

## Typologies des entomocénoses benthiques soumises à des épandages d'insecticides antisimulidiens

Par L. YAMEOGO, J.-M. ELOUARD et M. SIMIER<sup>1</sup>

Avec 4 figures et 1 tableau dans le texte

### Abstract

During the tests in gutters, five insecticides (B.t., Abate, chlorphoxim, carbosulfan and permethrin) employed by the Onchocerciasis Control Programme (OCP) have neither the same toxicity nor the same selectivity against for the principal aquatic taxa. In long run, the utilization of these insecticides led to dry season entomocenose structures characteristic for each product which differ from those observed during the pretreatment period. More the insecticides are estimated toxic in the gutter tests, more the long run typologies differ from the reference ones. The differences are slight for B.t., intermediate for Abate and of stronger magnitude for carbosulfan, chlorphoxim or permethrin.

The populations of the taxa react differently to the insecticides; some stay the same or are reduced while others increase, due certainly to their low susceptibility, the shortness of their life cycle or the diminution of the spatial and trophic competitions.

### 1. Introduction

L'évaluation de l'impact des insecticides sur la faune aquatique se réfère généralement à la toxicité aiguë des pesticides, le plus souvent mise en évidence par l'augmentation de la dérive (DEJOUX & ELOUARD, 1977; WALLACE & HYNES, 1975), quelques fois par l'évaluation des changements de densité de faune (BURDICK et al., 1974; ELOUARD, 1983), occasionnellement par la recolonisation (DEJOUX et al., 1983; ELOUARD, 1988; FLANNAGAN et al., 1979). Ce fait est dû aux types de programmes de lutte qui emploient les pesticides. En région holarctique, la lutte antisimulidienne ou les retombées de la protection forestière (EIDT, 1975) constituent les principales sources de pollution. Dans le premier cas, le nombre annuel d'épandages de pesticides est réduit à un ou deux. Les mesures concernent donc la toxicité directe des produits sur la faune aquatique, puis le repeuplement. Les toxicités chroniques par pesticides concernent en revanche les pollutions diffuses («non-point sources») souvent d'origine agricole et causées par le lessivage et le ruissellement. Elles sont peu connues du

<sup>1</sup> Adresses des auteurs: L. YAMEOGO, Programme de Lutte contre l'Onchocercose, BP 549, Ouagadougou, Burkina Faso.

J.-M. ELOUARD et M. SIMIER, ORSTOM, 2051 Avenue du Val Montferrand, 34032 Montpellier Cedex, France.

fait d'absence de données de référence et d'une localisation difficile. Ce dernier point sous-entend que les polluants incriminés ainsi que leurs concentrations, sont mal ou point identifiés.

Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose (OCP) a entrepris de contrôler le complexe vectoriel *Simulium damnosum* pour enrayer la propagation de cette filariose cécitante. La lutte est dirigée contre les larves du vecteur inféodées aux zones de rapides des grandes rivières d'Afrique de l'Ouest. Du fait d'un cycle de développement court de la phase larvaire de la Simulie (LE BERRE, 1966) une application hebdomadaire d'insecticide est réalisée lorsque la prévalence vectorielle la rend nécessaire (LÉVÊQUE et al., 1977).

Cette stratégie d'application des insecticides crée donc une répétition d'empoisonnements aigus, assimilables en certains points, à une intoxication chronique. Une telle situation permet, non seulement de mesurer la toxicité directe de chaque pesticide sur les composants des peuplements aquatiques, mais également, puisque les différents insecticides employés par l'OCP n'ont ni la même toxicité ni la même sélectivité envers les principaux taxons, d'envisager de mettre en évidence à long terme des structures de peuplement caractéristiques de chaque composé; ces typologies étant principalement la conséquence de la toxicité directe mais tiennent compte également de la longueur des cycles de développement ainsi que des compétitions spatiale et trophique.

Le téméphos ou Abate® fut le seul insecticide employé par le Programme de Lutte contre l'Onchocercose durant les premières années puis du fait d'une part, de l'apparition d'une résistance chez certaines espèces du complexe *S. damnosum* et d'autre part, de l'introduction sur le marché de nouveaux larvicides efficaces en milieu lotique, d'autres insecticides ont été utilisés. Ce sont, par ordre d'apparition: le chlorphoxime (organophosphoré), le *Bacillus thuringiensis* (B.t., insecticide biologique), la perméthrine (pyréthrianoïde), le carbosulfan (carbamate). Pour des raisons de plus forte toxicité envers les organismes aquatiques, l'emploi des deux derniers composés est restreint à la période des hautes eaux. Les séquences des épandages effectués sur les stations prises en compte dans cet article sont illustrées par la figure 1. Les premiers traitements eurent lieu: à Entomokro (EK) et Danangoro (DAN) en mars 1979, à Sassambaya sur le Niandan (NIAN) en avril 1987.

## 2. Matériel et méthodes

La récolte de la faune saxicole fut réalisée mensuellement au moyen de cinq prélèvements à l'échantillonneur de Surber ( $20 \times 20 \text{ cm}^2$ ) dans les zones de rapides ( $0,8 < v < 1,4 \text{ m s}^{-1}$ ) sur les rochers couverts de Podostemaceae. La période sélectionnée est celle s'étendant de la décrue à l'étiage, c'est-à-dire des mois de décembre à mars. En effet, l'utilisation du Surber n'est pas significative durant la période de montée des eaux (avril, mai) du fait de l'impossibilité de connaître la date d'immersion des rochers et par conséquent la durée de leur colonisation par les insectes lotiques. De plus, l'échantillon-

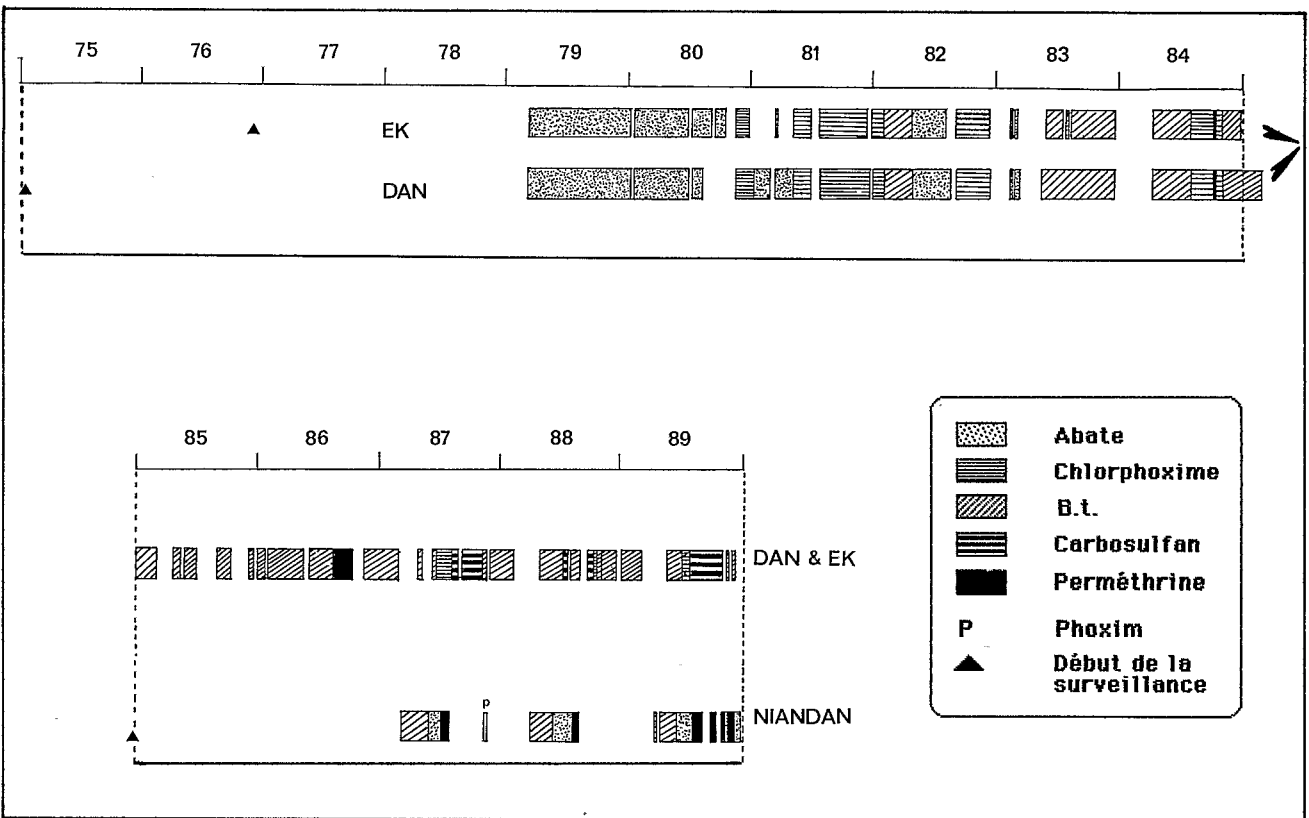


Fig. 1. Séquences de traitement des rivières Marahoué à Entomokro et Danangoro et Niandan à Sassambaya, aux différents insecticides antismuldiens.

nage de la faune saxicole est impossible durant la saison des hautes eaux à cause de l'inaccessibilité des substrats rocheux du fait de leur immersion profonde.

Les critères de sélection des stations ont été, pour la mise en évidence des variations typologiques engendrées par chaque insecticide, 1) l'existence de données de références pré-traitement conséquentes, suivies de périodes assez longues de traitement à l'un ou à plusieurs des insecticides employés par le Programme de Lutte contre l'Onchocercose. Les stations de Danangoro et d'Entomokro sur la rivière Marahoué (Bassin du Bandama, Côte d'Ivoire) répondaient à ces critères; 2) l'existence d'une stratégie de traitement particulière. Ainsi, nous avons voulu connaître l'impact éventuel sur la faune de saison sèche des insecticides toxiques employés durant la saison des pluies. La station de Sasmabaya sur le Niandan (Bassin du Niger, Guinée) a été retenue pour étudier l'impact de la perméthrine épanchée pendant quelques cycles durant la saison des hautes eaux. Les stations de Danangoro et d'Entomokro permettent également de suivre l'impact résiduel du carbosulfan et de la perméthrine. Toutefois, la situation est plus complexe du fait de l'emploi en rotation, sur ces stations de plusieurs autres insecticides (Fig. 1).

Afin d'obtenir des typologies stables, qui ne soient pas trop marquées par les taxons rares ou sporadiquement abondants ou encore par trop saisonniers, nous n'avons retenu que les huit taxons: Baetidae, Caenidae, Tricorythidae, Hydropsychidae, Chironomini, Tanytarsini, Orthoclaadiinae et Tanypodinae. Les Simulies (*Simulium damnosum* s.l. et Simulies autres) ont été négligées car trop caractéristiques des périodes pré-traitement. Enfin, les Ecnomidae, bien que très caractéristiques des périodes traitées au B.t. (FAIRHURST et al., 1986), n'ont pas été retenus car leur distribution est peu homogène sur l'ensemble des rivières. Il en résultera donc dans les typologies présentées, une moindre individualisation des peuplements liés au B.t. par rapport à ceux caractéristiques de l'Abate.

Les typologies ont été établies sur les moyennes par échantillon, au moyen de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) appliquée aux huit taxons de la faune saxicole. Les données disponibles pour certaines stations couvrent plus de 13 années de surveillance.

### 3. Résultats

#### 3.1. Marahoué à Danangoro (bassin du Bandama, Côte d'Ivoire)

La Fig. 2 représente la projection des données correspondant aux périodes avant et après traitement, au moyen de l'analyse factorielle des correspondances AFC 1 sur le plan F1 x F2. Les pourcentages d'inertie sur les deux premiers axes sont 48 et 18% soit 66%. Du point de vue des variables, l'axe F1 oppose le groupe des Orthoclaadiinae et des Chironomini aux Hydropsychidae. L'axe F2 oppose les Tricorythidae, Tanypodinae et Baetidae aux Hydropsychidae. Toutes les variables sont bien représentées dans le plan F1 x F2 à l'exception des Caenidae et des Tanytarsini. Du point de vue des relevés, les prélèvements de la période traitée au chlorphoxime ainsi que les relevés de la période traitée au B.t. qui suivent une période de traitement à la perméthrine, s'opposent à tous les autres prélèvements sur l'axe F1. L'axe F2 oppose les prélèvements de la période pré-traitement aux autres.

Ces résultats peuvent être synthétisés en affirmant qu'il existe 1) un groupement de points correspondant aux périodes traitées au chlorphoxime,

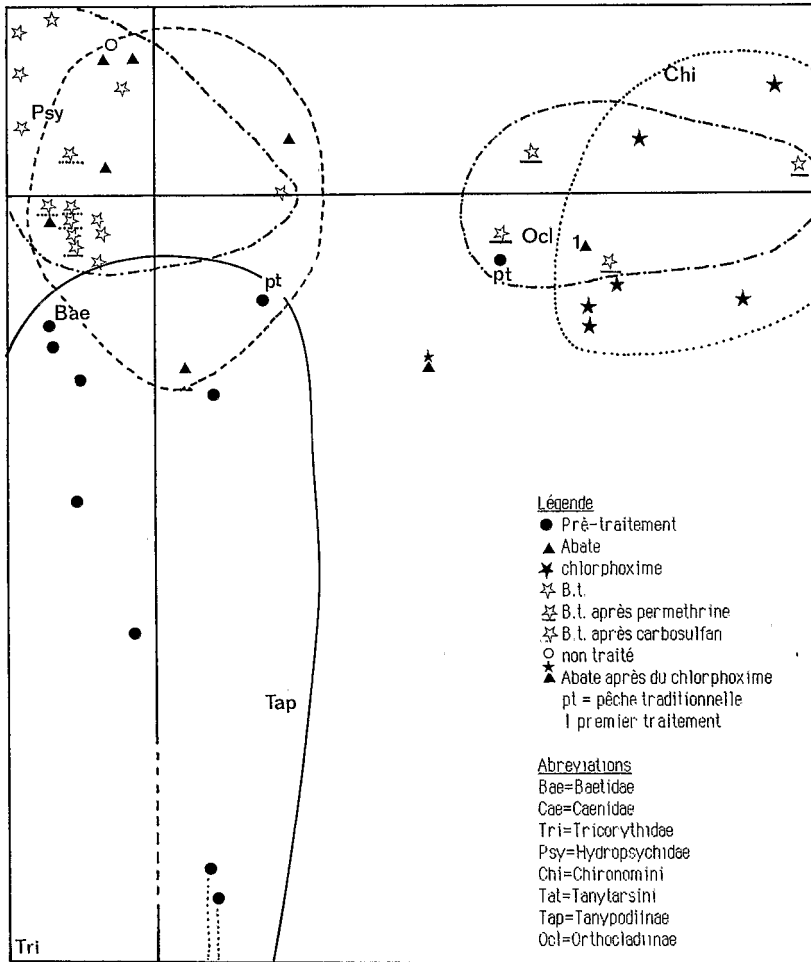


Fig. 2. Analyse factorielle des correspondances appliquée aux données récoltées avant et après le début des traitements sur la Marahoué à Danangoro.

associé aux Orthoclaadiinae et aux Chironomini 2) un groupement de points correspondant à des mois d'utilisation du B.t. mais qui suivent une période de traitement à la perméthrine durant la période des hautes eaux, également associé aux Orthoclaadiinae et Chironomini 3) un groupement de points correspondant à la période pré-traitement caractérisée par l'abondance des Tricorythidae et des Tanyptodiinae 4) un groupement de points correspondant aux mois de traitement à l'Abate ou au B.t.; ces derniers étant précédés ou non d'épandage de carbosulfan durant la crue. Ce groupement est caractérisé par les Hydropsychidae.

Deux points singuliers doivent être remarqués. Il s'agit 1) du point 1 associé aux points chlorphoxime et qui correspond au premier traitement au téméphos de la rivière. Il est évident que la structure du peuplement, juste après le premier traitement correspond à une faune décimée (toxicité directe) qui n'a pas encore eu le temps de se réorganiser, tout particulièrement en ce qui concerne les organismes dont les populations ont tendance à augmenter durant les périodes traitées au téméphos; 2) du point 2 placé en position intermédiaire entre les prélèvements de la période traitée au chlorphoxime et ceux de la période Abate. Il correspond à une période Abate mais qui fut immédiatement précédée d'une période de chlorphoxime.

### 3.2. Marahoué à Entomokro (bassin du Bandama, Côte d'Ivoire)

Les pourcentages d'inertie des deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances appliquée aux données récoltées avant et après traitements aux insecticides antismulidiens, sont respectivement  $F1 = 34$  et  $F2 = 27\%$  soit  $62\%$  pour le plan  $F1 \times F2$ . La Fig. 3 représente le plan  $F1 \times F2$  de l'analyse. L'axe  $F1$  oppose la variable Tricorythidae à la variable Tanytarsini. L'axe  $F2$ , l'ensemble des taxons Tricorythidae, Tanytarsini et Orthoclaadiinae aux Hydropsychidae et Baetidae. Les Tanypodinae et les Caenidae sont mal représentés sur le plan. Les prélèvements avant traitement, caractérisés par la présence des Tricorythidae s'opposent en bloc aux prélèvements post-traitement sur l'axe  $F1$ . Ceux-ci sont caractérisés essentiellement par les Tanytarsini et à un moindre titre par les Baetidae, les Chironomini et les Orthoclaadiinae. Les prélèvements de la période pré-traitement se singularisent sur l'axe  $F2$ . Ils sont essentiellement caractérisés par les Hydropsychidae. Notre interprétation de ce mélange partiel est que la structure cénotique engendrée par le B.t. est peu différente de celle de la période avant traitement si ce n'est par la présence faible de Tricorythidae, surtout en ce qui concerne les mois de décembre. Il s'agit soit d'une action du B.t. sur ce groupe, soit, ce qui nous paraît plus probable, de l'action de l'Abate ou du chlorphoxime déversés durant les mois de hautes eaux, sur le recrutement des insectes (Fig. 1).

Un point singulier doit être remarqué. Il s'agit du point 8512 correspondant au mois de décembre traité au B.t. mais qui suit un long arrêt de traitement. Il se situe à proximité des mois de décembre non traités. Malgré l'arrêt des traitements nous pensons que la remontée des Tricorythidae est due à ce qu'aucun insecticide autre que le B.t. n'a été épandu sur la rivière durant toute l'année 1985 et ce surtout durant la saison des pluies. Cela innocente le B.t. quant à la réduction des populations de Tricorythidae et nous laisse supposer que le recrutement des larves de Tricorythidae se fait durant la saison des hautes eaux. Remarquons également que les mois traités au B.t. qui suivent les périodes traitées au carbosulfan ou à la perméthrine sont classés avec les autres

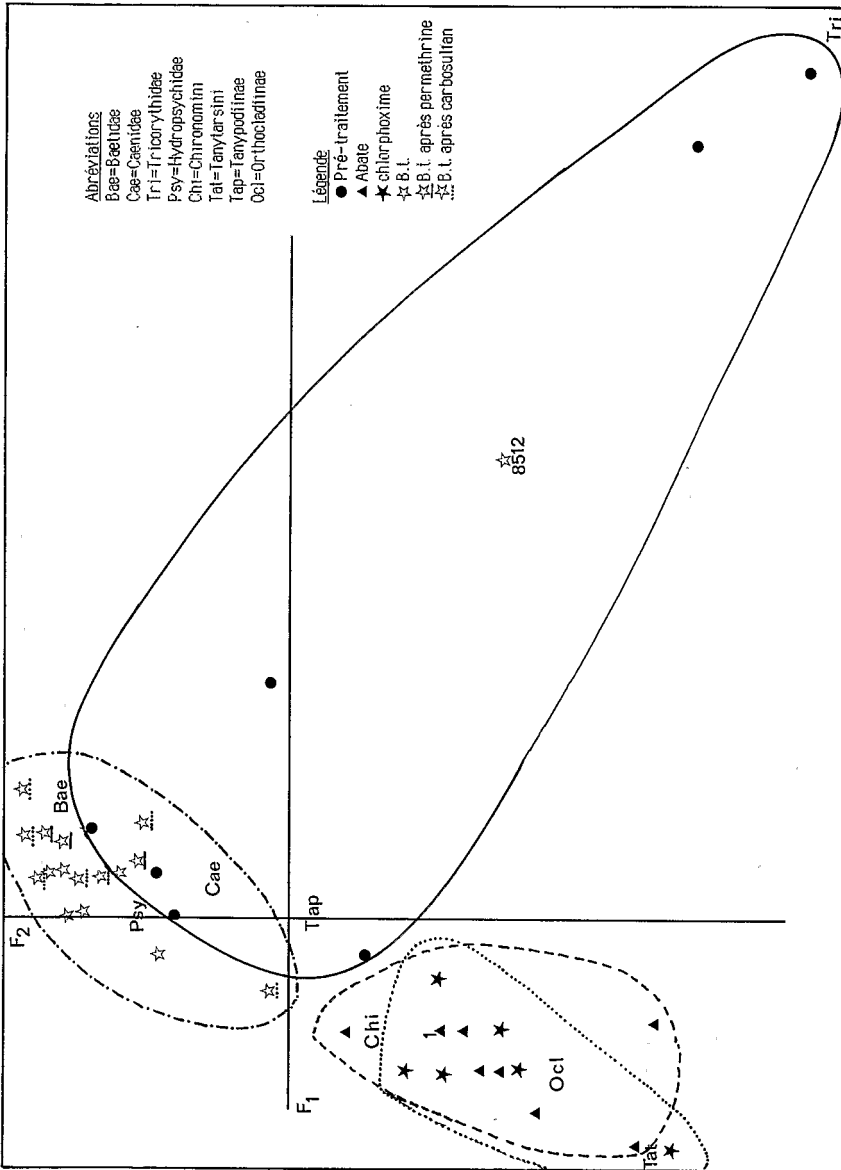


Fig. 3. Analyse factorielle des correspondances appliquée aux données récoltées avant et après le début des traitements sur la Marahoué à Entomokro.

mois qui subissent du B.t. Il ne semble donc pas y avoir de modifications structurales différées dues à l'action de ces insecticides, si ce n'est la disparition des Tricorythidae, mais celle-ci est également induite par le téméphos et le chlor-

phoxime. Signalons enfin que le point correspondant au premier traitement est situé à l'intérieur de l'enveloppe des points Abate et chlorphoxime.

### 3.3. Niandan à Sassambaya (Bassin du Niger, Guinée)

La surveillance du Niandan a débuté en décembre 1984, les traitements en mars 1987. Nous disposons donc pour cette station de deux années de données pré-traitement. Nous disposons également de deux années de données de saison sèche, récoltées après traitement en saison sèche (1988, 1989).

La stratégie antivectorielle retenue pour cette rivière est une rotation d'insecticides selon la séquence: B.t. fin de saison sèche et début de la remontée des eaux, puis téméphos lorsque le débit est trop important pour permettre un traitement au B.t., l'ensemble suivi de perméthrine durant quelques cycles (Fig. 1). Enfin, arrêt des traitements jusqu'aux mois de mars—avril. En novembre 1987 OCP a également épandu durant deux cycles expérimentaux du phoxim. Les mois surveillés (décembre à mars) ne sont donc jamais traités aux insecticides. La problématique de la surveillance sur cette station est donc de voir s'il existe une modification des structures de peuplement de saison sèche due aux épandages de perméthrine durant la période des hautes eaux.

La Fig. 4 représente le plan F1 × F2 de l'analyse. L'axe F1 oppose les Baetidae aux Tricorythidae et Chironomini; l'axe F2 les Orthoclaadiinae aux Baetidae et Hydropsychidae. On constate, en revanche, qu'il y a un effet dû aux traitements ce qui signifie qu'il y a une répercussion des épandages de perméthrine de saison des pluies sur la structure des peuplements de saison sèche. On constate également une évolution saisonnière pour l'ensemble des relevés pré-traitement surtout matérialisée par l'individualisation des mois de mars. L'influence de la saison est encore plus marquée durant les périodes traitées.

Si l'on analyse de façon plus fine, l'effet des campagnes de traitement de 1987 et de 1988, c'est-à-dire si l'on considère séparément les données décembre 1987—mars 1988 et décembre 1988—mars 1989, on s'aperçoit que les peuplements n'évoluent pas de façon identique pour chacune des campagnes. Durant la première campagne (saison des pluies 1987), on constate une forte modification des structures de peuplements au cours du mois de décembre. Cette différence structurelle entre les peuplements non traités et ceux prélevés après la première campagne s'atténue ensuite progressivement jusqu'au mois de mars, mois durant lequel les structures des peuplements pré- et post-traitement sont pratiquement identiques. Durant la seconde campagne, les structures des communautés restent pour tous les mois, différentes de celles de la période pré-traitement. La différence entre les peuplements qui suivent ces deux campagnes est essentiellement due au non recouvrement des populations de Tricorythidae lors de la deuxième campagne. Cette situation est analogue à celle observée sur la Marahoué où les Tricorythidae se maintiennent, bien que leurs populations



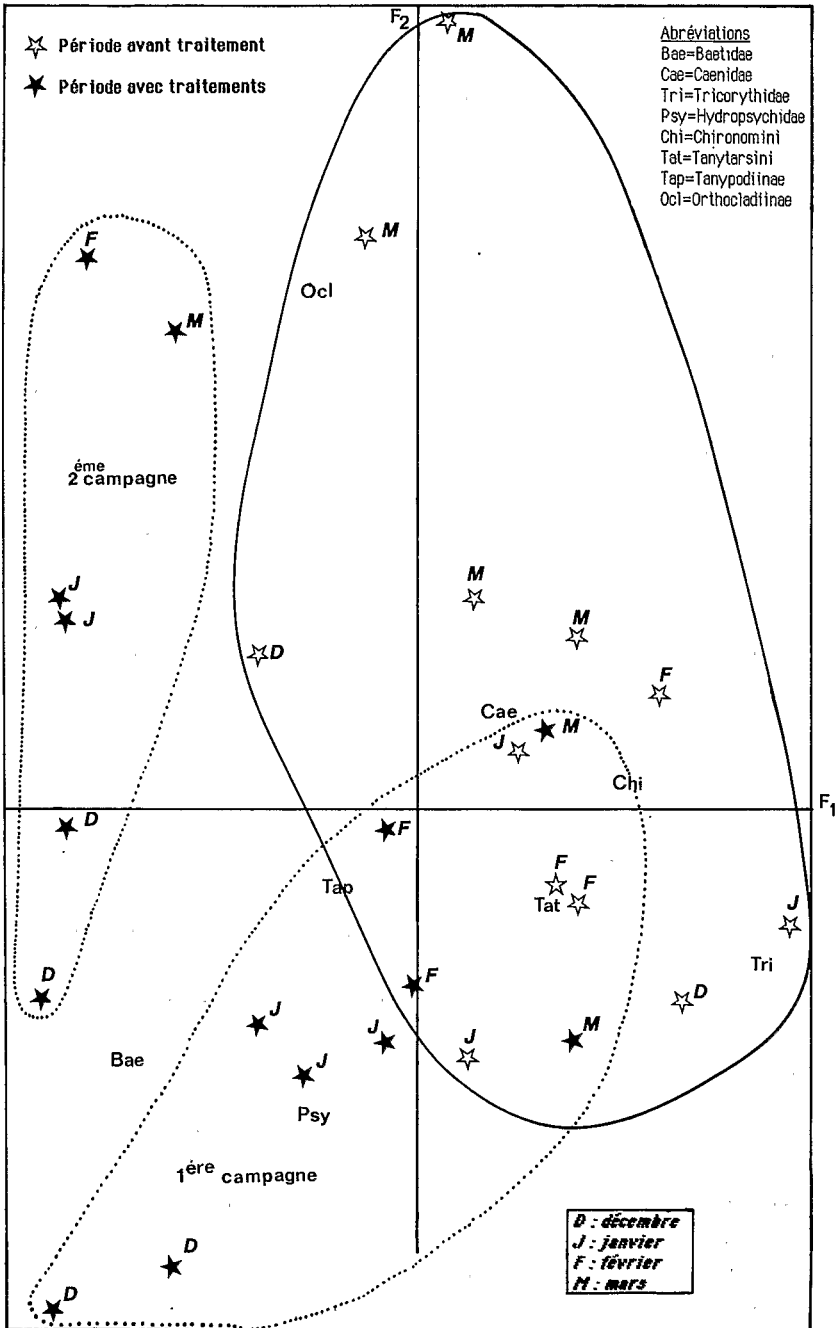


Fig. 4. Analyse factorielle des correspondances appliquée aux données récoltées avant et après le début des traitements sur le Niandan à Sassambaya.

soient fortement réduites, durant la première année de traitement à l'Abate puis disparaissent pratiquement totalement quel que soit l'insecticide utilisé, à l'exception du B.t.

## 4. Discussion

### 4.1. Insecticides

Tous les insecticides épandus durant la saison sèche, engendrent une typologie (de saison sèche), différente de celle observée pour la période exempte de traitement. Ainsi, pour le B.t., les différences typologiques entre les périodes de traitement au B.t. et les périodes sans traitement sont souvent de faibles ampleur car certains relevés B.t. et certains relevés prétraitement se trouvent souvent mélangés. Deux remarques doivent cependant être faites 1) l'augmentation des Ecnomidae qui se produit toujours durant la période traitée au B.t. (FAIRHURST et al., 1986) n'est pas prise en compte dans cette analyse. Les différences structurales entre les périodes pré-traitement et de traitement au B.t. en sont donc atténuées 2) l'élimination des Tricorythidae du fait des épandages d'insecticides durant les périodes qui précèdent l'emploi du B.t., singularise trop les typologies B.t. par rapport aux typologies pré-traitement, alors que les traitements au B.t. n'en sont pas la cause. Malgré ces deux remarques illustrant des phénomènes plus ou moins antagonistes, nous concluons qu'en ce qui concerne les huit taxons étudiés, la typologie de saison sèche liée à l'emploi du B.t. ne diffère que faiblement de celle de la période pré-traitement.

Pour l'Abate, les typologies sont plus individualisées que celles engendrées par le B.t., ce qui traduit une perturbation plus forte du milieu. Elles sont liées tant à l'augmentation de certains taxons (Chironomides) qu'à la réduction parfois très importante de certains autres (Tricorythidae). En ce qui concerne le chlorphoxime on constate qu'il induit les typologies les mieux individualisées, surtout caractérisées par l'abondance des Orthocladiinae et des Chironomini et la réduction des populations de Tricorythidae et de Baetidae.

Si l'on considère l'impact des premiers traitements, lorsqu'ils eurent lieu durant les mois de surveillance des rivières (décembre—mars), on constate qu'ils engendrent un profil typologique ressemblant à celui d'une rivière fort perturbée, en l'occurrence semblable à la typologie créée par le chlorphoxime. Ceci s'explique par le fait que les populations d'insectes ont été, selon leur sensibilité propre, plus ou moins décimées par l'insecticide mais que les peuplements n'ont pas encore pu se réorganiser et surtout, que l'augmentation d'abondance de certains taxons n'a pu se faire. Il faut donc les considérer à part, surtout lorsqu'on effectue des calculs moyens pour les périodes correspondant à l'utilisation de chacun des insecticides.

Les traitements au carbosulfan effectués durant la période des hautes eaux, n'influencent pas la structure des peuplements présents durant les mois de

décembre à mars. Toutefois nous ne pouvons affirmer que cette assertion resterait vraie si des épandages de carbosulfan étaient poursuivis plus tardivement que la mi-octobre.

Les épandages de perméthrine effectués durant la période des hautes eaux sur les stations de Danangoro et du Niandan perturbent la typologie d'étiage et de décrue. Sur le Niandan, l'effet serait même renforcé lors de la seconde campagne de traitement par rapport à celui observé lors de la première. Par contre, aucun effet différé n'est constaté pour la station d'Entomokro. Notons que cette station semble par ailleurs beaucoup plus polluée que Danangoro.

#### 4.2. Taxons

Les populations des taxons réagissent de manière dissemblable aux insecticides; certains voient leurs populations se maintenir ou se réduire tandis que d'autres prolifèrent très certainement du fait de la diminution de la compétition spatiale ou trophique. L'abondance de leurs populations constituent donc de ce fait de bons indicateurs d'état du milieu qui intègrent les impacts successifs des composés. Les peuplements observés, constitués des populations résiduelles des taxons, fournissent des images permettant d'appréhender qualitativement l'évolution des systèmes.

Les Tricorythidae sont peu sensibles au B.t. ainsi qu'au téméphos (Tableau 1). Ils sont par contre extrêmement sensibles aux pyréthriinoïdes, carbamates et au chlorphoxime. Cette famille, bien représentée sur la majorité des rivières dans lesquelles se développent les Podostemaceae, voit ses populations réduites à quelques individus durant les années qui ont subi, même seulement partiellement, le téméphos ou le chlorphoxime. Il semblerait par contre que le B.t. n'ait pas d'action sur cette famille. Les populations de larves de *Tricorythus*, genre de loin le plus abondant de la famille ont des densités maximales durant les mois de décrue et d'étiage; les formes les plus grandes étant observées aux mois de mars, mais les densités maximales apparaissent aux mois de décembre. En revanche nous ne savons pas quand a lieu le recrutement en jeunes larves de Tricorythidae. Néanmoins, la raréfaction des Tricorythidae sur le Niandan, qui n'est pas traité de novembre à mars tend à prouver que le recrutement se produit durant la saison des hautes eaux. La présence de cette

Tableau 1. % mortalité des taxons pour les 5 insecticides.

	Baeti.	Caeni.	Tricory.	Hydrop.	Chiro.	Tanyta.	Orthocl.	Tanypo.
Abate	58,2	82,4	90,7	89,9	85,9	79,2	65,9	55,3
Chlorphoxime	2,6	5,3	13,9	65,5	85,7	52,7	37	70,3
B.t.	81,7	89,7	100	9	61,5	99,8	88,5	87,5
Carbosulfan	3,5	31,5	5,3	56,5	64,9	9,9	93	60,9
Permethrine	1,9	3,3	19,4	54,5	56,3	62,9	20,8	76,5

famille est donc un indicateur de bonne santé écologique des rivières. Néanmoins, sa forte réduction d'abondance traduit une pollution aussi bien de faible que de forte amplitude, parfois même légère et ne peut donc nous renseigner sur le degré de pollution des rivières.

Les Baetidae montrent une très forte sensibilité à la plupart des insecticides (% décrochement >90%), moyenne pour l'Abate et faible pour le B.t. (ELOUARD, 1983; ELOUARD & SIMIER, 1990 a) (Tableau 1). Ils sont bien représentés sur le plan F1  $\times$  F2 en ce qui concerne les stations de Danangoro, d'Entomokro et de Sassambaya. Sur les deux premières stations, on constate une opposition saisonnière entre les Baetidae et les Tricorythidae, l'abondance relative des Baetidae étant plus forte en février et mars. Sur le Niandan, l'abondance relative des Baetidae est plus grande durant les périodes qui suivent les traitements à la perméthrine, en opposition avec les Tricorythidae. Sur la Marahoué, les Baetidae sont par contre mieux représentés durant les périodes traitées au chlorphoxime pour la station de Danangoro et au chlorphoxime et à l'Abate, en ce qui concerne la station d'Entomokro. Nous en concluons que les populations de Baetidae sont fortement réduites lorsqu'un insecticide «dur» est employé, mais ne varient ou augmentent légèrement lorsqu'un insecticide auquel ils sont peu ou moyennement sensibles est utilisé, bénéficiant sans doute dans ce cas de l'élimination des Tricorythidae. Ces données sont en accord avec les résultats des tests en gouttières. Il semblerait que pour la majorité des espèces de Baetidae, il y ait un recrutement permanent et une durée du cycle de développement larvaire de 10 à 20 jours, caractéristique biologique qui leur permettrait une recolonisation rapide. Nous concluons qu'une forte réduction des populations de Baetidae traduit une action sévère des insecticides. Une légère augmentation pourrait traduire une légère pollution.

Les effectifs de cette famille sont très mal représentés sur le plan F1  $\times$  F2 des analyses factorielles des correspondances portant sur les stations d'Entomokro, de Danangoro et du Niandan. Nous en concluons que pour la période de décembre à mars, les facteurs «action des insecticides» et «saison», ne sont pas primordiaux dans l'évolution des populations de Caenidae.

Les Hydropsychidae sont bien représentés sur le plan F1  $\times$  F2 de toutes les analyses faites et contribuent toujours à la formation de l'axe F2. Sur Danangoro et Entomokro, ils sont même mieux représentés durant les périodes traitées au B.t. Ils sont, en revanche, moins abondants durant les périodes subissant les traitements au chlorphoxime pour les deux stations Entomokro et Danangoro, et à l'Abate pour Entomokro ou à la perméthrine pour Danangoro. On constate que leur sensibilité moyenne aux différents insecticides même «durs» n'est jamais très élevée, ce qui nous incite à penser que leur raréfaction relative lors de l'emploi d'insecticides à forte toxicité est sans doute due à leur cycle de développement relativement long. La durée du cycle est estimée à deux mois,

ce qui fait qu'un individu subit 6 à 8 cycles d'épandage au cours de son développement larvaire. Le recrutement ayant lieu toute l'année. La raréfaction des Hydropsychidae traduit une pollution sévère.

La sous-famille des Orthocladiinae est bien représentée sur le plan F1 × F2 et ce, sur toutes les stations. Elle est caractéristique des mois de février et mars sur la station de Danangoro, mais ne l'est pas sur la station d'Entomokro où aucune chronoséquence ne se dégage. Ils traduisent sur la station d'Entomokro une forte modification des peuplements due à l'utilisation du chlorphoxime et à l'Abate. Ils reflètent, en revanche, sur la station de Danangoro les épandages de chlorphoxime ou l'utilisation de la perméthrine durant la saison des hautes eaux. Il faut souligner que l'augmentation du nombre d'Orthocladiinae sur les rivières est pratiquement proportionnelle à la sensibilité de cette sous-famille aux différents insecticides (Tableau 1). Plus un produit leur est toxique et plus à long terme leurs populations augmentent! La diminution des compétitions spatiale et trophique, ainsi qu'un cycle de développement court pourraient rendre compte de ce phénomène, à moins que les espèces qui se développent à long terme ne soient pas les mêmes que celles testées en gouttières. Nous concluons que la présence importante en abondance absolue et surtout en abondance relative des Orthocladiinae traduit la pollution.

Sur les trois stations retenues, les Chironomini sont bien représentés sur le plan F1 × F2. Le comportement des populations de Chironomini vis-à-vis des insecticides peut être de deux types selon les stations étudiées. A Danangoro et à Entomokro, ils sont toujours abondants et leurs effectifs augmentent lorsque la rivière est traitée au chlorphoxime. En revanche, sur le Niandan, ils sont plutôt caractéristiques des périodes non traitées. Si l'on examine leur sensibilité moyenne vis-à-vis des insecticides (Tableau 1), on s'aperçoit qu'elle est relativement faible. On pourrait donc conclure que lorsqu'un insecticide toxique est utilisé, ils ont la possibilité de proliférer grâce à leur cycle de développement très court et à l'absence de compétition, tandis que lorsque des insecticides plus «doux» sont utilisés, la compétition et peut-être surtout l'abondance des prédateurs Hydropsychidae limiteraient leurs populations à un niveau inférieur à celui des périodes sans traitement. Ils sont moins saisonniers que les Orthocladiinae et l'augmentation sensible de leur abondance traduit une forte perturbation du milieu.

Les Tanypodinae ne sont pas représentés sur le plan F1 × F2 pour les stations d'Entomokro et du Niandan. Sur la station de Danangoro, ils sont caractéristiques des mois de décembre bien que présents de décembre à mars, présentant de fortes variations d'abondance sporadiques et non prévisibles. Leur sensibilité vis-à-vis de différents insecticides est très faible (Tableau 1). Les plus fortes valeurs de décrochement sont obtenues avec l'Abate et le carbosulfan (45 et 40%). Il semblerait en fait que leur abondance, comme celle des Caenidae,

dépende d'autres facteurs du milieu, non mis en évidence par cette étude. Les variations des populations des Tanypodinae ne nous renseignent donc aucunement quant à l'action des pesticides.

Les Tanytarsini ne sont pas représentés dans le plan F1  $\times$  F2 pour les stations du Niandan et de Danangoro mais le sont pour Entomokro où ils caractérisent les prélèvements de la période traitée au chlorphoxime et à l'Abate. Leur sensibilité moyenne vis-à-vis des différents insecticides est variable (Tableau 1). L'abondance de ce taxon sur les biefs ne semble ni saisonnière, ni régulière, subissant des fluctuations parfois importantes d'un mois sur l'autre. Il est même probable que leur abondance sur la station d'Entomokro lors des mois traités au chlorphoxime et à l'Abate ne soit pas liée à l'utilisation de cet insecticide. Jusqu'à preuve du contraire, nous ne les considérons pas comme des marqueurs saisonniers ni de pollution par insecticide.

### 4.3. Stations

Si les 8 taxons étudiés sont présents sur l'ensemble des stations étudiées, leur représentativité n'y est pas la même ce qui fait que les typologies obtenues ne sont pas tout à fait semblables. Les stations d'Entomokro et de Danangoro sur la Marahoué ont une typologie voisine, du moins en ce qui concerne la période pré-traitement tandis que la typologie de la période pré-traitement du Niandan est intermédiaire entre celles de la Marahoué et celle de rivières africaines plus froides (ELOUARD & SIMIER, 1990 a).

Durant les périodes traitées, les différences typologiques entre les trois stations tendent à s'estomper. Les typologies de Danangoro et d'Entomokro diffèrent également l'une de l'autre durant la période traitée, surtout en ce qui concerne l'impact de l'Abate et les effets retardés dus à l'emploi de perméthrine durant la période des hautes eaux. En fait il apparaît qu'à Entomokro l'impact des insecticides considérés comme toxiques (chlorphoxime, perméthrine) soit de moindre importance qu'à Danangoro (non séparation de ces deux groupes respectivement par rapport aux groupes Abate et B.t.). Ils se pourrait que la station d'Entomokro ait dès le départ une typologie traduisant une plus forte pollution due aux effluents de la ville de Bouaflé, masquant partiellement l'impact des insecticides.

D'une manière générale, une évolution saisonnière apparaît dans la plupart des analyses surtout en ce qui concerne la période pré-traitement. Lorsqu'on analyse simultanément les données pré-traitement et des périodes avec traitements, l'effet saison apparaît moins clairement; l'effet insecticide correspondant dans la majorité des cas au moins au premier axe.

## 5. Conclusion

La description des structures de communautés au moyen de l'Analyse Factorielle des Correspondances s'est révélée, une fois de plus, pertinente dans

l'étude des modifications engendrées par les pesticides. Des modifications du même type avaient déjà été mises en évidence lorsqu'un seul insecticide, l'Abate, était utilisé (ELOUARD & JESTIN, 1982; ELOUARD, 1983). Elles avaient aussi permis de mettre partiellement en évidence les modifications de structure induites par le B.t. et le chlorphoxime (ELOUARD & FAIRHURST, 1989; ELOUARD & SIMIER, 1990 b; FAIRHURST et al., 1986). Toutefois, l'impact des rotations d'insecticides ainsi que celui des insecticides relativement toxiques tels le carbosulfan et la perméthrine, employés durant la période des hautes eaux, restaient à mesurer. Notons aussi qu'une mise en évidence de variations typologiques des peuplements induites par des pollutions dues à des papeteries a également été mise en évidence par RABENI et al. (1985). Toutefois l'outil mathématique utilisé était dans ce cas l'ordination polaire.

Les groupements observés correspondent à l'impact de chacun des insecticides et les typologies obtenues sont d'autant plus éloignées de celles observées avant traitement que l'insecticide utilisé s'est avéré toxique lors des tests en gouttières. Ces variations typologiques ne sont pas seulement dues à des différences de mortalité du fait des écarts de sensibilité des huit taxons, mais correspondent à une restructuration des peuplements dans laquelle les populations de certains taxons prolifèrent.

Les typologies les plus caractérisées présentées dans cet article, sont observées sur les stations de la Marahoué (Danangoro et Entomokro) et sur le Niandan, c'est-à-dire sur les trois stations où l'on a 1) au moins deux années de données pour la période pré-traitement; 2) un échantillonnage important durant les périodes où les communautés changent rapidement. En effet, la mise en évidence, durant les mois d'évolution rapide des peuplements, de l'impact éventuel des insecticides, ne doit pas être masquée par des variations d'abondance saisonnière trop marquées. Un échantillonnage bi-mensuel en décembre et janvier est donc à maintenir. Une visite mensuelle nous paraît par contre suffisante pour les mois de février et mars aux communautés peu évolutives car les typologies obtenues sont dans la majeure partie des cas superposées.

D'un point de vue pratique, l'adjonction des données issues de tout nouvel échantillonnage à la matrice contenant l'ensemble des données d'une station ainsi que le traitement mathématique de routine au moyen des AFC permet de suivre l'évolution, pratiquement en temps réel, des peuplements perturbés par les épandages d'insecticides antismulidiens.

En ce qui concerne les épandages, il convient pour l'emploi de la perméthrine de restreindre son application à la saison des hautes eaux et de ne pas dépasser quelques cycles afin que les entomocénoses d'étiages puissent se développer sans trop de dommages.

### Summary

The five insecticides (B.t., Abate, chlorphoxim, carbosulfan, permethrin) used by the Onchocerciasis Control Programme have neither the same toxicity nor the same selectivity for the principal taxa. A hypothesis can therefore be put forward that a characteristic community structure will appear in the long run for each product; this structure being mainly the consequence of direct toxicity but take into account also the duration of the life cycles as well as spatial and trophic competitions.

Typologies were established by means of reciprocal averaging analysis (AFC). They were applied to eight taxa of the saxicolous fauna colonizing, during the months of December, January, February and March, the reaches of the Marahoué at Danangoro and Entomokro and the Niandan at Sassambaya.

All the insecticides sprayed during the dry season led to a typology different from that observed for the non-treatment period and every insecticide led to a characteristic community structure. The more insecticides were estimated to be toxic in gutter tests, the more typologies differed from the reference one. Thus for B.t., the typological differences between the period of B.t. treatment and the periods of non-treatment were often slight; certain B.t. data partly overlapped pre-treatment data. On the other hand, the Abate-related community structure changes were more marked than those corresponding to the action of B.t., which reveals a greater disruption of the environment. They were related as much to the increase in certain taxa (Chironomidae) as to the sometimes very great decrease in others (for example, Tricorythidae). As to chlorphoxim, it led to the best individualized community structures, particularly characterized by the abundance of the Orthocladiinae and Chironomini and the great reduction of the Tricorythidae and the Baetidae populations. The first treatments, when they took place during the months of river monitoring (December–March), presented a taxonomic profile which resembles that of a greatly disrupted river. Carbosulfan treatments made during the high-water period had no influence on the community structure from December to March. Lastly, permethrin larviciding in the high-water period on the Danangoro and Niandan stations disrupted the low-water and flood-subsidence typologies. On the Niandan, the effect would appear to be greater during the second treatment campaign as compared to that observed during the first.

The taxa populations react differently to the different insecticides; the populations of some of them remain the same or decrease while others increase certainly because of their low susceptibility and the reduced spatial or trophic competition.

### Bibliographie

- BURDICK, G. E., DEAN, H. J., SKEA, J. C. & FRISA, C. N. (1974): Effects of blackfly larviciding in some Adirondack streams. — *N. Y. Fish. Game J.* 21 (1): 1–17.
- DEJOUX, C. & ELOUARD, J.-M. (1977): Action de l'Abate sur les Invertébrés aquatiques. I. Cinétique de décrochement à court et moyen terme. — *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.* 11 (3): 217–230.
- DEJOUX, C., JESTIN, J.-M. & TROUBAT, J.-J. (1983): Validité de l'utilisation d'un substrat artificiel dans le cadre d'une surveillance écologique des rivières tropicales traitées aux insecticides. — *Rev. Hydrobiol. trop.* 16 (2): 181–193.
- EDT, D. C. (1975): The effect of Fenitrothion from large scale forest spraying on benthos in new Brunswick headwater streams. — *Can. Ent.* 107: 743–760.
- ELOUARD, J.-M. (1983): Impact d'un insecticide organophosphoré (le téméphos) sur les entomocénoses associées aux stades préimaginaux du complexe *Simulium dam-*



- nosum* THEOBALD (Diptera: Simuliidae). — Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris XI, centre d'Orsay, 576 pp.
- (1988): Cinétique de colonisation des substrats flottants par les stades préimaginaux de Simulies (Diptera: Simuliidae). Incidence des épandages répétés de téméphos. — Rev. Hydrobiol. trop. 21 (3): 207–220.
- ELOUARD, J.-M. & FAIRHURST, C. (1989): Impact des insecticides antisimulidiens employés par le Programme de Lutte contre l'Onchocercose sur les entomocénoses aquatiques. Emploi alterné de l'Abate, du chlorphoxime et du *Bacillus thuringiensis*. — Bull. IFAN, 47, sér. A (1): 165–183.
- ELOUARD, J.-M. & JESTIN, J.-M. (1982): Impact of the temephos on the non-target fauna. A. Utilization of correspondence analysis for studying surveillance data collected in the Onchocerciasis control programme. — Rev. Hydrobiol. trop. 15 (1): 23–31.
- ELOUARD, J.-M. & SIMIER, M. (1990 a): Typologie des sensibilités des insectes aquatiques envers certains larvicides. — OCP/VCU/HYBIO/90.20. Rapp. ORSTOM Montpellier no 1, 35 pp.
- (1990 b): Structure des peuplements d'insectes lotiques soumis aux épandages d'insecticides antisimulidiens dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose. — OCP/VCU/HYBIO/90.21. Rapp. ORSTOM Montpellier no 2, 64 pp.
- FAIRHURST, C. P., ELOUARD, J.-M. & SAMMAN, J. (1986): Onchocerciasis Control Programme Aquatic Monitoring. Summary of results. — Rapp. University of Salford — ORSTOM, Lab. Hydrobiologie Bamako, 22 pp.
- FLANNAGAN, J. F., TOWNSEND, B. E. DE MARCH, B. G. E., FRIESEN, M. K. & LEONHARD, S. L. (1979): The effects of an experimental injection of methoxychlor on aquatic invertebrates: accumulation, standing crop and drift. — Can. Ent. 111: 73–89.
- LE BERRE, R. (1966): Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* THEOBALD, 1903 (Diptera: Simuliidae). — ORSTOM Paris Publ., 197 pp.
- LEVEQUE, C., ODEI, M. & PUGH THOMAS, M. (1977): The Onchocerciasis Control Programme and the monitoring of its effect on the riverine biology of the Volta basin. — In: PERRING, P. H. & MELLADY, K. (Eds.). Ecological effects of pesticides. — Linn. Soc. Symp. Sér. 5: 133–143.
- RABENI, C. F., DAVIES, S. P. & GIBBS, E. (1985): Benthic invertebrate response to pollution abatement: structural changes and functional implications. — Wat. Res. Bull. 21 (3): 489–497.
- WALLACE, R. R. & HYNES, H. B. N. (1975): The catastrophic drift of stream insects after treatments with methoxychlor (1,1,1-Trichloro-2, 2-bis (p-methoxyphenyl) ethane). — Environ. Pollut. 8: 255–268.