

RAPPORT STAGE DE PREMIER CYCLE

UNIVERSITE PARIS XI

1987

Norbert DELAHAYE

**ETUDE DE L'IMPACT D'UN
INSECTICIDE
ANTISIMULIDIEN SUR
LES INSECTES
AQUATIQUES NON-CIBLES**

Etudiant en seconde année de DEUG B (sciences de la nature) à la faculté d'Orsay (Paris XI), j'ai effectué un stage nécessaire à l'obtention du diplôme de premier cycle dont le thème a un rapport avec les études suivies pendant ces deux dernières années à l'université.

Après plusieurs contacts auprès de divers organismes nationaux et internationaux concernant l'aide médicale et scientifique aux pays du tiers monde, l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) m'a proposé un stage de six semaines au laboratoire d'hydrobiologie de Bamako (Mali).

Que soient remerciés ici soit pour leur aide matériel et technique, soit pour leurs conseils pratiques et scientifiques, les personnes suivantes:

-Mme C. Doré (ORSTOM, Paris)

-Mlle C. Maes, Mr et Mme Elouard, Mr D Paugy (directeur du laboratoire), Mr J. Troubat, Mr F.M. Gibon, Mr J. Wuillot et Mr M. Bihoum du laboratoire d'hydrobiologie ORSTOM, Bamako.

-Mme E. Larras (laboratoire de zoologie, Paris XI)

-Mr le Professeur F. Ramade (laboratoire d'hydrobiologie, Paris XI)

-Mr C. Levêque (Museum National d'Histoire Naturelle, Paris)

-Mr R. Le Berre et Mr A. Prost de l'OMS, Genève.

-Mr D. Delahaye (informaticien O.M.A., Bamako)

SOMMAIRE

INTRODUCTION	<i>page 3</i>
<i>1ère Partie:</i> INSECTICIDES	<i>page 7</i>
<i>2ème Partie:</i> TECHNIQUES DE SURVEILLANCE	<i>page 14</i>
<i>3ème Partie:</i> RESULTATS ET INTERPRETATIONS D'UN PREMIER TRAITEMENT SUIVIT PAR LA DERIVE	<i>page 25</i>
ANNEXES	<i>page 40</i>
BIBLIOGRAPHIE	<i>page 89</i>

INTRODUCTION

Dans le règne animal, certains êtres vivants sont dits "parasites" car ces organismes ne peuvent accomplir leur cycle de vie sans un ou plusieurs intermédiaires appelés "hôtes".

Certains de ces parasites sont responsables de maladies pouvant être préjudiciables à la santé de l'être humain.

Parmi les possibilités de contamination, l'une d'elle nécessite un intermédiaire appelé vecteur qui est souvent un arthropode hématophage (exemple: trypanosomiase transmise par la mouche Tsé-Tsé, paludisme par *Anophèles*, fièvre jaune par *Aedes*..)

Nous étudierons plus particulièrement la phase de transmission de l'Onchocercose humaine par *Simulium damnosum s.l.* L'Onchocercose est une filariose causée par le développement, d'un Nématode (*Onchocerca volvulus*). La femelle adulte de ce ver pond pendant les 10 ans de son existence des microfilaires (embryons) qui migrent dans les tissus dermiques. L'atteinte des tissus dermiques oculaires (cornée, rétine) causent alors de graves troubles entraînant généralement à long terme la cécité de l'individu parasité, l'onchocerquien.

Ces microfilaires (larves asexuées) ne deviennent infectantes que si elles ont subi les transformations nécessaires dans l'organisme du

vecteur, la Simulie (en Afrique de l'Ouest, les espèces du complexe *Simulium damnosum*). Cette étape indispensable dans le cycle de transmission du parasite explique la correspondance entre la distribution de la maladie et la présence du vecteur.

Les stades préimaginaux de *Simulium damnosum* s.l. sont inféodes aux eaux courantes, ce qui explique la concentration de l'Onchocercose le long des rivières ainsi que le dépeuplement consécutif de certains villages et vallées de leurs habitants fuyant cette endémie.

Suite à la détresse ressentie par les populations contaminées d'Afrique de l'Ouest, plusieurs organisations internationales ont répondu à l'appel en mettant en oeuvre le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le bassin des Volta dès 1975 et pour une durée de 20 ans; le maître d'oeuvre étant l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Ce programme maintenant beaucoup plus étendu concerne huit états différents qui sont le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Ghana, la Guinée, le Mali, le Niger et le Togo.

Puisque que l'on ne connaît pas encore de traitements efficaces utilisables en campagne de masse contre l'agent pathogène, l'arrêt de la transmission de l'onchocercose ne peut se faire qu'en éliminant le vecteur. Le stade larvaire étant concentré dans les eaux courantes, l'utilisation de larvicides antisimulidiens est la méthode la plus efficace et la moins coûteuse qui autorise la destruction massive des Simulies pendant la

période théorique (10-12 ans) de vie des adultes chez les onchocerquiens.

Après 10 années de lutte, les résultats satisfaisants sont les suivants:

-Les populations simulidiennes sont contrôlées sur 18 000 kilomètres de rivières.

-la transmission du parasite est interrompue dans 90% de l'aire du programme.

-trois millions d'enfants n'ont plus l'onchocercose.

-les vallées fertiles désertées se repeuplent.

Afin de protéger l'environnement, une surveillance des gîtes traités est assurée par sept équipes nationales et le laboratoire d'hydrobiologie de l'ORSTOM à Bamako. Ce contrôle consiste à quantifier l'impact des larvicides à court, moyen et long terme sur les Simulies et les invertébrés aquatiques présents dans les cours d'eau. L'impact dit à court terme traduit la mortalité directe apparaissant dans les heures qui suivent l'épandage. Les effets constatés sont directement imputables aux toxiques et sont indépendants de la structure des communautés; ainsi, l'action du pesticide sur une espèce ne dépend ni de la sensibilité, ni de l'abondance des autres espèces. Par contre sous l'appellation d'impact à long terme, on regroupe toutes les modifications apparaissant plus tardivement, une fois le premier impact terminé. Les liens entre le pesticide et les effets constatés sont, soit la conséquence d'une morbidité chronique, engendrée par un épandage antérieur, soit plus complexes et dus à des modifications

dans les peuplements ou les chaînes trophiques. On désigne sous le terme d'impact à moyen terme, les modifications intervenant dans le mois qui suivent l'épandage. Les surveillances à court, moyen et long termes sont donc établies à partir du premier traitement de la rivière et comparées à des données de références récoltées durant les années qui le précède.

Dans ce rapport, seul est développé l'impact à court terme sur la dérive des insectes aquatiques d'un premier traitement au *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i*), effectué sur le Niandan (Guinée).

1ère Partie

INSECTICIDES

- 1-1* **Généralités** *page 8*
- 1-2* **Choix des insecticides** *page 9*
- 1-2-1* contingences biologiques
- 1-2-2* contingences économiques
- 1-3* **Insecticides utilisés** *page 11*

1-1 Généralités

Dans le but de réduire les populations de Simulies jusqu'à un seuil engendrant une transmission sub-minimale, plusieurs types de luttés peuvent être envisagées:

-Soit une lutte chimique utilisant des insecticides soit chimiques soit biologiques (exemple: le téméphos, le chlorphoxime, la permethrine, le carbosulfan...).

-Soit une lutte biologique qui fait intervenir d'autres organismes vivants dont seulement deux ont été testés et sont opérationnels en campagne de traitement. Il s'agit:

-d'un Nématode parasite de la famille des Mermithidae. Toutefois la période trop courte de présence des Mermithides en regard de la persistance de *S. damnosum s.l.* dans les rivières et les conditions trop délicates de production en masse de ces parasites rendent à l'heure actuelle utopique l'utilisation de ce procédé dans la lutte contre le vecteur de l'Onchocercose.(Mondet *et al.* , 1976)

-d'une bactérie, le *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i*) (sérotype H-14) de la famille des Bacillaceae qui est un bacille sporogène et cristallogène dont le cristal libère des toxines mortelles une fois ingérées par les larves du complexe *Simulium damnosum*. Mais des expériences ont montré que seul le cristal traité sous forme d'un larvicide est utilisable dans le cadre de la lutte contre l'Onchocercose d'où son

intégration dans la lutte chimique.

Dans le cas de la lutte chimique, de très nombreux insecticides ou formulations (plus de 200 au total) ont été testés par le Programme de Lutte contre l'Onchocercose.

1-2 Choix des insecticides

L'Onchocerciasis Control Programme (OCP) est responsable des traitements de larvicides contre *Simulium damnosum s.l.* dans les huit états de l'Afrique de l'Ouest où s'exerce la lutte. L'OCP porte donc un grand intérêt à tous les insecticides qui peuvent être efficaces comme larvicides antisimulidiens et détermine les conditions nécessaires que doit remplir un pesticide pour être utilisé.

1-2-1 contingences biologiques

- Il doit être efficace à 100% contre les larves de *S. damnosum s.l.*
- Son utilisation ne doit être en aucun cas toxique pour le personnel l'employant lors des épandages ainsi que pour les populations riveraines.
- L'insecticide ne doit pas avoir ou très peu d'effets à court et long terme sur les Poissons que ce soit de façon directe ou indirecte puisqu'il est une des sources de nourriture des villages riverains des cours d'eau.
- Il doit être le moins toxique possible pour les invertébrés

non-cibles.

-Les différents insecticides doivent appartenir à des familles chimiques différentes pour éviter les problèmes de résistance croisée.

-Le larvicide doit être biodégradable.

-Etant donné que l'eau des rivières est la source d'eau potable des villages riverains, il est nécessaire de connaître les doses maximales de toxicité tolérable par l'homme et les mammifères.

Ces critères biologiques signifient que l'épandage de larvicide doit modifier aussi peu que possible à court, moyen et long terme les écosystèmes ainsi que les équilibres écologiques et qu'il est intolérable qu'il soit préjudiciable à la santé des populations vivant près des rivières traitées.

1-2-2 contingences économiques

Les critères économiques sont surtout fondés sur les coûts que représentent l'achat et l'utilisation d'un larvicide (moyens d'épandage aérien, main d'oeuvre...). Et, il est important que l'insecticide soit utilisable en faible quantité tout en gardant son maximum d'efficacité pendant une assez longue période et sur une longue distance de rivière de façon à minimiser les quantités de larvicide utilisé et le nombre d'épandages qui nécessitent d'importants moyens logistiques et financiers.

1-3 Insecticides utilisés

Le larvicide utilisé depuis le début du Programme est un insecticide organophosphoré: le témephos ou l'Abate®. Ce dernier était presque idéal car il présentait une grande efficacité vis-à-vis des Simulies et une faible innocuité vis-à-vis de la faune non-cible (Guillet *et al.*, 1980). Cependant après plusieurs années d'utilisation, une résistance est apparue en Côte d'Ivoire chez certains membres du complexe *S. damnosum*. Il a donc fallu trouver des insecticides de remplacement, aussi efficaces que le témephos et si possible aussi peu toxiques.

Le premier insecticide disponible et satisfaisant à ces deux critères a été le chlorphoxime qui est également un organophosphoré. Toutefois ce dernier s'est avéré plus toxique que l'Abate® pour les invertébrés non-cibles (Statzner, 1980). De plus, une résistance croisée à ce pesticide avec celle engendrée par le témephos, est apparue rapidement chez certains membres du complexe *S. damnosum s.l.*

Les recherches se sont alors orientées vers des larvicides appartenant à d'autres familles chimiques telle que le *B.t.i* considéré comme un insecticide biologique. Ce larvicide est peu toxique vis-à-vis de la faune non-cible et relativement performant du point de vue toxicité envers les Simulies (Dejoux *et al.*, 1985). Cependant, du fait d'une partielle inadéquation de sa formulation, il n'est opérationnel que lorsque le débit des rivières est inférieur à $75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, c'est à dire essentiellement durant la période des basses eaux ou sur les petits affluents durant la période des hautes eaux.

Afin de compenser les restrictions d'emploi du *B.t.* lors de la saison des pluies sur les zones où le tèmephos et le chlorphoxime ne sont plus efficaces, deux insecticides chimiques de remplacement sont utilisés: le carbosulfan (carbamate) et la perméthrine (pyrethrianoïde). Ces deux larvicides efficaces contre *S.damnosum s.l.*, présentent une forte toxicité pour les invertébrés non-cibles. De plus, l'utilisation du carbosulfan est coûteuse d'où son utilisation par OCP qu'en cas extrême, en saison des hautes eaux.

On constate donc la complexité de l'utilisation d'un insecticide qui doit satisfaire de nombreux critères. Afin d'obtenir un nouveau larvicide efficace contre les Simulies et peu toxique envers la faune non-cible, plusieurs centaines de pesticides sont testés. Ils doivent appartenir à des familles chimiques différentes afin d'éviter les résistances croisées. Les recherches se font tout azimut. Ainsi, les Insecticides Régulateurs de Croissance (IGR), mimétiques d'hormones d'invertébrés (hormone de croissance ou de mue), paraissent après avoir été testés, prometteurs. Mais étant donné le coût élevé de leur utilisation et leur efficacité souvent variable sur le vecteur, les recherches sont encore au stade expérimental.

La stratégie d'utilisation des insecticides est donc variable:

- selon la présence ou l'absence des espèces du complexe de *S. damnosum s.l.* résistantes au tèmephos et/ou au chlorphoxime,
- selon le débit des rivières,
- selon le coût du produit et les stocks disponibles

En résumé, voici le tableau d'utilisation des insecticides suivant les résistances rencontrées et les saisons:

	pas de résistance	résistance au témephos	résistances au témephos et au chlorphoxime
saison des basses eaux	témephos	chlorphoxime	<i>B.t.i</i>
saison des hautes eaux	témephos	chlorphoxime	perméthrine ou carbosulfan

2-1

Introduction

Dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose, malgré les contingences fixées par OCP, l'utilisation d'insecticides peut entraîner la disparition ou la prolifération d'organismes non-cibles et parfois une rupture de la chaîne alimentaire aboutissant aux Poissons. Dès le début du Programme de Lutte, il paraissait donc indispensable qu'une surveillance des milieux traités soit mise en place afin que l'utilisation d'insecticides antisimulidiens n'entraîne aucun impact notable à court, moyen ou long terme sur la faune aquatiques.

A court terme, la surveillance mesure le taux de mortalité dans les heures qui suivent le traitement. Dans l'affirmative, ces variations sont directement imputables à l'effet toxique de l'insecticide.

A long terme, la surveillance consiste en l'observation de l'impact du larvicide sous deux aspects:

- soit par l'étude des variations d'abondance (augmentation, invariance ou diminution) des populations des différents taxons.

- soit par l'étude de l'évolution des structures des communautés d'invertébrés.

Bien sûr, les évolutions à long terme des peuplements dépendent en premier lieu de l'impact direct à court terme de chaque insecticide sur les populations, mais également de l'impact indirect par le biais des modifications des chaînes alimentaires et/ou de la libération de niches.

2-2 **Méthodes**

2-2-1 **Méthodes de prélèvement**

L'impact à court terme a été essentiellement suivi par l'étude de la dérive des insectes.

Le terme de dérive est généralement employé pour désigner le déplacement, volontaire ou non, vers l'aval, dans le courant, des organismes lotiques. Il convient cependant de distinguer différentes causes à ce déplacement, et de définir les principaux types de dérive, en nous limitant à la dérive des insectes.

On distingue la dérive de comportement qui inclut les migrations en pleine eau vers l'aval, ainsi que les émigrations dues à la recherche de nouveaux biotopes en relation avec le changement d'écophase ou résultant de modifications défavorables des facteurs du milieu voire encore de surpopulations. Ce type de dérive s'oppose à la dérive dite de base qui comprend la dérive exceptionnelle (décrochement de l'insecte fixé à un substrat provoqué par une perturbation brutale du biotope) et la dérive de mortalité (dérive des insectes morts ou en mauvaise condition physiologique, incapables de résister au courant. Cette dernière est d'origine endogène pour les insectes lotiques et exogène pour les adultes aériens de larves aquatiques) (Elouard et Lévêque, 1977).

De façon générale, la dérive de comportement des larves d'insectes

est un phénomène complexe résultant de l'activité biologique des organismes et dépendant des facteurs abiotiques tels que la lumière, la température, la turbidité.

De plus, quel que soit le taxon, son abondance dans la dérive n'est pas constante mais varie selon les heures, les jours et les saisons. Une des caractéristiques les plus notables de la dérive est la variation nycthemérale du nombre d'organismes dérivants avec le plus généralement un minimum diurne et un maximum nocturne (Elouard, 1984).

Il est donc possible de connaître l'impact à court terme d'un larvicide antisimulidien en comparant la cinétique nycthemérale de dérive des insectes aquatiques non-cibles avant et après le traitement de la rivière. Les méthodes employées correspondent à l'utilisation soit de filets à dérive soit de gouttières.

Les filets à dérive (fig. 2) au nombre de trois, sont montés sur un cadre métallique. Le vide de maille des poches filtrantes est suivant les filets, soit de 200μ soit de 500μ . Chaque filet dont l'ouverture est de 25×25 cm, est muni d'un collecteur à embout amovible. Lors des prélèvements, le cadre métallique est immergé dans les zones de courant rapide à l'aval d'un bief lotique. Ces prélèvements de durée constante, sont effectués à des intervalles de temps assez rapprochés de façon à obtenir un nombre suffisant de prélèvements pour pouvoir tirer des conclusions sur la cinétique de dérive et l'impact de l'insecticide.

L'utilisation des gouttières artificielles (fig. 4) est la méthode la mieux adaptée pour tester et comparer quantitativement et

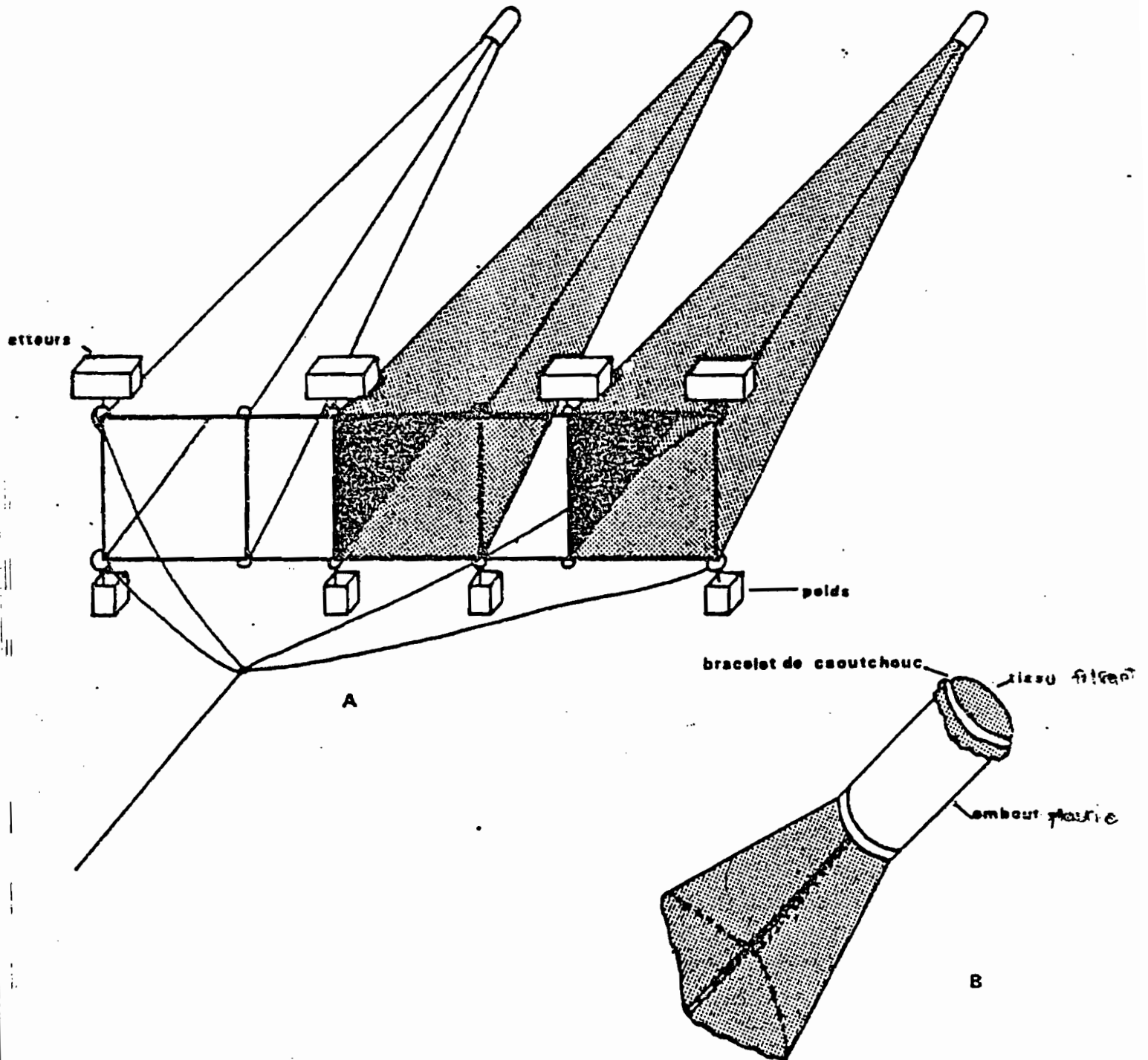


Figure 2: Système triple pour récolter la dérive

A: Ensemble du cadre supportant les trois filets

B: Embout filtrant et amovible

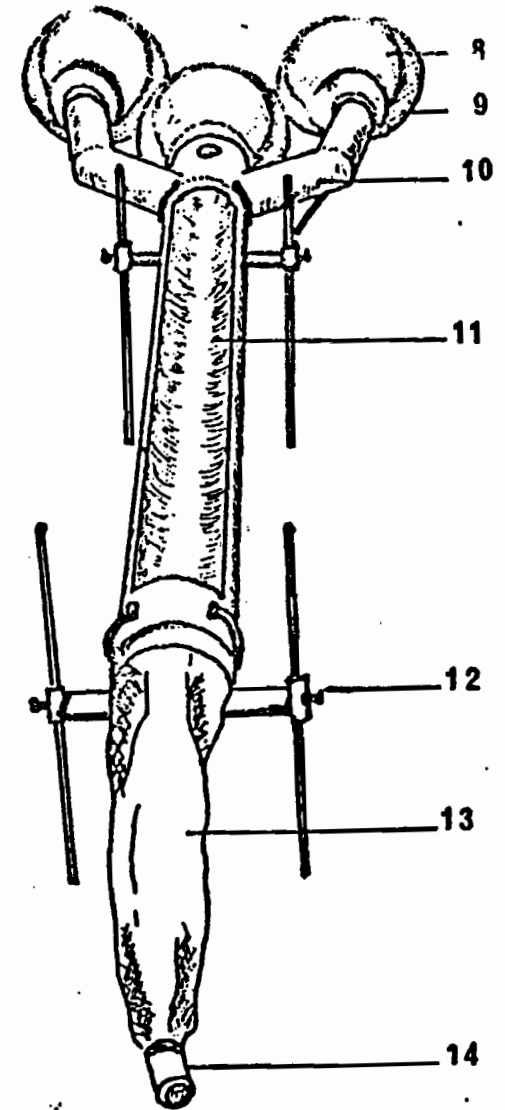
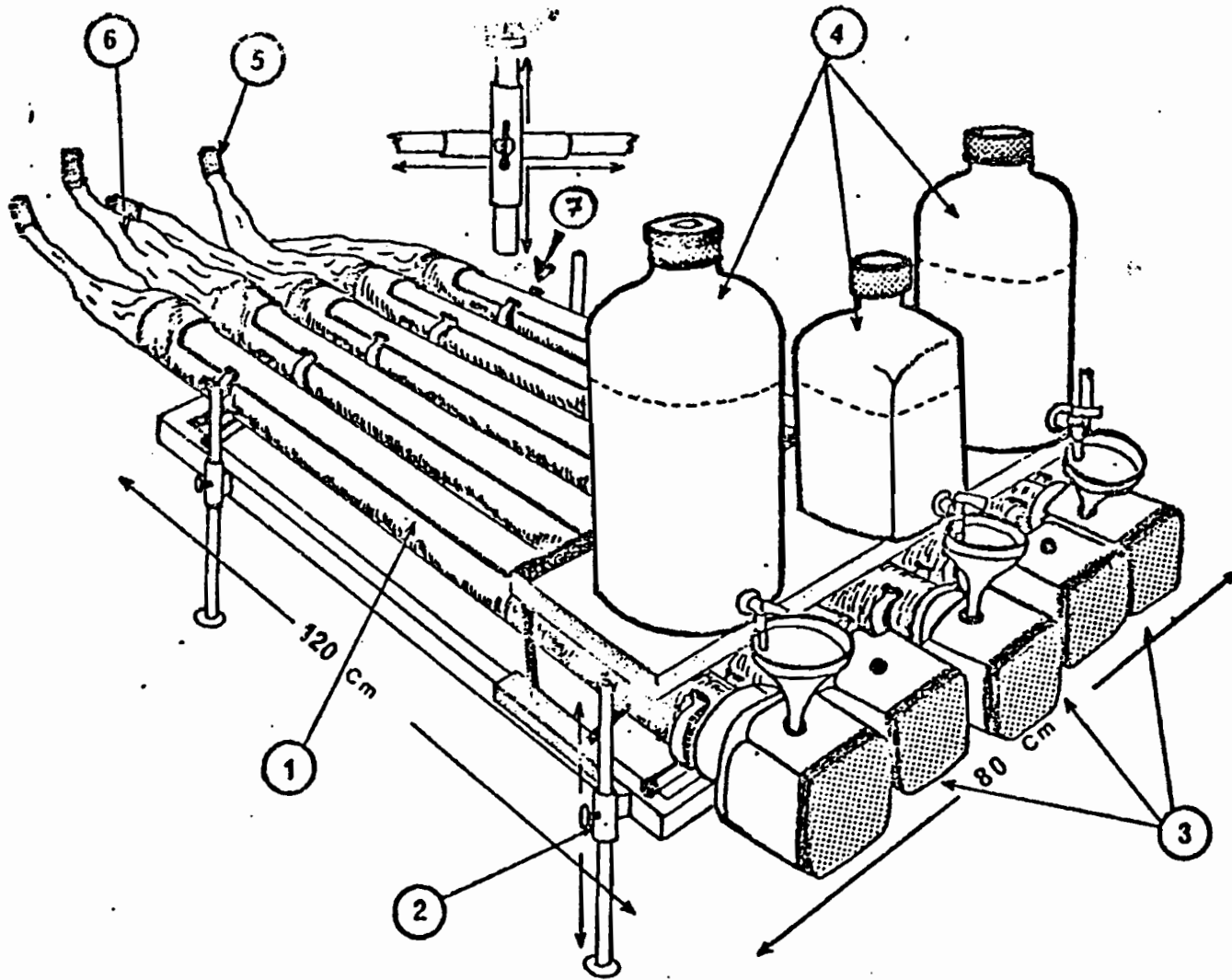


Figure 4

A - Système à gouttières multiples : 1 - corps des gouttières (partie expérimentale) où sont disposés les substrats naturels ; 2 - système de support permettant le réglage en hauteur de l'ensemble du bâti ; 3 - tamis d'arrêt de la dérive naturelle avec dispositif d'accélération du courant ; 4 - réservoirs contenant les solutions de pesticide ; 5 - collecteurs ; 6 - filets de récolte de la dérive des organismes de gouttières ; 7 - système de fixation individuel de chaque gouttière réglable en hauteur et latérale.

B - Système de gouttière individuelle : 8 - entonnoir de captage d'eau ; 9 - filet d'arrêt de la dérive naturelle ; 10 - bras d'accélération du courant ; 11 - corps de la gouttière où sont disposés les substrats naturels ; 12 - système de support, réglable en hauteur ; 13 - filet de récolte de la dérive en provenance de la gouttière ; 14 - collecteur.

statistiquement la toxicité d'un insecticide puisque le nombre d'individus de chaque espèce testée est connu. Elles reproduisent de façon assez satisfaisante les conditions physico-chimiques des eaux du milieu et la structure faunistique puisque on y introduit des substrats naturels déjà colonisés. L'inconvénient de l'utilisation de cette méthode est la nécessité de placer le matériel cinq jours avant le traitement afin que les gouttières soient colonisées de façon stable par les insectes aquatiques.

Dans le cadre de l'étude de l'impact d'un insecticide à moyen et long terme, on n'étudie plus l'impact d'un épandage mais la structure des communautés résiduelles. Les plus riches et les plus faciles à étudier sont les communautés colonisant les rochers (faune saxicole). Les prélèvements sont faits avec l'échantillonneur de Surber (fig. 3). Il permet de recueillir les individus présents dans une surface de 20x20 cm. Les organismes, détachés du substrat à l'aide d'une brosse sont récoltés dans un collecteur à embout filtrant. Cinq prélèvements au minimum sont nécessaires pour avoir un échantillonnage représentatif de la faune du biotope "rocher en eau courante". Cette méthode d'échantillonnage est inopérante en période des hautes eaux à cause de l'inaccessibilité des substrats rocheux.

2-2-2 Tri et identification des taxons

Au début du programme, étant donné que la taxinomie des insectes aquatiques tropicaux était peu connue, le niveau d'identification s'arrêtait à la famille ou à l'ordre. Après dix années de surveillance, la taxinomie s'est considérablement enrichie et le niveau d'identification atteint

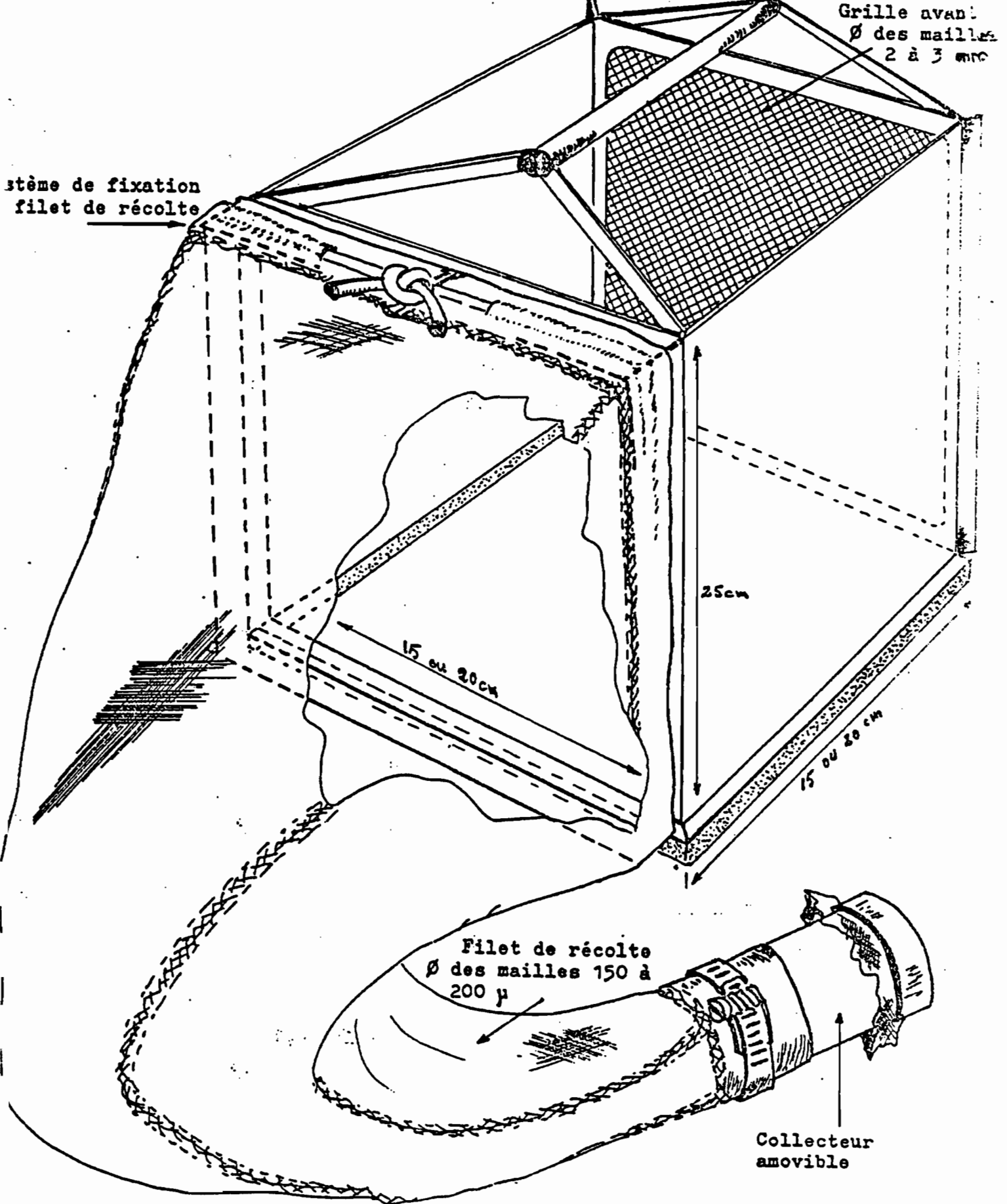


Figure 3: Schéma d'un échantillonneur de type "Surber" modifié, de surface de base 15 ou 20 cm.

maintenant le genre et souvent l'espèce. Mais la correspondance larve-imago reste parfois ambiguë. Toutefois vu le temps que demandent les tris effectués au niveau taxinomique, le niveau du tri sera variable selon l'importance et l'abondance du groupe considéré. Actuellement, le comptage et le tri s'effectuent au niveau de l'ordre, de la famille, de la sous-famille, du genre voire dans certains cas de l'espèce.

2-2-3 Méthodes de traitement des données

Dans le cas des techniques d'étude de l'impact de l'insecticide à court terme (gouttières et filets à dérive), il est nécessaire afin de pouvoir comparer les résultats obtenus à des temps et des lieux différents, de rapporter le nombre d'individus au volume d'eau filtré.

On définit alors l'indice de dérive dont la formule est la suivante:

$$\text{Indice de dérive} = N / V \quad \text{et} \quad V = S * v * t$$

Avec:

N: nombre d'individus récoltés

V: volume d'eau filtré (m³)

S: surface d'ouverture du filet ou de la gouttière (m²)

v: vitesse du courant (m s⁻¹)

t: durée du prélèvement (s)

d'où

Indice de dérive: nombre d'individus par m³ d'eau filtré.

Les analyses uni ou bivariées permettent d'interpréter les données

obtenues

Dans le cas de l'impact de l'insecticide a moyen et long terme, les études sont basées sur l'évolution des peuplements. Les données restent exprimées en nombre d'individu par surface de l'échantillonneur de Surber, ce qui signifie nombre d'individu par unité de surface puisque la surface de l'appareil utilisé reste constante. Les résultats sont beaucoup plus complexes à interpréter puisque le nombre de taxons, la saison, le débit de la rivière et l'insecticide sont pris en compte. Seules les analyses multidimensionnelles fournissent des images susceptibles d'être interprétées.

2-3 Principaux résultats

A court terme, l'impact de l'Abate® se résume en une augmentation de 10 à 30% de l'intensité de la dérive après chaque traitement avec un effet plus marqué sur une faune vierge que sur une faune régulièrement traitée (Dejoux et Troubat, 1976). De même, l'étude de l'impact à court terme du chlorphoxime, révèle une augmentation brutale et importante de l'intensité de la dérive intervenant juste après l'épandage du larvicide avec de façon générale un effet sur les invertébrés aquatiques nettement plus marqué qu'avec l'Abate®.

A long terme, le fait le plus marquant est la disparition momentanée du complexe *S. damnosum s.l.* D'autres modifications ont également été décelées pour certains groupes d'insectes aquatiques non-cibles telles que la rarefaction des Tricorythidae, la disparition et le remplacement de

certaines Hydropsychidae et l'augmentation des densités de certains taxons suivant l'insecticide utilisé (Elouard et Fairhurst, sous presse). On constate sur toutes les rivières, l'établissement de communautés typiques de chaque insecticide (témephos, chlorphoxime, *B.t.i*) et différentes de celles observées avant traitement.

2-4 Conclusions

Malgré les treize années d'étude d'impact des insecticides épanchés par OCP sur la faune aquatique non-cible, bien des aspects de la toxicité des produits épanchés et des modifications qu'ils entraînent au niveau des entomocénoses restent inconnus. Ainsi, il apparaît qu'à long terme le *B.t.i* engendre une typologie des peuplements qui lui est caractéristique alors que les nombreux tests effectués à court terme démontrent sa quasi-inocuité envers la faune non simulidienne. Lors de l'application de cet insecticide, on constate la disparition de populations de certains taxons qui ne réagissaient pas dans les tests à court terme. On voit donc que les relations entre impacts à court et long terme ne sont pas évidentes. Il faut de plus remarquer que le *B.t.i* est apparu tardivement dans le programme. Il a été employé sur des rivières préalablement traitées à l'Abate® et/ou au chlorphoxime. La "typologie *B.t.i*" n'est donc peut-être pas réelle et serait peut-être une conséquence "historique".

C'est donc dans l'optique d'éclaircir ces constatations, qu'a été entreprise une série d'expériences et de surveillance sur une rivière n'ayant jamais été traitée à l'insecticide. L'étude de l'impact à court terme du *B.t.i* sur la faune du Niandan constitue une première étape

*3ème Partie***RESULTATS ET INTERPRETATIONS
D'UN PREMIER TRAITEMENT
SUIVIT PAR LA DERIVE**

<i>3-1</i>	<u>Introduction</u>	<i>page 26</i>
<i>3-2</i>	<u>Matériel et méthode</u>	<i>page 26</i>
<i>3-3</i>	<u>Résultats</u>	<i>page 27</i>
<i>3-4</i>	<u>Synthèse des résultats</u>	<i>page 30</i>
<i>3-4-1</i>	Courbes des indices en fonction des heures	
<i>3-4-2</i>	Tests non-paramétriques de Mann-Whitney	
<i>3-4-3</i>	Droites de régression	
<i>3-5</i>	<u>Analyses et discussions</u>	<i>page 32</i>
<i>3-6</i>	<u>Conclusions</u>	<i>page 38</i>

3-1 Introduction

Contrairement aux rivières traitées actuellement au *B.t.i.*, le Nianqan (Guinée) n'a subi aucun épandage avant le 8 avril 1987. Il paraît alors intéressant d'étudier les impacts à court et long termes de cet insecticide sur la faune de cette rivière après un premier traitement. De plus, étant donné que depuis plusieurs années, des prélèvements sont effectués sur le gîte, il est possible de déterminer les variations de la faune en place induite par l'insecticide en référence avec les données pré-traitement. Dans ce rapport, seul l'impact à court terme sur les insectes aquatiques est développé.

3-2 Matériel et méthode

La technique employée pour l'étude de l'impact à court terme correspond à l'utilisation des filets à dérive.

Les prélèvements effectués par des membres du laboratoire d'Hydrobiologie de Bamako se sont échelonnés sur une période de 48 heures (les 7, 8 et 9 avril 1987), 24 heures avant et 24 heures après le traitement. Les intervalles de temps séparant les prélèvements varient de 15 minutes pendant les heures qui suivent l'épandage et les périodes nocturnes de forte intensité d'indice de dérive, jusqu'à quatre heures pendant les périodes où le taux de dérive est théoriquement faible et constant. La durée de chaque prélèvement est de 2 minutes. Ils sont pratiqués avec des filets triples de dérive de mailles 200 μ m et d'ouverture 25 x 25 cm. Mais dans le cadre de ce rapport seuls les échantillons issus du filet central sont étudiés.

Le seul paramètre abiotique nécessaire à l'interprétation des résultats (calcul de l'indice de dérive) est la vitesse du courant dont voici les valeurs:

le 7 avril de 10:00 à 22:00:	0,75 m s ⁻¹
le 8 avril de 2:00 à 10:00:	0,68 m s ⁻¹
le 8 avril de 11:00 à 17:00:	0,62 m s ⁻¹
du 8 à 18:00 au 9 avril à 12:00:	0,57 m s ⁻¹

Le traitement de la rivière a été effectué en amont de la station (50 mètres) le 8 avril 1987 à 11^h54.

Une fois les échantillons triés, nous ne prendrons en considération que les taxons numériquement abondants. Les résultats sont regroupés dans le tableau 4.

J-J

Résultats

Les vitesses mesurées n'étant pas constantes du début à la fin de l'expérience, il est nécessaire d'exprimer les résultats en indice de dérive c'est à dire en nombre d'individu par m³ d'eau filtrée.

L'équation de calcul de chaque indice s'écrit alors:

$$\text{Indice de dérive} = \text{Nbre d'individu} / V \text{ avec } V = 0,0625 * 120 * v$$

avec: V = volume d'eau filtré (m³), v = vitesse du courant (m s⁻¹), t = 120 sec, S = 0,0625 m². Les indices sont consignés dans le tableau 5.

HEURES 10 00 12 00 14 00 16 00 18 00 19 20 20 00 20 40 21 30 2 00 7 00 9 00 11 00 12 15 12 45 13 15 13 45 14 30 15 30 17 00 18 20 19 00 19 40 20 20 21 00 22 00 2 00 6 00 8 00 10 00 12 00

TRICOPTERES	10 00	12 00	14 00	16 00	18 00	19 20	20 00	20 40	21 30	2 00	7 00	9 00	11 00	12 15	12 45	13 15	13 45	14 30	15 30	17 00	18 20	19 00	19 40	20 20	21 00	22 00	2 00	6 00	8 00	10 00	12 00		
HYDROPSYCHIDAE																																	
APHYRSYCHÉ	0	3	1	2	1	20	26	53	42	25	5	7	2	2	1	2	2	1	0	0	0	0	44	25	22	41	11	5	1	4	1		
CHEILUMTOPSYCHÉ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0		
HYDROPSYCHÉ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
POLYDORPHYANUSUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ACTHALOPTERA	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
LEPTOMERIS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MACROSTERNUM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PROTOPACRODROMUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PHILOPOTAMIDAE	0	0	1	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0		
HYDROPTILIDAE	1	0	0	0	1	3	7	6	4	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	2	3	4	3	0	2		
ECNODIDAE	1	0	0	0	0	1	1	1	4	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	5	5	0	0	0	0		
LEPTOCERIDAE	0	0	0	0	0	2	2	4	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	3	3	2	1	1	0		
POLYCENTROPIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0		
TOTAL	10	3	2	2	2	34	40	65	62	40	13	0	2	3	2	2	5	2	0	1	0	1	50	29	32	54	26	10	2	4	5		

HYDROCARIEUS	5	2	0	4	4	37	26	50	30	20	9	9	5	0	1	2	3	0	2	0	2	2	45	49	29	50	39	12	2	6	0
---------------------	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	---	---	---

DIPTERES	10 00	12 00	14 00	16 00	18 00	19 20	20 00	20 40	21 30	2 00	7 00	9 00	11 00	12 15	12 45	13 15	13 45	14 30	15 30	17 00	18 20	19 00	19 40	20 20	21 00	22 00	2 00	6 00	8 00	10 00	12 00	
SIMULIIDAE	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CERATOPOGONIDAE	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	1	0	3	0	1	1	0	0	
CANADIDAE	1	0	0	0	0	27	73	59	47	29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	7	10	27	17	2	0	0	0	
TIPULIDAE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CHIRONOMIDAE																																
CHIRONOMIINI	9	0	3	1	0	19	19	9	9	19	3	6	2	3	2	5	2	3	0	2	2	4	15	11	6	7	0	4	1	3	5	
TANYTARINI	2	1	1	1	5	14	7	5	12	9	2	3	3	0	5	5	3	3	1	1	2	5	10	4	5	0	5	0	1	0	0	
TANYTARINAE	0	0	1	1	2	38	26	66	39	16	4	2	4	0	2	0	2	0	0	2	0	0	35	37	30	34	18	3	3	4	0	
OTIDOLACININAE	7	6	4	6	0	13	7	4	6	10	4	9	2	5	6	5	1	2	1	2	3	7	5	2	12	6	14	7	5	3		
TOTAL	13	0	9	9	7	114	132	143	114	83	13	15	19	5	14	17	14	0	3	7	7	12	79	63	53	91	54	24	15	12	0	

COLEOPTERES																																
ELMIDAE	3	0	0	1	0	4	3	12	4	5	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	1	3	10	10	2	2	0	

EPTHEMEROPTERES	10 00	12 00	14 00	16 00	18 00	19 20	20 00	20 40	21 30	2 00	7 00	9 00	11 00	12 15	12 45	13 15	13 45	14 30	15 30	17 00	18 20	19 00	19 40	20 20	21 00	22 00	2 00	6 00	8 00	10 00	12 00	
BAETIDAE																																
CENTROPTILUM-BAETIS	10	4	0	1	1	28	37	45	63	10	4	5	6	1	4	2	2	3	0	4	2	2	26	17	19	49	29	20	4	7	2	
PSEUDOCLOON E21	5	1	0	0	0	3	3	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	4	0	1	3	3	0	0	0	0	
PSEUDOCLOON E29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AFRIBAETIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CENTROPTILOIDES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CLOON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TRICORYTHIDAE																																
TRICORYTHUS	3	1	0	0	0	3	6	4	6	3	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4	5	2	4	2	4	0	3	1
MEUROGAENUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DIACROPHAZON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPHEMERYTHUS	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PACHYDORYTHUS	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPHEMERIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENTHYPTILOIDAE	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
BLINDBAETIDAE	0	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
HEPTAGENIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CALIIDAE	10	4	2	2	2	23	97	190	100	60	21	6	7	0	3	1	2	3	1	1	0	0	49	98	86	136	88	101	5	0	3	0
LEPTOPHLEBIDAE	0	0	1	0	0	11	7	15	14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	7	17	7	6	0	0	0	
TOTAL	26	11	6	5	3	68	152	274	196	90	27	14	14	2	0	3	4	11	5	5	2	3	95	133	117	211	131	151	9	10	6	

TOTAL	57	24	17	21	16	257	353	544	414	246	66	49	42	10	25	24	24	21	0	13	11	10	272	277	232	409	260	107	20	42	17
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------

Tableau 4

3-4 Synthèse des résultats

3-4-1 **Courbes des indices en fonctions des heures**

Pour chaque taxon, nous avons tracé la courbe de l'indice en fonction des heures avec un agrandissement de l'échelle des abscisses pour les heures qui suivent l'épandage (annexe 1)

Cette courbe met en évidence pour chaque taxon le rythme nyctéméral de dérive. Dans le cas d'un effet positif du B.t. , la courbe présente après l'épandage un plateau ou un pic significatif inexistant avant le traitement. Bien sûr, ce type de courbe pourrait aussi rendre compte des variations dues à un changement brutal d'un ou plusieurs paramètres biotiques ou abiotiques qui fausseraient les résultats. Mais, si pour un prélèvement donné, tous les taxons présentent la même anomalie indépendante du traitement, on peut alors assimiler cette variation à une erreur de manipulation.

3-4-2 **Tests non-paramétriques de Mann-Whitney**

Afin de mettre en évidence l'impact de l'insecticide, nous pouvons utiliser des tests non-paramétriques dont le test de Mann-Whitney.

Après calcul des rangs de chaque prélèvement d'un taxon donné, on teste les sommes des rangs avant et après traitement. Pour un risque de première espèce de 5%, on lit dans la table correspondante à ce test, une

valeur seuil déterminée suivant le nombre de prélèvements avant et après traitement. On compare alors pour chaque taxon les sommes obtenues et si l'une d'elles est inférieure à la valeur seuil alors on peut conclure que l'insecticide a un impact sur ce taxon. Mais dans le cas où l'effet du larvicide est nul, il faut s'assurer que la courbe des indices en fonction des heures ne présente pas un pic unique et significatif, qui n'intervient pas dans ce type de test. Cette analyse nous indique donc que si la variation de la somme des rangs des prélèvements effectués après traitement est significative, alors l'épandage du *B.t.i* a un impact sur le taxon. (annexe 2)

3-4-3 Droites de regression

Pour chaque taxon, on peut aussi comparer deux à deux les indices déduits des prélèvements effectués aux mêmes heures avant et après l'épandage. Pour un taxon donné, chaque couple d'indices est alors reporté sur un graphique. On trace ensuite la droite la plus significative des points (annexe 3). Mais il est indispensable de tester la corrélation entre la droite et les points. Pour cela, on effectue un test sur le coefficient de corrélation R .

test de signification de corrélation:

- sous H_0 : le coefficient de regression $\beta_{xy} = 0$ soit une bonne corrélation
- contre H_1 : $\beta_{xy} \neq 0$ soit une mauvaise corrélation.

pour un risque de première espèce de 1%, la valeur seuil de R d'après les tables pour $n=12$ (soit $n=10$ car deux degrés de liberté) est égale à 0,71.

On a donc:

-sous H_0 : $R > 0,71$

-contre H_1 : $R \leq 0,71$

Dans le cas d'une droite de regression significative, elle a pour equation: $I_{ApT} = a * I_{AvT} + b$

avec: I_{ApT} = indice après traitement à t.

I_{AvT} = indice avant traitement à t.

On peut alors conclure de l'impact de l'insecticide suivant la pente de la droite et la constante b. En effet, la droite théorique de non-impact de l'insecticide est $y = x$. Dans le cas où $b \neq 0$, il faut alors regarder si la valeur de b est significative. De même, si $a \neq 1$, il est nécessaire que a prenne une valeur significative pour affirmer que le *B.t.* a un effet sur le taxon.

3-5 Analyses et discussions

Avant de discuter les résultats graphiques, nous consignons toutes les observations des courbes dans les tableaux 6 et 7 afin de pouvoir regrouper les taxons présentant les mêmes caractéristiques

Dans le cas du tableau 6, les colonnes correspondent à,

-DJ: Dérive de jour.

-DN: Dérive de nuit.

-DJ id.: Dérives de jour avant et après traitement identiques.

-DN id.: Dérives de nuit avant et après traitement identiques.

Tableau 6: COURBES INDICES EN FONCTION DES HEURES

TAXONS	Avant traitement			Après traitement			Comparaison		Commentaires
	DJ	DN		DJ	DN		DJ id.	DN id.	
	Homog.	1 pic	2 pics	Homog.	1 pic	2 pics			
Amphipsyche	+	+		+		+	+	-	
Hydroptilidæ	+	+		+	+		+	-	intensité de DN apt plus faible
Leptoceridæ	+	+		+	+		+	-	intensité de DN apt plus faible
Tricoptères	+	+		+		+	+	-	
Hydracariens	+		+	+		+	+	-	intensité de DN avt plus faible
Chironomini	-		+	-	+		+	-	DJ avt et apt non constante
Tanytarini	+		+	-		+	-	+	présence d'un plateau sur DJ apt
Tanyptodiinae	+	+		+	+		+	-	intensité de DN apt plus faible
Orthocladinae	-		3 pics	-		3 pics	-	-	
Diptères	+	+		+	+		+	-	intensité de DN apt plus faible
<i>Centroptilum + Baetis</i>	+	+		+	+		+	+	
<i>Tricorythus</i>	-	+		-		+	-	-	
Caenidæ	+	+		+	+		+	+	
Leptophlebiidæ	+	+		+	+		+	-	intensité DN apt plus forte
Epheméroptères	+	+		+	+		+	+	
Total	+	+		+	+		+	+	

Tableau 7: TESTS NON-PARAMETRIQUES ET COURBES DE REGRESSION

TAXONS	TEST NON-PARAMETRIQUE		DROITE DE REGRESSION							
	effet	pas d'effet	R	corr.é.	a	Δa sign.	b	% IMax	Δb sign.	commentaires
Amphypsyché		+	0,79	oui	0,939	non	0,205	1,99	non	
Hydroptilidæ		+	0,79	oui	0,571	non	0,043	3,45	non	
Leptoceridæ		+	0,71	non	0,402	/	0,137	/	/	droite non exploitable
Tricoptères		+	0,87	oui	0,944	non	0,177	1,4	non	
Hydracariens		+	0,83	oui	1,334	non	0,509	4,35	non	
Chironomini		+	0,89	oui	0,653	non	0,331	8,88	non	
Tanytarsini		+	0,87	oui	0,838	non	0,002	0,08	non	
Tanyptodiinæ		+	0,86	oui	0,825	non	0,84	7,16	non	
Orthocladinæ		+	0,16	non	0,251	/	1,021	/	/	droite non exploitable
Diptères		+	0,91	oui	0,66	non	1,543	6,06	non	
<i>Centroptilum + Bætis</i>		+	0,84	oui	0,796	non	0,845	7,37	non	
<i>Tricorythus</i>		+	0,79	oui	0,925	non	0,077	6,58	non	
Caenidæ		+	0,82	oui	0,839	non	2,855	8,11	non	
Leptophlebiidæ		+	0,82	oui	1,097	non	0,264	6,63	non	
Ephéméroptères		+	0,77	oui	0,821	non	5,791	11,73	non	
Total		+	0,85	oui	0,854	non	7,614	7,87	non	

Dans le cas du tableau 7.

- R. coefficient de corrélation.
- corrè.: la droite exprime t-elle une bonne corrélation des points.
- a. coefficient de x dans l'équation de la droite.
- Δa sign.: la valeur de a exprime t-elle un impact de l'insecticide.
- b. ordonnée à l'origine (constante de l'équation de la droite).
- % IMax: % de la valeur de b par rapport à la valeur maximale des indices du taxon après traitement.
- Δb sign.. la valeur de b exprime t-elle un impact de l'insecticide.

Chaque taxon du tableau 6 peut être regroupé dans l'une des trois catégories suivantes:

- effet nul du *B.t.i* sur ces taxons.
- effet a priori incertain du *B.t.i* sur ces taxons.
- effet du *B.t.i* sur ces taxons.

effet nul:

- taxons:
- *Centroptilum + Baetis*
 - Caenidae
 - Ephéméroptères
 - Total

Ces courbes ne présentent aucune variation susceptible de traduire un effet du *B.t.i* sur ces taxons. De plus, cette conclusion est confirmée par le test non-paramétrique et la droite de régression. On remarque que la courbe "Total" représentative de l'ensemble des taxons, appartient à cette catégorie. Cela signifie que d'une manière générale, le *B.t.i* n'engendre

aucune modification significative a court terme des populations présentes sur le bief traité.

effet a priori incertain:

Deux cas de figure sont regroupés dans cette catégorie

-variation de l'intensité de la dérive de nuit après traitement mais invariance de la dérive de jour:

taxons	-Amphipsyche (pic supplémentaire après traitement)
	-Tricoptères (" " " ")
	-Chironomini (pic supplémentaire avant traitement)
	-Hydracariens (intensité plus forte après traitement)
	-Leptophlébiidae (" " " ")
	-Hydroptilidae (intensité plus faible après traitement)
	-Leptocéridae (" " " ")
	-Tanypodiinae (" " " ")
	-Diptères (" " " ")

Les variations observées ne sont pas obligatoirement imputables au *B.t.i*. En effet suivant les paramètres abiotiques ou biotiques, la période d'intensité maximale de la dérive nocturne peut varier suivant les jours. De plus, aucune de ces courbes présente un pic significatif de décrochement dans les heures qui suivent l'épandage. On peut donc poser l'hypothèse d'un effet nul du *B.t.i* sur ces taxons qui est confirmée par le test non-paramétrique et la droite de régression.

-variation de l'intensité des dérives de jour et de nuit.

taxon: - *Tricorythus*
 -Orthoclaadiinae

Les courbes correspondantes à la dérive de ces taxons ne présentent aucune régularité que ce soit avant et après traitement. Il paraît donc peu vraisemblable que nous puissions en tirer des conclusions. De plus, étant donné que la corrélation entre la droite et les points n'est pas significative, la courbe de régression du taxon Orthoclaadiinae est non exploitable. De même, le test non-paramétrique fondé sur la courbe des indices en fonction des heures ne peut nous apporter aucun renseignement malgré sa conclusion de non-effet. Nous laisserons donc ce taxon sans conclusion. En ce qui concerne les *Tricorythus*, comme pour les Orthoclaadiinae, le test non-paramétrique ne fournit aucune conclusion. Mais la droite de régression nous amène à conclure que le *B.t.i* n'a aucun effet sur la dérive de ce genre.

En réalité les taxons appartenant à la catégorie "effet a priori incertain" font partie de celle "sans effet".

effet du *B.t.i*:

taxon: - Tanytarsini (Diptère: Chironomidae)

Dans ce cas, la courbe des indices des Tanytarsini en fonction des heures présente un plateau de faible intensité mais assez significatif, dès les heures qui suivent l'épandage. Étant donné la faible durée de cette période de dérive anormale, cette variation n'apparaît ni dans le test non paramétrique ni dans l'équation de la droite de régression. De plus, le

plateau correspond a plusieurs indices obtenus a partir de prélèvements effectués toutes les trentes minutes. La possibilité de variations issues d'un changement de un ou plusieurs paramètres biotique ou abiotique, est donc à exclure. L'hypothèse d'un léger effet à court terme du *B.t.i* sur cette tribu de chironominae, n'est donc pas contestable. Il faut préciser que cet impact n'apparait que durant les heures qui suivent l'épandage avec une faible intensité et qu'il n'a aucune répercution sur la dérive nocturne suivante.

5-6 Conclusions

Nous pouvons conclure à court terme à une innocuité marquée du *B.t.* épandu lors de cette expérimentation, vis-à-vis des insectes aquatiques non-cibles.

Ce résultat confirme les résultats antérieurs obtenus avec cet insecticide et lève l'ambiguïté quand à l'impact des autres insecticides (cf.5). Contrairement à ce qui se passe avec plus d'une dizaine d'autres insecticides (Abate®, chlorphoxime, perméthrine, carbosulfan...) employés dans les mêmes conditions, le *B.t.i* introduit dans un milieu lotique, n'induit qu'une faible augmentation de la dérive de certains taxons dans les heures qui suivent l'épandage. D'après les résultats de cette expérience, seuls les Chironomini sont sensibles à la toxicité du *B.t.i*.

Cependant les résultats obtenus concernant l'impact à court terme de cet insecticide sur les insectes aquatiques non-cibles, sont très positifs. Cet agent biologique doit être considéré comme un excellent larvicide.

antisimulidien, efficace contre le vecteur , utilisable en campagne de lutte contre l'onchocercose et pratiquement sans risques sur la faune entomique non-cible.

Des essais répétés et de plus grande envergure sont naturellement nécessaires pour confirmer ce faible impact à court terme sur les entomocénoses non-cibles. De même une surveillance a long terme est indispensable pour connaître l'impact de cet insecticide sur les populations entomiques.

ANNEXES

annexe 1: courbes des indices en fonction des heures

page 41

annexe 2: tests non-paramétriques de Mann-Whitney

page 57

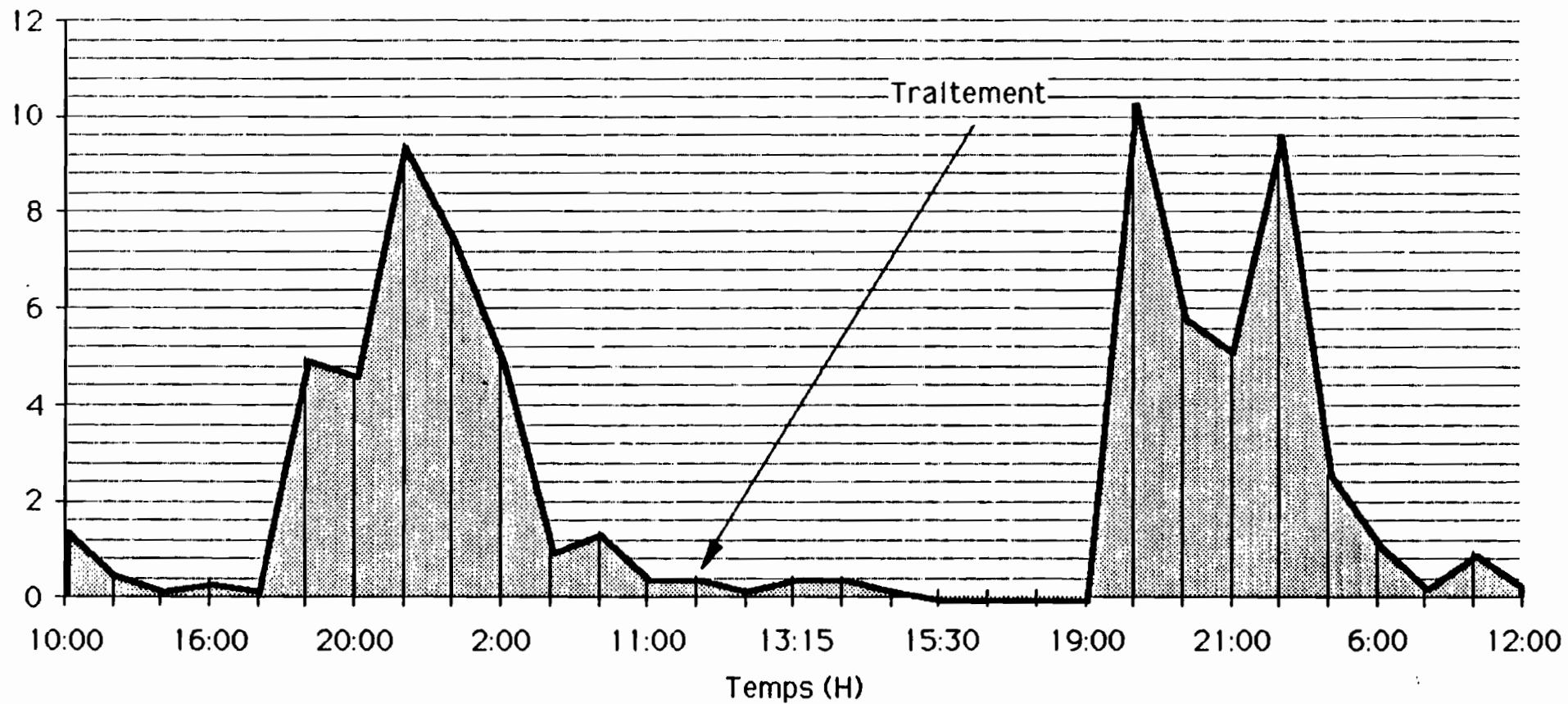
annexe 3: droites de régression *page 73*

annexe 1: **Courbes des indices en fonction des heures**

- Amphipsyche
- Hydroptilidae
- Leptoceridae
- Tricoptères
- Hydracariens
- Chironomini
- Tanytarsini
- Tanyptodiinae
- Orthoclaudiinae
- Diptères
- *Centroptilum + Baetis*
- *Tricorythus*
- Caenidae
- Leptophlebiidae
- Epheméroptères
- Total

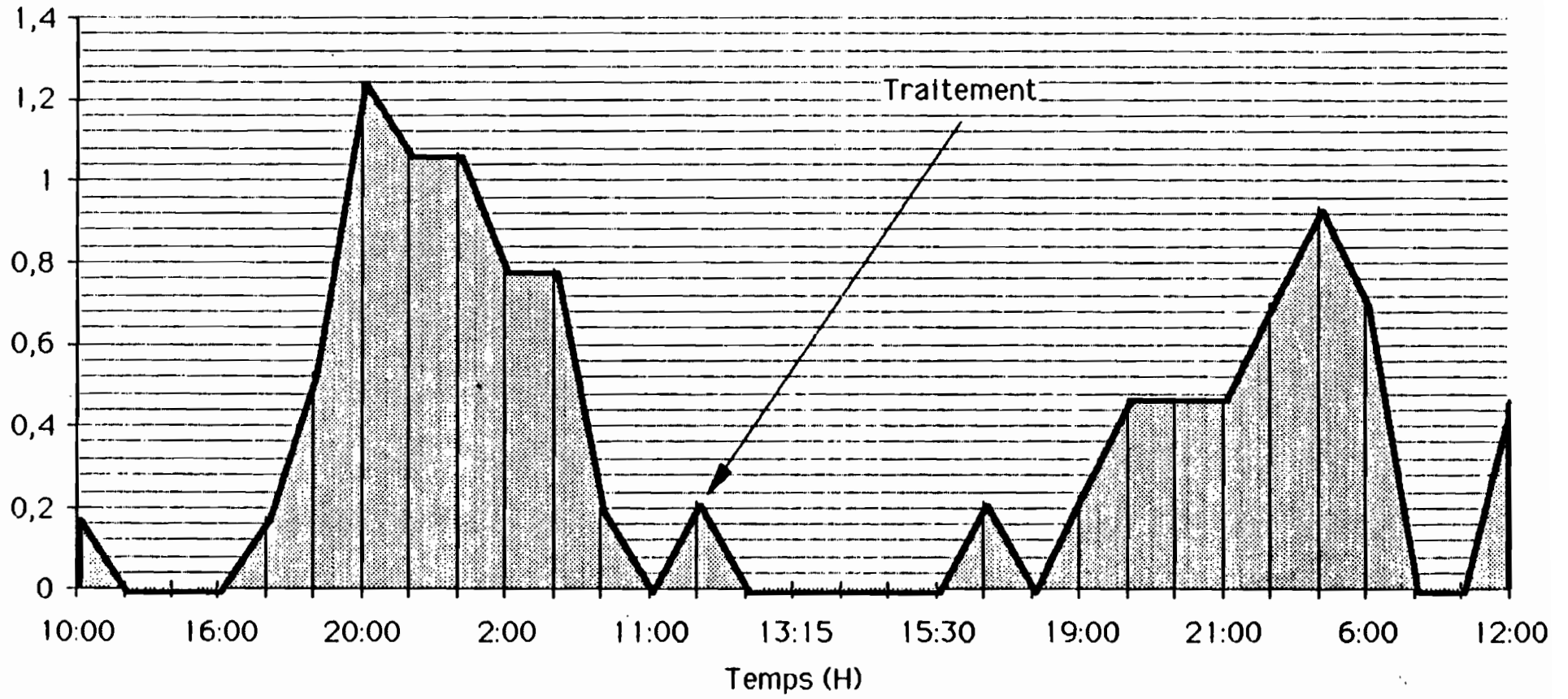
AMPHYPSYCHE

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



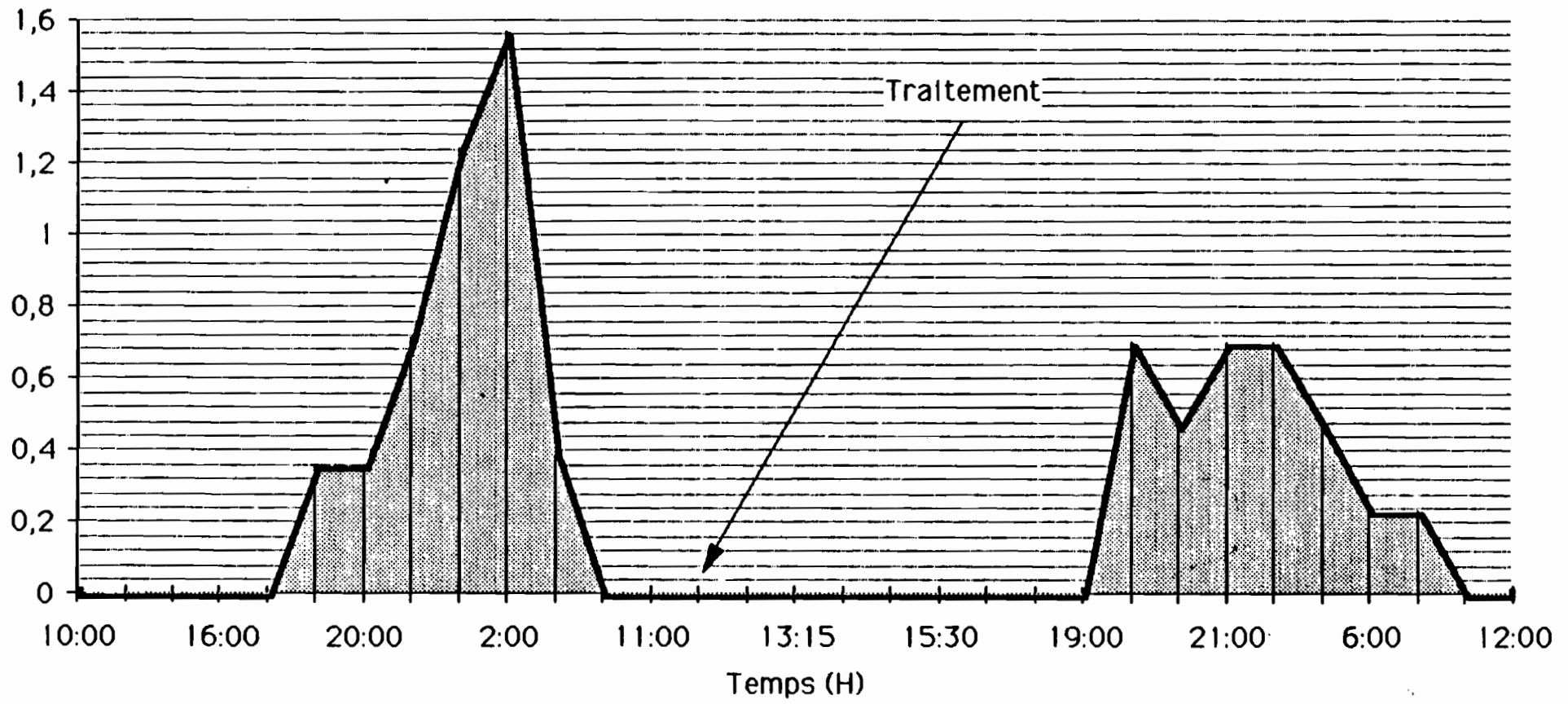
HYDROPTILIDAE

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



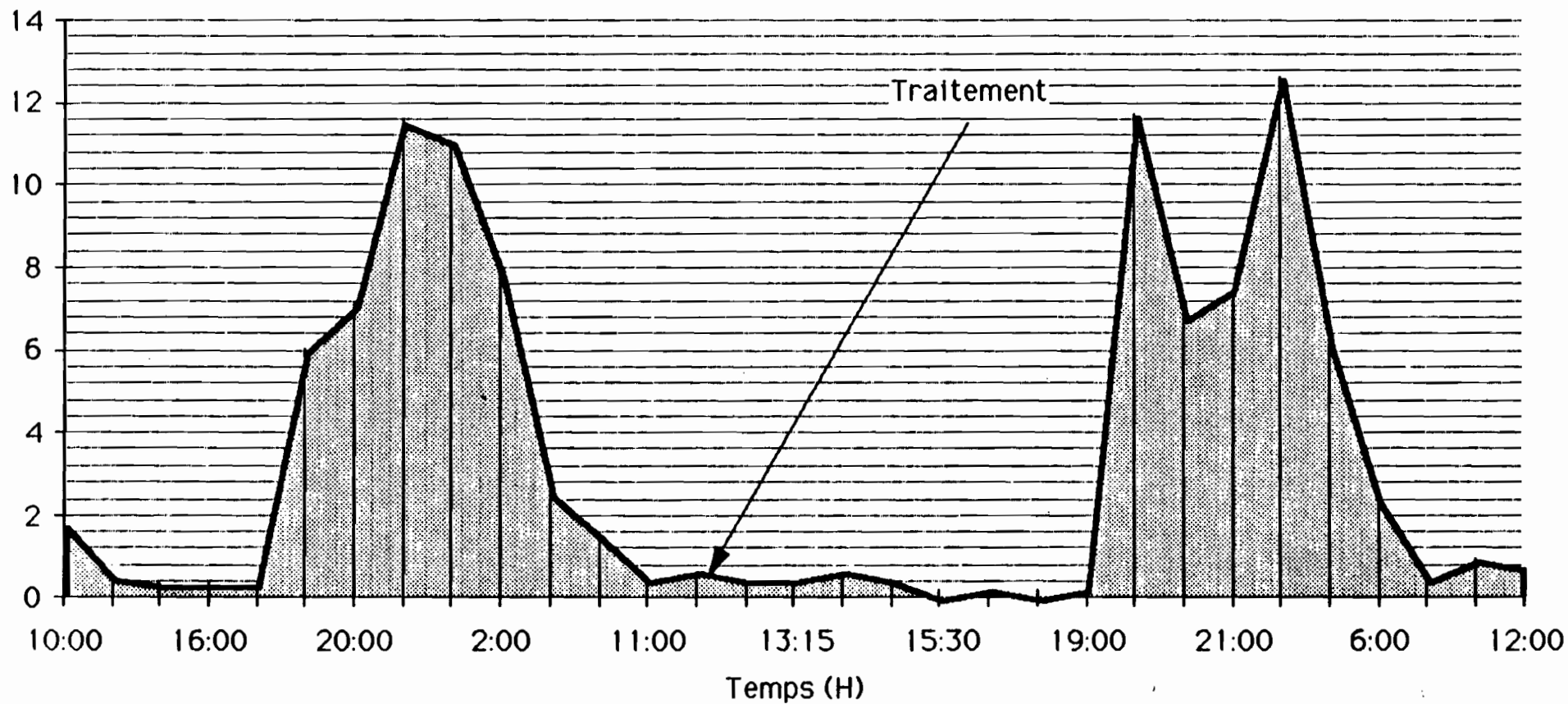
LEPTOCERIDAE

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



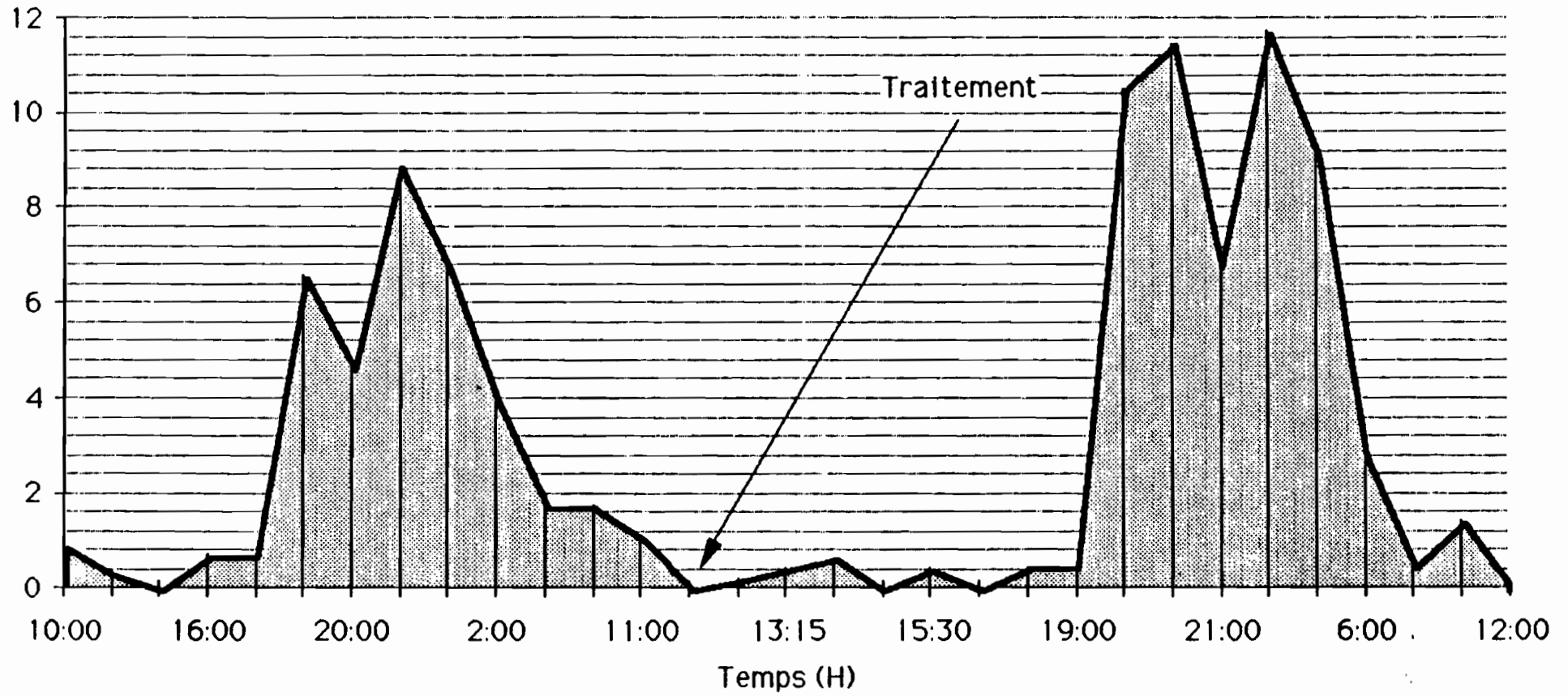
TRICOPTERES

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



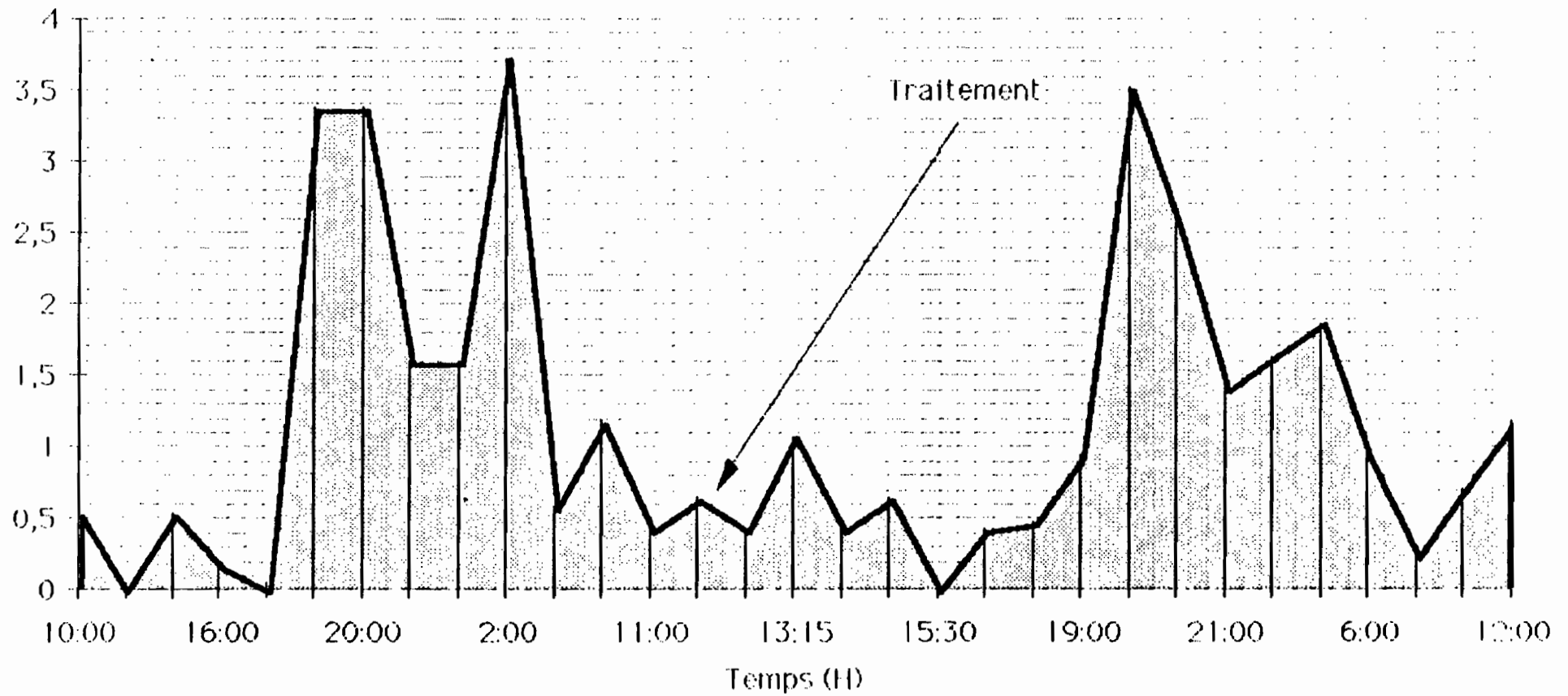
HYDRACARIENS

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



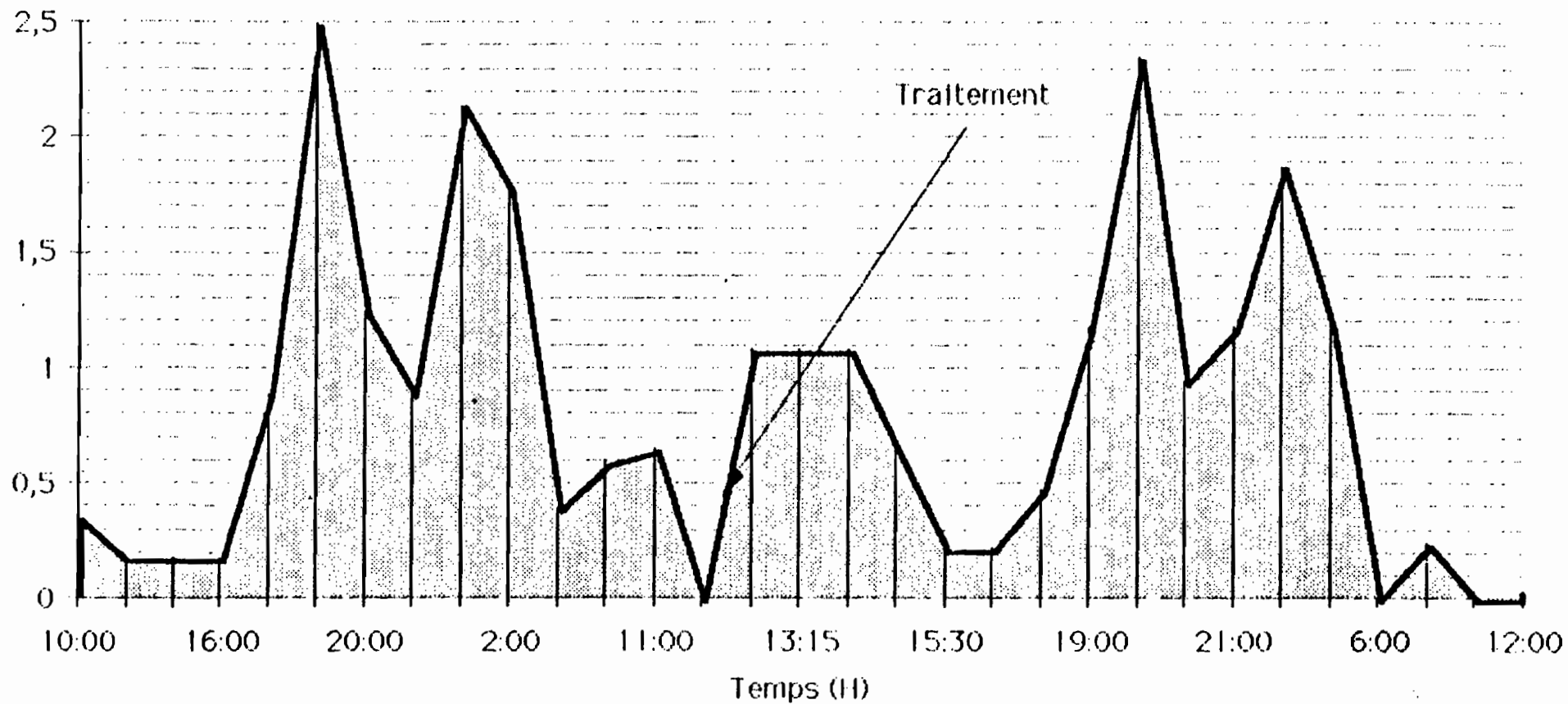
CHIRONOMINI

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



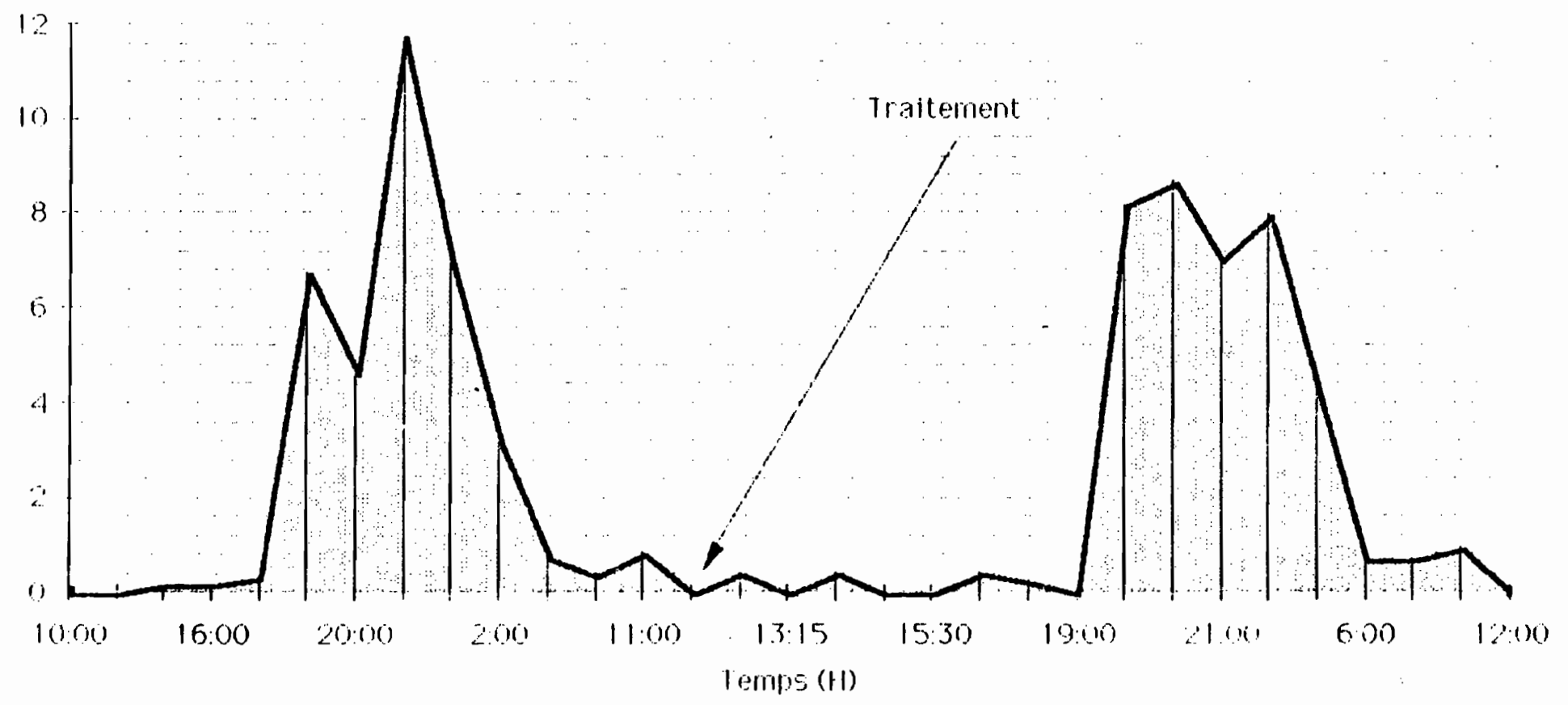
TANYTARSINI

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



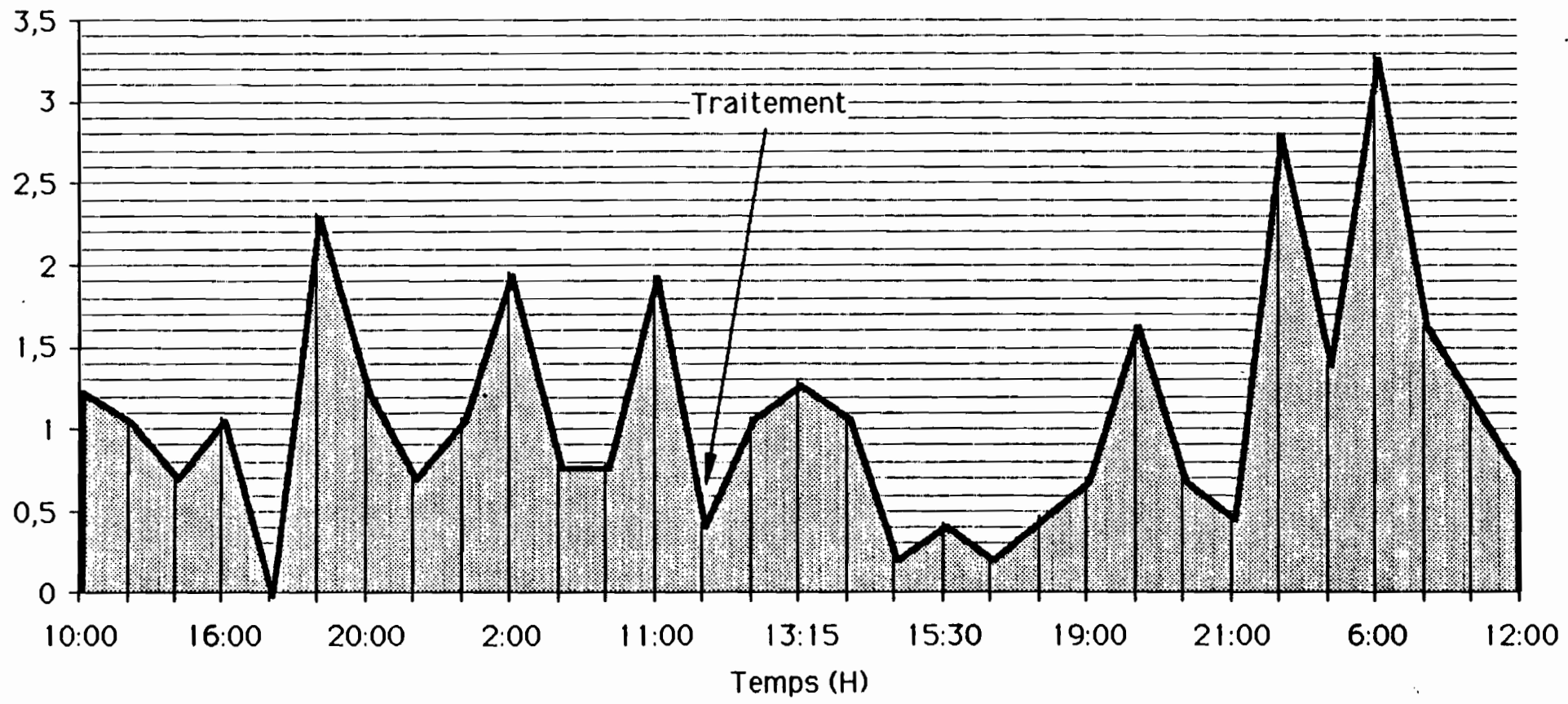
TANYPODIINAE

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



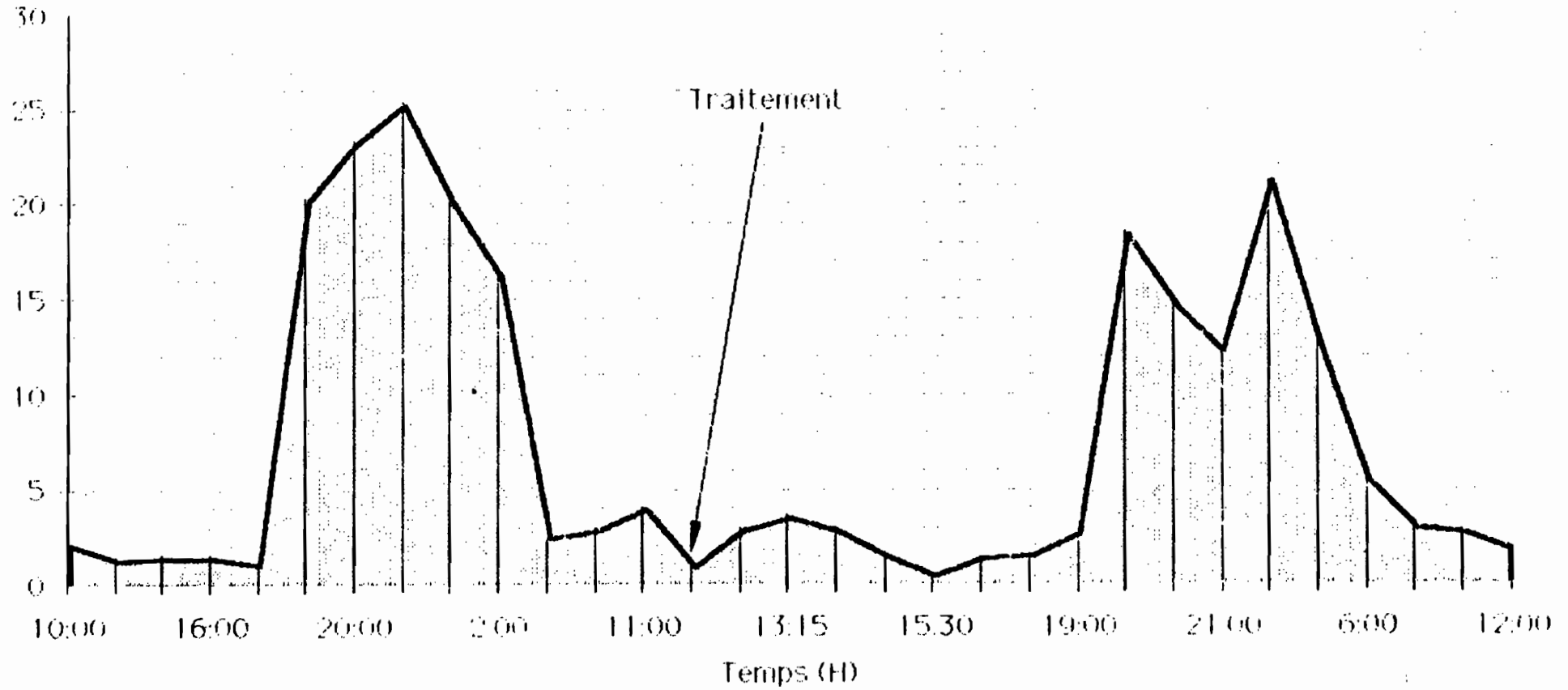
ORTHOCLADIINAE

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



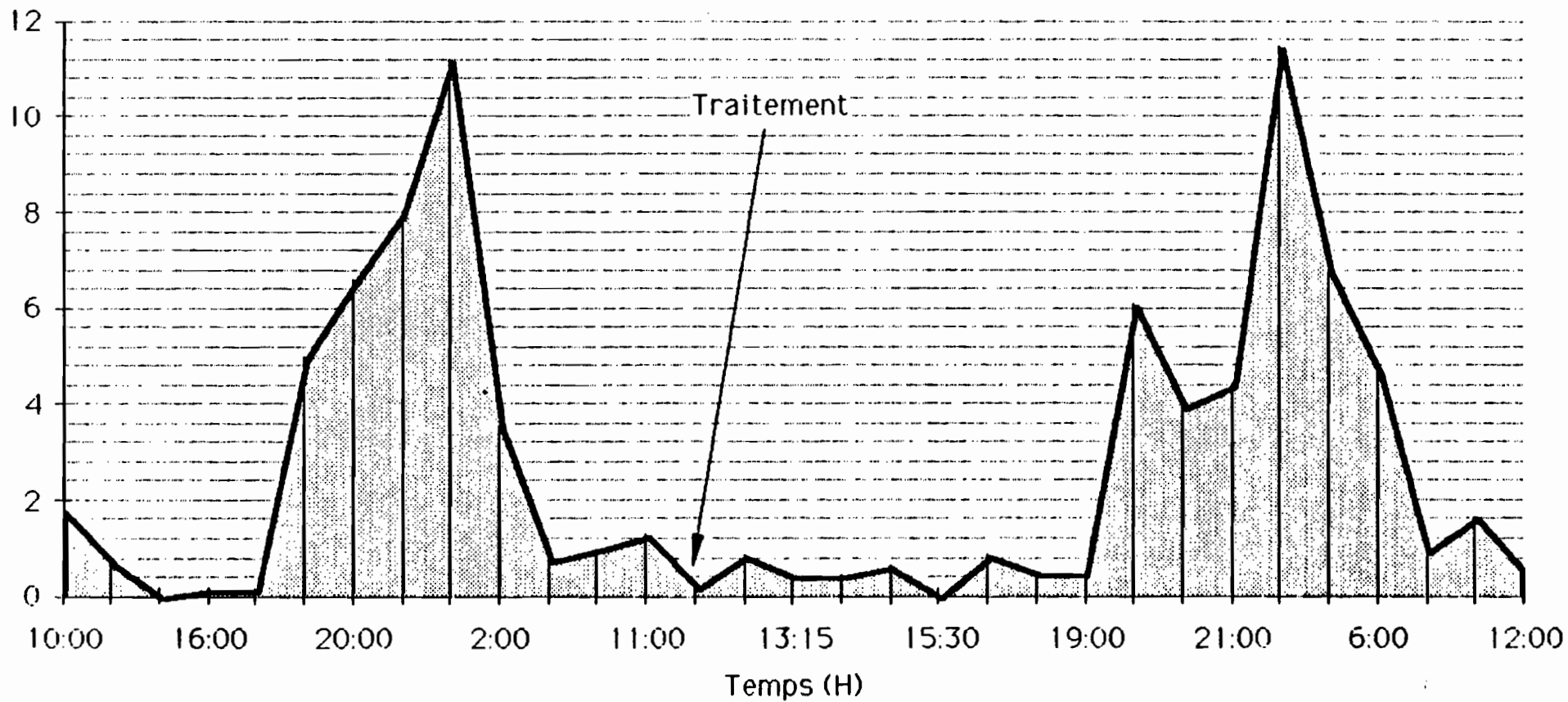
DIPTERES

Indice
(Ubre Ind/ m³ eau)



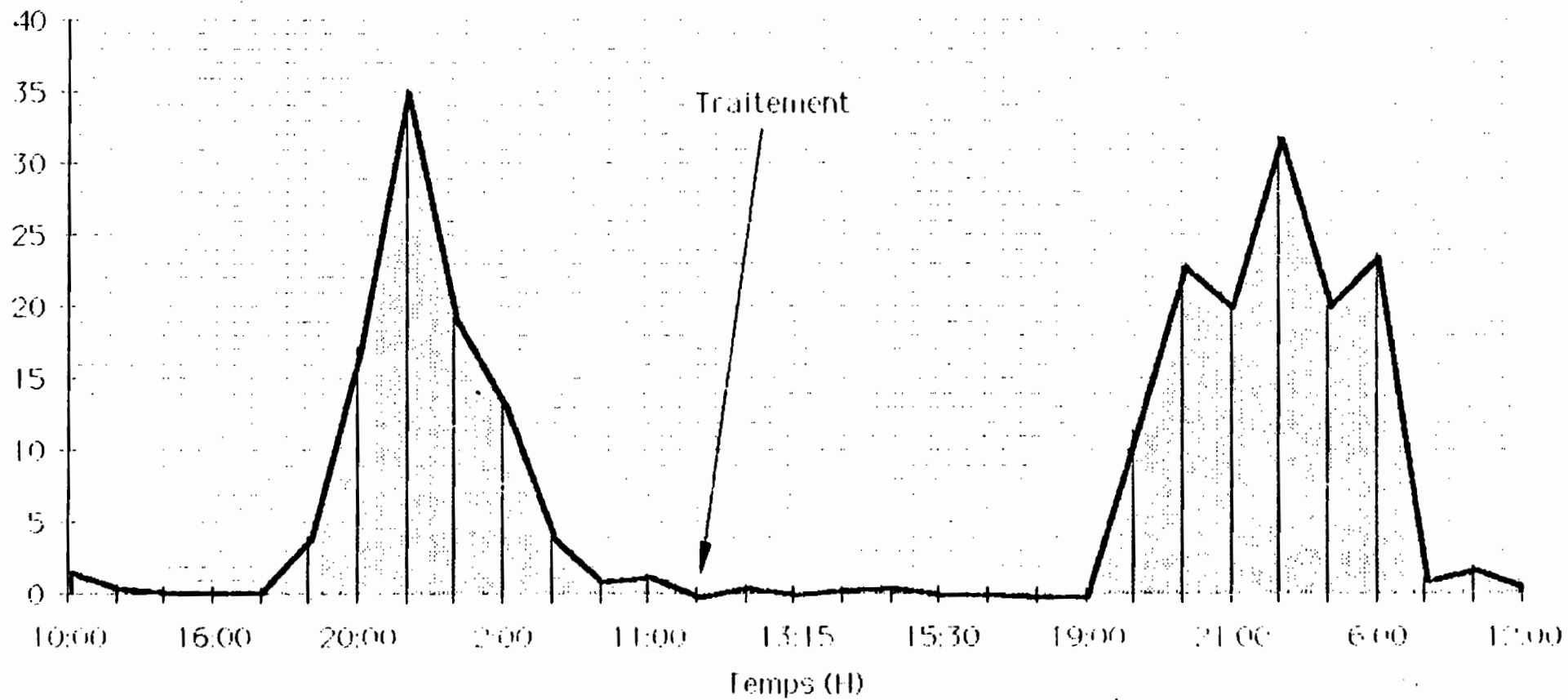
CENTROPTILUM+BAETIS

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



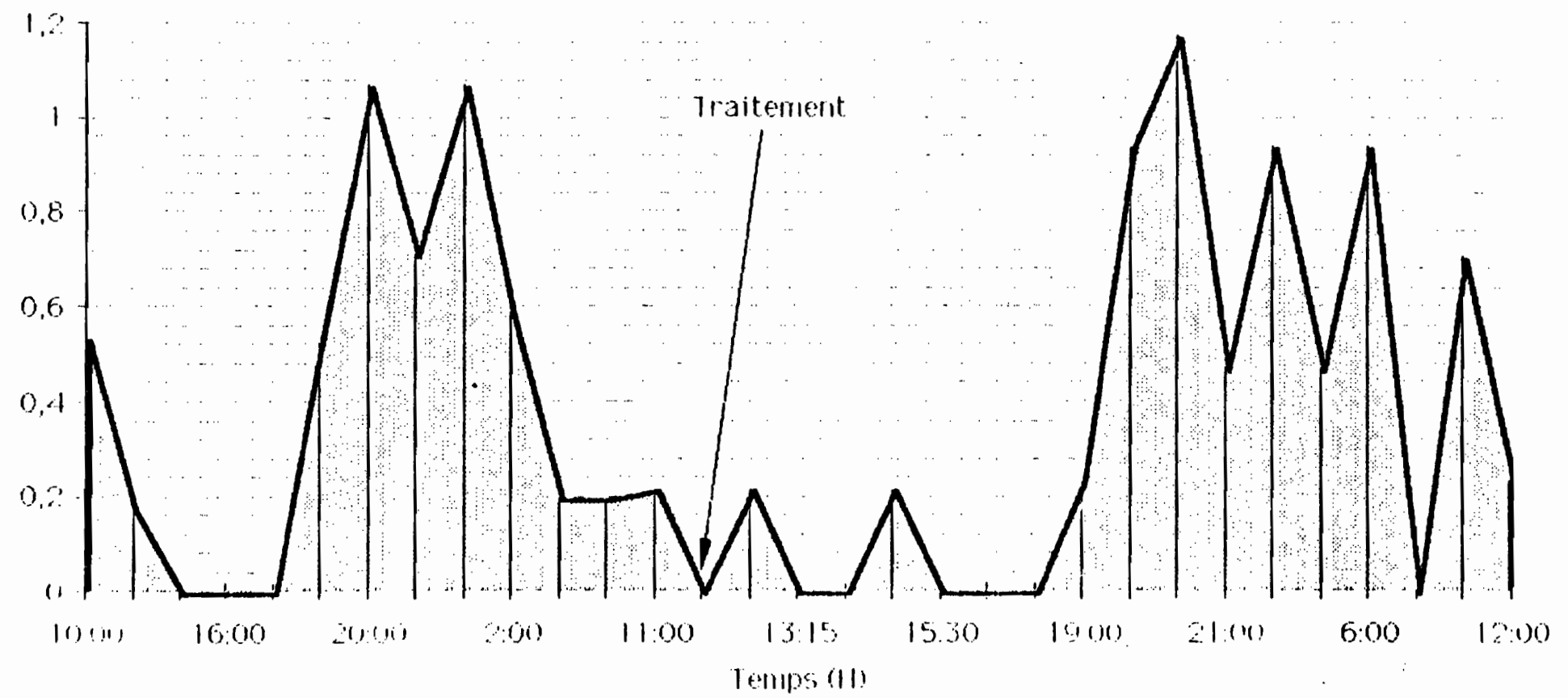
CAENIDAE

Indice
(Mbre Ind/ m³ eau)



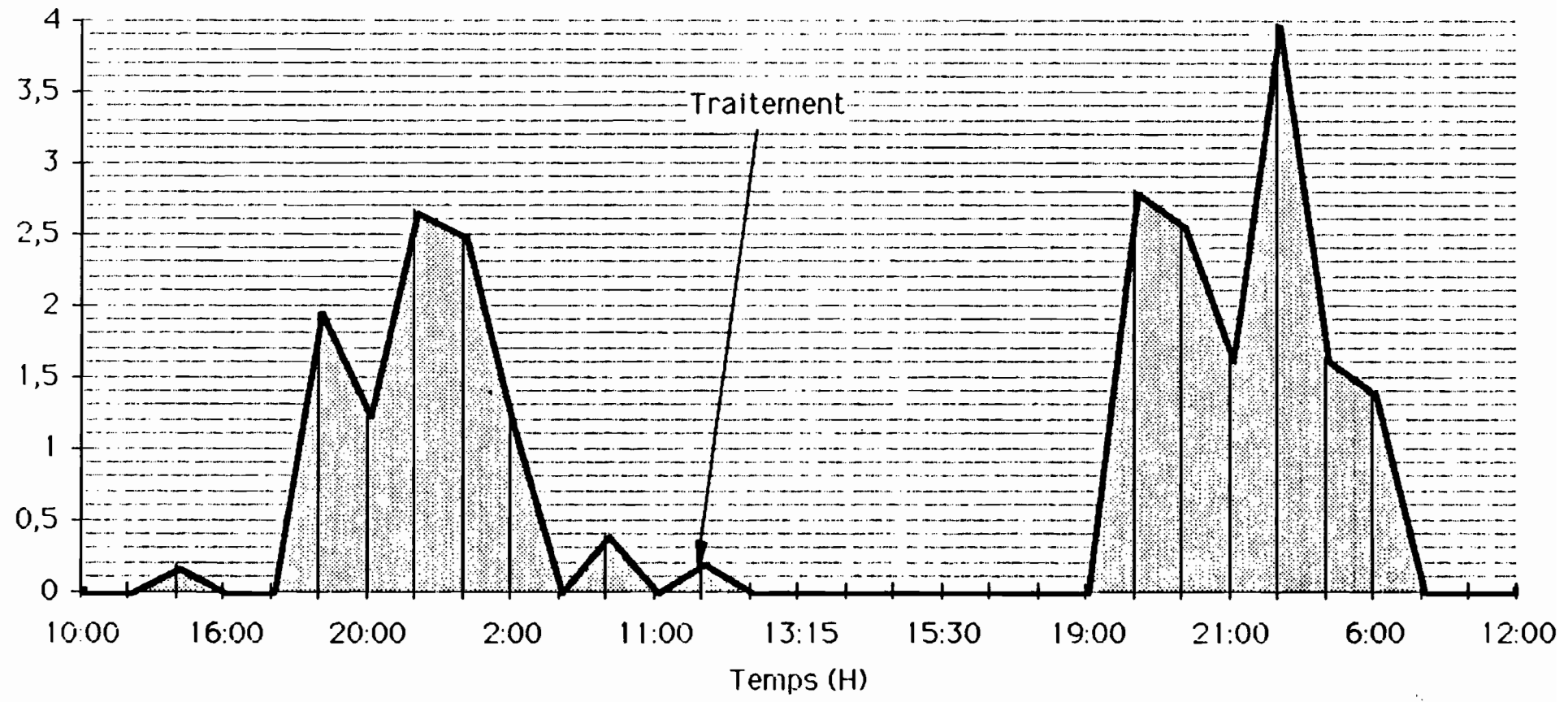
TRICORYTHUS

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



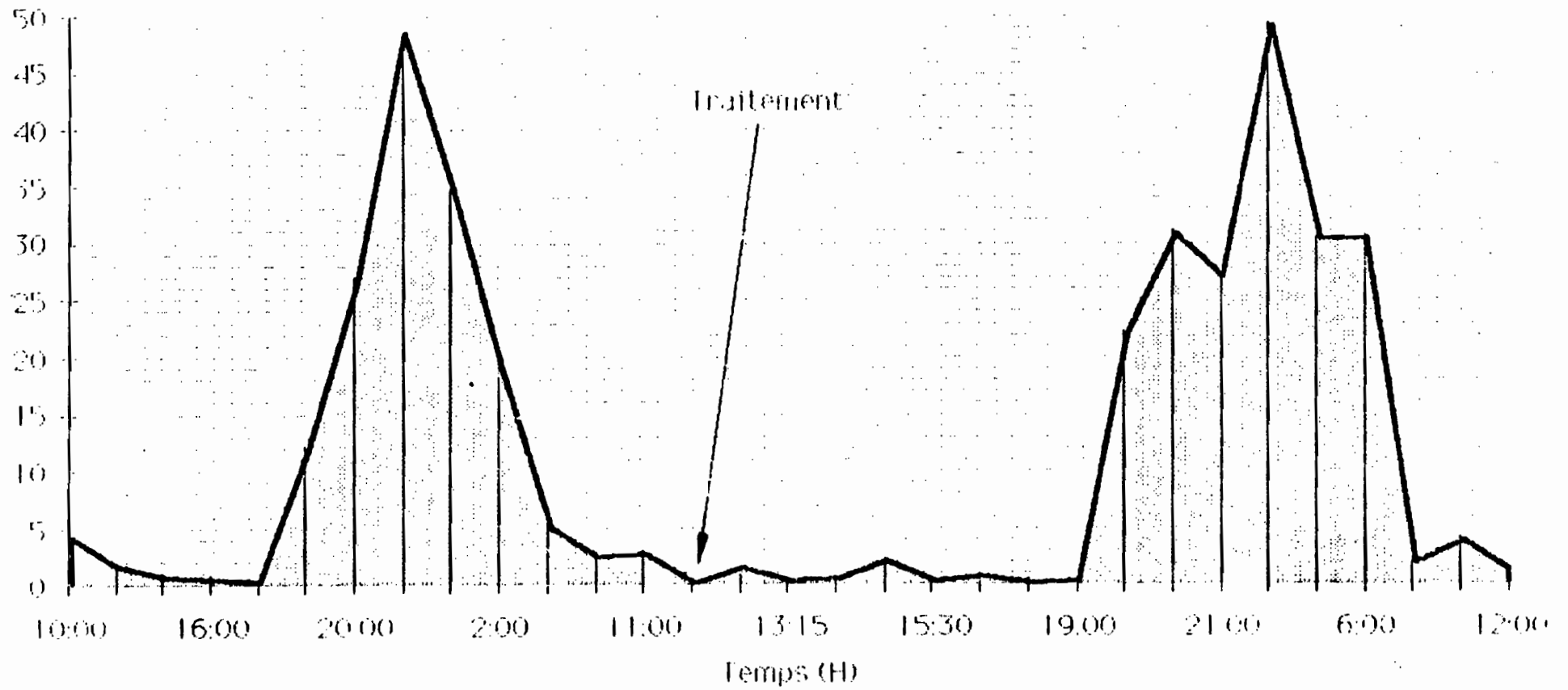
LEPTOPHLEBIIDAE

Indice
(Nbre Ind/ m3 eau)



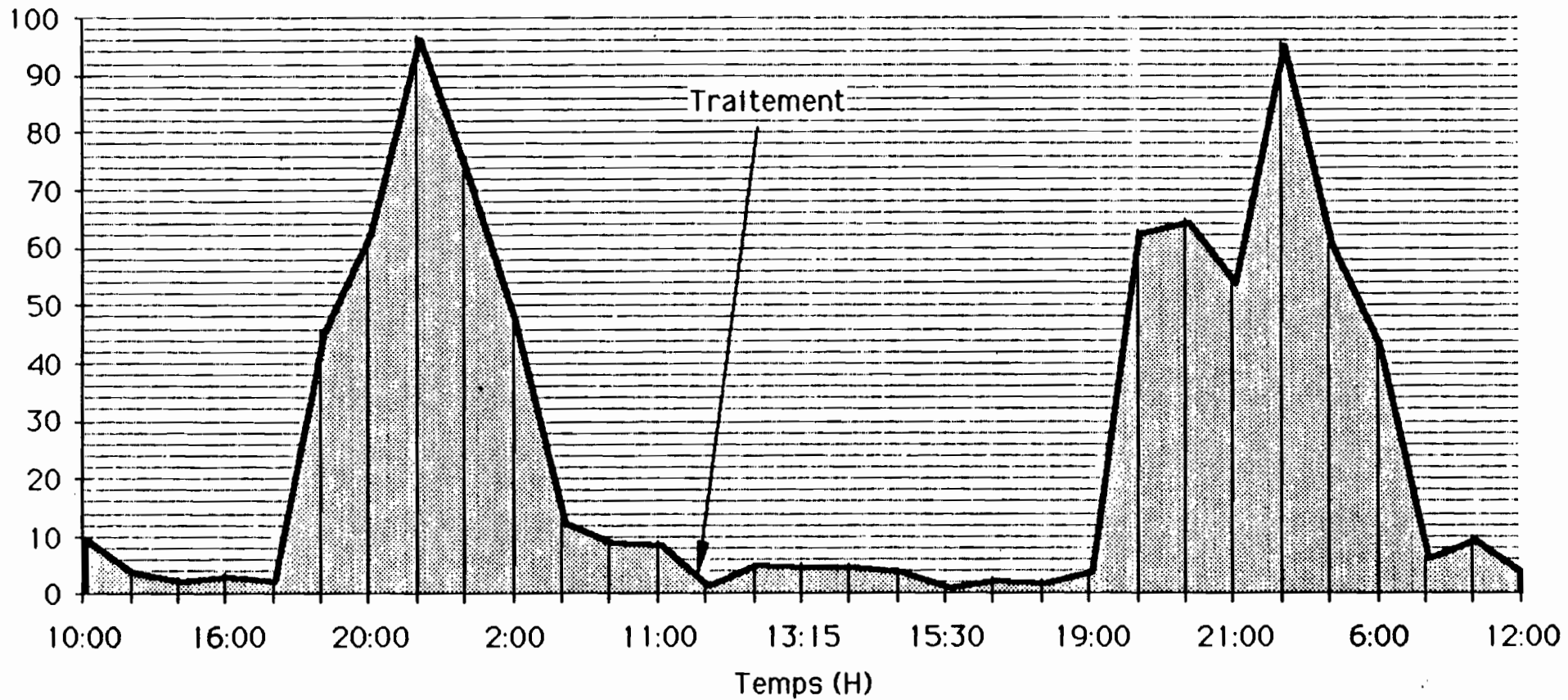
EPHÉMÉROPTÈRES

Indice
(libre Ind/ m³ eau)



TOTAL

Indice
(Nbre Ind/ m³ eau)



Annexe 2: **Tests non-paramétriques de Mann-Whitney**

- Amphipsyche
- Hydroptilidae
- Leptoceridae
- Tricoptères
- Hydracariens
- Chironomini
- Tanytarsini
- Tanyptodiinae
- Orthocladinae
- Diptères
- *Centroptilum + Baetis*
- *Tricorythus*
- Caenidae
- Leptophlebiidae
- Epheméroptères
- Total

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

ANPHYPOYCHE

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m3 eau)	1,422	0,533	0,178	0,356	0,178	4,978	4,622	9,422	7,467	4,902	0,980	1,373	0,430
Rang	20,00	15,00	4,50	10,00	4,50	24,00	22,00	28,00	27,00	23,00	17,00	19,00	12,50

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m3 eau)	0,430	0,215	0,430	0,430	0,215	0,000	0,000	0,000	10,292	5,848	5,146	9,591	2,573
Rang	12,50	6,50	12,50	12,50	6,50	2,00	2,00	2,00	30,00	26,00	25,00	29,00	21,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m3 eau)	1,170	0,234	0,936	0,234
Rang	20,00	17,00	13,00	10,00

Sous H_0 : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H_1 : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour $n=13$ et $m=17$: 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

HYDROPTILIDAE

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,178	0,000	0,000	0,000	0,178	0,533	1,244	1,067	1,067	0,784	0,784	0,196	0,000
Rang	13,50	6,50	6,50	6,50	13,50	22,00	30,00	28,50	28,50	25,50	25,50	15,00	6,50

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,215	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,215	0,000	0,468	0,468	0,468	0,702	0,936
Rang	16,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	16,50	6,50	19,50	19,50	19,50	23,50	27,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,702	0,000	0,000	0,468
Rang	23,50	6,50	6,50	19,50

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

LEPTOCERIDAE

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,356	0,356	0,711	1,244	1,569	0,392	0,000	0,000
Rang	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	20,50	20,50	28,00	29,00	30,00	22,00	9,00	9,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,702	0,468	0,702	0,702	0,468
Rang	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	26,00	23,50	26,00	26,00	23,50

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,234	0,234	0,000	0,000
Rang	18,50	18,50	9,00	9,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

TRICOPTERES

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	1,718	0,533	0,356	0,356	0,356	6,045	7,112	11,556	11,023	7,843	2,548	1,569	0,430
Rang	18,00	12,00	5,00	5,00	5,00	21,00	24,00	28,00	27,00	26,00	20,00	17,00	8,50

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,645	0,430	0,430	0,645	0,430	0,000	0,215	0,000	11,696	6,784	7,486	12,633	6,083
Rang	13,50	8,50	8,50	13,50	8,50	1,50	3,00	1,50	29,00	23,00	25,00	30,00	22,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	2,340	0,468	0,936	0,702
Rang	19,00	11,00	16,00	15,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

HYDRACARIENS

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre d/ m3 eau)	0,889	0,356	0,000	0,711	0,711	6,578	4,622	8,889	6,756	3,922	1,765	1,765	1,075
Rang	15,00	7,00	3,00	13,50	13,50	23,00	22,00	26,00	24,00	21,00	18,50	18,50	17,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre d/ m3 eau)	0,000	0,215	0,430	0,645	0,000	0,430	0,000	0,468	10,626	11,462	6,784	11,696	9,123
Rang	3,00	6,00	8,50	12,00	3,00	8,50	3,00	10,50	28,00	29,00	25,00	30,00	27,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre d/ m3 eau)	2,807	0,468	0,936	0,000
Rang	20,00	10,50	16,00	3,00

Sous H_0 : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H_1 : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour $n=13$ et $m=17$: 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

CHIRONOMINI

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,533	0,000	0,533	0,178	0,000	3,378	3,378	1,600	1,600	3,725	0,588	1,176	0,430
Rang	11,50	2,00	11,50	4,00	2,00	27,50	27,50	22,50	22,50	30,00	13,00	20,00	7,50

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,645	0,430	1,075	0,430	0,645	0,000	0,430	0,468	3,509	2,573	1,404	1,637	1,871
Rang	14,50	7,50	18,00	7,50	14,50	2,00	7,50	10,00	29,00	26,00	21,00	24,00	25,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,936	0,234	0,702	1,170
Rang	17,00	5,00	16,00	19,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

TANYTARSINI

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre d/ m3 eau)	0,356	0,178	0,178	0,178	0,889	2,489	1,244	0,889	2,133	1,765	0,392	0,588	0,645
Rang	11,00	6,00	6,00	6,00	17,50	30,00	25,00	17,50	28,00	26,00	12,00	14,00	15,50

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre d/ m3 eau)	0,000	1,075	1,075	1,075	0,645	0,215	0,215	0,468	2,339	0,936	1,170	1,871	1,170
Rang	2,50	21,00	21,00	21,00	15,50	8,50	8,50	13,00	29,00	19,00	23,50	27,00	23,50

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre d/ m3 eau)	0,000	0,234	0,000	0,000
Rang	2,50	10,00	2,50	2,50

Sous H_0 : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H_1 : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour $n=13$ et $m=17$: 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

TANYPODIINAE

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:00	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,000	0,000	0,178	0,178	0,356	6,756	4,622	11,733	6,933	3,137	0,784	0,392	0,860
Rang	4,00	4,00	8,50	8,50	11,00	24,00	23,00	30,00	25,00	21,00	18,00	12,00	19,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,000	0,430	0,000	0,430	0,000	0,000	0,430	0,234	8,187	8,655	7,018	7,953	4,211
Rang	4,00	14,00	4,00	14,00	4,00	4,00	14,00	10,00	28,00	29,00	26,00	27,00	22,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,702	0,702	0,936	0,000
Rang	16,50	16,50	20,00	4,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

ORTHOCLADIINAE

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m3 eau)	1,244	1,067	0,711	1,067	0,000	2,311	1,244	0,711	1,067	1,961	0,784	0,784	1,935
Rang	20,50	15,00	10,50	15,00	1,00	28,00	20,50	10,50	15,00	27,00	12,50	12,50	26,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m3 eau)	0,430	1,075	1,290	1,075	0,215	0,430	0,215	0,468	1,637	0,702	0,468	2,807	1,404
Rang	4,50	17,50	22,00	17,50	2,50	4,50	2,50	6,50	24,50	8,50	6,50	29,00	23,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m3 eau)	3,275	1,637	1,170	0,702
Rang	30,00	24,50	19,00	8,50

Sous H_0 : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H_1 : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour $n=13$ et $m=17$: 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

DIPTERES

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	2,311	1,423	1,600	1,601	1,245	20,267	23,466	25,422	20,267	16,274	2,548	2,940	4,085
Rang	20,00	15,00	4,50	10,00	4,50	24,00	22,00	28,00	27,00	23,00	17,00	19,00	12,50

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	1,075	3,010	3,655	3,010	1,720	0,645	1,505	1,638	18,479	14,737	12,399	21,286	12,633
Rang	12,50	6,50	12,50	12,50	6,50	2,00	2,00	2,00	30,00	26,00	25,00	29,00	21,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	5,615	3,041	2,808	1,872
Rang	18,00	8,50	16,00	8,50

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

CENTROPTILUM+BAETIS

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:30	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	1,778	0,711	0,000	0,178	0,178	4,978	6,578	8,000	11,200	3,529	0,784	0,980	1,290
Rang	20,00	12,00	0,00	3,50	3,50	25,00	27,00	29,00	30,00	21,00	13,00	17,00	18,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,215	0,860	0,430	0,430	0,645	0,000	0,860	0,468	6,082	3,977	4,444	11,462	6,784
Rang	5,00	14,50	6,50	6,50	11,00	1,50	14,50	9,00	26,00	22,00	23,00	0,00	28,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	4,678	0,936	1,637	0,468
Rang	24,00	16,00	19,00	9,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

TRICORYTHUS

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,533	0,178	0,000	0,000	0,000	0,533	1,067	0,711	1,067	0,588	0,196	0,196	0,215
Rang	20,50	11,00	5,50	5,50	5,50	20,50	28,50	24,00	28,50	22,00	12,50	12,50	15,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,000	0,215	0,000	0,000	0,215	0,000	0,000	0,000	0,936	1,170	0,468	0,936	0,468
Rang	5,50	15,00	5,50	5,50	15,00	5,50	5,50	5,50	26,00	30,00	18,50	26,00	18,50

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,936	0,000	0,702	0,234
Rang	26,00	5,50	23,00	17,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

CAENIDAE

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	1,778	0,711	0,356	0,356	0,356	4,089	17,244	35,200	19,200	13,333	4,118	1,176	1,505
Rang	17,00	13,00	7,00	7,00	7,00	19,00	23,00	30,00	24,00	22,00	20,00	15,00	16,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,000	0,645	0,215	0,430	0,645	0,215	0,215	0,000	11,462	22,924	20,117	31,813	20,117
Rang	1,50	10,50	4,00	9,00	10,50	4,00	4,00	1,50	21,00	27,00	25,50	29,00	25,50

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	23,626	1,170	1,871	0,702
Rang	28,00	14,00	18,00	12,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

LEPTOPHLEBIIDAE

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,000	0,000	0,178	0,000	0,000	1,956	1,244	2,667	2,489	1,176	0,000	0,392	0,000
Rang	8,50	8,50	17,00	8,50	8,50	25,00	21,00	28,00	26,00	20,00	8,50	19,00	8,50

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,215	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,807	2,573	1,637	3,977	1,637
Rang	18,00	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	29,00	27,00	23,50	30,00	23,50

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	1,404	0,000	0,000	0,000
Rang	22,00	8,50	8,50	8,50

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

EPHEMEROPTERES

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	4,622	1,956	1,068	0,890	0,534	12,089	27,022	48,712	34,846	19,214	5,294	2,744	3,010
Rang	18,00	12,00	8,00	7,00	3,00	20,00	23,00	29,00	28,00	21,00	19,00	15,00	16,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	0,430	1,720	0,645	0,860	2,365	0,645	1,075	0,468	22,223	31,112	27,368	49,358	30,644
Rang	1,00	11,00	4,50	6,00	14,00	4,50	9,00	2,00	22,00	27,00	24,00	30,00	25,50

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	30,644	2,106	4,210	1,404
Rang	25,50	13,00	17,00	10,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

Conclusion :

Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

TEST NON PARAMETRIQUE DE MANN-WHITNEY

TEST DE SOMME DES RANGS

TOTAL

Avant Traitement

Heure	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	19:20	20:00	20:40	21:30	02:00	07:00	09:00	11:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	10,133	4,268	3,024	3,736	2,846	45,690	62,755	96,712	73,603	48,233	12,939	9,606	9,030
Rang	18,00	9,00	6,00	7,00	5,00	21,00	25,00	30,00	28,00	22,00	19,00	16,00	15,00

Après Traitement

Heure	12:15	12:45	13:15	13:45	14:30	15:30	17:00	18:20	19:40	20:20	21:00	22:00	02:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	2,150	5,375	5,160	5,160	4,515	1,720	2,795	2,574	62,926	64,797	54,271	95,675	60,822
Rang	2,00	13,00	11,50	11,50	10,00	1,00	4,00	3,00	26,00	27,00	23,00	29,00	24,00

Heure	06:00	08:00	10:00	12:00
Indice (Nbre ind/ m ³ eau)	43,745	6,551	9,826	3,978
Rang	20,00	14,00	17,00	8,00

Sous H₀ : l'insecticide n'a pas d'effet sur taxon.

Sous H₁ : l'insecticide a un effet, les indices après traitement prennent des valeurs supérieures aux indices précédents l'épandage.

Somme des rangs avant traitement :

Somme des rangs après traitement :

Valeur du seuil critique déterminée à partir de la table pour n=13 et m=17 : 154
($\alpha = 5\%$)

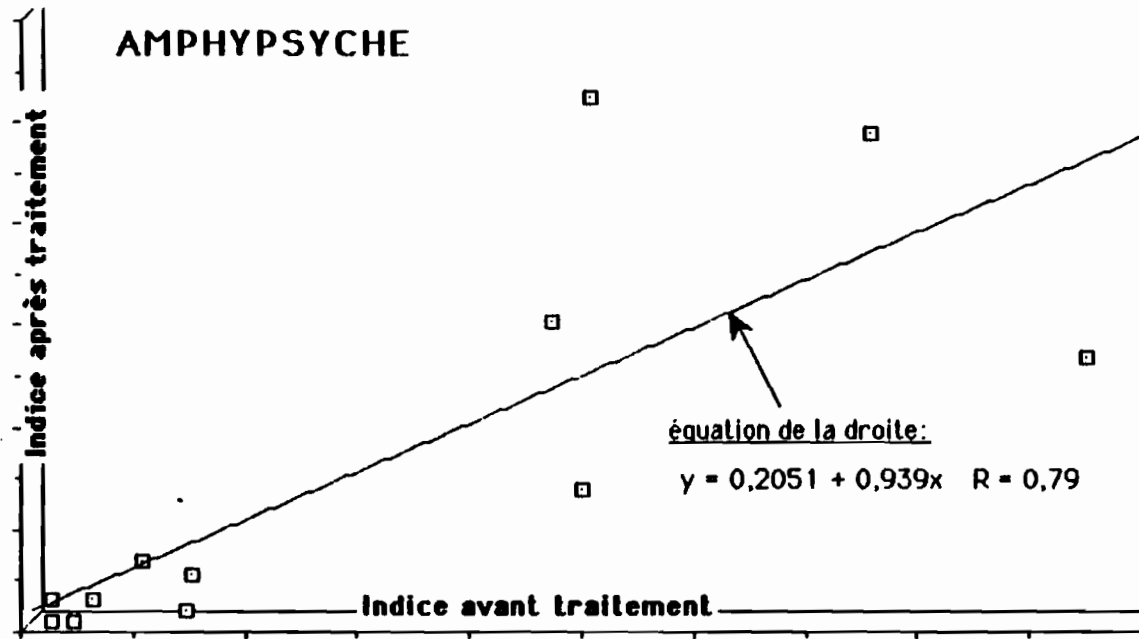
Conclusion :

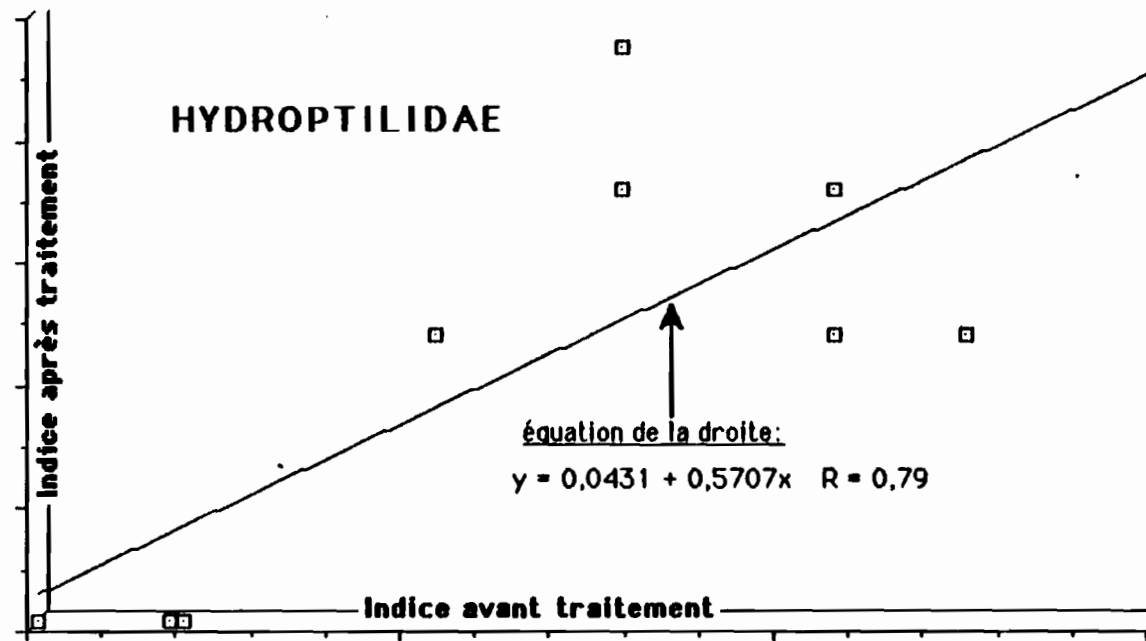
Donc aucun rôle du B.T.I. sur le taxon d'après le test de Mann-Whitney

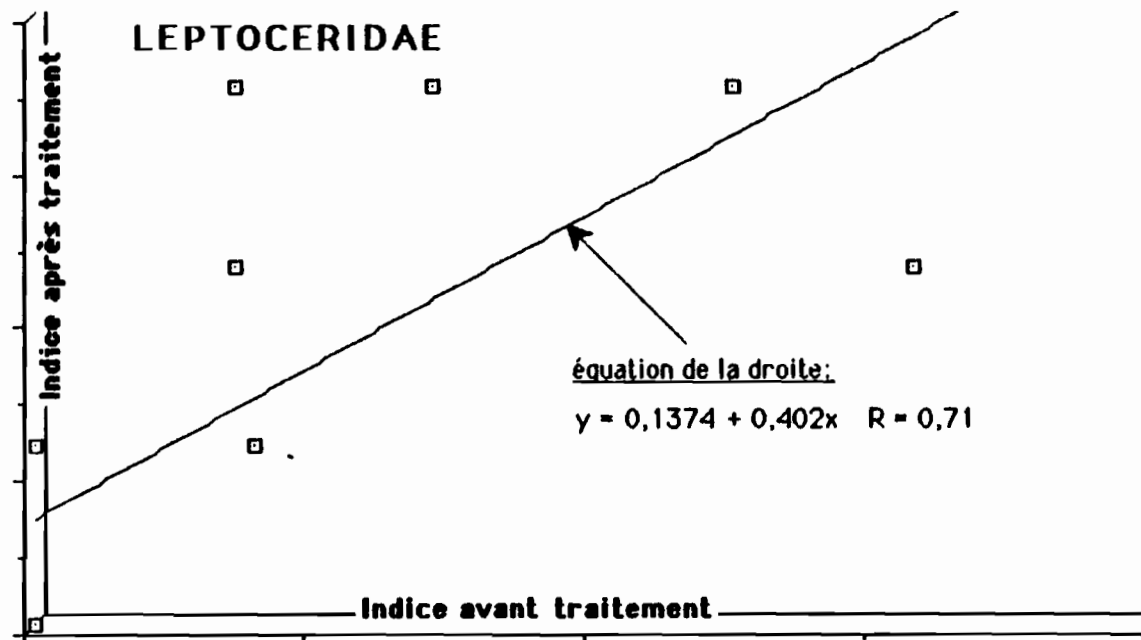
Annexe 3: Droites de régression

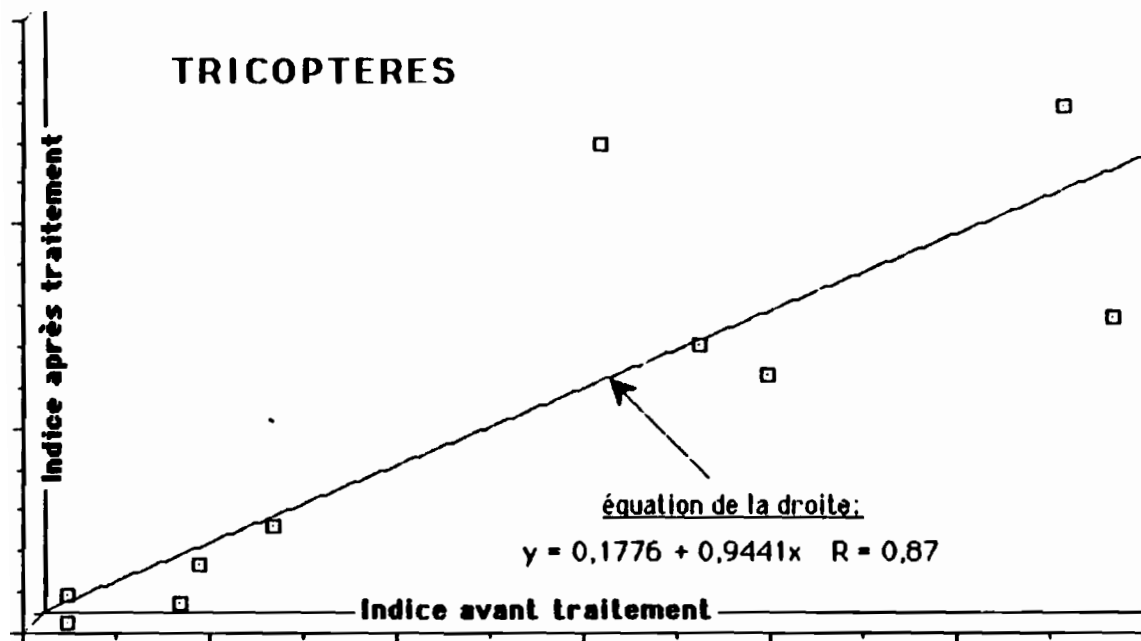
- Amphipsyche
- Hydroptilidae
- Leptoceridae
- Tricoptères
- Hydracariens
- Chironomini
- Tanytarsini
- Tanypodinae
- Orthoclaadiinae
- Diptères
- *Centroptilum + Baëtis*
- *Tricorythus*
- Caenidae
- Leptophlebiidae
- Epheméroptères
- Total

AMPHYSYCHE

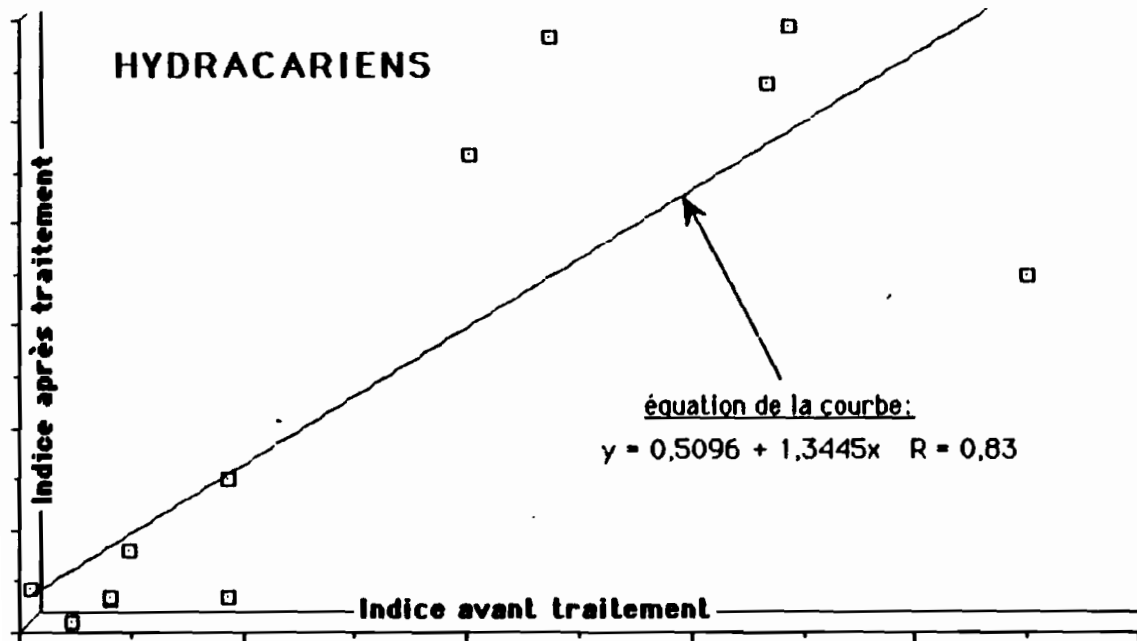




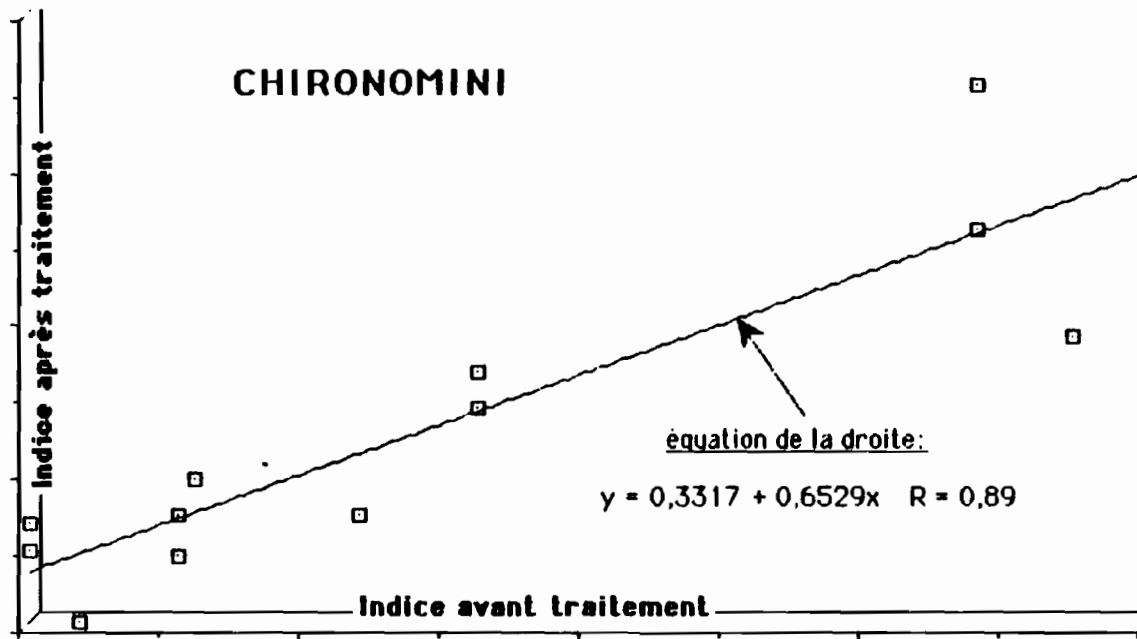




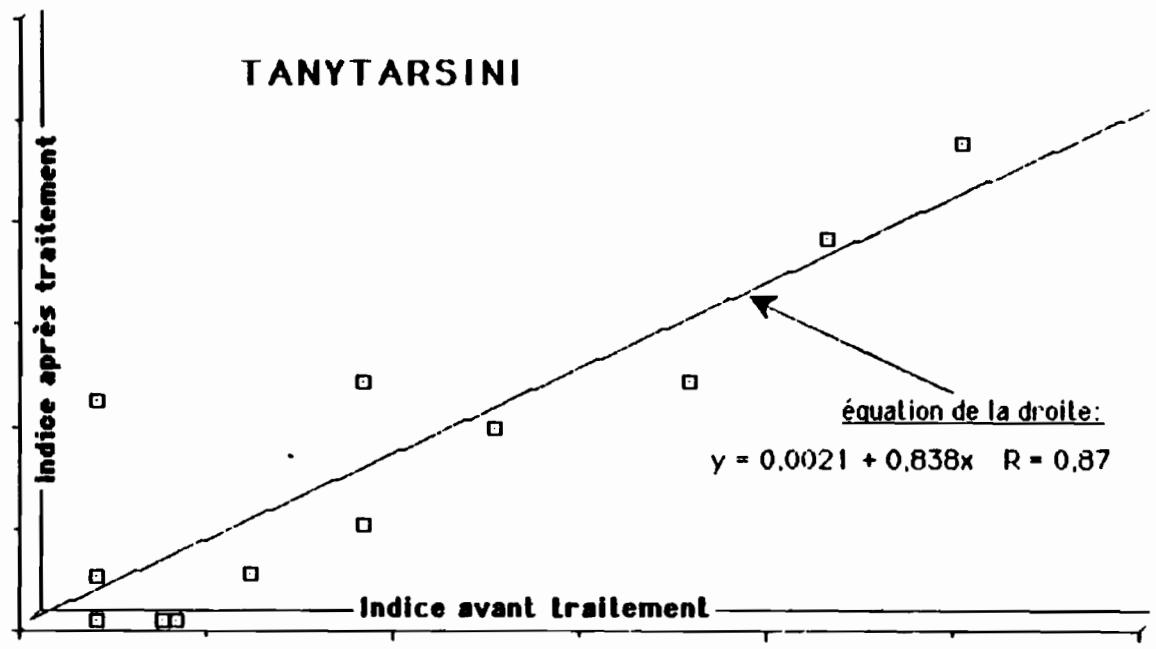
HYDRACARIENS



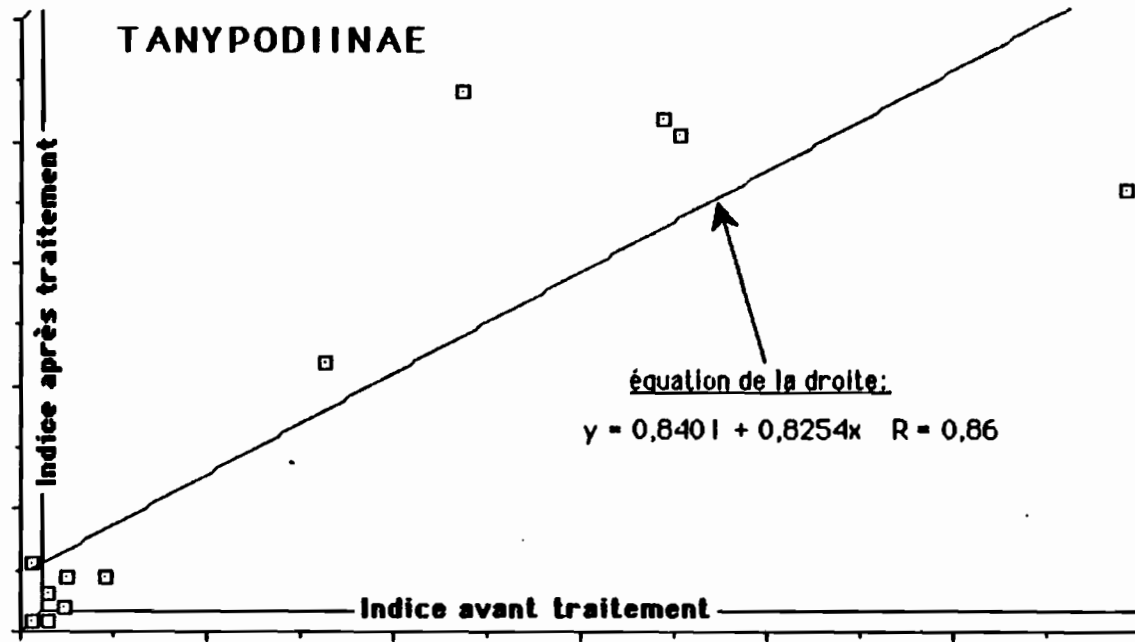
CHIRONOMINI



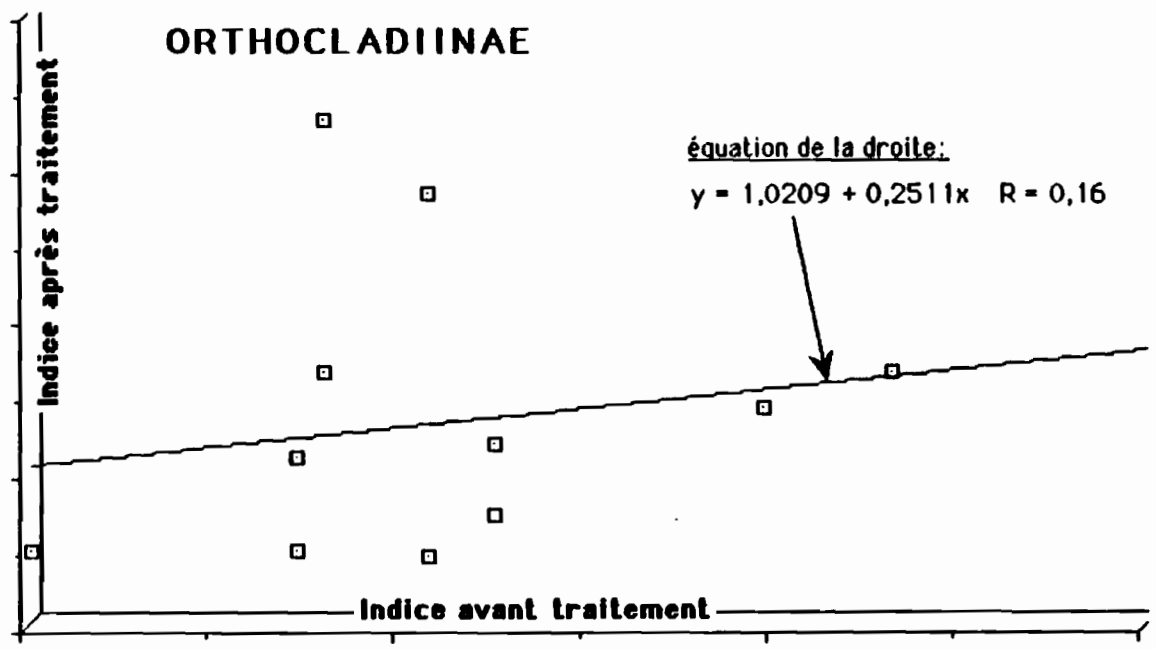
TANYTARSINI



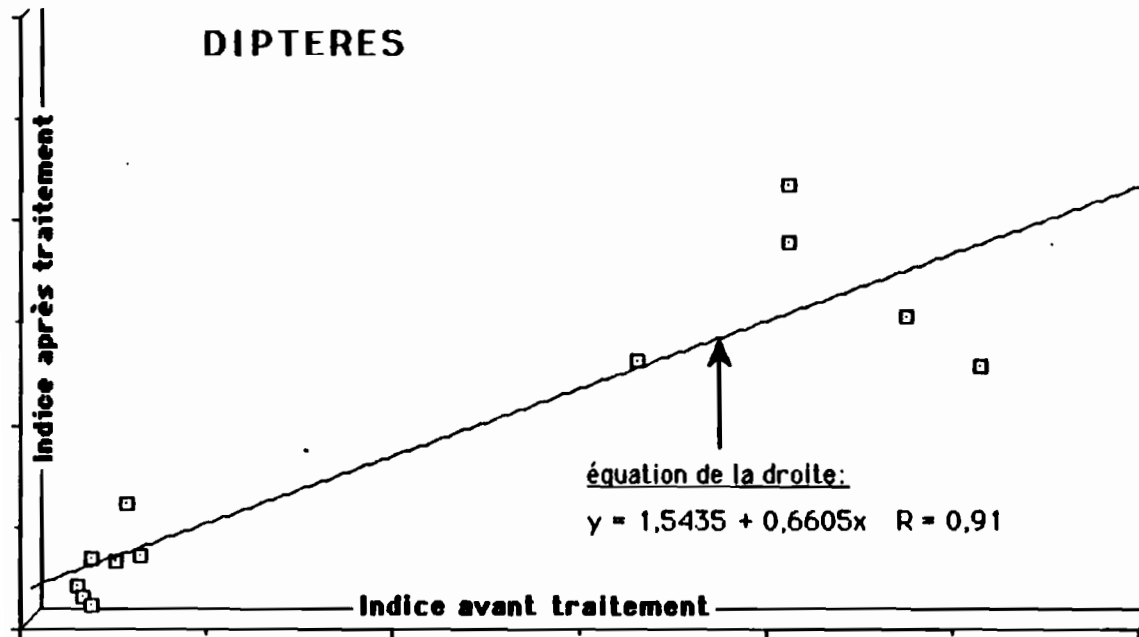
TANYPODIINAE



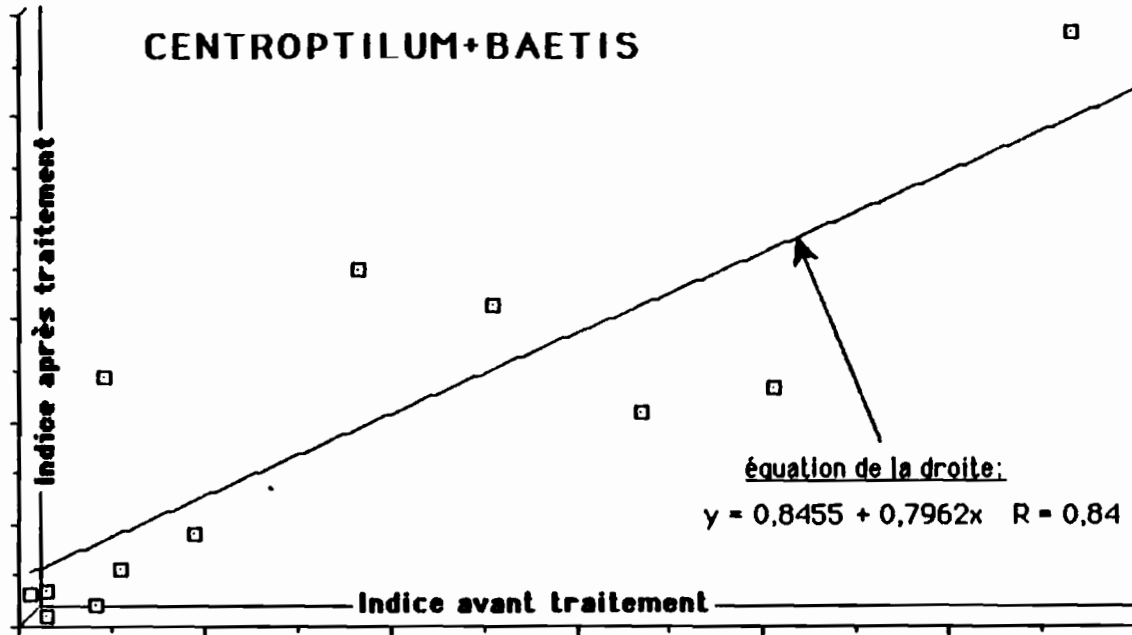
ORTHOCLADIINAE

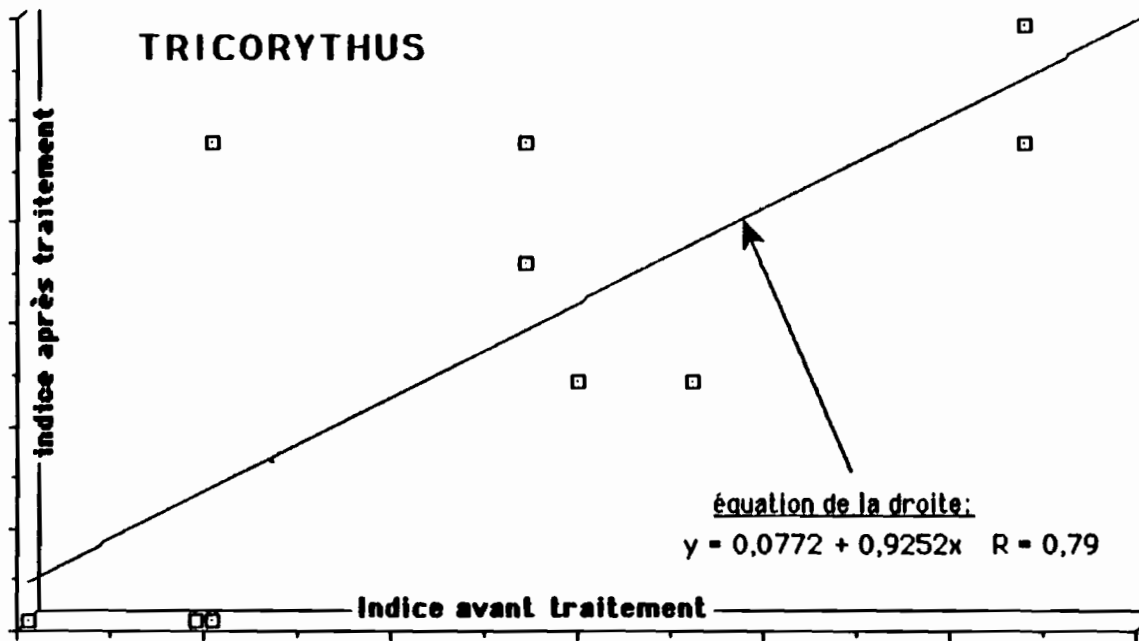


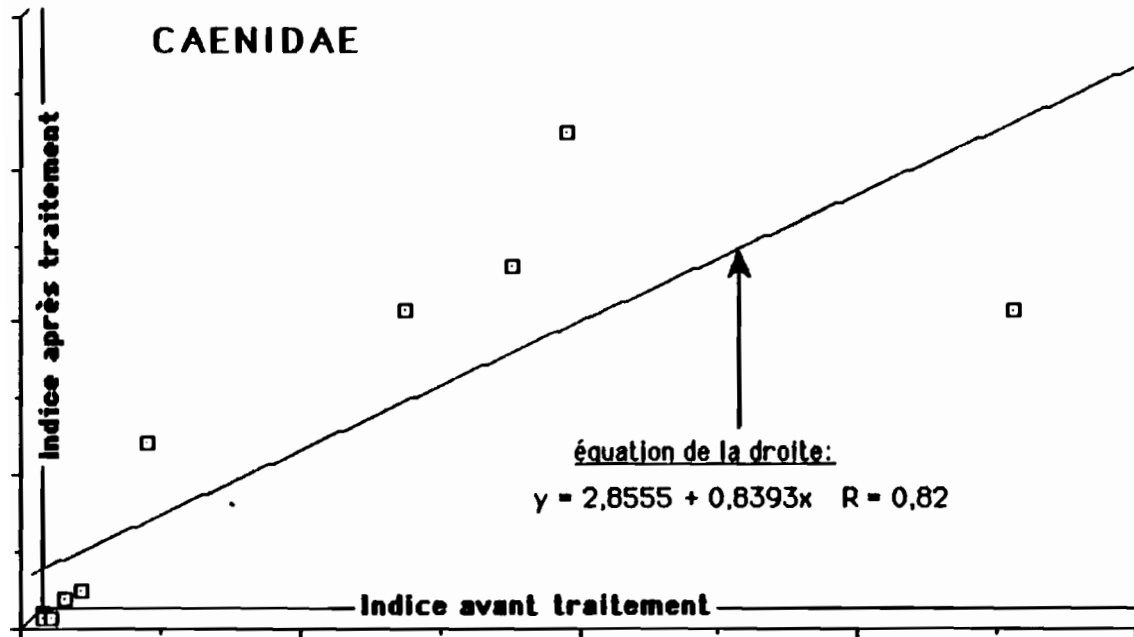
DIPTERES



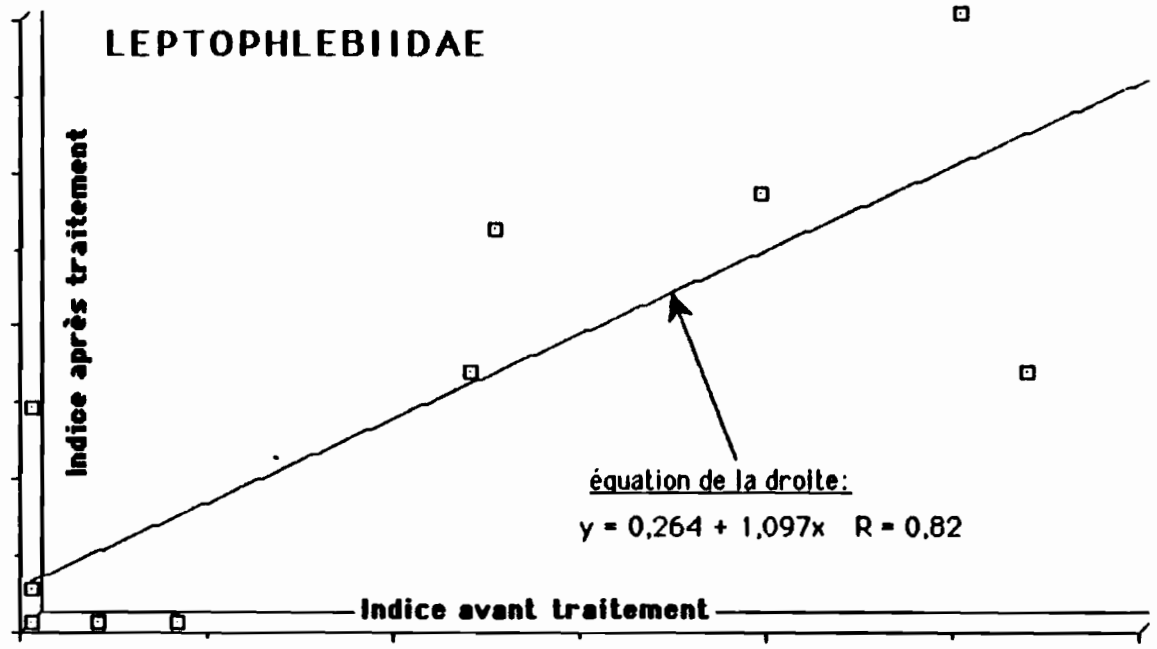
CENTROPTILUM+BAETIS



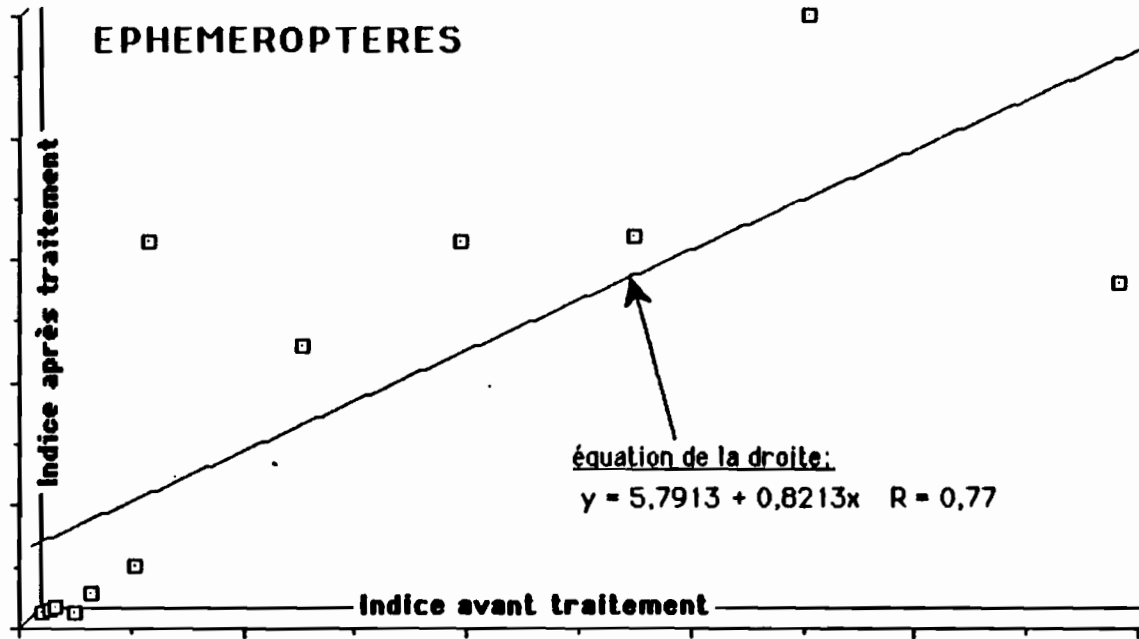


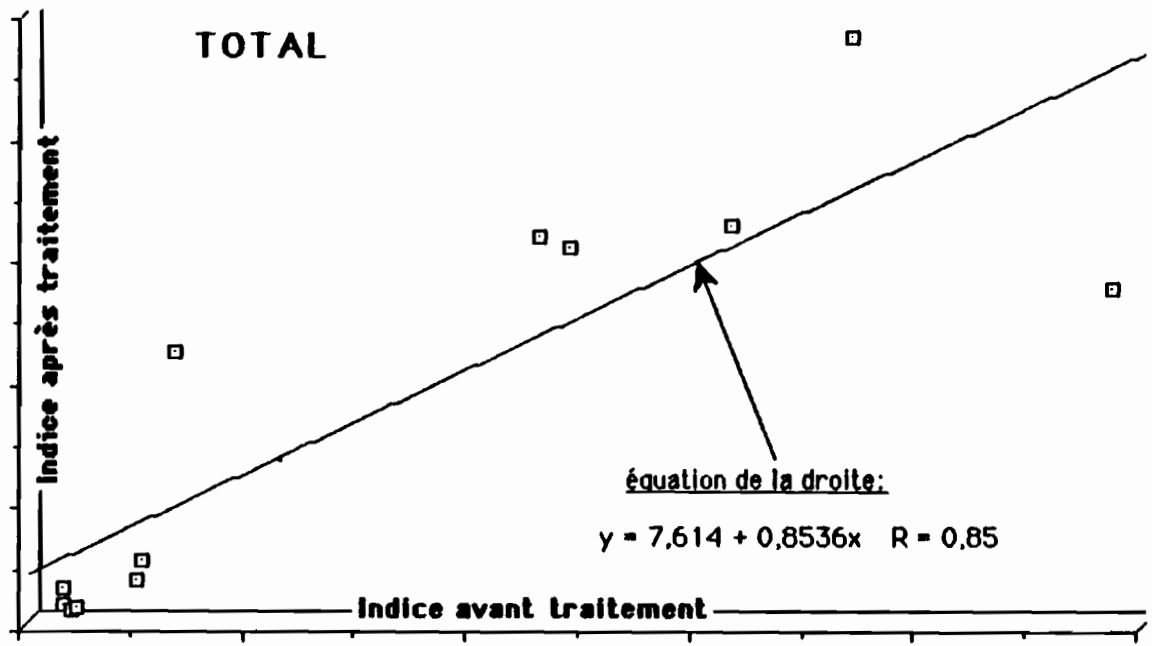


LEPTOPHLEBIIDAE



EPHEMEROPTERES





BIBLIOGRAPHIE

- DEJOUX (C.) & Elouard (J.M.) , 1977.- Action de l'Abate sur les invertébrés aquatiques. Cinétique de décrochement à court et moyen terme. *Can ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, 11 (3): 217-230.
- DEJOUX (C.) , ELOUARD (J.M.) , FORGE (P.) & MASLIN (J.L.) , 1981 a- Catalogue iconographique des Insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. *Rapp. ORSTOM-Bouaké, n°42: 179 pp.*
- DEJOUX (C.) , GIBON (F.M.) & YAMEOGO (L.) , 1985- Toxicité pour la faune non-cible de quelques insecticides nouveaux utilisés en milieu aquatique tropical: IV Le *Bacillus thuringiensis israelensis* H-14. *Rev. Hydrobiol. trop.* 18 (1) 1985: 31-49.
- ELOUARD (J.M.) , 1983- Impact d'un insecticide organophosphore (le Temephos) sur les entomocénoses associées aux stades préimaginaux du complexe *Simulium damnosum* Théobald (Diptera: *Simuliidae*). *Thèse, 546 pp.*
- ELOUARD (J.M.) & HIDEUX (P.), 1984- Test à moyen terme de la toxicité de la perméthrine épanchée sur le *Sassandra* dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose", *Rapport ORSTOM, n°3, Déc. 84.*

- GUILLET (P.) , ESCAFFRE (H.) , OUEDRAOGO (M.) & QUILLEVERE (D.) , 1980-
 Note préliminaire sur la résistance au Téméphos dans le complexe
Simulium damnosum (*S.sanctipauli* et *S.soubrense*) en Côte d'Ivoire
 (Zone du programme de lutte contre l'ochocercose dans la region du
 bassin de la Volta). *W.H.O./V.B.C./1980. 784: 19 pp.*
- HIDEUX (P.), 1985- Test des Insecticides Regulateurs de Croissance (IGR's)
 sur la faune non-cible. *Rapport ORSTOM, n°7, Août 85.*
- LEBRUN (P.) & VLAYEN (P.) , 1978- Quelques developpements récents en
 matiere de lutte microbiologique par l'utilisation de *Bacillus*
thuringiensis. *Revue des Questions Scientifiques . 150(4): 531-545.*
- MONDET (B.) , PENDRIEZ (B.) & BERNADOU (J.) , 1976- Etude du parasitisme
 des Simulies (Diptera) par des *Mermithidae*(Nematoda) en Afrique de
 l'Ouest. 1.Observations préliminaires sur un cours d'eau temporaire de
 savane. *Cah. ORSTOM , sér. Ent. méd. et Parasitol. , vol. XIV , n°2 .*
146-149.
- MÜLLER (K.) , LINGG (A.J.) & BULLA Jr (A.) , 1983- Bacterial, Viral and
 Fungal Insecticides. *Sciences, vol.219*
- ONCHOCERCIASIS CONTROL PROGRAMME , 1983- Prospects for use of IGR's
 against *Simulium damnosum* Larvae in West Africa. *OCP/PDS/ID/83*
-10

SCHORSCHER (J.A.) , 1985- Short Term test of the toxicity of Carbosulfan sprayed on the White Bandama within the framework of the Onchocerciasis Control Programme. *OCP/VCV/HYBIO/86.4*

STATZNER (B.) , 1980- The effect of a long-scale field application of Chlorphoxim on the benthic invertebrates in the N'zi River (Ivory Coast). *Rapp. multigr.* : 72 pp.

TROUBAT (J.J.) , 1981- Dispositif à gouttières multiples destiné à tester *in situ* la toxicité des insecticides vis-à-vis des Invertébrés benthiques. *Rev. Hydrobiol. trop.* , 14 (2): 149-152.