieures dans les rivières traitées que dans les rivières non traitées de Côte d'Ivoire. Ceci traduit l'existence d'une traumatisation permanente de la faune des cours d'eau traités, qui, si elle n'est pas catastrophique, n'en est pas pour autant négligeable.

L'effet cumulé à moyen terme, n'apparaît pas comme étant la sommation arithmétique des effets partiels de chaque traitement. Si une telle situation existait, on aboutirait rapidement à un dépeuplement complet des rivières traitées. Dans le cas de traitements répétés, chaque épandage provoque un décrochement des organismes présents les plus sensibles, entraînant ainsi une sélection individuelle et peut-être spécifique de la faune restante.

En saison sèche et d'une manière générale, les effets toxiques maximums se font sentir dans les quelques centaines de mètres situés immédiatement après les points d'épandage; par contre, la faible vitesse du courant, la dilution rapide et la labilité du produit sont telles que ces effets ne sont que d'un niveau très faible quelques kilomètres en aval.

La modalité d'action de l'Abate American Cyanamid sur la faune non-cible est enfin très similaire à celle obtenue avec l'Abate 200 de Procida.

Manuscrit reçu le 7 septembre 1977 au Service des publications de l'O.R.S.T.O.M.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ELOUARD (J. M.), LÉVÊQUE (C.), 1975. — Observations préliminaires sur la dérive des invertébrés et des poissons dans quelques rivières de Côte d'Ivoire. O.R.S.T.O.M.-O.M.S., n° 394, 14 p. *multigr.*
- DEJOUX (C.), TROUBAT (J. J.), 1974. — Action *in situ* de l'Abate sur la faune aquatique non cible. Toxicité à moyen terme en milieu tropical. O.R.S.T.O.M., N'Djaména, 52 p. *multigr.*
- DEJOUX (C.), TROUBAT (J. J.), 1975 a. — Toxicité pour la faune non cible de quelques formulations d'insecticides organophosphorés et de leurs constituants. O.R.S.T.O.M., N'Djaména, 24 p. *multigr.*
- DEJOUX (C.), 1975 b. — 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 : 75-8.
- DEJOUX (C.), TROUBAT (J.-J.), 1976. — Toxicité comparée de deux insecticides organophosphorés sur la faune aquatique non cible, en milieu tropical. O.R.S.T.O.M., Bouaké, n° 1-60 p. *multigr.*
- LAUZANNE (L.), DEJOUX (C.), 1973. — Étude de terrain de la toxicité sur la faune aquatique non cible de nouveaux insecticides employés en lutte anti-simulies. O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy, 37 p. *multigr.*
- LE BERRE (R.), PHILIPPON (B.), GREBAUT (J.), SECHAN (Y.), LENORMAND (J.), ÉTIENNE (J.) et GARRETA (P.), 1971. — Lutte contre *Simulium damnosum* en Afrique occidentale. I. Essais complémentaires de nouveaux insecticides. OCCGE, Bobo-Dioulasso, 103/ONCHO, 23 p. *multigr.*