

UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD  
CENTRE D'ORSAY

T H E S E

présentée

pour obtenir

le grade de DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

par

Jean-Marc ELOUARD

---

SUJET : IMPACT D'UN INSECTICIDE ORGANOPHOSPHORÉ (LE TÊMÉPHOS)  
SUR LES ENTOMOCÉNOSES ASSOCIÉES AUX STADES PRÉIMAGINAUX  
DU COMPLEXE *Simulium damnosum* Theobald (Diptera : Simuliidae)

I. Texte

soutenue le 4 mars 1983 devant la Commission d'examen :

MM. J. BERGERARD, Président

Y. GILLON  
R. LE BERRE  
J. MOUCHET  
B. PHILIPPON  
F. RAMADE

IMPACT D'UN INSECTICIDE ORGANOPHOSPHORE (LE TEMEPHOS)  
SUR LES ENTOMOCENOSES ASSOCIEES AUX STADES  
PREIMAGINAUX DU COMPLEXE  
SIMULIUM DAMNOSUM THEOBALD (DIPTERA : SIMULIIDAE)

JEAN-MARC ELOUARD.

A mes parents qui m'ont infligé,  
pour ma plus grande joie, le goût des  
Sciences naturelles .

*"C'est l'un des aspects les plus décourageants de la tâche de l'écologue que d'avoir à délivrer davantage de permis d'inhumer que de certificats de bon état général."*

VERNEAUX, 1973.

## S U M M A R Y

In this thesis, we point out the short and long term effects of the temephos (Abat<sup>®</sup>, organophosphorous pesticide) on the entomocenoses associated with the preimaginal instars of the onchocerciasis vector: *Simulium damnosum* s.l., Theobald 1903.

The short term effect, point out by the species unhooking kinetic (study of the drift), by the abundance variations on the substrates or by the gutter tests, are more than evident on the non-target fauna. Therefore, it does exist for the species and for the instars a differential sensitivity (study of the LC 50) which allow to show up a first scale of pollution.

The long term effects are discerned through the structural modifications in the entomocenoses, which are well described with the multivariate analyses. We developed a biotic index, based on a second pollution scale, which allow to quantify them.

Thorough those results, a new methodology is proposed to collect the data for the surveillance of the rivers treated with temephos in the onchocerciasis control programme.

### KEY WORDS :

Entomocenoses, lotic system, pollution, temephos, onchocerciasis control, Ivory Coast.

P L A N

-----

AVANT PROPOS

PREMIERE PARTIE : CADRE ET TECHNIQUES D'ETUDE .

I. ETUDE DU MILIEU

1. Présentation de la Côte d'Ivoire .

1.1. Situation et relief.

1.2. Climat .

1.3. Végétation .

1.4. Réseau hydrographique .

2. Présentation des biefs étudiés .

2.1. Localisation .

2.2. Morphologie .

2.3. Végétation .

2.4. Climat .

2.5. Hydrologie .

2.6. Température de l'eau .

2.7. Turbidité .

II. LE TEMEPHOS : FORMULES, PROPRIETES ET METHODES D'EPANDAGE.

1. Formule .

2. Propriétés .

3. Epanrages.

3.1. Epanrage de routine .

3.2. Epanrages particuliers de téméphos .

3.3. Autres insecticides .

III. MATERIEL ET METHODE D'ECHANTILLONNAGE .

1. Récolte de la dérive .

2. Echantillonneur de Surber .

3. Substrats artificiels .

4. Echantillonnage de la faune des substrats naturels .

5. Expérimentation en gouttière .
  - 5.1. Description de la méthode .
  - 5.2. Déroulement des expériences .
  - 5.3. Applications .

#### IV. ESPECES ETUDIEES .

1. Liste taxinomique .
  - 1.1. Diptères .
    - 1.1.1. Simuliidae .
    - 1.1.2. Chironomidae .
    - 1.1.3. Autres Diptères .
  - 1.2. Ephéméroptères .
  - 1.3. Trichoptères .
  - 1.4. Autres groupes taxinomiques .
2. Identification des stades larvaires .
  - 2.1. Simulies .
  - 2.2. Chironomides .
  - 2.3. Trichoptères .
  - 2.4. Ephéméroptères .

#### V. TRAITEMENT MATHEMATIQUE DES DONNEES.

1. Méthodes employées pour l'analyse et l'inférence statistique.
2. Caractéristiques et propriétés des analyses multidimensionnelles .
3. Indice de diversité .

#### VI. IDENTIFICATION SEROLOGIQUE DES PREDATEURS DE *S.DAMNOSUM S.L.*

### DEUXIEME PARTIE : ASSOCIATIONS ENTRE *S.DAMNOSUM S.L.* ET LA FAUNE LOTIQUE.

#### I. INTRODUCTION .

#### II. DISTRIBUTION DE LA FAUNE EN FONCTION DE LA SAISON ET DU TYPE DE SUBSTRAT .

1. Cycle annuel des densités des populations préimaginales de *S.damnosum s.l.*
2. Cycle annuel des densités de la faune associée .
3. Conclusion .

### III

#### III. DISTRIBUTION DE *S.DAMNOSUM S.L.* ET DES ESPECES ASSOCIEES SUR LES SUBSTRATS ARTIFICIELS DE SURFACE .

1. Introduction .
2. Distribution de *S.damnosum s.l.*
  - 2.1. Influence du courant .
    - 2.1.1. Rappel bibliographique .
    - 2.1.2. Observations personnelles .
  - 2.2. Influence de la position des substrats dans le bief .
  - 2.3. Discussion .
3. Distribution de la faune associée à *S.damnosum s.l.*
  - 3.1. Espèces simuliennes .
  - 3.2. Espèces non-simuliennes .
4. Structure des peuplements .
  - 4.1. Associations spatiales interspécifiques .
  - 4.2. Diversité spécifique .
5. Conclusion .

#### IV. ETUDE DE LA COLONISATION DES SUBSTRATS ARTIFICIELS FLOTTANTS .

1. Introduction
2. Colonisation des balais et des bandelettes par les larves du complexe *S.damnosum s.l.*
3. Colonisation des balais et des bandelettes par les autres Insectes .
  - 3.1. Simulies autres que *S.damnosum s.l.*
  - 3.2. Insectes autres que les Simulies .
4. Discussion .

#### V. PREDATEURS DES STADES PREIMAGINAUX DE *S.DAMNOSUM S.L.*

1. Prédateurs non-entomiques .
2. Prédateurs entomiques .
3. Localisation des populations de prédateurs entomiques par rapport à celles des larves de *S.damnosum s.l.*

#### VI. CONCLUSIONS



## TROISIEME PARTIE : IMPACT A COURT TERME .

## I. ACTION SUR LA DERIVE DES INVERTEBRES .

1. Introduction .
2. Rythmes nycthéméraux de dérive des principaux taxons lotiques de la Maraoué.
  - 2.1. Résultats .
  - 2.2. Comparaison avec d'autres résultats .
3. Impact des épandages de téméphos sur la dérive .
  - 3.1. Cinétique de décrochement des principaux taxons .
  - 3.2. Variation de la structure de la dérive .
  - 3.3. Discussion .

## II. TESTS EN GOUTTIERE

1. Introduction .
2. Cinétique de décrochement .
3. Sensibilité des espèces au téméphos .
  - 3.1. Sensibilités obtenues dans les différents tests.
  - 3.2. Comparaison des sensibilités relatives .
  - 3.3. Comparaison des sensibilité absolues .
4. Durée du phénomène .
5. Action du téméphos sur l'exuviation des larves .
6. Evolution des structures des communautés d'Insectes à l'intérieur des gouttières .

## III. FAUNE DES SUBSTRATS .

1. Premiers traitements de la Maraoué .
  - 1.1. Impact du téméphos sur la faune des substrats artificiels de type balai.
  - 1.2. Faune des rochers .
  - 1.3. Remarques à propos du surdosage .
2. Epannage de décembre 1979 .
3. Conclusion .

## IV. DISCUSSION

## V. CONCLUSION

## QUATRIEME PARTIE : IMPACT A LONG TERME .

## I. INTRODUCTION .

## II. MODIFICATION DES CYCLES ANNUELS ET DES DISTRIBUTIONS SUR LES SUBSTRATS NATURELS .

1. Cycle annuel des populations préimaginales de *S.damnosum s.l.*
2. Cycle annuel des densités de la faune associée.

III. MODIFICATION DES DISTRIBUTIONS DE *S.DAMNOSUM S.L.* ET DES ESPECES ASSOCIEES SUR LES SUBSTRATS ARTIFICIELS DE SURFACE .

1. Introduction .
2. Modification éventuelle des distributions
  - 2.1. Distribution vis-à-vis du courant .
  - 2.2. Distribution dans le bief .
    - 2.2.1. *S.damnosum s.l.*
    - 2.2.2. Autres Simulies .
    - 2.2.3. Espèces non-simulidiennes .
3. Modification des effectifs des populations et de la structure des peuplements .
  - 3.1. Modification des effectifs des populations .
  - 3.2. Modification de la structure des peuplements .
    - 3.2.1. Fréquences relatives .
    - 3.2.2. Analyse factorielle des correspondances .
    - 3.2.3. Diversité spécifique .

## IV. COLONISATION DES SUBSTRATS FLOTTANTS DURANT LA PERIODE DE TRAITEMENT AU TEMEPHOS .

1. Introduction .
2. Résultats .
  - 2.1. Simulies .
  - 2.2. Insectes autres que les Simulies .
3. Conclusions .

## V. CHANGEMENTS DE STRUCTURE DES PEUPEMENTS SUR LES DIFFERENTS TYPES DE SUBSTRATS .

1. Introduction .
2. Résultats .

- 2.1. Impact du téméphos sur la structure des entomocénoses peuplant les substrats flottants .
- 2.2. Impact du téméphos sur la structure des entomocénoses des substrats ancrés .
  - 2.2.1. Prélèvements triés au niveau spécifique .
  - 2.2.2. Prélèvements triés à des niveaux taxinomiques supraspécifiques ( données du programme de surveillance ) .

## VI. INDICES DE POLLUTION .

1. Introduction .
2. Indice de diversité .
  - 2.1. Rappel bibliographique .
  - 2.2. Applications .
    - 2.2.1. Indices calculés sur toutes les espèces d'Insectes .
    - 2.2.2. Indice de Shannon calculé sur les espèces les plus abondantes .
  - 2.3. Conclusions .
  - 2.4. Indices calculés au niveau d'identification utilisé dans le programme de surveillance .
3. Indices biotiques .
  - 3.1. Rappel bibliographique .
  - 3.2. Caractéristiques requises par un indice de pollution dans ce contexte .
  - 3.3. Construction de l'indice factoriel de pollution .
  - 3.4. Applications .
    - 3.4.1. Détermination des poids et du coefficient C.
    - 3.4.2. Performance des indices .
    - 3.4.3. Vérification de la validité de l'indice .
    - 3.4.4. Périodes à retenir .
    - 3.4.5. Incidence de l'effectif du peuplement sur le calcul de l'indice .
  - 3.5. Conclusion .

## VII. CONCLUSIONS DE LA PARTIE IV.

CONCLUSIONS GENERALES ET PROPOSITION D'UN NOUVEAU PROTOCOLE DE  
SURVEILLANCE DE L'IMPACT DU TEMEPHOS .

I. DISTRIBUTION DE S.DAMNOSUM S.L. ET DE LA FAUNE ASSOCIEE .

II. IMPACT DU TEMEPHOS .

1. Impact à court terme .

2. Impact à long terme .

III. PROPOSITION D'UN NOUVEAU PROTOCOLE DE SURVEILLANCE DE L'IMPACT  
DU TEMEPHOS .

BIBLIOGRAPHIE .

RESUME .

SUMMARY .



*Nous présentons ici, non un réquisitoire mais un dossier d'instruction et, s'il est de notre compétence de juger coupable ou d'acquitter le téméphos utilisé contre les Simulies, il n'est point en notre pouvoir de le faire ..... Cette décision appartient aux hommes politiques. Puissent les quelques informations exposées dans ce travail les aider à décider, sans léser les onchocerquiens, de ce qui est bon aux entomocénoses !*

## AVANT-PROPOS

L'onchocercose humaine est une filariose dermique débiliteuse répandue en Afrique, dans toute la zone intertropicale mais qui est cliniquement, socialement et économiquement, plus grave en zone de savane guinéenne ou soudanaise. L'agent pathogène responsable de cette endémie est la filaire *Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893), strictement inféodée à l'homme et transmise en Afrique de l'Ouest par les femelles des Simulies du complexe *Simulium damnosum*. La Simulie est à la fois vecteur et hôte intermédiaire ; la microfilaire, ingérée sur un malade, doit accomplir chez elle un cycle évolutif la conduisant, en sept jours environ, au stade de larve infectante. Il n'y a pas de transmission de la maladie si ce n'est par des formes parasitaires ayant accompli l'obligatoire cycle intra-vectoriel.

L'invasion des tissus d'origine ectodermique par les microfilaires provoque différents troubles morbides dont le plus grave est la cécité irréversible. Cette incidence clinique incite les populations humaines à fuir ou, tout au moins, à ne pas occuper de nombreuses vallées où abondent les Simulies. En ce sens, l'onchocercose constitue un obstacle important au développement économique et démographique des pays d'Afrique de l'Ouest et en particulier, à celui des pays de savane où la maladie sévit le long de la plupart des cours d'eau.

En l'absence de toute arme thérapeutique (prophylaxie, chimiothérapie, chirurgie) applicable en campagne de masse, la seule méthode actuellement possible pour enrayer la propagation de cette maladie, reste la lutte contre le vecteur. En Côte d'Ivoire, le complexe *S. damnosum* comprend six cytotypes élevés au rang d'espèce par VAJIME & DUNBAR (1975) et nommés : *S. damnosum s.s.*, *S. sirbanum*, *S. sanctipauli*, *S. soubrense*, *S. squamosum* et *S. yahense* regroupés sous le terme de *S. damnosum s.l.* lorsqu'aucune distinction n'est faite entre les membres du complexe.

L'écophase larvaire du cycle de développement de *S. damnosum s.l.* est aquatique et strictement inféodée aux rapides. Cela la rend vulnérable du fait de sa distribution agrégative dans des biefs bien définis et limités.

C'est une des raisons pour lesquelles la limitation des populations du vecteur au moyen de larvicides a été retenue dans le



Programme de Lutte contre l'Onchocercose (OCP) (1) entrepris par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) depuis 1975 dans le bassin de la Volta. Ce procédé est actuellement le plus sûr et le plus facile à mettre en oeuvre lorsque la zone à protéger est très vaste, comme c'est le cas de la région considérée avec ses 764 000 km<sup>2</sup> et ses 18 000 km de lignes de gîtes larvaires potentiels à *S. damnosum s.l.* En raison de la brièveté du cycle de développement de la larve, un épandage hebdomadaire s'avère nécessaire pour contrôler de façon efficace les populations du vecteur.

L'insecticide, sélectionné pour une campagne d'une telle ampleur et prévue pour durer une vingtaine d'années, doit posséder des caractéristiques devant concilier des exigences souvent contradictoires (QUELENNEC, 1970) telles que efficacité contre les larves du vecteur, méthode d'application aisée, prix de revient aussi bas que possible, rémanence faible mais portée grande, innocuité pour l'homme et les mammifères et toxicité la plus faible possible vis-à-vis de tout le reste de l'environnement aquatique.

Le téméphos (ou Abate<sup>®</sup>), insecticide organophosphoré employé dans le programme de lutte contre l'onchocercose, a été retenu car il était le seul à cette époque disponible sur le marché qui répondait aux critères désirés. Il n'est cependant pas entièrement sélectif et entraîne la destruction d'organismes non cibles vivant dans les mêmes biotopes que *S. damnosum s.l.* Outre l'effet dépressif sur le potentiel biotique du milieu traité, le risque est grand que cet insecticide modifie un ou plusieurs équilibres naturels amenant la disparition d'espèces économiquement importantes ou au contraire une prolifération non souhaitable d'autres organismes. Ce déséquilibre prend le plus souvent, dans le milieu aquatique, la forme d'une rupture de la chaîne alimentaire qui, partant de l'apport d'énergie solaire initiale, conduit au maillon économiquement le plus important : le poisson. Il était donc indispensable

---

(1) O.C.P. : Bien que ce groupe d'initiales soit l'abréviation de la locution anglaise "Onchocerciasis Control Programme", nous l'adopterons par la suite, car il est de loin le plus connu et le plus utilisé.

de procéder à des études hydrobiologiques pour s'assurer qu'aucune catastrophe écologique ne résulterait de l'application hebdomadaire à long terme et à grande échelle du téméphos. Dès la première année de mise en application du Programme de Lutte contre l'Onchocercose, trois groupes de personnes ont assuré la surveillance des rivières en Haute-Volta, au Ghana et en Côte d'Ivoire. Malheureusement, aucune donnée bioécologique servant de référence pour la faune n'avait pu être récoltée avant que ne débutent les épandages.

La prévision de l'extension vers le Sud de l'aire du Programme de Lutte permettait cependant de pallier partiellement cette lacune. Le protocole de surveillance aquatique a donc pu être appliqué à la Maraoué et au Sassandra qui furent exempts de tout traitement avant d'être soumis au téméphos. Toutefois, ce protocole était issu d'expériences européennes ou américaines et il n'était pas sûr qu'il soit satisfaisant et suffisamment sensible pour refléter toutes les modifications importantes de la faune des rivières africaines. Il est apparu utile dans ce contexte, de mener des recherches complémentaires afin de préciser l'impact réel du toxique à court, moyen et long terme, et de comprendre par quels mécanismes, directs ou indirects, agissait l'insecticide sur les différentes espèces d'Insecte ainsi que sur leurs associations en communautés.

C'est dans ce cadre que s'inscrivent les travaux présentés dans ce mémoire. Le sujet étant très vaste, seul l'impact du téméphos sur les entomocénoses associées aux stades préimaginaux du complexe *S. damnosum* sera exposé ici.

Pour atteindre ce but, et après avoir décrit la zone d'étude et les méthodes utilisées (partie I), nous définirons les groupements d'Insectes associés aux stades aquatiques de *S. damnosum* s.l. ainsi que leurs évolutions dans l'espace et dans le temps (partie II). Les études de toxicité à court terme permettent de préciser la sensibilité des espèces (partie III), étape indispensable à l'interprétation des variations à long terme engendrées par le pesticide (partie IV). Enfin, en fonction des résultats obtenus, un nouveau protocole de surveillance applicable à grande échelle sera proposé.

La récolte des données a été effectuée au Laboratoire d'Hydrobiologie de Bouaké (Côte d'Ivoire) de 1975 à 1980. Nous avons bénéficié tout au long de ces recherches de subventions allouées par l'Organisation Mondiale de la Santé, dans le cadre d'un accord contractuel passé avec le Programme de Lutte contre l'Onchocercose (OCP) dans le bassin de la Volta. Nous avons également reçu l'aide morale et matérielle de nombreuses personnes sans lesquelles ce travail n'aurait pu aboutir. Il m'est particulièrement agréable de remercier ici :

Monsieur A. RUELLAN et Monsieur le Professeur CAMUS, respectivement Directeur et ex-Directeur Général de l'O.R.S.T.O.M., qui m'ont accordé toutes les facilités nécessaires à l'exécution et à la rédaction de ce travail.

Monsieur C. DEJOUX, Directeur du Laboratoire d'Hydrobiologie de Bouaké, avec qui j'ai collaboré durant de longues années au programme de surveillance des milieux aquatiques et qui m'a donné les moyens de mener à bien ces recherches.

Monsieur le Professeur J. BERGERARD, qui a été à l'origine de ma carrière d'Entomologiste médical à l'O.R.S.T.O.M. et qui a bien voulu présider ce jury.

Monsieur B. PHILIPPON, qui a assuré la direction scientifique de ce travail, en a revu et corrigé le manuscrit. Sa compétence et son expérience de l'onchocercose et de l'écologie des Simulies m'ont été extrêmement précieuses.

Monsieur R. LE BERRE, pionnier de la lutte contre *Simulium damnosum* s.l., qui s'est toujours intéressé à mes recherches et m'a prodigué conseils et appuis tout au long de leurs exécutions. Je tiens à l'assurer de ma reconnaissance et de mon amitié.

Monsieur J. MOUCHET, Président du Comité Technique d'Entomologie médicale de l'O.R.S.T.O.M., qui m'a affecté sur ce programme et m'a soutenu dans les moments difficiles. Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.

Monsieur A. RICKENBACK qui a bien voulu corriger certains chapitres ainsi que Monsieur J. COZ, Directeur du Laboratoire d'Entomologie médicale, qui a toujours fait son maximum pour aplanir les difficultés tant matérielles que financières inhérentes à la préparation de ce travail.

Mademoiselle A. BARBIER qui m'a aidé à réaliser une partie des graphes.

Monsieur M. BIHOUM, aide de laboratoire, qui a assuré le fastidieux tri des prélèvements et avec lequel j'ai eu le plaisir d'effectuer la plupart des missions sur le terrain. Je tiens ici à louer son dévouement, son sérieux et sa compétence.

Messieurs P. FORGE, F. GIBON, J.L. MASLIN, B. STATZNER et J.J. TROUBAT, mes collègues du Laboratoire d'Hydrobiologie de Bouaké, avec qui j'ai eu le plaisir de travailler et qui par leurs observations, leur aide et leurs conseils m'ont apporté un soutien dont je leur suis vivement reconnaissant.

Monsieur J.M. JESTIN, qui m'a initié aux pratiques de l'informatique et de la statistique multidimensionnelle. Sans lui, je n'aurais pu réaliser les calculs nécessaires à l'aboutissement de ce travail.

Messieurs J.J. ALBARET, R. BIGORNE, P. HERBINET, C. LEVEQUE, B. de MERONA et D. PAUGY, mes collègues ichtyologistes de Bouaké qui m'ont fourni de précieux renseignements sur l'écologie des poissons et m'ont aidé par de fructueuses discussions.

Messieurs C. BELLEC, D. BERL, D. COURET, M. ESCAFFRE, J.P. GOUTTEUX, P. GUILLET, G. HEBRARD, C. LAVEISSIERE, J.M. PRUD'HOM, J. PRODHON et D. QUILLEVERE, mes collègues de l'Institut de Recherche sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose (I.R.T.O.) qui formaient un groupe dynamique favorable au travail d'équipe.

Messieurs Z. DRAMANE, K. KOUAME et O. OUSMANE, qui en tant que chauffeur, aide de laboratoire et dactylo, ont contribué avec dévouement et conscience professionnelle à mon travail de laboratoire et de

terrain.

Les autorités ivoiriennes et en particulier, les hauts responsables des ministères de la Recherche Scientifique et de la Santé Publique, ainsi que Messieurs le Préfet et Sous-Préfet de Bouaflé qui nous ont permis de construire notre station d'étude sur les bords de la Maraoué:

Monsieur Y. GILLON, ainsi que tous les membres du Laboratoire d'Entomologie de l'Université d'Orsay qui m'ont accueilli dans leur équipe lors de la rédaction de ce manuscrit. Ma reconnaissance s'adresse plus particulièrement à Mesdames et Messieurs CHIFFAUD, LOUVEAUX et MESTRE qui m'ont soutenu et rendu de nombreux services .

Madame P. GEORGEL pour son amitié ainsi que pour son aide amicale et le fastidieux travail de relecture qu'elle a assuré.

Enfin que D. TOURNIER, ma compagne, trouve ici plus que ma gratitude pour avoir supporté avec beaucoup de patience et de compréhension les contraintes matérielles et psychologiques qu'a imposées durant plusieurs années ce travail.

PREMIERE PARTIE

-----

CADRE ET  
TECHNIQUES D'ETUDE

-----

## I. ÉTUDE DU MILIEU

### 1. Présentation de la Côte d'Ivoire

#### 1.1. Situation et relief

La République de Côte d'Ivoire, sise entre le Ghana à l'est, le Libéria et la Guinée à l'ouest, fait partie des pays qui bordent le golfe de Guinée. Ses frontières s'inscrivent approximativement dans un carré dont les côtés auraient pour coordonnées  $4^{\circ}30'$  et  $10^{\circ}30'$  de latitude nord,  $2^{\circ}30'$  et  $8^{\circ}30'$  de longitude ouest. Sa superficie totale est de 322 000 km<sup>2</sup> dont 210 000 km<sup>2</sup> sont constitués de savanes. Le reste étant recouvert par la forêt.

Le relief de la Côte d'Ivoire est peu caractérisé, semblable à une pénéplaine dont l'altitude varie de 400 m environ au nord à moins de 50 m au sud, entrecoupée de chaînes de collines orientées SSW-NNE. Le massif de Man est la seule région montagneuse, tandis que la frange littorale est issue de formes liées à une évolution quaternaire. Malgré l'uniformité d'ensemble et la grande profusion de nuances dans le détail, on peut distinguer cinq grandes unités régionales (AVENARD, 1971) :

- La retombée de la dorsale guinéenne.

Les extrémités de la dorsale guinéenne qui prolongent le massif du Fouta-Djalou constituent les massifs montagneux de l'ouest. Deux formations principales émergent de cette région accidentée.

. Le massif du Mont Nimba et sa bordure qui délimitent la frontière entre le Libéria, la Guinée et la Côte d'Ivoire. Il culmine à 1750 mètres.

. Le massif de Man dont certains sommets dépassent de peu 1000 mètres et qui forme un arc de cercle montagneux de près de 120 km de long.

- Les plateaux du Nord.

Cette région est comprise entre les frontières de la Haute-Volta et du Mali au nord, la dorsale guinéenne à l'ouest et la Volta à l'est. C'est le domaine des glacis qui se développent dans une grande partie de l'Afrique de l'Ouest. Ils sont d'allure tabulaire et disposés en une suite de plateaux étagés isolant des zones planes individualisées les unes par rapport aux autres. De ces plateaux, émergent des collines formant des chaînes, des buttes tabulaires ou des reliefs en dômes qui semblent surajoutés au relief de base. Cette région est globalement granitique à l'ouest et schisteuse à l'est. Les altitudes observées vont de 200 à 500 mètres.

- La zone de transition : glacis méridionaux et marche centrale.

Cette zone comprend toute la région délimitée par le sixième et le huitième parallèle, à l'exception de la région de Man et du Mont Nimba. Les glacis sont peu accentués et bien qu'ils n'aient plus l'ampleur de ceux du nord, ils prédominent encore. L'ensemble paraît avoir été basculé vers le sud, traduisant un abaissement progressif vers la mer. Cette région constitue une zone de bas-plateaux et un secteur de transition.

- Les "Bas-Pays intérieurs".

Au sud de la zone de transition, la partie centrale, dite des "Bas-Pays intérieurs", est constituée de plateaux peu caractérisés, de petites collines et de vallonnements ainsi que de plaines monotones. Les altitudes ne dépassent pas 120 à 150 mètres. Outre la faible



importance des reliefs, la caractéristique générale de cette région est l'accumulation d'eau stagnante constituant de vastes zones de marécages mal drainées par un réseau hydrographique peu hiérarchisé.

- La frange littorale.

Enfin la côte est, sur sa majeure partie, bordée par un cordon littoral isolant un système lagunaire encombré d'îles et de golfes colmatés avec des marécages et un développement important de la mangrove (AVENARD, 1971).

## 1.2. Climat

La Côte d'Ivoire appartient au domaine des climats chauds équatoriaux et tropicaux nord. La moyenne journalière annuelle de température est voisine de 25°C.

Le climat en général et le régime des pluies en particulier sont liés au déplacement du Front Intertropical ou F.I.T. qui représente la zone de confluence entre deux masses d'air. La première est humide et d'origine océanique. Elle se déplace selon la direction SW-NE et est appelée improprement "mousson". La seconde est sèche et d'origine continentale. Elle se déplace selon la direction NE-SW et correspond à l'alizé ou "harmattan".

Le déplacement du F.I.T. selon une direction approximative nord-sud tout au long de l'année régit le régime des pluies et provoque une zonation nord-sud des régimes climatiques. Au fur et à mesure que l'on se déplace vers le nord du pays, on passe insensiblement d'un régime de type équatorial à quatre saisons marquées (grande saison sèche de décembre à mars, grande saison des pluies d'avril à juillet, petite saison sèche en août et septembre, et petite saison des pluies en octobre et novembre) à un régime tropical à deux saisons au nord (saison des pluies de juin à octobre, saison sèche de novembre à mai). De plus, les accidents du relief entretiennent une surabondance de pluies sur les régions montagneuses de l'ouest.

A cause des accidents du relief et de la pénétration plus ou moins profonde du F.I.T. selon les régions, les isohyètes ne suivent pas

les parallèles.

### 1.3. Végétation

Deux grands types de paysage végétal se partagent la Côte d'Ivoire : la forêt et la savane (fig.1). La forêt est de constitution relativement homogène. Elle s'étend sur tout le sud du pays ainsi que sur les massifs montagneux de l'ouest. La savane s'étend sur la partie nord du pays, mais comprend en réalité différentes formations végétales telles que savane préforestière, forêt claire et savane herbeuse.

GUILLAUMET *et al.* (1971) en se basant sur les formations végétales prédominantes dans le paysage ainsi que sur leur dynamique, distinguent deux domaines végétaux principaux regroupant six secteurs.

- Le domaine guinéen
  - . secteur ombrophile
  - . secteur mésophile
  - . secteur littoral
  - . secteur montagnard
  
- Le domaine soudanais
  - . secteur sub-soudanais
  - . secteur soudanais

Ces secteurs se différencient par leur climax. Celui du secteur ombrophile est la forêt dense humide sempérvirente. La défeuillaison n'affecte jamais simultanément l'ensemble de la forêt et la plupart des espèces présentent un renouvellement permanent de leurs feuilles.

Le climax prédominant du secteur mésophile est la forêt semi-décidue, caractérisée par la chute quasi simultanée des feuilles des grands arbres. Une partie du secteur mésophile est également occupée par des savanes dites guinéennes, constituées d'étendues de hautes herbes enclavées dans les forêts denses ou comprises entre celles-ci et les forêts claires. Ces savanes sont parsemées d'arbres et de rôniers, parcourues par de nombreuses forêts galeries et contiennent des îlots reliques de forêts denses. Les savanes guinéennes doivent être considérées comme une étape dans une série évoluant vers la forêt dense humide

semi-décidue, mais maintenue par les feux annuels provoqués par l'homme.

Le secteur littoral est peu homogène. Toute une mosaïque de formations édaphiques peuplent cette zone dans l'ensemble plus sèche que le secteur ombrophile. Ce secteur n'excède pas 7 à 8 km de largeur le long de la côte.

Le secteur montagneux, restreint aux zones dont l'altitude dépasse 1000 m, est caractérisé par une forêt dense humide de montagne et par une prairie altitudinale.

Le domaine soudanais qui comprend les secteurs sub-soudanais et soudanais est caractérisé par les forêts claires et les savanes. Les limites entre le secteur subsoudanais et le secteur mésophile ne sont pas bien tranchées. Il s'agit plus d'un passage progressif selon des gradients de végétation plus ou moins altéré par l'homme. De même, les secteurs sub-soudanais et soudanais ne sont pas fondamentalement différents. Le secteur soudanais se différencie du secteur sub-soudanais par une flore plus pauvre et par la présence de quelques espèces typiquement soudanaises.

#### 1.4. Réseau hydrographique

Il comprend quatre bassins principaux : le Comoë, le Bandama, le Sassandra et le Cavally, ainsi qu'un certain nombre de petits fleuves côtiers : le Tabou, le San Pedro, le Niounioura, le Boubo, l'Agneby, la Mé et la Bia et trois affluents du bassin du Niger : le Baoulé, la Bagoué et le Sankarani (fig.1).

Seul le bassin du Bandama sera détaillé car c'est sur son principal affluent, la Maraoué (ou Marahoué) que sont situées nos stations de recherche.

Le Bandama a une pente générale faible de 0,40 m par km et une longueur de 1050 km. Son bassin versant couvre environ 97 000 km<sup>2</sup> dont 24 300 km<sup>2</sup> forment celui de la Maraoué. Le cours de cet affluent s'étend sur 550 km. Le régime général de la Maraoué est de type équatorial de transition atténué. La saison des moyennes et hautes eaux s'étale de mai à novembre mais le dédoublement de la crue annuelle n'est pas toujours très marqué.

## 2. Présentation des biefs étudiés

### 2.1. Localisation

Les prélèvements réalisés dans le cadre de la surveillance des milieux lotiques traités au téméphos par OCP ont été récoltés en huit stations réparties sur quatre bassins. Les localisations sont précisées sur la figure 1.

Les prélèvements concernant l'étude des entomocénoses associées à *S.damnosum s.l.* n'ont été effectués dans leur majorité que sur le bief d'"Entomokro" (1) ou Station I. Il est situé sur la Maraoué à une dizaine de kilomètres en aval et à l'est de la ville de Bouaflé (fig.2), en direction de Yamoussoukro.

Deux autres stations situées sur la même rivière ont également été échantillonnées pour parfaire ces études. L'une est située près de Danangoro (Station II) à une quarantaine de kilomètres en amont de Bouaflé, l'autre est sise près du village de Yaokro (Station III) à quelque 4 km en amont de Bouaflé sur la Maraoué.

Le choix de la station I, et accessoirement des stations II et III, a été effectué en fonction de critères :

- écologiques : les biefs d'eau courante étudiés devaient présenter d'une part un faciès caractéristique des gîtes à *S.damnosum s.l.* existants sur la majorité des rivières de Côte d'Ivoire et, d'autre part, des populations préimaginales de *S.damnosum s.l.* et d'Invertébrés lotiques relativement abondantes.

- de traitements : il était indispensable de disposer d'une période d'étude suffisamment longue avant que ne débutent les applications régulières de téméphos. L'impact de cet insecticide sur les entomocénoses associées à *S.damnosum s.l.* ne pouvait être évalué que si l'on disposait de données recueillies avant et après les traitements.

---

(1) Le terme d'Entomokro est un néologisme créé à partir de "entomo" : insecte en grec, et de "kro" : village en baoulé.

- logistiques : les gîtes étudiés devaient être accessibles toute l'année quelles que soient les conditions hydrologiques et pluviométriques ainsi que l'état des routes.

Lorsque débutèrent ces études, seuls les biefs de la Maraoué répondaient aux critères exigés.

## 2.2. Morphologie

Les trois stations sont implantées sur les glacis méridionaux de la zone de transition et plus particulièrement sur le grand interfluve qui sépare le Sassandra du Bandama. Ces glacis aplanis sont établis sur des formations schisteuses ou granitiques.

- La station I (Entomokro) : elle est située sur la Maraoué peu en amont de son confluent avec le Bandama. La rivière, en cette station, présente une diffluence dont les bras larges de 10 à 40 mètres, délimitent une série d'îlots couverts d'une forêt identique à celle bordant la rivière. Les biefs d'eau courante correspondent à des zones où les lames schisteuses ainsi que les verrous granitiques barrent la rivière et provoquent une accélération du courant entre deux zones d'eau plus calme nommées vasques. Seuls les quatre bras de la rive gauche et les plus en amont de cette série de gîtes ont fait l'objet de prélèvements. Le bras le plus central (bras IV) reste en eau toute l'année ; son débit à l'étiage peut atteindre quelques litres par seconde. Les autres bras s'assèchent lorsque le niveau d'eau de la Maraoué baisse progressivement au fur et à mesure que s'installe la saison sèche. Les bras I et II s'assèchent les premiers et sont les plus riverains par rapport au lit majeur. En amont de ce bief s'étend une vasque de plusieurs kilomètres de long et qui pourrait constituer en saison sèche un barrage naturel prévenant la recolonisation par la dérive.

- La station II (Danangoro) : c'est, de nos stations d'étude, celle qui est située le plus en amont sur la Maraoué. La rivière, large parfois de près de 600 mètres, se divise en de nombreux bras et chenaux, délimitant beaucoup de petites îles et créant une multitude de gîtes potentiels à *S. damnosum* s.l. Par rapport à la station précédemment décrite, les rochers schisteux sont plus gros et constituent souvent de

grandes dalles plates et lisses sur lesquelles, en saison sèche, courent des films d'eau. La colonisation de ces grandes surfaces par les Invertébrés aquatiques est plus uniforme et plus régulière que celle observée sur la station I.

A l'étiage, l'eau ne coule que dans les chenaux centraux tandis qu'en période de hautes eaux, la rivière forme une masse d'eau uniforme.

- La Station III : située entre les deux précédentes, près de Bouaflé, présente une configuration très voisine de celle de la station I.

### 2.3. Végétation

Les biefs sur lesquels sont situées les stations I, II et III appartiennent au secteur mésophile. Rappelons que le climax prédominant est la forêt dense, humide, semi-décidue ainsi que la savane guinéenne. La Maraoué, dans cette région, constitue pratiquement la limite naturelle septentrionale de la zone forestière dense humide. Au nord et à l'est de cette rivière commence le secteur préforestier dont fait partie la zone du V baoulé.

La Maraoué traverse des zones de savane guinéenne préforestières et se trouve bordée d'une galerie forestière de type ripicole. Celle-ci comprend une strate supérieure, arborescente, constituée par les hautes cîmes plus ou moins isolées des grands arbres, une strate arborescente inférieure d'arbres et d'arbustes qui forment une zone de frondaison serrée, très dense, dont le recouvrement est maximum et, enfin, un sous-bois encombré.

Parmi ces différentes espèces végétales, certaines de par leur implantation soit dans le lit mineur de la rivière, soit sur la partie la plus riverine des berges, servent de substrat aux larves de Simulies en saison sèche.

L'espèce *Kanahia laniflora* (Asclepiadacées) pousse dans le lit de la rivière. Ses rameaux souples supportent souvent d'abondantes colonies de larves de *S. damnosum* s.l. Le *Ficus asperifolia* (Moracées)

est fréquent sur les berges de la Maraoué. C'est un arbuste lianescent dont les feuilles pruneuses et scabres constituent d'excellents substrats d'ancrage pour les Simulies et dont les racines aériennes ramifiées qui trempent dans l'eau abritent, outre des Simulies, de nombreuses espèces de la faune non-cible. Enfin, l'espèce *Chloris robusta* (Graminacées) est une plante herbacée qui pousse sur les bords de l'eau en saison sèche. Ses feuilles légèrement pruneuses et ses tiges relativement robustes sont également des substrats de prédilection pour les Simulies.

Les autres espèces végétales présentes sur les bords des rivières, ne servent de substrat que beaucoup plus rarement, voire accidentellement, en saison sèche. Par contre, en saison des pluies, nous avons constaté la présence de Simulies sur un grand nombre d'arbres et de plantes de la galerie forestière (cf. tab. 1) (1). La plupart de ces espèces ont des feuilles vernissées peu propices à l'ancrage de beaucoup d'espèces lotiques. Les densités d'Insectes constatées sur ces substrats sont toujours très faibles et ne dépassent pas quelques individus par feuille ou par branche. Cette distribution dispersive est certainement due à l'homogénéité de l'écoulement de la rivière ainsi qu'à la pléthore des substrats disponibles.

Avec la baisse des eaux et l'augmentation de la transparence, les rochers se couvrent d'un tapis de *Tristicha trifaria* (Podostemacées) qui peut atteindre jusqu'à 7 à 8 centimètres d'épaisseur. Cette plante aquatique d'aspect moussu, qui croit dans les zones de fort courant, (il est élevé sur la partie apicale du tapis, mais pratiquement nul au contact du rocher), favorise le développement d'une faune abondante et riche. Des densités de plus de 40 000 individus au mètre carré ont parfois été observées en la station II lorsque cette plante constituait un tapis de 5 à 6 cm d'épaisseur. D'une manière générale, de par leur conformation, les rochers de la station II sont colonisés de façon plus précoce et plus abondante par ce végétal que ne le sont ceux des stations I et III.

---

(1) Nous tenons à remercier ici Monsieur P. POILECOT pour les déterminations.

### *Periphyton*

Les études ont été menées par ILTIS (non publié) en la station I de décembre 1976 à novembre 1977, avant tout traitement.

"Parmi les groupes d'algues observés sur les substrats, les Diatomées, les Cyanophycées et les Rhodophytes sont les mieux représentées. Les Chlorophycées sont aussi présentes, de même que les Eugléniens, mais rarement dans des proportions importantes. Les Pyrrhophytes, souvent abondants dans le plancton, sont ici absents. Les genres les mieux représentés sont pour les Diatomées : *Gomphonema*, *Eunotia*, *Synedra*, *Nitzschia* ; pour les Cyanophycées, *Merismopedia*, *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Lyngbya* et pour les Rhodophytes des stades *Chantransia* de Batrachospermacées. On peut donc distinguer des formes purement "périphytiques" qui sont des espèces fixées comme *Eunotia*, *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Chantransia* et de nombreuses formes habituellement limniques qui, piégées dans les formes filamenteuses, se développent normalement contre les substrats. Les proportions sont importantes et peuvent ainsi dans le cas d'une dominance des Eugléniens par exemple, constituer plus de 75 % de la biomasse algale présente."

L'étude de l'évolution saisonnière montre que "les Diatomées sont largement dominantes en décembre avec les genres *Cocconeis* et *Navicula*. Ce pourcentage élevé des Diatomées subsiste toute l'année sauf durant les mois de janvier et mai. Les Rhodophytes sont en pourcentage appréciable de janvier à mars puis en juillet-août et enfin en octobre. Les Cyanophytes sont abondantes de janvier à avril durant l'étiage tandis que les Eugléniens sont en pourcentage important seulement en mai (76,1%)."

### 2.4. Climat

Le climat de la région de Bouaflé est caractérisé par une grande saison sèche s'étendant sur 5 à 6 mois et une petite saison sèche peu marquée. La pluviométrie annuelle est de 1 310 mm. La répartition des pluies est celle du régime équatorial de transition atténué (climat baouléen) qui comprend :



- une première saison des pluies de mars à juin (environ 150 mm d'eau par mois).
- un ralentissement des précipitations en juillet-août.
- une seconde saison des pluies en septembre-octobre.
- une saison sèche très marquée de novembre à février avec parfois quelques précipitations isolées.

La pluviométrie moyenne mensuelle est la suivante :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
mm	30	60	120	150	150	175	100	100	200	145	50	30

La moyenne des températures est de 25° à 28°C avec des valeurs annuelles limites minimales et maximales mensuelles moyennes variant de 19 à 34°C. La durée annuelle d'insolation est de 1800 à 2300 heures par an et la moyenne annuelle de tension de vapeur d'eau est de 23 à 27 mbar. Le déficit hydrique cumulé varie dans cette région de 400 à 600 mm et l'évapotranspiration potentielle moyenne est de 1428 mm/an.

L'ensemble des valeurs de ces paramètres confirme que cette région constitue une transition entre la zone équatoriale humide à deux saisons et la zone tropicale à quatre saisons.

## 2.5. Hydrologie

Elle est fortement liée au régime des pluies. Le cours de la Maraoué recoupe selon les localités les isohyètes 1200 à 1400 mm. La pluviométrie moyenne à Bouaflé est de 1310 mm. Cette valeur subit cependant de fortes variations selon les années, qui se répercutent sur l'hydraulicité de la rivière.

L'hydraulicité de la Maraoué a été suivie au moyen de l'échelle limnimétrique de Bouaflé. La courbe de la figure 3 a été établie à partir des relevés effectués lors des missions de surveillance.

D'une manière générale, sur les biefs étudiés, il n'existe chaque année qu'un seul pic important de montée des eaux. La petite

saison des pluies n'entraîne qu'une augmentation modérée du débit (fig 3a).

La comparaison des cinq années consécutives (1975-1979) nous apprend que :

- les années 1976 et 1978 paraissent plus sèches que les autres ; la crue ne dépasse guère les deux mètres dans les deux cas. Le mois d'octobre correspond à la crue maximum en 1976 tandis que celle-ci est plus précoce en 1978, apparaissant dès le mois d'août.

- les années 1975 et 1977 sont moyennes ; le maximum de montée des eaux atteint 4 mètres en 1975 et 4,5 m en 1977. La crue a lieu en septembre dans les deux cas.

- l'année 1979 est excédentaire par rapport à la moyenne ; la crue dépassant les 7 mètres au mois de septembre.

L'étalonnage qui fournit la relation curvilinéaire entre la hauteur d'eau et le débit a été établi à Bouaflé par les services hydrologiques de l'ORSTOM (fig.3b). Les valeurs extrêmes du débit de la Maraoué durant la période d'étude, vont de quelques litres par seconde (15 litres par seconde en mars 1979) à plus de 900 m<sup>3</sup>/s en septembre de la même année.

## 2.6. Température de l'eau

Les températures minimales et maximales extrêmes enregistrées sur les biefs de la basse Maraoué sont respectivement de 26°C et de 32°C. La température de l'eau varie selon un cycle annuel (fig. 4). Les maximum de température sont enregistrés durant la période couvrant les mois de mars, avril et mai, c'est-à-dire durant la période des hautes eaux.

## 2.7. Turbidité

Elle a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Celui-ci

donne une mesure de la transparence de l'eau, paramètre inverse de la turbidité.

Les eaux de la Maraoué ont une transparence maximale durant les mois de décrue et d'étiage et une transparence minimale au début de la remontée des eaux (fig.5) ; l'érosion des terres par le ruissellement des eaux de pluie ainsi que la remise en eau du lit majeur de la rivière en sont la cause.



## II, LE TEMEPHOS : FORMULES, PROPRIETES ET METHODES D'EPANDAGE.

### 1. Formule

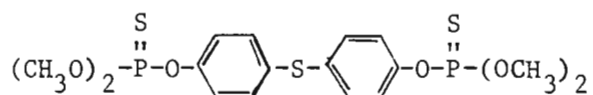
Le téméphos, insecticide organophosphoré, est commercialisé sous les noms d'Abate<sup>®</sup>, Biothon<sup>®</sup>, Nimitex<sup>®</sup>, Swebat<sup>®</sup>, Abat<sup>®</sup>, et Abathion<sup>®</sup>. Il est répertorié sous les sigles OMS 786 et ENT 27165. Sa première commercialisation eut lieu en 1965 par la firme American Cyanamid sous le code AC 52160.

Sa formule chimique est :

0,0,0',0',-tétraméthyl-0,0'-thiodi-*p*-phénylène phosphorothioate  
ou

$(C_{16}H_{20}O_6P_2S_3)$ .

développée sous la forme :



Son poids moléculaire est de 466,34.

## 2. Propriétés

- Gravité spécifique : 1,32
- Insoluble dans l'héxane, le méthylchlorohéxane et l'eau
- Soluble dans l'acétonitril, le tétrachlorure de carbone, l'éther, le dichloroéthylène, et le toluène.
- Sa couleur est blanche lorsqu'il est mélangé à l'eau, brune à l'état technique.
- Ce produit est indéfiniment stable à température ambiante mais il s'hydrolyse à pH élevés ( $> 9$ ) ou très faibles ( $< 2$ ).
- Il est utilisé par OCP sous forme de concentré émulsifiable (C.E.) à 20 % de matière active.

Le téméphos est peu toxique vis-à-vis des mammifères chez lesquels il est très rapidement métabolisé et excrété (BLINN, 1969). Chez les rats, la toxicité dermique aiguë et la toxicité orale chronique sont faibles. Les DL 50 obtenues sont de l'ordre de 1000 à 4000 mg/kg (KENAGA & ALLISON, 1970 ; WHO, 1971) bien qu'une DL 50 plus faible ait été trouvée par TUCKER & CRABTREE (1970).

Chez l'homme, la toxicité est quasi nulle. Ainsi, des volontaires ont, sans présenter de symptômes cliniques apparents, absorbé des doses de 256 mg/jour, durant 5 jours, ou de 64 mg/jour pendant 28 jours (LAW *et al.*, 1967).

Deux mille Porto-Ricains ont également bu pendant 19 mois, sans aucun trouble clinique apparent, de l'eau potable traitée avec 0,5 ppm de téméphos (LAW *et al.*, 1968). Cette faible toxicité du téméphos permet son emploi dans le traitement des rivières dont l'eau est souvent consommée par les riverains.

Parmi les facteurs qui influencent la toxicité du téméphos, signalons :

- la température. *In situ*, l'efficacité du produit est d'autant plus grande que la température de l'eau est plus élevée (BACK *et al.*, 1979).
- le temps d'exposition. TRAVIS *et al.* (1967) trouvent que doubler le temps d'exposition est plus efficace que doubler la

concentration du produit ; résultats en opposition avec ceux de MOUCHET *et al.* (1977) qui trouvent constante la relation "temps d'exposition X concentration".

- la taille des particules d'insecticide. Cela est surtout vrai pour les Insectes filtreurs chez lesquels l'insecticide agit après avoir été ingéré (WILLIAMS *et al.*, 1961).

- la distance du point d'épandage. WALLACE *et al.* (1976) notent que l'efficacité s'accroît à une certaine distance du point d'application. Elle diminue ensuite au delà d'une certaine distance du fait de la trop grande dilution du produit. En fait, dans le traitement des rivières, le temps de contact augmente alors que la concentration diminue en fonction de la distance en aval du point d'épandage.

- la qualité de l'eau. Le téméphos a tendance à s'adsorber sur les particules organiques en suspension dans l'eau (GUILLET & ESCAFFRE, 1979). Or, en Côte d'Ivoire, la turbidité de l'eau ainsi que sa charge en particules en suspension, varient selon la période de l'année. Il en résulte une efficacité sûrement différente de ce toxique selon les saisons et les rivières.

### 3. Epandages

#### 3.1. Epandages de routine

Les traitements au téméphos sont dans le cadre d'OCP, effectués chaque semaine par des avions ou des hélicoptères équipés de dispositifs spéciaux de largage dérivés du système "vide-vite". La périodicité hebdomadaire a été retenue en raison de la brièveté du cycle de développement des larves du complexe *S. damnosum*. En effet, dans les conditions naturelles et en région de savane, les valeurs extrêmes de la durée de développement des larves sont de 6-8 jours à 13-14 jours (BALAY, 1968 ; ELSÉN & HEBRARD, 1977 ; ELSÉN, 1979 ; SECHAN, 1980 ; SECHAN, 1981). Les variations observées sont dues à l'influence de la température de l'eau ainsi qu'à la quantité et à la qualité de la nourriture ingérée par les larves.

Les doses de téméphos oscillent entre les concentrations théoriques de 0,05 ppm/10 mn (en période des hautes eaux) et 0,1 ppm/10 mn

(en période des basses eaux). La distance entre deux points de traitement varie selon la rivière et la saison, c'est-à-dire selon la portée de l'Abate : les traitements sont fait gîte par gîte à l'étiage, mais peuvent être espacés de 30 km en période des hautes eaux.

En effet, les formulations de téméphos épandues en saison sèche, traversent mal les vasques d'eau stagnante dans lesquelles il y a dilution et décantation du pesticide dans une grande masse d'eau. Il est alors adsorbé par de nombreuses particules de matière organique en suspension et dégradé au bout d'une vingtaine d'heure.

Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta a débuté en décembre 1974 (phase I). Des extensions successives ont eu lieu en janvier 1976 (phase II) et au cours de l'année 1977 (phase III). Enfin, les cours d'eau de la phase IV n'ont commencé à être traités qu'à partir d'avril 1978 (fig.6). Sur la basse Maraoué, les traitements réguliers au téméphos n'ont débuté que le 6 mars 1979 à la station I et le 7 mars 1979 à la station II ; la station III n'a été traitée qu'à partir d'avril 1979.

Le programme de surveillance de l'impact du téméphos sur les organismes aquatiques n'a par contre débuté qu'en mai 1975 (tableau 2). Certaines rivières se trouvaient donc traitées depuis plusieurs mois lorsque débutèrent les premières observations. En l'absence de données de référence qui auraient du être récoltées durant la période précédant les traitements, il est difficile d'interpréter la plupart des résultats acquis sur des cours d'eau tels que la Léraba, le Bandama ou le Comoé. Nous disposons par contre de nombreuses données pré-traitement pour la basse Maraoué.

### 3.2. Epanchages particuliers de téméphos

Certaines bavures dans le dosage des quantités d'insecticide épandues ont eu lieu de temps à autre. Elles sont la plupart du temps accidentelles. Citons pour exemple, le dramatique accident d'un Pilatus Porter qui a déversé 170 litres de téméphos en s'abîmant dans la Volta (ELOUARD, 1975). Mais la plupart des erreurs de dosage sont dues, soit à des erreurs de relevés limnimétriques (montée ou baisse soudaine des eaux), soit à des défaillances techniques.



Deux de ces ratages ont perturbé nos expériences et doivent impérativement être pris en compte dans l'interprétation de nos résultats (fig.7).

#### Premiers traitements au téméphos de la basse Maraoué :

Les premiers traitements au téméphos de la basse Maraoué dans sa portion allant de la confluence du Béré jusqu'à sa jonction avec le Bandama, eurent lieu les 6 et 7 mars 1979. Cette portion de rivière avait été jusqu'à ces jours, exempte des traitements insecticides hebdomadaires effectués contre les larves de Simulies dans le cadre du Programme Régional de Lutte contre l'Onchocercose (OCP) dans la région du bassin de la Volta.

En cette saison, les populations imaginaires (BELLEC, comm. pers.) et préimaginales de *S. damnosum* s.l. étaient minimales, voir souvent inexistantes. Ainsi, seulement 10 stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l. ont été trouvés parmi les 28 058 insectes récoltés avant et après les traitements.

Les premiers traitements ont été réalisés avec la quantité minimale que pouvait déverser l'hélicoptère, soit 300 ml de téméphos. Etant donné le très faible débit de la rivière en cette saison d'étiage particulièrement sévère (5 l/s), il y a eu un surdosage effectif de l'ordre de 200 fois.

#### Sous-dosages accidentels :

Durant la période allant du 22 novembre au 21 décembre 1979, les épandages de routine sur la basse Maraoué, effectués dans le cadre du programme de lutte contre l'onchocercose, ont été réalisés les 28/11, 5/12 et 12/12/1979.

Or, il est apparu après ces épandages de routine :

- qu'il persistait des colonies larvaires et nymphales de *S. damnosum* s.l. sur les gîtes des stations I, II et III.

- que l'effectif général de ces populations augmentait de semaine en semaine.

- que les larves des autres espèces de Simulies colonisant les divers substrats lotiques ne semblaient pas décrocher de leurs supports, même plus de 36 heures après le passage du téméphos.

Ces observations nous ont porté à formuler trois hypothèses principales pour expliquer ces faits :

- Le téméphos épandu était altéré ou passablement dégradé, voire d'une formulation légèrement différente. Son efficacité vis-à-vis des Simulies, et plus particulièrement de *S. damnosum* s.l. étant alors moindre.

- La basse Maraoué était sous-dosée en insecticide. La quantité de téméphos épandu étant trop faible par rapport au débit de la rivière.

- Enfin, les larves de Simulies seraient devenues moins sensibles au téméphos.

Après que des tests de sensibilité eurent été réalisés tant sur la faune non cible que sur les espèces du complexe *S. damnosum*, il semblerait que la rivière ait été régulièrement sous-dosée en téméphos pendant plusieurs semaines. La cause en aurait été le décalibrage de l'échelle de crue de Bouaflé qui sert de référence pour le calcul des débits et donc des doses d'insecticide à épandre sur cette rivière.

### 3.3. Autres insecticides

Les stations I et II subissent chaque année au mois de février un empoisonnement général, dû à l'introduction par les pêcheurs locaux d'un ichthyotoxique extrait de la plante *Tephrosia vogelii*. L'impact constaté, tant sur les Poissons que sur les Insectes, prouve une toxicité aiguë mais de courte durée (ELOUARD *et al.*, 1982).

La station III a subi un épandage de deltaméthrin (1) en janvier 1979. Elle a ensuite été exempte des traitements au téméphos

---

(1) plus connue sous le nom de décaméthrin

jusqu'en avril 1979, soit durant un mois supplémentaire par rapport aux stations I et II.

Il faut enfin savoir qu'une certaine quantité d'insecticide à usage agricole est épandue chaque année sur les champs de coton, de maïs, de café et de cacao. Vu la rémanence de certains de ces insecticides (lindane, malathion), il n'est pas impossible qu'une partie de ces composés aboutisse dans la rivière lors du ruissellement occasionné par de fortes pluies. Nous ne disposons cependant à l'heure actuelle, d'aucune donnée précise sur ce problème.



### III. MATERIEL ET METHODE D'ECHANTILLONNAGE

L'obtention de données numériques représentatives des peuplements aquatiques constitue un problème délicat bien résumé par plusieurs hydrobiologistes (MACAN, 1958 ; MULLER, 1958 ; ALBRECHT, 1959 ; HYNES, 1970 ; TUFFERY, 1971 ...). De ces révisions critiques, il ressort qu'aucune méthode d'échantillonnage quantitatif n'apparaît ni exhaustive, ni ne fournit un dénombrement représentatif des peuplements. Un choix judicieux parmi les méthodes est donc nécessaire, et celles retenues se doivent d'être les mieux adaptées aux problèmes posés, à la nature de la faune ainsi qu'au traitement mathématique des données. Dans le cadre de cette étude, ces conditions n'ont pas toujours pu être appliquées. Il convient, de plus, de distinguer entre l'échantillonnage effectué dans le cadre de la surveillance des milieux lotiques traités au témé-  
phos et celui réalisé lors d'expériences plus fines permettant d'interpréter les données de surveillance.

En dehors de quelques adaptations mineures qui seront précisées ultérieurement, le matériel et les méthodes d'échantillonnage sont ceux classiquement utilisés en hydrobiologie.

Deux types de données ont été recueillis. Ce sont, d'une part, les résultats des prélèvements de routine réalisés *in situ* aussi bien dans le cadre du programme de surveillance que dans celui des recherches plus approfondies, et d'autre part, des prélèvements issus d'expériences réalisées également *in situ*, dans le but de préciser l'action de tel ou tel paramètre ou de résoudre un problème précis d'écologie tel que la distribution des espèces ou leur dynamique de colonisation ...

Les récoltes des organismes lotiques reposent sur :

- l'utilisation des filets à dérive
- l'utilisation de l'échantillonneur de Surber
- la collecte des substrats naturels
- la pose de substrats artificiels
- les tests en gouttières

#### 1. Récolte de la dérive

Il est depuis fort longtemps connu et prouvé que les eaux courantes contiennent en permanence une certaine quantité d'organismes qui dérivent, soit après avoir été arrachés de leurs substrats, soit activement lors de comportement d'émigration (cf. § troisième partie, I, 1.). La quantification de ce phénomène a permis de mettre en évidence des rythmes nyctéméraux et saisonniers ainsi que des pollutions ponctuelles. D'autre part, l'espoir de trouver une relation mathématique plus ou moins complexe entre le taux de dérive et la quantité de faune en place est toujours caressé par les hydrobiologistes. Ils en prennent pour justification que les prélèvements de la dérive sont relativement simples à réaliser. Nous verrons, par contre, que l'interprétation des résultats est beaucoup plus délicate qu'elle ne paraît *a priori*.

#### FILETS

La récolte des organismes invertébrés dérivants se fait en utilisant un ou plusieurs filets montés sur un cadre métallique. Le vide de maille des poches filtrantes est d'environ 250  $\mu$ . Chaque filet est

muni d'un collecteur à embout amovible (fig. 8). Nous avons utilisé des filets uniques ou triplés, d'ouverture de 15 x 15 cm ou de 20 x 20 cm dont le type et la taille seront précisés lors de la description de chaque expérience. En période de hautes eaux, les filets sont munis de flotteurs et de lests, de manière à ce qu'ils gardent une position verticale dans le courant.

#### DUREE DES PRELEVEMENTS

Dans le programme de surveillance des rivières traitées au téméphos, les temps de prélèvement sont de 30 mn pour la dérive de jour et de 3 mn pour la dérive de nuit. Ces temps ont été adoptés à la suite des résultats d'expériences préalables (DEJOUX & ELOUARD, 1975), et au vu des rythmes nycthémeraux d'activité et de dérive existant dans les rivières ivoiriennes (ELOUARD & LEVEQUE, 1977). Les prélèvements de dérive de jour sont effectués une heure et demie avant le coucher du soleil tandis que ceux de la dérive de nuit le sont une heure après.

Des temps de prélèvement de une à cinq minutes ont été retenus pour les études des effets immédiats (impact à court terme) du téméphos sur les Invertébrés aquatiques. Ces temps sont imposés par la quantité considérable d'organismes qui dérive juste après l'épandage du toxique. Les durées des récoltes seront précisées lors de l'exposé de chaque expérience.

#### POSITION DES FILETS

Les filets sont immergés, quand faire se peut, dans les zones de courant rapide à l'aval des biefs lotiques (les vitesses variaient de 0,60 à 1,20 m/s).

En période des hautes eaux, ou lorsque la profondeur de l'eau le permet, la partie supérieure du filet est maintenue juste en dessous de la surface de l'eau. Lorsque la profondeur n'est pas suffisante, le filet ne doit en aucun cas râcler le fond de la rivière. L'absence d'une telle précaution biaise le résultat du prélèvement par la récolte d'individus benthiques décrochés du substrat par le cadre du filet.

### SYNTHESE DES RESULTATS

Plusieurs paramètres sont utilisés pour évaluer l'importance de l'augmentation de la dérive provoquée par l'introduction d'un pesticide dans le milieu lotique. Ce sont :

- l'indice de dérive. Dans le programme de surveillance des rivières traitées au téméphos, afin de pouvoir comparer les résultats obtenus en différents lieux et temps, le nombre d'organismes récolté est rapporté au nombre de mètres cubes d'eau filtrée. Ce rapport définit l'indice de dérive (ID) dont la formule est la suivante :

$$ID = \frac{N}{V} = \frac{N}{S.v.t}$$

où N est le nombre d'individus récoltés, V le volume d'eau filtré (m<sup>3</sup>), S la surface d'ouverture du filet (m<sup>2</sup>), v la vitesse du courant (m/s) et t la durée du prélèvement (s).

Dans le programme de surveillance, on définira un indice de dérive de jour (ID<sub>j</sub>) et un indice de dérive de nuit (ID<sub>n</sub>) correspondant aux échantillons récoltés respectivement une heure et demie avant et une heure après le coucher du soleil.

- le rapport d'augmentation instantanée maximale de dérive (R<sub>mx</sub>). C'est le rapport de la valeur maximale de l'indice de dérive atteinte après traitement, à sa valeur "normale" estimée immédiatement avant le début de réaction de la faune au passage du produit (DEJOUX, 1980).

- le rapport d'augmentation pondérée (R<sub>pd</sub>) de l'indice de dérive. Il correspond à la valeur moyenne de la dérive calculée durant une heure après épandage et centrée sur l'acrophase de décrochement, divisée par la valeur moyenne de la dérive calculée durant l'heure qui précède l'épandage. Ce rapport traduit d'avantage que le premier, l'établissement dans le temps de l'action toxique du pesticide.

- le rapport entre l'indice de dérive de nuit et l'indice



de dérive de jour (RID). Il a été introduit pour mesurer l'impact du pesticide dans le cadre d'une surveillance à long terme. Il correspond au rapport de l'indice de dérive de nuit ( $ID_n$ ) à l'indice de dérive de jour ( $ID_j$ ). Nous verrons que la diminution de ce rapport traduit l'action toxique du téméphos sur la faune entomique lotique.

### CONDITIONS EXPERIMENTALES

Afin de préciser l'impact du téméphos sur le phénomène de dérive, trois expériences ont été conduites sur la Maraoué. Les principaux paramètres mesurés sont consignés dans le tableau 3.

#### Expérience Mars 1979

Elle a été réalisée à la station I, en mars 1979, lors du premier traitement au téméphos de la basse Maraoué (cf. § première partie, II, 3.2. et fig. 7). L'épandage a eu lieu dans une vasque située quelques 150 mètres en amont du point de prélèvement. A cette époque, la Maraoué subissait un étiage particulièrement sévère. La vitesse du courant au niveau du gîte était très réduite (0,27 m/s) et le débit total n'était que de 5 l/s environ. Un filet simple de 0,25 cm de côté a été utilisé pour récolter les Insectes dérivants, mais vu la très faible profondeur de la rivière, il n'a pu travailler qu'au tiers de sa surface d'entrée. Le volume d'eau filtré durant chaque prélèvement de 5 minutes n'était donc que de 1,7 m<sup>3</sup>.

#### Expérience Décembre 1979

Cette expérience s'est déroulée à la station I, en décembre 1979. Les principaux paramètres qui y affèrent sont consignés dans le tableau 3. La Maraoué était en période de décrue, mais était loin d'avoir atteint son niveau d'étiage et était traitée toutes les semaines au téméphos depuis plus de huit mois. La présence de populations âgées de *S. damnosum s.l.*, malgré les traitements répétés, nous a imposé ce travail pour vérifier la toxicité du téméphos. L'étude de l'impact de l'épandage sur la dérive des Invertébrés benthiques a été complétée par une expérimentation en gouttière (cf. § première partie, I, 5.).

### Expérience Avril 1980

Elle a été menée à la station III, au mois d'avril 1980. La rivière était encore en situation d'étiage et l'épandage eut lieu 200 mètres environ en amont du point d'étude. L'adoption de cette station pour cette étude, nous a été imposée d'une part, par l'hydrologie de la rivière en cette saison, et d'autre part, par l'éventualité d'une pollution de la station I par les eaux usées de la ville de Bouaflé. En effet, lors des périodes d'étiage, la configuration de la station I ne permet pas l'installation des gouttières multiples qui sont expérimentées en même temps que le suivi de la dérive. De plus, l'apparition de communautés benthiques aberrantes nous faisait douter de l'évolution écologique normale de la station I située en aval de la ville de Bouaflé.

#### 2. Echantillonneur de Surber

Cet appareil est, sous une forme plus ou moins modifiée, le plus utilisé en hydrobiologie pour échantillonner la faune des rivières. Destiné à l'étude de la faune des rochers (ou faune saxatile)<sup>(1)</sup>, il permet de recueillir dans son filet les individus présents dans une surface de 15 x 15 cm (fig. 9). Les organismes, détachés du substrat à l'aide d'une brosse, sont récoltés dans un collecteur à embout filtrant de type classique. Les avantages et les inconvénients de cette méthode ne sont plus à démontrer (GAUFIN *et al.*, 1956 ; NEEDHAM & USINGER, 1956 ; ALLEN, 1959 ; MACAN, 1962 ; CHUTTER & NOBLE, 1966 ; ERICKSEN, 1968 ; HYNES & COLEMAN, 1968 ; COLEMAN & HYNES, 1970 ; HYNES, 1970 a et b ; CHUTTER, 1972 ; HUGHES, 1975, ...).

Gardons cependant à l'esprit, pour l'interprétation des résultats, que :

- cette méthode d'échantillonnage est inopérante en période des hautes eaux à cause de l'inaccessibilité des substrats rocheux noyés sous d'importantes masses d'eau.

- cet appareil nécessite pour son emploi des rochers relativement plats. Il est inopérant pour échantillonner la faune de substrats latéritiques.

---

(1) ou saxicole

- cinq prélèvements sont nécessaires du fait des distributions agrégatives des Invertébrés aquatiques, pour avoir un échantillonnage représentatif de la faune du biotope "rocher en eau courante". Toutefois, cette condition n'a pas toujours pu être satisfaite car il est souvent malaisé de trouver suffisamment de rochers situés dans des conditions rhéologiques semblables.

### 3. Substrats artificiels

Dans de nombreuses expériences, l'emploi de substrats artificiels s'est substitué à celui de substrats naturels. Les substrats artificiels ou semi-artificiels présentent plusieurs avantages tels que :

- une dégradation faible qui leur fournit une constance dans leur aspect, leur texture, leur attractivité.

- une forme, une taille et une texture constantes qui permettent de les assimiler à des unités de prélèvement statistiquement comparables.

- une abondance, fonction des besoins. La quantification écologique *in situ* nécessite un échantillonnage fréquent comportant de nombreux prélèvements comparables, et s'il est souvent difficile de trouver le nombre suffisant de substrats naturels satisfaisant aux mêmes conditions du milieu, il est par contre possible de disposer sur le bief la quantité requise pour une expérience donnée. Toutefois, la mise en place de telle quantité de substrats peut modifier profondément les variations naturelles des densités des populations, en éliminant le facteur limitant que constitue la faible disponibilité des substrats naturels en certains lieux ou en certaines saisons (LE BERRE, 1966).

Les caractéristiques des substrats artificiels doivent être adaptées aux préférences écologiques des espèces. Une multitude de types et de formes a été employée par les différents auteurs. Le matériau utilisé et la forme choisie correspondaient au meilleur compromis trouvé entre les exigences écologiques des espèces, la facilité d'utilisation et le moindre coût économique.

Notre propos étant d'étudier la faune associée aux stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l., le type de substrat retenu se devait de récolter le maximum de stades préimaginaux de cette espèce, tout en

permettant à la faune associée de s'y installer en abondance.

De nouveaux substrats artificiels flottants, dits "balais", ont été imaginés pour répondre aux exigences de cette espèce. Ils sont constitués d'un ensemble de 15 fibres de plastique de 7 centimètres de longueur, légèrement sinueuses, attachées entre elles à l'une de leurs extrémités, au moyen d'un bracelet de caoutchouc. Le diamètre de chaque fibre est de 1 mm environ (fig. 10). Un crochet permet l'ancrage de l'ensemble à un fil de fer très souple, lui-même attaché à un câble de fixation situé 30 ou 40 cm au-dessus des eaux et perpendiculaire au cours de la rivière (fig. 11).

Ces substrats flottent à la surface de l'eau, mimant le comportement d'éléments flottants naturels, telles les feuilles d'arbre ou les racines aériennes de *Ficus asperifolia* ou encore les feuilles et les tiges des *Kahania* et des *Chloris*.

Des tests réalisés durant une année ont montré que les larves de Simulies colonisaient de façon très satisfaisante les substrats artificiels de type balai, à l'instar de la faune habituellement associée aux Simulies. Ils paraissent donc mieux adaptés que les bandelettes (ELSEN & HEBRARD, 1977 a; FREDEEN & SPURR, 1978), les tuiles (HALL & EDWARDS, 1978; LEWIS & BENNETT, 1974) ou les sphères (WALSH *et al.*, 1981) qui ne permettent que peu ou pas l'ancrage des espèces associées aux Simulies. Inversement, les substrats ancrés qui favorisent l'établissement des populations abondantes de la faune non simulidienne, restent souvent pauvres en Simulies (FREDEEN & SPURR, 1978). Le substrat artificiel de type balai constitue donc un bon compromis qui permet d'étudier les associations entre faune simulidienne et faune non cible.

Lors des études de colonisation, les substrats ont été placés dans des conditions rhéologiques analogues. Pour la première expérience de ce genre, menée sur la station I en décembre 1978, 62 substrats artificiels de type balai ont été mis en place et récoltés à raison de deux à trois par jour. Une expérience de colonisation de bandelettes plastiques a été conduite en parallèle à cette expérience.

La même expérience a été réalisée sur la station I en décembre 1979, alors que la rivière était traitée hebdomadairement au téméphos depuis 9 mois ; 53 substrats ont été placés et récoltés à raison de deux par jour.

Pour les études de distribution des espèces lotiques ou de leurs stades larvaires, une centaine de substrats a été accrochée à un quadrillage de câbles installé au dessus de la rivière, constituant un véritable réseau aux mailles relativement serrées (fig. 11). Deux expériences de ce type ont été effectuées en la station I, l'une en décembre 1978 en dehors de toute pollution par pesticide, l'autre en décembre 1979 alors que la rivière était traitée au téméphos. Dans les deux cas, les substrats ont été laissés en eau durant 15 jours avant d'être prélevés. Respectivement 62 et 65 substrats furent étudiés parmi la centaine mise en place à chaque expérience.

#### 4. Echantillonnage de la faune des substrats naturels

Pour suivre les cycles biologiques ainsi que l'évolution annuelle des densités des Insectes aquatiques, les substrats les plus abondants des biefs lotiques de la Maraoué ont été échantillonnés selon un rythme d'abord bimensuel avant les premiers traitements, puis mensuel. Le nombre de prélèvements réalisé lors de chaque échantillonnage dépendait de l'accessibilité et de la disponibilité des substrats.

Au total, 596 prélèvements ont été réalisés durant la période s'étalant de mars 1977 à juillet 1980. Ils ont été effectués en majorité à la station I, mais quelques uns ont été faits aux stations II et III.

Parmi l'ensemble des substrats situés en eau courante et qui supportaient durant une partie de l'année, une faune lotique abondante, les sept types suivants ont été retenus :

- les feuilles de *Ficus asperifolia* (substrat de type I). Elles constituaient souvent un substrat flottant de prédilection pour les Simulies venant pondre. L'unité de prélèvement est la feuille, quelque soient sa taille et sa surface en contact avec l'eau. Seules les feuilles supportant des populations d'Insectes aquatiques ont été retenues. Les densités obtenues correspondent donc aux densités des

des substrats de type I colonisés et non pas aux densités de tous les substrats de type I sur la rivière.

- les feuilles des graminées *Chloris robusta* (substrat de type II). Ces feuilles, contrairement aux précédentes, sont souvent immergées de quelques centimètres. Leur dégradation est assez rapide ; de vertes, elles deviennent jaunes, puis complètement pourries en l'espace de 7 à 10 jours. La colonisation de ce type de substrat est toujours très temporaire. Comme pour les substrats de type I, l'unité de prélèvement est la feuille.

- les tiges du *Ficus asperifolia* (substrat III). Ces substrats sont complètement immergés de 5 à 50 cm. Les branches sont suffisamment souples pour onduler dans l'eau mais leur section de 1 à 2 cm de bois lignifié leur confère une relative rigidité. Aucun choix ne présidait au prélèvement. Les branches étaient prélevées sans examen préalable, qu'elles supportent ou non une faune entomique. La longueur retenue était de 22 cm, ce qui correspond à l'écartement maximum des doigts d'une main.

- les tiges des *Chloris* (substrat IV). Comme les tiges du *Ficus*, elles sont la plupart du temps immergées mais sont plus frêles et plus souples. Les prélèvements ont été réalisés en fonction des mêmes critères que ceux appliqués aux tiges de *Ficus*.

- les racines des *Ficus* (type V). Les racines aériennes de ces arbustes se terminent par un réseau radiculaire en plumet qui flotte à la surface de l'eau. Seuls, les petits plumets dont le nombre de radicales qui les composait était de 20 à 60, ont été échantillonnés.

- les feuilles mortes de toutes espèces qui, après avoir dérivé dans le courant, se retrouvent immobilisées en paquet contre une branche, un rocher, etc...(substrat VI). En général, seules les feuilles jaunes ou brunes ont été échantillonnées, ces couleurs traduisant un séjour dans l'eau déjà assez prolongé.

- les rochers couverts ou non d'algues ainsi que de

*Tristicha trifaria* (substrat VII). Ces prélèvements ont été faits à l'aide de l'échantillonneur de Surber. Pour des raisons de simplification dans la lecture et l'interprétation des résultats, nous avons regroupé, sous forme d'une moyenne mensuelle, les effectifs des taxons sans tenir compte ni de l'année, ni de la station.

Puisque les méthodes d'échantillonnage ne sont pas les mêmes, il n'est pas possible de comparer les effectifs récoltés sur des substrats appartenant à des types différents. Cependant, pour comparer les variations saisonnières des populations sur l'ensemble des substrats, nous avons calculé la fréquence relative des effectifs de chaque espèce, pour chaque mois, en fonction de l'effectif total récolté en une année. La moyenne des fréquences obtenues pour chacun des types de substrat traduit les variations globales des densités des espèces entomiques sur le bief étudié.

Les variations observées sont comparées à une année hydrologique moyenne calculée à partir des relevés limnimétriques enregistrés durant les mêmes périodes.

## 5. Expérimentations en gouttières

### 5.1. Description de la méthode

Les résultats des tests insecticides effectués au laboratoire sur les Invertébrés benthiques ne sont pas toujours conformes à ceux obtenus sur le terrain (MUIRHEAD-THOMPSON, 1970). De même, les tests insecticides réalisés *in situ* et qui s'appuient, soit sur les variations de la dérive des organismes lotiques, soit sur les différences d'abondance des populations qui colonisent les substrats, ne permettent pas de quantifier de façon précise l'impact réel des toxiques sur la faune. Il n'en va pas de même pour les expériences en gouttières artificielles qui reproduisent de façon assez satisfaisante les conditions du milieu, tant du point de vue rhéologique, que du point de vue des qualités physico-chimiques des eaux. Les résultats sont beaucoup plus proches des effets subis par la faune *in situ*. L'emploi de gouttières artificielles dans les rivières constitue donc à l'heure actuelle, la meilleure méthode permettant de tester et de comparer quantitativement

et statistiquement la toxicité d'une ou plusieurs concentrations ou de plusieurs insecticides, voire de formulations. Toutefois, du fait des variations dans l'espace et dans le temps des facteurs abiotiques, les expériences réalisées *in situ* sont moins reproductibles que celles réalisées au laboratoire. Malgré ces inconvénients, des résultats quantitatifs fiables ont déjà été obtenus (DEJOUX & ELOUARD, 1977 ; GIBON *et al.*, 1980 ; DEJOUX, 1977 b, 1978 a, 1979).

Plusieurs types de gouttière ont été expérimentés par les hydrobiologistes. GAUGLER *et al.* (1980) ont décrit un appareil recréant en laboratoire les conditions de la rivière tandis que WILTON & TRAVIS (1965) utilisent un système portable qui permet de tester les insecticides sur la faune aquatique. L'appareil est installé au bord de la rivière, les gouttières étant approvisionnées en eau au moyen d'une pompe.

Deux types principaux de gouttière immergée ont déjà été utilisés avec un certain succès en Afrique de l'Ouest. Ce sont :

- des gouttières individuelles simples et larges qui dérivent dans leurs formes et leur conception de celles décrites par DEJOUX (1975). Ces gouttières sont lourdes et encombrantes et demandent pour leur emploi une hydraulicité relativement élevée de la rivière.

- des gouttières multiples, de taille plus réduite, composées de cinq corps de gouttière montés en parallèle sur un même châssis mobile mais qui peuvent être également réglés individuellement sur les trois axes (TROUBAT, 1981) (fig. 12).

Quel que soit l'appareil utilisé, gouttières simples ou multiples, le schéma de construction reste le même. On distingue un corps de gouttière en plastique (PVC) monté sur un châssis réglable en hauteur. La partie amont de la gouttière porte un embout sur lequel est monté un filtre en nylon de 250  $\mu$  de vide de maille qui permet à l'eau de pénétrer dans la gouttière, mais retient les organismes qui dérivent dans l'eau de la rivière. Sur la partie située en aval du corps de la gouttière est installé un filet terminé par un embout filtrant de vide de maille également de 250  $\mu$ . Le corps des gouttières individuelles



mesure 2,5 m de long et 15 cm de diamètre, tandis que celui des gouttières multiples est de 1,5 m de long et de 9 cm de diamètre.

### 5.2. Déroulement des expériences

Les gouttières étaient généralement installées dans le lit de la rivière cinq jours avant les tests. Durant cette période, le filtre fixé en tête de gouttière ainsi que le filet terminant la partie postérieure étaient retirés pour permettre la libre colonisation ainsi que la libre migration par dérive des organismes lotiques.

Un certain nombre de substrats naturels (cailloux, feuilles mortes, branchettes) colonisés par des populations d'Invertébrés benthiques, sont disposés dans la gouttière.

Le délai de cinq jours paraît nécessaire et suffisant pour permettre aux organismes de se réorganiser dans la gouttière en fonction de leurs préférences.

L'adjonction du filtre amont et du filet aval a lieu une heure avant le début de l'expérience et isole l'intérieur de la gouttière de l'ensemble de la rivière.

Afin d'établir le taux naturel de dérive lié aux rythmes nyctéméraux et à la mortalité quotidienne, les organismes dérivants dans la gouttière sont récoltés dans le filet durant 24 heures selon une chronologie préétablie (les prélèvements sont réalisés toutes les deux heures ou toutes les heures sauf durant les quatre à cinq heures qui suivent l'épandage où ils sont alors effectués tous les quarts d'heure).

Après l'introduction du pesticide dans le milieu, la dérive est récoltée durant 24 heures. A la fin de l'expérimentation, les substrats sont entièrement brossés dans le but de récolter les organismes qui ont survécu ; ceux-ci sont assimilés aux organismes insensibles. Leurs effectifs, additionnés à ceux des organismes qui ont dérivé après traitement donnent le nombre total exact des organismes testés.

Les abréviations suivantes ont été utilisées dans les

tableaux pour traduire les différents effectifs :

- Ntot : nombre total d'organismes présents dans la gouttière au début de l'expérience.
- Ntest : nombre d'organismes présents dans la gouttière lors de l'introduction du pesticide.
- Nr : nombre d'organismes restant en fin d'expérience.
- Navt : nombre d'organismes qui a dérivé avant l'application de l'insecticide. Cette quantité est assimilée à la dérive naturelle.
- Napt : nombre d'organismes qui a dérivé après l'application de l'insecticide.

Le décrochement des organismes dû, soit au comportement de dérive, soit à l'action du pesticide, est exprimé de deux manières différentes.

- soit en nombre d'individus dérivant par heure. Cette valeur s'obtient en affectant d'un coefficient C l'effectif récolté pendant une tranche horaire (C = 1/2 si le prélèvement recouvre deux heures consécutives et C = 4 si le prélèvement ne porte que sur un quart d'heure).

- soit en taux théorique de décrochement par heure par rapport à la quantité de faune en place. Ce chiffre s'obtient selon la formule :

$$\text{Taux théorique} = \frac{n(t) \times 100}{N(t)} \times C$$

avec  $n(t)$  = nombre d'organismes ayant dérivé durant l'intervalle de temps  $(t, t+h)$ ,  $N(t)$  = le nombre d'organismes présents dans la gouttière au temps  $t$ , et C le coefficient précédemment défini, permettant de rapporter à une heure les effectifs récoltés durant l'intervalle de temps  $t, t+h$ . Il faut remarquer que cette formule donne des taux théoriques très artificiels puisque pouvant dépasser 100 % du fait du rapport à l'unité heure. Ainsi, si 70 % de la faune restante dérive en un quart d'heure, le taux théorique par heure sera de  $70 \times 4 = 280 \%$ .

### 5.3. Applications

Trois expériences utilisant les gouttières ont été réalisées sur les biefs de la basse Maraoué.

La première (expérience A) s'est déroulée au mois de décembre 1979, à la station I ; elle devait nous permettre de déterminer la cause de la moindre sensibilité vis-à-vis du téméphos des populations préimaginales de *S. damnosum* s.l., apparue après 9 mois de traitements hebdomadaires. Une seule gouttière a été utilisée ; le traitement a été fait à 12 h 05, 150 mètres en amont du bief.

La deuxième (expérience B) a été réalisée en février 1980 à la station I. Il s'agissait d'une part de déterminer les concentrations létales 50 (CL 50) des espèces les plus abondantes et de leurs différents stades larvaires ; ces résultats permettant de classer les sensibilités des espèces les unes par rapport aux autres, et d'autre part, nous nous devions de comparer les effets d'un épandage de téméphos effectué par OCP, à celui d'une dose équivalente appliquée en gouttière. La chronologie de l'expérience est représentée sur la figure 13.

La troisième (expérience C) poursuivait les mêmes buts que la précédente. Elle devait donc nous permettre de déterminer la sensibilité de taxons spécifiques de la période d'étiage (fig. 13).



#### IV. ESPECES ETUDIEES

##### 1. Liste taxinomique

Les deux pierres d'achoppement de toute recherche synécologique sont l'échantillonnage et l'identification taxinomique. Nous avons vu qu'il convenait, pour éviter le premier écueil, de prélever les échantillons selon une méthode rigoureuse et adaptée au problème étudié. Les difficultés posées par l'identification taxinomique sont plus délicates à résoudre puisqu'il est nécessaire :

- que l'espèce soit connue et décrite.
- qu'il existe de bons critères pour différencier deux espèces affines.
- que les formes morphologiques des différentes écophases soient reliées les unes aux autres.
- que les jeunes stades soient également identifiables.

A la fin du siècle dernier et au début de ce siècle, beaucoup d'espèces dulçaquicoles africaines ont fait l'objet de descriptions éparses sur du matériel récolté au cours d'expéditions non spécialisées.

Les auteurs, peu souvent spécialistes du groupe considéré, ont souvent mal décrit les espèces, avec une iconographie trop peu détaillée. Ces descriptions ont parfois été publiées dans d'obscures revues ... Certaines espèces ont également fait l'objet de plusieurs descriptions. Le problème ne serait pas trop ardu s'il ne se réduisait qu'à une question d'antériorité de nomenclature, à la condition que les types de référence existent. Il est, par contre, beaucoup plus grave lorsque les types ont disparu (cas des descriptions de NAVAS).

La description des espèces aquatiques repose bien souvent sur la morphologie de l'adulte et plus particulièrement sur celle du mâle (génitalia) ; il est alors fréquent qu'aucun critère morphologique ne permette de distinguer les femelles ou les larves d'espèces voisines.

La relation stade préimaginaux-imagos n'a été faite que pour quelques espèces. La plupart des auteurs qui ont eu à travailler sur les larves, se sont donc établis une nomenclature spéciale pour celles-ci (*Tricorythus* sp.1, *Tricorythus* sp.2 ; DEMOULIN, 1970). Cette pratique engendre parfois des situations baroques. Ainsi, la majorité des imagos des Baetidae d'Afrique intertropicale appartient au genre *Cloeon* tandis que la plupart des espèces larvaires sont rattachées au genre..... *Centroptilum*.

Pour certains groupes, il est possible de distinguer morphologiquement, les larves âgées d'espèces voisines, mais tel n'est bien souvent pas le cas pour leurs jeunes stades larvaires. La biométrie ou une longue pratique de l'espèce permettent alors parfois de séparer les espèces.

Enfin, il faut noter que bien peu d'espèces d'Ephéméroptères, de Trichoptères, de Chironomides, etc... ont été décrites pour l'Afrique intertropicale. Seuls quelques groupes, du fait de leur intérêt médical ou économique, tel que celui des Simulies, sont bien connus. Parmi les autres groupes, l'ordre des Trichoptères est le mieux décrit grâce aux travaux de SCOTT, GIBBS et STATZNER ...

Toutefois, pour tous les ordres d'Insectes aquatiques, les familles et les genres sont bien définis, même si certains demandent

une révision en profondeur (cas des Baetidae par exemple). Nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage général de DURAND & LEVEQUE (1981) pour les clefs systématiques des familles et des genres.

Les espèces sont moins bien connues et souvent non décrites. Une description sommaire, de la plupart d'entre elles, a cependant été faite au Laboratoire d'Hydrobiologie de l'ORSTOM à Bouaké, et éditée sous forme d'un catalogue iconographique (DEJOUX *et al.*, 1981 a). Les espèces sont repérées soit par leur nom lorsqu'il est connu, soit par un code lorsque la relation larve adulte n'a pas pu être établie ou lorsque l'espèce n'est pas décrite dans la littérature.

D'une manière générale, dans cette thèse, même si un nom d'espèce n'a pu être apposé en face du code de référence, l'identification de l'organisme en tant qu'espèce taxinomique reste valable. Seules les comparaisons avec d'autres travaux resteront délicates tant que les descriptions de ces espèces ne seront pas publiées. En tout état de cause, le catalogue iconographique de Bouaké reste notre référence ainsi que les collections qui y sont jointes.

## 1.1. Diptères

### 1.1.1. Simuliidae

Quatre espèces de Simulies, en plus de celles appartenant au complexe *Simulium damnosum*, ont été récoltées sur les substrats de la basse Maraoué. Ce sont :

<i>Simulium adersi</i> Pomeroy, 1922	(ADE ; ADN, AD7 ... AD1).(1)
<i>Simulium tridens</i> Freeman & de Meillon, 1953	(TRI ; TRN, TR7 ... TR1).
<i>Simulium unicornutum</i> Pomeroy, 1920	(UNI ; UNN, UN7 ... UN1).
<i>Simulium schoutedeni</i> Wanson, 1947	(SCH ; SCN, SC7 ... SC1).

---

(1) Le ou les codes mis entre parenthèses sont ceux du catalogue iconographique de Bouaké (DEJOUX *et al.*, 1981 a) et ceux employés sur les graphes des analyses multidimensionnelles :

ex. N = nymphe, AD7 = larves de *S. adersi* du stade 7.

*Simulium damnosum* s.l. Théobald, 1903 (DAM ; DAN, DA7 ...DA1).

Depuis les travaux de DUNBAR (1966), il est admis que l'espèce *Simulium damnosum* est un complexe d'espèces voisines ou jumelles. Les études réalisées par QUILLEVERE (1975) et VAJIME & DUNBAR (1975), qui s'appuient sur la cytotaxonomie larvaire, ont montré qu'il existe un certain nombre de cytotypes relativement bien définis. Vingt six cytotypes ont actuellement été recensés en Afrique pour le complexe *S.damosum* (DUNBAR & VAJIME, 1972 ; DUNBAR, 1976). Certains ont été décrits et élevés au rang d'espèce (VAJIME & DUNBAR, 1975), ce qui est parfois peu justifié, voire criticable du fait de la présence de nombreux hétérozygotes de l'inversion critique séparant certaines espèces (QUILLEVERE, 1979). Toutefois, le fait que seules les espèces *S.sanctipauli* et *S.soubrense* présentent une résistance au téméphos et au chlorphoxim tend à prouver qu'il existe un certain isolement spécifique entre les cytotypes. Cet isolement n'est pas que géographique puisque ces espèces qui remontent en zone de savane en saison des pluies, deviennent alors momentanément sympatriques des espèces de savane et en théorie, pourraient dès lors, en s'accouplant entre elles, leur transférer leur immunité.

Six espèces sont recensées en Côte d'Ivoire. Ce sont :

- *Simulium damnosum* s.s. Theobald, 1903 = Cytotype Nile
- *Simulium sirbanum* Vajime & Dunbar, 1975 = Cytotype Sirba
- *Simulium sanctipauli* Vajime & Dunbar, 1975 = Cytotype Bandama
- *Simulium soubrense* Vajime & Dunbar, 1975 = Cytotype Soubre
- *Simulium squamosum* Enderlein, 1921 = Cytotype Bille
- *Simulium yahense* Vajime & Dunbar, 1975 = Cytotype Yah

Ces six espèces peuvent être regroupées en trois paires, en fonction de leurs ressemblances chromosomiques et morphologiques ainsi qu'en fonction de la similarité de leur bioécologie et de leur pouvoir de transmission d'*Onchocerca volvulus*.

QUILLEVERE et al., (1977), QUILLEVERE & SECHAN (1978) différencient morphologiquement les imagos du complexe *S.damosum* en se fondant sur des caractères antennaires ou alaires. Ces critères n'ont cependant qu'une valeur discriminatrice locale (GARMS, 1978), et doivent être intégrés à l'examen de la chaetotaxie de la patte antérieure, du trochanter postérieur, du scutum, des tergites abdominaux, du vertex et du postcranium ainsi que de la costa antérieure, pour permettre de séparer les différentes espèces jumelles sur toute l'aire du programme (DANG & PETERSON, 1980).

La séparation entre certains membres du complexe est également possible en étudiant les enzymes tels que la phosphoglucomatase (PGM) et la tréhalase (TOWNSON & MEREDITH, 1977, 1979, MEREDITH & TOWNSON, 1981).



Les larves sont différenciables morphologiquement après examen de la chaetotaxie tégumentaire et des tubercules dorsaux (QUILLEVERE et al., 1976). Mais ces caractères de différenciation spécifique des larves ne s'appliquent qu'aux stades âgés et ne permettent, que difficilement ou pas du tout, de séparer les espèces d'une paire de cytotypes. Il est donc quasiment impossible de différencier les jeunes larves sur de tels critères.

Il semble que les espèces du complexe aient chacune une aire de distribution qui correspond à leurs rhéopréférences hydrologiques et climatiques. Ainsi en Côte d'Ivoire, les espèces *S.sirbanum* et *S.damnosum* s.s. colonisent les régions de savane alors que les quatre autres espèces vivent en zone de forêt ou de savane humides. *S.damnosum* s.s. est l'espèce dominante du secteur préforestier. *S.yahense* est typique des petites rivières de forêt humide d'altitude (région de Man) et *S.squamosum* est une *Simulia* d'affinité forestière, mais assez ubiquiste et que l'on retrouve dans certains foyers isolés en savane. Les espèces *S.soubrense* et *S.sanctipauli* sont caractéristiques des grandes rivières de forêt. *S.soubrense* domine dans les forêts moins humides du secteur mésophile et *S.sanctipauli* est prépondérante dans les forêts denses et humides du secteur ombrophile (QUILLEVERE & PENDRIEZ, 1975 ; QUILLEVERE, 1979).

Ces préférences ne sont cependant que des indications générales soumises à de nombreuses exceptions. Ainsi, *S.damnosum* s.s., quoique savanicole, se retrouve également dans des foyers très méridionaux.

La distribution des espèces se modifie également selon les saisons, en fonction du déplacement du FIT qui permet aux espèces forestières du complexe *S.damnosum* de remonter en savane lors de la saison des pluies ou aux espèces savanicoles de pénétrer en forêt lors de la saison sèche. Il s'ensuit que les espèces ou leurs proportions, ne sont pas les mêmes sur un gîte donné selon la saison considérée.

Quatre des six cytotypes ivoiriens ont été répertoriés sur les gîtes de la basse Maraoué (QUILLEVERE & PENDRIEZ, 1975). Ce sont les deux espèces savanicoles *S.damnosum* s.s. et *S.sirbanum* ainsi que les deux espèces caractéristiques des grands fleuves forestiers : *S.sanctipauli* et *S.soubrense*.

Quand faire se pouvait, nous avons déterminé la paire cytologique à laquelle appartenait les stades âgés des larves du complexe *S.damnosum*. D'une manière générale, la paire *S.soubrense* - *S.sanctipauli* dominait largement en nombre (80 % ou plus) en saison des pluies, tandis que les espèces *S.damnosum* s.s. et *S.sirbanum* étaient

minoritaires jusqu'au mois de janvier-février. En saison sèche, l'espèce principale était *S.damnosum* s.s. Ces assertions sont confirmées par les études effectuées par BELLEC (comm. pers.) sur les imagos du complexe *S.damnosum* dans les mêmes sites d'observation.

Quoi qu'il en soit, sauf études particulières, nous ne tiendrons pas compte dans ce travail de l'identification taxinomique des populations larvaires du complexe *S.damnosum*. Cette décision s'appuie sur les raisons suivantes :

- il nous était impossible d'identifier spécifiquement, en fonction des espèces du complexe *S.damnosum*, les pontes et les larves de stade L1, L2 et L3, voire L4.

- l'erreur que nous commettons en n'identifiant pas les membres du complexe ne peut au plus qu'accroître les caractéristiques des niches écologiques et la distribution des larves de *S.damnosum* s.l. dans le milieu, mais nous ne pensons pas que le remplacement d'un cyto-type par un autre, ait une grande influence sur la faune associée aux larves du complexe.

- enfin, dans le cas contraire, il serait difficile de séparer les effets dûs aux remplacements d'espèces jumelles du complexe, de ceux, concomittants, induits par les changements de saison, d'hydraulicité de la rivière et de caractéristique chimique des eaux.

Nous parlerons donc dans cet exposé de larves du complexe *S.damnosum* ou plus simplement de *S.damnosum* s.l.

1.1.2. Chironomidae

## CHIRONOMINI

<i>Cryptochironomus sp.</i>	(CC2)
<i>Polypedilum deletum</i>	(CC5)
<i>Cryptochironomus nudiforceps</i>	(CC18)

## TANYTARSINI

<i>Tanytarsus sp.</i>	(CTT1)
<i>Cladotanytarsus lewisi</i>	(CTT2)

## TANYPODIINAE

<i>Ablabesmyia pictipes</i>	(CTP1)
<i>Ablabesmyia dusoleili</i>	(CTP2)

## ORTHOCLADIINAE

<i>Nanocladius sp.</i>	(CO1)
<i>Cricotopus quadrifasciatus</i>	(CO2)
<i>Orthocladius sp.</i>	(CO6)
Orthoclaadiinae sp.	(CO13)

1.1.3. Autres Diptères

## RHAGIONIDAE

spp.	(RAG)
------	-------

## TIPULIDAE

<i>Anthoca sp.</i>	(TIP)
--------------------	-------

## CERATOPOGONIDAE

Indéterminés

## CHAOBORIDAE

Trois espèces sont abondantes en région éthiopienne :

<i>Chaoborus anomalus</i>
<i>Chaoborus ceratopogones</i>
<i>Chaoborus edulis</i>

En fait, la détermination n'a pas été faite car ces Insectes pélagiques vivent dans les vasques d'eau stagnante et ne sont jamais associés à *S.damnosum* s.l.

### 1.2. Ephéméroptères

#### TRICORYTHIDAE

<i>Neurocaenis</i> sp.	(1)	(E3)
<i>Tricorythus</i> sp.1	(1)	(E1)
<i>Tricorythus</i> sp.2	(1)	(E2)
<i>Dicercomyzon</i> sp.	(1)	(E4)
<i>Machadorythus palanquin</i> Demoulin, 1959		(E5)

#### PROSOPISTOMATIDAE

<i>Prosopistoma guernei</i> (Vayssiere, 1893)		(E6)
---	--	------

#### HEPTAGENIIDAE

<i>Afronurus</i> sp.	(1)	(E11)
<i>Notonurus</i> sp.	(1)	(E12)

#### BAETIDAE

<i>Pseudocloeon bertrandi</i> Demoulin, 1967		(E21)
<i>Pseudocloeon</i> sp.	(1)	(E29)
<i>Centroptilum</i> sp.1	(2)	(E23)
<i>Centroptilum</i> sp.2		(E26)
<i>Centroptilum</i> sp.3		(E27)
<i>Centroptilum</i> sp.4		(E31)
<i>Centroptilum</i> sp.5		(E33)
<i>Centroptilum</i> sp.6		(E34)
<i>Centroptilum</i> sp.7		(E37)
<i>Centroptilum</i> sp.8		(E39)
<i>Centroptilum</i> sp.9		(E152)
<i>Centroptilum</i> sp.10		(E158)
<i>Centroptilum</i> sp.11		(E38)

- 
- (1) Etant donnée la géonémie des espèces de ce genre revue par DEMOULIN (1970), il s'agit certainement d'une espèce nouvelle.
- (2) La systématique de ce genre est sans doute la plus délicate de toute celle des Ephéméroptères. Peu de caractères permettent de différencier les larves et mêmes les imagos. Ces derniers sont souvent décrits sous le genre *Cloëon*.

<i>Afrobaetodes</i> sp.	(1)	(E46)
<i>Centroptiloides</i> sp.	(1)	(E36)

## CAENIDAE

<i>Caenomedea</i> sp.		(E154)
<i>Caenodes</i> sp.		(E157)

## OLIGONEURIIDAE

<i>Elassoneuria</i> spp.		(E18, E19, E20)
--------------------------	--	-----------------

Un certain nombre d'espèces appartenant à des familles rhécxènes ont été récoltées dans les prélèvements de dérive. Ces individus dérivants, proviennent des vasques d'eau calme. Il s'agit des familles et des genres suivants :

## LEPTOPHLEBIIDAE

<i>Choroterpes</i> sp.		(E7)
<i>Thraulius</i> sp.		(E8)
<i>Adenophlebiodes</i> sp.		(E9, E10)

## EPHEMERIDAE

<i>Afromera</i> sp.		(E13)
<i>Eatonica crassi</i> sp.		(E14)

## POLYMITARCIIDAE

<i>Campsurinae</i> n.g., n.sp.		(E16)
<i>Provilla adusta</i>		(E17)
<i>Ephoron</i> spp.		(E22)

## EUTHYPLOCIIDAE

<i>Exeuthyplocia</i> sp.		(E15)
--------------------------	--	-------

---

(1) Etant donnée la géonémie des espèces de genre revue par DEMOULIN (1970), il s'agit certainement d'une espèce nouvelle.

1.3. Trichoptères

## HYDROPSYCHIDAE (3)

<i>Cheumatopsyche falcifera</i> Ulmer, 1930	(T1)
<i>Cheumatopsyche digitata</i> Mosely, 1935	(T10)
<i>Cheumatopsyche copiosa</i> Kimmins, 1956	(T5)
<i>Aethaloptera dispar</i> (Brauer, 1976)	(T32)
<i>Amphipsyche senegalense</i> (Brauer, 1976)	(T2)
<i>Macronema</i> sp.	(T26)
<i>Protomacronema</i> sp.	(T29)
<i>Polymorphanyusus</i> sp.	(T18)
<i>Leptocerina</i> sp.	(T17)

## HYDROPTILIDAE

<i>Orthotrichia straeleni</i> Jacquemart, 1956	(T14)
<i>Stactobia</i> sp.	(T31)

## PHILOPOTAMIDAE

<i>Chimarra petri</i> Gibbs, 1973	(T16)
-----------------------------------	-------

## ECNOMIDAE

<i>Ecnomus</i> sp.	(T11)
--------------------	-------

## POLYCENTROPODIDAE

<i>Dipseudopsis njalana</i>	(T13)
-----------------------------	-------

## LEPTOCERIDAE

<i>Leptocerus</i> sp.	(T19)
<i>Oecetis</i> sp.	(T20)
<i>Paracetodes</i> sp.	(T21)
<i>Ceraclea</i> sp.	(T22)

---

(3) Une révision des espèces de la famille des *Cheumatopsyche* de Côte d'Ivoire a été faite récemment par STATZNER (1981).

1.4. Autres groupes taxinomiques

## PLANIPENNES

## SYSIRIDAE

*Sysira* sp. (SYS)

## LEPIDOPTERES

CRAMBIDAE (Pyralidae aquatiques) (PYR)

## PLECOPTERES

## NEOPERLIDAE

*Neoperla spio.*

## COLEOPTERES

## ELMIDAE

*Potamodytes marshalli* (C4)  
 Elmidae sp. (C55)  
 Elmidae sp. (C90)  
 Elmidae sp. (C94)  
*Potamodytes sp.* (C110)  
 Elmidae sp. (C128)

## HETEROPTERES

## VELIIDAE

*Microvelia* sp. (H6)

## GERRIDAE

*Eurymetra* sp. (H11)

## ODONATES

## LIBELLULIDAE

*Zygonyx* sp. (O27)

CAENAGRIONIDAE spp.

HYDRACARIENS spp. (HYD)

## 2. Identification des stades larvaires

Les études de dynamique des populations ou de sensibilité des différents stades larvaires des Invertébrés aquatiques à un insecticide donné, imposent de connaître la structure générale des populations ou d'identifier les stades larvaires.

Les méthodes employées pour de telles études s'appuient soit sur la morphologie des espèces, soit sur la biométrie. Dans le premier cas, les auteurs recherchent des caractères typiques permettant de distinguer deux stades contigus. Dans le second cas, on mesure une structure morphologique rigide dont l'accroissement en taille, lié à une évolution des stades larvaires, est susceptible de fournir une différence significative entre des individus appartenant à deux stades ou groupes de stades différents.

Notre choix s'est porté sur la deuxième méthode, plus facile à réaliser car elle évite de longues études morphologiques. Il n'était, de plus, pas certain que des caractères de différenciation puissent être mis en évidence pour toutes les espèces considérées dans cette étude.

Néanmoins, la méthode biométrique, si elle est plus facile à mettre en oeuvre, ne permet pas toujours de distinguer les stades larvaires avec certitude. Dans de tels cas, nous avons procédé à un découpage arbitraire des populations en classe de taille. Celui-ci fournit tout de même des renseignements quant à l'âge physiologique des individus.

### 2.1. Simulies

La méthode biométrique la plus communément employée pour séparer les stades de *Simulies*, utilise la longueur de la postgénéa, depuis la partie postérieure du postocciput jusqu'au phragme mandibulaire (paramètre  $\alpha$ , fig. 14 a) (FREDEEN, 1976 ; ELOUARD, 1978 ; ROSS, 1979 ; ROSS & CRAIG, 1979).

L'histogramme des fréquences des longueurs obtenu comprend un certain nombre de pics traduisant les tailles des différents stades



larvaires (exemple : *S.damnosum s.l.*<sup>(1)</sup>, fig. 15 ; *S.adersi*, fig. 16).

Les limites entre les stades ont été définies en reportant les fréquences cumulées sur du papier probit. Elles se situent au niveau des points de rupture entre les portions de droite (*S.damnosum s.l.* et *S.adersi*, fig. 17). Leurs valeurs en microns, ainsi que celles de *S.tridens*, *S.unicornutum* et *S.schoutedeni*, sont reportées dans le tableau 4. La croissance de la capsule céphalique en fonction du stade larvaire est représentée par les figures 18 a pour *S.damnosum s.l.*, 18 b pour *S.adersi*.

Remarquons que les sept stades larvaires de *S.damnosum s.l.* avaient été mis en évidence et définis tant morphologiquement que biométriquement par GRENIER & FERAUD (1960). Ces auteurs ont appliqué l'analyse de la variance à la croissance des mandibules comme critère d'analyse biométrique et ont corroboré leurs résultats à l'aide de caractères morphologiques relativement bien définis (présence ou absence d'écaillés tégumentaires, nombre d'articles antennaires, plaques épiscraniales, tubercules latéraux dorsaux de l'abdomen, disques imaginaires et histoblastes nymphaux ...). Cependant, si la plupart des critères de différenciation morphologique sont facilement observables pour les stades âgés de cette *Simulie* (stades L5, L6 et L7), ils sont moins performants et nécessitent des montages minutieux lorsqu'on les applique aux larves des stades L1, L2, L3 et L4. Une autre imprécision s'ajoute lorsqu'on considère les variations morphologiques dues aux différents cytotypes. Ainsi *S.damnosum s.s.* et *S.sirbanum* ne présentent que de petits tubercules dorsaux alors que *S.sanctipauli* et *S.soubrense* n'en possèdent jamais (QUILLEVERE, *et al.*, 1976).

Enfin, les caractères morphologiques retenus ne sont applicables qu'à *S.damnosum s.l.*, et se révèlent inefficaces pour séparer les stades larvaires de toute autre espèce de *Simulie*.

---

[1] La population de *S.damnosum s.l.* avec laquelle nous avons établi les histogrammes de fréquence était un mélange de *S.damnosum s.s.* et de *S.sirbanum*.

## 2.2. Chironomides

Le critère mesuré est la distance séparant les deux extrémités antérieure et postérieure de la gena (fig. 14 e).

Les histogrammes obtenus pour le Chironomini *Polypedilum deletum* (fig. 19 a) et le Tanytarsini *Tanytarsus* sp. (TT1) (fig. 19 b) permettent de distinguer 4 stades larvaires (Tab. 5). Il faut signaler que d'une manière générale, il existe un léger recouvrement des histogrammes, mais dans l'ensemble la probabilité d'erreur de détermination est faible.

## 2.3. Trichoptères

DECAMPS & LAFONT (1974), DENIS (1980), identifient sans ambiguïté les cinq stades larvaires des Trichoptères européens en mesurant la longueur de la capsule céphalique. Cette méthode appliquée par STATZNER (1981) sur les Trichoptères africains semble confirmer nos résultats. La plupart des Trichoptères lotiques de la Maraoué ont fait l'objet de telles études, mais nous ne retiendrons ici que quelques exemples choisis parmi les espèces les plus abondantes.

- Pour les *Cheumatopsyche* (Hydropsychidae) la longueur de la tête, du fronto-clypeus à l'occiput, a été retenue comme paramètre (fig. 14 b). Les têtes décapitées étaient mesurées sur des lames, la partie dorsale dirigée vers le haut.

Les histogrammes de fréquences permettent de reconnaître sans ambiguïté les cinq stades larvaires (*Cheumatopsyche falciifera*, fig. 20 a ; *C. digitata*, fig. 20 b) et de définir les courbes de croissance de leur capsule céphalique (fig. 20 c).

- Pour les *Amphipsyche* et les *Macronema*, les critères d'identification sont situés sur la face ventrale de la tête. La mesure retenue est la distance entre le mentum et le pont génal. Elle ne peut être pratiquée qu'après décapitation du Trichoptère (fig. 14 d). Les limites des stades sont consignées dans le tableau 6.

- Pour les *Chimarra* (Philopotamidae), la longueur de la tête a également été retenue (fig. 11 c). Les stades larvaires de ces

espèces sont, comme ceux des Hydroptilidae, identifiés sans ambiguïté par les différences de taille du critère mesuré (tab. 6). Il semble qu'il existe dans certaines conditions écologiques, un stade surnuméraire (L6) déjà signalé par STATZNER (1980).

- Pour les *Orthotrichia* (Hydroptilidae) qui sont des Trichoptères de petite taille, nous avons mesuré la longueur du fourreau de la larve. Bien qu'il soit secrété de manière plus ou moins continue, il permet de séparer clairement les stades larvaires de ces espèces (tab.6).

#### 2.4. Ephéméroptères

Selon les familles considérées, la largeur (Tricorythidae et Caenidae ; fig. 14 f) ou la longueur (Baetidae, Leptophlebiidae, fig. 14 g) de la capsule céphalique est retenue. Quelle que soit l'espèce étudiée, nous n'avons jamais obtenu de distribution de fréquences de taille qui permette de distinguer les différents stades larvaires. Cela peut être dû :

- au grand nombre de stades larvaires des représentants de cette famille (20 stades chez *Cloeon dipteron* L., 27 chez *Baetis rhodani* (GRASSET, 1965) ; 12 chez *Baetisca rogeri* Berner (PESCADOR & WILLIAMS, 1974) ; environ 34 chez *Leptophlebia cupida* (Say) (CLIFFORD *et al.*, 1979) ; 16 à 19 pour *Choroterpes mexicanus* Allen (McCLURE & STEWART, 1976).

- à la sclérotisation moindre de la cuticule de ces Ephéméroptères et plus particulièrement de celle de leur capsule céphalique, par rapport à celle des Trichoptères.

- à une croissance non négligeable de la capsule céphalique entre les mues.

- à des variations de la longueur du corps selon la saison (McCLURE & STEWART, 1976 , chez le Leptophlebiidae *Choroterpes mexicanus* Allen).

Afin de pouvoir, malgré cette difficulté, connaître l'âge physiologique des populations, nous avons arbitrairement défini cinq classes de taille (tab. 6) pour les principales espèces d'Ephéméroptères étudiées.



## V. TRAITEMENT MATHÉMATIQUE DES DONNÉES

### 1. Méthodes employées pour l'analyse et l'inférence statistique

La démarche usuelle suivie par l'écologue pour traiter des données quantitatives comprend trois étapes fondamentales successives :

- la description des formes ou analyse (1)
- la reconnaissance des formes ou inférence statistique (2)
- la modification des formes ou modélisation (3)

(1) Dans la première étape, il s'agit de décrire un phénomène à l'aide d'un, deux ou plusieurs paramètres.

Les méthodes d'analyse classique définissant la moyenne, la variance, la régression ..., permettent en général de représenter ces phénomènes en une ou deux dimensions et de visionner la nature des relations existant entre les observations et une variable ou entre deux, voire trois variables.

Les analyses multidimensionnelles permettent, tout comme les

précédentes, de décrire les relations existant entre de nombreuses variables mais sont plus aptes à se dégager des vues simplistes ou *a priori* que ne le sont les études unidimensionnelles. En effet, ces méthodes descriptives multifactorielles, comme nous le verrons, cherchent à déterminer quelles combinaisons de données initiales, quelles interrelations ou quels facteurs doivent être calculés d'abord pour qu'apparaissent non plus les éléments de la matière ou les objets, mais les éléments de leur structure. La détermination de ces facteurs ainsi que leur hiérarchisation se fait sans idées préconçues de leur nature et de leur prépondérance. La forme obtenue à l'aide de ces analyses est une représentation à la fois synthétique et simplifiée d'une réalité complexe et, si elle dépend de la méthode d'analyse choisie, elle sera toujours identique à elle-même pour peu qu'elle repose sur des données semblables.

(2) La forme décrite doit être reconnue, c'est-à-dire identifiée. Elle peut l'être par comparaison avec d'autres déjà répertoriées et, selon les critères choisis, la forme obtenue sera classée comme semblable ou différente ; la comparaison peut se faire avec une forme théorique préétablie (tests sur les lois de distribution) ou par rapport à des formes analysées dans les mêmes conditions (tests de comparaison, paramétriques ou non paramétriques). L'ensemble des tests qui constitue l'inférence statistique est l'outil permettant l'acceptation ou le rejet de la ressemblance.

Dans l'ensemble nous n'avons utilisé les tests inférentiels qu'avec parcimonie, lorsque leur utilisation s'imposait vraiment (ex : utilisation du Chi-deux et des log-probits pour la détermination des DL 50 lors des tests insecticides ou comparaison au moyen du coefficient de corrélation de Bravais-Pearson de prélèvements réalisés dans des conditions différentes). Notre réticence à utiliser ces tests est fondée sur les raisons suivantes :

- ils ne font souvent que confirmer des évidences largement perceptibles après un examen rapide des données ; dans ce cas, leur utilisation n'apporte aucun élément nouveau, même si elle fournit une satisfaction rassurante, voire parfois pédante. Il s'ensuit souvent un alourdissement de la démonstration et un ennui du lecteur...

- ils ne sont pas fiables en synécologie, surtout lorsque leurs résultats ne permettent de trancher qu'avec une sécurité faible, entre la confirmation ou l'infirmité de l'hypothèse initiale. En effet, eu égard à la variabilité de tous les phénomènes naturels et l'hétérogénéité des distributions résultant de l'action de nombreux facteurs, l'ajout ou l'omission de quelques relevés inverse bien souvent les résultats de ces tests. Ils ne sont fiables que lorsqu'un protocole de départ très strict limite la variation de tous les facteurs autres que celui ou ceux étudiés. Ces conditions ne sont jamais réunies lorsque les prélèvements sont faits dans la nature, échelonnés sur de nombreux mois ou années.

- enfin, ils s'appliquent à démontrer l'action d'un ou deux facteurs mais ne tiennent pas compte, ni de leur action corrélée, ni de leur action dans une structure complexe où tous les éléments interfèrent, ni même de l'action des autres facteurs intervenant dans la variabilité de la nature.

Nous ne reviendrons pas sur leur aspect mathématique car ils sont très classiques et se trouvent largement décrits dans la plupart des ouvrages qui se consacrent à la statistique classique.

(3) La troisième étape abordée par l'écologue doit permettre, une fois l'expérience acquise, c'est-à-dire une fois les caractéristiques de la forme connues, de prédire l'évolution du phénomène étudié lorsque varient le ou les paramètres descriptifs ou de déterminer la valeur d'un paramètre lorsqu'est connue la valeur d'un ou plusieurs autres. On parle alors de modèle. Cette étape de loin la plus délicate mais la plus productive vis-à-vis de la connaissance des phénomènes naturels ne sera que très partiellement abordée dans la dernière partie de cette thèse.

## 2. Caractéristiques et propriétés des analyses multidimensionnelles

Comme leur nom l'indique, ces analyses permettent d'étudier un grand nombre de dimensions à la fois ... et constituent de ce fait un outil particulièrement intéressant et performant dans la description des problèmes synécologiques. Ces méthodes sont nombreuses (analyses

factorielles, analyses discriminantes, classifications hiérarchiques, régressions) et quoique parfois très différentes, fournissent de façon synthétique les schémas généraux d'organisation de réalités complexes. Elles s'opposent de ce fait, aux analyses unidimensionnelles qui ne permettent qu'une observation isolée de l'action des variables. Plusieurs de ces méthodes ont été appliquées à nos données et parce que la plupart d'entre elles nous ont fourni des résultats identiques et afin de ne pas rebuter le lecteur peu familiarisé avec ce type d'analyse, nous n'avons retenu dans la présente étude que *l'analyse factorielle des correspondances* (AFC) et *la classification ascendante hiérarchique* (CAH).

#### ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES (AFC)

C'est la méthode la plus utilisée dans ce travail. Ses propriétés, son domaine d'application et son utilisation sont ci-dessous exposés :

- elle s'applique aux tableaux rectangulaires et plus particulièrement aux tableaux de contingence (tableaux  $K_{(i,j)}$ ).

- un *codage* des données brutes de ces tableaux est souvent nécessaire. La transformation  $-1 +$  mantisse du logarithme de base dix de l'effectif  $- a$  été retenue car elle permet de normaliser les données en réduisant les grands écarts numériques inhérents aux distributions agrégatives (FRONTIER, 1974 ; FRONTIER & IBANEZ, 1974).

- la représentation simultanée entre les ensembles *individus* (lignes du tableau) et les *variables* (colonnes) mis en correspondances, se fait sous forme de cartes définies par des *facteurs*. En fait, on recherche le ou les meilleurs *plans* de projection de l'hypervolume (formé par l'ensemble des individus et des variables) qui déforment le moins la réalité. Ces plans sont formés par les principaux facteurs pris deux à deux et matérialisés par des axes orthogonaux.

- l'utilisation d'algorithmes de calcul aboutie à une *représentation barycentrique* des éléments sur les plans de projection, avec une interprétation possible selon les proximités. Cette propriété de l'analyse factorielle des correspondances est fondée sur l'étude des profils des lignes et des colonnes, et non sur l'abondance absolue des éléments. Ainsi, deux variables proches en projection seront



considérées comme bien corrélées, tandis que deux individus proches auront le même profil de ligne.

- la représentation obtenue dépend de la métrique choisie. Nous avons conservé la métrique du *Chi-deux*, de loin la plus utilisée par les statisticiens.

- les facteurs extraits correspondent aux meilleurs représentations de l'hypernuage. Ce sont des entités statistiques *non corrélées* deux à deux qui représentent un certain *pourcentage de l'inertie totale du nuage*.

- la participation des éléments du tableau à la construction (inertie) d'un facteur est désignée dans les tableaux qui accompagnent les représentations des plans de projection par le vocable *contribution* (CTA : contribution absolue).

- la qualité de représentation d'un élément sur un facteur ( $\text{Cos}^2$ , exprimé en millième, de l'angle que fait le vecteur de l'élément avec le facteur) est nommée *corrélacion* (CTR : contribution relative) tandis que la qualité de représentation d'un élément du tableau  $K_{(i,j)}$  à l'ensemble des facteurs extraits est exprimée par l'abréviation QLT. Ces deux indicateurs rendent compte des erreurs de perspective qui apparaissent lors des projections sur les plans factoriels.

- la signification des facteurs, qui se traduit par l'opposition entre certaines variables ou certains individus, s'interprète en fonction de paramètres explicatifs enregistrés au moment où ont été récoltées les données, mais qui n'interviennent pas dans les calculs (*éléments supplémentaires ou illustratifs*).

- enfin, les éléments situés autour de l'origine des axes, c'est-à-dire autour du centre d'inertie du nuage, ont un profil moyen, sans originalité, et n'interviennent que peu dans la construction des facteurs (contribution faible, voir nulle).

#### CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE (CAH)

C'est une méthode de *partitionnement* par regroupement, d'où son qualificatif d'*ascendante*. Le rapprochement entre les objets se fait par proximité sur plusieurs niveaux d'agrégation. On recherche pour se faire, la plus petite distance entre les objets pour définir une

*classe de partition*. La représentation se fait sous forme d'arbres ou *dendogrammes* dont les différents niveaux de regroupement donnent lieu à la construction d'un indice. Les résultats obtenus dépendent :

- du *codage* (cf. AFC)
- de la *métrique retenue* ; ici le Chi-deux.
- de la *stratégie d'agrégation*. L'*agrégation moyenne* a été retenue, délaissant celles du *saut minimum* et du *diamètre de la réunion*.

Pour toutes ces méthodes, les logiciels utilisés sont extraits des bibliothèques de programme de l'ADDAD (JAMBU & LE BEAUX, 1978) et de LEBART *et al.*, (1977).

Les calculs ont été réalisés soit sur le biprocesseur Burrough 3600 de l'Ecole des Travaux Publics de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire (ENSTP), soit sur le biprocesseur Ambdal-IBM 365 du centre interrégional de recherche et de calcul électronique d'Orsay (CIRCE).

Nous renvoyons le lecteur désireux d'en savoir plus sur les analyses multidimensionnelles aux ouvrages de base de FENELON (1978), BENZECRI (1973), BENZECRI & BENZECRI (1980), JAMBU (1978) et LEBART *et al.* (1977).

### 3. Indices de diversité

BOURLIERE & LAMOTTE (1967) ont donné de la notion de biocénose (qui est la communauté d'organismes d'un écosystème) la définition suivante :

"Toute biocénose stable repose sur un réseau d'interactions entre ses divers constituants d'une part, entre ceux-ci et le milieu organique dans lequel elle se maintient, d'autre part. C'est ce qui la différencie d'une simple collection temporaire d'espèces ou d'individus réunis par le seul hasard des circonstances. C'est aussi ce qui lui impose une certaine structure et partant, une physiologie particulière. A ce titre, une biocénose constitue une sorte de super organisme, en grande partie indépendant des autres communautés biologiques qui peuvent occuper des milieux géographiques voisins."

Un système biocénotique est donc :

- . un ensemble en rapport réciproque avec son environnement ; ses échanges lui assurant une certaine autonomie.;
- . un ensemble formé de sous-systèmes en interaction ; cette interaction lui assurant une certaine cohérence ;
- . un ensemble subissant des modifications plus ou moins profondes, dans le temps tout en conservant une certaine permanence (équilibres dynamiques ou stabilité homéostatique).

Du fait des interrelations entre les éléments du système, les propriétés de celui-ci ne peuvent totalement se déduire directement de celles des parties. Il existe des propriétés propres au système. L'étude d'un système biocénotique ne peut donc se réduire à la surveillance de l'abondance ou densité des différentes espèces qui le compose (richesse spécifique).

Les éléments des sous systèmes les plus généralement étudiés par les auteurs sont les espèces qui peuvent se décrire par deux paramètres : l'identité spécifique et l'*abondance* (ou densité). La somme des identités spécifiques ou espèces d'un système constitue la *richesse*. Cependant, dans un système ordonné, les populations des différentes espèces ne sont pas indépendantes les unes des autres, mais sont en interrelation créant une organisation interne au système. Il en résulte une distribution des abondances spécifiques plus ou moins défective et le plus souvent non équitable. Les écologistes ont introduit la notion de diversité spécifique pour rendre compte de cette inégale répartition des individus (ou de la biomasse) entre les espèces. L'intérêt des indices de diversité est de permettre des comparaisons globales des peuplements différents ou d'évaluer l'état d'un même peuplement à des moments différents. D'après PIELOU (1975), la diversité est l'équivalent, pour la variable non ordonnée espèce, de la variance pour les variables continues (voir aussi § quatrième partie, VI. 2.).

La mesure de la diversité spécifique se fait à l'aide d'indices appartenant à deux catégories distinctes selon qu'ils reposent ou non sur la théorie de l'information.

Citons pour mémoire l'indice de SHANNON (1948) et l'équitabilité (MARGALEF, 1958 ; LLYOD & GHELARDI, 1964) pour les indices informatiques. La mesure non informationnelle de la diversité a été étudiée par de très nombreux indices dont ceux de FISHER, CORBET & WILLIAMS (1943), PRESTON (1948), SIMPSON (1949), MARGALEF (1951), ODUM (1960), MENHICK (1964), McINTOSH (1967), SANDERS (1968), HURLBERT (1971), PEET (1974) ... etc.

De cette longue énumération des principaux indices, il ressort qu'il en existe de nombreux, pas toujours comparables, et qui ne mesurent souvent pas la même chose. Cela est surtout vrai en ce qui concerne les espèces rares. Elles comptent pour partie négligeable dans certains indices et possèdent par contre, des poids considérables dans d'autres. Certains auteurs tel HURLBERT (1971) préfèrent donc le terme de "non-concept of diversity" pour parler de la diversité spécifique.

Les deux indices les plus utilisés par les écologues sont les indices informatiques de Shannon (Ish) et l'équitabilité (Eq).

L'indice de Shannon a pour formule :

$$Ish = - \sum p_i \log_2 p_i$$

où  $p_i$  est la probabilité de capturer l'espèce  $i$ . Cette valeur inconnue est remplacée dans les calculs par son estimation au moyen de la fréquence relative.

Lorsque toutes les espèces d'un peuplement ont la même abondance, la probabilité de récolter un individu d'une espèce n'est pas supérieure à celle de capturer un individu des autres espèces. L'indétermination ou la diversité spécifique est alors maximale (Ish est maximum).

Par contre, s'il y a forte dominance d'une espèce, la probabilité de la capturer est très grande et en tout cas bien supérieure à celle de capturer un individu d'une autre espèce. L'indétermination ou diversité spécifique est alors faible.

La notion d'équitabilité (Eq) a été introduite afin de pouvoir comparer des indices de diversité issus d'échantillons de richesse différentes. L'équitabilité correspond au rapport entre la diversité et la diversité maximale.

$$\text{Eq} = \frac{I_{sh}}{\log_2 N} \quad \text{où } N \text{ est la richesse spécifique.}$$



## VI. IDENTIFICATION SEROLOGIQUE DES PREDATEURS DE *S.DAMNOSUM* S.L.

Cette étude a été réalisée en collaboration avec le Dr. M. SERVICE du laboratoire d'Entomologie Médicale de la Liverpool School of Tropical Medicine.

La technique d'identification des prédateurs employée est la méthode d'identification sérologique des précipitines. Une réaction colorée antigène-anticorps permet d'identifier les Insectes qui ont ingéré durant les quelques heures précédant leur récolte des larves du complexe *S.damnorum*.

Cette technique avait déjà été employée pour identifier les prédateurs de moustiques (*Aedes cantans* (Meigen), SERVICE, 1973 a, 1977; complexe *Anopheles gambiae* Giles, SERVICE, 1973 a, b. et c ; 1977 c) et du complexe *S.damnorum* (SERVICE & LYLE, 1975).

Les anticorps anti-simulidiens ont été préparés en injectant à trois reprises à des lapins de Nouvelle-Zélande des extraits de broyat

de larves du complexe *S. damnosum* dont on avait au préalable retiré le tube digestif (SERVICE & ELOUARD, 1980).

Les Insectes testés par cette méthode proviennent de la station I de la Maraoué (récoltés les 23/11/1977, 19/12/1978 et 11/01/1979) et ont été disséqués vivants ; les contenus des tubes digestifs ont été conservés sur papier filtre en milieu froid et anhydre.

Ces Insectes proviennent de la plupart des biotopes colonisés par la faune associée à *S. damnosum s.l.* dans les milieux lotiques, y compris les dessous de pierre situées dans le courant. Un total de 1648 contenus stomacaux d'Insectes ont été testés, choisis parmi 35 prélèvements.



DEUXIEME PARTIE

-----

ASSOCIATIONS ENTRE S.DAMNOSUM S.L. ET

LA FAUNE LOTIQUE

-----



## I. INTRODUCTION

Les stades préimaginaux de Simulies en général et ceux de *S. damnosum* s.l. en particulier, vivent dans les milieux aquatiques d'eau courante. Ils font partie de l'ensemble des populations constituant la biocénose lotique dont l'étude complète tant taxinomique que structurale (composition spécifique et intraspécifique) ou fonctionnelle (interaction entre tous les éléments biotiques du milieu) est trop complexe pour être envisagée dans ce travail. Deux restrictions vont donc être apportées à cette étude sur l'impact du téméphos. Elle sera d'une part limitée aux entomocénoses et d'autre part, à la faune "associée" aux stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l.

Toutefois, pour appréhender l'impact du téméphos sur la faune associée aux stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l., il est utile d'avoir identifié les espèces qui y sont associées et d'avoir défini les conditions dans lesquelles se réalisent les associations.

Les termes d'"associé(e)" ou d'"association" recouvrent des notions très différentes selon que l'on considère :

- les associations spatio-temporelles souvent désignées sous le terme de synusies, redéfini par HARRANT & JARRY (1964) comme "le

groupement d'individus dépendant du même facteur d'habitat". Il s'agira dans ce cas de reconnaître les espèces qui vivent dans les mêmes microhabitats que les stades préimaginaux de *Simulium damnosum* s.l. et de quantifier les effectifs de ces espèces qui appartiennent à ces synusies (étude des distributions). La dynamique de ces associations sera également envisagée en fonction du temps (dynamique de colonisation et évolution saisonnière).

- les relations ne répondant pas aux critères d'associations spatiales mais correspondant à des relations fonctionnelles entre les taxons d'un écosystème. Il est fréquent, dans ce type de relations, que les espèces concernées ne vivent pas dans les mêmes biotopes. Parmi toutes ces relations possibles ou "connectances", les relations trophiques sont les plus connues et feront l'objet d'une étude particulière. Nous tâcherons ainsi d'identifier les principaux prédateurs de *S. damnosum* s.l. et de définir les types de prédatations qu'ils exercent sur les populations du vecteur.

Définir les synusies dans lesquelles sont impliquées les stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l. implique la connaissance de la distribution spatiale de ce complexe d'espèce dans le milieu lotique. L'interprétation des images de répartition obtenues nécessite d'avoir établi pour chacun des stades les préférences et les tolérances vis-à-vis des principaux facteurs qui permettent ou limitent leur installation. CARLSSON (1967) énumère les plus importants, parmi lesquels nous citerons :

- le courant, le type de substrat, la profondeur, la localisation dans le bief, la lumière et la compétition spécifique, etc... qui influent sur la distribution spatiale.

- la saison et l'heure de la journée qui contrôlent les distributions dans le temps.

Tous ces facteurs n'agissent cependant pas avec la même intensité. Certains sont prépondérants par rapport à d'autres. Il s'agira donc de les hiérarchiser entre eux et de ne retenir que les plus déterminants vis-à-vis de la distribution des stades préimaginaux de

*S. damnosum s.l.* Mais s'il est aisé de concevoir qu'ils ont pour la plupart un impact caractéristique, il est difficile *in situ* de dissocier leur impact individuel réel du fait qu'ils sont souvent corrélés et agissent en synergie ou avec antagonisme.

Il nous a donc semblé nécessaire, dans un premier temps, de mettre en évidence les biotopes types que colonise ce complexe en fonction des variations hydrologiques dûes à l'alternance des saisons, puis de voir quelles espèces se trouvaient en associations dans ces biotopes avec tel ou tel stade préimaginal de *S. damnosum s.l.* Dans un deuxième temps, nous tenterons de préciser, à l'aide d'expériences particulières, l'influence réelle des principaux paramètres mésologiques sur la distribution de *S. damnosum s.l.* et de la faune associée.



## II. DISTRIBUTION DE LA FAUNE EN FONCTION DE LA SAISON ET DU TYPE DE SUBSTRAT

Les variations saisonnières de densité et d'écophysiologie des Invertébrés benthiques ne sont plus à démontrer dans les régions tempérées ou froides. Toutefois, de telles variations dans la structure et les densités des biocénoses aquatiques existent également pour les rivières temporaires des régions intertropicales et les rivières permanentes de la zone équatoriale (BOTTGER, 1975 ; CRIDLAND, 1958 ; MALAISSE, 1974 ; STATZNER, 1976 ; ZWICK, 1976 ; PETR, 1970).

Les associations entre *S.damnosum s.l.* et les autres espèces lotiques sont donc sujettes à des variations saisonnières et dépendent des fluctuations des facteurs physiochimiques (hydraulicité de la rivière, turbidité, pH ...) ainsi que des facteurs biotiques (présence des espèces et écophase considérées).

La première étape nécessaire à l'identification des associations sur un bief donné entre *S.damnosum s.l.* et la faune lotique, réside donc dans la détermination des périodes d'abondances des différentes espèces ; seules les espèces partiellement ou totalement synchrones seront éventuellement associées.

.1. Cycle annuel des densités des populations préimaginales de *S.damnosum s.l.*

RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

Des variations saisonnières des densités des populations préimaginales ou imaginaires de *S.damnosum s.l.*, sont signalées par tous les auteurs ayant travaillé sur cette espèce et ont été corrélées au régime hydrologique de la rivière (WANSON & HENRARD, 1944 ; WANSON *et al.*, 1949 ; CRISP, 1956 ; DE MEILLON, 1957 ; LE BERRE, 1966).

Toutefois, selon les régions et les rivières étudiées, les densités maximales ne correspondant pas aux mêmes saisons. Ainsi :

WANSON & HENRARD (1944), WANSON *et al.* (1949), sur le Zaïre, FAIN (1950) au Rwanda et au Burundi, LEWIS (1953) au Nord-Soudan, LE BERRE (1966) en Côte d'Ivoire, constatent une densité maximale de *S.damnosum s.l.* en saison des hautes eaux.

CROSSKEY (1955, 1956, 1957), DAVIES (1963) au Nord Nigeria, CRISP (1956) au Ghana, et LE BERRE (1966) relatent que les densités maximales apparaissent à la décrue ou en saison sèche.

LE BERRE (1966) démontre que ces différences d'écologie sont en partie expliquées par le régime hydrologique de la rivière et la morphologie du gîte. Il distingue trois types de variations annuelles des populations :

. Variations synchrones avec le niveau de l'eau. Elles apparaissent lorsque la crue et la décrue sont progressives sur des gîtes relativement étalés et où les vitesses de courants restent suffisantes, même en saison des hautes eaux. Les substrats colonisés sont constitués, par les éléments de la végétation riveraine en saison des pluies et par les dalles rocheuses à l'étiage.

. Variations inverses. Elles sont constatées sur les gîtes où les conditions requises pour le développement préimaginal n'existent qu'en saison sèche. De tels gîtes sont souvent constitués par des seuils



rocheux barrant à l'étiage le cours des rivières.

. Variations bimodales. Les variations de ce type constituent la somme des deux cas précédents. Elles apparaissent sur les biefs qui présentent toute l'année une pente et une abondance de substrats suffisantes. Les substrats sont constitués en saison sèche par les rochers ou la végétation retombante et en saison des pluies par la végétation immergée ou retombante.

. Certains auteurs ont ajouté le cas des cours d'eau temporaires dans lesquels les populations de *S.damnosum s.l.* présentent des fluctuations totalement synchrones du régime hydrologique, ainsi que le cas des petites rivières de forêt qui possèdent des populations stables de *S.damnosum s.l.*

Les trois premières catégories, établies par LE BERRE, sont très pertinentes et permettent de rendre compte de la dynamique générale des populations de *S.damnosum s.l.* Cependant, la plupart des études sur lesquelles reposent cette classification, que ce soient celles de l'auteur ou celles d'autres chercheurs, se fondent sur les densités des populations imaginale et plus particulièrement sur les densités des femelles du complexe. Or, s'il y a généralement corrélation entre le nombre de larves colonisant un bief et la population imaginale avoisinante, il n'y a pas toujours de relation précise entre la densité des larves sur un substrat et l'abondance des imagos. Ainsi en saison des pluies, les larves sont généralement abondantes mais dispersées sur un grand nombre de substrats, en conséquence de quoi leurs densités sont faibles, tandis que les populations imaginale sont abondantes. A l'inverse en saison sèche, les populations imaginale peuvent être peu nombreuses tandis que l'on constate des concentrations élevées de larves sur les quelques rares substrats disponibles.

Pour étudier les associations entre l'entomocénose lotique et les stades préimaginaux de *S.damnosum s.l.*, il a donc été nécessaire d'étudier d'abord l'évolution annuelle globale des populations à l'échelle d'un bief, puis d'affiner les résultats en précisant leurs variations sur chaque type de substrat.

## RESULTATS

Sur l'ensemble de la rivière, les densités des populations préimaginales de *S.damnosum s.l.* sont maximales durant la période de décrue, des mois de décembre à mars (fig. 22 a) et minimales durant la saison sèche aux mois d'avril et mai. On observe une deuxième période d'abondance, correspondant à la montée des eaux, en début de saison des pluies. La densité globale décroît ensuite progressivement jusqu'au mois de novembre, soit du fait de la dispersion des stades préimaginaux dans la rivière, soit à cause de la raréfaction du complexe d'espèce.

Mais, l'évolution des densités des stades préimaginaux de *S.damnosum s.l.* ne suit pas toujours ce schéma général. On observe, en effet, des variations considérables de densité selon le type de substrat colonisé. Ainsi :

- les populations portées par les feuilles et les tiges de *Ficus* (substrat I et III, fig. 23 a et c) sont abondantes durant la décrue des eaux (décembre à février) et au début de la remontée des eaux en juin.

- les rochers (type VII) ne sont abondamment colonisés par *S.damnosum s.l.* qu'en fin de décrue (janvier à mars), au moment où se développent les *Tristicha trifaria* (fig. 23 e).

- les feuilles et les tiges des graminées du genre *Chloris* sont colonisées par les larves de *S.damnosum s.l.* durant la période d'étiage ; ce sont pratiquement les seuls supports herbacés disponibles en cette saison. Un autre pic de colonisation de ces substrats apparaît au début de la remontée des eaux, en juin pour les feuilles de graminées, en août pour les tiges.

En fin de compte, on observe trois pics traduisant l'augmentation de la densité des larves et des nymphes de *S.damnosum s.l.* sur les gîtes de la basse Maraoué :

- *Un pic de décrue.* Durant cette période de baisse des eaux, le nombre de substrats disponibles diminue du fait de l'exondation d'un

bon nombre de plantes riveraines. Les substrats de type I et III sont privilégiés car, étant portés par des rameaux lianescents, ils peuvent suivre, durant plusieurs jours, la baisse progressive du niveau des eaux.

- *Un pic de saison sèche.* Il correspond à une concentration des larves et des nymphes de *S.dannosum s.l.* sur les rochers et sur les rares substrats herbacés disponibles, en l'occurrence les feuilles et les tiges de *Chloris*.

- *Un pic atténué en début de crue.* Il traduit la mise en eau de la plupart des substrats herbacés qui se développent durant la saison des basses eaux.

Les variations globales des densités sur l'ensemble du gîte ne correspondent donc pas aux variations de densité observées pour chacune des catégories de support, mais sont la résultante de la colonisation générale du bief (fig. 22 a). Pour chacun des types de substrat, les variations correspondent à leur "disponibilité" dans une gamme de vitesse de courant donné ainsi que dans la couche superficielle de l'eau.

L'absence quasi totale des stades préimaginaux de *S.dannosum s.l.* aux mois d'avril et de mai, est imputable à l'hydraulicité de la rivière. Le débit, réduit à quelques litres/seconde, et la faible vitesse du courant, ne permettent pratiquement pas l'installation des stades préimaginaux de *S.dannosum s.l.*

L'évolution globale des populations du vecteur de l'onchocercose peut être classée dans la catégorie bimodale de LE BERRE. En effet, les populations larvaires possèdent, d'une part, un maximum d'abondance en saison des pluies qui se manifeste par deux pics de densité situés en début et en fin de crue, et d'autre part, une forte densité à l'étiage (mars), engendrée par le changement de physionomie du gîte. La surdispersion des larves lors des hautes eaux, explique leur faible densité par rapport à celle des imagos et donc l'apparition des deux pics d'abondance.

Signalons qu'outre l'hydraulicité et la morphologie du gîte, l'alternance des cytotypes de forêt et de savane, la fécondité des femelles, le temps de développement larvaire et la quantité de nourriture disponible dans l'eau sont autant de facteurs qui vont influencer sur la quantité de larves (LE BERRE, 1966 ; CHUTTER, 1970 ; ELSEN, 1980). L'influence de ces paramètres pris individuellement, n'a pas été étudiée dans ce présent travail. Seule l'abondance qui en est la résultante est prise en considération.

## .2. Cycle annuel des densités de la faune associée

### .2.1. Cycle sur l'ensemble du bief

La même méthode de travail que celle retenue pour *S. damnosum s.l.* a été suivie pour l'étude des distributions des Insectes lotiques. Nous avons d'abord dégagé les variations annuelles générales des densités des populations sur l'ensemble des gîtes, puis observé le cycle annuel des densités sur les différents substrats.

Cette évolution, pour les espèces les plus abondantes, peut être classée en deux catégories :

- Unimodale : les stades aquatiques de ces espèces sont abondants durant une seule période de l'année avec un maximum bien localisé dans le temps situé (fig. 22) :

. en période des hautes eaux

*S. unicornutum*

*Nanocladius* sp.

. à la décrue

*Centroptilum* sp.4

*Tricorythus* sp.1

. à l'étiage

*S. adersi*

*Cheumatopsyche falcifera*

*Orthotrichia straeleni*

*Pseudocloeon bertrandi*

. au début de la remontée des eaux

*Cheumatopsyche digitata*

Soulignons que ces résultats ne prennent en compte ni le stade, ni l'âge des larves. Ceci est sans importance pour l'interprétation des données lorsque tous les stades ou les écophases d'une espèce colonisent à peu près les mêmes biotopes. Or, ce n'est pas le cas des *Cheumatopsyche* dont les jeunes stades ont tendance à être éliminés du dessus des rochers par les stades âgés. Cette élimination est due à la lutte pour la place disponible, mais surtout au cannibalisme qui règne entre les individus de cette espèce. Nous avons ainsi pu constater que les densités des jeunes larves de *Cheumatopsyche falciifera* et de *C. digitata* étaient faibles lorsque la faune était abondante, alors qu'elles devinrent élevées quelques jours après un empoisonnement à la dècaméthrine qui avait tué la plupart des organismes lotiques ; les jeunes larves de *Cheumatopsyche* fraîchement écloses pouvaient alors coloniser à loisir les dessus de rochers vierges de toute faune.

L'abondance des *Cheumatopsyche falciifera* et des *C. digitata* sur les substrats flottants ou sur les rochers ne correspond donc pas à l'abondance réelle de ces espèces. STATZNER (1981) en étudiant l'ensemble des biotopes colonisés par ces deux espèces sur un bief du N'Zi (Côte d'Ivoire), confirme la relation d'abondance de leurs larves âgées. Les populations de *C. falciifera* vieillissent au fur et à mesure que la rivière s'assèche et *C. digitata* a un recrutement maximal en début de crue.

Ces deux espèces sympatriques sont donc présentes simultanément, sur les mêmes biotopes durant une partie de l'année et une certaine compétition s'exerce entre elles. Celle-ci est confirmée par STATZNER (1981) dans les rivières ivoiriennes ; SATTLER (1968) et SCHUMACHER (1970) la constate chez les *Hydropsyche* et GLASS & BOVBJERG (1969) chez les *Chematopsyche*. D'une manière générale, les larves d'*Hydropsychidae* font preuve d'agression intra- et extra-spécifique, tempérée par la stridulation qui joue un rôle important dans la délimitation des territoires (JOHNSTONE, 1964 ; JANSSON & VOVORISTO, 1979).

- Bimodale : les cycles des densités de ces espèces sont caractérisés par deux périodes d'abondance. La première a généralement lieu lors de la décrue des eaux en décembre-janvier. La seconde, variable selon les espèces, a lieu soit en saison sèche (mars-avril), soit au début de la remontée des eaux (juin-juillet) (fig. 22). Ainsi, *S. tridens* a un deuxième maximum d'abondance durant l'étiage ; celui des espèces *Amphipsyche senegalense*, *Cricotopus quadrifasciatus*, *Tanytarsus* sp. et, avec des variations d'abondance peu marquées, celui de *Polypedilum deletum*, se situent au moment de la remontée des eaux en juin-juillet.

En résumé, on peut distinguer quatre groupes d'Insectes lotiques associés temporellement aux stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* (Cf. tableau 7) . Ils correspondent aux Insectes ayant leur maximum de densité à la décrue, à l'étiage, à la remontée des eaux ou durant la crue. Il est évident que ces cloisonnements n'existent pas dans la nature et que l'on passe dans la réalité très progressivement d'une structure faunistique à une autre tout au long de l'année.

Remarquons qu'en période de crue, les densités de *S. damnosum s.l.* sont très faibles. *S. unicornutum* et *Nanocladius sp.* ne seront donc que rarement associés à *S. damnosum s.l.* et s'ils le sont, ce ne sera qu'avec quelques spécimens de larves du complexe.

#### .2.2. Variations des densités des populations sur les substrats

Il serait fastidieux d'énumérer les variations annuelles de toutes les espèces étudiées tel que nous l'avons fait pour les larves du complexe *S. damnosum*. Ce travail serait d'autant moins utile que plusieurs espèces sont rares, voire inexistantes sur certains de ces substrats. Cette étude ne sera donc menée que sur les espèces qui sont bien représentées sur tous les types de substrats.

La représentativité des espèces ou des taxons sur chaque type de substrat a été établie en calculant la fréquence relative, pour l'ensemble des mois, des effectifs moyens de chaque taxons, rapportés aux effectifs totaux moyens de l'ensemble des taxons (tabl. 8). La répartition des quatre grands groupes taxinomiques : Simulies, Ephéméroptères, Trichoptères et Chironomides est illustrée par la fig. 24 et le tableau 9.

Les Simulies constituent :

- plus de 90 % de la faune sur les substrats de type I (fig. 24 a).

- 75 à 80 % de la faune sur les substrats de types II, III, IV et V (fig. 24 b à c).

- 15 à 50 % de la faune sur les substrats de types VI et VII (fig. 24 f et g).

Si l'on tient compte de cette composition faunistique, trois catégories de substrat peuvent être retenues :

- catégorie A - Seules les feuilles de *Ficus* appartiennent à cette catégorie ; elles flottent à la surface de l'eau portées par des rameaux souples et suivent les ondulations du flot. Les larves de *S. damnosum s.l.* représentent la majeure partie de la faune, les autres espèces de Simulie n'y contribuent qu'à 6 %.

- catégorie B - Tous les autres substrats flottants ancrés font partie de ce groupe. *Simulium damnosum s.l.* est globalement majoritaire sur les substrats de type II, III et IV constituant respectivement 49 %, 49 % et 31 % de la faune. Les autres espèces simuliennes sont tout de même bien représentées et sont même largement dominantes sur le substrat de type V où *S. damnosum s.l.* ne représente que 18 % de la faune.

- catégorie C - Ce sont les substrats ancrés et immobiles dont font partie, d'une part, les feuilles mortes immobilisées contre un obstacle, et d'autre part, les rochers. La faune est dominée par les Trichoptères et les Simulies autres que *S. damnosum s.l.* pour le substrat de type VI. Les Insectes des quatre principaux groupes taxinomiques sont représentés de façon sensiblement égale sur les substrats de type VII.

Nous n'étudierons donc les variations annuelles des densités sur chaque type de substrats que pour les Simulies puisqu'elles sont les seules espèces à être partout bien représentées. Il paraît inutile de procéder aux mêmes études pour les espèces sténotopes affiliées à un substrat précis.

. *Simulium adersi* : Cette Simulie n'est pas présente toute l'année sur les biefs de la basse Maraoué. Elle apparaît au mois de février et disparaît au mois d'août. C'est donc une espèce caractéristique de la période des basses eaux et dont l'acrophase d'abondance se situe au mois de mars (fig. 22 b).

La présence de cette Simulie sur les substrats de type I et VII est très localisée dans le temps, restreinte pratiquement au mois de mars (fig. 25 a et e). Les substrats de type II et IV sont par contre colonisés durant une période beaucoup plus longue allant du mois de février au mois de septembre (fig. 25 b et d). Enfin, sur les substrats de type III, cette espèce présente deux maximums de densité, l'un au mois de mars, l'autre en mai (fig. 25 c). Comme nous le verrons au paragraphe II, 3.3.1., cette Simulie préfère les courants moyens (0,40 - 0,80 m/s) ; sa présence sur les biefs de la Maraoué ne se manifeste donc que lorsque l'hydraulicité de la rivière est satisfaisante, c'est-à-dire lorsque le débit général est moyen ou faible et que le bief comporte de nombreuses zones où la vitesse du courant est moyenne. Le maximum de densité des populations préimaginales *S. adersi* se situe en mars, mois durant lequel les substrats disponibles sont alors intensément colonisés. Les feuilles et les tiges de graminées servent de support durant une période plus longue que les autres substrats de type I, III et VII puisque situées dans des zones de courant plus adéquates à la survie de cette espèce.

Il faut également remarquer que la population de cette Simulie forme 80 % de la faune des substrats de type V et 85 % de la faune des substrats de type VI en saison sèche.

Cette Simulie ne sera donc temporairement associée à *S. damnosum* s.l. que durant la saison sèche, saison durant laquelle il pourrait même y avoir une certaine compétition spatiale sur l'ensemble des substrats et particulièrement sur les substrats de type I.

. *S. tridens* : les densités des populations préimaginales de cette espèce passe par deux maximums à peu près égaux en intensité, situés en décembre et en mars, et qui correspondent à une population de décrue et à une population de début d'étiage (fig. 22 c). Les deux pics de colonisation sont très marqués sur l'ensemble des substrats (fig. 26 a, b, d et e) à l'exception du pic de décembre sur les substrats de type III (fig. 26 c). Il semble donc que cette Simulie ait peu de préférences, ce qui sera confirmé par l'absence de rhéopréférences définies (§ II. 3.3.1.).



Cette Simulie pourra donc être associée à *S. damnosum s.l.* sur tous les substrats, essentiellement durant la période s'étendant du mois de décembre au mois de mars.

. *S. unicomutum* : cette Simulie colonise tous les substrats durant la période des hautes eaux. Le maximum de densité étant observé au mois d'octobre (fig. 27). Mais vu ses faibles densités ainsi que celles de *S. damnosum s.l.* durant la période des hautes eaux, les associations spatiales seront très rares et bien souvent ne concerneront que quelques individus des deux espèces.

### 3. Conclusion

En résumé,

- les populations préimaginales de *S. damnosum s.l.* présentent trois périodes durant lesquelles leur densité est maximale (décembre, mars et juin).

- presque toutes les autres espèces, à l'exception de *Nanocladius s.p.* et de *S. unicomutum*, possèdent une densité maximale synchrone avec au moins l'une des trois périodes d'abondance de *S. damnosum s.l.*

- les stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* sont peu ou pas associés aux espèces lotiques non simulidiennes sur les substrats de type I.

- les espèces de Simulies autres que *S. damnosum s.l.* colonisent par contre les substrats de type I.

- la faune associée à *S. damnosum s.l.* est plus riche, plus diversifiée et plus abondante lorsqu'on échantillonne des substrats rigides et ancrés par rapport à des substrats souples et ondulants. La série substrat de type I à substrat de type VII se traduit par une réduction globale du taux de *S. damnosum s.l.* de 45 % (tab. 2). Cependant, compte tenu de la différence entre les méthodes d'échantillonnage employées, il est difficile de dire si la réduction du pourcentage de cette Simulie dans la faune totale est due à sa raréfaction

sur les substrats ancrés, ou à une augmentation des populations de la faune non cible.

Parmi les substrats ancrés, les rochers (type VII) supportent la faune la plus abondante et la plus diversifiée, bien que les espèces simuliennes y soient mal représentées. Les variations annuelles d'abondance sont figurées sur le graphe 28.

Ces résultats sont confirmés par ceux d'une étude de la distribution de l'ensemble des Insectes aquatiques. Elle a été effectuée en février 1976 sur le bief I de la Maraoué, et a permis, au moyen de l'analyse factorielle des correspondances, de déterminer la composition faunistique de la synusie des rochers recouverts de *Tristicha trifaria* (DEJOUX *et al.*, 1981 b). Les taxons qui la composent sont *C.falciifera*, *C.digitata*, *Pseudocloeon* sp.4, *Pseudocloeon bertrandi*, *S.adersi*, Crambidae, *Centroptilum* sp.4, Tipulidae.

Cette synusie est bien individualisée par rapport à celle des dessous de pierres, graviers et sable ainsi que par rapport à celle des substrats meubles et limons.

Les résultats exposés ci-dessus rendent donc compte des variations de densité des espèces entomiques et des stades préimaginaux de *S.damnosum* s.l., tout au long d'une année hydrologique. Nous avons établi que, sur un bief donné, toutes les espèces composant l'entomocénose lotique sont présentes, à une période ou à une autre, en même temps que *S.damnosum* s.l. La concordance des présences n'implique cependant pas forcément qu'il y ait association spatiale entre les espèces, sur les différents substrats susceptibles d'être colonisés. Il faut se souvenir en effet que ces résultats ont été obtenus à partir de prélèvements moyens et ne prenait en compte, ni la position du substrat dans le bief, ni la vitesse du courant dans lequel ils étaient immergés. Il se peut donc que nous trouvions associées dans nos résultats des espèces qui, tout en vivant à la même saison sur les mêmes types de substrats, ne vivent jamais sur le même support, donc jamais en association spatiale, du fait de rhéophilies différentes ou de localisations préférentielles dans telle ou telle partie d'un bief.

Nous devons préciser que si cette étude porte sur la majorité des types de substrats ordinairement présents dans les biefs de la Maraoué, la zone hyporhémique a été négligée. Or, il a été prouvé dans les pays tempérés (WILLIAMS & HYNES, 1974 ; BOUVET, 1978 ; IMHOF & HARRISON, 1981) qu'une quantité non négligeable d'individus de la plupart des espèces lotiques, pénètre dans les substrats meubles du fond de la rivière (zone hyporhémique), constituant un stock de survie. Un tel phénomène, étudié par STATZNER (1981) n'a cependant jamais été mis en évidence dans les rivières ivoiriennes. Toutefois, dans le cas où il existerait, nous refusons de considérer que l'ensemble de ces espèces présentes dans la zone hyporhémique, forme une synusie puisqu'il semble n'y avoir, dans ce milieu, aucune interaction entre les individus.



### III. DISTRIBUTION DE *S.DAMNOSUM S.L.* ET DES ESPECES ASSOCIEES SUR LES SUBSTRATS ARTIFICIELS DE SURFACE.

#### 1. Introduction

La distribution d'une espèce dans un milieu donné dépend de nombreux facteurs biotiques et abiotiques. Combinés avec les types de substrats colonisés, ils entraînent la formation d'une mosaïque de biotopes abritant des groupements biocénotiques distincts (ILLIES & BOTOSANEANU, 1963 ; ULFSTRAND, 1967 ; WILLIAMS & HYNES, 1976 ; LAPCHIN, 1977). La suppression des variations afférentes aux trois facteurs que sont le type de substrat, la profondeur et les variations saisonnières, devrait permettre de connaître l'incidence d'autres paramètres sur la distribution de *S.damnosum s.l.* et de l'entomocénose qui lui est associée.

Une expérience, menée avec des substrats artificiels de type balai, a été réalisée afin de déterminer quelles influences ont, sur la distribution des organismes lotiques, le courant et la position des substrats dans le gîte.

Outre l'intérêt scientifique qu'apportent ces renseignements sur la bioécologie des espèces, nous espérons déterminer dans quelles zones optimales doivent être effectués les prélèvements nécessaires à une surveillance des milieux pollués.

#### METHODE

Une centaine de substrats artificiels de type "balai" a été accrochée à un quadrillage de câbles installé au dessus de la rivière (cf. techniques d'étude, première partie, III, 3.). Il était nécessaire de disposer de suffisamment de substrats artificiels pour étudier la répartition des stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* en fonction de toutes les localisations et de toutes les conditions rhéologiques présentes sur le bief (fig. 29). Cette distribution des larves devait être la conséquence d'un choix dicté par leurs préférences et non la résultante de la disponibilité d'une trop petite quantité de substrats.

Le bief du bras III de la Station I a été retenu pour cette expérimentation d'après les critères suivants :

. La vitesse de courant la plus élevée ne devait pas se situer à l'amont du gîte afin que le tropisme des femelles de *Simulies* pour l'amont du gîte ne se superpose pas à leurs rhéophilies lors du comportement de ponte.

. Le bief étudié devait présenter une gradation des vitesses de courant les plus fréquemment rencontrées sur cette rivière.

. Le lieu d'expérience devait être d'accès aisé et l'installation de substrats artificiels ne devait pas gêner la circulation des pirogues sur la rivière ni les activités de pêche.

Dans un premier temps, les données recueillies seront traitées selon les méthodes classiques d'analyse univariée afin de définir

(1)  
 les valences et les préférendums des espèces vis-à-vis du courant et de la position dans le bief. L'analyse factorielle des correspondances sera ensuite utilisée pour hiérarchiser l'influence des facteurs du milieu, quantifier leurs impacts et définir les associations spatiales entre les espèces.

## 2. Distribution de *S. damnosum* s.l.

### 2.1. Influence du courant

#### 2.1.1. Rappel bibliographique

Tous les auteurs qui ont travaillé sur l'écologie des stades préimaginaux des Simulies, ont souligné l'importance du courant dans la répartition des larves dans un bief donné. Certains de ces biologistes ont cherché à découvrir quels besoins physiologiques fondamentaux étaient sous la dépendance directe ou indirecte de la vitesse du courant et asservissait ainsi les stades préimaginaux de ces Diptères à une rhéométrie relativement stricte.

L'oxygénation de l'eau, au niveau des turbulences des rapides et des petites chutes, a été le facteur indirect le plus anciennement avancé. Ainsi POMEROY (1916), FRIEDERICHS (1919), PURI (1925), WAGNER (1926), HUBAULT (1927), RUBSOV (1939) et SMART (1934) le considèrent comme le facteur principal régissant la distribution des larves. Cependant WU (1931) démontre que *S. ornatum* peut vivre longtemps en faible concentration d'oxygène. Ce fait est confirmé par PACAUD (1942) et

---

[1] D'une manière générale, on appelle valence écologique d'une espèce, la capacité de saturer des milieux différents, c'est-à-dire d'accepter diverses conditions écologiques (SACCHI & TESTARD, 1971). Une espèce à basse valence écologique ne pourra tolérer qu'un intervalle limité du champ de variabilité du milieu. De façon plus restrictive, on désignera par valence vis-à-vis d'un paramètre (exemple : valence rhéophilique) l'intervalle de son champ de variabilité toléré par une espèce. Ainsi, une espèce à grande valence rhéophilique supportera une large gamme de vitesses de courant. Le préférendum est un paramètre de position (analogue au mode) tandis que la valence est un paramètre de dispersion (analogue à la variance).

ZAHAR (1951) qui observent d'abondantes colonies de *S. ornatum* dans de très faibles concentrations d'oxygène (48 % de saturation à 18°C). PHILIPPSON (1956) montre que la même espèce de Simulie est relativement peu affectée en laboratoire par de faibles concentrations en oxygène et de plus, ne montre pas de préférences pour les eaux hautement oxygénées. L'oxygène n'interviendrait dans la distribution des larves qu'au dessous d'un certain seuil.

En fait, la majorité des auteurs (TONNOIR, 1925 ; GRENIER, 1949 ; ZAHAR, 1951 ; RUZETTE, 1956 ; PHILIPPSON, 1956 ; CARLSSON, 1962 ; 1967) pense que c'est le mode d'alimentation qui est responsable de l'existence rhéophile des Simulies. Ces Insectes sont en effet des filtreurs passifs qui recueillent les particules alimentaires apportées par le courant dans les éventails de leurs prémandibules. S'il arrive aux Simulies de se déplacer par arpentage ou par dérive active pour rechercher un lieu plus propice à leur développement ou à leur prise de nourriture, on ne peut cependant pas parler dans un tel cas d'une recherche active de nourriture. Le courant doit donc être considéré comme le véhicule de l'oxygène, de la nourriture ainsi que le drain d'évacuation des déchets métabolites excrétés par les larves. L'ensemble de ces fonctions constitue les effets indirects du courant qui influent sur la physiologie des larves.

Les effets directs sont d'ordre physique et mécanique et quoique peu importants vis-à-vis de la physiologie des larves (MACAN, 1963), ils conditionnent la distribution de ces dernières à l'intérieur des milieux lotiques. Parmi ces facteurs, nous pouvons citer :

- la turbulence. Elle peut gêner l'ancrage des larves sur les substrats. L'écoulement supralaminaire de l'eau est souvent perturbé par la rugosité ou par les microaspérités de la surface des substrats (DECAMPS *et al.*, 1975). Les turbulences engendrées font alors vibrer les larves qui préfèrent rechercher des zones où l'écoulement est homogène et régulier (GRENIER, 1949 ; HOCKING & PICKENING, 1954 ; ULFSTRAND, 1967). Les Simulies semblent également éviter les zones à trop fortes turbulences dans lesquelles les substrats vibrent sous l'action du courant (branches émergeant les substrats flottants souples qui ondulent avec le courant sans perturbation de la couche



supralaminaire (ELSEN, 1980).

Cependant KURTAK (1978) montre que les turbulences peuvent être parfois bénéfiques aux larves de Simulies. Dans certaines occasions, l'ingestion de nourriture est plus importante dans les zones à forte turbulence que dans les zones où elle est moindre.

- la turbidité. CHUTTER (1969) remarque que lorsque la rivière transporte trop de sable, une action abrasive de celui-ci nuit à la survie des larves. LE BERRE (1966) avance que l'une des trois conditions de survie des larves de *S. damnosum s.l.* est la présence d'une nourriture suffisante et adéquate véhiculée dans le milieu aquatique sous forme de matière organique en suspension, cause partielle de la turbidité.

- le facteur direct le plus important semble cependant être la pression exercée par la masse d'eau. Toutes les espèces de Simulies possèdent une valence écologique assez grande vis-à-vis du courant mais il existe des seuils inférieurs et supérieurs en deça et au-delà desquels leur survie devient impossible. De même, les stades préimaginaux ne sont pas distribués au hasard ni régulièrement vis-à-vis du courant. On observe le plus souvent une distribution agrégative correspondant à un rhéopréférendum marqué caractéristique de l'espèce et de l'éco-phase. COLBO, (1979) ; COLBO & MOORHOUSE, (1979) ; MAITLAND & PENY (1967) ; STANAUS, (1913) ; PACAUD, (1942) ; PHILIPPSON, (1956) ; NEVEU, (1970) définissent ainsi les vitesses de courant tolérées par plusieurs espèces paléarctiques. En Afrique, *S. damnosum s.l.* n'échappe pas à la règle générale.

Les stades préimaginaux du complexe *S. damnosum* vivent dans les courants relativement rapides et peuvent être à ce titre considérés comme des organismes rhéobiontes. Les vitesses de courant signalées par les différents auteurs sont les suivantes :

WANSON & HENRARD (1944, 1945), WANSON (1950) au Zaïre observent que les larves de *S. damnosum s.l.* vivent dans des courants de 0,95 à 1,25 m/s et rapportent que les substrats sont vierges de toute larve lorsque la vitesse du courant est inférieure à 0,80 m/s ou

supérieure à 1,30 m/s.

GRENIER *et al.* (1960) donnent une valence rhéolophilique allant de 0,70 à 1,20 m/s pour les larves du complexe *S.damnosum* d'Afrique occidentale. Ces valeurs sont celles les plus généralement observées et admises par les différents auteurs (LE BERRE, 1966 ; ELSÉN, 1980).

Des valeurs beaucoup plus faibles ont été signalées : LEWIS (1948) donne une valeur de 0,55 m/s au Soudan, GRENIER & OVAZZA (1951) trouvent la même valeur au moyen Congo.

Des valeurs de courant très élevées ont été également décrites : LE BERRE (1966) cite 2 m/s, BURTON & McRAE (1965) avancent 2,5 m/s tandis que RUZETTE (1956) indique des valeurs atteignant 3,3 m/s au Zaïre.

Il apparaît donc que selon les localités, le spectre de tolérance des larves varie considérablement mais est cependant toujours assez large. L'espèce *S.damnosum s.l.* est en réalité un complexe d'espèce et GRUNEWALD (1976) démontre des différences de rhéophilie pour trois espèces du complexe vivant en Afrique de l'Est. Dans la nature, les cytotypes "Kisiwani" et "Sanje" sont présents dans des vitesses de courant allant de 0,68 à 2,18 m/s mais peuvent être élevés en laboratoire à 0,43 m/s. Le cytotype "Kibwezi", par contre, n'est jamais rencontré dans des courants inférieurs à 1,72 m/s et n'a pas pu être élevé en laboratoire à des vitesses inférieures à 1,40 m/s.

#### 2.1.2. Observations personnelles

L'impact du courant sur la répartition des stades préimaginaux de *S.damnosum s.l.* a été mis en évidence en étudiant la distribution de leurs fréquences relatives en fonction de 14 classes de vitesses de courant partitionnées de 0,10 en 0,10 m/s, de 0 à 1,40 m/s.

Les larves, dans leur ensemble, se situent dans les courants de 0,70 m/s à 1,40 m/s avec une préférence pour les vitesses avoisinant 0,80 m/s (fig.30 a). On peut noter toutefois la présence de

quelques larves dans des courants presque nuls. La vitesse moyenne calculée à partir des fréquences relatives est de 98,1 m/s, valeur qui s'intègre parfaitement dans les fourchettes avancées par les différents auteurs pour ce complexe d'espèce.

Ce résultat brut est à nuancer si l'on tient compte du stade préimaginal (fig. 30 b à i). Il apparaît alors que :

- les larves de stades L1 et L2 vivent dans des courants plus rapides que les larves âgées.

- les rhéopréférences de ces dernières (larves de stade L3 à L7 et stade nymphal) sont, par contre, peu différents les uns des autres.

- les stades larvaires L1 et L2 possèdent des valences rhéophiliques faibles qui traduisent une distribution agrégative dans une gamme restreinte de vitesse de courant.

- les larves âgées possèdent, par contre, une valence rhéophile nettement plus grande. Elles sont donc beaucoup moins inféodées à un courant donné que ne le sont les jeunes larves.

La différence d'écologie entre les stades préimaginaux du vecteur de l'onchocercose se retrouve chez d'autres espèces sympatriques (*S. adersi*, *S. schoutedeni*) de même que chez certaines espèces paléarctiques ; RAZIZIN (1972) observe que leurs jeunes stades sont situés près des lieux de ponte, les stades d'âge moyen dans les courants les plus forts et le septième stade dans des courants plus faibles. COLBO (1979) note que la densité des larves de certaines espèces canadiennes est fonction du stade de la larve.

## 2.2. Influence de la position des substrats dans le bief

Dans un bief donné, la vitesse d'écoulement de l'eau régit la distribution des stades préimaginaux de *S.damnosum s.l.* Cependant, si cette assertion est vraie dans son ensemble, tous les substrats artificiels du bief placés dans des eaux à rhéométrie semblable, ne supportent pas les mêmes densités de populations préimaginales. Les positions des substrats en amont, au centre ou en aval, exercent un rôle non négligeable dans les distributions des espèces et des stades préimaginaux. Ce fait peut être visualisé par la figure 31 sur laquelle sont reportées les fréquences relatives en pourcents des stades préimaginaux, calculées en rapportant l'effectif du stade considéré dans chacun des prélèvements à l'effectif total du même stade pour l'ensemble des prélèvements. Avec ce mode de calcul, une distribution théorique dispersive et au hasard se traduirait pour chacun des stades préimaginaux par des fréquences relatives de l'ordre de 1 à 2 % (1,6 %).

Les nymphes et les stades âgés de *S.damnosum s.l.* présentent conformément aux résultats obtenus précédemment une distribution relativement dispersive (aucun substrat ne supporte plus de 10 % de la population des nymphes ou du stade L7, et un seul substrat supporte plus de 10 % de la population du stade L6). Cependant, malgré cette dispersivité globale, les larves sont surtout abondantes au centre et en aval du bief. Elles ne sont que peu ou pas du tout présentes en amont (fig. 31).

Les larves des stades intermédiaires présentent une distribution analogue mais de plus en plus agrégative pour les stades les plus jeunes. Leur distribution reste surtout localisée dans les zones situées au centre et en aval du bief.

Les larves des stades L1 et L2 sont, par contre, très localisées, ce qui traduit une distribution agrégative. Seules les deux zones où le courant est maximum, à savoir au centre et en aval du bief, sont colonisées par les jeunes larves. Quasiment aucune très jeune larve n'est présente en amont du centre du gîte. La concentration des jeunes stades de *S.damnosum s.l.* pourrait trouver une explication dans le comportement de ponte de cette espèce. En effet, il a été signalé (BALAY, 1964) que les femelles de *S.damnosum s.l.* tendent à pondre sur

les substrats supportant déjà des oeufs d'autres congénères, créant ainsi des agrégats pouvant compter plusieurs millions d'oeufs ...!

Une confirmation de ce comportement de ponte nous a été fournie lors d'un contrôle du bon déroulement de l'expérience de colonisation effectuée le 11/12/1978, soit 9 jours après sa mise en oeuvre. Trois substrats de la zone centrale qui subissaient des vitesses de courant de l'ordre de 1,20 à 1,40 m/s portaient des pontes du complexe *S.damnosum*. L'un était entièrement recouvert (100 %) d'un amas d'oeufs et n'était de ce fait, plus visible (substrat A), ses deux voisins (B et C) n'étaient recouverts qu'à 10 et 30 % (fig. 32). Le substrat A fut retiré et remplacé par un substrat neuf. Sept jours plus tard, le balai C était à son tour recouvert à 100 % d'oeufs tandis que le B ne l'était qu'à 40 % et que le A ne portait que quelques pontes. Les femelles de *S.damnosum s.l.* ont donc reporté leur choix sur le substrat qui présentait la plus grande quantité d'oeufs au moment de la ponte, négligeant le nouveau substrat A qui apparaissait pourtant rhéologiquement le mieux placé au vu des pontes récoltées le 22/12/78.

Ces observations confirment l'attractivité des pontes en place pour les femelles pondeuses de *S.damnosum s.l.* Elles suggèrent également que la partie centrale du bief étudié est certainement le point privilégié pour l'oviposition puisqu'il n'a été obtenu qu'un nombre réduit de pontes dans la partie située en aval du bief. Notre intervention (du 22/12/78) a cependant certainement perturbé l'expérience de distribution en cours puisque plusieurs millions d'oeufs qui auraient donné naissance à une importante population larvaire ont été retirés du gîte.

On peut donc s'interroger sur l'origine des larves du complexe *S.damnosum* trouvées dans la partie amont du bief puisque les pontes se font quelques dizaines de mètres en aval et qu'une vasque d'eau à courant faible précède le gîte. Il faut cependant remarquer que le nombre de jeunes stades est infime dans cette partie du bief alors qu'il est beaucoup plus abondant pour les stades âgés. Il est donc certain que ces individus âgés proviennent de gîtes situés en amont et qu'ils sont arrivés en ces lieux en se laissant dériver dans le courant ou véhiculer soit par des feuilles mortes, soit par d'autres

substrats flottants. Cette assertion, si elle se révélait exacte, confirmerait les observations de QUELENNEC (1971) qui a observé le franchissement d'une distance de l'ordre de 150 mètres par des Simulies ; cette distance correspondant à la longueur d'une vasque d'eau dans laquelle la vitesse du courant ne dépassait pas 10 cm/s.

### 2.3. Discussion

Le courant et la position des substrats dans le bief semblent bien être les paramètres principaux qui régissent la distribution des oeufs, des larves et des nymphes de *S. damnosum s.l.* sur un type de substrat, à une saison déterminée. Cependant, la répartition des vitesses du courant est étroitement liée à la morphologie du bief. Nous pensons pouvoir distinguer trois types fondamentaux de distribution et de localisation de courant rapide.

Type I. Le courant rapide est uniforme : on l'observe en saison des pluies lorsqu'une seule masse d'eau homogène se déplace à des vitesses de 0,80 m/s à 1,5 m/s et parfois plus. Il n'y a pas de zones privilégiées ni pour la ponte, ni pour la localisation des larves. Seule la disponibilité des substrats intervient.

Type II. Le courant rapide est dû à une rupture de pente : ce type de gîte est fréquemment rencontré en saison sèche. Des lames rocheuses barrent le cours de la rivière contenant une vasque d'eau en amont, et créent une zone de rapides petite et très localisée vers l'aval.

Type III. Le courant rapide est créé par une accélération progressive de l'eau qui se déplace sur un plan incliné. Il n'y a pas de véritables points de rupture de pente. C'est le type de profil que nous avons en la station I au mois de décembre. Le courant maximum se situe au milieu du bief.

La morphologie du gîte ainsi que la vitesse du courant déterminent donc le lieu d'oviposition des femelles. La disponibilité en substrats de ponte joue ensuite un rôle non négligeable dans la localisation des pontes. Ce facteur n'intervenait pas dans notre expérience du fait de la saturation du bief en substrats flottants.

Le choix, très sélectif, du lieu de ponte par les femelles de *S. damnosum s.l.* pour des points bien localisés sur le bief va donc différer selon le type de gîte considéré (BALAY, 1964 ; ELSEN, 1980).

- Dans le type I, aucun site n'est privilégié. La présence de pontes en amas est due à la tendance des femelles à pondre de façon contagieuse (fig. A 4).

- Dans le type II, les femelles vont pondre en amont de la chute juste à l'endroit où le courant s'accélère. Les larves issues de ces oeufs se rencontreront dans des courants plus élevés, lorsqu'elles migreront, que celui dans lequel se situait la ponte (fig. 33). Lorsqu'il existe une succession de petites chutes ou une accélération du courant, c'est, la plupart du temps, la plus en amont qui sera retenue par les femelles (BELLEC, comm. pers.).

- Dans le type III où il existe une grande zone de courant relativement rapide en aval du point où le courant est maximum, les femelles de *S. damnosum s.l.* vont choisir la zone de courant maximum comme lieu de ponte (fig. 33). Les larves issues de ces oeufs migreront dans des courants plus faibles situés en aval du point de ponte. Les déplacements par arpentage, en direction de la partie amont ne sont que de faible amplitude et ne peuvent en aucun cas rendre compte d'une large dispersion des larves (QUELENNEC, 1971).

Un cas extrême de type III est observé presque toute l'année sur le bras IV de la rivière Maraoué en la station I. La zone de courant maximum est située tout à fait en aval du bief et de nombreux substrats flottants riverains sont disponibles tout au long de cette portion de rivière. Les pontes de *S. damnosum s.l.* ne sont cependant déposées que sur les substrats les plus en aval (buisson de *Ficus asperifolia*). La zone de ponte n'est donc pas située dans la zone amont du bief, ce qui incite à penser que le courant est le facteur prédominant, responsable de la distribution des pontes. La position des substrats dans le bief, lorsqu'ils sont abondants, n'intervient que peu ou pas sur la distribution des oeufs du complexe *S. damnosum* et par voie de conséquence, sur celle des larves et des nymphes.

Nous pouvons donc conclure, lorsque la disponibilité des substrats n'est pas un facteur limitant que :

- le courant est directement lié à la morphologie des biefs
- le courant agit à deux niveaux sur la distribution des stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l. (fig. 34). Il détermine le lieu de ponte, puis influence la distribution des larves et des nymphes. Les jeunes stades L1 et L2 migrent peu, restant concentrés en agrégats sur les lieux de ponte dans les zones de courants forts, tandis que les larves âgées se dispersent dans les zones de courants, soit plus faibles, soit plus rapides, selon la morphologie du gîte étudié. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour tenter d'expliquer ces tendances à la dispersion.

Nous pouvons ainsi invoquer :

- l'existence d'une compétition spatiale plus grande entre les larves du fait de leur croissance en taille. Ce paramètre sera d'autant plus déterminant que la densité dans les agrégats sera plus élevée. Ainsi COLBO (1979) note que *Prosimulium mixtum* possède une distribution régulière à l'intérieur d'une distribution contagieuse. Il en conclut qu'il doit exister une densité larvaire maximale sur les substrats. Cependant, la surface moyenne requise pour une larve dépend de la vitesse du courant. ROSS & CRAIG (1979) observent également que la densité est une fonction de la taille des larves. -
- l'existence d'une compétition accrue pour la nourriture.
- enfin, des exigences en vitesse de courant différentes selon les stades préimaginaux ; ces exigences pouvant être imputées aux actions directes ou indirectes du courant. Un ou plusieurs de ces facteurs vont pousser un certain nombre de larves vieillissantes à migrer dans le bief tout en se maintenant dans des zones où le courant reste optimum pour l'espèce.

Un certain nombre de larves vont dériver après avoir été décrochées accidentellement du substrat d'ancrage (cf. troisième partie, I.). Nous ne savons rien de leur devenir surtout si elles n'ont pas eu le temps d'émettre un fil de soie au moment du décrochement. Vu les faibles capacités natatoires de ces organismes, il est fort probable qu'elles dériveront jusque dans des zones de mortes eaux telles que l'arrière des gros rochers ou les vasques d'eau séparant les zones de rapides.



*S. damnosum s.l.* n'est pas la seule Simulie présentant une distribution agrégative correspondant à un rhéopréférendum. En fait, la plupart des espèces de cette famille se distribuent dans le milieu en fonction du courant ; les valences et les préférendums rhéophiliques étant caractéristiques de l'espèce (COLBO, 1979 ; COLBO & MOORHOUSE, 1979 ; MAITLAND & PENY, 1967 ; STANAUS, 1913 ; PACAUD, 1942 ; PHILIPPSON, 1957 ; CARLSSON, 1962, etc ...).

### 3. Distribution de la faune associée à *S. damnosum s.l.*

Nous avons déterminé que la distribution de *S. damnosum s.l.* dans un bief d'eau courante est fonction de la rhéophilie de chacun de ses stades préimaginaux. S'il existe une faune associée spatialement à cette espèce, elle doit posséder au moins partiellement la même rhéophilie. Pour définir les associations spatiales, il faut donc dans un premier temps déterminer les valences rhéophiliques et les rhéopréférendums des principales espèces colonisant les milieux lotiques, puis vérifier que les espèces qui possèdent les mêmes rhéopréférendums que *S. damnosum s.l.* ne s'excluent pas et colonisent les substrats situés dans les mêmes parties du bief. Nous avons conservé le même plan que celui suivi pour l'étude de la rhéophilie de *S. damnosum s.l.* Une attention toute particulière sera portée à la faune simuliidienne du fait de sa prépondérance sur les substrats flottants.

#### 3.1. Espèces simuliidiennes

*Simulium adersi*. Cette espèce, quoique moins abondante que *S. damnosum s.l.*, a été récoltée en grand nombre dans cette expérience de zonation de bief (4 354 larves). Comme pour *S. damnosum s.l.*, nous avons étudié la rhéophilie de cette espèce en portant les fréquences relatives des effectifs, pour chacun de ses stades préimaginaux, en fonction des vitesses de courants regroupées en classes de 0,10 en 0,10 m/s (fig. 35).

Les stades L1 et L2, trop peu abondants, n'ont pas été étudiés. L'histogramme de distribution du stade L3 est très ramassé sur lui-même ; son mode est à 0,45 m/s, c'est-à-dire en courant relativement faible. Les nymphes, par contre, ont une distribution beaucoup plus étendue avec un mode situé en courant moyen. La valence

rhéophile des jeunes stades est donc faible, traduisant une distribution agrégative qui s'oppose à la valence rhéophile élevée des stades âgés.

Globalement *S. adersi* se distribue autour de la vitesse moyenne de 0,68 m/s, valeur plus faible que celle de 0,80 m/s obtenue pour *S. damnosum* s.l. Les larves âgées de *S. adersi* sont cependant également rencontrées sur des substrats où la vitesse du courant atteint 1,20 à 1,30 m/s.

L'étude de la distribution longitudinale fait apparaître que :

- les jeunes stades sont localisés sur quelques substrats bien précis situés sur les bords de la rivière. Ces substrats sont immergés dans des courants relativement faibles (0,45 m/s) mais tout le long du bras étudié (fig. 37).

- les larves plus âgées sont distribuées assez régulièrement dans le bief. Les larves L5 évitent les zones de courant trop fort tandis que les larves L7 peuvent y subsister (fig. 37).

- enfin, les nymphes colonisent un peu tous les substrats tout au long du gîte, mais préfèrent néanmoins les courants moyens aux courants trop forts ou trop faibles.

Nous devons remarquer que très peu de larves de stades L1 et L2 ont été récoltées dans cette expérience. Nous n'avons de même trouvé aucune ponte en losange de cette espèce décrite par CRISP (1956) ou par BALAY (1964). Le type de substrat (balai) ne semble donc pas propice à l'oviposition de cette espèce, car les brindilles qui le composent, n'offrent aucune surface plate et flottent quasiment à la surface du courant. Or, d'après les observations de CRISP (1956) et de BALAY (1964) la ponte de *S. adersi* est étalée, (d'un diamètre légèrement inférieur à 1 cm) et déposée souvent à quelques centimètres sous la surface de l'eau. Il est donc très probable que les pontes de cette espèce, dans notre expérience, furent déposées sur les substrats herbacés que forment les *Chloris* bordant la rivière, comme nous l'avons souvent observé lors d'autres échantillonnages.

Chez *S. adersi* comme chez *S. damnosum* s.l., le développement des tous premiers stades larvaires s'effectue sur l'emplacement de ponte, les larves ne migrant en masse qu'à la fin du deuxième stade et au troisième stade (BALAY, 1964). Il est donc normal que très peu de larves des stades L1 et L2 aient été trouvées sur les substrats de type balai.

En résumé, les oeufs de *S. adersi* sont déposés dans des courants lents et les jeunes larves vivent dans des courants plus lents que les larves âgées. Ce fait peut être l'expression d'un rhéopréféréndum mais peut également être simplement dû à la localisation, dans des courants plus rapides, des substrats situés en aval des lieux de ponte. Dans une telle hypothèse, les larves migrant par dérive se retrouvent presque obligatoirement dans des courants forts.

*Simulium tridens*. La distribution des fréquences relatives de *S. tridens* en fonction des classes de courant est schématisée par la figure 36. Aucun mode ne se distingue, ce que traduit une distribution relativement uniforme vis-à-vis du courant.

La vitesse moyenne de courant autour de laquelle se distribuent les fréquences relatives est de 0,64 m/s. Si l'on considère les stades préimaginaux séparément (nymphe, stades L7 à L2), il apparaît qu'il n'existe aucune différence notable dans leurs distributions, leurs valences rhéophiliques et leurs rhéopréféréndums (fig. 36). Il faut en conclure que le courant n'est pas le facteur principal qui régit la distribution de *S. tridens*.

La répartition est très homogène dans la rivière (fig. 38). Tous les substrats de l'amont à l'aval du bief sont colonisés avec la même fréquence. On peut toutefois observer que les nymphes de *S. tridens* sont peu nombreuses sur les substrats situés en courant rapide, aussi bien en amont qu'en aval du gîte. Les jeunes stades (L3) sont plutôt localisés au centre du bief et très peu de substrats supportent des larves de *S. tridens* en aval du bief.

Nous ne connaissons pas l'écologie de ponte de *S. tridens*, néanmoins, au vu des effectifs des stades L1 et L2 récoltés sur les balais, nous pensons que cette espèce, à l'instar de *S. adersi*, ne pond

pas sur les balais mais préfère d'autres substrats. Il est également probable que les femelles ne pondent pas en gros agrégats, mais dispersent leurs pontes.

### Association entre les Simulies

Des résultats qui précèdent, il apparaît que l'association entre les jeunes stades de *S.damnosum s.l.* et ceux de *S.adersi* est très rare du fait de leurs rhéophilies différentes. Les larves âgées de ces deux espèces possèdent, par contre, des rhéopréférences voisins et un recouvrement de leurs valences rhéophiliques. Leur association sur les mêmes substrats est donc possible. L'ubiquité vis-à-vis du courant de *S.tridens* lui permet de s'associer à ces deux autres espèces.

Les distributions de ces trois espèces sur le bief indiquent cependant que malgré le recouvrement des valences, elles ne sont pas réparties équitablement mais que l'une ou l'autre domine sur chaque substrat.

Afin d'étudier cette question, nous avons calculé les fréquences relatives de chacune des espèces (tous stades confondus) en fonction du nombre total de Simulies (à l'exception de *S.unicornutum*). Les dominances ont été reportées sur la figure 39 en ne retenant que le seuil de 50 %. Les substrats sont classés dans l'une ou l'autre des quatre catégories suivantes selon qu'ils supportent :

- plus de 50 % de *S.tridens*
- plus de 50 % de *S.damnosum s.l.*
- plus de 50 % de *S.adersi*.
- moins de 50 % de chacune des trois espèces.

*S.adersi* ne domine les autres espèces à plus de 50 % que sur un seul substrat situé en courant faible dans la partie en amont du bief et sur quelques substrats de la zone située en aval.

*S.damnosum s.l.* domine nettement sur les substrats situés en courant rapide aussi bien au centre qu'en aval du bief. Elle ne constitue pas la majorité dans les zones où le courant est moyen au centre

et en aval et sur quelques substrats situés en courant faible, dans la partie aval.

*S. tridens* domine partout ailleurs, c'est à dire dans les zones de courant faible ou moyen lorsqu'il s'agit de l'amont du gîte.

Il est difficile d'interpréter ces résultats en fonction d'une éventuelle compétition interspécifique entre les membres de la famille des Simuliidae. Le fait que les trois espèces soient bien représentées dans les courants moyens laisse supposer :

- que leurs stades âgés ne sont pas en compétition, ou s'ils le sont, aucune espèce n'est plus performante qu'une autre, et elles ne sont donc pas capables de s'exclure.

- que sur ce type de substrat, la densité des larves n'est pas assez élevée pour que se développe une réelle compétition.

- que les espèces ne sont compétitives qu'autour de leur rhéopréféréendum, et qu'elles le sont de moins en moins au fur et à mesure qu'elles se trouvent dans des vitesses de courant éloignées de ce préféréendum.

Nous retiendrons de l'ensemble de ces études que, au mois de décembre, *S. damnosum s.l.* est souvent associée à *S. tridens* et aux stades âgés de *S. adersi* dans les courants moyens. Dans des courants plus rapides où dominent les jeunes stades de *S. damnosum s.l.*, on ne rencontre que très peu de *S. tridens* et de *S. adersi*, et ce ne sont alors que des larves âgées de *S. adersi*. Dans les courants faibles, la densité de *S. damnosum s.l.* est réduite, et seuls les stades âgés de cette espèce s'y rencontrent.

Il n'y a donc pas un modèle d'association entre *S. damnosum s.l.* et les autres espèces simuliennes, mais un gradient d'association qui suit principalement l'échelle du courant et le long duquel varie progressivement, en fonction des préférédums et peut-être de la compétition interspécifique, l'abondance de chaque espèce et de chaque stade larvaire.

### 3.2. Espèces non simulidiennes

Les substrats artificiels de type balai ont permis de récolter un certain nombre d'espèces d'Insectes autres que les Simulies. Comme pour ces derniers, nous allons préciser leur distribution en fonction du courant pour définir leurs associations spatiales avec *S. damnosum* s.l. sur les substrats flottants.

#### TRICHOPTERES

Sur les huit espèces récoltés dans cette étude, *Cheumatopsyche falcifera*, *C. digitata*, *Amphypsyche senegalense*, *Orthotrichia straeleni*, *Orthotrichia* sp. (T20), *Chimarra petri*, *Aethaloptera dispar*, seules les quatre premières seront retenues du fait de leur grande abondance. Leurs distributions en fonction du courant sont illustrées par la figure 40 b à e et leur répartition dans le bief est représentée par la figure 41 b, c, d et h.

*C. falcifera* et *C. digitata* (Hydropsychidae) sont distribués de façon relativement homogène dans les courants moyens mais sont mal représentés dans les courants trop forts ou trop faibles. Ces deux espèces voisines n'occupent cependant pas tout à fait la même niche puisque *C. digitata* préfère les courants plus lents que son homologue *C. falcifera* et présente une valence rhéophilique plus faible (fig. 40 b et c). Leurs maximums annuels d'abondance ne sont également pas synchrones, comme il l'a été mis en évidence (Deuxième partie, II, 2.).

L'espèce *Amphypsyche senegalense* (Hydropsychidae) vit dans les courants aux vitesses moyennes ou faibles (0,40 m/s) et possède une valence rhéophilique relativement faible lorsqu'il colonise les substrats flottants (fig. 40 d). Cette espèce est surtout présente en amont du bief (fig. 41 d).

L'espèce *Orthotrichia straeleni* (Hydroptilidae) est surtout représentée dans les courants faibles et moyens (fig. 40 e) où elle est distribuée de façon homogène aussi bien en amont qu'en aval du bief (fig. 41 h).

### EPHEMEROPTERES

Quatorze espèces d'Ephéméroptères ont été récoltées, mais parmi celles-ci, seules trois espèces *Tricorythus sp.1* (E1) (Tricorythidae), *Pseudocloeon bertrandi* (E21) et *Centroptilum sp.4* (E31) (Baetidae) étaient abondantes et ont donc été retenues pour cette étude.

Ces trois espèces vivent en courants moyens ou faibles. L'espèce *Tricorythus sp.1* possède une valence rhéophile plus grande que les deux Baetidae et supporte également des courants plus rapides (fig. 40 f, 40 g et 40 l).

Les deux espèces *Pseudocloeon bertrandi* et *Centroptilum sp.4* (E31) vivent respectivement dans les courants moyens ou lents et possèdent une valence rhéophile assez faible (fig. 40 g et l). Leurs distributions sont de ce fait, relativement agrégatives (fig. 41 f et e).

### CHIRONOMIDES

Quatre espèces ont été étudiées. Il s'agit de *Tanytarsus sp.*, de *Polypedilum deletum*, de *Cricotopus quadrifasciatus* et de *Nanocladius sp.* Ces quatre espèces préfèrent les courants moyens, voire lents mais possèdent une large valence rhéophile, ce qui permet à certains individus de coloniser les substrats situés en courant rapide (fig. 40 i à k).

Il ne semble pas y avoir d'influence de la position amont ou aval dans le bief ; la répartition sur les balais se faisant selon les rhéopréférences. Il y a donc abondance de Chironomides dans les zones de courant faible et moyen de l'amont et de l'aval, absence au centre de la rivière où les courants sont élevés (fig. 41 h à l).

#### 4. Structure des peuplements

##### 4.1. Associations spatiales interspécifiques

Les études univariées ont permis de mettre en évidence la nette influence du courant sur la distribution des Invertébrés lotiques sur les substrats flottants. Toutefois, deux remarques peuvent être

formulées :

- S'il est manifeste que le courant a une influence sur la répartition de la faune, il n'est pas certain qu'il soit le facteur prépondérant régissant cette distribution.

- La détermination des valences et des préférendums rhéophiliques, aux moyens des analyses univariées, est longue et fastidieuse. Les mêmes résultats peuvent être obtenus aux moyens de l'analyse factorielle des correspondances. Cette méthode a également l'avantage de hiérarchiser l'ensemble des paramètres, en quantifiant leurs contributions à la distribution des espèces, sans *a priori* d'action prépondérante de l'un ou de l'autre. Elle fournit également directement leurs associations pour les différentes vitesses de courant. Les résultats précédents vont donc être succinctement réexposés aux moyens de l'analyse factorielle des correspondances afin de valider cette méthode pour les études ultérieures.

L'AFC a été réalisée sur les données codées (1 + mantisse du logarithme à base 10 de l'effectif). Une telle échelle permet de réduire les trop grandes variations d'effectifs causées par les distributions agrégatives (FRONTIER & VIALE, 1977 ; FRONTIER & IBANEZ, 1976). L'espèce *S.unicornutum* a été supprimée car trop rare. Pour faciliter la lecture, les individus (prélèvements) sont reportés sur la figure 42 b tandis que les variables sont reportées sur la figure 42 a. Ces deux figures représentent le plan F1 x F2 issu de l'AFC. Les contributions des deux premiers axes à l'inertie du nuage sont respectivement T1 = 27, T2 = 11 %. Le détail des contributions est consigné dans le tableau 10

Les ensembles des variables et des individus sont distribués le long d'une courbe en U. L'obtention de cette structure typologique dans une telle analyse, connue sous le nom d'effet Guttman, signifie que les valeurs consignées dans le tableau de contingence sont ordonnées en fonction d'un seul facteur prépondérant, le second axe étant une fonction quadratique du premier (BENZECRI, 1973).

Au vu de la répartition des variables, nous avons supposé que le courant était ce facteur. Afin de confirmer cette hypothèse, nous



avons reporté les vitesses du courant (regroupées en 3 catégories : 0-40, 41-80, 81-140 cm/s) pour chacun des prélèvements positionnés sur la figure 43.

Le rôle du courant apparaît clairement puisque les faibles vitesses (catégorie 0-40 cm/s) sont situées sur la gauche de la figure et les vitesses rapides sur la droite (catégorie 81-140 cm/s).

En ce qui concerne les variables (espèces ou stades larvaires), leurs contributions aux axes sont reportées dans le tableau

Sur l'axe F1, on note une opposition nette entre les stades préimaginaux de *S.dannosum s.l.* et plus particulièrement les stades L1 et L2 et le reste de la faune aquatique. Les stades préimaginaux de *S.dannosum s.l.* sont alignés sur la branche droite de la courbe (fig. 42 a) tandis que ceux de *S.adersi* forment la branche gauche de la courbe Guttman. La superposition des courbes 42 a et 43 indique que les larves de *S.dannosum s.l.* préfèrent les courants rapides tandis que celles de *S.adersi* se rencontrent préférentiellement dans les courants plus lents.

En ce qui concerne la distribution des stades préimaginaux, les stades les plus jeunes de *S.dannosum s.l.* et de *S.adersi* sont situés aux extrémités des branches de la courbe tandis que les stades les plus âgés sont regroupés vers le centre de gravité du graphe (fig. 42). L'AFC nous indique donc que les stades les plus jeunes de *S.dannosum s.l.* préfèrent les courants les plus rapides tandis que les jeunes stades de *S.adersi* préfèrent les courants plus lents. Il peut également être noté que l'opposition sur le deuxième axe factoriel est nette entre les jeunes stades et les stades âgés de ces deux espèces. Sur ce deuxième axe, le courant n'est plus qu'indirectement responsable de cette opposition. Il semblerait que l'agrégativité des jeunes larves et la dispersivité des larves âgées vis-à-vis du courant soient responsables de cette forte opposition.

Les stades préimaginaux de *S.tridens* sont projetés vers le centre de gravité du plan F1 x F2 et sont très mal représentés sur ce

plan (fig. 42 a). Puisque les axes F1 x F2 sont deux axes traduisant le courant ou son effet sur la distribution de la faune aquatique, il doit être conclu que *S. tridens* n'est que peu ou pas influencé par le courant, tout au moins dans la plage de variation relevée dans notre expérience.

Les espèces autres que les Simulies se cantonnent dans des courants moyens ou faibles puisque leurs barycentres se trouvent projetés sur la branche gauche de la courbe. Elles supportent également toutes une plage de courant relativement élevée, leurs projections sur l'axe F2 sont relativement éloignées de celles des jeunes stades de *S. damnosum s.l.* et de *S. adersi*. Seule l'espèce *Centroptilum sp.4* inféodée aux courants faibles est distribuée de façon agrégative.

On retrouve donc au moyen de l'analyse factorielle des correspondances tous les résultats obtenus à l'aide des analyses univariées. Lorsque la saison et le type de substrats n'interviennent pas, le courant est le facteur qui détermine la distribution de toutes les espèces lotiques à l'exception de *S. tridens*. Le premier axe de l'AFC traduit le rhéopréférendum des espèces tandis que le second correspond à la valence rhéophilique.

#### 4.2. Diversité spécifique

Si chaque espèce a un rhéopréférendum, une valence rhéophilique et une distribution spatiale définies, on peut penser qu'il existe une structure relativement stable dans les communautés entomiques en fonction des classes de courant.

Cette structure est mise en évidence par l'analyse factorielle des correspondances (fig. 42). Les associations spatiales entre les espèces se déduisent par proximité sur le graphe. Nous avons vu que le facteur principal est le courant et que seuls les stades âgés de *S. damnosum s.l.* se trouvaient sur les mêmes substrats que le reste de la faune entomique.

L'étude de la diversité spécifique permet de suivre l'évolution des peuplements dans une série chronologique ou spatiale. Elle est donc bien adaptée à notre problème. La diversité a été suivie au moyen

de l'indice de Shannon (Ish) et de l'équitabilité (Eq) (cf. première partie, V, 3.). Les variations de ces indices en fonction du courant sont représentées par les figures 44 et 45, et en fonction de la position des substrats sur la rivière par la figure 46.

Il existe une diminution très nette des deux indices en fonction du courant, ce qui tendrait à prouver que la faune est de moins en moins diversifiée au fur et à mesure que la vitesse du courant augmente. Ce qui correspond bien à la réalité des faits puisque plus le courant augmente, plus l'abondance de *S. damnosum s.l.* croît, et moins les autres espèces survivent.

Ce phénomène suit le schéma classique d'après lequel, dans les milieux où les conditions de survie sont rudes, la richesse spécifique est faible mais l'abondance des espèces qui s'y maintiennent est relativement grande (DAGET, 1976).

L'indice de Shannon et l'équitabilité pourront peut être servir d'indices pour étudier, lors d'expériences similaires, les variations des distributions et des structures de communautés, engendrées par le téméphos.

Il faut remarquer que les balais situés tout à l'amont du bief, à la sortie de la vasque, possèdent des indices plus faibles que ceux attendus pour de telles vitesses de courant (nuage isolé sur les courbes). L'utilisation de ces indices ne devra donc pas se faire sur les communautés récoltées dans des milieux de transition ou écotones.

La distribution de l'indice de Shannon en fonction de la position dans le bief ne montre aucune zonation longitudinale, mais une distribution en fonction du courant (fig. 46).

## 5. Conclusion

En dehors des facteurs saisonniers, la vitesse du courant est donc pour une bonne part responsable de la distribution des espèces entomiques dans les biefs d'eau courante. Le courant agit à deux

niveaux, influençant, d'une part, la localisation des pontes, et d'autre part, la distribution des larves, du fait des rhéopréférences des espèces. Ainsi, *S. damnosum s.l.* vit en courant rapide (espèce rhéobionte) tandis que *S. adersi* vit en courant moyen (espèce rhéophile). L'espèce *S. tridens* est peu influencée par le courant dans les gammes enregistrées au cours de cette expérience (espèce euryrhéophile). Ces résultats sont sans surprise. Il a, en effet, été mis en évidence de par le monde que la plupart des Simulies possèdent une rhéophilie caractéristique de l'espèce (WILLIAM & HYNES, 1971 ; NEVEU, 1976 ; ULFSTRAND, 1967, ...). La relative spécificité des rhéopréférences des stades larvaires et surtout de leur valence rhéophile était par contre, moins bien connue. Seuls COLBO & MOORHOUSE (1979) signalent ce phénomène chez des Simulies canadiennes. *S. damnosum s.l.* et *S. adersi* ont toutes deux des stades L1, L2 et L3 distribués de façon très agrégatives autour de rhéopréférences strictes (organismes sténorhéophiles) tandis que leurs stades âgés sont moins inféodés à une vitesse de courant particulière.

Vue l'écologie de ponte des adultes et les rhéopréférences des larves, la compétition entre les espèces sympatriques de la Maraoué semble faible entre les jeunes stades larvaires. Elle s'accroît, par contre, chez les stades âgés du fait du recouvrement des spectres de tolérance rhéophile. La tendance à la dispersion dans le biotope des larves âgées limite cependant ce phénomène. La densité de larve par substrat étant plus faible chez ces dernières que chez les jeunes. Certaines compétitions vives, qui entraînent l'exclusion d'espèces sont toutefois signalées dans la littérature. Ainsi, CHUTTER (1968) note que là où *S. chutteri* abonde, les autres espèces sont rares. Nous verrons de même que la présence de *S. damnosum s.l.* exclue *S. schoutedeni* des biefs lotiques.

On peut donc affirmer que seules les larves âgées des trois espèces *S. tridens*, *S. adersi* et *S. damnosum s.l.* peuvent être considérées comme appartenant à la même synusie, laquelle est inféodée aux courants moyens.

Globalement, la plupart des espèces entomiques autres que les Simulies préfèrent coloniser les substrats flottants qui sont situés dans des courants moyens ou lents. Ces espèces sont donc rarement

associées à *S.damnosum* s.l. sur ce type de substrat et lorsqu'elles le sont, c'est avec des larves âgées et les nymphes du vecteur de l'onchocercose et non avec les jeunes stades larvaires.

En fait, nous pensons que les substrats flottants ne constituent pas le biotope de prédilection pour la plupart de ces espèces. Seul un faible pourcentage de leurs effectifs colonise ces biotopes plutôt marginaux par rapport à ceux habituellement colonisés. Nous avons ainsi observé que *Tricorythus* sp. (E1), *C.falcifera* et *C.digitata* colonisent habituellement la partie supérieure des rochers plats recouverts d'un tapis "moussu" de *Tristicha trifaria* (Podostémacées) et située dans les courants moyens ou forts. Les deux espèces de Chironomides *C.quadrifasciatus* (C02) et *Polypedilum deletum* (CC5) colonisent également ces zones à courants moyens voire assez rapides, mais ces deux espèces préfèrent les rochers lisses dépourvus d'algues ou de *Tristicha trifaria*.

Les Baetidae *P.bertrandi* (E21) et *Centroptilum* sp.4 (E31) ainsi que le *Tanytarsus* sp. (CTT1) ou les Hydropsychidae tels que *Amphipsyche senegalense* (T2) préfèrent quant à eux, les courants plus lents. Comme d'autres espèces précédemment citées, ils colonisent habituellement les rochers recouverts de *Tristicha*.

Seule l'espèce *Nanocladius* sp. (C013) est couramment rencontrée sur les substrats flottants.

Les espèces qui colonisent habituellement les rochers recouverts de *Tristicha trifaria* sont souvent trouvées dans des courants plus rapides que lorsqu'elles sont récoltées sur les substrats flottants. Cette différence se comprend aisément lorsque l'on sait que ces plantes forment un tapis épais de plusieurs centimètres qui ménage des milliers de loges et de caches pour l'ensemble de la faune aquatique.

Dans ce tapis "moussu", le courant est relativement semblable à celui de la rivière dans la partie apicale du coussinet, mais il est faible au coeur de l'enchevêtrement des tiges et des feuilles.

Si les substrats flottants ne constituent pas le moyen idéal d'étudier les préférences écologiques des espèces benthiques appartenant à la synusie des rochers, ils permettent cependant de s'en faire une idée plus qu'approximative.

#### IV. ÉTUDE DE LA COLONISATION DES SUBSTRATS ARTIFICIELS FLOTTANTS

##### 1. Introduction

Nous venons de constater que chaque type de substrat naturel est colonisé par une faune qui lui est propre, en composition structurale et souvent en densité. Les peuplements, loin d'être immuables, évoluent en fonction des saisons, du fait des variations climatiques, hydrologiques, rhéologiques, biocénotiques et phytocénotiques. Il est alors logique de penser que la composition faunistique de l'entomocénose d'un substrat nouvellement immergé, varie aussi à court terme, selon le schéma classique des colonisations des milieux vierges qui voient se succéder toute une série de structures faunistiques allant de la faune pionnière jusqu'à un certain équilibre (climax ?).

Il était donc intéressant de suivre la dynamique de colonisation des substrats, par les stades préimaginaux de *Simulium damnosum* s.l. et par les autres espèces lotiques. Une telle étude devrait permettre :

- de déterminer le nombre de jours nécessaire à l'obtention d'une biocénose arrivée au climax et dans laquelle se développe

*S. damnosum* s.l. Ceci, d'une part, pour utiliser de façon optimale les substrats artificiels lors des études de distribution, et d'autre part, pour savoir reconnaître, sur un substrat naturel, le degré de "maturation" de la biocénose qui le colonise.

- de reconnaître les espèces pionnières des espèces colonisant des milieux possédant déjà des entomocénoses structurées.

- enfin, d'essayer de percevoir à l'échelle de la semaine les modifications biocénotiques qu'entraînent les traitements répétés au téméphos.

Ces études ont été menées sur deux types de substrats artificiels :

- les bandelettes en polyéthylène : bien qu'elles soient très employées pour l'étude des stades préimaginaux des Simulies dans toutes les régions du globe, elles ont cependant l'inconvénient de n'abriter que peu de faune entomique non simulidienne.

- des substrats artificiels de type balai : ils sont colonisés de façon très satisfaisante par toutes les espèces de Simulies présentes sur les biefs de la basse Maraoué et également par une quantité non négligeable de groupes entomiques non simulidiens.

Les deux expériences ont été effectuées de concert, sur le même bief, durant 27 jours à la fin novembre et en décembre. Cette période fût retenue car elle est caractérisée, non seulement par une faune riche et abondante, mais parce qu'elle permet, de par la structure du gîte et l'hydraulicité de la rivière, de disposer d'importantes surfaces d'eau aux courants semblables.

## 2. Colonisation des balais et des bandelettes par les larves du complexe *S. damnosum* s.l.

Les populations préimaginales de *S. damnosum* s.l. colonisent très rapidement les balais (fig. 47). En effet, dès le premier jour, on peut noter la présence de quelques larves et à partir du quatrième jour, des densités extrêmement grandes sont observées. Ces observations confirment celles de ZAHAR (1951) ; MARR (1962) ; DISNEY (1972), LEWIS &



BENETT (1974). Tous ces auteurs constatent que, dès 24 heures après la mise en place des substrats vierges, on trouve des pontes et des larves de *Simulix* de tous les stades.

L'évolution globale des densités est très variable, conférant un profil en dents de scie à la courbe. Ce résultat semble en désaccord avec les observations de DISNEY (1972) et de ELSEN (1980), rapportant une augmentation du nombre de larves fonction du temps de colonisation, au moins durant la première semaine de leurs expérimentations.

Si l'on examine la cinétique de colonisation pour chacun des stades préimaginaux (fig. 48), on s'aperçoit que :

- les densités des nymphes augmentent progressivement avec le temps de colonisation (fig. 48 a).

- les densités des stades L4, L5, L6 et L7 sont maximales entre le 14ème et le 16ème jours mais présentent aussi deux autres pics, plus ou moins accentués, le 8ème et le 26ème jour (fig. 48 b à e).

- les densités des stades L1, L2 et L3 varient considérablement d'un jour à l'autre (fig. 48 f à h).

L'évolution des densités des populations préimagineales de *S. damnosum s.l.* sur les bandelettes de polyéthylène est analogue à celle constatée sur les balais. On constate en effet que :

- l'évolution des densités de *S. damnosum s.l.*, tous stades confondus, est très irrégulière et se traduit par une courbe en dents de scie (fig. 49).

- les densités des nymphes (LN) augmentent progressivement en fonction du temps (fig. 50 a).

- les densités des stades L2 et L1 sont faibles, à l'exception de pics traduisant des densités élevées mais limitées dans le temps (fig. 50 g et h).

- les stades intermédiaires (L3 à L7) sont moins sujets aux fortes variations dûes aux distributions agrégatives. Ce phénomène s'amenuise au fur et à mesure que l'on s'adresse aux stades larvaires les plus âgés. La tendance à une augmentation progressive des densités, au cours du temps, se superpose à cette distribution agrégative (fig. 50 b à f).

La dynamique de colonisation des balais ou bandelettes est donc différente selon le stade préimaginaire de *S. damnosum* s.l. considéré.

Les variations en densité de scie observées pour les jeunes stades résultent d'une distribution agrégative des larves, aussi bien dans l'espace que dans le temps. Cette distribution serait la conséquence de l'éthologie de ponte de ce complexe d'espèces. Rappelons que les femelles du complexe *S. damnosum* ont tendance à pondre en agrégats et de façon contagieuse ; les femelles venant pondre préférentiellement sur les substrats supportant déjà de nombreux oeufs d'autres congénères. Il en résulte que la récolte d'un substrat ayant reçu de fortes pontes quelques jours auparavant, fournit des effectifs élevés de jeunes stades larvaires tandis que la récolte d'un substrat dépourvu de ponte est traduite par des effectifs quasi nuls (fig. 48 h et fig. 50 h). L'absence presque complète de stades L1 en dehors des agrégats, incite également à penser qu'ils ne migrent pas, et s'ils sont entraînés par le courant, ils sont incapables de se refixer sur les substrats situés en zone de courant élevé.

La tendance à l'émigration croît avec l'âge des larves et a pour conséquence la diminution des densités des larves âgées. Deux facteurs y contribuent. Ce sont d'une part, la perte d'un grand nombre de larves dans la dérive (cf. Troisième partie, I.) et d'autre part, la dispersion des stades préimaginaux sur un nombre plus grand de substrats, diminuant par ce fait la densité d'organismes par unité.

L'augmentation, au cours du temps, de la densité des stades âgés, se fera par accumulation progressive. Ainsi, lorsque les populations larvaires vieillissent, on passe progressivement d'une distribution agrégative dans l'espace et dans le temps, à une distribution

dispersive et régulière dont les effectifs s'accroissent du fait d'une accumulation.

NEVEU & LAPCHIN (1979) constatent également chez les *Wilhelmia* des densités plus fortes de nymphes que de larves. Cependant, ils réfutent la possibilité d'accumulation au stade nymphale en invoquant la compétition larvaire. Les larves exigent une certaine distance entre elles, tandis que la passivité nymphale permet un resserrement entre les individus. Vu les densités, tout de même assez faibles obtenues dans cette expérience, nous ne pensons pas que ce facteur soit intervenu.

### 3. Colonisation des balais et des bandelettes par les autres Insectes.

Trois observations générales peuvent être faites après examen des figures 51 à 56 :

- Les deux types de substrats sont colonisés dès le premier jour par les larves de *S.damnosum s.l.*, mais pratiquement aucun spécimen d'une autre espèce ne colonise les balais durant les quatre premiers jours de l'expérience ; ce délai est porté à 5 jours pour les bandelettes. Il est fort probable que dans cette gamme de courant et pour ce type de substrat, *S.damnosum s.l.* soit toujours l'espèce pionnière.

- l'ensemble des effectifs de la faune associée est plus faible que celui de *S.damnosum s.l.*

- enfin, il apparaît que l'abondance générale de la faune associée diminue lorsqu'augmentent les densités de *S.damnosum s.l.* Ceci peut s'expliquer soit par une hétérogénéité des vitesses de courant dans lesquelles étaient placés ces substrats, soit par une compétition spatiale entre *S.damnosum s.l.* et les autres Insectes. Dans la première hypothèse, certains substrats auraient été placés dans des vitesses de courant marginal quant à la rhéophilie de *S.damnosum s.l.* et donc quant à sa distribution ; les effectifs de cette Simulie sont donc moindres. Dans la seconde hypothèse, la densité des larves de *S.damnosum s.l.* limite, au-delà d'un certain seuil, les possibilités d'installation des

populations des autres espèces lotiques.

Ce phénomène ne serait pas toujours vérifié. Il est probable que certains substrats, de par leur position dans le bief, sont mal colonisés par l'ensemble de la faune, y compris *S.damnosum s.l.* Par contre, sur ceux qui le sont abondamment, la compétition semble évidente, et plus particulièrement entre les Simulies.

### 3.1. Simulies autres que *S.damnosum s.l.*

#### *S.adersi*

Ses effectifs étaient faibles lors de cette expérience du fait, d'une part, de la rareté habituelle de cette espèce en cette saison, et d'autre part, du placement des substrats dans des courants relativement rapides ( $v > 0,8$  m/s) (fig. 52 a et 53 a).

#### *S.tridens*

Sur les bandelettes, on constate une augmentation progressive au cours du temps de la densité des stades préimaginaux de cette Simulie (fig. 52 b). Cette évolution est néanmoins perturbée par de fortes variations d'un jour à l'autre. Une telle augmentation progressive au cours du temps n'existe pas sur les balais (fig. 53 b) ; les variations quotidiennes d'abondance étant très marquées et correspondent, soit à des agrégations spatiales ou temporelles, soit à une compétition avec *S.damnosum s.l.*

#### *S.unicornutum*

Les effectifs de populations préimaginales présentent deux périodes d'abondance assez marquées, tant sur les bandelettes que sur les balais. Les fluctuations de cette espèce semblent être en alternance avec celles de *S.damnosum s.l.* (fig. 52 c et 53 c). Rappelons que les mois de novembre et décembre correspondent à la saison optimale pour *S.unicornutum*.

### 3.2. Insectes autres que les Simulies

#### Chironomides

Ils sont peu abondants sur les bandelettes (fig. 54 a et b) et surtout représentés par des Orthoclaadiinae ainsi que par quelques Chironomini trouvés en fin d'expérience. Ces Diptères sont par contre, beaucoup plus nombreux sur les balais (fig. 55 a, b et c). On remarque que les Orthoclaadiinae *C.quadri-fasciatus* et *Nanocladius* s.p. ont de fortes variations d'abondances, en alternance avec celles de *S.damosum* s.l. Ce phénomène est très marqué pour *Nanocladius* dont la courbe d'abondance ressemble à celle de *S.unicornutum* (fig. 53 c et 55 b). *Cricotopus quadri-fasciatus*, quoi qu'ayant des effectifs qui subissent de fortes variations d'un jour à l'autre, montre une tendance à augmenter progressivement en nombre avec le temps.

#### Trichoptères

Leurs effectifs restent toujours très faibles sur les bandelettes, ce qui confirme l'inaptitude de ce type de substrat à récolter cet ordre d'Insectes. Ils sont par contre, plus abondants sur les balais, et sont représentés essentiellement par les deux espèces d'Hydropsychidae : *C.falci-fera* et *C.digitata* et par l'Hydroptilidae *Orthotrichia* s.p. Aucun *Amphipsyche senegalense* n'a été récolté sur ces substrats.

Il est difficile de dégager une tendance évolutive des fluctuations d'effectifs de ces trois espèces (fig. 56 a et b). On ne peut que constater :

- qu'elles sont absentes ou presque, durant les premiers jours de l'expérience.

- que leurs populations, jamais très abondantes, en comparaison de celles des Simulies, varient énormément d'un jour à l'autre, en alternance avec les fluctuations des effectifs de *S.damosum* s.l.

- malgré ces fortes variations, il y a peut-être une tendance à l'augmentation des effectifs en fonction du nombre de jours passés depuis la mise en eau des substrats.

### Ephéméroptères

Comme pour les Trichoptères, pratiquement aucun représentant de cet ordre n'a été récolté sur les bandelettes.

Sur les substrats de type balai, seules les *Tricorythus* étaient correctement représentés, bien qu'absents des substrats jusqu'au 5ème jour, mais présents en petites quantités jusqu'au 13ème jour (fig. 56 c). Lorsque les populations de *S.damnosum s.l.* sont maximales (du 14ème au 16ème jour), aucun *Tricorythus s.p.* n'est récolté. Enfin, leur maximum d'abondance se situe entre le 17ème et le 23ème jour, mais ils restent présents de façon variable jusqu'au 27ème jour.

#### 4. Discussion

Les stades préimaginaux de *S.damnosum s.l.* commencent à coloniser les substrats artificiels de type bandelette ou balai dès le premier jour de leur mise en eau. La colonisation se fait, soit brutalement par les pontes en agrégats qui donnent naissance à de fortes concentrations de jeunes larves, soit progressivement par les migrations des stades âgés. Les densités de *S.damnosum s.l.* sont très élevées sur les deux types de substrats, tandis que celles des espèces constituant le reste de la faune lotique, sont quasi nulles sur les bandelettes et assez faibles sur les balais. Il semble qu'il y ait une variation antagoniste entre les effectifs de *S.damnosum s.l.* et ceux de la faune associée. Cela se réalise surtout lorsque les effectifs de *S.damnosum s.l.* sont très élevés. Deux hypothèses peuvent être formulées pour interpréter ces faits :

- on peut penser que, même si tous les substrats ont été mis dans des courants similaires le premier jour, du fait de l'évolution de l'hydraulicité de la rivière, leur situation rhéologique n'était plus la même au bout de quelques jours. La faune qui les colonise est alors différente du fait de la rhéophilie caractéristique de chaque espèce.

- tous les substrats sont restés dans des conditions rhéologiques similaires. La compétition interspécifique joue au détriment des populations des espèces les moins compétitives et au profit des espèces les plus fortes ou les mieux adaptées.

Pour appréhender globalement les variations observées pour chacune des espèces, en fonction du temps de colonisation, nous avons étudié au moyen de l'analyse des correspondances, l'ensemble des prélèvements balai (fig. 57, tab.11 ).

Il apparaît que :

- les stades préimaginaux de *S.damnosum s.l.* sont peu ou pas associés aux autres espèces lotiques.
- il y a pratiquement exclusion entre *S.damnosum* et les autres espèces de Simulies : *S.adersi*, *S.tridens* et *S.unicornutum*.
- la faune lotique non simulidienne se trouve rarement associée à *S.damnosum s.l.* mais selon les espèces à *S.adersi*, *S.tridens* ou *S.unicornutum*.
- la structure moyenne des communautés sur les substrats flottants est obtenue dès la première semaine.

La période de 15 jours choisie pour l'étude des distributions correspondait donc parfaitement à une densité type d'un climax biocénotique caractéristique de ce type de substrat. Nous pouvons affirmer une fois de plus que très peu d'espèces et d'individus sont associés spatialement à *S.damnosum s.l.* sur les substrats flottants. La plupart du temps, ces associations n'impliquent que très peu de spécimens de *S.damnosum s.l.* lorsqu'il s'agit de courants faibles et moyens, ou très peu d'individus des espèces lotiques lorsqu'il s'agit de courants forts. Les nymphes et les stades âgés de *S.damnosum s.l.* sont toutefois plus fréquemment associés à la faune lotique que ne le sont les jeunes stades qui forment des isolats.

L'examen des données brutes nous montre que les substrats artificiels de type balai sont mieux adaptés à la récolte de la faune non cible que ne le sont les bandelettes. Un traitement des données au moyen de l'analyse des correspondances (fig. 58) le confirme. Dans cette analyse, les Simulies autres que *S.damnosum* sont regroupées au niveau de l'espèce, et les données ont été codées selon la méthode habituelle. Sur le plan F1 x F2, les bandelettes sont mélangées aux balais qui portent essentiellement des Simulies, mais s'opposent aux balais qui

supportent de la faune lotique non simuliidienne (tab.12 ). Seuls les Orthocladiinae et les Chironomini sont parfois récoltés sur les bandelettes. Ces dernières fonctionnent comme les substrats naturels de type I alors que les balais sont proches des types II, III, IV et V. Ils sont donc mieux adaptés à l'étude des interactions entre les populations de *Simulium damnosum* s.l. et la faune non cible.

Plusieurs auteurs (ELSEN, 1980 ; LE BERRE, 1966 ; MEIER *et al.*, 1979) font état d'une diminution de la faune sur les substrats au-delà d'un certain temps d'immersion et de colonisation. Celle-ci serait due à leur recouvrement par des algues, phénomène que nous avons souvent constaté sur les substrats naturels, aux mois de janvier et février. Toutefois, à notre avis, l'installation des algues ne devient un facteur limitant qu'après une période d'immersion assez longue qui serait bien supérieure à 25 jours pour les substrats naturels et les balais. Elle est restreinte par un certain nombre de facteurs limitants tels que l'ensoleillement et la densité de la faune invertébrée.

Signalons que l'encrassement ainsi que le recouvrement des substrats par les fils de soie secrétés par les Insectes aquatiques, font également évoluer la texture des supports, pouvant ainsi modifier l'entomocénose colonisatrice.



### 5. Conclusion .

Nous pouvons résumer les résultats de cette expérience comme suit:

- *S. damnosum s.l.* constitue la faune pionnière.
- la dynamique de colonisation dépend du stade préimaginal; la distribution agrégative étant l'apanage des jeunes larves tandis que l'augmentation par accumulation, celui des larves âgées et des nymphes.
- la faune associée ne s'installe que plus tardivement sans doute après que les larves de *S. damnosum s.l.* aient modifié le revêtement du substrat.
- il existe, lorsque *S. damnosum s.l.* atteint une certaine densité, un antagonisme entre les densité de la faune non-cible et celles de *S. damnosum s.l.*
- l'équilibre structural semble atteint dès la premières semaine, indépendamment des effectifs des taxons qui continuent d'augmenter au cours du temps .

La dynamique mise en évidence au cours de cette expérience, ne concerne que les substrats flottants et ne peut, sans vérifications préalables, être transposée aux autres types de substrats; les substrats flottants ont été retenus car ils constituent le biotope de prédilection des stades préimaginaux de Simulies .

Rappelons également que les courants dans lesquels les balais et les bandelettes furent posés, étaient des courants rapides, correspondant aux rhéopréférendums de *S. damnosum s.l.* Dans des courants plus faibles, il est fort probable que l'espèce pionnière ne serait pas le vecteur de l'onchocercose, mais une autre Simulie dont la rhéophilie serait la plus proche des conditions rhéologiques.

Faute de n'avoir pu expérimenter dans cette étude de dynamique de colonisation, tous les cas de figure correspondant aux variations du courant, aux différents types de substrats et à la saison, nous retiendrons qu'aux mois de décrue, sur le biotope de prédilection de *S. damnosum s.l.*, l'association entre cette Simulie et le reste de la faune est stable structurellement à partir d'une semaine. Ces

Ces résultats valident donc l'étude de la distribution sur les substrats flottants exposée au chapitre précédent.

## V. PREDATEURS DES STADES PREIMAGINAUX DE *S.DAMNOSUM* S.L.

Dans les écosystèmes lotiques, les espèces ne sont pas indépendantes les unes des autres. La dynamique de leurs populations est régie par tout un système d'interactions ou liens qui sont de natures diverses et fonctionnent dans les deux sens, mais souvent de façon dissymétrique.

Le terme de " connectance" a été proposé pour traduire la proportion de ces liens effectivement réalisés dans un système, par rapport au nombre total de liens théoriquement possibles, perçu au moyen de la diversité spécifique (GARDNER & ASHBY, 1970).

En dehors des compétitions spatiales qui constituent des interactions négatives intra ou extra-spécifiques entre les individus, les relations trophiques et plus particulièrement les relations prédateurs-proies constituent les liaisons les plus couramment étudiées entre les populations des écosystèmes.

Puisque le programme de lutte contre l'onchocercose vise à contrôler les populations préimaginales de *S.damnosum* s.l., il nous

a paru utile d'étudier l'impact de la disparition de *S. damnosum* s.l., en tant qu'élément de la chaîne alimentaire, sur les populations de prédateurs aquatiques. Il a donc fallu identifier ces prédateurs, puis déterminer leurs localisations dans les milieux lotiques. La quantification du taux de prédation a également été envisagée.

### 1. Prédateurs non-entomiques

Notre étude se limitera aux prédateurs non entomiques aquatiques des stades préimaginaux de Simulies à l'exclusion des autres groupes taxinomiques dont la pression de prédation est cependant loin d'être négligeable. Rappelons tout de même que :

- quelques Mammifères sont sporadiquement prédateurs de larves de Simulies. C'est le cas du Soricidae insectivore (*Sorex palustris*) d'Amérique du Nord (CONWAY, 1952) et du Muridae (*Colomys goslingi*) d'Afrique (DIETERLEN & STATZNER, 1981). Citons également l'*Ornithorhynchus aratinus* d'Australie qui se nourrit de larves de Diptères (FARRAGER *et al.*, 1979).

- parmi les Amphibiens, la Salamandre américaine (*Leurognathus marmoratus*) (MARTOF & SCOTT, 1957 ; MARTOF, 1962) et la grenouille (*Rana sylvatica cantabrigensis*) (HOCKING, 1950) se nourrissent partiellement de larves de Simulies.

- cependant, chez les Vertébrés, la prédation la plus importante est exercée par les Poissons. Il n'est pas question de reprendre ici la littérature fort abondante sur ce sujet. Rappelons pour mémoire que les Salmonidés se nourrissent fréquemment de larves de Simulies. Les Poissons ne sont toutefois pas les seuls prédateurs et des représentants de nombreuses autres familles (Cyprinidae, Characidae, Acipenseridae, Percidés, etc...) ont également été identifiés comme tels. Nous reportons le lecteur à la synthèse effectuée par DAVIES (1980).

En ce qui concerne les Poissons ivoiriens, les genres suivants sont simulivores :

- *Amphilius*, *Nanocharax*, et *Phractura*, petites espèces

entomophages qui mangent indifféremment tous les insectes aquatiques, ingèrent leurs proies directement sur les substrats.

- *Alestes*, *Petrocéphalus*, et *Eutropius* qui se nourrissent davantage des insectes dérivants. L'ingestion de larves de *Simulies* est plus accidentelle (VIDY, 1976) chez les représentants de ces genres ou dépend de leur abondance (PAUGY, 1978).

Il semblerait que la disparition des larves de *S. damnosum* s.l. des rivières traitées au téméphos, n'ait pas d'incidence directe sur les Poissons entomophages ; ceux-ci possèdent en effet, de grandes capacités d'adaptation dans leur régime alimentaire (VIDY, 1976).

## 2. Prédateurs entomiques

De très nombreuses observations ont été réalisées de par le monde, sur la prédation exercée par les Insectes aquatiques sur les *Simulies* (tab. 13). Les groupes concernés sont les Trichoptères, les Odonates, les Ephéméroptères, les Thysanoptères, les Mégaloptères, les Coléoptères et les Diptères.

Peu de travaux, par contre, renseignent sur les prédateurs entomiques des stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l. Un certain nombre d'espèces aquatiques ont cependant été incriminées, soit parce que leurs tubes digestifs contenaient des capsules céphaliques de larves de *S. damnosum* s.l., soit parce qu'elles répondaient positivement au test des précipitines ou bien parce qu'on pouvait les associer *in situ* aux larves de *Simulies*.

Les Insectes concernés sont les suivants :

<u>Trichoptères</u>	: <i>Chimarra</i> s.p.	(SERVICE & LYLE, 1975)
	<i>Cheumatopsyche</i> s.p.	(SERVICE & LYLE, 1975)
	<i>Hydropsyche</i> s.p.	(BURTON & McRAE, 1972)
	<i>Orthotrichia</i> s.p.	(DISNEY, 1972)

- Ephéméroptères : *Baetis s.p.* (CRISP, 1956)
- Diptères : *Xeromyia oxycera* Emden (ELSEN, 1977 b)  
*Drosophila gibbinsi* Aubertin (SMART, 1937 ; DISNEY, 1975)  
*Drosophila cogam* Tsacas & Disney (TSACAS & DISNEY, 1974)  
*Drosophila silulivora* Tsacas & Disney (TSACAS & DISNEY, 1974)
- Odonates : *Zygomyx flavicosta* (SERVICE & LYLE, 1975)  
*Metacnemis singularis* (SERVICE & LYLE, 1975)

La plupart de ces prédateurs ne s'attaquent qu'aux larves de *S.damnosum s.l.* Signalons cependant que les *Orthotrichia* (Trichoptères : Hydroptilidae) mangent les oeufs et grignotent les branchies nymphales (DISNEY, 1972), tandis que les *Xeromyia oxycera* (Diptères : Limnophilidae) se nourrissent des oeufs et des imagos.

L'identification des prédateurs présents sur les biefs lotiques de la Maraoué a été faite au moyen du test des précipitines (cf. première partie, VI.). Les résultats bruts sont consignés dans le tableau 14 . Ils confirment globalement les suspicions émises par les différents auteurs.

En novembre 1977, 77 contenus stomacaux ont été récoltés sur le bief de la station I. Les espèces *C.falciifera*, *Ampypsyche s.p.*, *Zyconyx torrida* et *Cybister tripunctatus* ont été identifiées comme prédateurs (SERVICE & ELOUARD, 1980).

En décembre 1978 et janvier 1979, sur la même station, 1571 contenus stomacaux ont été récoltés dont 17 se sont détériorés au cours du voyage. Les espèces d'Hydropsychidae, *Cheumatopsyche falciifera*, *C.digitata*, *Macronema s.p.* et *Aethaloptera dispar*, semblent être les principaux prédateurs de *S.damnosum s.l.* Signalons également que parmi les Trichoptères, quelques spécimens de *Dipseudopsis s.p.*, *Chimarra petri*, *Ecnomus*, *Ceraclea* et *Oecetis* ont présenté une réaction positive à l'antigène-*S.damnosum*.

Parmi les Ephéméroptères, les *Afronurus s.p.* (Heptageniidae),

les *Trichorythus* s.p. (Tricorythidae) ainsi que trois espèces de Baetidae *Pseudocloeon bertrandi*, *Centroptilum* s.p.1 et *Centroptilum* sp.4 ont réagi positivement.

Enfin, chez les autres groupes taxinomiques, des réactions positives ont été obtenues avec les contenus stomacaux des *Zygonyx torrida* (Odonates), de Dolichopodidae (Diptères), de quelques Orthocla-diinae (Diptères) et de quelques *Potamodytes marshalli* (Coléoptères).

Ces résultats bruts appellent plusieurs remarques :

- l'identification de l'ensemble des Hydropsychidae ainsi que de l'Odonate *Zygonyx torrida* comme principaux prédateurs de *S. damnosum* s.l., correspond aux résultats publiés par différents auteurs pour l'Afrique.

- le taux extrêmement bas de positivité trouvé chez les larves de *Tricorythus* sp. est surprenant : ces Insectes pourvus de mandibules puissantes armées de processus incisifs développés, sont considérés par les spécialistes, comme des carnivores. Ils sont d'autre part, très abondants aux mois de décembre et janvier sur la basse Maraoué. Il se peut que ces Insectes préfèrent d'autres proies aux Simulies (Trichoptères, Chironomides) et ne soient que des prédateurs accidentels de *S. damnosum* s.l.

- il est curieux que les Baetidae des genres *Centroptilum* et *Pseudocloeon*, herbivores ou détritivores soient des prédateurs de Simulies. Il est probable que ces Insectes ont ingérés par hasard des débris de Simulies.

Certaines espèces d'Ephémères détrivores ou herbivores ont cependant été signalées comme prédateurs accidentels. Ce phénomène a été mis en évidence chez *Ephemerella inermis* Eaton (CORKUM, 1980) et chez les Ephemerellidae *Drunella coloradensis*, *D. Cornuta*, *D. doddsi*, *D. flouilinea*, *D. grandis* et *D. spinifera* (GILPIN & BRUSVEN, 1970 ; SHAPAS & LISENHOFF, 1976) ainsi que chez *Ephemerella inermis* (HAMILTON, 1979), *Ephemerella infrequens*, *Serratella tibialis* et *Tipanoga hecuba* (GILPIN & BRUSVEN, 1970). Un changement plus ou moins radical de régime

s'observe également chez certaines larves âgées tel que chez le Baetidae *Centroptiloïdes bifasciata* Esben-Petersen (AGNEW, 1962).

Il est fort envisageable que la réaction positive obtenue avec quelques specimens de *Potamodytes marshalli*, espèce herbivore habituellement abondante sur les substrats flottants, provienne du fait qu'ils ont ingéré accidentellement des oeufs ou des jeunes larves de *S. damnosum s.l.* De telles observations ont déjà été signalées par CRISP (1956) et PETERSON (1960).

Nous pouvons conclure que les Hydropsychidae qui constituent la majeure partie de la faune non simuliidienne sont les Insectes qui exercent la plus forte pression de prédation sur les larves de *S. damnosum s.l.* A côté de ceux-ci, nous trouvons des Insectes n'exerçant qu'une faible pression de prédation. Ce sont, soit des espèces peu abondantes (*Zygonyx*, *Afronurus* sp.) qui se nourrissent fréquemment de larves de *S. damnosum s.l.*, soit des Insectes abondants mais qui ne se nourrissent que rarement, voire accidentellement de larves du vecteur de l'onchocercose (*Tricorythus* s.p.).

### 3. Localisation des populations de prédateurs entomiques par rapport à celles des larves de *S. damnosum s.l.*

Nous avons vu (§, deuxième partie, I.) que les larves de *Simulium damnosum s.l.* colonisaient préférentiellement les substrats flottants (type I à IV) alors que les Hydropsychidae étaient localisés surtout sur les substrats ancrés (type VI et VII). Certains des représentants de ces groupes *Macronema* sont même localisés sous les pierres, biotope où ne survivent pas les stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* La relation prédateur-proie n'est donc pas évidente et l'on est en droit de se poser les questions suivantes :

- Les Hydropsychidae localisés sur les substrats fortement colonisés par *S. damnosum s.l.*, présentent-ils un taux de positivité plus élevé que ceux situés très loins de ces substrats ?

- Comment se fait la liaison entre les populations de *S. damnosum s.l.* et les populations de prédateurs s'il n'y a pas associations spatiales sur les mêmes substrats ?



- Quelle est la méthode employée par les différentes espèces de Trichoptères pour capturer les larves de *S.damnosum s.l.* ?

Afin de répondre à ces questions, nous avons étudié le pourcentage de positivité au test des précipitines des différentes espèces d'Hydropsychidae et ce, pour chaque série de prélèvements et en fonction des catégories de substrat. Ces résultats auxquels nous avons adjoint la fréquence relative des larves de *S.damnosum s.l.* ainsi que celle des Hydropsychidae par rapport à la composition faunistique du prélèvement, sont consignés dans le tableau 15.

Il apparaît que :

- les populations de *S.damnosum s.l.* prennent une proportion de plus en plus importante dans la composition faunistique lorsqu'on suit la série : dessous de pierre, rochers, tiges de graminées, racines de *Ficus*, tiges de *Ficus* et feuilles de *Ficus*, ce qui correspond aux observations déjà mentionnées (§, deuxième partie, I.).

- les populations d'Hydropsychidae voient leur abondance relative décroître selon la série : dessous de pierre, tiges de *Ficus*, rochers, racines de *Ficus*, tiges de graminées, et feuilles de *Ficus*.

- le pourcentage moyen de positivité varie selon les espèces d'Hydropsychidae et les types de substrat. Parmi les espèces les plus ubiquistes, nous pouvons noter que les espèces *C.falciifera* et *Amphipsyche senegalense* présentent un taux maximum de positivité lorsque leurs représentants sont localisés dessous et dessus les substrats rocheux, tandis que l'espèce *C.digitata* possède un taux important sur les tiges de *Ficus*, puis dessous et dessus les rochers. Enfin, les deux espèces sténotopes *Aethaloptera dispar* et *Macronema sp.*, localisées essentiellement dessous et dessus les rochers, présentent un taux maximum de positivité sous les pierres.

Il apparaît donc que la prédation effectuée par les larves de Trichoptères Hydropsychidae sur les larves de *S.damnosum s.l.* est d'autant plus forte ... que les prédateurs sont éloignés, territoria-

lement parlant, des substrats colonisés par les proies !

Le mode de capture des proies doit donc être le facteur clef permettant de résoudre cette énigme.

- les larves de *Cheumatopsyche* construisent des filets en forme de nasse dont l'ouverture dirigée vers l'amont permet de capturer les organismes dérivants. Il est nécessaire à ces Trichoptères, pour les construire, de disposer, soit d'une surface plane d'un demi à un centimètre de large tel qu'il s'en trouve sur les rochers du bief I, soit de deux points d'ancrage peu espacés (noeuds ou fourches de branches). Cette méthode de capture rend donc compte de la répartition de ces espèces qui capturent dans leurs filets les larves de *S.damnosum* s.l. qui dérivent. Ces Insectes sont des *prédateurs passifs* qui limitent certes, les populations de *S.damnosum* s.l. mais qui, surtout, restreignent la distribution de cette espèce dans le milieu.

- les Macronematinae (*Amphipsyche*, *Macronema*) par contre, ne construisent pas de filets et chassent activement. Ils ont besoin pour s'abriter de caches et de loges disponibles sur ou sous les rochers. Ils sont de plus peu armés pour résister au courant. Leurs populations sont donc maximales sous les rochers où le courant est faible ou nul. Il est fort probable que ces Trichoptères ne capturent que les larves de *S.damnosum* s.l. qui, après avoir dérivé, se sont déposées dans les zones dépourvues de courant situées entre ou derrière les rochers. Ces prédateurs n'interviennent que peu dans la régulation des populations larvaires de *S.damnosum* s.l. puisque les larves ingérées avaient de fortes chances d'être condamnées à mourir dans ces zones sans courant.

- *Aethaloptera* : ils sont dans l'ensemble peu abondants sur les biefs de la Maraoué. STATZNER rapporte par contre, qu'ils sont extrêmement abondants sur le N'Zi. Leur écologie est voisine de celle des *Cheumatopsyche* mais construisent des tubes similaires à ceux des *Macronema* (SATTLER, 1963, 1968) avec l'ouverture dirigée vers l'amont. Ils n'interviennent donc que peu ou pas dans la régulation des populations de *S.damnosum* s.l. sur la Maraoué.

## VI. CONCLUSIONS

Nous avons essayé dans ce chapitre de décrire les entomocénoses associées à *S. damnosum s.l.* Toutefois, cette démarche n'a pu se faire qu'après avoir précisé l'écologie des stades préimaginaux de cette Simulie.

Les populations préimaginales de *S. damnosum s.l.* subissent des variations considérables de densités en relation avec certaines phases de l'hydraulicité de la rivière, et en fonction des substrats disponibles. Trois périodes de forte densité peuvent être mises en évidence, pour les stades préimaginaux du complexe *S. damnosum s.l.* ; leurs acrophases se situant en décembre, mars, et juin. Rappelons toutefois, qu'une grande densité ne correspond pas forcément à une grande abondance (§, deuxième partie, I.).

A l'exception de quelques espèces lotiques qui semblent strictement inféodées à la période des hautes eaux (*S. unicomutum*, *Nanocladius sp.*), les densités de la plupart des Insectes lotiques culminent en dehors de cette saison hydrologique.

Selon les espèces considérées, il y a une ou deux périodes durant lesquelles les populations sont les plus abondantes. Elles sont situées, soit à la décrue, soit à l'étiage ou encore au début de la montée des eaux.

Peu d'observations ont été faites sur les variations de densité de la faune lotique non simuliidienne dans les systèmes fluviaux tropicaux (CRISP, 1956 ; HYNES, 1975 a et b). STATZNER (1981) confirme le caractère saisonnier de la dynamique des populations de Trichoptères Hydropsychidae d'une rivière temporaire de Côte d'Ivoire. Il constate qu'il y a une corrélation assez nette entre la diminution du débit de la rivière et l'augmentation des densités des stades pré-imaginaux de *Cheumatopsyche falcifera*, *C. digitata*, *C. copiosa*, *Aethaloptera dispar* et de quelques *Macronema*. Pour cet auteur, la diminution des surfaces colonisables, consécutive à la baisse du débit de la rivière, entraînerait une concentration de ces Insectes. Ce paramètre intervient certainement pour une grande part dans l'évolution des densités des Hydropsychidae *C. falcifera* et *C. digitata*, mais n'explique pas les différences que nous avons observées entre ces deux espèces. La première a son maximum d'abondance depuis le début de la décrue jusqu'au mois de mars, la seconde surtout en mai, juin et juillet. Il est probable que les périodes de pontes, le phénomène d'éclosion plus ou moins retardé des oeufs ainsi que la compétition interspécifique interviennent également pour expliquer ces différences.

Les autres groupes taxinomiques subissent également des fluctuations saisonnières de leurs densités. Il existe souvent une succession spécifique à l'intérieur d'une même guilda (*Tricorythus* ssp.1 (E1), *Tricorythus* sp.2 et *Neurocaenis* sp. ).

L'étude de l'évolution de la densité des populations d'une espèce a montré que la période durant laquelle un type de substrat restait colonisé, était en général plus courte que la période durant laquelle cette espèce était présente en abondance sur un gîte. Les conditions hydrologiques régnant autour du substrat sont responsables de cet état de fait.

L'ensemble des conditions suivantes sont nécessaires pour qu'un substrat soit colonisé. Il faut :

- qu'il soit immergé ou en contact avec l'eau
- qu'il soit dans des vitesses de courant correspondant à la rhéophilie des espèces.
- qu'il présente une surface et une texture propre à l'installation de la faune.
- enfin, dans quelques cas, que les populations de certaines espèces colonisatrices ne soient pas trop denses pour ne pas empêcher l'installation d'autres espèces.

Il apparaît cependant que la nature du substrat colonisé a une importance secondaire par rapport aux conditions hydrologiques qui l'entourent. Ceci est manifeste pour les Simulies sur les différents substrats flottants et avait déjà été mis en évidence par LE BERRE (1966) pour *S. damnosum s.l.* Les différences de microdistribution que nous avons mises en évidence pour les espèces *S. damnosum s.l.*, *S. tridens* et *S. adersi* sont en réalité plus liées aux conditions rhéologiques qu'à la nature du support d'ancrage. Ceci est vrai dans le cas où la couche supra-luminaire dans laquelle se maintiennent les larves de Simulies n'est pas trop différente d'un substrat à l'autre, ni trop perturbée par leurs micro-aspérités. Il semble aussi que la présence de *Tristicha trifaria* sur les rochers, gêne *S. damnosum s.l.* et même les autres espèces de Simulies qui ne les colonisent que lorsqu'ils sont dépourvus de ces plantes. Notons cependant que la prédation par les Hydropsychidae intervient également dans ce cas pour réduire les populations simuliennes qui s'installent sur les substrats rocheux.

Les Insectes autres que les Simulies préfèrent coloniser les substrats ancrés car ils permettent une meilleure installation des espèces dépourvues de système élaboré de fixation. La présence de caches, de trous ou du tapis formé par les *Tristicha trifaria* les favorise. Au contraire, les substrats flottants à texture lisse, ne permettent que peu ou pas l'installation de la faune non simulidienne. Par contre, plus leur structure est compliquée (présence de noeuds aux branches, entrelas de racines, ramifications), plus cette faune s'installe

facilement et abondamment. Ceci est particulièrement vrai pour les Trichoptères Hydropsychidae qui ont besoin d'un point d'ancrage pour construire leurs filets de capture.

Il y a donc, en général, peu d'associations spatiales sur l'ensemble des substrats lotiques, entre la faune non simuliidienne et les Simuliidae. Les associations ne sont le fait que d'une partie des populations distribuées dans les limites de leurs habitats préférentiels. L'association spatiale a cependant tendance à augmenter avec la densité des populations. La compétition intraspécifique favorise alors la dissémination des populations d'une espèce dans les limites de sa distribution (PIANKA, 1974), c'est-à-dire dans des habitats ou des niches spatiales habituellement colonisées par les autres espèces.

L'association entre *S. damnosum* s.l. et les autres espèces de Simulies est plus commune car tous les représentants de cette famille préfèrent les substrats flottants et, si l'on excepte *S. unicomutum* qui n'est présente qu'en saison des pluies, chacune des espèces possède un pic d'abondance synchrone de celui d'une des espèces du complexe *S. damnosum*.

La rhéophilie accentuée l'isolement spatial entre les espèces. *S. adersi* et *S. damnosum* s.l. ont des rhéopréférences différents, la première recherchant les courants lents, tandis que la seconde les courants rapides. Ce phénomène est encore plus accentué lorsqu'on considère l'âge des larves. Le recouvrement des valences rhéologiques entre les espèces est d'autant plus faible que les larves sont jeunes (cf. § III.2.1.2. ). La rhéophilie spécifique stricte ainsi que l'écologie de pontes sont responsables de cet état de fait.

*S. tridens* présente une rhéophilie plus ubiquiste. Pour cette espèce, la localisation dans la partie amont du bief est le facteur qui détermine son isolement par rapport à *S. damnosum* s.l.

Les stades âgés de ces trois espèces sont néanmoins souvent associés spatialement. La compétition interspécifique semble intervenir pour favoriser l'espèce qui se trouve dans son préférendum optimal.

*S. damnosum s.l.* est l'espèce pionnière qui colonise les substrats flottants situés en courant rapide. Ceci est évident puisque dans de telles conditions rhéologiques, *S. damnosum s.l.* est pratiquement la seule à se maintenir. L'installation de la faune associée ne se fait que plus tardivement, une fois que les populations de *S. damnosum s.l.* ont modifié les substrats.

Le comportement d'émission de soie d'ancrage ainsi que la construction des cocons par les nymphes, modifient la texture de revêtement du support, permettant l'implantation d'espèces moins bien armées pour s'accrocher dans des courants relativement rapides. Il en va de même pour le nettoyage des algues situées autour des larves (LE BERRE, 1966 ; ELSÉN, 1980).

La relative rareté d'association spatiale entre *S. damnosum s.l.* et le reste de la faune lotique ne signifie pas pour autant que les populations de cette espèce constituent une biocénose isolée dans l'écosystème lotique. Outre les modifications que les larves et les nymphes de Simulies en général, et celles de *S. damnosum s.l.* en particulier, font subir aux substrats, il existe des relations trophiques entre *S. damnosum s.l.* et le reste de la faune aquatique. Quelques prédateurs sont associés aux larves du vecteur de l'onchocercose sur les substrats. Ce sont principalement les Odonates, considérés comme des prédateurs actifs, ils sont peu abondants sur les stations de la basse Maraoué, mais sont mieux représentés en Haute-Volta (CRISP, 1956 ; SERVICE & LYLE, 1975) et dans la région de Man où nous en avons observé en abondance associés à *S. yahense*.

Par contre, la plupart des prédateurs ne sont pas associés spatialement aux stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* Ces prédateurs profitent de la dérive des larves pour les capturer dans leurs filets ou dans des zones de faible courant. De ce fait, ils ne limitent les populations de *S. damnosum s.l.* que sur les substrats non flottants, restreignant par la même occasion l'aire de distribution du vecteur de l'onchocercose dans un bief donné. La plupart de ces prédateurs, que l'on peut qualifier de passifs, ne sont pas inféodés aux larves de *S. damnosum s.l.*, mais sont des Carnivores généralistes, se nourrissant

de proies sans effectuer de sélection si ce n'est de taille. Ils mangent davantage de *S. damnosum s.l.* lorsqu'ils se trouvent en aval de fortes densités de cette espèce et s'ils ne disposent pas d'autres proies abondantes tels que les Chironomides, Ephémères ou d'autres espèces de Simulies.

La question se pose maintenant de savoir quelles sont les espèces véritablement associées à *S. damnosum s.l.* et donc à retenir dans la suite de ce travail. Les réponses à donner varient selon le critère de sélection retenu dans la qualité et la quantité des associations considérées.

On peut affirmer d'une part, que nulle espèce entomique n'est associée à *S. damnosum s.l.* Aucune, en effet, ne possède la même niche de distribution (au sens de BARBAULT, 1981), ni n'est symbiotique, parasite, commensale ou prédatrice stricte de cette Simulie.

A l'opposé, on peut considérer que l'ensemble de la faune de l'écosystème lotique est associé à *S. damnosum s.l.*, soit directement par association spatiale plus ou moins étroite ou par le biais de la prédation, soit indirectement par le truchement de la chaîne trophique ou des modifications de l'espace que provoquent les larves de cette espèce. S'il paraît évident de considérer que les prédateurs des stades préimaginaux du vecteur de l'onchocercose, sont associés à *S. damnosum s.l.*, il est plus délicat de considérer que deux espèces de la famille des Simulies, qui ont des distributions différentes dans le biotope, sont associées. Mais le fait qu'il existe un recouvrement partiel des distributions, incite à penser qu'en vertu du principe d'exclusion d'une même niche des représentants d'une guildes, que les larves de *S. damnosum s.l.* limitent les niches de distribution de *S. adersi*, *S. tridens*, ou *S. unicornutum*. La disparition de cette espèce doit donc modifier la distribution des autres Simulies en libérant non seulement une niche spatiale, mais peut-être une niche trophique.

Nous étudierons donc dans la suite de ce travail l'impact du téméphos sur les espèces les plus abondantes colonisant les biotopes lotiques où le courant est relativement fort, en préférant redéfinir



les critères d'associations ultérieurement, une fois que les modifications seront constatées. La faune entomique de la plupart des substrats lotiques a donc été prise en compte à l'exception de celle vivant dans les zones de courant faible ou sous les rochers. Ceci parce que nous étions loin d'imaginer au début de cette étude qu'une importante quantité de prédateurs de *S. damnosum* s.l. vivait dans ces biotopes.



TROISIEME PARTIE

-----

IMPACT A COURT TERME

-----



L'introduction d'un pesticide tel que le téméphos dans le milieu lotique a, sur les organismes, des effets immédiats ou différés.

- Les effets immédiats, traduits par le vocable "impact à court terme", recouvrent toutes les modifications physiologiques ou éthologiques 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.

- Sous le terme d'effets différés, on regroupe par contre des modifications apparaissant plus tardivement, une fois le premier impact passé. 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 dûs à des modifications dans les peuplements (ruptures de chaînes trophiques ou élimination d'écophases particulières pour certaines espèces). On désignera sous le terme d'impact à moyen terme, l'impact apparaissant au plus dans le mois qui suit l'épandage, l'impact à long terme étant mesuré au delà de cette durée.

Dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose, le problème est plus complexe puisqu'aux conséquences à moyen et long terme d'un épandage, se superposent hebdomadairement des impacts à court terme. Nous conserverons toutefois les expressions moyen et long termes, fondées sur le laps de temps écoulé depuis le premier traitement de la rivière.

Ce chapitre est consacré aux effets du téméphos à court terme sur la dérive, sur la faune des gouttières et sur la faune des rochers, réservant l'étude des impacts à moyen et long terme pour la quatrième partie de cette thèse.



## I. ACTION SUR LA DERIVE DES INVERTEBRES

### 1. Introduction

La dérive des organismes vivants ou morts, dans les eaux courantes est un des phénomènes les plus étudiés en hydrobiologie depuis une trentaine d'années. Cet engouement se justifie par le fait que ces prélèvements sont relativement faciles à réaliser. Les résultats obtenus sont, par contre, difficiles à interpréter car la dérive est un phénomène fort complexe, véritable résultante de l'activité biologique de la rivière.

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 plusieurs aspects de la dérive, en nous limitant à la dérive des animaux. On parlera de dérive de mortalité (comprenant également la dérive de morbidité) pour les animaux morts ou en mauvaise condition physiologique, incapables de ce fait de résister activement au courant ; cette dérive est d'origine endogène, lorsque les animaux concernés appartiennent au milieu lotique, ou d'origine exogène lorsque ce n'est pas le cas, ou lorsqu'il s'agit d'adultes aériens de larves aquatiques.

La dérive exceptionnelle (BOURNAUD & THIBAUT, 1973) correspond au décrochement d'invertébrés fixés ou accrochés à des substrats lors d'une perturbation brutale ou accidentelle du biotope. Elle est localisée dans le temps et aperiodique ("catastrophic drift" des anglosaxons, MINKLEY, 1964 ; WATERS, 1965).

Pour une espèce, on appellera dérive de base la somme des dérives de mortalité et exceptionnelle. Cette dérive peut être assimilée à la dérive diurne pour les espèces à activité nocturne.

Quelques organismes utilisent le courant comme moyen de transport pour réaliser certaines phases de leur cycle biologique. Cette dérive de comportement s'oppose à la dérive accidentelle pour laquelle le courant est un facteur traumatique. Elle inclut les migrations en pleine eau, vers l'aval (migrations liées à la reproduction par exemple) ainsi que les émigrations dues à la recherche de nouveaux biotopes en relation avec le changement d'écophase ou résultant d'une modification défavorable des facteurs du milieu ou encore d'une surpopulation. Ce terme recouvre également l'ensemble des déplacements quotidiens et localisés (recherche de la nourriture et des lieux de repos par exemple).

Au cours de leurs déplacements actifs, les organismes peuvent être entraînés par un courant trop violent qui rompt leur équilibre. On parlera alors de dérive accidentelle. Cette dernière avec la dérive de comportement, constitue la dérive éthologique.

Enfin, la dérive des exuvies, inerte et passive, est en grande partie liée au rythme des mues et des émergences.

Quelle que soit l'origine des animaux, leur abondance dans la dérive n'est pas constante mais varie selon les heures, les jours et les saisons, en fonction de multiples paramètres mis en évidence par de nombreux auteurs.

Une des caractéristiques les plus notables de la dérive est la variation nyctémérale du nombre d'organismes dérivants avec le plus généralement un minimum diurne et un maximum nocturne (ANDERSON, 1967 ; BISHOP & HYNES, 1969 ; BISHOP, 1969 ; CHASTON, 1968 ;



DORGELO, 1976 ; ELLIOTT, 1965, 1967 a et b ; KURECK, 1967 ; MÜLLER, 1963 a et b, 1966 ; STEINE, 1972 ; TANAKA, 1960 ; TOBIAS & THOMAS, 1967 ; WATERS, 1962 b, 1967).

Pour les Insectes à maximum nocturne, la dérive diurne, très faible en comparaison de la dérive nocturne, peut être assimilée à la somme d'une dérive de mortalité et d'une dérive exceptionnelle ; cette dernière ayant lieu lors des perturbations brutales des substrats (WATERS, 1965). La dérive diurne, pour les Insectes à activité nocturne se maintient toute la journée et doit être considérée comme la dérive de base. Par contre, l'augmentation considérable de la dérive durant la nuit n'est pas le résultat de perturbations mécaniques, mais celui d'un changement comportemental qui traduit l'activité des organismes.

Ainsi, après leur reprise quotidienne d'activité (activité trophique par exemple), les organismes aquatiques peuvent alors dériver, selon les espèces considérées, soit activement (dérive comportementale), soit accidentellement (dérive accidentelle) au cours de leurs déplacements. Certains auteurs ont ainsi noté le déplacement à la tombée de la nuit, des larves d'Ephéméroptères vers le sommet des pierres (CHAPMAN & DEMORY, 1963 ; ELLIOTT, 1967 a). Ces auteurs incriminent les positions plus exposées au courant, ainsi que la compétition pour la position et la nourriture disponible, comme facteurs favorisant le délogement de certains individus et leur recrutement dans la dérive. En fait, l'ensemble de ces facteurs induit une dérive accidentelle des organismes mais explique peu les différences spécifiques ainsi que les variations saisonnières.

Certains Insectes dérivent activement (dérive comportementale) pour émigrer vers des zones moins intensément colonisées ou lors des phases de nymphose ou d'émergence. ELLIOTT (1970 a) pense que les organismes bons nageurs tels que les Baetidae des genres *Pseudocloeon* et *Baetis*, ainsi que les Plécoptères *Leuctra*, *Chloroperla* et *Rhitrogena* peuvent choisir leur position dans la colonne d'eau. MATTER et HOPWOOD (1980) rapportent que la distribution verticale de la dérive des Baetidae *Pseudocloeon* et *Baetis*, ainsi que celle des *Hydropsychae* et des *Cheumatopsyche* n'est pas uniforme dans le Missisipi et LARIMORE (1974) note

une concentration périodique de la dérive près de la surface pendant les heures nocturnes où elle est maximale. La dérive des organismes bons nageurs ainsi que celle des organismes qui savent se raccrocher facilement aux substrats (*Simulies*) n'est pas aléatoire. Ces Insectes ont une propension plus grande à se laisser dériver que les mauvais nageurs qui sont souvent entraînés plus loin de leur point de départ et terminent bien souvent leur course dans des zones de courants lents qui ne leur sont pas propices. A titre d'exemple, ELLIOTT (1970 c) mentionne que les *Hydropsyche* et les *Cheumatopsyche* n'ont que peu d'aptitudes à la nage et sont surtout représentés dans la dérive, près du fond de la rivière. Par contre, la distribution dans la dérive des Insectes bons nageurs est variable en fonction de leur rythme d'activité.

Si une telle hypothèse se révélait exacte, la morphologie des espèces jouerait un grand rôle dans leur aptitude à dériver (PHILIPSON, 1954 ; SCOTT, 1958 ; CUMMINS, 1964 ; EDINGTON, 1965). L'adaptation morphologique se traduit par des formes hydrodynamiques (STATZNER & HOLM, 1982), par l'apparition de griffes ou de crochets, voire même l'adoption de ventouses ou l'émission de fils de soie. A l'opposé de ces systèmes d'ancrage, les Baetidae qui sont de bons nageurs se servent du courant dans leurs déplacements. Néanmoins, beaucoup d'exceptions ont été mentionnées (NIELSEN, 1950).

Il est également admis que le courant, qui est le facteur mis en cause dans la dérive accidentelle, est souvent peu important dans les zones où reposent les animaux, cela du fait des écoulements supra-laminaires (AMBUHL, 1959 ; BOURNAUD, 1963 ; ULFSTRAND, 1967). Certains auteurs ont remarqué que des espèces n'ont pas le même rythme de dérive selon le stade larvaire (STEINE, 1972 ; ANDERSON, 1967) ou la taille de la larve (HALL *et al.*, 1980) ou encore selon le développement physiologique (ELLIOTT, 1967 a et b ; OTTO, 1974). BISHOP & HYNES (1969 a) signalent que seuls les jeunes stades larvaires de Trichoptères Limmophilidae sont récoltés dans la dérive. Ces larves construisent ensuite des fourreaux de pierre qui les empêchent de dériver aux stades plus âgés. Les jeunes larves de *Potamophylax luctuosus* (Trichoptères) ne présentent aucun rythme tandis que les larves âgées sont strictement nocturnes (LEHMAN, 1972).

A l'opposé, WATERS (1969 a) remarque que les larves des derniers stades des Ephéméroptères sont plus abondantes dans la dérive que les jeunes.

L'observation dans la dérive de grandes quantités d'individus d'une espèce changeant d'écophase est fréquente. TOBIAS & THOMAS (1967) et THOMAS (1970 a) remarquent que la dérive larvaire est maximum peu avant l'émergence chez trois espèces de Plécoptères *Capnia atra*, *Siphonoperla burmesteri* et *Amphinemura standfussi*. Pour PETERKA (1969), les périodes de dérive élevée correspondent à la prénymphose. HYNES (1975) remarque que le nombre d'exuvies dans la dérive est plus élevé durant l'acrophase de dérive des larves. THOMAS (1970 b) observe également chez *Leuctra fusca* L., *L. hippopus* et *Diva nanseni* (Plécoptères) que les taux de dérive sont proportionnels à l'augmentation de la longueur des larves. ELLIOTT (1967 b) et OTTO (1974), constatent que les périodes de dérive maximum coïncident avec les périodes de croissance maximum.

Endehors du rôle de calage des rythmes circadiens, la lumière a un rôle non négligeable dans la mise en activité des organismes lotiques (BISHOP, 1969 ; PEARSON & FRANKLIN, 1968). SHERER (1962), CHAPMAN & DEMORY (1963), HUGHES (1966 b) et ELLIOTT (1967 a) ont trouvé un phototactisme négatif (ou skototactisme) dans beaucoup de genres, principalement chez les Ephéméroptères. Un phototactisme positif a été trouvé en laboratoire chez la plupart des Diptères (SHERE, 1962 ; HUGHES, 1966 a et b ; ELLIOTT, 1967 a). Ces tropismes maintiennent le benthos dans un état immobile et ancré sous les pierres durant les heures de non-activité. HOLT & WATERS (1966) modifient les conditions d'éclairement au moyen de lumières artificielles, et constatent qu'une diminution de l'intensité lumineuse entraîne une augmentation de la dérive et *vice versa*.

Pour BISHOP (1969), HOLT & WATERS (1966), il existe un rythme circadien endogène synchronisé par des facteurs exogènes tels que la lumière (CHASTON, 1968 a et b ; DORGELO, 1976 ; PEARSON & FRANKLIN, 1967) et la température (PEARSON & FRANKLIN, 1967). CORKUM (1978)

constate que l'activité benthique, ainsi que la dérive, se produisent durant la même phase lumineuse mais qu'il y a peu de corrélation entre elles.

L'incidence de la lumière sur la dérive se manifeste également par le biais de la photopériode. CORKUM (1978) et CIBOROWSKI (1979) montrent que la dérive d'activité est une fonction linéaire de la photopériode. Ce phénomène est cependant moins marqué en Côte d'Ivoire où les variations de la longueur du jour n'excèdent pas 45 minutes.

L'effet inhibiteur de la lumière de la pleine lune a également été signalé. Il est accusé de réduire l'activité de *Gammarus pseudolimnaeus* (WATERS, 1962 b ; ANDERSON, 1966 ; BISHOP & HYNES, 1969 b) mais ELLIOTT & MINSHALL (1968) signalent que la dérive des Ephéméroptères est trois fois plus forte lors de la pleine lune qu'en l'absence de lune. CHASTON (1968 a) considère que la lune n'a aucun effet sur l'intensité de la dérive.

Il apparaît donc que la dérive des Insectes aquatiques est un phénomène extrêmement complexe dont les variations sont engendrées par de multiples facteurs. On peut estimer que l'apparition d'une espèce dans la dérive est déterminée par un certain nombre de paramètres abiotiques caractéristiques du milieu et par un complexe de facteurs interdépendants qui lui est spécifique et qui inclut le cycle biologique, l'écophysiologie, la microdistribution et le comportement.

Toutefois, tous ces facteurs n'agissent ni en même temps, ni avec la même force. Certaines variations sont dues à des évolutions à moyen terme (exemple développement d'une espèce), d'autres suivent les rythmes lunaires, voire nycthémeraux. Enfin, il existe des microvariations inhérentes aux distributions des espèces.

L'étude des variations à court terme de la dérive lors d'une pollution ponctuelle est intéressante car elle permet, avec un minimum de moyens mis en jeu, d'avoir une idée de l'impact du toxique sur la faune aquatique. Il était cependant nécessaire, avant d'interpréter les résultats de l'impact des insecticides, de vérifier que les

organismes lotiques des régions tropicales africaines dérivent activement, comme le font ceux des rivières arctiques, selon un rythme nycthé-  
méral. Seuls quelques travaux (BISHOP, 1973 en Malaisie ; ELOUARD & LEVE-  
QUE, 1975, 1977) ont mis en évidence un tel phénomène dans ces contrées.  
Toujours dans une optique d'interprétation des résultats des impacts du  
téméphos sur la faune aquatique, il était utile de préciser le type de  
rythme propre à chacun des taxons.

## 2. Rythmes nycthémeraux de dérive des principaux taxons lotiques de la Maraoué.

Le rythme nycthémeraux des espèces lotiques les plus abon-  
dantes a été mis en évidence lors de trois expériences comprenant chacu-  
ne deux périodes d'étude de 24 heures situées avant et après les traite-  
ments.

Elles correspondent à trois situations différentes tant du  
point de vue saison, que du point de vue traitement de la rivière. Rappe-  
lons que :

- l'expérience *Mars 1979* a été réalisée en la station I lors des pre-  
miers traitements au téméphos de la basse Maraoué. Malheureusement, un  
surdosage de l'ordre de 200 fois a eu lieu (§ première partie, III., 1).
- l'expérience *Décembre 1979* a été faite en la station I alors que la  
rivière était traitée chaque semaine au téméphos. D'après OCP, un sous-  
dosage de l'insecticide aurait eu lieu lors de cette étude (§, première  
partie, III, 1.).
- l'expérience *Avril 1980*, conduite en la station III, s'est déroulée  
alors que la rivière était traitée depuis 13 mois à l'insecticide. Le  
dosage semble avoir été correct.

Seule, donc l'expérience *Mars 1979* peut nous servir de  
référence pour mettre en évidence les rythmes de dérive de la faune ento-  
mique. Les deux autres, réalisées en période de traitement insecticide,  
serviront à confirmer les résultats et devraient nous permettre d'appré-  
hender d'éventuelles variations des rythmes nycthémeraux, induites par  
le téméphos.

### 2.1. Résultats

Le cycle de dérive de l'expérience *Mars 1979* a été établi la veille du premier traitement au téméphos de la station I. L'aspect général des courbes qui représentent les variations des valeurs des indices de dérive des différentes espèces ou groupes taxinomiques, est de type classique avec, dans la majorité des cas, un effectif faible de jour et très élevé la nuit (fig. 59, tab. 16) ; elles peuvent se ranger dans les trois catégories définies par MULLER (1966) :

- cycle d'activité de type *bîgeminus* (maximum en début de nuit), Tanypodiinae (fig. 59 i) et Baetidae (fig. 59 b). (1)

- cycle d'activité de type *alternans* (acrophase en fin de nuit) : *Tricorythus* sp.1 (fig. 59b), Leptophlebiidae (fig. 59 d) et Caenidae (fig. 59 e). (1).

- cycle avec deux périodes d'activité, l'une située en début de nuit, l'autre en fin. Simulies (fig. 60 a), *Cheumatopsyche*, *Amphipsyche* et *Macronema* (fig. 59 c), Chironomini (fig. 60 b), Tipulidae (fig. 60 c), Crambidae (Pyralidae, fig. 60 c).

L'intensité de l'augmentation de la dérive nocturne par rapport à la dérive diurne est traduite par les valeurs du rapport RID (tab. 17). Le rythme nycthéméral est bien marqué pour les Trichoptères et les Ephéméroptères ; il l'est moins pour les Simulies et les Chironomides. Le rapport RID pour les Caenidae est de 0,80 ; valeur faible qui signifierait que les espèces de cette famille ont un rythme nycthéméral peu marqué. En fait, il n'en est rien et ce résultat est biaisé par le rythme *alternans* de ces espèces, ce que confirme la figure 59.

---

(1) Les larves d'Ephéméroptères, pour ces deux types de rythme, se classent dans les mêmes catégories que leurs imagos (ELOUARD & FORGE, 1978).

## 2.2. Comparaison avec d'autres résultats

Cette expérience met donc en évidence un rythme nycthéméral de dérive, pour les Insectes lotiques. Ces rythmes sont confirmés par les résultats obtenus lors des expériences *Décembre 1979* et *Avril 1980* (alors que la rivière était soumise à des traitements répétés de téméphos) (fig. 61 et 62 ; tab. 18 et 19). Bien que nous anticipions, en les présentant ici, sur l'exposé de l'impact du téméphos sur la dérive, nous préférons le faire afin de donner une synthèse des rythmes nycthéméraux des Insectes de la Maraoué ; nous prendrons également en compte dans cette synthèse des résultats obtenus sur d'autres rivières ivoiriennes (ELOUARD & LEVEQUE, 1977). Enfin, dans la mesure du possible, nous comparerons les rythmes obtenus en Afrique pour les principaux groupes taxinomiques à ceux constatés pour les mêmes groupes dans d'autres zones biogéographiques. Les caractéristiques des rythmes de dérive des principales espèces aquatiques sont donc les suivantes (fig. 59 à 62) :

### EPHEMEROPTERES

*Baetidae* : L'acrophase de dérive des *Baetidae* (*Centroptilum*, *Pseudocloeon*) est toujours nocturne, quelque soit la rivière ivoirienne échantillonnée. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus pour les genres *Baetis* et *Centroptilum* des régions paléarctiques et néarctiques (tab. 20).

*Caenidae* : L'acrophase de dérive est toujours nocturne, mais soit de type bigeminus, soit de type alternans. Nous pensons qu'il s'agit d'une variation due au genre ; les *Caenodes* et les *Caenomedeia* ne devant pas dériver aux mêmes heures. Rappelons que l'émergence des *Caenodes* a lieu au petit matin (ELOUARD & FORGE, 1978). Dans les régions tempérées, les *Caenidae* ont un rythme de dérive à maximum nocturne (tab. 20).

*Tricorythidae* : Leur rythme de dérive est toujours peu marqué et aucune référence bibliographique ne mentionne un quelconque rythme de dérive pour les représentants de cette famille. Pourtant,

ces Insectes ne sont pas de bons nageurs ; il faut croire que leur forme aplatie et hydrodynamique, conjuguée à leurs griffes puissantes, leur permet de résister au courant. Il faut également remarquer que, bien que vivant en milieu lotique, ces Insectes sont généralement peu exposés directement ; ils vivent en grand nombre, abrités dans les faisceaux des racines de *Ficus* ou dans les épais tapis de *Tristicha trifaria*. Les imagos du genre *Tricorythus* émergent massivement en début de nuit (ELOUARD & FORGE, 1978).

*Heptageniidae* : Bien qu'ils soient généralement peu abondants dans les prélèvements, on peut déceler une tendance à dériver la nuit. Les subimagos des genres *Afronurus* et *Notonurus* émergent en début de nuit (ELOUARD & FORGE, 1978). En région paléarctique, cette famille ainsi que la famille des Siphonuridae (très proche morphologiquement et éthologiquement), ont une dérive à maximum nocturne (tab. 20).

*Leptophlebiidae* : Ces Ephéméroptères sont rares dans les milieux lotiques (DEJOUX *et al.*, 1981). Ils abondent par contre, dans les eaux calmes des milieux lénitiques. Leur dérive à maximum nocturne a pourtant été observée lors des premiers traitements de la Maraoué. Dans les régions arctiques, ils dérivent selon un rythme nycthéméral à maximum nocturne (tab. 20).

### TRICHOPTERES

Un rythme nycthéméral à acrophase nocturne, a été mis en évidence pour les Trichoptères, sur les stations de la Léraba, de la Maraoué, du Bandama et du N'Zi. Le même phénomène a été établi pour les principaux genres d'Hydropsychidae ainsi que pour les autres familles de Trichoptères lors des expériences Mars 1979 et Avril 1980 sur la Maraoué. Les Hydropsychidae du genre *Cheumatopsyche* qui constituent la majorité de la faune trichoptérienne dérivante, ont un cycle de dérive d'activité bien marqué en Mars 1979 mais presque arythmique en Avril 1980.

En zone tempérée, les Hydropsychidae sont reconnus pour avoir une dérive d'activité à maximum nocturne (tab. 20).



## DIPTERES

*Simuliidae* : Chez toutes les espèces, le rythme nycthé-  
ral de dérive d'activité, lorsqu'il existe, est nocturne, comme l'ont  
montré les expériences effectuées sur la Léraba et la Maraoué (Mars  
1979 et Décembre 1979) ; l'absence de rythme de dérive est par contre  
noté en Avril 1980. En zone arctique, les Simulies dérivent selon un  
rythme nycthéral à acrophase nocturne (tab. 20).

*Chironomidae* : Leur cycle de dérive, lorsqu'il a pu être  
mis en évidence, est à maximum nocturne (expérience Mars 1979 et Avril  
1980). Il n'est cependant pas toujours bien défini ; ainsi aucune  
périodicité n'a été dégagée, tant pour les Chironomini que pour les Or-  
thocladiinae en Avril 1980. Il est possible que, dans cette dernière  
expérience, l'apériodisme observé soit imputable à des effets à moyen  
terme du téméphos.

BISHOP (1973) observe un apériodisme des Chironomides des  
rivières malaises. Dans les zones arctiques, les Chironomides sont sou-  
vent cités comme apériodiques en ce qui concerne leur rythme de dérive  
ou sont classés, selon les familles auxquelles ils appartiennent, dans  
les Insectes à maximum nocturne ou ceux à maximum diurne (BISHOP & HYNES,  
1969 ; cf. aussi tab. 20). Il a également été signalé que la dérive de  
ces Insectes est très liée à l'écophase ainsi qu'aux périodes d'émergen-  
ce ou d'exuviation (tab. 20).

*Tipulidae* : Leurs effectifs sont peu abondants dans les dé-  
rives et il est difficile de dégager une périodicité des données recueil-  
lies. BAILEY (1966) mentionne le même type d'observation à leur propos.

## AUTRES GROUPES TAXINOMIQUES

Les Plécoptères, les Coléoptères, et les Odonates sont peu  
abondants en Côte d'Ivoire dans les prélèvements de dérive. Il est donc  
peu aisé de préciser leur période nycthérale d'activité.

Les Plécoptères par contre, abondent dans les régions arc-  
tiques et leur éthologie de dérive, maintes fois étudiées, possède une  
acrophase nocturne (tab. 20). Les mêmes remarques sont applicables aux  
Coléoptères aquatiques des mêmes régions (tab. 20).

### 3. Impact des épandages de téméphos sur la dérive

#### 3.1. Cinétique de décrochement des principaux taxons

De toutes les observations faites à la suite des épandages réalisés par OCP, il ressort que l'impact à court terme du téméphos est très net et largement supérieur à celui émanant de l'action des principaux paramètres mésologiques (DEJOUX & ELOUARD, 1977). Nous avons essayé de confirmer et d'affiner ces résultats aux moyens de trois expériences, afin de vérifier s'il était possible d'utiliser la surveillance de la dérive pour quantifier l'impact du téméphos sur la faune lotique.

Les trois études retenues sont celles précédemment nommées *Mars 1979, Décembre 1979 et Avril 1980*.

Bien que les conditions expérimentales ne soient pas les mêmes et que les impacts constatés varient en intensité, un certain nombre de résultats sont communs et permettent de dégager les points essentiels de l'action du téméphos sur la dérive.

Une augmentation sensible de l'intensité de la dérive est perceptible entre 15 et 30 minutes après épandage (1), l'acrophase de décrochement apparaissant après 30 minutes (exp. *Avril 1980*, fig. 62, tab. 19), 45 minutes (exp. *Mars 1979*, fig. 59 et 60, tab. 16) et une heure trente (exp. *Décembre 1979*, fig. 61, tab. 18). Dans le premier cas, *Avril 1980*, l'acrophase est modeste, dans les deux derniers cas, *Mars 1979 et Décembre 1979*, elle est assez élevée. Ce phénomène est bien traduit par les indices de mesure de la dérive : les rapports d'augmentation instantannée maximum (Rmx) et pondérée (Rpd) sont faibles pour l'expérience *Avril 1980*, tandis qu'ils sont élevés pour les expériences *Mars 1979 et Décembre 1979* (tab. 17). De même, le rapport entre les indices de dérive de nuit et les indices de dérive de jour ( $ID_n / ID_j$ ) a considérablement diminué durant les 24 heures qui ont suivi l'épandage par rapport à celles qui le précédaient. Il est néanmoins plus élevé dans l'expérience *Avril 1980* que dans les expériences *Mars 1979 et Décembre 1979* et, ce qui confirme un moindre impact du toxique, dans l'expérience *Avril 1980*.

---

(1) Rappelons que pour ces trois expériences, l'épandage aéroporté eut lieu entre 100 et 150 mètres du point surveillé.

On remarque donc que bien que l'intensité du phénomène ne soit pas la même dans les trois expériences, l'effet est toujours manifeste et ne peut être imputé qu'au téméphos.

Toutefois, tous les taxons ne réagissent pas avec la même intensité, ni la même rapidité à l'insecticide. Nous allons dégager pour chacun d'eux les caractéristiques générales de leurs réactions.

### Effet sur les Diptères

#### Effet sur les Simulies

Lors des premiers traitements de la basse Maraoué (expérience Mars 1979), toutes les Simulies présentes sur le gîte (*S.damnosum s.l.*, *S.tridens*, *S.unicornutum*, *S.adersi*) montrèrent une sensibilité extrême à l'insecticide, se traduisant par un pic très élevé de l'indice de dérive trois quarts d'heures après l'épandage (fig. 60 a). Ce décrochement massif décrivit très vite jusqu'à devenir inexistant, sans doute faute de larves. Les prélèvements de la faune en place confirmeront l'élimination quasi totale des Simulies du bief étudié.

Lors des expériences Décembre 1979 et Avril 1980, seules les espèces *S.schoutedeni* et *S.tridens* étaient abondantes sur les biefs. Il existait cependant quelques *S.damnosum s.l.* (tab. 18 et 19) et quelques *S.unicornutum*. Le passage du téméphos fut, dans ces deux cas, suivi d'un décrochement massif, mais de courte durée. Les espèces peu abondantes telles que *S.damnosum s.l.* et *S.unicornutum* étaient absentes des dérives 24 heures après l'épandage, du fait de leur élimination ou de leur rareté. Les Simulies aux populations abondantes présentaient par contre une dérive non négligeable. Ceci laisse penser qu'un reliquat de population de ces espèces persistait sur les substrats immergés de la rivière (fig. 61 et 62).

#### Diptères autres que les Simulies

##### Chironomides

Dans l'expérience Mars 1979, l'ensemble des Chironomides présente, vis-à-vis du téméphos, une réaction forte et rapide mais non catastrophique. Vingt quatre heures après l'épandage, il subsiste des

Chironomini dans la dérive (fig. 60 b). La différence numérique assez faible, entre les nombres de ces Insectes dérivant avant et après traitement, témoigne d'une action partielle du toxique sur leurs populations.

Dans l'expérience *Décembre 1979*, l'ensemble des Chironomidae présente une réaction nette à l'insecticide, mais de moindre amplitude que celle des Simulies (fig. 61 a, b et c). Pour les espèces *Ablabesmyia pictipes* et *Nanocladius sp.*, l'acrophase de décrochement est retardée par rapport à celle des autres groupes taxinomiques et a lieu 2 heures après l'introduction du téméphos (tab. 18). Pour l'ensemble des espèces de cette famille, le rythme nocturne de dérive persiste, souvent plus marqué qu'il ne l'était auparavant.

Dans l'expérience *Avril 1980*, l'impact du téméphos sur les Chironomidae est assez faible. Les Chironomini (*Polypedilum deletum*) ainsi que les Orthocladiinae (*C. quadrifasciatus*) ne présentent qu'un faible accroissement momentané de leur dérive après l'épandage (fig. 62 b et d).

#### Tilupidae

Les Tilupidae du genre *Anthoca* qui colonisent habituellement les *Tristicha trifaria* qui recouvrent les rochers, réagissent assez tardivement (fig. 60). L'acrophase de dérive se situe vers 12 heures et dure jusqu'à 16 heures. Ce décrochement a donc lieu 3 h 30 après l'épandage (expérience *Mars 1979*).

### Effet sur les Trichoptères

#### Expérience Mars 1979

Les *Cheumatopsyche*, les *Amphipsyche* et les *Macronema* décrochent massivement mais plus tardivement que les Simulies ; le maximum de dérive se situe 1 heure et demie après l'épandage (fig. 59 c). L'indice de dérive 24 heures après l'épandage est du même ordre de grandeur que celui établi juste avant l'épandage pour les *Amphipsyche*, et les *Macronema* lesquels sont généralement localisés sous les pierres et les rochers. L'indice de dérive est cependant réduit de moitié par rapport à celui des *Cheumatopsyche* moins abrités, vivant généralement sur les surfaces rocheuses lavées par le courant.

Il est remarquable de pouvoir constater que malgré un surdosage important, une partie des populations d'Hydropsychidae résiste au passage de l'insecticide . Ceci sera confirmé par l'analyse des prélèvements de la faune des rochers (cf. troisième partie, III.).

#### Expérience Décembre 1979

Les Hydropsychidae (*Cheumatopsyche falcifera*, *Macronema* sp., *Amphipsyche senegalense*, *Aethaloptera dispar*) sont peu présents dans la dérive, que ce soit avant ou après l'épandage. Toutefois, le nombre d'individus augmente sensiblement dans la dérive après l'épandage, ce qui traduit une réaction au téméphos. Cependant, un certain nombre d'individus sont encore présents dans la dérive après 24 heures. Les populations d'Hydropsychidae semblent donc ne pas avoir été éliminées du milieu par le téméphos.

L'espèce *Chimarra petri* (Philopotamidae) est quasi absente de la dérive durant la période précédant les traitements. On peut en conclure que cette espèce est peu abondante ou dérive peu. Elle présente par contre un pic net de décrochement 1 h 30 après l'épandage, ce qui prouve qu'elle réagit assez fortement au pesticide. Les autres espèces de Trichoptères sont peu abondantes dans la dérive avant et après épandage, et aucune conclusion ne peut être déduite des effectifs récoltés, quant à leur sensibilité vis-à-vis du téméphos (tab. 18 ; fig. 61).

#### Expérience Avril 1980

L'Hydropsychidae *Cheumatopsyche falcifera* constitue plus de 90 % de la faune dérivante des Trichoptères. Une augmentation sensible de la dérive a lieu après le passage de l'insecticide. Elle reste cependant de faible amplitude (fig. 62 a). On constate par contre que la dérive est très arythmique durant la période qui suit l'épandage. Enfin, il est utile de remarquer que l'effectif du *C. falcifera* présent dans la dérive est non négligeable 24 heures après l'épandage, ce qui laisse croire, comme pour les Simulies, à un impact faible du toxique sur cette espèce.

Quoique les autres espèces de Trichoptères soient beaucoup moins abondants dans la dérive que l'espèce *C. falcifera*, des conclusions

analogues sont à formuler à leur propos.

#### Effet sur les autres groupes taxinomiques

Les Crambidae (Pyralidae aquatiques) colonisent, comme les Tipulidae du genre *Anthocha*, les *Tristicha trifaria* qui recouvrent les rochers. Leur cinétique de décrochement est identique à celle des Tipulidae, aussi bien en ampleur qu'en délai tardif de réaction morbide (fig. 62 c, expérience Mars 1979).

En ce qui concerne les autres groupes taxinomiques (Odonates, Sysiridae) on pourrait penser, au vue de l'augmentation de leur dérive après traitement, qu'ils réagissent au téméphos. En fait, les effectifs sont trop faibles pour l'affirmer et une fluctuation de la quantité de faune dérivante, due aux variations des facteurs du milieu influant sur la dérive, pourrait produire les mêmes résultats.

#### 3.2. Variations de la structure de la dérive

Les variations de la composition faunistique de la dérive ont été étudiées, de deux façons différentes :

. soit en calculant pour chacun des taxons, les fréquences relatives (en pourcentage), de la somme des effectifs, avant et après introduction du toxique dans le milieu.

. soit en calculant les fréquences relatives (en pourcentage) des effectifs des taxons durant l'heure qui précédait l'épandage et celle située 24 heures plus tard.

La première méthode tient compte de la cinétique de décrochement particulière à chaque taxon tandis que la seconde fournit une vision instantannée plus précise mais peut manquer son but si le phénomène à observer est de courte durée.

Nous exposerons en premier lieu les résultats acquis grâce à la première méthode et nous tenterons de les confirmer par la seconde.

### Expérience Mars 1979

Il existe peu de différences entre les fréquences relatives obtenues avant et après l'épandage pour les principaux groupes taxinomiques (tab. 21 ; fig. 63 a). Ces fréquences relatives des Ephéméroptères sont respectivement de 30 et 29 %, celle des Baetidae de 44 et 66 %, celles des Caenidae de 45 et 12 % et celle des Tricorythidae de 4 et 10 %.

La participation des Simulies à la faune est de 5 % avant, contre 4 % après l'épandage ; ces valeurs étant respectivement de 16 et de 14 % pour les Chironomides.

Les fréquences relatives des Ephéméroptères, des Simulies et des Chironomides sont donc peu modifiées après l'épandage par rapport à celles d'avant l'épandage. Il faut toutefois remarquer que des variations peuvent se manifester à l'intérieur d'un groupe taxinomique. Ainsi, dans l'ordre des Ephéméroptères, les Baetidae dérivent proportionnellement davantage après qu'avant l'introduction du téméphos dans le milieu alors que les Caenidae voient leur participation à la dérive se réduire.

Les Trichoptères contribuent à 35 % de la faune dérivante avant l'épandage et voient leur représentativité augmenter avec une fréquence relative de 43 % après l'épandage. Dans cet ordre, les Hydroptychidae représentent 94 % des individus dérivant avant l'épandage et la quasi-totalité de ceux-ci après avec une fréquence relative de 98 %.

### Expérience Décembre 1979

La composition faunistique est résumée par le tableau 22 et la figure 63 b. Comme dans l'expérience *Mars 1979*, la composition globale varie très peu. Il faut cependant remarquer que les Trichorythidae et les Heptageniidae forment une plus grande partie de la dérive après l'épandage (tab. 22) ; les autres variations étant relativement minimes.

Expérience Avril 1980

Avant l'épandage, les Trichoptères forment 41 % de la faune dérivante parmi lesquels 90,5 % sont des Hydropsychidae (tab. 23 ; fig. 64).

Les Ephéméroptères contribuent à 28 % de la faune dérivante dont 34 % sont des Baetidae et des Caenidae.

Les Simulies forment 2,3 % et les Chironomides 20 % de la faune dérivante. Les Chironomides se composent à 23 % de Chironomini, 7 % de Tanytarsini, 22 % de Tanypodiinae et 48 % d'Orthoclaadiinae. L'ensemble des autres taxons ne représente que 8,6 % de la faune dérivante avant le traitement de la rivière au téméphos.

Les valeurs sont très peu modifiées après l'épandage. Ainsi, les Trichoptères constituent 40,7 % de la dérive parmi lesquels on peut identifier 93 % d'Hydropsychidae. Les Ephéméroptères y contribuent à 42,2 % (45,5 % de Baetidae et 53 % de Caenidae). Les Simulies et les Chironomides augmentent légèrement leur fréquence relative et constituent respectivement 4,6 et 23,4 % de la faune dérivante. Les Chironomides sont constituées à 30 % de Chironomini, 11 % de Tanytarsini, 18 % de Tanypodiinae et 41 % d'Orthoclaadiinae.

Dans les trois expériences, le traitement de la rivière au téméphos n'induit donc pas de changements notables à court terme, dans la structure de la dérive. Ce résultat semble être en opposition avec l'image d'une sensibilité différentielle des populations des espèces d'Insectes vis-à-vis de ce pesticide. Deux hypothèses peuvent être invoquées pour l'expliquer :

. le téméphos n'est pas sélectif car il n'existe pas de sensibilité différentielle des organismes à ce pesticide.

. le téméphos est sélectif et entraîne une dérive accrue des espèces sensibles juste après l'épandage, diminuant du même coup leur abondance sur les substrats. Au bout de 24 heures, leurs populations très réduites, ne fournissent plus à la dérive que peu d'organismes.



Les taxons peu sensibles sont, par contre, encore abondants sur les substrats et fournissent un taux inchangé d'individus à la dérive. Les sommes sur 24 heures des nombres d'Insectes sensibles et peu sensibles, ayant dérivé avant et après épandage, sont peu différentes, ce qui entraîne une grande similarité de leur abondance relative. Ce résultat particulier est peut-être la conséquence de notre méthode de mesure. Dans ce cas, la composition de la dérive se révélerait différente si elle était mesurée juste avant l'épandage, et 24 heures après.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons comparé lors de l'expérience *Mars 1979*, les prélèvements réalisés le 07/03/1979 avant l'épandage, à 8 heures et le 08/03/1979 à 8 heures après l'épandage. Les fréquences relatives obtenues sont les suivantes :

	7/03	8/03
Simulies	11,4 %	0 %
Ephémères	20,5 %	25,3 %
Trichoptères	34,1 %	26,1 %
Chironomides	13,6 %	21,5 %

La contribution de chaque taxon à la dérive varie davantage dans ce cas, mais l'interprétation des résultats reste tout aussi complexe. En effet, si l'absence de Simulies est révélatrice, il est difficile de savoir si l'augmentation de la fréquence d'un taxon est due à la diminution dans la dérive des effectifs des autres taxons et au maintien à effectif constant du taxon étudié ou bien à l'augmentation réelle dans la dérive de l'effectif du taxon étudié, conséquence d'un empoisonnement retardé, ou encore à la combinaison de ces cas.

### 3.3. Discussion

Nous venons de mettre en évidence que l'introduction du téméphos dans la rivière a un impact net et non négligeable sur le phénomène de dérive. Quelle que soit la concentration employée, cet impact se traduit par une forte augmentation de la dérive peu de temps après l'épandage, témoignant d'un décrochement notable des organismes de leurs substrats.

Des résultats analogues ont été déjà obtenus avec le téméphos par WALLACE *et al.*, (1973) en zone tempérée et par DEJOUX (1977 a, 1978 a 1978 a, b, et c), ELOUARD *et al.* (1974) et ELOUARD & TROUBAT (1979) en Côte d'Ivoire (tab. 24).

Le Dursban<sup>R</sup> (WALLACE *et al.*, 1973), le méthoxychlore (WALLACE *et al.*, 1976), le carbaryl (COURTEMANCH & GIBBS, 1980) en zone néarctique, le chlorphoxim (GIBON & TROUBAT, 1980), le Reldan C, l'Actellic M 20, le Decis (deltaméthrin) (DEJOUX *et al.*, 1979) entraînent des impacts semblables sur la dérive de la faune simuliidienne et celle de la faune lotique non-cible (tab. 24).

Toutefois, si l'aspect global constaté est commun à toutes les expériences, avec le téméphos un certain nombre de facteurs de variation, tels que l'espèce considérée, la quantité de téméphos épan- due, la saison d'expérimentation, voire les traitements répétés de téméphos, sont la cause de différences dans le temps de latence, l'am- plitude de l'augmentation de la dérive, la durée du décrochement et le rythme nycthémeral.

a : *Le temps de latence* : il varie de trente minutes à trois heures selon les groupes taxinomiques considérés. Il est très court chez les Ephéméroptères et les Simulies mais augmente lorsque l'on considère le groupe des Trichoptères puis celui des Chironomides (exemple : *Nanocladius sp.*, tab. 18, expérience Décembre 1979).

L'intoxication plus ou moins rapide des espèces, liée à leur sensibilité, est sans doute la cause de cette différence dans les temps de réaction. Toutefois, des réactions d'irritation sont également incriminées (FREMPONG-BOADU, 1966 ; MUIRHEAD-THOMPSON, 1970). Elles entraînent un abandon du point d'ancrage et des réactions de fuite vers l'aval. Ce réflexe n'est pourtant pas favorable à la survie des organismes puisque les Insectes qui se laissent dériver voyagent alors avec la vague insecticide, augmentant ainsi leur temps de contact. De plus, la survie des Insectes dérivant après épandage reste plus qu' hypothétique. DEJOUX (1977) en Côte d'Ivoire, a étudié leur devenir après épandage, et a démontré que leur taux de survie est extrêmement faible comparé à celui des témoins, lorsqu' après traitement ils sont remis en élevage dans des eaux non polluées.

b : *L'amplitude du décrochement* : On observe des différences considérables de l'amplitude de décrochement selon les espèces. Elles sont certainement imputables à leur sensibilité vis-à-vis du téméphos. Ces espèces sensibles décrochant davantage et plus rapidement que celles qui sont peu ou pas sensibles.

L'évaluation du décrochement engendré par le pesticide ne peut se faire qu'en comparant la densité de dérive après épandage à la dérive de base établie avant. En effet, l'absence de cette donnée empêche de savoir si les espèces abondantes dans la dérive après traitement, le sont parce qu'elles sont très sensibles et de ce fait, décrochent en masse, ou parce qu'elles sont très abondantes sur les substrats et décrochent peu du fait de leur faible sensibilité à ce pesticide.

Avant d'aborder la comparaison entre les amplitudes de décrochement obtenues à chaque expérience, nous nous devons de rechercher l'incidence de l'heure à laquelle a lieu l'épandage. Mais, la précaution de faire traiter la rivière pendant les heures de jour durant lesquelles la dérive naturelle est minimale, empêche de répondre à cette question. On ne peut que postuler un éventuel effet plus important lorsque l'insecticide passe sur un gîte au moment de l'acrophase nocturne de dérive naturelle, c'est-à-dire de la période d'activité des organismes lotiques.

Rappelons que trois situations différentes ont prévalu quant à la dose de téméphos épandue : surdosage (expérience *Mars 1979*), sous-dosage (expérience *Décembre 1979*), et dosage correct (expérience *Avril 1980*).

D'une façon générale, il peut être constaté que si le surdosage de *Mars 1979* entraîne une dérive maximum, l'épandage correct de *Avril 1980* produit une action dans l'ensemble moins forte que celle obtenue lors du sous-dosage de *Décembre 1979*. Les indices maximum de dérive observés sont  $ID = 1\,496,5$  pour le surdosage,  $ID = 407,3$  pour le sous-dosage, et  $156,8$  individus par  $m^3$  pour l'épandage de *Avril 1980*.

Ce phénomène est également bien illustré par les valeurs des augmentations maximales et pondérées ainsi que par celles obtenues en

faisant les rapports entre indices de dérive de jour et de nuit (tab. 18 ). Les valeurs des augmentations maximales (Rmx) ainsi que celles des augmentations pondérées sont très voisines pour les observations de *Mars* et de *Décembre 1979*, mais sont respectivement plus faibles en *Avril 1980* (tab. 17). Il en va de même si l'on compare les rapports RID AVT/RID APT (1) (tab. 17 ). Ce rapport est de 3,0 et de 3,1 respectivement pour chacune des deux premières observations alors qu'il n'est que de 1,9 pour la troisième. Cela traduit un impact moindre ainsi qu'un rythme réduit en *Avril 1980*.

Une moindre sensibilité des Insectes peut être invoquée. Nous ne pouvons cependant déterminer si elle est génétique, c'est-à-dire due à l'apparition d'une résistance des populations après 13 mois de traitements hebdomadaires, ou si elle est physiologique, donc imputable directement ou indirectement aux facteurs saisonniers (exemple : les conditions sévères de l'étiage qui renforceraient la résistance physiologique des organismes). Il n'est néanmoins pas possible d'opter pour l'une ou l'autre de ces hypothèses en ne s'appuyant que sur les résultats de dérive.

c : *La durée* : la durée du phénomène est variable selon l'espèce considérée. Ainsi, par exemple, les *Tricorythus* décrochent rapidement et intensément, mais durant peu de temps, comparativement aux *Orthoclaadiinae* ou aux *Tanypodiinae* (fig. 59) ; leur pic de décrochement est encore plus aigu en *Décembre 1979* (fig. 61).

D'une manière générale, et pour tous les taxons, la variation de l'intensité de la dérive due au téméphos, n'est que de courte durée, ce qui fait que lorsque l'espèce n'a pas été éliminée, la dérive en fin de nuit après épandage, tend à retrouver un taux voisin de celui observé avant.

Cette tendance est mise en évidence par les rapports entre les dérives récoltées avant et après traitement, calculés toutes les deux heures sur 22 ou 24 heures (de 16 à 12 heures en *Décembre 1979*, et de 16 à 14 pour ceux d'*Avril 1980*). Les courbes 65 a et 65 b se

---

(1) AVT : AVant Traitement ; APT : APrès Traitement.

rapprochent assez rapidement et asymptotiquement de la valeur 1, signifiant que la réaction des organismes au téméphos est assez brève.

Pourtant, le retour à un taux de dérive voisin de celui existant avant l'introduction du pesticide, ne concerne pas toutes les espèces ; plusieurs d'entre elles ayant une dérive nulle quelques heures après l'épandage. Pour ces dernières, nous en déduisons :

- soit que le stress engendré par le téméphos est vaincu. Les individus survivants ne dérivent plus ou peu, et dans ce dernier cas, à un taux non décelable par notre méthode d'échantillonnage.

- soit que les individus sont tous morts, décimés par le téméphos.

Une fois de plus, les résultats de dérive ne permettent pas d'opter pour l'une ou l'autre de ces hypothèses. Le choix sera par contre possible au vu des résultats des expériences en gouttière ou sur la faune en place.

d : *Le rythme nycthémeral* : il est dans l'ensemble peu perturbé à court terme par le toxique, quelle que soit l'espèce ou l'expérience considérée ; la dérive nocturne après l'épandage étant cependant plus intense que celle de la nuit qui le précède (fig. 59 à 62).

A long terme, par contre, il pourrait y avoir une perturbation du rythme nycthémeral. En effet, la plupart des taxons récoltés dans la dérive avant traitement au téméphos, lors de l'expérience *Mars 1979*, présentent un rythme nycthémeral de dérive bien marqué, avec une acrophase nocturne de type bigeminus ou de type alternans. Dans l'expérience *Décembre 1979*, les taxons dérivent encore selon un cycle nycthémeral, mais l'acrophase nocturne est beaucoup moins prononcée pour la plupart d'entre eux (Chironomidae, Baetidae, Tricorythidae). Le rythme nycthémeral persiste de façon marquée chez les Caenidae et *S. schoutedeni*. Enfin, seuls les Caenidae possèdent un rythme de dérive marqué lors de l'expérience *Avril 1980*. Les autres groupes taxinomiques ont une dérive très variable (*C. falcifera*) ou uniforme (Chironomides, Simulies) sans périodicité marquée (fig. 62). Ces différences observées dans les rythmes

de dérive en fonction des expériences peuvent être imputables :

- à des paramètres biotiques ou abiotiques à caractère saisonnier qui influerait sur l'écophysiologie des taxons.

- à un impact à long terme du téméphos qui, soit modifierait progressivement l'écophysiologie des espèces, soit engendrerait une dérive de morbidité assez élevée et constante ; cela nivellerait les différences habituellement observées entre les dérives de jour et de nuit.

Remarque : En l'absence de données sur l'abondance de la faune des espèces sur les substrats et de leur sensibilité au téméphos, il est difficile d'interpréter les paramètres "temps de latence, amplitude et durée du décrochement". Une approche est cependant possible au moyen d'indices qui établissent une relation entre les dérives mesurées avant et après épandage.

L'importance du décrochement des Invertébrés après le passage du toxique est mesurée à l'aide des rapports d'augmentation instantanée maximum (Rmx) et pondérée (Rpd). Leur utilisation nécessite un suivi important de l'expérience et requiert de nombreux prélèvements. L'interprétation et la comparaison des résultats souffrent d'une imprécision du fait de la faible définition de ces paramètres. Il est en effet difficile de comparer les rapports Rmx de deux espèces dont les acrophases sont assez espacées l'une de l'autre après un épandage. De même, la fréquence d'échantillonnage appliquée durant l'heure de l'acrophase n'est pas définie pour le rapport Rpd. De plus, les deux rapports ne tiennent pas compte des effets morbides qui apparaissent avec un retard plus ou moins grand.

Compte tenu que l'augmentation intense de la dérive engendrée par un pesticide ne dure rarement plus de quatre heures, il serait préférable de ne calculer qu'un seul indice, évalué par 12 mesures

échelonnées toutes les demies heures à raison de quatre avant traitement et huit après. Un tel indice serait peut-être moins précis quant à l'évaluation du maximum de dérive après l'introduction du toxique, mais rendrait mieux compte de son impact global.

Les trois autres indices mentionnés dans cette étude ( $ID_n$ ,  $ID_j$  et  $ID_n/ID_j$ ) sont encore plus délicats à utiliser pour étudier l'impact à court terme d'un insecticide sur la dérive. Rappelons que l'indice  $ID_j$  est établi une heure trente avant le coucher du soleil et l'indice  $ID_n$  une heure après. Selon l'heure à laquelle a lieu le passage de l'insecticide et donc le pic de décrochement, le suivi de ces deux indices, ou de leur rapport, prouvera une toxicité aigüe ou une innocuité du pesticide. Un exemple de cette assertion a été établie avec les données de l'expérience *Mars 1979*.

Si on avait estimé l'action du téméphos en ne considérant uniquement la dérive qu'avant et 24 h après traitement (prélèvements réalisés à 24 heures d'intervalle, respectivement les 7 et 8 mars 1979, à 8 heures), nous aurions pu conclure à une innocuité du produit vis-à-vis de la faune non cible. En effet :

- le nombre total d'organisme dérivant est de 132, 24 h avant l'épandage et de 130, 24 heures après l'épandage.

- le coefficient de corrélation entre ces deux séries d'effectifs est significatif et conforme ( $r_{obs} = 0,61 > r = 0,50$  à 1 % pour  $n = 25$  avec un test de conformité  $t_{obs} = 3,72 > 3,104$  à 5 % et  $< 3,77$  à 1 %).

- une comparaison semblable entre les échantillons prélevés à 16 heures avant l'épandage et à 16 heures après, le lendemain de l'épandage nous donne une corrélation significative et conforme ( $r_{obs} = 0,67 > r = 0,46$  à 1 % pour  $n = 29$  avec  $t_{obs} = 4,71 > t = 3,69$  à 1 %).

Donc même si  $r$  est différent de 1 (ce qui signifie que tous les taxons n'ont pas été affectés au même degré par l'insecticide), il n'est pas possible de conclure à un effet de l'insecticide. Avec une

telle mesure, le pic de décrochement et donc l'impact à court terme du téméphos serait passé inaperçu.

Le rapport  $ID_n/ID_j$  présente le même type d'inconvénient lorsqu'il est utilisé pour mesurer l'impact à court terme.



## II. TESTS EN GOUTTIERE

### 1. Introduction

L'étude des variations de la dérive des organismes qui ont subi une dose d'insecticide et plus particulièrement de téméphos, permet, incontestablement de mettre en évidence l'impact du toxique étudié sur le milieu. Toutefois, l'intérêt de cette méthode ne dépasse guère le constat puisqu'il est quasiment impossible de relier quantitativement l'augmentation de la dérive à la quantité d'individus présents sur les substrats. Il est, de plus, très délicat d'en déduire des informations quant à la sensibilité des espèces. Or, ces informations sont primordiales si l'on veut interpréter les variations d'abondance des populations ou des structures de peuplements engendrées par le téméphos à moyen et à long terme.

Les tests réalisés en laboratoire, soit en eau calme (MUIRHEAD-THOMPSON, 1977), soit en eau courante et en circuit fermé (MUIRHEAD-THOMPSON, 1978 b ; GAUGLER *et al.*, 1980) donnent des résultats précis mais souvent très éloignés de ceux obtenus sur le terrain. C'est ainsi que MUIRHEAD-THOMPSON (1973) trouve que les concentrations efficaces contre les larves de Simulies sont de 0,2 à 0,5 ppm alors que les

concentrations nécessaires *in situ* sont comprises dans la fourchette de 0,05 à 0,01 ppm.(1).

Plusieurs paramètres interviennent et modifient la toxicité des insecticides lorsqu'ils sont utilisés en laboratoire ; les résultats s'éloignent alors de ceux obtenus *in situ*. Parmi les paramètres, nous pouvons noter :

. la température. FREDEEN (1972) montre que les organochlorés sont plus toxiques pour les larves de Trichoptères, à 10 °C qu'à 20 °C. L'inverse est vrai pour les organophosphorés. BACK *et al.* (1979) trouvent que 16 °C est la température optimum pour le téméphos. LACEY & MULLA (1978) obtiennent une corrélation positive entre l'élévation de la température de l'eau et l'accroissement de la mortalité des Simulies néarctiques traitées au diflubenzuron.

. la pureté de l'eau ou sa turbidité. Il a été mis en évidence que certains insecticides, dont le téméphos, voient leur efficacité diminuer dans l'eau pure. Ces pesticides agissent habituellement par adsorption sur les particules organiques en suspension dans l'eau (GUILLET & ESCAFFRE, 1979).

. l'arrêt de l'alimentation dans le cas de test en eau calme. L'insecticide ne peut agir dans ce cas que par contact et non plus par ingestion comme c'est le cas *in situ* pour les espèces de Simulies.

. l'impossibilité de fuir ou de mettre en jeu tout comportement permettant à l'Insecte d'éviter le contact avec le téméphos.

Par contre, les expériences en gouttières réalisées dans la rivière échappent aux critiques précédemment formulées. Il faut néanmoins préciser que si les conditions d'essais des insecticides se

---

(1) Cet auteur (1981) remet même en question la validité des traitements OCP en parlant de "surdosages délibérés ou accidentels" puisque pour lui, la concentration de 0,01 ppm devrait être inefficace. Soulignons que ses tests étaient réalisés dans de l'eau pure sur deux Simulies paléarctiques, *S. ornatum* et *S. equinum* et non sur *S. damnosum* s.l.

rapprochent des conditions réelles, elles sont soumises aux variations des paramètres naturels et par ce fait, moins reproductibles. Elles ont toutefois l'avantage de fournir une bonne estimation des taux de mortalité puisque les nombres exacts des organismes morts et testés sont connus.

Trois expériences en gouttière ont été effectuées sur la Maraoué.

. une expérience avec une gouttière unique en décembre 1979 en la station I (expérience A). Il s'agissait de connaître l'impact du téméphos épandu en conditions de programme sur une faune entomique subissant un épandage hebdomadaire depuis 9 mois (cf. figure 13, Partie I).

. une expérience avec cinq gouttières en février 1980 en la station I (expérience B). L'impact de trois concentrations de téméphos (0,025 ; 0,05 ; 0,1 ppm) a été comparé à un témoin et à un épandage effectué dans le cadre du programme de lutte contre l'onchocercose. La rivière était traitée par OCP depuis 11 mois (cf. figure 13, Partie I).

. une expérience avec 5 gouttières en avril 1980 en la station III (expérience C). La rivière était traitée depuis 13 mois. Comme pour l'expérience précédente, trois concentrations de téméphos (0,025 ; 0,05 et 0,2 ppm) ont été comparées à un témoin et à un épandage du programme de lutte contre l'onchocercose. La différence entre les faunes présentes en février et en avril a dicté la réplification de cette expérience.

Deux aspects de l'impact à court terme du téméphos sur les Insectes lotiques peuvent être mis en évidence:

- le premier, d'ordre qualitatif, concerne la cinétique de décrochement des organismes après l'introduction du téméphos dans la gouttière. Le phénomène observé est analogue à celui mis en évidence pour la dérive *in situ*.

- le second, d'ordre quantitatif, permet de calculer le taux de mortalité et donc la sensibilité des espèces (1).

---

(1) Avant d'exposer les résultats relatifs à la cinétique de décrochement et à la sensibilité des espèces, nous nous sommes assurés que le contenu des gouttières était relativement homogène (annexe 1) et qu'il était comparable du point de vue composition faunistique, aux entomocénoses saxicoles (annexe 2). (annexe 1:p197, annexe 2:p 198).

## 2. Cinétique de décrochement

Les cinétiques de décrochement sont exprimées soit en nombre d'individus dérivant par heure, soit en pourcentage de décrochement par rapport à la faune en place. Le premier calcul est plus facile mais ne rend pas compte de l'importance relative des décrochements. Le deuxième en rend compte mais exagère les résultats lorsque la faune testée est trop peu abondante ou très réduite par l'insecticide. Dans le cas des gouttières, l'étude de la cinétique de décrochement n'étant pas indispensable à la connaissance quantitative de l'impact du téméphos, les résultats seront exprimés tantôt selon la première méthode de calcul, tantôt selon la seconde. Cette alternative permet d'illustrer les deux méthodes. Pour démontrer les phénomènes mis en évidence, pour chaque expérience, il ne sera décrit que quelques exemples.

### Expérience A

La cinétique de décrochement après épandage est du même type que celle observée pour la dérive (Expérience D2, § Troisième partie, I). Le temps de latence, avant l'augmentation brutale des effectifs, est cependant un peu plus long. L'acrophase de décrochement a lieu deux heures après l'introduction du téméphos dans les gouttières. Le taux de décrochement (exprimé en nombre d'individus / heure) est redevenu normal 5 heures après l'épandage (fig. 66). Le pic dû à l'insecticide dure environ 2 heures. Il faut remarquer qu'à l'échelle choisie, la dérive des organismes avant l'épandage est pratiquement nulle et les rythmes nycthémeraux de dérive ne sont pas perceptibles.

Les espèces possèdent toutes des cinétiques de décrochement ayant le même faciès malgré leurs taux de mortalité différents. Ainsi, *S.schoutedeni* qui décroche peu (fig. 66 a) a la même cinétique que les trois espèces plus sensibles *Chimarra petri*, *Tricorythus sp. 1* et *Afronurus sp.* (fig. 66 b, c et d).

### Expérience B

La cinétique de décrochement est ici exprimée en pourcentage de décrochement par rapport à la faune en place. La réaction des organismes est beaucoup plus rapide. Le maximum de décrochement se situe

entre un quart d'heure et trois quarts d'heure après l'introduction du toxique. Les figures 67 et 68 illustrent la cinétique de décrochement pour les espèces *Cheumatopsyche falciifera* (Hydropsychidae) et *Cricotopus quadri-fasciatus* (Orthoclaudiinae) en fonction des différentes concentrations étudiées. L'espèce *C. quadri-fasciatus* présente une dérive nocturne avant l'épandage qui se retrouve également après épandage. Ce rythme n'est pas perceptible à l'échelle graphique retenue pour l'espèce *C. falciifera*.

### Expérience C

Comme pour l'expérience B, la cinétique de décrochement est exprimée en pourcentage théorique de décrochement par rapport à la faune présente dans la gouttière. La réaction des organismes est quasi instantanée quelle que soit la concentration employée. Les exemples donnés pour *C. falciifera* (fig. 69), *Pseudocloeon bertrandi* (fig. 70) et *Centroptilum sp.4* (fig. 71) illustrent la cinétique de décrochement. On peut noter un rythme de dérive pour l'espèce *C. falciifera*.

Ces trois expériences nous montrent que les cinétiques de décrochement des espèces traitées au téméphos dans les gouttières sont d'une manière générale identiques à celles observées lors des études de la dérive dans la rivière. Le décrochement de la faune lorsqu'il a lieu suit de près l'épandage mais est localisé dans le temps.

## 3. Sensibilité des espèces au téméphos

### 3.1. Sensibilités obtenues dans les différents tests

#### Expérience A

Les taux de décrochement, engendrés par le téméphos et mesurés 24 heures après l'épandage (tab. 25), sont très variables selon les espèces considérées, traduisant des sensibilités différentes à l'insecticide. Celles-ci peuvent être classées les unes par rapport aux autres sur une échelle relative (1) (échelle I, fig. 72).

---

(1) Exprimée en pourcentage de faune restante et non en pourcentage de décrochement afin d'être comparable aux échelles obtenues lors des expériences B et C qui sont exprimées en CL 50.

Les pourcentages de faune restante permettent de regrouper les sensibilités des Insectes en quatre groupes partitionnés comme suit :

- Insectes très sensibles à l'insecticide dont le pourcentage de décrochement après traitement dépasse 70 % des effectifs. Parmi les espèces les plus abondantes figurent *Afronurus sp.*, *Tricorythus sp.1* et *Chimarra petri*.

- Insectes qui présentent un taux de décrochement compris entre 30 et 70 %. Les réactions de ces Insectes vis-à-vis du toxique sont donc moyennes. Ces espèces seront caractérisées comme sensibles. *Caenomedea sp.*, *Cheumatopsyche digitata*, *Polypedilum deletum* et *Pseudocloeon bertrandi* sont inclus dans cette catégorie.

- Insectes peu sensibles dont le pourcentage de décrochement après le passage de l'insecticide varie entre 10 et 30 %. Cette catégorie regroupe *S.schoutedéni*, *C.quadrifasciatus* et *C.falcifera*.

- Enfin, Insectes que nous qualifierons de non sensibles pour la gamme des concentrations employées dans le programme de lutte contre l'onchocercose, parmi lesquels sont regroupés *Ablabesmya pictipes* et *S.tridens*.

Un tel découpage arbitraire n'a qu'une valeur relative qui sert à hiérarchiser les sensibilités des espèces. Il faut également rappeler que l'insecticide était sous-dosé lors de cette expérience (§, première partie, III, 5.3). Des résultats des autres expériences, nous déduirons que la concentration de l'insecticide était très certainement inférieure à 0,025 ppm.

#### Expérience B et C

Trois concentrations, en sus du témoin, ont été appliquées (fig. 13) à chacune de ces expériences, ce qui permet de calculer les CL 50 des espèces après avoir corrigé les taux de mortalité observés, au moyen de la formule d'Abbott (FINNEY, 1962) (tab. 26 et 27).

Les CL 50 fournissent les échelles II et III qui permettent de classer les espèces selon leur sensibilité au téméphos. Toutefois, un certain nombre d'espèces ne sont pas numériquement assez bien

représentées pour permettre de calculer significativement la CL 50. Dans un tel cas, afin de pouvoir comparer les sensibilités des espèces d'une expérience à l'autre, nous avons procédé à un calcul graphique approximatif des CL 50.

#### Expérience B

La richesse spécifique des entomocénoses présentes tant sur les biefs que dans les gouttières était relativement faible et peu d'espèces étaient abondantes.

L'Orthoclaadiinae *C.quadri-fasciatus* a une CL 50 égale à 0,194 ppm, valeur supérieure aux doses théoriques de 0,05 à 0,1 ppm employées dans la lutte contre les Simulies. Les populations de cet Insecte ne sont donc que très partiellement atteintes par les épandages de téméphos. Il est fort probable qu'elles se maintiendront sans problème sur le gîte, si aucune rupture des chaînes trophiques n'intervient pour limiter leurs développements (1).(tab.28).

Les espèces *Polypedilum deletum* et *C.falcifera* ont une CL 50 avoisinant les 0,03 ppm. Elles ne sont donc également que partiellement atteintes par les épandages de saison sèche, dosés à 0,1 ppm.

Les autres espèces dont *P.bertrandi*, *S.tridens* et *Caenome-dea sp.* ont des CL 50 inférieures à 0,02 ppm. Il est à craindre que chaque épandage ait un impact notable sur les populations de ces taxons.

#### Expérience C

La richesse spécifique de la faune testée était plus grande que celle de la précédente expérience.

Deux taxons, *C.quadri-fasciatus* et *C.falcifera*, possèdent des CL 50 supérieures à 0,5 ppm (respectivement 0,81 et 0,57 ppm). Ces espèces sont donc très peu sensibles au téméphos et ne subissent qu'un

---

(1) Les hypothèses émises dans ce présent paragraphe, quant au maintien à long terme des populations seront infirmées ou confirmées dans la partie IV de cette thèse.

faible dommage aux doses théoriques de 0,05 ou 0,1 ppm employées dans le contrôle des larves de *S.damosum* s.l. (tab. 28).

Deux espèces *Polypedilum deletum* et *S.tridens*, ont des CL 50 supérieures à 0,1 ppm (respectivement 0,2 et 0,12 ppm). Si les populations de ces espèces sont touchées par les épandages, elles pourront cependant se maintenir dans la mesure où une partie de leur population ne sera pas tuée par le toxique.

L'espèce *P.bertrandi* à une CL 50 de 0,08 ppm. Quoique ses populations soient plus fortement touchées que celles des espèces précédentes, elles pourront se maintenir en partie à la dose de 0,1 ppm épandue en saison sèche.

Enfin, *Centroptilum* sp.<sup>4</sup> et *S.tridens* ont des sensibilités assez prononcées au téméphos. Leurs populations seront donc fortement réduites par l'emploi de cet insecticide.

### 3.2. Comparaison des sensibilités relatives

Les expériences précédentes fournissent trois échelles différentes, soit en mode d'expression (pourcentage de mortalité ou CL 50), soit en intensité (échelle II et III). La comparaison de ces résultats devrait permettre de fixer d'une manière plus générale les sensibilités relatives des espèces les unes par rapport aux autres.

#### Comparaison des échelles II et III

Les rangs des taxons les plus abondants sont identiques sur les échelles II et III. Ceci sous-entend que les sensibilités relatives des espèces sont les mêmes d'une expérience à l'autre, alors que les sensibilités absolues sont très différentes.

#### Comparaison de l'échelle I avec les échelles II et III

Les rangs des espèces les plus abondantes de l'échelle I ne sont pas exactement les mêmes que ceux des échelles II et III. Dans l'expérience A, *S.tridens* est l'espèce la moins sensible au téméphos. Par contre, parmi les autres espèces communes aux trois expériences,



les espèces *C.falciifera* et *C.quadrifasciatus* occupent les deuxième et troisième rangs au lieu des rangs 2 et 1 dans les expériences B et C. Il faut remarquer que dans l'expérience A, les sensibilités des espèces *C.quadrifasciatus* et *C.falciifera* sont très proches avec 15 et 18 % de décrochement dûs à l'insecticide.

Les espèces *P.deletum* et *Centroptilum sp.4* présentent également des rangs inversés dans l'expérience A par rapport à ceux obtenus lors des deux autres expériences. Les sensibilités de ces deux espèces sont, une fois encore, peu différentes dans l'expérience A avec 35 et 32 % de décrochement.

Enfin, les espèces qui présentent les taux les plus forts de décrochement dans l'expérience A (*C.petri*, *Afronurus sp.* et *Tricorythus sp.1*) ne sont pas représentées dans les autres expériences. Il est donc difficile de juger de leur position dans l'échelle de sensibilité dans les expériences B et C. Des résultats complémentaires exposés dans la quatrième partie permettent cependant de penser que ces Insectes sont très sensibles à l'insecticide, conformément aux observations recueillies dans l'expérience A.

Si un sous-dosage a eu lieu dans l'expérience A (cf. § première partie, II, 3.2), il n'est pas faux de penser que l'échelle I donne une idée moins précise du classement des espèces les unes par rapport aux autres que celles obtenues dans les expériences B et C où les tests ont été réalisés avec trois concentrations connues.

### 3.3. Comparaison des sensibilités absolues

Dans les trois expériences réalisées, les sensibilités des taxons s'ordonnent de façon assez semblables les unes par rapport aux autres. On peut constater, néanmoins, que les sensibilités des Insectes testés ne sont pas du tout les mêmes.

Si l'on se réfère à deux taxons numériquement bien représentés et particulièrement peu sensibles tels que *Cricotopus quadrifasciatus* et *Cheumatopsyche falciifera*, on s'aperçoit que les CL 50 obtenues dans l'expérience C sont nettement plus élevées que celles

obtenues dans l'expérience D (tab. 28). La CL 50 de *C. quadrifasciatus* est multipliée par 4,26 tandis que celle de *C. falciifera* est multipliée par un facteur 19 ... ! Ce phénomène paraît être général mais est plus ou moins accentué selon les espèces considérées. Un tel décalage dans les sensibilités des espèces dans l'expérience C par rapport à l'expérience B appelle plusieurs hypothèses :

a.- Le téméphos utilisé lors de l'expérience C était moins actif ou dégradé par rapport à celui utilisé dans l'expérience B.

b.- Les Insectes testés possédaient des différences physiologiques importantes.

c.- Il existe une nette différence de sensibilité des espèces selon la période de l'année étudiée ou selon la station choisie.

d.- Enfin, on peut envisager qu'une moindre sensibilité des espèces était en train d'apparaître après un an de traitements répétés.

a.- Origine des lots de téméphos

Rappelons que le téméphos injecté dans les gouttières A1, B1, C1 et C2, D2, E2 (fig. 13) était fourni par OCP et provenait de son dépôt de Bouaké, tandis que le téméphos épandu dans la rivière, au moyen d'engins aéroportés, provenaient de différents dépôts dont celui de Bouaflé.

La moindre sensibilité des Insectes observée dans l'expérience C pourrait trouver son origine dans un lot d'Abate dégradé appliqué aux gouttières C2, D2, E2. Cette hypothèse est cependant infirmée par les taux de mortalité observés dans les gouttières A2 et B2 ayant subi l'épandage OCP. Les taux, si l'on se base sur une concentration théorique de l'ordre de 0,1 à 0,005 ppm, sont très comparables à ceux obtenus dans les gouttières dosées à 0,025 ; 0,005 et 0,02 ppm.

b.- Eventuelles différences physiologiques des Insectes

Si nous excluons la possibilité d'erreur de détermination taxinomique, au moins en ce qui concerne les espèces les plus abondantes,

les différences de sensibilité obtenues dans les expériences B et C pourraient s'expliquer par des différences physiologiques chez les Insectes testés. Si l'on se réfère à certains auteurs, il est probable que l'âge et la taille des larves soient parmi les facteurs majeurs à incriminer. Ainsi MOUCHET *et al.* (1977) trouvent que les larves des stades L6 et L7 de *S.damnosum s.l.* sont jusqu'à 10 fois moins sensibles que les jeunes larves. KURTAK (1980) confirme la nécessité d'identifier les stades de *S.soubrense* et de *S.squamosum*, espèces du complexe *S.damnosum*, pour les tests insecticides. LACEY et MULLA (1978) signalent de même, que les 2ème et 3ème stades larvaires de *S.vittatum* sont trois fois plus sensibles au diflubenzuron que le dernier stade.

La taille des organismes joue également un rôle dans la sensibilité des individus aux insecticides (SANDERS & COPE, 1968 ; JENSEN & GAUFIN, 1946 a et b ; WALLACE *et al.*, 1976 et FREDEEN, 1972).

L'expérience C nous a permis de vérifier cette hypothèse puisque les tris ont été réalisés par stade larvaire pour les espèces les plus abondantes.

Pour des raisons de concision dans l'exposé ainsi que d'effectifs des populations, nous n'étudierons que deux exemples de sensibilité des stades larvaires. Les espèces *Cheumatopsyche falcifera* et *Pseudocloeon bertrandi* seront retenues.

D'une manière générale, la cinétique de décrochement des stades est semblable à celle observée pour les espèces. Elle suit de près l'épandage, est brutale, mais de courte durée.

Chez *C.falcifera*, il existe une différence nette entre le décrochement du stade L2 et celui du stade L5 (tab. 29), particulièrement sensible à la concentration de 0,2 ppm (fig. 73).

Pour l'espèce *P.bertrandi*, l'amplitude du décrochement varie peu en fonction du stade larvaire. On constate, par contre, une diminution de la période durant laquelle se produit le décrochement lorsqu'on passe du stade L3 au stade L5 (fig. 74, tab. 30).

Chez ces deux espèces, la sensibilité est une fonction décroissante de l'âge de la larve. Chez *C.falcifera*, la dose létale 50 du stade L5 est 4 à 8 fois supérieure à celle des stades plus jeunes, et l'augmentation de la tolérance est une progression géométrique, fonction du stade de la larve (fig. 75 et 76). Chez *P.bertrandi*, l'augmentation de la tolérance est également fonction de l'âge de la larve, mais semble linéaire pour les trois classes étudiées (fig. 77).

Vu les différences de sensibilités entre les différents stades larvaires, nous pouvons conclure que la structure des populations larvaires d'une espèce a une incidence considérable sur la CL 50 obtenue lorsque l'espèce est considérée dans son ensemble. Ainsi, la sensibilité au téméphos (CL 50) obtenue pour la population globale de *C.falcifera* dans l'expérience C est de 0,57 ppm, mais varie de 0,15 à 1,74 ppm selon que l'on considère les stades L2 ou L5. Pour *P.bertrandi*, la CL 50 globale est de 0,07 ppm, mais de 0,035 et 0,09 ppm selon l'âge des larves.

La taille ou l'âge des larves devront donc être pris en considération dans les futures études de sensibilité aux insecticides de la faune entomique.

Le tri n'a pu être réalisé jusqu'au stade larvaire dans l'expérience B. Il est donc peu aisé de comparer les sensibilités des espèces dans ces deux expériences puisque l'on ne peut comparer ni l'âge ni la structure des populations.

#### c.- Différence de sensibilité en fonction de la station ou de la saison

La différence de sensibilité au téméphos constatée pour les espèces testées dans les expériences B et C est peut-être une conséquence d'expérimentations conduites en des lieux et mois différents. Il nous faut tout d'abord constater qu'aucune preuve ne nous permet d'écarter la différence de sensibilité qui pourrait exister d'une station à l'autre. Notons cependant que les biefs étudiés sont proches l'un de l'autre sur la même rivière, et relativement semblables du point de vue morphologie. Ils ne sont, d'autre part, pas isolés, puisque toute une série de biefs d'eau courante jalonne la Maraoué entre

ces deux stations. L'influence de la ville de Bouaflé pourrait être incriminée car elle engendre une certaine pollution de la rivière par ses rejets d'eaux usées. Dans ce cas, la station I serait plus polluée que la station III, située en amont de cette ville et les espèces de la station I présenteraient les CL 50 les plus élevées, ce qui n'est pas le cas.

Il paraît raisonnable d'écarter l'hypothèse de l'influence d'une station sur la sensibilité des espèces, et d'envisager l'éventuelle influence de la période de l'année.

Trois facteurs saisonniers pourraient intervenir pour modifier la "sensibilité" des espèces vis-à-vis du téméphos. Ce sont :

- l'âge des populations (cf. § précédent)
- la variation de certains paramètres physico-chimiques de l'eau qui peut entraîner des modifications de la toxicité du téméphos.
- la variation de l'hydraulicité de la rivière, ou de certains autres paramètres climatiques qui créent en saison sèche des conditions contraignantes. Celles-ci favoriseraient la résistance physiologique des espèces.

#### d.- Diminution éventuelle de la sensibilité des espèces

L'apparition d'une diminution de la sensibilité après une année d'épandages hebdomadaires de téméphos est également envisageable. Ce phénomène serait semblable à celui observé chez *S.sirbanum* et *S.sanctipauli* sur le bas Bandama (GUILLET *et al.*, 1980).

Or, dans nos expériences, nous constatons que l'évolution des sensibilités ne se fait pas à la même vitesse selon les espèces. Ceci tendrait à confirmer l'hypothèse de l'apparition d'une moindre sensibilité des taxons au téméphos mais, en tout état de cause, ne constitue pas une preuve.

Il a également été constaté (DEJOUX & ELOUARD, 1977) que les premiers épandages de téméphos sont beaucoup plus catastrophiques pour la faune non-cible que ceux qui les suivent. Ce phénomène ne peut

entièrement s'expliquer par le calage des cycles des espèces selon le rythme hebdomadaire des épandages vu que beaucoup d'espèces (Tricorythidae, Hydropsychidae) ont des cycles de développement bien supérieurs à la semaine, voir au mois. Il est alors tentant de rapprocher ces observations des résultats ci-dessus exposés.

L'apparition assez rapide d'une moindre sensibilité des taxons de la faune non-cible serait un fait assez prometteur quant au maintien de l'équilibre biotique des rivières.

Des baisses de sensibilités aux insecticides, et plus particulièrement au DDT, ont déjà été enregistrées pour les Simulies :

JAMNBACK & WEST (1970) aux Etats-Unis ; SUSUKI *et al.* (1963) au Japon ; WALSH (1970), KUZOE & NOAMESI (1973) en Afrique.

QUELENNEC & VERVENT (1970) ont mis en évidence l'apparition d'une moindre sensibilité au DDT de l'espèce *Simulium hargreavesi*. Chez cette espèce, la sélection d'individus résistants a mis 5 ans à se manifester de façon sensible dans la zone de Sikasso (Mali) mais est apparue en quelques mois dans la Comoé (Haute-Volta). La tolérance à l'insecticide de cette espèce est devenue presque 10 fois plus forte, ce qui correspond à l'ordre de grandeur des différences observées dans les expériences B et C pour certains taxons de la faune non-cible.

#### 4. Durée du phénomène

Pour la plupart des taxons, le phénomène de décrochement consécutif au passage du téméphos est de courte durée. Il n'est donc pas utile, pour déterminer la sensibilité des espèces de poursuivre les tests durant 24 heures après l'épandage. En effet, si l'on étudie les pourcentages de mortalité en fonction de la concentration, on s'aperçoit que les courbes établies sur les données récoltées 1, 2, 4 et 24 heures après l'introduction du toxique sont parallèles (fig. 78).

Il conviendrait donc de retenir pour les tests une durée qui tienne compte des données biologiques et des impératifs logistiques. Quatre heures nous semble être un moyen terme acceptable. Cette durée permet, en effet, d'éviter toute superposition avec la dérive d'activité

nocturne et tient compte des taxons à réaction plus lente. Elle évite également des nuits de veille, consommatrices d'énergie et de temps.

##### 5. Action du téméphos sur l'exuviation des larves

Dans les tests en gouttière, nous assimilons les Insectes qui n'ont pas dérivé aux survivants. Il se peut, cependant, qu'ils soient physiologiquement très perturbés par le téméphos, voire morts sur place. L'étude du rythme d'exuviation devrait apporter un élément de réponse ; un rythme perturbé laisserait croire à une traumatisation des organismes, un rythme inchangé à une physiologie peu perturbée.

L'étude a été menée lors de l'expérience C. Le problème posé sera illustré par le comportement de deux espèces appartenant à deux groupes taxinomiques différents : *Cheumatopsyche falcifera* (Trichoptères, Hydropsychidae) et *P.bertrandi* (Ephéméroptères, Baetidae) (1).

Ces deux espèces muent plutôt en fin d'après-midi. Le Taux Horaire d'Exuviation (T.H.E.) ne dépasse pas 1,5 % chez *C.falcifera*, tandis qu'il atteint 10 à 15 % pour *P.bertrandi* (fig. 79 et 80). La comparaison des variations du T.H.E. obtenues pour les différentes concentrations avec celles de témoin, ne met pas en évidence une action du téméphos sur l'exuviation. Ce phénomène a également été observé pour les autres espèces présentes dans les gouttières. Il semble donc être assez général avec le téméphos.

Ces résultats permettent de réfuter l'hypothèse de morbidité ou de mort sur place des individus qui n'ont pas dérivé.

---

(1) L'illustration de l'impact du téméphos est faite en suivant les variations du Taux Horaire d'Exuviation qui est le nombre d'exuvies (E) d'une espèce, récolté à chaque prélèvement, rapporté à l'effectif (Nt) de l'espèce encore présent dans la gouttière juste avant le prélèvement. Les intervalles entre deux relevés variant d'un quart d'heure à deux heures selon la période de la journée, les résultats sont modulés à l'aide d'un coefficient C permettant de rapporter à l'heure les données obtenues.

$$\text{Taux Horaire d'Exuviation} = \text{T.H.E.} = \frac{E}{Nt} \times C$$

Remarquons que l'absence de perturbations visibles de l'exuviation ne dédouane pas le téméphos d'une action sur la physiologie des Insectes qui lui sont tolérants, ni même sur le phénomène de mue. En effet, l'expérience exposée ne portait que sur les exuviations très préparées. Il peut, cependant, y avoir d'autres troubles possibles engendrés par le téméphos dans le cycle global de mues qui perturbent, à moyen terme, le développement normal des Insectes ayant subi le téméphos.

#### 6. Evolution des structures des communautés d'Insectes à l'intérieur des gouttières.

Le décrochement sous l'influence du téméphos d'une certaine partie de la faune en général et de certaines espèces plus sensibles en particulier, laisse, dans les gouttières, des communautés résiduelles différentes dans leur composition de celles observées en début d'expériences.

Il nous a paru intéressant de suivre l'évolution de leurs structures au moyen des indices informatiques de Shannon (Ish) et de l'équitabilité (E), car l'emploi de tels indices a été préconisé dans de nombreux programmes de surveillance d'impact de pesticide dont celui afférant au programme de lutte contre l'Onchocercose.

#### Expérience B

La dérive naturelle du témoin est assez prononcée, et il s'ensuit une diminution constante des populations en place (fig. 81). Rapportée aux effectifs présents dans la gouttière, cette diminution est somme toute relativement faible, et dans le cas où elle affecte toutes les espèces selon la même proportion, aucun changement de structure ne sera perçu. Cette hypothèse est confirmée par les valeurs quasi constantes des deux indices calculés (fig. 81 a).

Les valeurs prises par l'indice de Shannon et l'Equitabilité ne sont par contre, pas du tout les mêmes, après le passage du téméphos dans les gouttières traitées. Une concentration de 0,025 ppm entraîne une réduction notable de l'indice de Shannon; l'équitabilité variant peu (fig. 81 b). La concentration de 0,05 ppm provoque dans un premier



temps une réduction de l'indice de Shannon suivie d'une remontée très nette de sa valeur. L'équitabilité varie de la même façon (fig. 81 c). La concentration de 0,1 ppm induit les mêmes variations. Il faut remarquer que l'équitabilité a une valeur supérieure, 24 heures après l'épandage, à celle observée avant celui-ci.

### Expérience C

La dérive naturelle du témoin est, dans cette expérience, peu marquée et la diminution du nombre total d'individus dans la gouttière est donc très faible en regard de l'abondance de la faune (fig. 82 a). L'indice de Shannon et l'équitabilité subissent cependant une diminution légère, régulière et parallèle à celle de l'effectif total de la faune. Il faut noter également une petite remontée de l'équitabilité en fin d'expérience. Elle est liée à une diminution de la richesse spécifique.

Contrairement aux observations faites sur le témoin, la faune totale présente une diminution naturelle importante avant l'épandage dans les trois autres gouttières. Les concentrations de 0,025 et 0,05 ppm de téméphos n'entraînent cependant que peu de variations de l'indice de Shannon et de l'équitabilité. Ce dernier indice croît en fin d'expérience de par la diminution de la richesse spécifique (fig. 82 b et c).

Par contre, une pollution forte engendrée par une concentration de 0,2 ppm/10 minutes de téméphos, se traduit par une diminution notable de la quantité de faune ainsi que des deux indices informatiques Ish et Eq. (fig. 82 d). Les variations observées sont identiques à celles constatées lors de l'expérience B pour la concentration de 0,025 ppm (fig. 81 d).

### Conclusion

Il semble, en regard des deux expériences, que les deux indices informatiques Ish et Eq montrent peu de variations lorsque l'impact du téméphos est nul ou faible (fig. 81 a, 82 a, b, et c). Lorsque son action est moyenne, les valeurs de ces deux indices baissent de façon synchrone à la quantité de faune en place (fig. 81 b et 82 d).

Enfin, lorsque l'impact du téméphos est important, les indices subissent des variations à la baisse, puis à la hausse, liées d'abord à la diminution de la quantité de faune en place, puis à la diminution de la richesse spécifique. Dans de tels cas, les résultats obtenus avec ces indices sont très différents selon que l'observation est réalisée 1, 2, 4, 8 ou 24 heures après le passage du téméphos (fig. 81 c et d).

Or, dans un programme de surveillance, il est bien rare que l'écologue sache l'heure du traitement du gîte ou puisse déterminer combien de temps mettra l'insecticide pour parvenir du point d'épandage, situé parfois plus de 20 km en amont du bief étudié.

L'obtention de valeurs très différentes pour ces deux indices, avant et après l'épandage, démontre donc bien une action du téméphos sur les communautés benthiques. Par contre, l'obtention de valeurs identiques 24 heures après l'épandage peut aussi bien signifier une action nulle qu'une action drastique. L'utilisation de tels indices comme critère d'évaluation des impacts à court terme paraît dans ce cas, inutile et même à proscrire.

Similarité de la composition faunistique des différentes gouttièresExpérience B

Les effectifs des taxons numériquement les plus abondants à 12 heures, le 19/02/80, sont consignés dans le tableau 31. La matrice de corrélation obtenue est la suivante :

	A1	B1	C1	D1	E1
A1		0,98	0,88	0,98	0,95
B1			0,79	0,93	0,99
C1				0,96	0,69
D1					0,87

Toutes les valeurs sont supérieures au seuil de 1 % ( $r_{\text{obs.}} > 0,641$ ) pour 13 ddl, donc très significatives. Nous en concluons que si les effectifs testés ne sont pas les mêmes, les structures de communautés sont très semblables d'une gouttière à l'autre.

Expérience C

Les effectifs des taxons numériquement les plus abondants à 12 heures, le 19/04/80, sont consignés dans le tableau 32. La matrice de corrélation obtenue est la suivante :

	A2	B2	C2	D2	E2
A2		1,0	1,0	0,98	1,0
B2			1,0	0,99	0,99
C2				0,99	0,99
D2					0,99

Ces valeurs sont supérieures au seuil de 1 % ( $r_{\text{obs.}} > 0,641$ ) pour 13 ddl, donc très significatives. Comme pour l'expérience précédente, il s'avère que si les effectifs testés ne sont pas les mêmes, les structures des communautés sont très semblables d'une gouttière à l'autre.

Annexe 2Représentativité des tests en gouttière

Les tests insecticides ont été réalisés sur une faune introduite dans les gouttières à partir des substrats prélevés dans la rivière et déjà colonisés. Après cinq jours de mise en observation, il n'était pas sûr que la faune encore présente dans les gouttières soit identique en composition à celle présente dans le milieu. Pour valider ou infirmer cette hypothèse, nous avons comparé la structure moyenne de la faune des gouttières à la structure moyenne de la faune des rochers, prélevée à l'échantillonneur de Surber. Les comparaisons ont été faites au moyen du coefficient de corrélation de Bravais-Pearson.

Expérience A

Les moyennes pour la faune des rochers sont consignées dans le tableau 33. La composition moyenne de la faune des rochers a été établie à partir de 6 relevés. Le prélèvement moyen a été comparé à la faune présente dans la gouttière en début d'expérience, et seuls les taxons dont l'effectif moyen est supérieur à 1 ont été retenus.

Le coefficient de corrélation entre les deux séries de chiffres est  $r = 0,97$ , valeur supérieure au seuil de 1 % ( $r_{obs.} > 0,455$ ) pour 29 ddl. Il en résulte que les deux structures faunistiques sont donc très semblables.

Expérience B

Les compositions moyennes sont consignées dans le tableau 34. Cinq prélèvements ont permis d'établir la composition moyenne de la faune des rochers. Seuls les taxons numériquement abondants ont été considérés.

Le coefficient de corrélation entre ces deux séries de chiffres vaut  $r = 0,79$ . Il est significatif au seuil de 1 % ( $r_{obs.} > 0,623$ ) pour 14 degrés de liberté.

La faune testée dans les gouttières est donc dans cette

expérience également semblable au point de vue structure à celle colonisant les rochers.

#### Expérience C

La moyenne de la composition faunistique de la faune des rochers a été établie à partir de cinq prélèvements. Les compositions faunistiques sont consignées dans le tableau 35. Les mêmes précautions que celles employées dans les exemples précédents ont été employées pour les taxons rares. La corrélation obtenue est  $r = 0,66$ . Elle est significative au seuil de 1 % ( $r \text{ obs. } > 0,561$ ) pour 18 degrés de liberté. Il y a donc encore ressemblance entre la faune testée dans les gouttières et la faune colonisant les rochers.

#### Conclusions

La faune testée dans les gouttières est assez représentative de la faune présente sur les biefs d'eau courante, lors des trois expériences réalisées en gouttière. Cette ressemblance entre faune testée et faune en place n'exclut cependant pas une différence dans la structure d'âge des différentes espèces. En effet, bien que les gouttières restent ouvertes durant les cinq jours de mise en observation, le recrutement des jeunes stades larvaires est assez faible. La population moyenne des gouttières paraît être plus âgée que la population en place. Ceci peut se vérifier pour l'espèce *C. falciifera*. Les fréquences relatives en pourcentage des populations larvaires moyennes de ces espèces sont consignées dans le tableau 36 pour les prélèvements de la faune des rochers réalisés en février 1980 pour la station I et en avril 1980 pour la station III, ainsi que pour la faune des gouttières en avril 1980. La fréquence du stade L5 de *C. falciifera* est nettement plus élevée dans les gouttières que sur les rochers.

Au vu de ces résultats et de ceux exposés dans les paragraphes précédents, il apparaît que la sensibilité générale des espèces colonisant les rochers sera plus élevée que celle de la faune des gouttières et les taux de dérive obtenus en gouttière ne seront pas exactement extrapolables à ceux de la faune en place.



### III. FAUNE DES SUBSTRATS

La méthode des gouttières constitue à l'heure actuelle, la méthode la plus fiable pour tester *in situ* l'impact à court terme du téméphos sur la faune non-cible, mais même avec un protocole réduit, elle s'avère fastidieuse et délicate à mettre en oeuvre. Pour pallier ces inconvénients, certains auteurs ont essayé de suivre l'impact des insecticides en dénombrant les populations présentes sur les substrats de la rivière, avant et quelques heures après le passage du pesticide.

Nous avons étudié à deux reprises les modifications quantitatives de la faune en place engendrées à court terme par le téméphos. Ces études ont été faites lors des premiers traitements de la Maraoué, en mars 1979, et parallèlement à l'expérience A en gouttière, en décembre 1980. Ces expériences devaient permettre de confirmer les résultats obtenus au moyen des gouttières et de la dérive, et de préciser l'impact du téméphos sur la faune des différents substrats artificiels ou naturels.

## 1. Premiers traitements de la Maraoué

### 1.1. Impact du téméphos sur la faune des substrats artificiels de type balai

Lors de cette expérience réalisée les 6 et 7/03/1979, 16 substrats artificiels avaient été placés 15 jours avant l'épandage. Après un tel laps de temps, l'abondance de la faune n'était pas optimale, mais était tout de même suffisante pour obtenir des résultats quantifiables puisque le nombre moyen d'individus par balai était de 344,7.

Les effectifs des espèces, les fréquences relatives et les taux de réduction sont récapitulés dans le tableau 37.

La faune qui habite les balais est sensiblement la même que celle qui colonise les substrats naturels flottants de type I, II, III et IV. Nous noterons la prédominance des cinq groupes taxinomiques suivants : Simuliidae, Hydropsychidae, Baetidae, Orthocladiinae et Chironomini. Ils représentent à eux seuls 97 % de la faune présente sur les balais avant les traitements au téméphos. Ces derniers occasionnent une destruction de 74 % de la faune qui passe d'un nombre moyen de 345 à 90,3 individus par balai. Les groupes prédominants représentent toujours 98 % de la faune. Les corrélations effectuées entre les effectifs des échantillons pré-et post-épandage sont nettement significatives et hautement conformes (tab. 37 :  $r_{\text{obs.}} = 0,82 > r = 0,49$  à 1 % pour  $n = 26$  ; avec  $t_{\text{obs.}} = 7,00 > t = 3,75$  à 1 %).

Ce qui prouve que l'insecticide atteint donc tous les groupes d'Invertébrés. Certains sont cependant moins atteints que d'autres, ce qui est mis en évidence par un coefficient de corrélation différent de 1.

Si les Simulies, qui voient leurs populations réduites de 99,97 %, les Baetidae de 97,76 %, les Chironomini de 94,8 % et les Cératopogonidae de 96,7 %, sont particulièrement décimés, les Hydropsychidae et les Orthocladiinae paraissent plus résistants avec des taux de réduction respectifs de 73 % et 46 %. Nous constatons, une fois de plus, que parmi les espèces abondantes, *C. falciifera* et *C. quadrifasciatus* sont les moins sensibles au téméphos.



### 1.2. Faune des rochers

La densité moyenne de la faune des rochers avant action du téméphos est de 234,3 ind./Surber, soit 10 413,2 ind./m<sup>2</sup>. Cette valeur est comparable aux densités obtenues les autres mois de la même saison hydrologique et les autres années pour cette station (février 1978 : 56 265 ; mars 1978 : 82 782 ; février 1979 : 17 865 ; mars 1979 : 22 744). Les effectifs, spécifiques ou regroupés en rangs taxinomiques supraspécifiques, sont récapitulés dans le tableau 38.

L'action du téméphos est assez importante puisque 87 % de la faune totale est décimée. La densité d'organismes benthiques par Surber n'est plus que de 30,3, soit 1 347,42 ind. / m<sup>2</sup> (le coefficient de Bravais-Pearson effectué sur les effectifs du tableau 38 est significatif et conforme au seuil de 1 % :  $r_{\text{obs.}} = 0,73$  valeur supérieure au seuil  $r = 0,496$  à 1 % pour  $n = 25$  avec  $t_{\text{obs.}} = 5,103 > 3,767$  à 1 %).

Nous concluons donc à une action drastique du téméphos sur la faune des rochers. Tous les groupes d'Invertébrés sont décimés, au moins partiellement par l'insecticide. Ceci est confirmé par les corrélations significatives entre les effectifs avant et après traitement. Le degré de ressemblance qui n'est que de  $r^2 = 53$  % indique cependant une sensibilité moindre de certains taxons. Parmi les groupes numériquement importants, les Simuliidae réduits de 100 %, les Baetidae de 96 %, les Pyralidae de 94,7 %, sont les plus sensibles tandis que les Hydropsychidae, les Orthocladiinae et les Tipulidae paraissent plus résistants avec des taux de réduction respectifs de 74, 88 et 80 % (fig. 83).

En résumé, nous constatons que les deux types de substrats échantillonnés montrent des différences numériques significatives entre les effectifs des différentes espèces. Toutes celles qui sont abondantes présentent un taux de réduction élevé, à l'exception de *C. quadrifasciatus* et de l'Hydropsyche *C. falciifera* qui semblent moins touchés. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus lors des expériences A, B et C réalisées à l'aide des gouttières artificielles. Toutefois, il faut rappeler que lors des premiers traitements de la Maraoué, un

surdosage de l'ordre de 200 fois a été mis en évidence, et si des différences apparaissent nettement avec une telle quantité d'insecticide, il n'est pas sûr que les effets des concentrations plus faibles, puissent être mis en évidence par la surveillance à court terme des populations d'Insectes colonisant les substrats naturels.

### 1.3. Remarques à propos du surdosage

Les prélèvements d'Invertébrés benthiques en place nous donnent des taux de réduction trop élevés atteignant 87 % pour la faune des rochers de la station I, et 73 % pour la faune des balais. Le seuil de 30 % de destruction de la faune non-cible, accepté jusqu'alors dans le programme de surveillance des rivières traitées au téméphos, est donc très largement dépassé.

Dans ces prélèvements de faune en place, la destruction des Simulies (*S. damnosum s.l.*, *S. adersi*) est presque toujours totale avec un taux de réduction du nombre de larves variant de 98 à 100 %. Le but recherché dans le programme onchocercose est donc atteint. Il est cependant à déplorer que l'élimination des Simulies se fasse dans le cas de la basse Maraoué aux dépens, d'une part de certains taxons sensibles à l'insecticide et numériquement abondants (Baetidae et Tricorythidae) qui subissent des réductions d'effectifs avoisinant les 100 % et d'autre part, de certains autres groupes taxinomiques également abondants (Hydropsychidae et Orthocladiinae) qui, reconnus comme assez résistants à l'insecticide, subissent tout de même des réductions d'effectifs variant, selon les milieux, de 45 à 88 %. Ces faits auraient pu être évités si l'insecticide n'avait pas été surdosé (200 fois).

L'opportunité de ces épandages n'est d'ailleurs pas prouvée car les populations tant imaginaires que préimaginaires de *S. damnosum s.l.* étaient en cette saison pratiquement inexistantes. Si des impératifs (?) ont rendu nécessaire le traitement de la basse Maraoué, à cette époque, "il aurait été souhaitable que pendant le premier mois, les traitements soient effectués avec une dose d'insecticide réduite par rapport à celle normalement employée" par OCP (DEJOUX, 1977).

## 2. Epannage de Décembre 1979

En dehors de l'étude en gouttière, seule la faune colonisant les substrats rocheux a été échantillonnée lors de cette expérience. Les effectifs moyens récoltés sont consignés dans le tableau 39. Les moyennes sont faites sur 5 prélèvements en ce qui concerne l'échantillon récolté avant l'épannage et sur trois prélèvements pour celui effectué après. Les effectifs moyens ont été arrondis à l'unité.

Les taux de réduction obtenus après le passage du téméphos sont très élevés. Près de 92 % de la faune semble décimée par le toxique et la richesse spécifique chute de 21 espèces à 9. La plupart des taxons voient leurs populations réduites de 80 %. Seule l'espèce chironomienne *C. quadri-fasciatus* infirme ce constat avec seulement 19 % de réduction.

L'action du téméphos semble donc considérable et agit pratiquement de façon homogène sur tous les taxons. La comparaison au moyen du coefficient de Bravais-Pearson donne une corrélation de  $r = 0,86$  entre ces deux séries de chiffres. Elle est très significative ( $r. obs. > r = 0,54$  pour  $n = 21$  variables), ce qui prouve que les structures de communauté observées avant et après le passage de l'insecticide sont semblables.

Il nous semble cependant que cette mesure de l'impact du pesticide est exagérée, surtout si l'on considère les résultats obtenus à l'aide des gouttières (Expérience A) et si l'on se souvient qu'un sous-dosage a dû avoir lieu à cette date. Une telle différence entre les résultats obtenus avec la faune des rochers et ceux des gouttières provient certainement d'un mauvais échantillonnage de la faune des rochers après épannage. L'échantillon n'est constitué que de trois prélèvements, ce qui a pu exagérer l'effet, dû à l'hétérogénéité des distributions des Insectes benthiques.

L'échantillonnage de la faune des rochers permet bien dans ce cas de mettre en évidence une pollution mais l'impact ainsi révélé paraît exagéré en regard de la dose de téméphos déversée et des résultats obtenus en gouttière.

### 3. Conclusion

Il apparaît que l'échantillonnage de la faune colonisant certains substrats présents dans la rivière avant et après l'épandage du téméphos, permet de quantifier l'impact de ce toxique sur les espèces lotiques.

Dans ces études, chacune des méthodes employées met en évidence un effet du téméphos sur la faune non-cible. Elles peuvent donc être appliquées à la surveillance des milieux lotiques. Les résultats sont cependant moins fiables que ceux obtenus au moyen des gouttières puisque les quantités exactes de faune ne sont pas connues, aussi bien avant qu'après le traitement de la rivière. Sachant que les distributions des Insectes aquatiques sont agrégatives, pour que l'estimation soit bonne, il serait nécessaire de multiplier le nombre de prélèvements, ce qui n'est pas toujours possible et dépend de la morphologie du bief étudié, de la disponibilité des substrats ainsi que des conditions hydrologiques qui règnent au moment de l'échantillonnage.

Les deux méthodes utilisées semblent se compléter. En effet, les substrats artificiels de type balai récoltent essentiellement la faune des substrats flottants ; ils récoltent donc davantage de Simuliés mais sont plus pauvres en espèces prédatrices (Hydropsychidae, Tricorythidae, Tanyptodiinae) ou herbivores (Baetidae, Chironomes) que ne le sont les rochers.

Ces deux méthodes doivent donc être maintenues pour une estimation rapide de l'impact à court terme du téméphos ou de tout autre insecticide sur la faune non-cible. Elles ne remplacent pas les gouttières qui seules, grâce à la connaissance exacte des effectifs testés, permettent de comparer les effets de plusieurs concentrations d'insecticide et de déterminer les sensibilités des organismes au moyen des CL 50.

#### IV. DISCUSSION

Si, durant la période pendant laquelle se sont déroulées ces études, la toxicité du téméphos vis-à-vis des stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l. n'est plus à démontrer, il est par contre évident, au vu des résultats qui viennent d'être exposés, que le téméphos a un impact qui est loin d'être négligeable sur la faune non-cible des milieux lotiques.

L'introduction du téméphos dans l'eau des rivières entraîne un décrochement rapide qui est perçu par une augmentation aiguë de la dérive de l'ensemble des Insectes aquatiques, aussi bien dans la rivière que dans les gouttières. Ce décrochement, nettement différent de celui correspondant à la dérive d'activité, permet de visualiser l'impact du téméphos sur la faune. De telles réactions de détachement ont déjà été constatées pour plusieurs autres insecticides tels que le methoxychlor, le fenthion ou le carbaryl (FREMPONG-BOADU, 1966), le Dursban, le Iodophos ou des pyréthroïdes de synthèse (MUIRHEAD-THOMSON, 1970), ainsi que la Permethrin (MUIRHEAD-THOMSON, 1977, 1978) et ne sont pas assimilées par la plupart des auteurs, à la mortalité des organismes. Il s'agirait selon eux, plus d'une réaction de fuite à l'insecticide. Cette hypothèse est étayée par le comportement des Trichoptères Hydropsychidae

qui sortent de leurs caches après le passage d'un pesticide (observations personnelles sur les *Cheumatopsyche* ivoiriens avec le téméphos et observations de COURTEMANCH & GIBBS, 1980 sur les *Psychmopsyche* fuyant le carbaryl). FREDEEN (1975) infirme cette hypothèse en constatant un rapide "knock-down" de l'ensemble de la faune aquatique après un passage du méthoxychlore. Quoi qu'il en soit, DEJOUX (1977) a montré que les organismes dérivant après le passage de l'insecticide présentaient une mortalité avoisinant les 100 %. Nous en concluons que si le décrochement rapide des Insectes aquatiques ne correspond pas à la mort des organismes au moment où il s'opère, il correspond à celle-ci quelques heures plus tard. Un tel résultat permet donc de se fier au taux de décrochement pour estimer la mortalité des organismes, mais demanderait à être nuancé selon les groupes taxinomiques considérés ainsi que selon leurs capacités natatoires. A l'inverse, certains Insectes sont tués par les pesticides mais ne dérivent pas. Si ce phénomène est difficile à mettre en évidence pour les larves vivant dans les tubes, les fourreaux, les caches ou les filets, il a été constaté pour les Simulies avec le B.t.i. (*Bacillus thurengiensis israelensis*) (GIBON *et al.*, 1980).

Nous avons également montré que toutes les espèces n'ont pas la même sensibilité au téméphos. Outre les Simulies, parmi les groupes numériquement les mieux représentés, les Ephéméroptères sont globalement les plus sensibles, suivis par les Trichoptères. Les Diptères autres que les Simulies (Chironomides, Tipulidae) sont par contre beaucoup plus tolérants à ce pesticide.

#### Ephéméroptères

Les résultats précédemment exposés, concernant la sensibilité des Ephéméroptères au téméphos, sont comparables à ceux observés avec le même pesticide lors d'autres tests effectués en Afrique de l'Ouest (DEJOUX & ELOUARD, 1977) ainsi que dans certains pays de la zone arctique.

WALLACE (1971) et WILSON & SNOW (1972) ont observé les mêmes résultats que nous, après avoir appliqué à des Ephéméroptères des pays tempérés des doses de 0,091 et 0,01 ppm de téméphos. Par contre, HELSON (1972) et SWABEY *et al.* (1967) constatent une faible mortalité

des Ephémères des zones arctiques, avec respectivement des doses de 0,1 ppm/15 minutes de poudres mouillables et de 0,05 à 0,15 ppm / 30 minutes de concentré émulsifiable d'Abate.

BERTRAND (1976) avec des Ephéméroptères ivoiriens constate que le téméphos n'a pas d'effet à 0,023 ppm, qu'il entraîne une mortalité de 50 % des Ephémères à 0,86 ppm et de 100 % à 32 ppm.

La plupart des auteurs qui ont effectué ces tests ne précisent ni la famille, ni l'espèce étudiée, ce qui rend difficile les comparaisons, surtout parce qu'il existe de grandes différences de sensibilité d'une famille à l'autre.

En Côte d'Ivoire, nous retiendrons parmi les familles (1) les plus sensibles et les mieux représentées dans les milieux lotiques, les Heptageniidae et les Tricorythidae. Les sensibilités au téméphos des Baetidae et des Caenidae, quoique moindres, restent élevées. Il existe d'autre part, de grandes différences selon les espèces. Ce fait peut être illustré par les sensibilités des espèces de Baetidae *Pseudocloeon bertrandi* et *Centroptilum sp.4*.

MUIRHEAD-THOMSON (1971) confirme la grande sensibilité des Baetidae au téméphos et trouve une CL 50 de 0,001 à 0,005 ppm pour des *Baetis* d'Europe.

La sensibilité des Ephéméroptères lotiques n'est pas limitée au téméphos mais semble générale vis-à-vis de l'ensemble des insecticides. MUIRHEAD-THOMSON (1971) démontre que les *Baetis* européens sont également très sensibles au Dursban. BLUZAT & SEUGE (1979) obtiennent de fortes mortalités des *Cloeon* avec le lindane, le fenthion et le carbaryl tandis que l'espèce *Baetis rhodani* a une DL 90 de 0,001 ppm/ 1 heure à la permethrin (MUIRHEAD-THOMSON, 1978). EIDT (1975) démontre une forte action du fenithrothion sur les Caenidae, les Heptageniidae, les Leptophlebiidae, *Baetis herodes*, *Baetis rusticans*, et *Baetis vagans*.

---

(1) En ce qui concerne la sensibilité des différentes espèces de chacune des familles, se référer aux diverses expériences exposées dans le texte.

Enfin, MULLA *et al.* (1980) constatent que la deltaméthrin et le Sumithrin<sup>®</sup> éliminent les Ephéméroptères.

### Trichoptères

Les représentants de l'ordre des Trichoptères sont dans l'ensemble moins sensibles au téméphos que ne le sont les Ephéméroptères. L'espèce *Chimarra petri* (Philopotamidae) fait exception à la règle en Côte d'Ivoire. La grande sensibilité de cette famille est confirmée par HELSON (1972) qui constate qu'une poudre mouillable à 0,1 ppm/ 15 minutes d'Abate a peu d'effet sur les Trichoptères américains, à l'exception des Philopotamidae. Les autres Trichoptères ivoiriens montrent une grande tolérance vis-à-vis du téméphos. Une faible mortalité a été constatée sur ce groupe par SWABEY *et al.* (1967) avec une dose de téméphos de 0,05 à 0,15 ppm/30 minutes. De même, PORTER et GOJMERAC (1967) ne constatent qu'une mortalité partielle des représentants de cet ordre lors de traitements d'un gîte à la dose de 340 g/ha.

La famille des Hydropsychidae retiendra notre attention puisqu'elle présente une sensibilité moyenne aux doses de téméphos employées par OCP. Elle représente, de plus, une grosse partie de la biomasse de la faune des rochers et la plupart des espèces sont prédatrices. L'abondance de ces espèces dans les biefs traités au téméphos traduit donc, d'une part, l'incidence directe de ce pesticide et d'autre part, la disponibilité des proies dans le milieu.

La résistance des Hydropsychidae aux insecticides a également été mise en évidence par WALLACE *et al.* (1976) avec le méthoxy-chlore. Les larves d'*Hydropsyche morosa* Hagen et d'*H. recurvata* Banks sont relativement tolérantes au DDT, au Baytex<sup>®</sup>, au diazinon, au malathion, et au Rhotane<sup>®</sup> (FREDEEN, 1972), tandis que *Brachycentrus numerosus* est très résistant au fenitrothion (SYMONS & METCALFE, 1978).

### Diptères

Deux familles de Diptères sont particulièrement bien



représentées dans les milieux lotiques ivoiriens. Ce sont les Simuliidae et les Chironomidae.

Simuliidae : Les espèces du complexe *S. damnosum* s.l. sont, rappelons le, vectrices de l'Onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest. Il importe donc dans le cadre d'une lutte larvicide, que les larves de ces espèces présentent le maximum de sensibilité aux insecticides et plus particulièrement au téméphos. Mais nous avons vu qu'il existe d'autres espèces de Simulies qui colonisent les milieux lotiques et qui ne sont pas vectrices de cette endémie. Il n'est donc pas utile de les détruire. Leur sensibilité au téméphos revêt un caractère essentiel si l'on considère qu'il peut y avoir des remplacements entre les espèces de Simulies, et donc des conservations des maillons de la chaîne alimentaire.

Rappelons que les espèces associées au complexe *S. damnosum* sur les gîtes de la Maraoué sont : *S. adersi*, *S. tridens*, *S. unicornutum*, et *S. schoutedeni*.

L'espèce *S. adersi* n'a pas été testée en grand nombre lors des expériences en gouttières puisque cette Simulie avait pratiquement disparue des biefs étudiés, quelques mois après le début des épandages. Les espèces *S. tridens* et *S. schoutedeni* se maintiennent par contre sur les biefs malgré les traitements. *S. tridens* présente une sensibilité variable selon les tests effectués : peu sensible au téméphos dans l'expérience A, elle est parmi les taxons les plus sensibles dans l'expérience B, mais présente une CL 50 supérieure à 0,1 ppm dans l'expérience C. De telles différences de sensibilité sont certainement imputables à l'âge des populations testées.

D'une manière générale, cette espèce peut être considérée comme moyennement sensible au téméphos, ce qui lui permet malgré les épandages hebdomadaires de maintenir des populations abondantes.

L'espèce *S. schoutedeni* était pratiquement inexistante sur les biefs de la Maraoué avant le début des épandages. Ces observations faites sur les larves sont confirmées par celles faites sur les imagos (BELLEC, comm. pers.). Cette Simulie abondante sur les biefs traités est particulièrement peu sensible au téméphos (expérience A en gouttière).

Il existe donc une grande différence de sensibilité à ce pesticide d'une espèce de Simulie à l'autre. SWABEY *et al.* (1967) font la même constatation sur les larves de *Prosimulium fuscum*, *P. mixtum* et *Simulium venustum* colonisant les rivières des régions arctiques. QUELENNEC & VERVENT (1970) constatent en Haute-Volta que les sensibilités au DDT de *S. damnosum* s.l. et *S. hargreavesi* ne sont pas les mêmes. LACEY & MULLA (1978 a et b) font les mêmes observations avec le diflubenzuron sur *S. vittatum*, *S. argus*, *S. tescorum*, *S. aurem* et *S. virgatum*.

Chironomides : Le groupe des Chironomides est beaucoup plus tolérant que les autres groupes d'Insectes lotiques vis-à-vis du téméphos. La tribu des Tanytarsini est la moins sensible (cf. expérience A). L'espèce la plus abondante *Tanytarsus* sp., très saisonnière, est très peu affectée par les épandages de téméphos, ce qui explique en partie que ses populations qui étaient faibles avant le début des traitements de la Maraoué, soient nettement plus abondantes après. Son comportement vis-à-vis de l'insecticide est à rapprocher de celui de *S. schoutedeni*.

Les Orthoclaadiinae, quoique plus saisonniers que les Tanytarsini sont également très tolérants vis-à-vis du téméphos (expérience A, B et C). La présence en grand nombre des représentants de cette famille ainsi que des Tanytarsini sur les biefs traduit une pollution certaine de la rivière.

La tribu des Chironomini en revanche est plus sensible que les deux groupes précédemment cités, mais sa tolérance au téméphos lui permet tout de même de maintenir à un niveau acceptable les effectifs de ses populations sur les biefs traités.

Tous ces résultats sont en accord avec les observations faites en Côte d'Ivoire par l'équipe de Bouaké, depuis 1975, avec le téméphos, ainsi que par COURTEMANCH & GIBBS (1980) avec le carbaryl et par JULIN & SANDERS (1978) avec le diflubenzuron en région arctique.

Tipulidae : Les effectifs des Tipulidae du genre *Anthoca* ne sont jamais très abondants dans les milieux lotiques de la Maraoué, mais leur présence est régulière. Leur sensibilité vis-à-vis du téméphos est moyenne.

## V. CONCLUSION

De tout ce qui précède, il résulte que les mortalités différentes engendrées par le téméphos, permettent d'établir une échelle relative qui hiérarchise les sensibilités des espèces.

Malgré les variations constatées dans les valeurs absolues des sensibilités, l'échelle relative établie est assez stable mais pourrait néanmoins évoluer en fonction des conditions physico-chimiques du milieu ou des mutations génétiques.

Il a également été mis en évidence que la sensibilité des espèces n'était pas la même selon la classe de taille ou le stade des larves. Ce phénomène est assez général puisqu'il a été signalé également par FREDEEN (1974, 1975) sur les larves d'Ephéméroptères avec le methoxychlor. Ce même auteur (1972) montre également que les doses de DDT nécessaires pour obtenir la même CL 50 sont 5 à 7 fois plus grandes chez les stades âgés d'*Hydropsyche* que chez les jeunes larves. Il est donc impératif de prendre ce facteur en compte lors des tests insecticides, donc de se référer aux mêmes stades larvaires. Ceci n'est pas toujours réalisable, surtout lorsqu'on a affaire à des Insectes saisonniers à développement lent. Dans de tels cas, les tests effectués en

des mois différents ne s'adressent pas aux mêmes tranches d'âge des populations.

La différence de sensibilité des stades ou des classes de tailles larvaires pourrait aboutir pour certaines espèces, à moyen terme ou à long terme, au calage des cycles de développement larvaire sur le rythme hebdomadaire d'épandage. Ce phénomène ne peut cependant affecter que les espèces à cycle larvaire court dont la durée n'excéderait pas dix jours, et dont les stades larvaires âgés sont peu ou pas sensibles à la dose de téméphos épandue lors de chaque traitement. A notre connaissance, seuls certains représentants de l'ordre des Diptères sont susceptibles d'évoluer selon ce schéma.

Enfin, nous avons essayé de savoir si le téméphos perturbait la physiologie des Insectes ayant survécu à un épandage. L'exuviation des Insectes tolérants au téméphos ne semble pas très perturbée par un épandage.

DECAMPS *et al.* (1973) ont par contre, montré que les larves d'*Hydropsyche* construisent des filets aberrants lorsqu'elles sont soumises à des doses sublétales de fenethcarb, de dieldrin ou de DDT. Il serait intéressant de vérifier si de tels comportements se produisent avec le téméphos. Dans l'affirmative, ce phénomène pourrait être utilisé dans la surveillance de la pollution des rivières.

Il peut être affirmé qu'à court terme, le téméphos n'est absolument pas sans innocuité vis-à-vis de la faune entomique vivant en association avec *S. damnosum s.l.* dans les biefs d'eau courante de la Maraoué. Mais, si cet insecticide a des effets catastrophiques sur certaines espèces particulièrement sensibles, il n'est que partiellement toxique vis-à-vis de la grande majorité des espèces.

QUATRIEME PARTIE

-----

IMPACT A LONG TERME

-----



*"Ubi solitudinem faciunt,  
pacem appellant ...!"*





## I. INTRODUCTION

"La pollution est l'altération d'un écosystème naturel ou non, ou d'une fraction d'un écosystème, sous l'action d'un ou plusieurs agents polluants, de nature variée, produite directement ou indirectement par l'homme ou à la suite de ses activités" (WASSON, 1976).

Nous avons établi que le téméphos, aux doses employées par OCP (§, troisième partie), est toxique à court terme pour la majeure partie des Insectes lotiques. Un épandage et, *a fortiori*, la répétition hebdomadaire des épandages, constituent donc des actions polluantes et bien qu'elles soient de courte durée, leur caractère répétitif et la période de 15 à 20 années prévue pour les traitements, font qu'à long terme les risques de déséquilibre des communautés aquatiques sont réels.

Les organismes vivants dans un écosystème particulier sont normalement (sauf présence accidentelle) adaptés aux composantes physico-chimiques du milieu, et la présence d'un organisme particulier dans un lieu, est la résultante des relations souvent étroites entre ses

exigences écologiques et les facteurs mésologiques. Corrélativement, toute modification du milieu a des conséquences sur l'écophysiologie, voire sur l'existence même de l'organisme considéré.

Les organismes d'une biocénose ne présentent ni les mêmes exigences vis-à-vis des facteurs mésologiques naturels, ni la même sensibilité aux facteurs de pollution. Les épandages répétés de téméphos risquent donc d'éliminer certaines espèces, de réduire les populations d'autres, voire même d'en favoriser certaines ; ces dernières bénéficiant souvent de la réduction du nombre de prédateurs ou d'une moindre compétition spatiale.

La connaissance de la sensibilité à court terme des espèces pourrait servir de base pour supputer les modifications qui risquent d'apparaître à long terme. Une telle extrapolation ne peut toutefois se faire sans tenir compte d'un certain nombre de facteurs tels que :

- les variations dans l'abondance relative des taxons, qui modifient le réseau de "connectance" établi entre les entités de l'entomocénose.

- l'accoutumance au téméphos due, au calage des cycles de reproduction entre les épandages ou à l'apparition d'une résistance.

Il paraît donc indispensable, pour juger de la réelle toxicité *in situ* du téméphos, d'étudier l'impact à long terme, ne serait-ce que pour confirmer les résultats acquis à court terme.

L'impact à long terme du téméphos est étudié d'une part, sur les espèces considérées individuellement et d'autre part, plus globalement sur les structures des entomocénoses.

Dans la première partie de cette étude, nous nous sommes efforcés de mettre en évidence les modifications éventuelles imputables au téméphos dans :

- le cycle annuel des espèces
- leur distribution sur les substrats naturels
- leur rhéophilie et leur distribution longitudinale dans le bief.

- leur dynamique de colonisation

Les modifications structurales intervenues dans les entomocénoses ne seront abordées qu'ensuite, puisque leur interprétation nécessite la connaissance de la bioécologie des taxons subissant les épandages. Enfin, un indice de pollution, tenant compte de l'identité et de l'effectif des taxons ainsi que des structures biocénétiques permettra d'apprécier le degré de pollution des rivières.



## II. MODIFICATION DES CYCLES ANNUELS ET DES DISTRIBUTIONS SUR LES SUBSTRATS NATURELS

Les cycles annuels des densités relatives des espèces lotiques ont été rapportés à une année (cf. § deuxième partie, I).

### 1. Cycle annuel des populations préimaginales de *S. damnosum s.l.*

Les épandages hebdomadaires de téméphos ont fortement réduit les effectifs des populations préimaginales du complexe *S. damnosum*, sans pour autant les éliminer des biefs de la Maraoué. Les populations résiduelles sont constituées de jeunes stades larvaires issus d'oeufs pondus entre deux traitements. Ainsi, du mois de mars 1979 au mois de décembre de la même année, pratiquement aucune larve âgée (stades L6, L7), ni aucune nymphe n'a été récoltée.

Par contre, à partir de novembre 1979, est apparue une résistance des larves de *S. damnosum s.l.* au téméphos (GUILLET *et al.*, 1980). Les populations échantillonnées contenaient alors de fortes proportions de larves âgées et de nymphes.

Il a été possible d'établir le cycle annuel des variations

de densité du complexe *S. damnosum* (fig. 84 a). Il comprend trois périodes d'abondance situées en décembre - janvier, mars et août correspondant respectivement à la décrue, l'étiage et le début de la crue. Le cycle n'est donc pas modifié par rapport à celui observé durant la période qui précédait les traitements (fig. 22 a).

## 2. Cycles annuels des densités de la faune associée.

Bien que les effectifs des populations ne soient pas les mêmes pour la majorité des taxons, les variations annuelles de densité relatives sont pratiquement les mêmes (fig. 84 h à 84 o) et appartiennent aux catégories unimodales et bimodales déjà décrites (§ deuxième partie, II, I). Certaines espèces présentent cependant quelques différences dans leur cycle de densité par rapport à celui établi durant la période qui précédait les épandages. Il s'agit :

- du Trichoptère *Orthotrichia straeleni* qui possède une forte densité relative au mois de décembre. Celle-ci n'avait pas été mise en évidence avant le début des traitements au téméphos (fig. 84 h et fig. 22 a).

- du *Centroptilum* sp.4 (E31) qui présente durant la période précédant les épandages, trois pics d'abondance. Ceux-ci sont cependant décalés d'un mois par rapport à ceux de la période exempte de traitement (fig. 84 b et fig. 22 e).

- du *Cricotopus quadrifasciatus*. Le cycle de cet Insecte est totalement différent. Ses deux maximums d'abondance de janvier-février (décrue) et de juillet-août (début de crue) (fig. 22 l) sont transférés en mars-avril et en décembre (fig. 84 m). Plusieurs hypothèses sont formulables pour expliquer cette différence :

- . il ne s'agit pas de la même espèce, mais d'une espèce morphologiquement très voisine.

- . la compétition entre cette espèce et une ou plusieurs espèces affines dont les effectifs auraient fortement variés, a déplacé les périodes d'abondance. Nous avons ainsi noté que les effectifs de *Tanytarsus* sp. ont très fortement augmenté en décembre lorsque la rivière était traitée au téméphos, gênant peut-être l'installation du *C. quadrifasciatus*.

Toutefois, quelles que soit la validité de ces hypothèses, le téméphos a une action notable sur le cycle annuel de ce taxon. Il décale les périodes de densités maximales ou provoque des remplacements d'espèces. Les modifications mises en évidence pour *Orthotrichia straeleni* et *Centroptilum sp.4* sont par contre, de moindre importance et peut-être non significatives compte tenu de la faible abondance des effectifs récoltés durant la période où ont eu lieu les traitements au téméphos (la récolte sporadique de quelques individus fait varier considérablement l'aspect des distributions relatives).

Tous les autres taxons autres que les Simulies, ne montrent aucune différence dans leurs cycles annuels de densité, entre les périodes qui précèdent et celles qui suivent le début des traitements. Par contre, chez les Simulies, les espèces *S.schoutedeni* et *S.adersi* se distinguent :

- *S.schoutedeni* était totalement absente des biefs de la Maraoué avant les traitements au téméphos. Cette observation est confirmée par les récoltes d'adultes de Simulies (BELLEC, comm. pers.) sur les mêmes biefs. Lorsque la rivière est traitée au téméphos, cette Simulie n'est abondante que durant les mois de décrue (novembre, décembre, janvier) (fig. 84 p).

- *S.adersi*. Les populations préimaginales de cette espèce de saison sèche se sont maintenues en abondance sur les biefs durant les mois de mars, avril, mai et juin 1979 alors que la rivière était traitée au téméphos. Elles ne sont, par contre, jamais réapparues durant la même période en 1980. Aucune hypothèse plausible n'a pu être formulée pour rendre compte à la fois de la prolifération de cette espèce durant la première année de traitement et de son élimination des biefs durant la seconde. Il faudrait peut-être invoquer la sensibilité au téméphos de cette espèce, combinée avec le développement plus tardif des populations de certains Chironomides.

Puisque le téméphos ne modifie que peu ou pas les cycles annuels des densités relatives de la faune lotique non simulidienne, il ne nous paraît pas nécessaire de réexposer les variations annuelles de ces densités sur chacun des types de substrats naturels

échantillonnés. Elles ne sont dans l'ensemble pas différentes de celles observées durant la période précédant les épandages (§, deuxième partie, II, 2.2). Les distributions sont également les mêmes pour *S.tridens* et *S.unicornutum* ainsi que pour *S.adersi* avant sa disparition.

*S.schoutedeni* colonise d'abord les feuilles de *Ficus* et les tiges de graminées (mois de novembre), puis l'ensemble des autres catégories de substrats au fur et à mesure de leur exondation, à l'exception des feuilles de graminées encore trop petites à la décroissance.



### III. MODIFICATION DES DISTRIBUTIONS DE *S.DAMNOSUM* S.L. ET DES ESPECES ASSOCIEES SUR LES SUBSTRATS ARTIFICIELS DE SURFACE.

#### 1. Introduction

Nous avons démontré (§ deuxième partie, III) que la rhéophilie, le comportement de ponte, et dans une moindre mesure, la compétition interspécifique régissaient la distribution des Insectes sur les substrats flottants artificiels.

Par ailleurs, puisque les sensibilités au téméphos des espèces ne sont pas les mêmes, une sélection des espèces peu sensibles doit apparaître à long terme. Pour ces dernières, une augmentation de leur dispersion est envisageable. Elle se traduirait par la colonisation de nouveaux biotopes dans lesquels leur survie était difficile lorsque d'autres espèces les concurrençaient.

Mais, même lorsque les espèces sont peu sensibles, tous les individus de leurs populations ne sont pas immuns et un certain état morbide se manifeste après un épandage ; ce traumatisme rend les individus moins aptes à résister à des conditions mésologiques (rhéologiques ou autres) extrêmes vis-à-vis des préférendums de l'espèce. Il faut

envisager dans ce cas une diminution des valences des espèces pour les principaux facteurs.

Ces hypothèses étant antagonistes, nous nous devons de vérifier les conséquences exactes des épandages de téméphos sur la distribution des organismes en fonction du courant. A l'aide de ces résultats, nous définirons les associations spécifiques qui se développent en période de traitement au téméphos. Enfin, l'ensemble des données obtenues dans cette expérience sera comparé à celui obtenu en 1978, en l'absence de toute pollution par pesticide. Ceci permettra sans doute de quantifier les variations d'effectif et de dégager s'ils existent, les grands traits des modifications structurales apparues au sein des synusies dans lesquelles sont impliqués les stades préimaginaux de *S.dannosum s.l.*

Pour cette étude, une centaine de substrats artificiels de type balai, a été placée sur le bief de la station I (§ première partie, III, 3.) alors que la rivière était traitée hebdomadairement au téméphos depuis 9 mois, mais seuls 65 d'entre eux ont été retenus (pour des raisons d'économie de temps, nous avons éliminé au hasard certains substrats dans les classes de courant où nous en avions trop).

## 2. Modification éventuelle des distributions

### 2.1. Distribution vis-à-vis du courant

Simulies : Il a été démontré (§ deuxième partie, III, 4) que l'analyse factorielle des correspondances dégagait les rhéopréféréments et les valences rhéophiliques des espèces ainsi que leurs associations. Cette méthode d'analyse a donc été appliquée aux données de cette expérience (fig. 85, tab. 40). Cette figure est similaire à celle obtenue lors de l'expérience réalisée en 1978 en l'absence de tout traitement (fig. 42), si l'on excepte l'apparition de *S.schoutedeni* et la disparition de *S.adersi*.

On peut une fois de plus, constater qu'il n'y a pas ou peu de faune associée spatialement à *S.dannosum s.l.* Seuls les jeunes stades de *S.schoutedeni* vivent dans les mêmes zones de courant rapide.

Il semblerait que l'espèce *S.schoutedeni* ait remplacé en partie *S.dannosum s.l.* sur les gîtes. Cela n'est que partiellement exact, car s'il est vrai que les jeunes stades L1 et L2 de *S.schoutedeni* présentent une grande affinité pour les vitesses de courant relativement élevées, les stades plus âgés se cantonnent dans des courants plus lents que ceux préférés par les larves âgées de *S.dannosum s.l.* (fig. 86 b). Il faut toutefois remarquer que lorsque l'espèce *S.dannosum s.l.* fût presque complètement éliminée du bief, *S.schoutedeni* a pu s'y installer. Rappelons que la première espèce est sensible au téméphos alors que la seconde ne l'est pratiquement pas aux doses employées dans le traitement des rivières.

Les larves de *S.tridens* ont également une distribution modifiée vis-à-vis du courant puisque, d'une part, elles contribuent à la formation du 1er axe factoriel et qu'elles sont, d'autre part, davantage situées en courants forts. Si les jeunes larves présentent toujours une distribution non agrégative vis-à-vis du courant, sans préférendum marqué, les larves âgées, par contre, ont une distribution répartie autour d'un mode situé entre 0,40 et 0,60 m/s (fig. 86 a). Celui des larves âgées de *S.schoutedeni* est sensiblement le même.

Faune non simuliidienne : Nous avons également vérifié que les positions des projections des espèces sur le plan factoriel correspondait bien aux exigences rhéophiliques des espèces (fig. 87).

D'une manière générale, tous les taxons numériquement abondants présentent la même distribution vis-à-vis du courant, que celle mise en évidence en l'absence de traitements insecticides. La comparaison des figures 87 et 40 permet de s'en rendre compte rapidement.

Toutes ces espèces colonisent les substrats situés en courant moyen ou lent. Les espèces *Tanytarsus sp.*, *Polypedilum deletum*, *Cricotopus quadrifasciatus*, *Nanocladius sp.*, *Orthotrichia sp.* et *Centroptilum sp.* vivent dans des courants lents, leurs rhéopréférendums se situant entre 0,30 et 0,50 m/s. *Cheumatopsyche falcifera*, *C.digitata*, *Amphipsyche senegalense*, *Tricorythus sp. 1* et *Pseudocloeon bertrandi* ont des préférendums plus élevés, compris entre 0,50 et 0,70 m/s.

1. Les épandages de téméphos ne semblent donc pas modifier de façon sensible la rhéophilie de l'ensemble des espèces appartenant aux entomocénoses des substrats flottants.

## 2.2. Distribution dans le bief

Les valeurs des vitesses de courant, mesurées au niveau des balais, sont reportées sur la figure 88.

2.2.1. *S. damnosum* s.l. : Les quelques larves récoltées lors de cette expérience ont été prélevées au milieu du bief, dans la zone des courants les plus élevés, ainsi que dans la petite zone d'accélération du courant située en aval (fig. 92 a). La distribution de cette espèce dans le biotope, quoique plus restreinte du fait du petit nombre d'individus présents, est analogue à celle obtenue lorsque la rivière n'était point traitée au téméphos.

### 2.2.2. Autres Simulies :

*S. tridens* : Les jeunes larves de *S. tridens* colonisent la plupart des substrats du bief, à l'exception de ceux situés dans des courants, soit trop forts, soit trop faibles (fig. 80). Il y a apparemment une légère préférence pour la partie amont du bief comme nous l'avions constaté en 1978 avant les épandages (fig. 40).

*S. schoutedeni* : Quel que soit le stade préimaginal considéré, il n'y a pas de localisation préférentielle dans le bief. La localisation est simplement fonction des préférences rhéophiliques (fig. 90).

On peut alors se demander s'il existe une réelle compétition entre ces deux espèces pour l'occupation de l'espace disponible sur les substrats. Afin de répondre à cette question, nous avons calculé, pour chaque prélèvement, la fréquence relative (en pourcentage) de chacune de ces deux espèces par rapport à la somme de leurs effectifs. Quatre catégories ont été discriminées :

- absence des deux espèces
- 70 % ou plus de *S. schoutedeni*
- 70 % ou plus de *S. tridens*
- 30 à 70 % des deux espèces

Les résultats obtenus confirment ceux précédemment exposés (fig. 91), à savoir que :

- les larves de *S. tridens* dominent dans la partie située en amont du bief.
- les larves de *S. schoutedeni* dominent dans la partie située en aval.
- il y a mélange des deux espèces dans la partie médiane, sur les substrats qui subissent des vitesses de courant convenant au développement des deux espèces.

La compétition entre ces deux Simulies n'a donc lieu, si elle existe, que dans la partie médiane du bief. En fait, il est très probable que les densités soient trop faibles pour qu'une réelle lutte pour l'espace disponible ainsi que pour la nourriture s'engage entre les représentants de ces deux espèces, sur la majorité des substrats.

2.2.3. Espèces non-simulidiennes : Les distributions dans le bief des Insectes non-simulidiens associés spatialement aux stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* ne sont pas différentes de celles observées en décembre 1978, avant le début des épandages (fig. 92, 93, 41). Les distributions correspondent aux rhéopréférendums des espèces et non à une quelconque préférence vis-à-vis d'une portion de bief.

Il apparaît donc que le téméphos ne modifie que peu ou pas la distribution spatiale, les préférendums et les valences rhéophiliques des espèces qui lui survivent. La disparition des deux taxons abondants *S. damnosum s.l.* et *S. adersi* a libéré un certain nombre d'espaces sur les substrats. Cependant, les autres espèces associées n'ont pas comblé cet espace disponible en élargissant leur distribution ou en modifiant leur préférendum vers la gamme des courants forts. *S. schoutedeni* a pu s'installer du fait de sa grande tolérance vis-à-vis du téméphos et de l'absence de *S. damnosum s.l.* et de *S. adersi*, mais n'a que très partiellement occupé les niches spatiales libérées par ces deux espèces. Il semblerait plutôt que les stades âgés de *S. schoutedeni* occupent une niche spatiale et rhéophile qui la met en compétition avec *S. tridens*.

### 3. Modification des effectifs des populations et de la structure des peuplements

Lors de l'expérience réalisée en décembre 1979, alors que la rivière était régulièrement traitée au téméphos depuis 9 mois, certaines espèces telles que *S.damnosum s.l.*, *S.adersi* et *S.unicornutum* ont disparu ou sont devenues rares ; d'autres ont vu leurs populations s'accroître de façon considérable tandis que les effectifs de certains taxons n'ont que peu ou pas variés. Nous allons donc essayer, dans un premier temps, de quantifier les variations numériques apparues entre les deux expériences réalisées à l'aide de substrats artificiels flottants en décembre 1978 et 1979, et dans un deuxième temps, de définir les nouvelles structures de communauté apparues en décembre 1979.

#### 3.1. Modification des effectifs des populations

Pour ces deux expériences, les effectifs totaux des taxons les plus abondants ainsi que leurs fréquences relatives ont été consignées dans le tableau 41. Les variations numériques, exprimées en pourcentages, entre les effectifs des deux années, ont été calculées taxon par taxon. La réduction globale de la faune est de 43,3 %, mais tous les taxons ne sont pas affectés de la même façon. Nous pouvons classer les espèces en quatre catégories :

- 1 - celle dont les effectifs sont inchangés. Seule l'espèce chironomidiennne *C.quadri-fasciatus* appartient à cette catégorie ; l'abondance moyenne par substrats étant de 12,5 en 1978 et de 13,5 individus en 1979.

- 2 - celle dont les effectifs ont modérément variés. C'est la cas de l'Hydropsychidae *C.falciifera* et du Chironomide *P.deletum* ; la première de ces deux espèces voit son effectif décroître de 41,7 % en 1979, tandis que les effectifs de la seconde augmentent de 27,4 % durant la même période.

- 3 - celle dont les effectifs diminuent considérablement en 1979, du fait des épandages de téméphos. Les taux de réduction

varient de 70 à 100 % selon les espèces. Parmi les Simulies, *S. damnosum* s.l., *S. adersi* et *S. tridens* ainsi que *S. unicornutum* appartiennent à cette catégorie. Les Trichoptères *Amphipsyche senegalense*, *Cheumatopsyche digitata* et *Orthotrichia* sp. voient leurs populations considérablement réduites, tout comme le sont celles des Ephéméroptères *Tricorythus* sp.1, *Pseudocloeon bertrandi* et *Centroptilum* sp.4. Enfin, les populations de l'Orthocladiinae *Nanocladius* sp. sont moins sévèrement touchées que ne le sont celles des autres taxons puisque la réduction de leurs effectifs n'est que de 61 %.

- 4 - celles dont les effectifs augmentent en 1979 par rapport à ceux de 1978. Seuls, *Tanytarsus* sp. et *S. schoutedeni* peuvent être classés dans ce groupe, avec des pourcentages d'augmentation de 98,5 et 100 %.

L'opposition entre le groupe constitué des catégories 1, 2 et 4 qui contiennent les Insectes peu sensibles ou très tolérants au téméphos et la catégorie 3 qui est formée par les Insectes sensibles met en relief le groupe des Chironomidae. En effet, si l'on excepte l'espèce *Nanocladius* sp., les effectifs de toutes les espèces de Chironomides sont inchangés ou en augmentation lorsque la rivière est traitée au téméphos par rapport à la période durant laquelle elle ne l'était pas. Parmi les autres taxons, seuls *C. falcifera* et *S. schoutedeni* échappent à une forte réduction de leurs effectifs.

### 3.2. Modification de la structure des peuplements

#### 3.2.1. Fréquences relatives

Si l'abondance des taxons varie de façon différentielle entre les expériences réalisées en 1978 et 1979, les structures des communautés d'Insectes colonisant les balais sont donc dissemblables. Nous allons quantifier ces modifications de structure afin de mieux appréhender l'impact du téméphos.

Une approche globale, réalisée en calculant les fréquences relatives des différents taxons en 1978 et 1979, permet de constater que l'importance des Trichoptères et des Ephéméroptères varie peu (tab. 41). Par contre, les Simulies qui constituaient 86 % de la faune en 1978, n'y contribuent plus qu'à 27 % en 1979, et inversement, la

gilde des Chironomides qui constituait 7 % de la faune en 1978, y contribue à 69 % en 1979.

Ces calculs montrent donc une importance croissante des Chironomidae qui se fait au détriment de la famille des Simulies. Toutefois, ils ne tiennent pas compte de l'évolution faunistique vis-à-vis de chaque classe de courant, ni de la localisation dans le bief, ni même des possibles associations ou exclusions entre espèces. Pour tenir compte de tous ces paramètres, nous avons eu recours à l'analyse factorielle des correspondances.

### 3.2.2. Analyse factorielle des correspondances

L'analyse factorielle des correspondances appliquée aux données récoltées lors des études de distribution effectuées en 1978 et 1979 permet de séparer sans ambiguïté les prélèvements qui ont subi des épandages de téméphos de ceux qui en furent exempts (fig. 95). Cette analyse permet également par l'étude des proximités des projections des espèces sur le plan F1 x F2 (fig. 94) de préciser la rhéophilie des principales espèces lotiques colonisant ce type de substrat. On doit néanmoins constater que la séparation obtenue sur l'axe F1 entre substrats traités et non traités au téméphos est très fortement influencée par les variations numériques voisines du type "tout ou rien" des espèces *S. schoutedeni*, *S. adersi* et *S. damnosum s.l.* Afin de voir s'il était possible de reconnaître, sans ces preuves évidentes que sont la présence ou l'absence de l'une ou l'autre des espèces précédemment citées, une communauté subissant des épandages réguliers de téméphos d'une communauté exempte de tout traitement, nous avons effectué une analyse factorielle des correspondances, sur la même matrice de données, mais dont les variables simulidiennes ont été mises en éléments supplémentaires. Là encore, nous trouvons une séparation quasi parfaite entre les balais ayant subi le téméphos et ceux qui n'ont pas été traités (fig. 96, tab. 43) ; le premier axe factoriel traduit encore l'action du téméphos.

Nous pouvons conclure, au vu de cette dernière analyse, que les modifications de structure de communauté engendrées par le téméphos sont très profondes, puisqu'il est possible de les mettre en évidence sur le noyau d'Insectes commun aux deux expériences. Elles sont toutefois



spécifiques de cet insecticide. En effet, la même expérience réalisée avec des substrats flottants de type balai a été menée en la station I en décembre 1980, alors que la rivière était traitée au Chlorphoxim. Les trois séries de données : milieu sans insecticide, milieu traité au téméphos, et milieu traité au Chlorphoxim, ont été analysées simultanément au moyen de l'analyse factorielle des correspondances (LARDEUX, 1981). On obtient, sur le plan F1 x F2 (qui représente 86,7 % de l'inertie totale), trois nuages de points bien individualisés et caractérisés par les structures de peuplement suivantes :

- en milieu non traité : prédominance des Simuliidae et en particulier de *S.damnosum s.l.* et de *S.adersi*. Pas de *S.schoutedeni*, variable qui s'oppose sur l'axe F2 aux deux variables précédentes.

- en milieu traité au téméphos. Les Tanytarsini et *S.schoutedeni* forment la dominante du profil faunistique des substrats.

- en milieu traité au Chlorphoxim : on voit apparaître une dominance relative des Orthocladiinae et de *S.schoutedeni*.

La position centrale sur le graphe des projections des autres variables (Trichoptères et Ephéméroptères), indique que leurs abondances relatives sont peu affectées par le passage des deux insecticides et qu'elles sont donc en proportion relativement constante par rapport à l'ensemble de la faune.

### 3.2.3. Diversité spécifique

Nous avons vu (§, deuxième partie, III, 4.2) que, lorsque la rivière n'est pas traitée au téméphos, l'indice de Shannon et l'Equitabilité diminuaient quand augmentait la vitesse du courant. Ce phénomène tient, d'une part, aux préférences rhéologiques des espèces et, d'autre part, au fait que plus les conditions de survie sont rudes, plus la richesse spécifique est faible. En fait, il est fort probable que ce soit la dominance de *S.damnosum s.l.* qui conditionne presque entièrement l'indice de Shannon (fig. 44 b).

En 1979, puisque la rivière était traitée au téméphos, l'absence de cette espèce dans les courants forts ainsi que l'abondance des Chironomides dans les courants faibles doivent modifier la diversité spécifique. Cette hypothèse se vérifie si l'on compare les diversités

spécifiques moyennes obtenues en 1978 et 1979, en fonction des vitesses de courant (fig. 97).

On observe en effet que :

- la diversité spécifique est à peu près la même dans les courants moyens pour les deux expériences.

- elle est par contre beaucoup plus élevée dans les courants forts en 1979 par rapport à 1978 du fait de l'absence de *S.damnosum s.l.*; *S.schoutedeni*, qui a en partie occupé la niche du vecteur de l'onchocercose, résistant mal aux courants très élevés.

- la diversité est nettement moindre dans les courants faibles, du fait d'une forte dominance de *Tanytarsus sp.*, espèce dominante en 1979 (fig. 97).

On voit donc qu'il existe une certaine différence dans les valeurs de la diversité spécifique en 1979 par rapport à 1978. Toutefois, cette différence n'est perceptible que dans les courants faibles ou forts, et se trouve être liée à la présence d'espèces largement dominantes, *S.damnosum s.l.* en période non traitée, *Tanytarsus sp.* en période traitée.

Dans la gamme des courants moyens, la diversité ne constitue pas un outil qui permette de mettre en évidence la pollution due à l'action du téméphos.

Puisque la diversité spécifique est très dépendante des espèces dominantes, et puisqu'elle ne montre pas de différence imputable au toxique dans toutes les vitesses de courant, elle ne nous paraît pas être un outil idoine pour surveiller l'impact du téméphos.

#### IV. COLONISATION DES SUBSTRATS FLOTTANTS DURANT LA PERIODE DE TRAITEMENT AU TEMEPHOS

##### 1. Introduction

L'étude de la dynamique de colonisation (§ deuxième partie, IV) nous a appris que la densité des Insectes lotiques augmente avec le nombre de jours d'immersion. Toutefois, cette tendance ne se vérifie pas pour les jeunes stades de Simulies du fait de leur distribution agrégative. La compétition entre les espèces associées et *S. damnosum* s.l. modifie également le schéma général de la colonisation en fonction du temps.

De plus, les tests de toxicité à court terme (§ troisième partie), ainsi que les études portant sur les structures des entomocénoses traitées depuis plusieurs mois au téméphos, ont montré un impact différentiel de cet insecticide sur certains taxons, et même sur certaines de leurs écophases. Dans un tel contexte, il est probable que la dynamique de colonisation des substrats qui sont soumis chaque semaine à un épandage, soit différente de celle constatée en dehors de tout

traitement. L'hypothèse d'une réduction périodique des effectifs concomittante des épandages a été formulée.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons réitéré en décembre 1979, l'expérience de colonisation des substrats artificiels de type balai, telle que nous l'avions réalisée en 1978.

## 2. Résultats

### 2.1. Simulies

Les courbes de colonisation en dents de scie, traduisent de grandes variations (journalières ou spatiales) du nombre d'individus par substrat (fig. 98 et 99). Malgré ces fluctuations importantes, deux principales périodes d'abondance se dessinent. L'une est située du 3ème au 11ème jour pour *S.schoutedeni* (fig. 98) et du 3ème au 14ème jour pour *S.tridens* (fig. 99), l'autre qui apparaît à partir du 26ème jour est commune aux deux espèces. Les épandages sont toujours suivi d'une baisse de l'abondance de la faune, mais les variations constatées sont néanmoins de la même amplitude que celles observées durant les jours exempts de traitements. Il ne semble donc pas y avoir un impact important des épandages de téméphos sur les populations de *S.schoutedeni* et *S.tridens* qui colonisent les substrats flottants.

Les études des substrats artificiels non soumis à des épandages de téméphos (§ deuxième partie, IV. 2), nous ont montré que la dynamique de colonisation était différente selon le stade larvaire de Simulies. Il est ainsi possible que les grandes variations constatées sur les figures 98 et 99 soient dues aux distributions très agrégatives des jeunes stades ; celles-ci masqueraient alors l'ampleur réelle de l'impact des épandages. Toutefois, l'étude de la dynamique de colonisation des substrats de type balai, pour les différents stades larvaires de *S.schoutedeni*, ne lève pas l'ambiguïté (fig. 100) (cette espèce a été prise comme exemple pour la famille des Simulies du fait de l'importance de ses effectifs). Ses différents stades présentent des dynamiques très semblables, qui suivent le schéma général de la figure 98. Il existe donc pour chacun des stades préimaginaux, deux périodes d'abondance. Nous en concluons que si les épandages sont suivis de baisse d'effectifs, celles-ci sont du même ordre de grandeur que les

variations constatées les jours sans épandage de pesticide (fig. 100).

## 2.2. Insectes autres que les Simulies

Les effectifs des Epheméroptères sont trop peu abondants pour nous permettre de tirer des conclusions quant à un éventuel impact du téméphos sur leurs dynamiques de colonisation. Il en est de même pour les Trichoptères dont les effectifs n'augmentent sensiblement qu'à partir du 26ème jour.

Les Chironomides sont par contre abondants. On peut constater une augmentation progressive des effectifs des espèces *C.quadri-fasciatus* et *Tanytarsus sp.* (fig. 101 a et b). L'impact de chaque épandage de téméphos est cependant peu perceptible et ne peut être discerné des variations naturelles d'abondance.

## 3. Conclusion

Neuf mois après le début des traitements hebdomadaires au téméphos, l'impact de chaque épandage n'est pas perçu, à court terme, lorsqu'on étudie la cinétique de colonisation des substrats flottants, pour les différents taxons appartenant à l'entomocénose lotique. Cela est contraire à l'hypothèse formulée au début de cette étude. Un tel résultat est imputable, soit à la faible sensibilité des espèces présentes 9 mois après le début des traitements (§ troisième partie, II), soit à leur écologie qui se traduit par des distributions agrégatives ou contagieuses, dans l'espace et le temps. Cette dernière hypothèse est bien illustrée par les Simulies dont les effectifs varient considérablement d'un substrat à l'autre.

Dans le cas des Chironomides, nous devons davantage faire appel à l'hypothèse d'une faible sensibilité (§, troisième partie) puisque ces organismes sont distribués plus régulièrement et ont des densités qui augmentent en fonction du temps, selon un processus d'accumulation progressive. Leur recrutement est essentiellement lié à la dérive tandis que celui des Simulies procède à la fois de la dérive et des pontes en agrégats.

210

## V. CHANGEMENTS DE STRUCTURE DES PEUPEMENTS SUR LES DIFFERENTS TYPES DE SUBSTRATS.

### 1. Introduction

Bien que la plupart des taxons récoltés, avant et après les traitements, soient les mêmes, leur sensibilité différentielle au téméphos modifie souvent de façon notable leur abondance, ce qui entraîne un changement des fréquences relatives et consécutivement, de la structure des peuplements. Mais, comme nous l'avons vu dans la deuxième partie, ces deux valeurs varient également principalement selon la saison, le type de substrat colonisé et la vitesse du courant. S'il est manifeste que des changements de structure sont imputables au téméphos, il reste cependant à déterminer leur ampleur réelle par rapport à celles engendrées par les facteurs mésologiques.

Le recours aux analyses factorielles des correspondances permet de hiérarchiser l'impact de chacun de ces facteurs, et de préciser l'ampleur des modifications structurales engendrées par le téméphos.

Afin de réduire l'importance des variations biocénotiques inhérentes aux différents types de substrats, tout en disposant de

suffisamment de prélèvements, trois analyses factorielles des correspondances ont été réalisées sur trois fichiers constitués des échantillons récoltés durant les périodes précédant et suivant les traitements au téméphos. Ces fichiers sont :

- l'ensemble des prélèvements des feuilles et des tiges de *Ficus asperifolia* (type I et III).

- l'ensemble des prélèvements des feuilles et des tiges de *Chloris robusta* (type II et IV).

- l'ensemble des prélèvements réalisés à l'échantillonneur de Surber (type VII).

En raison du trop petit nombre d'échantillons récoltés, la méthode n'a pu être appliquée aux prélèvements de racines de *Ficus asperifolia* (type V) ni à ceux des feuilles mortes immobilisées (type VI).

## 2. Résultats

### 2.1. Impact du téméphos sur la structure des entomocénoses peuplant les substrats flottants.

Les analyses factorielles des correspondances réalisées sur les données codées de la matrice des substrats I et III (AFC.A) (feuilles et tiges de *Ficus* ; figure 102 et tab. 44) et celle des substrats II et IV (AFC.B) (feuilles et tiges de *Chloris*, fig. 103 et tab. 45) donnent des résultats très analogues.

Pour ces deux analyses, le facteur le plus important déterminant la structure des communautés est la saison. Ce facteur est renforcé par l'action du courant dont les vitesses dépendent de l'hydraulicité de la rivière, donc de la saison puisque durant les hautes eaux ou lors de la décrue, le courant est très élevé tandis qu'en saison d'étiage, il est plus réduit.

L'action du téméphos se manifeste sur le deuxième axe factoriel. La séparation entre mois traités et non traités est nette pour les mois de novembre, décembre et janvier, mais l'est moins pour ceux de mars à juin.



Nous pouvons résumer les résultats de ces deux analyses comme suit :

- les variations saisonnières des entomocénoses des substrats de type I et III, ou II et IV sont plus importantes que les modifications engendrées par le téméphos. Cette différence n'est cependant pas très grande puisque l'écart des contributions des axes F1 et F2 à l'inertie du nuage n'est respectivement que de 3,1 et 3 %.

- les mois de décembre et janvier, qui s'opposent aux mois de mars et avril, sont les plus remarquables biocénotiquement parlant. Les résultats des mois de février sont plus délicats à interpréter du fait des empoisonnements au *Tephrosia*. La période allant de décembre à mars-avril sera donc la plus intéressante à surveiller.

- il y a de grandes différences biocénotiques entre les mois de décrue traités ou non traités au téméphos. Elles sont par contre plus faibles voire inexistantes durant la période d'étiage.

## 2.2. Impact du téméphos sur la structure des entomocénoses des substrats ancrés (substrats de type VII)

### 2.2.1. Prélèvements triés au niveau spécifique

Deux analyses ont été pratiquées. L'une, l'AFC.C tient compte de l'ensemble des mois durant lesquels ont pu être pratiqués les prélèvements à l'échantillonneur de Surber, l'autre, l'AFC.D, ne tient compte que des mois de décembre, janvier, février et mars.

Dans l'AFC.C (première analyse, fig. 104 et tab. 46), le premier axe traduit l'action du téméphos. Sur le second, s'oppose les éléments stables, c'est-à-dire présents durant les périodes avant et après traitement aux éléments instables qui sont apparus ou qui ont disparu lorsque la rivière a été traitée.

Mais dans l'AFC.C, nous avons tenu compte de tous les prélèvements de la faune des rochers ; les échantillons récoltés durant les périodes de montée des eaux ou de hautes eaux (crue) se trouvent donc

inclus. Or, nous pensons que les effectifs de ces prélèvements sont peu interprétables en période non traitée du fait, d'une part des fluctuations importantes du niveau des eaux, et d'autre part, de la pauvreté de la faune. Ils sont alors d'autant moins interprétables durant la période traitée au téméphos. Ces éléments sont d'ailleurs mal représentés (faibles contributions) sur l'axe F1 de la figure 104 et sont le plus souvent situés près du centre de gravité.

Nous avons donc réalisé une nouvelle analyse (AFC.D), plus restreinte quant au spectre des données utilisées, mais qui devait permettre de mieux appréhender les changements de structure imputables au téméphos, tout en réduisant les variations numériques inhérentes aux saisons. Nous n'avons donc retenu que les mois durant lesquels la faune est la plus stable et la plus abondante, à savoir les mois de décembre, janvier, février et mars. D'autre part, d'avantage de taxons ont été pris en compte.

Dans cette analyse (AFC.D, fig. 105), l'axe F1 traduit la pollution par le téméphos puisque :

. les mois traités et non traités sont séparés et situés de part et d'autre du barycentre du graphe.

. les taxons les plus sensibles au téméphos sont projetés sur la droite du graphe. Ainsi, la position extrême de *S.damosum s.l.* explique le succès du programme de lutte contre l'onchocercose. Les taxons les moins sensibles sont par contre, sur la gauche, et les taxons moyennement sensibles au centre du graphe.

Parmi les organismes les plus abondants, nous pouvons définir trois groupes en fonction de leur sensibilité au téméphos, aux doses appliquées en condition de programme. Ces sensibilités sont évaluées par la position de leurs projections sur l'axe de pollution (F1).

- Groupe sensible

<i>Simulium damnosum s.l.</i>	(DAM)
<i>Tricorythus sp.1</i>	(EO1)
<i>Simulium adersi</i>	(ADE)

- groupe moyennement sensible
 

<i>Cheumatopsyche falciifera</i>	(T1)
<i>Cheumatopsyche digitata</i>	(T10)
<i>Pseudocloeon bertrandi</i>	(E21)
  
- groupe peu ou pas affecté par le téméphos
 

<i>Polypedilum deletum</i>	(CC5)
<i>Cricotopus quadrifasciatus</i>	(CO2)
<i>Tanytarsus sp.</i>	(CT1)
<i>Simulium schoutedeni</i>	(SCH)

Cette échelle de sensibilité, obtenue *in situ*, avec l'ensemble des prélèvements récoltés durant les périodes de décembre à mars précédant ou subissant les traitements au téméphos, est sensiblement la même que celle obtenue lors des tests en gouttières. Ceci a pour conséquence :

- d'une part, de valider les résultats obtenus avec l'AFC.
- d'autre part, de montrer que *la structure des peuplements obtenue à long terme, est le reflet de la sensibilité à court terme, des espèces.*

Le second axe factoriel reflète les variations saisonnières, matérialisées par une opposition entre les mois de décembre et mars et durant lesquels s'effectue un changement graduel de structure de communauté.

On peut donc conclure que l'analyse factorielle des correspondances appliquée aux échantillons récoltés durant les mois de décembre, janvier, février, et mars, met mieux en évidence l'impact du téméphos sur la structure des communautés benthiques que ne le permettait l'analyse effectuée sur l'ensemble des mois. Les variations saisonnières sont également perceptibles, quoique de moindre ampleur que celles engendrées par le pesticide, puisqu'elles n'interviennent que sur le deuxième axe factoriel.

Pour résumer ces quatre analyses, il apparaît que les deux premiers axes factoriels traduisent d'une part, le caractère saisonnier

des cycles d'abondance des taxons, et d'autre part, l'impact du téméphos sur la structure des entomocénoses. En ce qui concerne les substrats flottants (type I, II, III et IV), les variations les plus importantes sont dues aux variations saisonnières de l'abondance des espèces et plus particulièrement à celles des Simulies qui forment la majorité de la faune colonisant ce type de substrat. Bien que la différence soit peu importante, les variations engendrées par le téméphos sont dans l'ensemble moins fortes que celles induites par le facteur saisonnier.

Par contre, la faune saxicole fluctue structurellement moins selon les saisons, même s'il existe chez la plupart des taxons des variations marquées d'abondance au cours de l'année. Les effets dûs au téméphos sont alors plus nets que ne le sont ceux imputables aux saisons.

#### 2.2.2. Prélèvements triés à des niveaux taxinomiques supraspécifiques (données du programme de surveillance)

Il vient d'être démontré, qu'il était possible de séparer typologiquement les prélèvements de la faune des rochers récoltés en période traitée au téméphos, de ceux récoltés en période non traitée. Cette discrimination est fondée sur les variations de structure des entomocénoses étudiées au niveau de l'espèce, et apparaît supérieure aux variations saisonnières durant la période décembre-mars.

Or, le protocole adopté dans le programme de lutte contre l'onchocercose s'appuie sur des déterminations effectuées à des rangs taxinomiques plus élevés (généralement la famille ; cf. tab. 47). Ce choix a été fait en fonction des difficultés d'identification des taxons, ainsi que de leur importance dans la biocénose. Selon les groupes considérés, les niveaux d'identification sont le genre, la tribu, la famille, voire même l'ordre. Seule *S. damnosum* s.l. reste identifiée en tant qu'espèce tandis que le taxon "Simulies autres" regroupe le reste des espèces du genre *Simulium*.

Avec un degré d'identification aussi sommaire, il n'est pas certain que des changements biocénotiques soient perceptibles,

tels qu'ils l'étaient lorsque les prélèvements étaient triés au niveau de l'espèce. Ceci est d'autant plus probable que certaines espèces d'une même famille, voire d'un même genre ont des sensibilités totalement différentes vis-à-vis du téméphos (exemple : *S. adersi*, *S. tridens*, *S. schoutedeni*). Une vérification s'imposait. Nous avons donc réemployé l'analyse factorielle des correspondances, pour tenter de dégager les changements structuraux des entomocénoses. Elle a été appliquée à une partie des données concernant la faune saxicole récoltée dans le programme de surveillance. Toutefois, toutes les données n'ont pas été prises en compte ; une sélection a été nécessaire, établie en fonction des stations et des mois.

#### Choix des stations

Le principal critère retenu pour le choix des stations est l'existence d'un nombre suffisant de données recueillies avant et après traitement. Deux stations de la Maraoué (station I et II) répondaient pleinement à cette exigence.

Danangoro (DAN, station II), sur la Maraoué au N.W. de Bouaflé, était sous surveillance depuis 1975, mais seuls les résultats des années 1976 à 1980 ont participé à l'analyse, car plus fiables. Cet ensemble de prélèvements concerne donc trois années avant et une année après le début des traitements qui commencèrent en mars 1979.

Entomokro (EK, station I), au S.E. de Bouaflé, est échantillonné depuis 1978 et sous traitement depuis mars 1979. Les données provenant de ces deux stations ont été regroupées et ont fait l'objet d'une analyse unique (1).

---

(1) La station de Sémien, située sur le Sassandra, a également été surveillée durant une courte période, avant que ne débutent les épandages. Nous ne l'avons pas retenue dans ces analyses pour les raisons suivantes :

- sa biocénose est assez différente de celle de la Maraoué
- seuls trois échantillons ont été récoltés avant traitement
- il était préférable pour une meilleure comparaison avec les résultats obtenus au niveau "espèces" de travailler sur des échantillons issus des mêmes biefs.

Choix des mois

Nous avons vu (§ quatrième partie, V, 2.2.1.) que l'impact du téméphos était mieux défini lorsque nous prenions en compte les mois de décrue et d'étiage (décembre à mars). Cela est surtout dû aux difficultés inhérentes à l'utilisation de l'échantillonneur de Surber en période des hautes eaux.

Résultats (AFC.E)

Comme pour les autres analyses factorielles des correspondances, les données ont été codées selon la formule  $-1 +$  mantisse du logarithme à base 10 de l'effectif - afin de normaliser les données et de minimiser les trop grandes variations d'abondance. L'emploi d'une telle cotation d'abondance pour le dénombrement apporte par ailleurs, un gain de temps et de moyen considérable permettant ainsi de multiplier si nécessaire, le nombre de sites étudiés ainsi que le nombre de relevés.

Les projections des variables et des individus sur le plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances sont représentées sur la figure 106. Les contributions des variables aux axes sont consignées dans le tableau 48 tandis que celles des axes F1 et F2 à l'inertie totale du nuage sont de 16 % et 11 %.

Sur le premier axe factoriel (F1), on constate une opposition nette entre le groupe de variable Tanytarsini (TAR) et Chironomini (CHI), et le groupe de variable *S.damnosum s.l.* (DAM) et Tricorythidae (TRI), ce qui correspond, d'après nos résultats antérieurs, à une opposition entre taxons sensibles et peu sensibles au téméphos.

Du point de vue individus (prélèvements), la séparation est nette entre ceux échantillonnés en période traitée et ceux échantillonnés en période non traitée au téméphos.

Ces résultats sont donc très semblables à ceux obtenus lorsque les tris étaient réalisés au niveau spécifique. Seule, la position centrale des "Simulies autres" (SIM) est très différente. Ceci est dû à la différence de sensibilité vis-à-vis du téméphos des trois principales espèces de ce groupe :

- *S. adersi* qui est relativement sensible et qui a été totalement éliminée du milieu après quelques mois de traitement.

- *S. tridens* qui tout en étant assez sensible, arrive à maintenir l'effectif de ses populations durant la période traitée.

- *S. schoutedeni* peu sensible et qui prolifère à la décrue durant la période de traitement.

Le barycentre de projections de cet ensemble de trois espèces au comportement différent vis-à-vis du téméphos, correspond donc à un effet global nul de l'insecticide sur les Simuliidae.

Le même problème se retrouve chez les Baetidae pour lesquels le taxon *Pseudocloeon bertrandi* s'oppose modérément à *Centropatilum* sp.4 (E31) et *Pseudocloeon* sp. (E29). Le barycentre se trouve donc projeté, sur l'axe F1, du côté des espèces sensibles mais relativement près du centre d'inertie des axes.

L'axe F2, sur lequel on note un passage progressif des mois de décembre au mois de mars, correspond à la saison ; résultat confirmé par l'opposition entre les taxons de décrue et ceux d'étiage.

Nous retiendrons de cette analyse menée sur les effectifs codés des données du programme de surveillance (identification à un niveau supraspécifique) que la discrimination entre les prélèvements récoltés durant la période traitée au téméphos et ceux récoltés durant la période non traitée, est pratiquement aussi bonne que lorsque l'analyse est effectuée sur les effectifs codés des espèces.

Nous pouvons donc conclure de ceci que :

- la surveillance de la faune des rochers durant les quatre mois de décrue permet de mettre en évidence un impact du téméphos sur la structure des peuplements.

- l'échantillonneur de Surber est un outil bien adapté à la récolte des organismes saxicoles.

- l'identification taxinomique retenue dans le programme de surveillance permet de mettre en évidence des changements de structure

induites par le téméphos.

Remarque

Nous avons vérifié que les résultats obtenus sur la structure des peuplements n'étaient pas des artéfacts de calcul et donc traduisaient bien les données du programme de surveillance.

Pour ce faire, nous avons appliqué à la même matrice de données codées, la méthode dite de Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H.), et nous avons étudié le dendrogramme des individus (prélèvements) (fig. 107).

A l'exception de quelques points, le premier noeud sépare en deux ensembles les prélèvements ayant subi le téméphos de ceux qui en furent exempts. Les individus mal classés sont tous des prélèvements n'ayant pas reçu d'insecticide, et qui se retrouvent classés parmi ceux qui l'ont subi. C'est le cas de quatre prélèvements réalisés au mois de décembre 1977 en la station II, et de deux prélèvements des mois de janvier 1977 et 1979. Il s'agissait très certainement de rochers pauvres en faune du fait de distributions agrégatives. Un tel résultat confirme d'ailleurs la nécessité d'effectuer de nombreux prélèvements.

La position d'un certain nombre de mois de février, non soumis aux épandages de téméphos, parmi les prélèvements des mois traités, n'est par contre pas surprenante. Les pêches traditionnelles au *Tephrosia* qui ont lieu chaque année, entraînent une pollution assez importante de la rivière, atteignant assez fortement les communautés.

D'une façon générale, la classification ascendante hiérarchique donne des résultats très voisins de ceux obtenus avec l'analyse factorielle des correspondances. Il existe donc bien des différences notables entre les prélèvements ayant subi le téméphos et ceux qui en furent exempts.



En résumé, le téméphos engendre à long terme des changements dans la structure des entomocénoses aquatiques. Celles-ci sont aisément dégagées par les analyses factorielles des correspondances lorsqu'on prend en compte les prélèvements effectués dans la période de décembre à mars. Ces changements structuraux sont dûs à des variations d'abondance variables selon les taxons et imputables à des effets directs ou indirects du téméphos ; les effectifs de certains taxons tels que les Chironomides étant en hausse durant la période de traitement tandis que les effectifs des taxons sensibles diminuent durant cette même période.

Les effectifs des populations varient également selon la saison ou le mois considéré. Ces fluctuations superposées à celles engendrées par le téméphos donnent des fluctuations chaotiques difficilement interprétables au moyen des analyses univariées. Il est donc peu aisé d'évaluer l'impact global du téméphos en considérant les fluctuations d'abondance des taxons ; cela est d'autant plus vrai que ces variations ne vont pas dans le même sens, ni n'apparaissent à la même saison.

La quantification globale de l'impact à long terme du téméphos devra donc se fonder sur les variations structurales des peuplements plutôt que sur les variations d'abondance des populations.



## VI. INDICE DE POLLUTION

### 1. Introduction

Les écologues qui possèdent un grand nombre de relevés contenant une multitude d'espèces ou de taxons, aux caractères écologiques (distribution spatiale et saisonnière, voltinisme, sensibilité aux polluants, rhéophilie, etc...) très dissemblables, se trouvent rapidement devant l'impossibilité de percevoir l'influence d'un facteur particulier et en l'occurrence, celle d'une pollution (excepté si cette pollution est de type catastrophique). Les auteurs ont donc cherché à réduire leurs matrices de données en des chiffres nommés indices, dont les valeurs se doivent de refléter plus ou moins fidèlement les avatars des biocénoses soumises à de telles pressions de pollution.

L'existence d'une sensibilité différentielle des organismes à une pollution, ainsi que de structures bien définies dans les peuplements ont engendré le concept d'indicateurs écologiques. Un indicateur écologique est une population ou un ensemble de populations en interrelation, qui réagit sélectivement, de façon qualitative ou quantitative, à des modifications, parfois minimes, d'un ou plusieurs paramètres de l'écosystème dont ils font partie.

En se basant sur cette structure évolutive, deux voies principales de recherche ont été explorées depuis le début du XXème siècle, pour mettre en évidence l'action d'un agent polluant. Ce sont :

- . la recherche d'espèces indicatrices
- . l'étude et la caractérisation des changements de structure biocénotique que l'on exprime par des indices empiriques ou mathématiques.

Notons que ces deux voies ne s'excluent pas, les indices modernes en étant une synthèse.

Nous rappellerons brièvement ces différentes méthodes, puis formulerons un nouvel indice biotique plus spécifique, applicable à la surveillance des rivières traitées au téméphos dans le cadre du programme de lutte contre l'onchocercose.

Le rappel des méthodes employées sera fait non pas selon l'opposition, recherche d'espèces indicatrices / changements structuraux dans la biocénose, mais selon la séparation entre indices fondés sur les variations de l'information dans les structures biocénotiques et indices fondés sur la sensibilité des espèces.

## 2. Indices de diversité

### 2.1. Rappel bibliographique

L'emploi des indices de diversité (§ première partie, 5.3) comme moyen de surveiller une biocénose, est une vogue qui a surtout sévi dans les années 1960-1975, et qui s'appuyait sur les propriétés suivantes (WHILM & DORRIS, 1968) :

- ils expriment l'importance relative de chaque espèce.
- ils sont sans dimension
- ils sont théoriquement indépendants de la taille de l'échantillon

Mais trop souvent, les indices de diversité ont été considérés comme une propriété intrinsèque des communautés (HAIRSTON, 1964 ;

McINTOSH, 1967) et ont fait l'objet d'une utilisation parfois abusive et souvent non critique. Le point de vue plus récent de HURLBERT (1971) et de GOODMAN (1975) est que la diversité n'a de réalité que comme un vague concept combinant deux paramètres différents et souvent indépendants : le nombre d'espèces et leur équiabondance (voir aussi : SAGER & HASLER, 1969 ; TRAMER, 1969 ; MOORE, 1975). Dans une telle optique, les indices de diversité se réduisent à de simples mesures de la variance multidimensionnelle des organismes pris individuellement par rapport aux espèces. Ces indices n'ont pas de définition significative ou d'analogie avec l'information, la stabilité ou la structure des communautés (PIELOU, 1969 ; PAINE, 1969 ; HURD *et al.*, 1971 ; GOODMAN, 1975).

En dépit de la faiblesse des bases théoriques, la justification de tels indices trouve cependant un fondement dans les études appliquées. Ainsi, l'évolution de certaines biocénoses particulières a pu être suivie grâce aux indices de Shannon (DAGET, 1970), de SIMPSON (1949), etc...

Par contre, l'hypothèse qu'il existe une relation entre une grande diversité et une grande qualité de l'environnement ou qu'une pollution entraîne une dépression de la diversité a souvent été infirmée (ARCHIBALD, 1972 ; TRAMER & ROGER, 1973 ; LIVINGSTON, 1975).

Ainsi, par exemple, à la suite de la pollution par les hydrocarbures déversés lors du naufrage de l'Amoco-Cadiz, l'indice de Shannon a varié, selon les stations d'observation, de deux façons opposées (ELKAIM, 1979) :

- il a augmenté de 1,6 à 3,9 fois sa valeur lorsque l'espèce dominante du peuplement sublittoral a disparu.

- il a diminué d'un tiers de sa valeur lorsque le nombre d'espèces s'est appauvri concomitamment à l'augmentation des effectifs des espèces non sensibles à cette pollution.

On s'aperçoit donc que la seule lecture des valeurs de l'indice ne peut rendre compte des modifications apparues dans le milieu.

Il faut également souligner la faible robustesse des indices de diversité inhérente au fait qu'ils dépendent également de facteurs autres que la pollution tels que les facteurs saisonniers ou temporels (MACAKAY & KALF, 1969 ; HOLLAND & POLGAR, 1976 ; MENGE & SUTHERLAND, 1976), les facteurs latitudinaux (PIANKA, 1966) et les variations spatiales dans les facteurs naturels du milieu (SHELDON, 1968 ; HENDRICKS *et al.*, 1974 ; TIETJEN, 1976).

Il apparaît donc qu'un indice de diversité est un résumé insuffisant et peu probant de l'information pour des données biologiques et doit être interprété avec prudence en s'appuyant sur les données de base ou sur d'autres indices plus élaborés (HAMILTON, 1975). Bien souvent, la richesse spécifique, mesure biologique simple et sensée, donne autant d'informations dans la comparaison des peuplements que la diversité tout en étant moins ambiguë (GREEN, 1977). Nous verrons que les analyses multifactorielles fournissent encore plus d'informations sur les données biologiques et les réduisent en une forme plus utilisable, tout en gardant une grande signification écologique.

En plus de leur faiblesse théorique, les indices de diversité, et notamment celui de Shannon, présentent dans leur application pratique, les inconvénients suivants :

- ils nécessitent d'un point de vue théorique une détermination des organismes au niveau spécifique. ECHAUBARD & NEVEU (1974) étudient cependant la pollution de la Couze Pavin (ruisseau du Massif Central) à l'aide de l'indice de Shannon, et trouvent dans ce cas précis, qu'il traduit de façon plus évidente la pollution que ne le fait l'indice biotique de TUFFERY & VERNEAUX. Il faut remarquer que, dans cette application, l'indice de diversité de Shannon a été calculé sur les familles, et de ce fait, il n'est pas sûr que les conclusions tirées soient conformes à la théorie de l'information qui requiert un niveau spécifique d'identification taxinomique. Pourtant, HUGHES (1978), travaillant sur des communautés lotiques d'une rivière du Sud du Pays de Galles, a montré que l'indice de Shannon calculé sur les niveaux taxinomiques du genre, de la famille ou de l'ordre, donnait des valeurs proches... de celles obtenues au niveau de l'espèce !

- ils requièrent un comptage long et fastidieux.

- enfin, la plupart de ces indices sont fondés sur les fréquences relatives des espèces, ou leur probabilité de présence, ce qui fait que deux structures différentes de communauté peuvent donner des valeurs semblables. De même, à effectifs égaux, les remplacements d'espèces ne peuvent être perçus. *Ces indices sont donc aveugles.*

Nous allons donc infirmer ou confirmer l'inadéquation de cet indice de diversité lorsqu'il est appliqué aux données du programme de surveillance des rivières pour mettre en évidence une pollution par le téméphos.

## 2.2. Applications

L'indice de Shannon n'a été calculé que sur les quatre mois (décembre à mars) durant lesquels la densité de la faune est maximale et la méthode de prélèvement fiable. Cet indice étant sensible à la richesse spécifique, il se pose le problème des espèces rares ou peu abondantes. Doit-on les prendre en compte dans le calcul ou ne doit-on conserver que les espèces soit numériquement abondantes, soit peu abondantes, mais à grande occurrence dans les échantillons ? Pour tourner la difficulté, nous avons calculé les valeurs prises par l'indice de Shannon d'abord avec toutes les espèces, ensuite en ne conservant que les espèces les plus abondantes.

### 2.2.1. Indices calculés sur toutes les espèces d'Insectes

Les valeurs de l'indice de Shannon sont plus faibles après traitement, uniquement pour certains prélèvements des mois de mars 1979 et février 1980. En ce qui concerne les autres séries de prélèvements, les différences ne dépassent pas les fluctuations naturelles apparues au cours des différentes années (fig. 108 a). Elles ne sont donc pas évidentes, et en tout cas, peu probantes.

L'équitabilité ainsi que la richesse spécifique donnent des résultats similaires à ceux ci-dessus exposés. La discrimination entre les peuplements ayant subi ou non le téméphos semble encore moins nette (fig. 108 b et 108 c).

Les prélèvements moyens (moyenne de chaque échantillon) montrent une tendance à la baisse de l'indice de Shannon après traitement au téméphos. Celle-ci n'est cependant pas vérifiée pour tous les échantillons (fig. 108 a).

L'équitabilité ou la richesse spécifique calculée sur les prélèvements moyens n'apportent aucune information complémentaire par rapport à celles obtenues pour l'ensemble des prélèvements (fig. 108 e et f).

#### 2.2.2. Indice de Shannon calculé sur les espèces les plus abondantes

Les valeurs prises par l'indice ne sont pas exactement les mêmes que celles obtenues lorsque toutes les espèces étaient prises en compte. Toutefois, les variations engendrées par les mois et les traitements au téméphos, évoluent dans le même sens (fig. 109 a et b), mais ne permettent pas de mettre en évidence un quelconque changement dans les structures de communauté.

### 2.3. Conclusions

Il apparaît globalement que ni la diversité, ni l'équitabilité, ni même la richesse spécifique ne semblent affectées de façon significative par les épandages de téméphos. Nous devons en conclure :

- que le nombre d'espèces présentes est toujours le même
- que l'abondance relative des populations n'a pas changé.

La structure des peuplements des rochers est la même et l'information intrinsèque à ces entomocénoses n'est pas affectée par le téméphos. Cela peut être vrai globalement du point de vue formel, en ce qui concerne l'information, mais appelle toutefois les remarques suivantes :

. si la richesse spécifique est la même avant et après traitement au téméphos, c'est parce que certains taxons ont disparus des biefs tandis que d'autres apparaissent.

. les espèces dominantes ne sont plus les mêmes (exemple : prolifération des Chironomides au détriment des Ephéméproptères).



Or, nous avons mis en évidence à l'aide des analyses factorielles des correspondances que la structure des communautés d'Insectes subissant le téméphos est très différente de celles exemptes de traitements. *Les indices informatiques ne permettent donc pas de mettre en évidence ces changements.* Cela tient en grande partie au fait que ces indices sont "aveugles".

#### 2.4. Indices calculés au niveau d'identification utilisé dans le programme de surveillance

Contrairement aux résultats obtenus par ECHAUBARD & NEVEU (1974), aucun changement significatif n'est intervenu lorsque la rivière était traitée au téméphos dans les valeurs de l'indice de Shannon, de l'Equitabilité et de la richesse taxinomique (fig. 110 a, b et c).

Il peut être conclu que les variations de l'indice de Shannon, de l'Equitabilité et de la richesse spécifique ou taxinomique ne sont pas aptes à mettre en évidence les changements de structure intervenus durant la période où la rivière était traitée hebdomadairement au téméphos.

### 3. Indices biotiques et biocénologiques

#### 3.1. Rappel bibliographique

La méthode des saprobies de KOLWITZ et MARSON (1908), quoique très ancienne, fut l'une des plus employées. Les auteurs ont classé les animaux aquatiques en fonction de leur tolérance à la pollution organique et ont ainsi défini les associations ou saprobies suivantes :

- polysaprobies : ce sont les associations des eaux très polluées regroupant les animaux saprobiontes (ou espèces saprobies strictement inféodées à ces milieux).

- mésosaprobies  $\alpha$  et  $\beta$  : associations spécifiques des eaux moins polluées. Les organismes colonisant ces milieux sont saprophiles.

- oligosaprobies : biocénoses d'eau propre, non polluée. Les

organismes sont dits saproxènes.

Selon le type de communauté trouvé, ils déterminent globalement l'état de pollution du cours d'eau. Cette méthode présente cependant plusieurs inconvénients :

- . la détermination des organismes doit se faire jusqu'au niveau spécifique. En effet, à l'intérieur d'un même genre ou d'une même famille, les sensibilités des espèces vis-à-vis de la pollution peuvent être très différentes.

- . l'écologie de tous les animaux doit être connue, la présence ou l'absence d'une espèce pouvant être fonction de la variation de paramètres autres que la pollution (saison, hydrologie, ...).

- . elle n'est pas quantitative mais qualitative.

En résumé, cette méthode demande pour être appliquée avec rigueur une connaissance approfondie des espèces et elle est difficilement applicable à grande échelle.

Les écologues ont donc cherché à améliorer la méthode tout en continuant de s'appuyer sur les variations biocénotiques, et en intégrant l'effectif des populations ainsi que leur sensibilité plus ou moins grande à la pollution.

TUFFERY & VERNEAUX (1967), TUFFERY (1980) construisent empiriquement, après de nombreuses études, un indice caractérisant la qualité de la macrofaune invertébrée en place, ainsi que sa diversité spécifique. Cette méthode simple qui considère des niveaux d'identification variables selon les groupes mais fixés quasi définitivement pour toutes les études, est sensible aux variations saisonnières. Elle présente par contre, les inconvénients de ne prendre en considération que l'épibenthon et de n'être applicable qu'aux petits cours d'eau. Enfin, les coefficients appliqués pour chaque groupe sont déterminés empiriquement, et il n'est pas certain qu'ils soient identiques pour toutes les régions géographiques, ou tous les types de pollution.

### 3.2. Caractéristiques requises par un indice de pollution dans ce contexte

L'indice proposé devra non seulement éviter les écueils rencontrés par les précédents, mais tenir compte des problèmes propres au programme de surveillance des rivières traitées au téméphos. Le programme de lutte contre l'onchocercose devant se poursuivre durant 20 ans, sur un réseau hydrographique considérablement étendu, la surveillance devra donc être la plus aisée possible, adaptée à une grande échelle et effectuée par un personnel parfois peu qualifié.

Les indices formulés pour suivre l'action du téméphos devront tenir compte des impératifs suivants :

- l'identification taxinomique doit être facile
- le comptage des organismes doit être rapide
- l'indice doit être sensible aux variations d'abondance et aux variations de structure.
- sa formulation doit être suffisamment générale pour s'appliquer sans modification à différentes rivières et si possible, à différents bassins hydrographiques.
- le calcul doit être simple et ne pas nécessiter de moyens sophistiqués.
- enfin, l'indice obtenu doit être suffisamment sensible pour suivre les variations fines de la pollution et séparer distinctement les périodes traitées à l'insecticide des périodes non traitées.

### 3.3. Construction de l'indice factoriel de pollution = indice biocénotique .

L'élaboration de l'indice de pollution est dictée par trois exigences qui nous paraissent fondamentales :

- il est nécessaire de tenir compte de l'identité de chaque taxon dans le calcul de l'indice, ceci afin que deux structures différentes de communauté ne donnent pas des indices identiques
- il est également nécessaire de tenir compte de la

structure des communautés lotiques et de l'importance réelle de chaque groupe taxinomique qui les constitue. Pour ce faire, nous avons affecté, aux taxons intervenant dans le calcul, des coefficients (ou poids) fonction de leur sensibilité au téméphos, mais qui ne nécessitent pas, contrairement aux indices biotiques proposés par TUFFERY & VERNEAUX qui utilisent des poids empiriques, une connaissance relativement importante de la bioécologie et de la biosensibilité des taxons.

- enfin, les coefficients affectés à chacun des taxons doivent être calculés une fois pour toute sur un grand nombre de données pour l'ensemble de l'axe du programme ou plus modestement, pour chaque bassin hydrographique ; les calculs des valeurs de l'indice n'étant que l'application des coefficients aux effectifs codés des taxons récoltés dans chaque prélèvement.

#### Rappel de la méthode (ELOUARD & JESTIN, 1982)

L'analyse factorielle des correspondances (AFC.E) appliquée aux effectifs codés des données du Programme de Surveillance, permet de dégager les structures des communautés et leurs variations en fonction de l'insecticide (Quatrième partie, VI, 2.2.2.). Rappelons que dans cette analyse, la typologie établie sépareit clairement sur le premier axe factoriel les relevés ayant subi l'insecticide de ceux ne l'ayant pas subi. Par ailleurs, les taxons sensibles étaient opposés, sur cet axe factoriel, aux taxons écologiquement résistants à l'insecticide. Sur cet axe, il est donc possible de construire une échelle de pollution et, à partir de celle-ci, un indice de pollution qui soit une combinaison linéaire des effectifs codés des taxons ayant contribué à l'analyse.

Les coordonnées sur l'axe de pollution seront retenues comme poids ( $a_i$ ) pour chacun des effectifs considérés. Le coefficient sera d'autant plus fort que la position du taxon sera plus excentrée par rapport à l'origine.

L'indice proposé est donc de la forme :

$$(I) \quad \text{IND} (j) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i a_i}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

où  $x_i$  représente le total des effectifs codés.

Afin de pouvoir appréhender de façon simple et rapide les variations de la pollution, il est intéressant que les valeurs de l'indice obtenues pour chacun des prélèvements varient de 1 à 10. L'indice prendra la valeur 1 lorsqu'aucune pollution n'interviendra et la valeur 10 quand la pollution sera maximale.

Nous avons retenu comme plage de variation correspondant à 10 unités de pollution la distance (d) entre les relevés extrêmes de part et d'autre de l'origine de l'axe 1, distance qui a été observée en 5 années sur une rivière particulièrement bien étudiée avant et après les traitements au téméphos : la Maraoué.

Un coefficient  $C = 10 / d$  doit donc être introduit dans la formule (I), à laquelle il convient d'ajouter 5 pour que les limites varient entre 1 et 10 et non entre - 5 et + 5. La formule finale retenue est de la forme suivante :

$$(II) \quad \text{IND} (j) = \left[ \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i a_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \right) \times C \right] + 5$$

Seule, la partie entière du résultat sera considérée. Si la valeur de l'indice  $\text{IND} (j)$  est inférieure à 1, on l'assimilera à 1, de même si la valeur de l'indice est supérieure à 10, on l'assimilera à 10 (1).

---

(1) Des valeurs supérieures à 10 peuvent se rencontrer. Elles correspondent à une surabondance de taxons caractéristiques des milieux pollués et à une absence de taxons sensibles au téméphos. Ces valeurs n'apportent pas d'informations nouvelles sur l'état de déséquilibre des biocénoses, par rapport à la valeur 10. Nous préférons les ramener à cette valeur afin que les valeurs intermédiaires gardent toute leur signification.

### 3.4. Applications

#### 3.4.1. Détermination des poids et du coefficient C

Rappelons que la typologie obtenue dans l'AFC.E oppose sur le premier axe factoriel l'espèce cible sensible *S.damnosum s.l.* au taxon Tanytarsini favorisé par l'insecticide (fig. 104). Les contributions absolues de ces deux taxons à la construction du premier axe factoriel sont très fortes et respectivement de 31,3 et 32,3 %. Le premier axe factoriel explique 16 % de l'inertie totale des données (valeur toujours sous estimée dans ce type d'analyse). Les poids affectés aux variables sont consignés dans le tableau 48 et le coefficient C à appliquer est  $C = 60$ .

Certains taxons tels que les Hydroptilidae, et les Simuliidae autres que *S.damnosum s.l.* possèdent une contribution nulle dans la construction du premier axe factoriel. Il est inutile de les prendre en compte dans le calcul de l'indice de pollution. De même, les taxons présentant des effectifs faibles ainsi que des contributions peu élevées ont été éliminés. Une seconde analyse (AFC.F) portant seulement sur les six taxons suivants : Baetidae, Tricorythidae, *S.damnosum s.l.*, Tanytarsini et Orthocladiinae, a été réalisée (fig. 111). La typologie obtenue est à peu près identique à celle établie lors de la première analyse (fig. 106). Les contributions des différents taxons ainsi que leurs coordonnées sur l'axe 1 sont consignées dans le tableau 49. Les variables *S.damnosum s.l.* et Tanytarsini ont encore une contribution prépondérante dans la construction du premier axe factoriel qui représente 40 % de l'inertie totale du nuage.

#### 3.4.2. Performance des indices biocénétiques

Le meilleur indice biocénétique est celui qui représente le plus haut taux de réussite dans la séparation des mois ayant subi des traitements au téméphos des mois sans traitements.

Dans les tableaux 50 et 51 sont reportés les moyennes par échantillons des indices biocénétiques calculés pour les stations I et II (dans la plupart des cas, un échantillon représente une série de cinq prélèvements réalisés le même jour dans les mêmes conditions).

Le taux de réussite dans le classement est plus élevé lorsque les coefficients et les poids issus de l'AFC.F sont utilisés. Ce taux est calculé en faisant le rapport du nombre de mois bien classés au nombre total de mois. Il est de 90 % dans la première analyse, et de 95 % dans la seconde qui est donc plus performante puisqu'elle permet de mesurer avec une plus grande certitude l'effet des épandages de téméphos.

Il ne nous paraît cependant pas certain que la surveillance d'un si petit nombre de taxons permette de suivre à long terme et sur une grande échelle, les variations de structure des communautés de grands bassins souvent très différents les uns des autres. Notre jugement de l'impact du pesticide pourrait être faussé s'il apparaissait des changements notables dans la biosensibilité de certains groupes taxinomiques. Il est donc prématuré d'opter dès maintenant pour l'application des coefficients issus de l'AFC.F tant que des vérifications plus importantes dans le temps et l'espace n'ont pas été réalisées.

#### 3.4.3. Vérification de la validité de l'indice

La validité de l'indice ne sera prouvée que si celui-ci sépare, avec un taux élevé de réussite, les prélèvements traités des prélèvements non traités, car nous savons qu'il existe une différence structurale entre ces deux catégories de prélèvements. L'indice devant être appliqué à l'ensemble du programme de surveillance, nous nous devons de vérifier son pouvoir discriminant sur des prélèvements issus de stations et de mois n'ayant pas participé à l'analyse factorielle, donc aux calculs des poids affectés aux variables taxinomiques.

Les indices biocénotiques ont été calculés sur un ensemble de 327 prélèvements récoltés sur les stations I et II de la Maraoué, de Sémien (Sassandra) et de la Léraba, durant les mois de décembre à juin (tableau 52 et 53). Les écarts pour chacune des deux analyses, entre le nombre de réussite et le total des prélèvements ont été reportés dans le tableau 54. Deux calculs différents du taux de réussite ont été effectués selon que l'on considérait l'ensemble des mois ou simplement la période comprenant les mois de décembre à mars. Les résultats permettent de conclure que la formule de l'indice biotique issue de l'analyse à 6 variables (AFC.F) est la plus performante et que bien que

l'écart soit faible, la période intégrant les mois de décembre à mars est mieux classée que l'ensemble des mois.

Les stations I et II de la Maraoué ont un taux global de réussite voisin de 90 % pour l'ensemble des mois, et de 100 % si l'on ne considère que les mois de décembre à mars, le taux de réussite pour les prélèvements de la station de Sémien étant plus bas et oscillant entre 70 et 80 %.

L'obtention de valeurs "anormales" de l'indice de pollution pour certains relevés n'est pas nécessairement due à une inaptitude. En effet, durant les périodes traitées, il peut arriver qu'un site soit incorrectement traité, auquel cas les entomocénoses peuvent se rapprocher typologiquement de celles existants en milieu non traité. Inversement, des pollutions d'origine diverses peuvent affecter un site, et en modifier les équilibres biocénotiques dans un sens défavorable.

Non traité au téméphos, certains sites enfin peuvent présenter une typologie particulière et naturelle de leurs peuplements saxicoles, qui induit systématiquement une moindre "signification" de l'indice. C'est le cas observé sur la station du Sassandra (Sémien) où nous avons pu remarquer l'absence naturelle quasi totale du complexe *S.damnorum* sur les faciès rocheux; son biotope de prédilection sur cette station en saison sèche, étant la végétation aquatique ou semi-aquatique présente dans les rapides.

Pour de tels gîtes, il serait utile d'effectuer une analyse séparée afin de déterminer leur structure biocénotique. Cela n'est cependant possible que si l'on dispose de suffisamment de données récoltées avant et après le début des traitements antismulidiens, ce qui n'est pas le cas de la station de Sémien. Quoiqu'il en soit, dans de tels cas de configuration biotypologiques différentes, seuls les coefficients pondérant les effectifs sont affectés, la forme générale de l'indice restant inchangée.

#### 3.4.4. Périodes à retenir

Les indices biotiques calculés pour les périodes de décembre à mars ont un taux de réussite plus élevé que ceux calculés pour



les autres mois. Les taux de réussite pour chacun des mois, calculés à partir des coefficients et poids issus de l'AFC.E sont les suivants :

NOVEMBRE	94 %	JANVIER	93 %	MARS	96 %	MAI	75 %
DECEMBRE	91 %	FEVRIER	100 %	AVRIL	70 %	JUIN	90 %

Les communautés des mois d'avril et de mai, qu'elles subissent ou non les épandages sont peu différentes. Il est donc difficile de dégager, durant ces deux mois, une pollution en se fondant sur la structure des communautés. D'autre part, pour des raisons tant d'hydraulicité fluctuante des rivières, que de faibles effectifs totaux des peuplements, il semble préférable de ne pas juger l'état de pollution d'une rivière sur les indices biotiques obtenus dans les mois de novembre et de mai. La meilleure saison pour surveiller la faune des rochers se situe donc durant les mois de décembre, janvier, février et mars.

#### 3.4.5. Incidence de l'effectif du peuplement sur le calcul de l'indice

DEJOUX *et al.* (1980) préconisaient de ne pas tenir compte des relevés présentant un effectif trop faible. Une vérification *a posteriori* de cette hypothèse montre qu'il existe une liaison assez forte entre la proportion mensuelle des relevés mal classés et le pourcentage des relevés mensuels dont l'effectif est inférieur à 100 individus. Ce phénomène est bien mis en évidence par la figure 112. Globalement, il y a 51 % de chance d'obtenir un mauvais indice lorsque l'effectif total d'un prélèvement est inférieur à 100 individus contre moins de 10 % lorsque l'effectif total est supérieur à 100. Il faut cependant garder à l'esprit que la réduction extrême des effectifs peut être la conséquence d'une pollution extrême. Les données présentant des effectifs trop faibles devront donc être jugées objectivement à la lumière des facteurs mésologiques, avant d'être écartées.

### 3.5. Conclusion

L'utilisation régulière de l'indice biocénotique que nous venons de proposer nous semble être un outil fiable et adéquat pour une surveillance extensive et à long terme des effets toxiques du téméphos sur les peuplements d'Invertébrés des rivières ouest-africaines. Bien entendu, il ne dispense pas d'études ponctuelles approfondies mais permet d'émettre un jugement rapide sur l'état biologique d'un cours d'eau régulièrement traité, et ce, en n'exigeant qu'un travail relativement réduit.

En effet, son calcul ne demande aucun moyen sophistiqué. L'identification des taxons n'exige pas de connaissances approfondies de systématique et le comptage à l'aide de l'échelle de type logarithmique est à la fois rapide et aisé. Nous avons vu qu'il était performant pour les rivières de Côte d'Ivoire, mais une vérification de son adéquation pour d'autres cours d'eau ouest-africains devra être faite pour qu'il devienne un moyen normalisé pour rechercher rapidement d'éventuels déséquilibres faunistiques.

Si ces aspects pratiques ne sont pas contestables, il est cependant évident que le niveau d'identification des taxons adopté, n'est pas sans risques. Des substitutions d'espèces peuvent apparaître à l'intérieur d'un taxon. Celles-ci passeront alors inaperçues de l'observateur si le remplacement s'opère à quantité égale. Rappelons que la position centrale du taxon "*Simulies autres*", observée dans l'AFC.E et l'AFC.F correspond au centre de gravité de 3 principales espèces aux comportements très différents vis-à-vis de l'insecticide ; *S. adersi* sensible au téméphos, *S. tridens* insensible et *S. schoutedeni* "favorisée" par ce dernier. La disparition totale d'une espèce et son remplacement par une autre à l'intérieur d'une même unité taxinomique peuvent donc être totalement masqués. Enfin, il ne faut pas perdre de vue que cet indice tient compte dans sa construction de la sensibilité d'un certain nombre de taxons choisis dans le cadre de l'utilisation d'un insecticide donné : le téméphos. Il n'est donc pas applicable sans ajustement des pondérations et des coefficients, à d'autres insecticides ou à d'autres pollutions de diverses origines. Seule la structure générale peut en être retenue.

Il faut également ne pas oublier que les valeurs obtenues pour l'indice ne constituent que des indications de la santé des rivières. Toute variation importante doit provoquer une enquête approfondie sur le terrain qui devra confirmer ou infirmer les "anomalies" constatées grâce au système d'alerte que constitue l'indice de pollution.



## VII - CONCLUSIONS DE LA PARTIE IV

Afin de savoir si les traitements répétés de téméphos engendraient à long terme des modifications dans la bioécologie des espèces, nous avons réitéré les prélèvements visant à préciser leurs distributions aussi bien spatiales que temporelles.

La comparaison des résultats obtenus lors des périodes pré- et post-traitements permet d'imputer au téméphos un certain nombre d'effets.

Les périodes annuelles d'abondance de la majorité des taxons ne sont pas modifiées. Cela prouve que les cycles des Insectes résistants au téméphos ne sont pas perturbés. Ces cycles sont normaux en durée et se déroulent à la bonne saison. Deux exceptions ont cependant été trouvées ; il s'agit de *C.quadrifasciatus* et de *Centroptilum* sp.4. Notons que les deux espèces qui sont apparues (*S.schoutedeni*) ou qui ont été éliminées (*S.adersi*) des biefs traités présentent évidemment des modifications de leurs périodes annuelles d'abondance.

Les distributions en fonction du courant sont peu affectées après 9 mois de traitements hebdomadaires au téméphos et si la plupart des taxons ont subi de fortes variations numériques, ils n'ont pas modifié leur distribution dans les biefs. *S. tridens* fait cependant exception ; cette espèce semble davantage inféodée à un courant donné en période traitée au téméphos. Cela est probablement dû à la libération des niches rhéologiques occupées par *S. adersi* et à moindre titre, par *S. damnosum s.l.*

L'espèce *S. schoutedeni*, pratiquement jamais répertoriée sur les biefs de la Maraoué, durant la période qui précédait les traitements, occupe partiellement la niche rhéologique de *S. damnosum s.l.*, au moins en ce qui concerne ses jeunes stades larvaires ; les stades plus âgés de *S. schoutedeni* sont par contre, moins rhéobiontes et leurs rhéopréférendums avoisinent celui de *S. tridens*.

L'étude des dynamiques de colonisation des substrats artificiels flottants n'a pas permis de suivre l'impact des épandages hebdomadaires. Des raisons inhérentes à l'écologie des espèces (distributions agrégatives) ou à leur résistance au téméphos ont été invoquées. Elles doivent certainement être renforcées par des déficiences méthodologiques. Il est connu que l'appréhension des distributions agrégatives nécessite un échantillonnage abondant, qui doit l'être d'autant plus, lorsque l'influence d'un nouveau paramètre agissant sur les distributions, doit être mis en évidence.

Nous avons déjà perçu ce problème lors de l'étude à court terme de l'impact des épandages de téméphos. Le suivi des variations d'abondance de la faune des rochers n'avait pas permis de percevoir nettement les diminutions de la faune après un épandage (Part. III, III). Un tel problème a également été rencontré par YASUNO (1981) avec la faune saxicole, ainsi qu'avec la faune colonisant les bandelettes de plastique dans les torrents japonais.

Quantitativement, l'impact à long terme du téméphos se traduit par une réduction des effectifs. Celle-ci a été suivie lors de l'expérience sur la distribution de la faune lotique sur les substrats artificiels de surface. Une réduction globale de 43 % a été enregistrée

durant la période traitée par rapport à la période qui ne le fut pas. Cette valeur moyenne qui est à moduler selon le groupe taxinomique considéré (réduction de plus de 70 % des effectifs de la plupart des espèces, mais augmentation de 100 % de ceux de *S.schoutedeni*, et de 98 % de *Tanytarsus sp.*), est inférieure à celles obtenues lors des impacts à court terme avec le même insecticide (73 à 93 %, DEJOUX, 1977, 1978 ; ELOUARD, 1979, respectivement sur la Bagoué, le Sassandra et la Maraoué).

Si nous considérons que la faune des substrats flottants est de loin la plus exposée et la plus sensible au téméphos, le maintien de la faune s'explique par une accoutumance, une résistance physiologique plus grande, voire une résistance génétique. Ces résistances auraient pu apparaître après une sélection répétée par les épandages hebdomadaires des organismes les moins sensibles au téméphos. Ce résultat, s'il se confirmait, est encourageant du point de vue de l'équilibre des écosystèmes lotiques.

#### MODIFICATIONS STRUCTURALES

Les changements de structure des communautés entomiques ont été suivis au moyen de l'indice de Shannon et des analyses factorielles, cette deuxième méthode s'étant révélée plus performante que la première.

Les changements induits par le téméphos ne sont pas d'ampleur égale selon le type de substrat colonisé, c'est-à-dire en fin de compte selon l'entomocénose considérée. Les entomocénoses lotiques étant comprises faunistiquement et structurellement entre les deux extrêmes : celles des substrats flottants de type I et les entomocénoses saxicoles (substrats de type VII). Les premières sont pauvres en espèces et très changeantes selon les conditions mésologiques ; il en existe donc une grande variété, adaptée aux différentes valeurs des principaux paramètres du milieu, et principalement au courant. Une ou deux espèces largement dominantes composent la majeure partie de leurs effectifs. Dans ces entomocénoses, les changements engendrés par le téméphos sont de moindre ampleur que ceux imputables aux saisons. Il s'agit de communautés évoluant selon la stratégie cénotique de type *i* (BLANDIN *et al.*, 1976). Leur persistance dépend de l'aptitude de chacune des espèces qui

la compose à résister au téméphos. Les espèces *S.damnosum s.l.* (espèce rhéobionte) et *S.adersi* (espèce rhéophile) ont été globalement remplacées par *S.schoutedeni* et *S.tridens*. Notons que pour cette dernière espèce, déjà présente sur les biefs avant les épandages, il existait un certain recouvrement des niches rhéologiques avec *S.adersi*.

A l'inverse, les entomocénoses saxicoles sont beaucoup plus diversifiées et évoluent davantage selon une stratégie cénotique de type s. Les effectifs de certaines espèces ont fortement diminués tandis que d'autres ont augmenté. Enfin, on constate la persistance d'un noyau d'espèces numériquement stable. Il est très probable que la disparition ou la réduction numérique de certaines espèces ait favorisé celles dont les effectifs ont augmenté, qui étaient sans doute non compétitives avec les premières durant les périodes qui précédaient les traitements. La résilience des entomocénoses saxicoles semble donc assez forte (CANCELA DA FONSECA, 1977).

Quelle que soit l'entomocénose considérée, on constate une diminution de l'effectif des Simulies et des Ephémères au profit des Chironomides; les Trichoptères variant peu. Ces résultats sont à rapprocher de ceux de WANSON (1975) sur la pollution organique de l'Isère et ceux de YASUNO (1982 a et b) au Japon, avec le téméphos. La présence d'abondantes quantités de Chironomides traduit, dans les eaux courantes, une pollution quelle qu'elle soit. Les méthodes utilisant des indicateurs de pollution de KOLWITZ & MARSON (1908) ou l'indice biotique de TUFFERY & VERNEAUX (1967) en sont autant de confirmations puisqu'elles donnent un poids important à la présence de ces taxons.

Mais, fait important, les analyses factorielles des correspondances nous ont permis de dégager une évolution saisonnière naturelle des entomocénoses ; évolution où l'on constate depuis le mois de décembre jusqu'au mois de mars, un enrichissement progressif en Chironomides et un appauvrissement en Simulies. Les conditions sévères de l'étiage, rappelant les conditions de pollution, pourraient en être la cause et être de ce fait, assimilées à une pollution temporaire mais naturelle.

Pour résumer les modifications biocénétiques globales, on constate :



- que l'évolution naturelle des entomocénoses en l'absence de téméphos, depuis la décrue jusqu'à l'étiage, évolue d'une structure diversifiée et riche en Simulies, à une structure moins diversifiée et où les Chironomes dominent (axes 1 et 2 du graphe).

- que l'évolution hors saison des entomocénoses soumises à des traitements répétés de téméphos se fait également selon le schéma exposé, à savoir un appauvrissement des peuplements (fig. 113, axes 2 et 3) et une prolifération des Chironomides. Les espèces chironomidien- nes ne sont néanmoins pas les mêmes. L'évolution saisonnière favorisant les Orthoclaadiinae, l'évolution sous pression de téméphos, les Tany- tarsini. Tout se passe comme s'il existait en période traitée à l'insec- ticide, un déplacement précoce des structures faunistiques diversifiées de la saison de décrue, vers les structures de la saison d'étiage (évo- lution selon les axes 2 et 3 de la figure 113).

Selon ce principe, l'impact d'un épandage de téméphos en saison d'étiage n'induit que peu ou pas de changements de structures biocénotiques et de ce fait, l'arrêt des traitements permettra un recou- vrement très rapide de la situation antérieure. Par contre, les épan- dages de la saison des pluies, de même que les premiers épandages d'une rivière engendreront des modifications biocénotiques profondes (grandes variations sur l'axe 2). L'arrêt des traitements ne permettra pas tou- jours un retour rapide à la situation antérieure (impossibilité de re- monter la fronce), si l'on représente le phénomène par une catastrophe d'ordre 1 (THOM, 1977 ; STEWART, 1982 ; CANCELA DA FONSECA, 1977). Un délai de plusieurs mois est alors nécessaire pour recouvrer une bio- cénose caractéristique des milieux non pollués ; résultat confirmé par ceux de YASUNO (1981, 1982 a et b) établis après une pollution au témé- phos des rivières japonaises.

Si la mise en évidence des variations de structure cénotique est aisée lorsqu'on utilise l'analyse factorielle des correspondances, leur quantification ne peut se faire que si l'on utilise un indice, qui est la synthèse mathématique de l'abondance de chaque taxon. L'indice biocénotique sous la forme où nous l'avons défini, semble être un outil relativement performant pour juger des modifications des entomocénoses que le téméphos engendre à long terme.

Mais, si son utilisation peut être prônée pour la surveillance à long terme de l'impact du téméphos sur les peuplements entomiques de la Maraoué, du Bandama et de la plupart des rivières ivoiriennes, son application à d'autres bassins hydrographiques ne peut se faire sans ajustement du coefficient C, ainsi que des poids, c'est-à-dire, sans avoir établi la typologie cénotique des entomocénoses saxicoles de la rivière étudiée.

De même, l'utilisation d'un tel indice pour surveiller la pollution engendrée par un autre insecticide pose le problème du calcul et de l'ajustement rapide des poids et du coefficient C aux nouvelles structures cénotiques engendrées par cette nouvelle pollution.

Rappelons qu'en ce qui concerne la Maraoué, le calcul des paramètres de l'indice biocénotique a nécessité de traiter au moyen de l'analyse factorielle des correspondances 350 prélèvements récoltés durant les périodes non traitées et traitées au téméphos. L'utilisation d'un tel indice ne peut donc débuter au plus tôt qu'un an après les premiers épandages.

CINQUIEME PARTIE

-----

CONCLUSIONS ET REFLEXIONS POUR  
UNE SURVEILLANCE DES ECOSYSTEMES LOTIQUES

-----



*"Minima de malis"*



### I. DISTRIBUTION DE *S.DAMNOSUM S.L.* ET DE LA FAUNE ASSOCIEE

Les stades préimaginaux de *Simulium damnosum s.l.* ont une écologie relativement marginale parmi les espèces lotiques ; ils se rencontrent dans les biefs aux courants élevés, se maintenant préférentiellement sur les substrats flottants, dans la mesure de leur disponibilité. Dans ces biotopes soumis à des contraintes rhéologiques sévères, le vecteur de l'onchocercose est l'espèce la plus abondante, dominant largement de par ses effectifs, les quelques espèces lotiques parvenant à s'y installer. L'ensemble de ces conditions mésologiques confère donc à l'entomocénose de ces substrats, une richesse et une diversité faibles, sans doute inféodées à une stratégie cénotique de type *i*.

Le rhéopréférendum et la valence rhéophilique de *S.damnsum s.l.* varient en fonction des stades préimaginaux. Les jeunes stades sont sténotopes et rhéobiontes, les stades âgés sont plus eurytopes et possèdent une valence rhéophilique plus étendue.

La distribution de cette espèce nuisible n'est toutefois pas limitée aux substrats flottants situés en courant élevé. Elle se trouve principalement modifiée par les variations de l'hydraulicité de la rivière conséquentes à l'alternance des saisons, et par les pressions de dispersion essentiellement dues aux grandes densités larvaires... Ces conditions amènent alors les larves à vivre dans des biotopes dont les paramètres ont des valeurs éloignées des préférendums.

On peut considérer qu'à une saison donnée, la densité des

larves de *S.damnosum s.l.* s'amenuise selon deux gradients principaux : d'une part, selon la diminution de la vitesse du courant et d'autre part, selon le passage de substrats flottants ondulants, aux substrats immobiles ancrés au fond du lit de la rivière.

Les femelles de *S.damnosum s.l.* pondent leurs oeufs en agrégats et de façon contagieuse. Cela a pour conséquence une distribution très agrégative des jeunes stades sur un substrat donné. Il est de ce fait difficile de suivre leur dynamique de colonisation. Par contre, de par leur propension à émigrer, véhiculés par la dérive, et grâce à leur valence rhéophile plus grande, les stades âgés présentent des courbes de colonisation traduisant une augmentation numérique progressive.

Les espèces de la faune associée se partagent entre ces deux types de dynamique. Toutefois, dans ces courants élevés, la prédominance de *S.damnosum s.l.* perturbe leur installation par compétition.

Les associations spatiales entre les stades préimaginaux de *S.damnosum s.l.* et les Insectes lotiques dépendent de trois facteurs mésologiques principaux qui sont la période d'abondance de chacune des espèces, le type de substrat colonisé et la vitesse du courant.

A l'exception de *S.unicornutum* et de *Tanytarsus sp.*, les densités de la majorité des Insectes sont maximales durant la décrue, l'étiage ou le début de la remontée des eaux. Ils préfèrent également les courants moyens ou lents. On peut donc affirmer, malgré la présence toute l'année du vecteur de l'onchocercose, que très peu de faune lui est associée spatialement, et plus particulièrement à ses jeunes stades plus rhéobiontes. D'une manière générale, sur les rochers, on trouve peu de *S.damnosum s.l.* associés à de nombreux Insectes non-cibles, alors que sur les substrats flottants, peu d'Insectes lotiques sont associés à de nombreuses larves de *S.damnosum s.l.*

Des associations fonctionnelles existent cependant entre cette Simulie et le reste de la faune non-cible. Ainsi, la présence de *S.damnosum s.l.* limite les valences rhéophiles et la distribution dans le milieu de *S.adersi* et *S.tridens* et empêche l'installation de



*S. schoutedeni*.

Les stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* interviennent également en tant que proies dans la chaîne alimentaire aquatique. Toutefois, la majorité des prédateurs n'est pas associée spatialement à *S. damnosum s.l.* Ce sont des entomophages généralistes passifs, voire des omnivores, simulivores par opportunisme, qui vivent dans des biotopes où les larves du vecteur de l'onchocercose sont rares, la dérive étant le véhicule de leurs proies. Les Trichoptères Hydropsychidae constituent la majeure partie de ces prédateurs passifs et sont localisés, selon les espèces et les stades larvaires, sur ou sous les rochers.

## II. IMPACT DU TEMEPHOS

Limiter l'onchocercose par action chimique contre le vecteur et en l'occurrence avec le téméphos, signifie détruire toutes les larves de *S. damnosum s.l.*, et ce dans tous les biotopes où elles se maintiennent. Il eut été naïf de penser *a priori* que cet insecticide présentait une spécificité stricte envers cette Simulie. Fût-ce le cas, il était peu concevable que l'élimination de *S. damnosum s.l.* n'ait pas de conséquences plus ou moins directes sur le reste de la faune lotique. Cette espèce occupe en effet, d'une part une niche spatiale et constitue, d'autre part, une proie, donc de ce fait intervient dans la chaîne trophique.

La destruction du vecteur de l'onchocercose par voie chimique est assujettie à un épandage hebdomadaire. Une telle périodicité permet de distinguer des effets immédiats, dits à court terme, d'effets retardés et plus profonds, apparaissant du fait de la répétition des traitements et dénommés impacts à long terme.

### 1. Impact à court terme

Comme préssenti, le téméphos est toxique à court terme pour la majorité des Insectes lotiques, aux doses employées dans le programme de lutte contre l'onchocercose. Ce résultat nous est fourni tant par l'étude des taux de dérive que par le calcul des CL 50 obtenues avec les tests en gouttières ou par la quantification de la faune des substrats. Ces méthodes ne sont toutefois pas toutes équivalentes en

précision, en rigueur, ainsi qu'en moyen et temps de mise en oeuvre.

Un épandage de routine réalisé par OCP (concentrations comprises entre 0,05 et 0,1 ppm) entraîne, après un temps de latence variant d'un quart d'heure à trois quarts d'heure, un décrochement massif de la faune qui se traduit par une augmentation de l'indice de dérive et une baisse de la densité de la faune en place sur les substrats.

Même si tous les groupes taxinomiques sont atteints, il existe néanmoins une certaine sélectivité de ce larvicide et si les Tricorythidae, les *Chimarra* et certains Baetidae y sont particulièrement sensibles, disparaissant presque totalement des biotopes, d'autres espèces telles que *S.schoutedeni* ou les Chironomidae résistent assez bien aux doses employées par OCP. Cette sensibilité différentielle des organismes laisse également augurer le maintien d'une certaine faune dans les milieux lotiques, se traduisant à long terme par des modifications biocénétiques profondes.

Il a été également démontré que les stades larvaires des espèces lotiques n'ont pas la même sensibilité ; les plus jeunes étant toujours beaucoup plus affectés par le téméphos que les plus âgés. La différence de sensibilité pouvant atteindre un facteur 10. Un tel résultat appelle deux commentaires :

- d'une part, l'impact d'un épandage variera selon le nombre de jours qui le sépare de l'éclosion des jeunes larves et plus celles-ci seront âgées le jour du traitement, plus il y aura de survivantes. Dans une telle hypothèse, les espèces à cycle court (Chironomidae par exemple) sont nettement avantagées par rapport à celles dont le développement dure plusieurs mois (Trichoptères).

- il sera, d'autre part, impératif de tenir compte de l'âge des individus ou de la structure des populations pour comparer la toxicité de plusieurs insecticides ou l'évolution des sensibilités des organismes à un insecticide donné.

A court terme, le téméphos ne perturbe pas trop la physiologie et l'éthologie des organismes survivants. Ces constatations ont été

perçues à travers l'étude du taux d'exuviation et du rythme nyctéméral de dérive. Ces deux phénomènes n'ayant pas des valeurs très différentes durant les heures qui précèdent et qui suivent l'épandage.

Bien que nantis des résultats quantitatifs précédemment exposés, nous nous garderons ici de fournir un chiffre estimant la toxicité à court terme du téméphos. En effet, étant donné que celle-ci varie selon les espèces, selon les stades préimaginaux et selon les expériences, il est évident que la mortalité constatée dépend de la composition faunistique des peuplements ainsi que de la structure des populations qui les compose. Selon que les Insectes sensibles ou peu sensibles dominant, l'effet du téméphos sera catalogué comme catastrophique ou au contraire faible. Néanmoins, si l'on se réfère aux résultats obtenus avec d'autres insecticides (DDT, lindane, deltaméthrine, malathion.....), le téméphos peut être considéré comme ayant une toxicité très acceptable. Il constitue à l'heure actuelle la seule arme chimique disponible et efficace contre *S. damnosum* s.l. (1), moyennement toxique vis-à-vis de la faune non cible et point trop onéreuse. Seul le *Bacillus thuringiensis israelensis* (B.t.i.) paraît supplanter le téméphos de par sa toxicité sélective envers les Simulies. Son utilisation à grande échelle reste par contre encore partiellement problématique en raison de l'inadéquation aux épandages aéroportés des formulations disponibles.

## 2. Impact à long terme

Bien plus que l'impact à court terme, qui ne permet de percevoir qu'un stress momentané, plus ou moins drastique, mais localisé dans le temps, les modifications à long terme traduisent l'impact réel du téméphos sur la faune non cible, puisqu'elles intègrent, en plus des mortalités, l'effet des différents épandages ainsi que les ruptures ou déviations de chaînes trophiques. Il est également important de considérer comme normal que tous les épandages d'OCP puissent ne pas être correctement dosés. En effet, vu l'étendue du programme de lutte

---

(1) Rappelons que sur le Bandama, les deux espèces jumelles *S. sirbanum* et *S. sanctipauli* présentent une résistance au téméphos.

contre l'onchocercose et étant donné les fluctuations du débit des rivières, il est impossible d'ajuster exactement partout et toujours les concentrations de téméphos; certains épandages sont donc surdosés et d'autres sous-dosés. On peut exiger un contrôle de méthodologie qui évite ou minimise les surdosages systématiques; les défaillances relevant de l'accidentel ne pouvant toutefois être écartées (chute d'un aéronef à Boromo dans la Volta, par exemple).

Parmi les preuves les plus évidentes des modifications apparaissant à long terme, nous avons souligné la disparition au bout d'un certain temps de *S. adersi*, la raréfaction des Tricorythidae ainsi que des Baetidae *Centroptilum sp.4* et *Pseudocloeon sp.* de même que

Certaines espèces sont néanmoins communes aux deux périodes traitées et non traitées au téméphos (Hydropsychidae, *S. tridens*, Chironomides...). Et, si les modifications dans la structure des peuplements sont aisément perceptibles, les variations des effectifs sur les substrats naturels sont plus difficiles à mettre en évidence à cette échelle de temps.

Les variations quantitatives induites à long terme par le téméphos n'ont pu être chiffrées que dans le cas des études de distribution dans les biefs, c'est-à-dire lorsque les conditions expérimentales ont limité les variations dues aux saisons ou au type de substrat. La valeur globale de 43 % de réduction de la quantité de faune doit toutefois être relativisée puisqu'elle englobe les effectifs des Insectes qui ont proliféré (Chironomides, *S. schoutedeni*) du fait de l'insecticide, ceux qui ont fortement diminué (Ephéméroptères, certaines Simulies) et ceux qui ont peu varié (Hydropsychidae). Les Simulies constituant un cas particulier puisque la disparition de *S. damnosum s.l.* et de *S. adersi* a été en partie compensée par la prolifération de *S. schoutedeni*.

Dans un programme de surveillance appliqué sur une vaste échelle, étant données les grandes fluctuations saisonnières et les variations dans les distributions, il nous paraît donc difficile de quantifier l'impact à long terme du téméphos en se basant sur les variations d'abondance des populations. Une telle approche nécessiterait un

échantillonnage trop abondant, coûteux en temps et en matériel.

A long terme, les variations structurales des peuplements sont par contre plus faciles à mettre en évidence alors que leur interprétation n'était pas probante à court terme. Cela est dû à l'établissement de structures cénotiques stables typiques des périodes traitées au téméphos, très différentes de celles des périodes non traitées.

Les changements de structure mis en évidence avec les analyses multifactorielles sont décelables quel que soit le type de substrat échantillonné. Dans tous les cas de figure, le groupe des Chironomides et *S. schoutedeni* semblent caractériser les périodes durant lesquelles ont lieu les épandages. La prolifération de ces Insectes se faisant au détriment de *S. damnosum s.l.*, de *S. adersi*, des Tricorythidae ainsi que de nombreux autres Ephéméroptères. Remarquons que la prolifération de certains Chironomides n'est spécifique d'une pollution ni par le téméphos, ni par un insecticide, mais semble générale à toute pollution.

Cette prolifération de *S. schoutedeni* et des Chironomides pourrait rendre compte du maintien des populations d'Hydropsychidae sur les biefs traités au téméphos. Nous avons en effet montré que ces Trichoptères étaient peu ou moyennement sensibles au téméphos aux doses employées par OCP, et qu'ils étaient des prédateurs passifs des larves de *S. damnosum s.l.* La disparition de cette espèce de Simulie n'a donc que peu affecté les populations d'Hydropsychidae, puisqu'elle a été compensée par l'apport de nourriture que constituait les Chironomides et *S. schoutedeni*, espèces peu sensibles au téméphos.

Mentionnons également que nous n'avons trouvé que peu de variations sensibles dans la biologie de la plupart des espèces soumises à des épandages répétés de téméphos. Cette remarque s'applique aussi bien aux saisons d'abondance des espèces qu'à leur rhéopréférendum et valence rhéophilique. Seuls *Centroptilum sp.4* et *Cricotopus quadri-fasciatus* font exception en ayant décalé leur période d'abondance et *S. tridens* en précisant son rhéopréférendum.

Il semblerait par contre que le rythme nycthéméral de dérive soit perturbé par le téméphos en étant moins marqué, et même parfois

arythmique après plusieurs mois de traitements.

Nous pouvons donc résumer globalement l'impact du téméphos comme suit : à court terme, il engendre, de par sa toxicité, des variations numériques dans les populations, à long terme des modifications dans la structure des peuplements. Il est toutefois évident que la variation d'abondance à court terme se traduit également par des variations de structure biocénotique, de même que les variations dans la structure des peuplements perçues à long terme sont la conséquence de modifications numériques dans les populations. La différence mise en évidence entre l'impact à court terme et à long terme est liée aux variations des paramètres naturels ainsi qu'aux techniques d'étude employées ; à long terme, les variations inhérentes aux saisons peuvent masquer les fluctuations numériques dues au téméphos ; à court terme, un épandage ne fait que réduire plus ou moins fortement les effectifs de tous les taxons et n'entraîne aucune prolifération de certains d'entre eux ; les différences structurales sont donc de ce fait moins accentuées.

### III. PROPOSITION D'UN NOUVEAU PROTOCOLE DE SURVEILLANCE DE L'IMPACT DU TEMEPHOS

Dans toute étude, la qualité et la précision des résultats obtenus sont largement tributaires des techniques employées. Puisque, dans la surveillance des rivières traitées au téméphos par OCP, la majorité d'entre elles ont été choisies *a priori* en fonction d'une connaissance hydrobiologique arctique et sans vérification approfondie de leur adéquation aux rivières tropicales, il nous paraît opportun de procéder à une revue critique de la qualité des résultats qu'elles fournissent et d'en extraire des propositions pour améliorer leurs performances.

- récolte de la faune saxicole à l'aide de l'échantillonneur de Surber et de substrats artificiels (blocs de ciment).
- échantillonnage de la faune lénitique à l'aide de la benne d'Eckmann
- étude de la dérive de jour et de nuit.

En dehors de l'échantillonneur de Surber, les autres méthodes qui n'ont pas toutes été reprises dans cette étude, n'ont pas per-

mis de mettre en évidence un impact quelconque du téméphos sur la faune non cible. Il n'apparaît donc pas judicieux de les conserver dans le programme, ou si l'on doit le faire, il est indispensable de les rendre plus performantes.

D'une façon générale, la détermination de l'impact d'un larvicide anti-Simulies sur la faune non-cible devra s'effectuer selon trois étapes; les deux premières servant à évaluer la toxicité à court terme, la troisième celle à long terme. Ces étapes sont les suivantes :

- tests rapides de la toxicité à court terme pour un nouvel insecticide ou une nouvelle formulation.

- détermination de la sensibilité à court terme des différentes espèces vis-à-vis du pesticide employé et dans une certaine mesure, suivi de l'évolution dans le temps de cette sensibilité.

- surveillance à long terme, c'est-à-dire, détermination des transformations biocénotiques profondes engendrées par des traitements répétés.

#### DERIVE

L'évaluation rapide de la toxicité de nouveaux insecticides peut se faire par l'étude de la dérive. Cette méthode est toutefois beaucoup plus qualitative que quantitative, et il sera très difficile de comparer les résultats obtenus dans deux expériences différentes. La rigueur de cette technique peut toutefois être améliorée en fixant pour l'ensemble des expériences le nombre de relevés, leur fréquence, la durée de l'expérience ainsi que l'heure de l'épandage (cf. annexe Dérive). Mais, à nos yeux, elle ne constituera toujours qu'une approche grossière de l'impact du toxique, puisque la quantité et la structure de la faune en place ne sont pas connues. Il n'est donc pas possible de comparer les taux de mortalité des organismes, ni qui plus est, leur sensibilité.

#### GOUTTIERES

L'utilisation des gouttières *in situ* semble être la méthode la plus précise pour l'étude à court terme de la toxicité d'un insecticide. Elle permet de se faire une idée relativement exacte de la mortalité des organismes puisque le nombre d'individus testés est connu.

L'emploi de gouttières multiples permet d'autre part, de comparer la toxicité de plusieurs insecticides ou de plusieurs concentrations d'un même insecticide, par rapport à un témoin. Ce deuxième mode d'utilisation permet de calculer les sensibilités des organismes, exprimées soit en CL 50, soit en CL 90, et donc de classer leurs sensibilités les unes par rapport aux autres selon une échelle absolue. Il est toutefois indispensable de tenir compte de la classe de taille ou du stade larvaire puisqu'il existe de très grandes différences de sensibilité selon l'âge des larves. OCP préconise pour *S. damnosum* s.l. de tester les larves des stades L5 et L6 ; le stade L7 étant mis à l'écart pour ses particularités physiologiques et comportementales à l'approche de la nymphose. Il paraît raisonnable d'adopter l'utilisation des mêmes stades (L5 et L6) pour les autres espèces de Simulies.

En ce qui concerne les espèces lotiques non simulidiennes, avant que de préconiser une méthodologie, il serait bon de vérifier les sensibilités des différents stades. Le choix devant également tenir compte de leur fréquence dans le milieu et des difficultés d'identification inhérentes au stade ou à l'espèce ; l'identification des stades se faisant soit par biométrie, soit selon des critères morphologiques.

Les facteurs physico-chimiques de l'eau ayant une influence considérable sur l'efficacité d'un insecticide, il est souhaitable que les tests soient exécutés dans des conditions semblables de temps et de lieu (cf. annexe Gouttières). Il semble que, tant pour des raisons logistiques que faunistiques, les périodes les plus intéressantes soient la décrue ou l'étiage. La répétition des mêmes tests, exécutés dans les mêmes conditions mésologiques, devrait permettre de suivre la sensibilité des Insectes en période traitée et lèverait ainsi les incertitudes qui planent sur les différences observées entre les tests exposés dans ce travail.

Il va sans dire que de tels souhaits se heurtent dans leur application à de nombreux problèmes pratiques. Il n'est ainsi guère concevable de tester toutes les espèces appartenant aux écosystèmes lotiques, la rareté de certaines étant un obstacle majeur. Le critère d'abondance doit donc être le premier retenu ; il est cependant à moduler en fonction des connaissances acquises. Ainsi certaines espèces,



telles que *S.schoutedeni* ou les Chironomides, étaient peu abondantes, voire extrêmement rares en l'absence de pollution par le téméphos mais ont proliféré en période traitée, favorisée par la réduction progressive de la compétition.

Les variations saisonnières d'abondance, tant des espèces que leurs différents stades et dues à leur biologie ainsi qu'à leur voltinisme, constituent d'autres obstacles à la réalisation des tests de sensibilité. Toutes les espèces abondantes et donc représentatives de l'écosystème lotique ne peuvent par conséquent être testées simultanément. La période idoine pour chacune d'elles étant évidemment celle où la densité du stade choisi comme référence de l'espèce, est maximale. Il est néanmoins hors de question de réaliser une expérimentation pour chacune des espèces. Un compromis pour des groupes d'espèces, fondé sur le développement et le climax des principales synusies lotiques, doit être adopté. Le fait de considérer la sensibilité des espèces dans les synusies a l'avantage de fournir des informations sur la typologie des peuplements, leur fonctionnement et leur stratégie cénotique ; cette connaissance bénéficiant à l'interprétation des variations structurales des entomocénoses qui apparaissent à long terme.

#### ECHANTILLONNAGE DE LA FAUNE DES SUBSTRATS NATURELS

La surveillance globale, et sur une large échelle, à long terme de l'impact du téméphos, doit être fondée sur les variations structurales des entomocénoses puisque les variations d'abondance engendrées sont difficilement discernables de celles dues aux fluctuations des paramètres mésologiques. Les analyses multifactorielles (analyses factorielles des correspondances, classifications ascendantes hiérarchiques) permettent par contre, de définir des typologies caractéristiques des périodes traitées ou non traitées, tout en gardant en lumière les variations saisonnières. Leur pouvoir discriminant est tel que l'identification des structures est possible, même lorsque l'identification des organismes n'a pas été poussée au niveau spécifique mais a été effectuée à des niveaux taxinomiques supérieurs tels que la tribu, la famille ou l'ordre.

Nous avons vu qu'il était possible, pour une saison hydrologique donnée, *quel que soit le type de substrat échantillonné*, c'est-à-dire quelle que soit l'entomocénose lotique dans laquelle sont impliqués les stades préimaginaux du complexe *S.damosum*, de mettre en évidence des modifications causées par le téméphos. Il n'apparaît donc pas utile, dans un protocole de surveillance prévu pour une large échelle d'application, de surveiller tous les types de substrat. De plus, de ce point de vue et statistiquement parlant, à nombre d'échantillons égaux, il vaut mieux les réaliser dans les mêmes conditions et donc restreindre son champ d'investigation.

L'échantillonnage de la faune saxicole s'impose donc de lui-même, si l'on tient compte du nombre d'espèces présentes sur les roches, de leur abondance, de la facilité de mise en oeuvre de la technique de récolte ainsi que de la qualité des résultats obtenus.

L'échantillonneur de Surber paraît relativement bien adapté à la récolte de cette faune des rochers. Toutefois, l'expérience acquise nous incite à formuler quelques modifications du protocole d'utilisation de cette méthode, tant sur la taille de l'échantillon que sur la taille du prélèvement (cf. annexe Surber).

La période à surveiller reste également une des considérations majeures à prendre en compte. Sur la Maraoué, et sur la plupart des rivières ivoiriennes, la décrue et l'étiage sont les périodes les plus propices (lorsqu'on a affaire à des rivières non intermittentes). La prise en compte de la saison hydrologique nous paraît plus importante que la saison calendaire ; cette remarque visant à une homogénéisation des résultats entre rivières dont les variations d'hydraulicité ne sont pas synchrones.

Si la mise en évidence de l'impact à court terme nécessite des études fines impliquant l'identification de l'espèce ou du stade larvaire, la surveillance à long terme de l'impact du téméphos sur les structures cénotiques doit, elle, être menée selon deux niveaux d'acuité :

- une surveillance relativement grossière, appliquée à une vaste aire géographique par un personnel peu spécialisé.

- une surveillance beaucoup plus fine, localisée à un ou deux biefs, dont les résultats constitueront des aides à l'interprétation de la surveillance générale.

Dans le premier cas, les procédures d'identification taxinomique et de comptage doivent être les plus simples possibles. Et, puisque l'on peut déceler des modifications biocénotiques provoquées par le téméphos lorsque l'identification est réalisée à un niveau supraspécifique, il ne nous paraît pas utile de modifier le protocole de surveillance sur ce point. L'adoption d'une échelle de comptage de type logarithmique, identique à celle proposée dans le chapitre IV, permet également de gagner un temps considérable, puisqu'une telle méthode ne biaise pas les résultats. Ce gain de temps est à mettre au profit de la multiplication des prélèvements et donc de la fiabilité statistique.

#### INDICES DE POLLUTION

##### INDICE BIOTIQUE

L'indice biocénotique de pollution tel que nous l'avons défini, permet ensuite de quantifier le changement de structure. Son calcul, fondé sur les cotations d'abondance des taxons, est rapide et ne demande aucune connaissance mathématique particulière. Son utilisation nécessite toutefois de connaître le coefficient C et les poids à appliquer aux taxons, ce qui le rend inapplicable durant la première année de traitement à l'insecticide.

Pour pallier ces inconvénients, il serait utile de trouver une méthode permettant d'estimer rapidement ces paramètres. La solution à ce problème se trouve peut-être dans le calcul des CL 50 ou CL 90 des principales espèces. Nous avons en effet constaté que l'échelle de sensibilité des espèces des entomocénoses saxicoles obtenues avec l'AFC était similaire à celle obtenue avec les tests en gouttières. Si cette révélation se confirmait, l'étude à l'aide des gouttières multiples de la sensibilité à court terme des espèces ou des groupes taxinomiques, pour une rivière ou un bassin donné, devrait donc permettre d'appliquer dès le début d'une campagne l'indice de pollution dont les coefficients seraient des valeurs obtenues après une transformation adéquate, à partir des CL 50 ou CL 90.

L'adéquation des poids et des coefficients ne serait vérifiée qu'ultérieurement, une fois que suffisamment de données après traitement auraient été récoltées et traitées, simultanément aux données récoltées avant traitement, au moyen de l'AFC.

INDICE DE SHANNON

Sans vouloir être un incondtionnel de l'utilisation des indices biotiques ou biocénotiques, nous tenons ici à reconfirmer l'inadéquation de l'indice de Shannon à la mise en évidence d'une pollution engendrée par le téméphos, tout au moins lorsqu'il est calculé globalement sur une entomocénose et non sur une taxocénose. Cette assertion ne met pourtant pas en cause la valeur heuristique et intrinsèque de cet indice.

Rappelons en effet, que les études sur l'impact à court terme, menées à l'aide des gouttières, nous ont montré que cet indice ne varie pas lorsque l'impact du téméphos est faible ou nul, et qu'il diminue de façon synchrone avec la quantité de faune en place lorsque la concentration de téméphos est moyenne ; pour des concentrations importantes, on observe en premier lieu une diminution de l'indice, puis une augmentation, Ces variations contraires sont dues d'abord à la réduction de la quantité de faune puis à une diminution de la richesse spécifique.

A long terme, les valeurs de l'indice de Shannon calculées sur la faune saxicole, ne permettent pas de séparer les prélèvements ayant subi le téméphos de ceux qui en furent exempts. Nous avons attribué cette stabilité de l'indice au fait que si certaines espèces ont été éliminées ou ont subi une réduction d'effectif, d'autres sont apparues ou ont proliféré, compensant ainsi, arithmétiquement les pertes engendrées par le téméphos.

Par contre, dans l'étude des distributions de la faune sur les substrats flottants, l'indice de Shannon permet de suivre l'appauvrissement des communautés en fonction de l'augmentation de la vitesse du courant. Mais, la même étude menée alors que la rivière était traitée au téméphos, montre que la diversité spécifique n'est semblable à celle obtenue dans la première expérience que dans la gamme des courants moyens ; elle est, par contre, plus élevée dans la gamme des courants forts et plus faible dans celle des courants lents ; ces variations dépendant largement de l'abondance d'une espèce dominante.

De l'ensemble des résultats obtenus avec l'indice de Shannon, nous pouvons retenir :

- que l'obtention de valeurs différentes de l'indice de Shannon prouve qu'un ou plusieurs paramètres ont modifié la structure des entomocénoses ; le téméphos n'étant pas forcément le paramètre actif.
- que la pollution engendrée par le téméphos provoque, selon les cas, l'augmentation ou la diminution de la diversité spécifique. Ces

variations étant le plus souvent liées à la sensibilité de l'espèce numériquement dominante.

- enfin, que l'obtention, avant et après traitement au téméphos, de valeurs identiques de l'indice de Shannon, ne prouve pas qu'il n'y ait pas eu de changements dans les structures des entomocénoses.

Il faut donc conclure que cet indice ne peut être utilisé comme quantificateur de la pollution engendrée par le téméphos, à court, moyen et long terme.

Nous n'avons pas évoqué dans ce travail, la surveillance de l'impact à long terme du téméphos au moyen de la dérive, estimée tant avec les indices de dérive de jour ( $ID_j$ ) que de nuit ( $ID_n$ ). Cela tient au fait qu'aucun impact du téméphos n'a pu être mis en évidence par ces paramètres, y compris après traitement au moyen de l'analyse factorielle des correspondances, des composantes principales ou de la classification ascendante hiérarchique. Il semble que la multiplicité des facteurs biotiques et abiotiques influençant la dérive soit responsable de cet échec (cf. troisième partie).

L'intérêt de l'étude de la dérive comme moyen de mise en évidence de l'impact du téméphos pourrait être vérifié en récoltant systématiquement sur un bief ou deux les dérives de jour et de nuit la veille du traitement et le jour même, selon le protocole employé dans le programme de surveillance. Si comme nous l'avons montré, les différences entre ces deux séries de données ne sont pas significatives alors il y a peu de chance pour qu'une action du téméphos puisse être mise en évidence au moyen de la dérive.

Nous n'avons toutefois pas étudié au moyen des analyses multifactorielles, l'évolution du rapport entre l'indice de dérive de jour et de nuit ( $ID_n/ID_j$ ). Il se peut qu'une quantification de l'impact du téméphos puisse être obtenue par ce moyen. En effet, si le téméphos engendre un état morbide dans les populations de survivants, s'il réduit les effectifs et modifie le rythme nyctéméral de dérive, il est probable que l'on observe une augmentation anormale de l'indice de dérive de jour, modifiant de ce fait le rapport  $ID_n/ID_j$ . Ces calculs devaient normalement être réalisés, en ce qui concerne le programme de surveillance, par l'Organisation Mondiale de la Santé, via OCP. Le maintien de la récolte de la dérive dans un programme de surveillance à long terme ainsi que l'étude des variations du rapport  $ID_n/ID_j$  doivent impérativement tenir compte des conditions suivantes (cf. annexe Dérive) :

- la récolte doit être faite à jour fixe par rapport au jour d'épandage, ce qui n'était pas le cas dans le programme de surveillance

et qui demande une coordination entre les équipes de recherche et les équipes de lutte. Dans le cadre d'un traitement hebdomadaire, un délai de 5 à 6 jours après un épandage est souhaitable, afin d'éliminer tous les facteurs parasites tels que les effets morbides différés ainsi que les vagues d'insecticide provenant des traitements sur les gîtes situés en amont.

- le calcul du rapport  $ID_n/ID_j$  doit être établi taxon par taxon et non sur la faune totale. Le choix de classes de taille ou de stades larvaires est également à préconiser, ceci afin de tamponner les variations d'abondance non significatives dues à des éclosions ou des émergences en masse.

La surveillance à long terme ne peut se passer d'études plus fines car l'interprétation correcte des résultats nécessite d'une part d'avoir des notions de la bioécologie des espèces entomiques et d'autre part, de percevoir les remplacements d'espèces à l'intérieur d'un groupe taxinomique (cf. partie IV).

A ce titre, nous préconisons que soit fait, une ou deux fois par an, à date fixe, un relevé qualitatif des espèces présentes sur les principaux substrats colonisés par l'entomocénose lotique.

Il est également indispensable que sur un bief ou deux du réseau hydrographique surveillé, l'étude quantitative des entomocénoses saxicoles soit faite jusqu'au niveau spécifique, voire des stades pré-imaginaux.

Sur ces biefs, l'identification taxinomique fine, doit être complétée par l'incidence des paramètres abiotiques, sur les variations de la composition faunistique et structurale des entomocénoses. Une attention toute particulière doit être portée à l'action du courant.

Etant donnée la distribution non modifiable des substrats rocheux dans les biefs lotiques et les difficultés d'échantillonnage, nous préconisons l'emploi de substrats artificiels pour de telles études. Une étude annuelle des distributions des Insectes, menée à une saison hydrologique précise est souhaitable. L'utilisation de substrats artificiels de type balai, facilement maniables et bien adaptés à la récolte d'une grande partie de la faune lotique est recommandée.

L'utilisation massive d'insecticides, tant pour des raisons sanitaires (lutte contre les maladies transmises par les Arthropodes) que phytosanitaires (protection des récoltes contre les ravageurs) constitue une arme assez primitive quoique assez efficace. Ce moyen de lutte peut toutefois se révéler très dangereux à long terme du fait de l'apparition de résistance chez certaines espèces cibles, du devenir inconnu de ces composés ou de leurs résidus de dégradation ainsi que de la rupture de chaînes trophiques. D'une façon générale, l'utilisation massive d'un insecticide serait à proscrire tant du point de vue éthique que rationnel.

Rappelons cependant que les épandages de téméphos sont destinés à enrayer la propagation de l'onchocercose. Eu égard à l'absence d'autres moyens de lutte contre cette endémie (méthodes prophylactiques ou chimiothérapeutiques), la pollution des rivières par ce larvicide est, à l'heure actuelle, la seule méthode possible à mettre en oeuvre en campagne de masse. Et, si elle constitue un mal, c'est un mal nécessaire !

Si les résultats obtenus ne permettent d'attribuer au téméphos qu'une toxicité "moyenne" et "tolérable" vis-à-vis de la faune entomique des écosystèmes lotiques et nulle envers les Poissons, il est difficile de mettre en balance la raréfaction de quelques espèces aquatiques et la santé de millions de gens. Cette assertion est d'autant plus vraie que dans ce programme de lutte (OCP), la majorité des petits affluents n'est pas traitée et constitue un réservoir pour ces espèces, réservoir à partir duquel une recolonisation des grands cours d'eau traités au téméphos sera possible lorsque les épandages seront arrêtés.

Etant donnée la non-toxicité de ce produit vis-à-vis des Mammifères et sa faible rémanence, loin de le condamner, nous préconisons son emploi et ce tant qu'un insecticide aussi efficace contre les larves de *S. damnosum s.l.*, mais moins nocif envers la faune non-cible, ne sera pas opérationnel.

A l'heure actuelle, le *Bacillus thurengiensis israelensis* (*B.t.i.*) semble être l'insecticide qui détrônera le téméphos. Il est probable que les modifications mises en évidence dans ce travail sont très différentes de celles qui seront engendrées par le *B.t.i.*, ne serait-ce que parce que ce dernier n'est toxique que vis-à-vis de l'ensemble des Simuliidae. D'autres équilibres cénotiques risquent donc d'apparaître et nous espérons que les méthodes de surveillance préconisées ici permettront de les appréhender.





## R E S U M E

Les recherches présentées dans ce travail visent à préciser l'impact du téméphos (Abate<sup>®</sup>, insecticide organophosphoré), épandu hebdomadairement dans le cadre du programme de lutte contre l'onchocercose, sur les entomocénoses lotiques dans lesquelles sont impliqués les stades préimaginaux du complexe *Simulium damnosum* Théobald, 1903.

Les résultats, obtenus pour la plupart en Côte d'Ivoire sur un affluent du Bandama : la Maraoué, permettent de mieux interpréter les données récoltées depuis six années dans le cadre de la surveillance générale de la santé biologique des rivières traitées au téméphos.

## PREMIERE PARTIE : CADRE ET TECHNIQUES D'ETUDE.

Pour commencer, nous précisons le cadre géographique, climatique et édaphique dans lequel s'est déroulée cette étude. Une attention toute particulière est portée aux biefs lotiques de la basse Maraoué (chapitre I).

Après un rappel des propriétés du téméphos et des techniques d'épandage (chapitre II), nous précisons les matériels et méthodes utilisés pour l'échantillonnage de la faune lotique (chapitre III).

Nous consacrons le chapitre IV d'une part, à la liste des espèces étudiées et d'autre part aux méthodes biométriques permettant d'identifier les stades préimaginaux.

Enfin, les méthodes analytiques, les tests statistiques ainsi que les modèles utilisés sont exposés dans le chapitre V, tandis que la méthode d'identification sérologique des prédateurs de *S. damnosum s.l.* réalisée au moyen du test des précipitines, est exposée dans le chapitre VI.

DEUXIEME PARTIE : ASSOCIATION ENTRE *S. DAMNOSUM S.L.* ET LA FAUNE LOTIQUE.

Après une brève introduction (chapitre I), la deuxième partie de ce travail est consacrée à la description des associations entre *S. damnosum s.l.* et la faune entomique lotique. La description des principales synusies n'a pu être entreprise que lorsqu'ont été définies les distributions

spatiales et temporelles des stades préimaginaux du vecteur de l'onchocercose (chapitre II). Du fait des fluctuations hydrologiques inhérentes au régime des pluies, les variations les plus importantes dans les entomocénoses sont celles engendrées par les saisons. Ce chapitre est donc consacré à la description des périodes annuelles d'abondance aussi bien de *S. damnosum s.l.* que des différentes espèces associées. Les substrats naturels disponibles n'étant pas les mêmes toute l'année, nous avons précisé leur période de disponibilité ainsi que les synusies entomiques successives qui les colonisent.

En dehors des variations temporelles, la distribution des stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* ainsi que celles de tous les Insectes lotiques, sont influencées par certains paramètres mésologiques tels que le courant, la position du substrat dans le bief ou la présence d'espèces qui entrent en compétition (chapitre III). Les stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* sont rhéobiontes; leur rhéopréférendum, sur les biefs de la Maraoué, se situant aux alentours de 0,80 m/s. La distribution de tous les stades larvaires vis-à-vis du courant n'est toutefois pas homogène; les jeunes étant sténotopes, fortement rhéobiontes avec une faible valence rhéophilique, les plus âgés étant plus eurytopes, moins rhéobiontes avec une forte valence rhéophilique.

La plupart des espèces entomiques sont par contre rhéophiles. Le courant est donc un des facteurs qui limite les associations spatiales entre *S. damnosum s.l.* et la faune lotique. Ces associations n'existent que dans les limites de distribution des espèces ou lorsque les conditions mésologiques imposent des distributions marginales. Ces études ont été réalisées à l'aide de substrat artificiels de surface de type balai.

Le peuplement d'un type de substrat donné, évolue en fonction de sa durée de séjour dans l'eau (chapitre IV). Une certaine stabilité, en ce qui concerne les substrats flottants, apparaît après une durée d'immersion d'environ 15 jours.

Si les associations spatiales sont faibles, il existe par contre des relations fonctionnelles entre *S. damnosum s.l.* et les Insectes lotiques. La majorité d'entre elles sont des relations prédateurs-proies dans lesquelles les larves de *S. damnosum s.l.* sont les proies et les Trichoptères Hydropsychidae les principaux prédateurs entomiques.

Ce sont toutefois des prédateurs généralistes passifs, le plus souvent des omnivores, simulivores par opportunisme. Ils ne sont que faiblement associés spatialement aux larves du vecteur de l'onchocercose, la dérive étant le véhicule de leurs proies (chapitre V).

#### TROISIEME PARTIE : IMPACT A COURT TERME.

Un épandage de téméphos réalisé en condition de programme, perturbe toujours les communautés d'Insecte lotique. Ce phénomène a été mis en évidence par l'étude de la dérive, au moyen des tests en gouttières et également grâce à l'étude des populations colonisant *in situ* les substrats naturels.

L'étude de la dérive permet de mettre en évidence un impact du téméphos qui se traduit par un décrochement massif 15 à 45 minutes après l'épandage. Le profile général du rythme nycthéméral de dérive est donc profondément modifié, surtout en ce qui concerne la dérive de jour. L'intensité de ce phénomène s'avère néanmoins difficile à quantifier (chapitre I).

L'utilisation *in situ* de séries de gouttières artificielles a permis (chapitre I) :

-de préciser la cinétique de décrochement des organismes soumis à différentes concentrations de téméphos.

-de tester plusieurs concentrations d'un même insecticide ce qui nous a fourni une échelle de sensibilité des organismes, fondée sur le calcul des CL 50.

-de tester l'action du téméphos sur l'exuviation des larves. Cette étude met en évidence que les animaux qui n'ont pas dérivé après un épandage sont dans un état physiologique satisfaisant.

L'étude de la faune des substrats naturels ou artificiels permet également de mettre en évidence la toxicité à court terme du téméphos. Toutefois cette méthode ne peut être considérée comme réellement quantitative du fait de la faiblesse de notre échantillonnage et des distributions par trop agrégatives des espèces lotiques. Cette technique d'estimation quoique moins performante que ne le sont les gouttières, permet cependant de se faire une idée approximative de l'impact à court terme du téméphos (chapitre III).

Le chapitre IV est consacré à une discussion sur la signification du décrochement des organismes lotiques après passage de l'insecticide. Dans ce même chapitre, nous comparons également les sensibilités au téméphos des différentes espèces, à celles obtenues pour les mêmes groupes par différents auteurs et en différents lieux, pour le même insecticide ou pour d'autres toxiques.

Une conclusion réaffirmant l'importance de l'identification des espèces et des stades larvaires lors des tests insecticides compose le chapitre V.

#### QUATRIEME PARTIE : IMPACT A LONG TERME.

L'impact répété des épandages de téméphos ne s'exprime réellement qu'à long terme. En effet, à cette échelle de temps, la sélection engendrée par chaque épandage et due aux sensibilités différentielles des organismes, se traduit par l'élimination de certaines espèces, la réduction d'effectifs d'autres, voire même l'augmentation numérique d'espèces particulièrement peu sensibles et qui profitent d'une moindre compétition ainsi que d'une moindre prédation.

Après une brève introduction (chapitre I), nous avons essayé de mettre en évidence d'éventuelles modifications des cycles annuels des espèces qui, présentes en période non-traitée, le sont toujours en période traitée au téméphos. D'une façon générale, aucune modification n'a été décelée (chapitre II).

De même, bien que certaines espèces aient disparu des biefs lotiques de la Maraoué, et que d'autres aient proliféré, il ne semble pas que les espèces communes aux deux périodes pré- et post-traitement, aient modifié sensiblement leur rhéopréférendum ainsi que leur valence rhéophilique (chapitre III).

Après neuf mois de traitements répétés au téméphos, l'incidence de chaque épandage sur la faune des substrats flottants est peu perceptible. Ce résultat obtenu en étudiant la cinétique de colonisation des substrat artificiels de type balai et à prime abord suprenant, a été explicité selon les taxons considérés, soit par leur distribution fortement agrégative, soit par leur faible sensibilité au téméphos (chapitre IV).

Les changements les plus facilement appréhendables à long terme, sont les changements structuraux apparaissant à l'intérieur des biocénoses. L'impact du téméphos a pu être mis en évidence, aussi bien pour les entomocénoses des substrats flottants que pour celles des substrats ancrés. Pour cette dernière catégorie, les variations engendrées par le téméphos durant la période de décrue (décembre à mars), sont nettement plus importantes que les variations saisonnières (chapitre V).

Les variations structurales peuvent se quantifier. Une telle approche du problème permet d'apprécier le degré d'évolution des biocénoses et donc le degré de pollution. L'indice de Shannon est peu adapté à ce problème. Nous avons par contre, développé un indice biocénologique d'une conception voisine de celui proposé par TUFFERY et VERNEAUX (1978). Toutefois, les poids que nous appliquons aux différents taxons ne sont plus estimés empiriquement mais sont issus des structures des communautés représentées au moyen de l'analyse factorielle des correspondances. L'indice développé permet de séparer, avec une sécurité assez grande, les prélèvements qui ont subi un épandage de téméphos de ceux qui ne l'ont pas (chapitre VI).

#### CONCLUSIONS ET REFLEXIONS POUR UNE SURVEILLANCE DES ECOSYSTEMES LOTIQUES.

L'impact à court terme du téméphos engendre des variations numériques dans les populations des différentes espèces; les variations structurales bien qu'existantes ne sont que de faible amplitude du fait de la réduction d'effectif de tous les taxons.

L'impact à long terme est plus facilement mis en évidence lorsque l'on étudie les variations structurales apparues dans les entomocénoses. Les variations numériques dues au téméphos étant souvent masquées par celles engendrées par les facteurs mésologiques. Des propositions pour une nouvelle méthodologie de surveillance des rivières traitées au téméphos et fondées sur les résultats de ce travail sont émises.

Si les méthodes préconisées pour une surveillance générale à long terme diffèrent peu de celles appliquées dans le programme de surveillance des rivières traitées au téméphos dans le cadre du programme de lutte contre l'onchocercose dans le bassin de la Volta, nous estimons qu'elles ne peuvent suffire à comprendre les effets du

téméphos et doivent donc impérativement être complétées par une surveillance plus fine, réalisée sur une ou deux stations témoins et doit englober aussi bien des expériences visant à obtenir des résultats à court terme qu'à long terme.







B I B L I O G R A P H I E



~

- ABDELNUR (O.M.), 1968.- *The biology of some blackflies (Diptera : Simuliidae) of Alberta. Quaest. ent., 4 : 113-174.*
- AGNEW (J.D.), 1962.- *The distribution of Centropetiloides bifasciata (E.P.) (Baëtidae : Ephem.) in Southern Africa, with ecological observations on the nymphs. Hydrobiologia, 20 : 367-372.*
- AMBUHL (H.), 1959.- *Die Bedeutung der Stromung als ökologischer Faktor. Schweiz. Zeits. Hydrol., 21 : 133-264.*
- ALBRECHT (M.L.), 1959.- *Die quantitative untersuchung der Bodenfauna fliessender Gewässer (Untersuchungsmethoden und Arbeitsergebnisse). Zeitschr. Fischerei, 8 (7-8) : 481-550.*
- ALLEN (K.R.), 1959.- *The distribution of stream fauna. Proc. N.Z. ecol. Soc., 6 : 5-8.*
- ANDERSON (N.H.), 1966.- *Biology and downstream drift of some Oregon Trichoptera. Can. Ent., 99 : 507-521.*
- ANDERSON (N.H.) & LEHMKUHL (D.M.), 1968.- *Catastrophic drift of insects in a woodland stream. Ecology, 49, 2 : 198-206.*
- ARCHIBALD (R.E.M.), 1972.- *Diversity in some South African diatom associations and its relation to water quality. Water Res., 6 : 1229-1238.*
- AVENARD (J.M.), 1971.- *Aspect de la géomorphologie. in : Le milieu naturel en Côte d'Ivoire. Mém. ORSTOM, n° 50 : 11-68.*
- BACK (C.), LANQUETTE (J.-G.) & AUBIN (A.), 1979.- *Preliminary test on the use of temephos for the control of blackflies (Diptera : Simuliidae) in Northern Quebec. Mosq. News. 39 (4) : 762-767.*
- BALAY (G.), 1964.- *Observations sur l'oviposition de Simulium damnosum Theobald et Simulium adersi Pomeroy (DIPTERA, Simuliidae) dans l'Est de la Haute-Volta. Bull. Soc. Path. exot., 57 : 588-611.*
- BALAY (G.), 1968.- *Rapport d'enquête entomologique dans les foyers d'onchocercose de l'ouest de la république du Niger. Doc. Roneo. OCCGE, Centre Muraz, n° 158/Oncho : 33 pp. Rapport final 8ème conf. techn. OCCGE.*

- BAILEY (R.G.), 1966.- Observations on the nature and importance of organic drift in a Devon river. *Hydrobiologia*, 27 : 353-367.
- BARDAULT (R.), 1981.- Ecologie des populations et des peuplements. Masson : 200 pp.
- BARBAULT (R.) & LECORDIER (C.), 1977.- Limitation, stabilisation et régulation des populations naturelles : les théories. *Rev. Quest. sci.*, 48 (1) : 1-20.
- BENZECRI (J.-P.), 1973.- L'analyse des données. I : La taxinomie. Dunod : 615 pp.
- BENZECRI (J.-P.) & BENZECCI (F.), 1980.- Pratique de l'analyse des données. Analyse des correspondances. Dunod : 424 pp.
- BERTRAND (J.-Y.), 1976.- Action de l'Abate, larvicide anti-simulies sur quelques éléments de la faune non cible du Bandama (Lamto, Côte d'Ivoire). *Bull. Ecol.*, 7 (4) : 445-460.
- BISHOP (J.E.), 1969.- Light control of aquatic insect activity and drift. *Ecology*, 50 (3) : 371-380.
- BISHOP (J.E.), 1973.- Limnology of a small malayan river Sangai Gombak. Dr. W. JUNK, Publishers, The Hague : 1973.
- BISHOP (J.E.) & HYNES (H.B.N.), 1969.- Downstream drift of the Invertebrate fauna in a stream ecosystem. *Arch. Hydrobiol.*, 66 (1) : 56-90.
- BLANDIN (P.), BARBAULT (R.) & LECORDIER (C.), 1976.- Réflexion sur la notion d'écosystème : le concept de la stratégie cénotique. *Bull. ecol.*, 7 (4) : 391-410.
- BLINN (R.C.), 1969.- Metabolic fate of Abate insecticide in the rat. *J. agr. Food. chem.*, 17 : 118-122.
- BLUZAT (R.) & SEUGE (J.), 1979.- Effets de trois insecticides (lindane, fenthion et carbaryl). Toxicité aiguë sur quatre espèces d'invertébrés limniques ; toxicité chronique chez le mollusque pulmoné *Lymnaea*. *Environment. Pollut.*, 18 (1) : 51-70.
- BÖTTGER (K.), 1975.- Produktionsbiologische Studien an dem zentralafrikanischen Bergbach Kalengo. *Arch. Hydrobiol.*, 75 : 1-31.

- BOURLIERE (F.) & LAMOTTE (M.), 1967.- Les fondements physiologiques et démographiques des notions de productivité et de rendement bioénergétiques. In : Problèmes de productivité biologiques, Masson, Paris : 1-35.
- BOURNAUD (M.), 1963.- Le courant, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique. *Hydrobiologia*, 21 : 125-165.
- BOURNAUD (M.) & THIBAUT (M.), 1973.- La dérive des organismes dans les eaux courantes. *Ann. Hydrobiol.*, 4 (1) : 11-49.
- BOUVET (Y.), 1978.- Adaptations physiologiques et comportementales des *Stenophylax* (Limnephilidae) aux eaux temporaires. *Proc. 2nd Int. Symp. Trichoptera*, 1977, Junk, The Hague : 117-119.
- BRAUER (F.), 1876.- Beschreibung neuer und ungenügend Phryganiden und Oestriden. *Vehr. Zool.- bot. Ges. Wien*, 25 : 69-78.
- BURTON (G.J.) & McRAE (T.M.), 1965.- Dam-spillway breeding of *Simulium damnosum* Theobald in northern Ghana. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 59 (4) : 405-412.
- BURTON (G.J.) & McRAE (T.M.), 1972.- Observations on trichopteran predators of aquatic stages of *Simulium damnosum* and other *Simulium* species in Ghana. *J. Med. Ent.*, 9 : 289-294.
- CANCELA DA FONSECA (J.P.), 1967.- Théorie de l'information et diversité spécifique. *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, 38 (6) : 961-968.
- CANCELA DA FONSECA (J.P.), 1977.- Quelques remarques à propos de la résilience et de la stabilité dans les écosystèmes. *Rev. Quest. sci.*, 148 : 423-444.
- CANCELA DA FONSECA (J.P.), 1980.- Le concept de diversité, le chevauchement des niches écologiques et l'organisation des systèmes écologiques. *Acta Oecologica, Oecol. Gener.*, 1 (3) : 293-305.
- CARLSSON (G.), 1962.- Studies on Scandinavian black flies. *Opusc. ent. Suppl.* 21 : 1-280.
- CARLSSON (G.), 1967.- Environmental factors influencing black fly populations. *Bull. Org. mon. Santé*, 37 (1) : 139-150.

- CHAPMAN (D.W.) & DEMORY (R.L.), 1963.- Seasonal changes in the food ingested by aquatic insect larvae and nymphs in two Oregon streams. *Ecology*, 44 : 140-146.
- CHASTON (I.), 1968a.- Non-catastrophic invertebrate drift in lotic systems. *Essay in Hydrobiology*. 8 : 33-51.
- CHASTON (I.), 1968 b.- Endogenous activity as a factor in invertebrate drift. *Arch. Hydrobiol.*, 64 : 324-334.
- CHUTTER (F.M.), 1968.- On the ecology of the fauna of stones in the current in a South African river supporting a very large *Simulium* (Diptera) population. *J. Appl. Ecol.*, 5 : 531-561.
- CHUTTER (F.M.), 1969.- The distribution of some stream Invertebrates in relation to current speed. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 54, 3, 413-422.
- CHUTTER (F.M.), 1969.- The effects of silt and sand on the Invertebrate fauna of streams and Rivers. *Hydrobiologia*, 34 (1) : 57-76.
- CHUTTER (F.M.), 1970.- A preliminary study of factors influencing the number of oocytes present in newly emerged blackflies (Diptera : Simuliidae) in Ontario. *Can. J. Zool.* 48 : 1389-1400.
- CHUTTER (F.M.), 1971.- Hydrobiological studies in the catchment of Vaal Dam, South Africa. Part. 2. The effects of stream contamination on the fauna of stones-in-current and marginal vegetation biotopes. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 56 : 227-240.
- CHUTTER (F.M.), 1972.- A reappraisal of Needham and Usinger's data on the variability of a stream fauna when sampled with a Surber sampler. *Limnol. Oceanogr.*, 17 (1) 139-141.
- CHUTTER (F.M.) & NOBLE (R.G.), 1966.- The reliability of a method of sampling stream invertebrates. *Arch. Hydrobiol.*, 62 : 95-103.
- CIBOROWSKY (J.H.), 1979.- The effect of extended photoperiods on the drift of the mayfly *Ephemerella subvaria* Mc Dunnough (Ephemeroptera : Ephemerellidae). *Hydrobiologia*, 62, 3, 209-214.

- CLIFFORT (H.F.), HAMILTON (H.), KILLINS (B.A.), 1979.- Biology of the mayfly *Leptophlebia cupida* (Ephemeroptera : Leptophlebiidae). *J. can. Zool.*, 57 (5) : 1026-1045.
- COFFMAN (W.P.), 1967.- Community structure and trophic relations in a small woodland stream, Linesville Creek, Crawford County, Pennsylvania, PhD Thesis, Pittsburg, Pennsylvania, USA, Univ. Pittsburg.
- COLBO (M.H.), 1979.- Distribution of winter-developing Simuliidae (Diptera), in Eastern Newfoundland. *Can. J. Zool.*, 57 (11): 2143-2152.
- COLBO (M.H.) & MOORHOUSE (D.E.), 1979.- The ecology of preimaginal Simuliid (Diptera) in South-East Queensland, Australia. *Hydrobiologia*, 63 : 63-79.
- COLEMAN (M.J.) & HYNES (H.B.N.), 1970.- The vertical distribution of invertebrate Fauna in the bed of stream. *Limnol. Oceanogr.*, 15 : 31-40.
- CONWAY (C.H.), 1952.- The life history of the water shrew (*Sorex palustris navigator*). *Am. Midl. Nat.*, 48 : 219-248.
- CORKUM (L.D.), 1978.- Is benthic activity of stream Invertebrates related to behavioural drift ? *Can. J. Zool.*, 56 (11) : 2457-59.
- CORKUM (L.D.), 1980.- Carnivory in *Ephemerella inermis* Eaton nymphs (Ephemeroptera : Ephemerellidae). *Ent. New*, 91 (5) : 161-163.
- COURTEMANCH (D.L.) & GIBBS (K.E.), 1980.- Short and long term effects of forest spraying of carbaryl (Sevin-4-oil) on stream Invertebrates. *Can. Ent.*, 112 : 271-280.
- CRIDLAND (C.C.), 1958.- Ecological factors affecting the numbers of snails in a permanent stream. *J. trop. Med. Hyg.* 61 : 3-7.
- CRISP (G.), 1956 a.- *Simulium* and Onchocerciasis in the Northern Territories of the Gold Coast. London, Lewis.
- CRISP (G.), 1956 b.- An ephemeral fauna of torrents in the northern territories of the Gold Coast, with special reference to the enemies of *Simulium*. *Annls. trop. med.* 50 : 260-267.

- CROSBY (T.K.), 1975.- Food of the New Zealand trichopterans *Hydrobiosis parumbripennis* McFarlane and *Hydropsyche colonica* McLachlan. *Freshwat. Biol.*, 5 : 105-114.
- CROSSKEY (R.W.), 1955.- Observations on the bionomics of *Simulium damnosum* Theo. (Diptera, Simuliidae) in Northern Nigeria. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 49 : 142-153.
- CROSSKEY (R.W.), 1956.- The distribution of *Simulium damnosum* Theo. in Northern Nigeria. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 50 (4) : 379-392.
- CROSSKEY (R.W.), 1957.- Further observations on infections of *Simulium damnosum* with *Onchocerca volvulus* in Northern Nigeria. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 51 (6) : 541-548.
- CUMMINS (K.W.), 1962.- An evaluation of some techniques for collection and analysis of the benthic samples with special emphasis on lotic waters. *Amer. Midl. Nat.*, 88 : 393-407.
- CUMMINS (K.W.), 1964.- Factors limiting the microdistribution of larvae of the caddisflies *Pycnopsyche lepida* (Hagen) and *Pycnopsyche guttifer* (Walker) in a Michigan stream. *Ecol. Monogr.*, 34 : 271-295.
- DAGET (J.).- *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson : 172 pp.
- DALMAT (H.T.), 1955.- The black flies (Diptera : Simuliidae) of Guatemala and their role as vectors of onchocerciasis. *Smithson. misc. Collns*, 125 : 1-425.
- DANG (P.T.) & PETERSON (B.V.), 1980.- Pictorial keys to the main species groups within the *Simulium damnosum* Theobald complex occurring in West Africa (Diptera : Simuliidae). *Tropenmed. Parasitol.*, 31 : 117-120.
- DAVIES (D.M.), 1949 a.- The ecology and life history of black-flies (Simuliidae : Diptera) in Ontario with a description of a new species. *PhD thesis, Univ. Toronto, Canada*.
- DAVIES (D.M.), 1950.- A study of the black fly population of a stream in Algonquin Park, Ontario. *Trans. R. Can. Instit.*, 28 : 121-159.



- DAVIES (D.M.), 1980.- Predators upon blackflies. In : LAIRD (M.). Blackflies. The future for biological methods in integrated control. Academic Press, London : 399 pp.
- DAVIES (J.B.), 1963.- Further distribution records of the blackflies (Diptera, Simuliidae) of Nigeria with notes on the occurrence of *Simulium damnosum* Theo. in abnormal situations. J. West Afr. Sci. Ass., 7 (2) : 134-137.
- DAVIS (M.B.), 1934.- Habits of the Trichoptera. In The Caddis Flies or Trichoptera of New York State. (C.Betten. Ed). Bull N.Y. St. Mus., 292 : 1-576.
- DECAMPS (H.), BECH (K.W.) & VOBIS (H.), 1973.- Influence de produits toxiques sur la construction du filet des larves d'*Hydropsyche* (Insecta, Trichoptera). C.R. Acad. Sc., Paris, 276 (D) : 375-378.
- DECAMPS (H.) & LAFOND (M.), 1974.- Cycles vitaux et production des *Micrasema* pyrénéennes dans les mousses d'eau courante (Trichoptera : Brachycentridae). Annls. Limnol., 10 (1) : 1-32.
- DECAMPS (H.), LARROUY (G.) & TRIVELLATO (D.), 1975.- Approche hydrodynamique de la microdistribution d'invertébrés benthiques en eau courante. Ann. Limnol., 11 (1) : 79-100.
- DEJOUX (C.), 1975.- Nouvelle technique pour tester *in situ* l'impact de pesticides sur la faune aquatique non-cible. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol., 13 (2) : 75-80.
- DEJOUX (C.), 1977 a.- Action de l'Abate sur les Invertébrés aquatiques. III. Effets des premiers traitements de la Bagoué. Rapp. ORSTOM, 14 : 29 pp., multigr.
- DEJOUX (C.), 1977 b.- Action de l'Abate sur les Invertébrés aquatiques. IV. Devenir des organismes dérivants à la suite des traitements. Rapp. ORSTOM, 15 : 12 pp., multigr.
- DEJOUX (C.), 1978 a.- Toxicité comparée pour les Invertébrés aquatiques tropicaux de deux formulations de téméphos. Abate 200 CE Procida - Abate 200 CE Cyanamid, lot 73. Rapp. ORSTOM, 24 : 27 pp. multigr.
- DEJOUX (C.), 1978 b.- Action de l'Abate sur les Invertébrés aquatiques. V. Effets des premiers traitements de la Maraoué. Rapp. ORSTOM, 19 : 9 pp. multigr.

- DEJOUX (C.), 1978 c.- Action de l'Abate sur les Invertébrés aquatiques. VI. Effets des premiers traitements du *Sassandra*. Rapp. ORSTOM, 25 : 21 pp. multigr.
- DEJOUX (C.), 1979.- Traitement des écosystèmes lotiques tropicaux aux insecticides organophosphorés. Risques pour l'environnement. Verh. Int. Ver. Limnol., 20 : 2708-2719.
- DEJOUX (C.), 1980.- Effets marginaux de la lutte chimique contre *S. damnosum*. Techniques d'étude. Rapport ORSTOM-Bouaké n° 34, 64 pp.
- DEJOUX (C.) & ELOUARD (J.-M.), 1975.- Etude quantitative de l'entomofaune aquatique. Méthodologie et normalisation. Rapp. ORSTOM, 191 : 11 pp. multigr.
- DEJOUX (C.) & ELOUARD (J.-M.), 1977.- Action de l'Abate sur les Invertébrés aquatiques. Cinétique de décrochement à court et moyen terme. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., 11 (3) : 217-230.
- DEJOUX (C.), MENSAH (G.) & TROUBAT (J.-J.), 1979.- Toxicité pour la faune aquatique de nouveaux insecticides antisimulidiens. Rapp. ORSTOM, 27 : 54 pp. multigr.
- DEJOUX (C.), ELOUARD (J.-M.), GIBON (F.), TROUBAT (J.-J.), 1980.- Action du téméphos sur les Invertébrés aquatiques. VIII. Mise en évidence d'un impact à long terme après six années de surveillance. Rapp. ORSTOM, 36 : 15 pp. multigr.
- 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.), ELOUARD (J.-M.), FORGE (P.) & JESTIN (J.-M.), 1981 b.- Mise en évidence de la microdistribution des Invertébrés dans les cours d'eau tropicaux. Incidence méthodologique pour la recherche d'une pollution à long terme par insecticide. Rev. Hydrobiol. trop., 14 (3) : 253-262 (1981).
- DEMOULIN (G.), 1959.- Une curieuse larve d'Ephéméroptère de l'Angola portugais. Bull. Ann. Soc. roy. Ent. belg., 95 : 249-252.
- DEMOULIN (G.), 1967.- Description de deux larves atypiques de Baetidae (Insecta : Ephemeroptera). Bull. Ann. Soc. ent. Belg., 103, 227-228.

- DEMOULIN (G.), 1970.- *Ephéméroptera des faunes éthiopiennes et malgaches. South African Animal Life*, 14 : 24-170.
- DENIS (C.), 1980.- *Action de la photopériode sur le cycle biologique et la diapause d'Anabolia nervosa Curtis (Trichoptera, Limnephilidae). Ann. Limnol.*, 16 (3) : 191-202.
- DIETERLEN (F.) & STATZNER (B.), 1981.- *The african rodent Colomys goslingi Thomas and Wroughton, 1907 (Rodentia, Muridae), a predator in limnetic ecosystems. Z.f. Säugetierkunde*, 46 (6) : 369-383.
- DISNEY (R.H.L.), 1972.- *Larval Hydroptiliidae (Trichoptera) that prey upon Simuliidae (Diptera) in Cameroon. Ent. Month. Magazine*, 108 : 84-85.
- DISNEY (R.H.L.) 1972.- *Observations on sampling pre-imaginal populations of blackflies (Dipt., Simuliidae) in West Cameroon. Bull. ent. Res.*, 61 : 485-503.
- DISNEY (R.H.L.), 1973.- *Larval Hydroptilidae (Trichoptera) that prey upon Simuliidae (Diptera) in Cameroon. Entomologist's mon. Mag.*, 108 (1972) : 84-85.
- DISNEY (R.H.L.), 1975.- *Drosophila gibbinsi larvae also eat Simulium. Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 69 : 365-366.
- DORGELO (J.), 1976.- *Further observations on drift in two brooks in Auvergne (France). Hydrobiol. Bull.*, 10 (1) : 30 pp.
- DRUMMOND (F.H.N.), 1933.- *West Australian Simuliidae. J. Proc. R. Soc. West. Aust.*, 18 (1931-32) : 1-12.
- DUNBAR (R.W.), 1966.- *Four sibling species included in Simulium damnosum Theobald (Diptera, Simuliidae) from Uganda. Nature*, 5023 : 597-599.
- DUNBAR (R.W.), 1976.- *The East African situation and a review of the Simulium damnosum complex as a whole. WHO/VBC/SC/76.20. Mimeogr. Doc.*
- DURAND (J.-R.) & LEVEQUE (C.), 1981.- *Flore et faune aquatique de l'Afrique sahélo-soudanienne. Tome II. Editions ORSTOM, collection Initiation et Documentation Technique, n°45, Paris : 873 pp.*

- ECHAUBARD (M.) & NEVEU (A.), 1975.- Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truite, la Couze Pavin (Puy de Dôme) dues à des pollutions agricoles et urbaines. *Ann. de la station biol. de Besse-en-Chandesse*, 74-75 (9) : 1-24.
- EDINGTON (J.M.), 1965.- The effect of water flow on populations of the net-spinning Trichoptera. *Mitt. Intern. Verein. Theor. Ange. Limnol.*, 13 : 40-48.
- EIDT (D.C.), 1975.- The effect of fenitrothion from large-scale forest spraying on benthos in New Brunswick headwaters streams. *Can. Entomol.*, 107 : 743-760.
- ELKAIM (B.), 1979.- Effets de la "marée noire de l'Amoco-Cadix" sur le peuplement sublittoral de l'estuaire de la Penzé (Nord Finistère). in : *Amoco-Cadix : conséquence d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures*.
- ELLIOTT (J.M.), 1965.- Invertebrate drift in a Mountain stream in Norway. *Norsk. Entomol.*, 13 : 97-99.
- ELLIOTT (J.M.), 1967 a.- Invertebrate drift in a Dartmoor stream. *Arch. Hydrobiol.*, 63 (2) : 202-237.
- ELLIOTT (J.M.), 1967 b.- The life histories and drifting of the Plecoptera and Ephemeroptera in a Dartmoor stream. *J. anim. Ecol.*, 36 : 343-362.
- ELLIOTT (J.M.), 1968 a.- The daily activity patterns of mayfly nymphs (Ephemeroptera). *J. Zool.*, 155 (2) : 201-221.
- ELLIOTT (J.M.), 1968 b.- The life histories and drifting of the Trichoptera in a dartmoor stream. *J. anim. Ecol.*, 37 (3) : 615-625.
- ELLIOTT (J.M.) & MINSHALL (G.M.), 1968.- The Invertebrate drift in the river Duddon, English lake District. *Oikos*, 19 (1) : 39-52.
- ELOUARD (J.-M.), 1975.- Effet toxique sur la faune non cible de l'Abate Standard Procida épandu lors d'un surdosage accidentel. *Rapp. multigraph.*, 145/ORSTOM/1975 : 15 pp.
- ELOUARD (J.-M.), 1978.- Identification biométrique des stades larvaires de *Simulium damnosum* s.l. et de *S. adersi* (Diptera : Simuliidae). *Tropmed. Parasitol.*, 29 (2) : 183-187.

- ELOUARD (J.-M.) & JESTIN (J.-M.), 1982.- Impact of Temephos (Abate) on the non-target invertebrate fauna. A. Utilization of correspondence analyses for studying surveillance data collected in the Onchocerciasis control programme. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 (1) : 23-31, 1982.
- ELOUARD (J.-M.) & LEVEQUE (C.), 1975.- Observations préliminaires sur la dérive des Invertébrés et des Poissons dans quelques rivières de Côte d'Ivoire. *Rapp. multigr. Bouaké*, 394 / ORSTOM/ 75.
- ELOUARD (J.-M.) & LEVEQUE (C.), 1977.- Rythme nycthéral de dérive des Insectes et des Poissons dans les rivières de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, 11 : 179-183.
- ELOUARD (J.-M.) & FORGE (P.), 1978.- Emergence et activité de vol nocturne de quelques espèces d'Ephéméroptères de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, 12 (3-4) : 187-195.
- ELOUARD (J.-M.) & TROUBAT (J.-J.), 1979.- Action de l'Abate (Téméphos) sur les Invertébrés aquatiques. VII. Effets des premiers traitements de la basse Maraoué. *Rapp. ORSTOM*, 32 : 32 pp. *Multigr.*
- ELOUARD (J.-M.), DEJOUX (C.) & TROUBAT (J.-J.), 1982.- Action de *Tephrosia vogelii* (Leguminosae) employé dans les pêches traditionnelles sur les Invertébrés benthiques de la Maraoué (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 (2) : 177-188.
- ELOUARD (J.-M.), LEBTAHI (F.), LEVEQUE (C.) & VENARD (P.), 1974.- Lutte contre *Simulium damnosum* vecteur de l'onchocercose en Afrique occidentale. Effet de deux formulations d'Abate sur l'entomofaune associée aux larves de Simulies et sur l'Ichthyofaune. *Rapp. ORSTOM*, 341 : 42 pp. *multigr.*
- ELSEN (P.), 1977 a.- Méthodes d'échantillonnage des populations préimaginales de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. I. Distribution verticale des larves et des nymphes : observations préliminaires. *Tropenmed. Parasitol.* 28 : 91-96.
- ELSEN (P.), 1977 b.- Note biologique sur *Xenomyia oxycera* Emden (Muscidae, Limnophorinae) et *Ochtera insularis* Becker (Ephydriidae) deux Diptères prédateurs de *Simulium damnosum* Theobald (Diptera : Simuliidae) en Côte d'Ivoire. *Revue Zool. afr.* 91, 732-736.

- ELSEN (P.), 1979.- Rythmes circadiens des métamorphoses et durée de développement des stades préimaginaux de *Simulium dammosum* s.l. (Diptera : Simuliidae) en Côte d'Ivoire. *Ann. Soc. belg. Méd. Trop.*, 59 (4) : 371-384.
- ELSEN (P.), 1980.- Contribution à l'étude écologique des populations préimaginales du complexe *Simulium dammosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat 3ème cycle, Univ. Paris-Sud : 200 pp.
- ELSEN (P.) & HEBRARD (G.), 1977 a.- Méthodes d'échantillonnage des populations préimaginales de *Simulium dammosum* s.l. Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. II. Observations sur le choix des couleurs, l'évolution du peuplement et la répartition horizontale au moyen de rubans en plastique. *Prophenmed. Parasit.*, 28 (4) : 471-477.
- ELSEN (P.) & HEBRARD (G.), 1977 b.- A new rearing technique for studying individually the time of development of preimaginal instars of *Simulium dammosum* Theobald (Diptera : Simuliidae). *Trans. R. Soc. trop. Méd. Hyg.*, 7 (3) : 269-270.
- ENDERLEIN (G.), 1931.- Zur beurteilung und Bekämpfung der Kriebelmüchenschäden des Leinegebietes. *Arch. wiss. Prakt. Tierheilk.*, 63 : 475-528.
- ERICKSEN (C.H.), 1968.- Ecological significance of respiration and substrate for burrowing Ephemeroptera. *Can. J. Zool.*, 46 : 93-103.
- EZENWA (A.O.), 1974.- Studies on host-parasite relationships of Simuliidae with mermithids and microsporidians. *J. Parasit.*, 60 : 809-813.
- FAIN (A.), 1950.- Simulies d'élevage et de capture du Ruanda Urundi. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 43 : 228-239.
- FARAGHER (R.A.), GRANT (T.R.) & CARRICK (F.N.), 1979.- Food of the platypus (*Ornithorhynchus anatinus*) with notes on the food of the brown trout (*Salmo trutta*) in the Shoalhaven River, N.S.W. Aust. *J. Ecol.*, 4 : 171-179.
- FENELON (J.-P.), 1981.- Qu'est-ce que l'analyse des données ? *Lefonen* : 311 pp.

- FINNEY (J.), 1962.- *Probit analysis*. Cambridge University, Press : 260 pp.
- FISHER (R.A.), CORBET (A.S.) & WILLIAMS (C.B.), 1943.- *The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population*. *J. anim. Ecol.*, 12 : 42-58.
- FREDEEN (F.J.H.), 1972.- *Reaction of the larvae of three rheophilic species of Trichoptera to selected insecticides*. *Can. Entomol.*, 104 : 945-953.
- FREDEEN (F.J.H.), 1974.- *Test with single injection of methoxychlor blackfly (Diptera : Simuliidae) larvicides in large rivers*. *Can. Entomol.*, 106 (3) : 285-305.
- FREDEEN (F.J.H.), 1975.- *Effects of a single injection of methoxychlor blackfly larvicide on insect larvae in a 161-Km (100-Miles) section of the north Saskatchewan river*. *Can. Entomol.*, 107 : 807-817.
- FREDEEN (F.J.H.), 1976.- *The seven larval instars of Simulium arcticum (Diptera : Simuliidae)*. *Can. Ent.*, 108 : 591-600.
- FREDEEN (F.J.H.) & SPURR (D.T.), 1978.- *Collecting semi-quantitative samples of black fly larvae (Diptera : Simuliidae) and other aquatic insects from large rivers with the aid of artificial substrates*. *Ouaest. ent., Edmonton*, 14 (3) : 411-431.
- FREEMAN (P.) & DE MEILLON (B.), 1953.- *Simuliidae of the ethopian region*. *British museum (Nat. Hist.)* : 224 pp.
- FREMPONG-BOADU (J.), 1966.- *A laboratory study of the effectiveness of methoxychlor, fenthion and carbaryl against blackfly larvae (Diptera : Simuliidae)*. *Mosquito News*, 26 : 563-565.
- FRIEDERICHS (K.), 1919.- *Untersuchungen über Simuliiden*. *Z. Angew. Entomol.*, 6 (1) : 61-83.
- FRONTIER (S.), 1974.- *Utilisation d'une cotation d'abondance fondée sur une progression géométrique, pour l'analyse des composantes principales en écologie planctonique*. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 14 : 217-224.

- FRONTIER (S.), 1977.- *Réflexion pour une théorie des écosystèmes. Bull. Ecol.*, 8 (4) : 445-464.
- FRONTIER (J.) & IBANEZ (F.), 1974.- *Utilisation d'une cotation d'abondance fondée sur une progression géométrique pour l'analyse des composantes principales. J. Exp. mar. Biol. Ecol.*, 14 (3) : 217-224.
- FRONTIER (S.) & VIALE (D.), 1977.- *Utilisation d'une cotation d'abondance mise au point en planctonologie pour l'évaluation des troupeaux de cétacés en mer. J. Rech. Océanogr.*, 2 (4) : 15-22.
- FULLER (R.L.) & STEWART (K.W.), 1977.- *The food habits of stoneflies (Plecoptera) in Upper Gunnison River Colorado. Envir. Ent.* 6 : 293-302.
- GARDNER (M.R.) & ASHBY (W.R.), 1970.- *Connectance of large dynamic (cybernetic) systems : critical values of stability. Nature*, 228 : 784.
- GARMS (R.), 1978.- *Use of morphological characters in the study of Simulium damnosum s.l. populations in West Africa. Tropenmed. Parasitol.*, 29 : 483-491.
- GAUFIN (A.R.), HARRIS (E.K.) & WALTER (H.J.), 1956.- *A statistical evaluation of stream bottom sampling data obtained from three standard samplers. Ecology*, 37 : 643-648.
- GAUGLER (R.), MOLLOY (D.), HASKINS (T.) & RIDER (G.), 1980.- *A bioassay system for the evaluation of blackfly (Diptera : Simuliidae) control agents under simulated stream conditions. Can. Entomol.*, 112 (12) : 1271-1276.
- GIBBS (D.G.), 1973.- *The Trichoptera of Ghana. Dtsch. Ent. Z.*, 20 : 363-424.
- GIBON (F.M.) & TROUBAT (J.-J.), 1980.- *Effet d'un traitement au chlorphoxim sur la dérive des Invertébrés benthiques. Rapp. ORSTOM*, 37 : 13 pp. multigr.
- GIBON (F.M.), ELQUARD (J.-M.) & TROUBAT (J.-J.), 1980.- *Action du Bacillus thuringiensis var. israelensis sur les Invertébrés aquatiques. Rapp. ORSTOM*, 38 : 13 pp. multigr.



- GILPIN (B.R.) & BRUSVEN (M.A.), 1970.- Food habits and ecology of mayflies of the St. Maries Rivers in Idaho. *Melandria*, 4 : 19-40.
- GLASS (L.W.) & BOVBJERG (R.V.), 1969.- Density and dispersion in laboratory population of caddisfly larvae (*Cheumatopsyche*, Hydroptychidae). *Ecology*, 50 : 1082-1084.
- GOODMAN (D.), 1975.- The theory of diversity-stability relationship in ecology. *Quart. Rev. Biol.*, 50 : 237-266.
- GRASSET (P.P.), 1965.- *Traité de Zoologie - Anatomie systématique, biologie*. Masson : 1117 pp.
- GREEN (R.H.), 1977.- Some method for hypothesis testing with biological monitoring data. In *Biological monitoring of water and effluent quality*. ASTM S STP 607. Edited by CAIRNS (J.Jr.), DICKSON (K.L.) & WESTLAKE (G.F.), American society for testing and materials, 200-211.
- GRENIER (P.), 1943.- Observations sur quelques stations de similies. Parasites et prédateurs des larves et nymphes. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 36 : 105-110.
- GRENIER (P.), 1949.- Contribution à l'étude biologique des Simuliides de France. *Physiol. comp.*, 1, 165-330.
- GRENIER (P.), 1953.- Simuliidae de France et d'Afrique du Nord. *Encycl. ent. Sér.*, A, 29 : 7-170.
- GRENIER (P.) & FERAUD (L.), 1960.- Etude biométrique et morphologique de la croissance larvaire chez *Simulium damnosum* Theobald. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 53 : 563-581.
- GRENIER (P.) & OVAZZA (M.), 1951.- Similies du Moyen Congo. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 44 (3/4) : 222-234.
- GRENIER (P.), OVAZZA (M.) & VALADE (M.), 1960.- Note biologique et faunistiques sur *S. damnosum* et les Simuliidae d'Afrique Occidentale (Haute-Volta, Côte d'Ivoire, Dahomey, Soudan), *Bull. IFAN*, 22, A (3) : 892-918.
- GRUNEWALD (J.), 1976.- Hydro-chemical and physical conditions of environment of immature stages of some species of *Simulium* (*Edwardseillum*) *damnosum* complex (Diptera). *Tropenmed. Parasit.*, 27 : 438-454.

- GUILLAUMET (J.L.) & ADJANOHOON (E.), 1971.- La végétation de la Côte d'Ivoire. in *Le milieu naturel en Côte d'Ivoire. Mém. ORSTOM, n° 50* : 161-262.
- GUILLET (P.) & ESCAFFRE (H.), 1979.- La recherche de nouvelles formulations d'insecticide utilisables contre les larves des vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. *Congrès de la lutte contre les Insectes en milieu tropical, Marseille, 13 au 16 mars 1979, II* : 1169-1178.
- 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'onchocercose dans la région du bassin de la Volta). *W.H.O./V.B.C./1980, 784* : 19 pp.
- GUILLET (P.), ESCAFFRE (H.), OUEDRAOGO (M.) & QUILLEVERE (D.), 1980.- Mise en évidence d'une résistance au téméphos dans le complexe *Simulium damnosum* (*S. sanctipauli* et *S. soubrense*) en Côte d'Ivoire (zone du programme de lutte contre l'onchocercose dans la région du bassin de la Volta). *Cah. ORSTOM, sér. Ent. med. et Parasitol.*, 18 (3) : 291-299.
- HAIRSTON (N.G.), 1964.- Studies on the organisations of the animal communities. *Jubilee Symposium Supplement J. Ecol.*, 52 : 227-239.
- HALL (R.J.), WATERS (T.F.) & COOK (E.F.), 1980.- The role of the drift dispersal in production ecology of a stream mayfly. *Ecology*, 61 (1) : 37-43.
- HALL (R.O.) & EDWARDS (A.J.), 1978.- Observations on the settling of *Simulium damnosum* larvae on artificial substrates, in the Ivory Coast. *Hydrobiologia*, 57 (1) : 81-84.
- HAMILTON (H.), 1979.- Food habits of ephemeropterans from three Alberta, Canada, streams. *M. Sci. Thesis, Dept. Zool., University of Alberta*, 207 pp.
- HAMILTON (M.A.), 1975.- Indexes of diversity and reductancy. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 47 : 630-632.
- HARRANT (H.) & JARRY (D.), 1964.- Guide du naturaliste dans le Midi de la France. *Les guides du naturaliste. Delachaux et Niestlé, Neuchatel* : 398 pp.

- HART (C.W.) & FULLER (S.L.), 1974.- *Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates*. New York, Academic Press.
- HELSON (B.V.), 1972.- *The selective effects of particulate formulations of insecticides on stream fauna when applied as blackfly (Diptera : Simuliidae) larvicide*. M. Sc. Thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada : XIII + 187 pp.
- HENDRICKS (A.), HENLEY (D.), WYATT (J.T.), DICKSON (K.L.) & SILVEY (J.K.G.) 1974.- *Utilisation of diversity Indices in evaluating the effect of a paper mill effluent on bottom fauna*. *Hydrobiologia*, 44 : 463-474.
- HILDREW (A.G.) & TOWNSEND (C.R.), 1976.- *The distribution of two predators and their prey in an iron rich stream*. *J. Anim. Ecol.*, 45 : 41-57.
- HOCKING (B.), 1950.- *Further tests of insecticides against black flies (Diptera : Simuliidae) and a control procedure*. *Scient. Agric.*, 30 : 489-508.
- HOCKING (B.) & PICKERING (L.R.), 1954.- *Observations on the bionomics of some northern species of Simuliidae (Diptera)*. *Can. J. Zool.*, 32 : 99-119.
- HOLLAND (A.F.) & POLGAR (T.T.), 1976.- *Seasonal changes in structure of an intertidal community*. *Mar. Biol.*, 37 : 341-348.
- HOLT (C.S.) & WATERS (T.F.), 1967.- *Effect of light intensity on the drift of stream invertebrates*. *Ecology*, 48 (2) : 225-234.
- HUBAULT (E.), 1927.- *Contribution à l'étude des Invertébrés torrenticoles*. *Bull. Biol. Fr.-Belg.*, suppl. 9 : 1-388.
- HUGHES (B.D.), 1978.- *The influences of factors other than pollution on the values of Shannon's diversity index for benthic macro-invertebrates in streams*. *Water Research*, 12 : 359-363.
- HUGHES (D.A.), 1966.- *The role of responses to light in the selection and maintenance of microhabitat by the nymphs of two species of mayfly*. *Anim. Behav.*, 14 : 17-33.
- HUGHES (D.A.), 1966.- *On the dorsal light response in a mayfly nymph*. *Anim. Behav.*, 14 : 13-16.

- HUGHES (E.D.), 1975.- A comparison of four samplers for benthic macro-invertebrates inhabiting Loarse river deposits. *Wat. Res.*, 9 : 61-90.
- HURD (L.E.), MELLINGER (M.V.), WOLF (L.L.) & McNAUGHTON (S.J.), 1971.- Stability and diversity at three trophic levels in terrestrial successional ecosystems. *Science*, 173 : 1134-1136.
- HURLBERT (S.H.), 1971.- The non-concept of species diversity : a critic and alternative parameters. *Ecology*, 52 : 577-586.
- HYNES (H.B.N.), 1941.- The taxonomy and ecology of the nymphs of British Plecoptera with notes on the adults and eggs. *Trans. R. ent. Soc. Lond.*, 91 : 459-557.
- HYNES (H.B.N.), 1960.- A plea for caution in the use of DDT in the control of aquatic insects in Africa. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 54 : 331-332.
- HYNES (H.B.N.), 1970 a.- The ecology of stream insects. *Ann. Rev. Ent.*, 15 : 25-42.
- HYNES (H.B.N.), 1970 b.- The ecology of running waters. University of Toronto Press : 555 pp.
- HYNES (H.B.N.), 1972.- The ecology of running waters. Liverpool University Press, 1972 : 555 pp.
- HYNES (J.D.), 1975 a.- Annual cycles of macro-invertebrates of a river in southern Ghana. *Freshwater. Biol.*, 5 : 71-83.
- HYNES (J.D.), 1975 b.- Downstream drift of invertebrates in a river in southern Ghana. *Freshwater. Biol.*, 5 : 515-532.
- HYNES (H.B.N.) & COLEMAN (M.J.), 1968.- A simple method of assessing the annual production of stream benthos. *Limnol. Oceanogr.*, 13 : 569-573.
- HYNES (H.B.N.) & WILLIAMS (T.R.), 1962.- The effect of DDT on the fauna of a central African stream. *ANN. trop. Med. Parasit.*, 56 : 78-91.

- ILLIES (J.) & BOTOSANEANU (L.), 1963.- Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. int. Verein. Theor. angew. Limnol.*, 12 : 1-57.
- IMHOF (J.G.A.) & HARRISON (W.), 1981.- Survival of *Diplectrona modesta* Banks (Trichoptera : Hydropsychidae) during short periods of desiccation. *Hydrobiologia*, 77 : 61-63.
- JACQUEMART (S.), 1956.- Trois *Orthotrichia* nouveaux du lac Kivu (Trichoptera, Hydroptilidae). *Bull. Inst. r. Sci. Nat. Belg.*, 32 : 1-6.
- JAMNBACK (H.) & WEST (A.S.), 1970.- Decreased susceptibility of black-fly larvae to p.p'DDT in New York State and Eastern Canada. *J. econ. Ent.*, 63 (1) : 218-221.
- JAMBU (M.), 1978.- Classification automatique pour l'analyse des données. Tome 1 : méthodes et algorithmes. Dunod : 310 pp.
- JAMBU (M.) & LEVEAUX (M.O.), 1978.- Classification automatique pour l'analyse des données. Tome 2 : logiciels. Dunod : 398 pp.
- JANSSON (A.) & VOJORISTO (T.), 1979.- Significance of stridulation in larval Hydropsychidae (Trichoptera). *Behaviour*, 71 : 167-186.
- JENSEN (L.D.) & GAUFIN (A.R.), 1946 a.- Long term effect of organic insecticides on two species of stonefly naiads. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 93 : 357-363.
- JENSEN (L.D.) & GAUFIN (A.R.), 1946 b.- Effect of ten organic insecticides on two species of stonefly naiads. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 93 : 27-34.
- JOHNSTONE (G.W.), 1964.- Stridulation by larval Hydropsychidae. *Proc. R. ent. Soc. Lond.*, (A) 39 : 146-150.
- JONES (J.R.E.), 1949.- A further ecological study of calcareous streams in the "Black Mountain" district of South Wales. *J. Anim. Ecol.*, 18 : 142-159.
- JONES (J.R.E.), 1950.- A further ecological study of the River Rheidol : the food of the common insects of the main-stream. *J. Anim. Ecol.*, 19 : 159-174.

- JULIN (A.M.) & SANDERS (H.O.), 1978.- Toxicity of the IGR, diflubenzuron to freshwater invertebrates and fishes. *Mosq. News*, 38 (2) : 256-259.
- KENAGA (E.E.) & ALLISON (W.E.), 1970.- Commercial and experimental organic insecticides indexed as to their scientific common and trade names, code désignation, uses, empirical formulas, manufacturers, mammalian toxicity and chemical structures. *Bull. ent. Soc. America*, 15 : 85-148.
- KIMMINS (D.E.), 1956.- A new species of *Cheumatopsyche* (Trichoptera Hydropsychidae) from Central Africa. *Entomologist*, 89 : 196-197.
- KOLWITZ (R.) & MARSON (R.), 1908.- Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 2, 126-152.
- KURECK (A.), 1967.- Über die Tages periodische Ausdrift von *Niphargus aquilex Schellenbergi* Karaman aus Quellen. *Z. Morph. Okol. Tiere*, 58 : 247-262.
- KURTAK (D.C.), 1978.- Efficiency of filter feeding of blackflies (Diptera : Simuliidae). *Can. J. Zool.*, 56 : 1608-1623.
- KURTAK (D.C.), 1980.- Note on the selection of larvae of *Simulium damnosum* s.l. for insecticides susceptibility tests with particular references to the cytospecies *S. soubrense* et *S. squamosum*. *Rapp. Multi-graph.*, 11 pp.
- KUZOE ( W. ) & NOAMESI (G.K.), in BROWN (A.W.) & PAL (R.), 1973.- Résistance des arthropodes aux insecticides. *Wld Hlth. Org. Monogr.*, sér. 38.
- LACEY (L.A.) & MULLA (M.S.), 1978.- Biological activity of diflubenzuron and three new IGRs against *Simulium vittatum* (Diptera : Simuliidae). *Mosq. News*, 38 (3) : 377-381.
- LACEY (L.A.) & MULLA (M.S.), 1978.- Factors affecting the activity of diflubenzuron against *Simulium* larvae (Diptera : Simuliidae). *Mosq. News*, 38 (2) : 264-268.
- LARIMORE (R.W.), 1974.- Stream drift as an indication of water quality. *Trans. amer. Fish. Soc.*, 103 : 507-517.
- LAPCHIN (L.), 1977.- Microrépartition des Invertébrés benthiques dans deux ruisseaux à Salmonides de Bretagne. *Ann. Hydrobiol.*, 8 (3) : 319-332.

- LARDEUX (F.), 1981.- Modification des structures de peuplement des Invertébrés lotiques tropicaux, provoquées par plusieurs cycles d'épandage d'insecticide antismulidiens : téméphos et chlorphoxim. *Rapp. ORSTOM-Bouaké*, N°45, 17 pp.
- LAWS (E.R.), MORALES (F.R.), HAYES (W.J.) & JOSEPH (C.R.), 1967.- Toxicology of Abate in volunteers. *Arch. environm. Hlth.*, 14 : 289-291.
- LAWS (E.R.), SEDLACK (V.A.), MILES (J.W.), JOSEPH (C.R.), LACOMBA (J.R.) & RIVIERA (A.D.), 1968.- Field study of the safety Abate for treating potable water and observations on the effectiveness of a control programme involving both Abate and Malathion. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 38 : 439-445.
- LEBART (L.), MORINEAU (A.) & TABARD (N.), 1977.- Techniques de la description statistique. Méthodes et logiciels pour l'analyse des grands tableaux. *Dunod* : 351 pp.
- LE BERRE (R.), 1966.- Contribution à l'étude biologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae). *Mém. ORSTOM n° 17* : 204 pp.
- LEGENDRE (L.) & LEGENDRE (P.), 1979.- Ecologie numérique. Tome 1 : le traitement multiple des données écologiques : 197 p.  
Tome 2 : La structure des données écologiques. 247 p., Masson ed.
- LEHMANN (U.), 1972.- Tagesperiodisches Verhalten und Habitatwechsel der Larven von *Potamophylax luctuosus* (Trichoptera). *Oecologia*, 9 : 265-278.
- LEHMKUHL (D.M.), 1968.- Ecology and downstream drift of some Oregon Ephemeroptera. *Thèse PHD* : 110 pp.
- LEHMKUHL (D.M.) & ANDERSON (N.H.), 1972.- Microdistribution and density as factors affecting the downstream drift of mayflies. *Ecology*, 53 (4) : 661-667.
- LIVINGSTON (R.J.), 1975.- Impact of kraftpulp-mill effluents on estuarine and coastal fishes in Apalachee Bay, Florida, USA. *Mar. Biol.*, 32 : 19-48.
- LLOYD (M.) & GHELARDI (R.J.), 1964.- A table for calculating the "equitability" component of species diversity. *J. Anim. Ecol.*, 33 : 217-225.

- LEWIS (D.J.), 1948.- *The Simuliidae of the anglo-Egyptian Sudan.*  
*Trans. R. ent. Soc. Lond.*, 99 : 475-496.
- LEWIS (D.J.), 1953.- *Simulium damnosum and its relation to onchocerciasis in the anglo-egyptian Sudan.* *Bull. ent. Res.*, 43 : 597-644.
- LEWIS (D.J.) & BENNETT (G.F.), 1974.- *An artificial substrate for quantitative comparison of the densities of larval Simuliid (Diptera) populations.* *Can. J. Zool.*, 52 (6) : 773-775.
- MACAN (T.T.), 1958.- *Methods of sampling the bottom fauna in stony streams.* *Mitt. int. Verein. Theor. angew. Limnol.*, 8 (1) : 21.
- MACAN (T.T.), 1962.- *Ecology of aquatic Insects.* *Ann. Rev. Ent.*, 7 : 261-288.
- MACAN (T.T.), 1963.- *Freshwater ecology.* London and Southampton : 388 p.
- MACKAY (R.) & KALFF (J.), 1969. *Seasonal variation in standing crop and species diversity of insect communities in a small Quebec stream.* *Ecology*, 50, 101-109.
- MACKERETH (J.C.), 1957.- *Notes on the Plecoptera from a stony stream.* *Anim. Ecol.* 26, 343-351.
- McINTOSH (R.P.), 1969.- *An index of diversity : the relation of certain concepts of diversity.* *Ecology*, 48 : 392-403.
- MAITLAND (P.S.) & PENNEY (M.M.), 1967.- *The ecology of the Simuliidae in a Scottish river.* *J. Anim. Ecol.*, 36 : 179-206.
- MALAISSÉ (F.P.), 1974.- *Phenology of the Zambebian woodland area with emphasis on the Miombo ecosystem. in : Phenology and seasonality modeling.* Springer, New York, Heidelberg, Berlin, 269-286.
- MARGALEF (R.), 1951.- *Diversidad de especies en la comunidad naturales.* *Publ. Inst. Biol. apl.*, Barcelona : 25-27.
- MARGALEF (R.), 1958.- *Information theory in ecology. General systems,* 3 : 36-71.



- MARR (J.D.M.), 1962.- The use of an artificial breeding site and cage in the study of *Simulium damnosum* Theobald. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 27 : 622-629.
- MARTOF (B.S.), 1962.- Some aspects of the life history and ecology of the salamander *Leurognathus*. *Am. Midl. Nat.*, 67 : 1-35.
- MARTOF (B.S.) & SCOTT (D.C.), 1957.- The food of the salamander *Leurognathus*. *Ecology*, 38 : 494-501.
- MATTER (W.J.) & HOPWOOD (A.J.), 1980.- Vertical distribution of invertebrate drift in a large river. *Limnol. Oceanogr.*, 26 (6) : 1117-1121.
- McCLURE (R.G.) & STEWART (K.W.), 1976.- Life cycle and production of the mayfly *Choroterpes* (*Neochoroterpes mexicanus* Allen) (Ephemeroptera : Leptophlebiidae). *Ann. entomol. Soc. Amer.*, USA, 69 (1) : 134-144.
- McLAY (C.), 1970.- A theory concerning the distance travelled by animals entering the drift of a stream. *J. Fish. Res. Board Can.*, 27 : 359-370.
- MECOM (J.O.), 1972.- Feeding habits of Trichoptera in a mountain stream. *Oikos*, 23 : 401-407.
- MEIER (P.G.), PENROSE (J.L.) & POLAK (L.), 1979.- The rate of colonisation by macroinvertebrates on artificial substrates samplers. *Freshwat. Biol.*, 9 : 381-392.
- MEILLON (B. de), 1957.- Bionomics of the vectors of onchocerciasis in the ethiopian geographical region. *Bull. Org. mond. Santé*, 16 : 509-522.
- MENGE (B.A.) & SUTHERLAND (J.P.), 1976.- Species diversity gradients-synthesis of role of predation competition and temporal heterogeneity. *Am. Nat.*, 110 : 351-369.
- MENHINICK (E.F.), 1964.- A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45, pp. 859-861.
- MEREDITH (S.E.O.) & TOWNSON (H.), 1981.- Enzymes for species identification in the *Simulium damnosum* complex from West Africa. *Tropenmed. Parasitol.*, 32 : 123-129.

- MIALL (L.C.), 1912.- *The Natural History of Aquatic Insects*. London  
Macmillan.
- MINET (J.), 1981.- *Les Pyraloïda et leurs principales divisions systé-  
matiques*. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 86 : 262-280.
- MINKLEY (W.L.), 1964.- *Upstream movements of Gammarus (Amphipoda) in  
Doe Run, Meade County, Kentucky*. *Ecology*, 45 : 195-197.
- McINTOSH (R.P.), 1967.- *An index of diversity and the relation of  
certain concepts to diversity*. *Ecology*, 48 : 392-404.
- MOORE (P.D.), 1975.- *Changes in species diversity*. *Nature*, 254 : 104-  
105.
- MOUCHET (J.), QUELENNEC (G.), SECHAN (Y.) et GREBAUT (S.), 1977.-  
*Méthodologie pour tester la sensibilité aux insecticides  
des larves de S.dannosum s.l.* *Cah. ORSTOM, sér. Entomol.  
méd. Parasitol.*, 15 (1) : 55-66.
- MOSELY (M.E.), 1935.- *New African Trichoptera*. *Ann. Mag. nat. Hist.*,  
10 (15) : 221-232.
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1970.- *The potentiating effects of pyrethrins  
and pyrethroids on the action of organophosphorus larvici-  
des in Simulium control*. *Trans. r. Soc. trop. Med. Hyg.*,  
64 : 895-906.
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1971.- *Pesticides and freshwater fauna*. *Acade-  
mic Press, London and New-York* : 248 pp.
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1973.- *Laboratory evaluation of pesticide im-  
pact on stream Invertebrates*. *Freshwater Biology*, 3 : 479-  
498.
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1977.- *Comparative tolerance levels of Black-  
fly (Simulium) larvae to permethrin (NRDC 143) and temephos*.  
*Mosq. News*, 37 (2) : 172-179.
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1978.- *Lethal and behavioral impact of perme-  
thrin (NRDC 143) on selected stream macroinvertebrates*.  
*Mosq. News*, 38 (2) : 185-190.

- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1978 b.- Relative susceptibility of stream macroinvertebrates to temephos and chlorpyrifos, determined in laboratory continuous flow systems. *Arch. environment Contam. Toxicol.*, 7 (2) : 129-137.
- MUIRHEAD-THOMPSON (R.C.), 1981.- Relative toxicity of Decamethrin, Chlorphoxim and Temephos (Abate) to *Simulium* larvae. *Tropenmed. Parasit.*, 32 : 189-193.
- MULLA (M.S.), DARWAZEH (H.A.) & DILLON (M.S.), 1980.- New pyrethroids as mosquito larvicides and their effects on non-target organisms. *Mosq. News*, 40 : 6-12.
- MÜLLER (K.), 1954.- Die drift in Fliessenden Gewässern. *Arch. Hydrobiol.* 49 : 539-545.
- MÜLLER (K.), 1954.- Investigations on the organic drift in north-Swedish streams. *Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm*, 35 : 133-148.
- MÜLLER (K.), 1963 a.- Temperature and Tagesperiodik der "organischen drift" von *Gammarus pulex*. *Naturwissenschaften*, 50 (11) : 410-411.
- MÜLLER (K.), 1963 b.- Tag-Nachtrythmus von Baetidenlarven in der "organischen drift". *Naturwissenschaften*, 50 : 161.
- MÜLLER (K.), 1965.- Field experiments on periodicity of freshwater invertebrates. In *Circadian Clocks*. Ed. J. Aschoff, North Holland Publishing Co, Amsterdam, 314-317.
- MÜLLER (K.), 1966 a.- Zur Periodik von *Gammarus pulex* *Oikos*, 17 : 207-211.
- MÜLLER (K.), 1966 b.- Die Tagesperiodik von Fliesswasserorganismen. *Z. Morphol. Oekol. Tiere*, 56 : 93-142.
- MÜLLER (K.), 1970.- Die drift von Insektenlarven in Nord- und Mitteleuropa. *Osterrreichs Fischerei*, 23, 5/6 : 111-117.
- MÜLLER (K.), 1958.- Beitrag zur Methodik der Untersuchung Fliessender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.*, 54 : 567-570.

- NEEDHAM (P.R.) & USINGER (R.L.), 1956.- Variability in the macrofauna of a single riffle in Prosser Creek, California as indicated by the Surber sampler. *Hilgardia*, 24 : 383-409.
- NEVEU (A.), 1970.- Ecologie des Simuliidae (Diptera, Nematocera) d'un ruisseau des Pyrénées Atlantiques: le Lissuraga. Thèse 3ème cycle : 109 pp.
- NEVEU (A.) & LAPCHIN (L.), 1979.- Ecologie des principaux invertébrés filtreurs de la Basse Nivelle (Pyrénées-Atlantique). I. Simuliidae (Diptera, Nematocera). *Annls. Limnol.*, 14 (3) : 225-234.
- NOYES (A.A.), 1914.- The biology of the net-spinning Trichoptera of Cascadilla Creek. *Ann. ent. Soc. Am.*, 7 : 251-271.
- OBERNDORFER (R.Y.) & STEWART (K.W.), 1977.- The life cycle of *Hydroperla crosbyi* (Plecoptera : Perlodidae). *Gt. Basin Nat.*, 37 : 260-273.
- ODUM (H.T.), CANTLON (J.E.) & KORNICKER (L.S.), 1960.- An organization hierarchy postulate for the interpretation of species-individual distributions, species entropy ecosystem evolution and the meaning of the species diversity index. *Ecology*, 41 : 395-399.
- OTTO (C.), 1974.- Growth and energetics in larval populations of *Potamophylax cingulatus* (Steph.) (Trichoptera) in a south Swedish stream. *J. Anim. Ecol.*, 43 : 339-361.
- PACAUD (A.), 1942.- Notes biologiques sur une station de *S.aureum* Fries, aux environs de Paris. *Bull. Biol.*, 76 : 226-238.
- PAINÉ (R.T.), 1969.- A note on trophic complexity and community stability. *Am. Naturalist*, 103 : 91-93.
- PAUGY (D.), 1978.- Ecologie et biologie des *Alestes baremoze* (Pisces, Characidae) des rivières de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, 12 (3-4) : 245-275.
- PEARSON (W.D.) & FRANKLIN (D.R.), 1968.- Some factors affecting drift rates of *Baetis* and Simuliidae in large river. *Ecology*, 49 (1) : 75-81.
- PEET (R.K.), 1974.- The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. syst.*, 5 : 285-307.

- PESCADOR (M.L.) & WILLIAM (L.P.), 1974.- The life history and ecology of *Baetisca rogeri* Berner (Ephemeroptera : Baetiscidae). *Bull. Flor. state Museum, Biol. Sci.*, 17 (3) : 151-209.
- PETERKA (J.J.), 1969.- Distribution, standing crop and drift of benthic invertebrates in a small Wisconsin stream. *Trans. Wisc. Acad. Sci. Arts Lettr.*, 57 : 155-161.
- PETERSON (B.V.), 1960.- Notes on some natural enemies of Utah black flies (Diptera : Simuliidae). *Can. Ent.*, 92 : 266-274.
- PETERSON (B.V.) & DAVIES (D.M.), 1960.- Observations on some insect predators of black flies (Diptera : Simuliidae) of Algonquin Park, Ontario. *Can. J. Zool.*, 38 : 9-18.
- PETR (T.), 1970.- The bottom fauna of the rapids of the Black Volta River in Ghana. *Hydrobiologia*, 36 : 399-418.
- PHILIPSON (G.N.), 1954.- The effect of water flow and oxygene concentration on six species of caddisfly (Trichoptera) larvae. *Proc. Zool. Soc. London*, 124 : 547-564.
- PHILLIPSON (I.), 1956.- A study of factors determining the distribution of the larvae of the blackfly, *Simulium ornatum* (Mg.) *Bull. ent. Res.*, 47 : 227-238.
- PHILLIPSON (J.), 1957.- The effect of current speed on the distribution of the larvae of the blackflies *Simulium variegatum* (Mg.) and *Simulium monticola* Fried. (Diptera). *Bull. ent. Res.*, 48 : 811-819.
- PIANKA (E.R.), 1966.- Lattitudinal gradients in species diversity : a review of concepts. *Amer. Natur.*, 100 : 33-46.
- PIELOU (E.C.), 1969.- An introduction in mathematical ecology. Wiley-Interscience, New-York : 286 pp.
- PIELOU (E.C.), 1975.- Ecological diversity. John Wiley & Sons, New-York, 8 : 165 p.
- POMEROY (A.W.J.), 1916.- Note on five north American buffalo gnats of the genus *Simulium*. U.S. Depart. Agric. Bull., 329 : 1-48.

- POMEROY (A.W.J.), 1920.- *New species of african Simuliidae*. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 9 (6) : 72-81.
- POMEROY (A.W.J.), 1922.- *New species of African Simuliidae and further studies of their early stages*. *Bull. ent. Res.*, 12 : 457-463.
- PORTER (C.H.) & GOJMERAC (W.L.), 1969.- *Field observations with Abate and Bromophos : their effect on mosquitoes and aquatic arthropods in a Wisconsin park*. *Mosq. News*, 29 : 617-620.
- PRESTON (F.W.), 1948.- *The commonness and rarity of species*. *Ecology*, 29 : 254-283.
- PRITCHARD (G.), 1964.- *The prey of adult dragonflies in northern Alberta*. *Can. Ent.*, 96 : 821-825.
- PURI (I.M.), 1925.- *On the life history and structure of the early stages of Simuliidae (Diptera, Nematocera), I et II*. *Parasitology*, 17 : 295-369.
- QUELENNEC (G.), 1970.- *Essais sur le terrain de nouvelles formulations d'insecticides OMS-187, OMS-786, OMS-971, contre les larves de Simulies*. *Bull. W.H.O.*, 43 : 313-316.
- QUELENNEC (G.), 1970.- *Résultats d'un épandage de Didicol 6 dans l'Ouest de la Haute-Volta. Comparaison avec l'activité contre les larves de Simulies d'une formulation émulsifiable de DDT*. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 8 : 45-47.
- QUELENNEC (G.) & VERVENT (G.), 1970.- *Mesure de la sensibilité aux insecticides des larves de Simulies (Diptera : Simuliidae)*. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasitol.*, 8 (1) : 21-44.
- QUELENNEC (G.), 1971.- *Observations sur les déplacements larvaires des Simulies en Afrique de l'Ouest*. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasitol.*, 9 (3) : 247-254.
- QUILLEVERE (D.), 1975.- *Etude du complexe Simulium dammosum en Afrique de l'Ouest. I. Techniques d'Etude. Identification des cytotypes*. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 13 (2) : 85-98.

- QUILLEVERE (D.), 1979.- Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectrices des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. *Travaux et documents ORSTOM, Paris, N° 109* : 304 pp.
- QUILLEVERE (D.) & PENDRIEZ (B.), 1975.- Etude du complexe *S. damnosum* en Afrique de l'Ouest. I. Répartition géographique des cytotypes en Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasitol.* 13 (3) : 165-172.
- QUILLEVERE (D.) & SECHAN (Y.), 1978.- Morphological identification of females of the *Simulium damnosum* complex in West Africa : differentiation of *S. squamosum* and *S. yahense*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 72 : 99-100.
- QUILLEVERE (D.), RAZET (P.) & LE PIVER (M.M.), 1976.- Etude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. III. Etude de la morphologie larvaire des cytotypes présents en Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasitol.*, 14 (3) : 245-258.
- QUILLEVERE (D.), SECHAN (Y.), PENDRIEZ (B.), 1977.- Etude du complexe *S. damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles de Côte d'Ivoire. *Tropenmed. Parasitol.*, 28 : 244-253.
- RASNIZIN (S.P.), 1972.- On the distribution and migration of the blackflies larvae (Diptera, Simuliidae) in Ilim river (Siberia). XIIth Int. Congr. Ent. Moscow, 2-9 August 1968, *Proc.*, 3 : 232-233.
- RHAME (R.E.) & STEWART (K.W.), 1976.- Life cycle and food habits of three Hydropsychidae (Trichoptera) species in the Brazos river, Texas. *Trans. Am. ent. Soc.*, 102 : 65-69.
- ROSS (D.H.), 1979.- The larval instars of the blackflies *Stegopterna mutata* and *Simulium vittatum* (Diptera, Simuliidae). *Can. Ent.*, 111 : 693-697.
- ROSS (D.H.) & CRAIG (D.A.), 1979.- The seven larval instars of *Prosimulium mixtum* Syme and Davies and *P. fuscum* Syme and Davies (Diptera : Simuliidae). *Can. J. Zool.*, 57 (2) : 290-300.
- RUBSOV (I.A.), 1939.- Factors of outbreaks of the Blackflies. *Trav. Acad. Milit. Med.*, 19 : 177-207.

- RUZETTE (M.A.), 1956.- Rapport sur l'avancement des travaux de prospection et des études sur l'assainissement du site d'Inga.  
Rapport non publié.
- SACCHI (C.F.) & TESTARD (P.), 1971.- *Ecologie animale*. Doïn : 480 pp.
- SAGER (P.E.) & HASLER (A.D.), 1969.- Species diversity in lacustrine phytoplankton. I. The components of the index of diversity from Shannon's formula. *Am. Nat.*, 103 : 51-59.
- SANDERS (H.O.) & COPE (O.B.), 1968.- The relative toxicities of several pesticides to naiads of three species of stoneflies. *Limnol. Oceanogr.*, 13 : 112-117.
- SANDERS (H.L.), 1968.- Marine benthic diversity : a comparative study. *Am. nat.*, 102 : 243-282.
- SATTLER (W.), 1963.- Über den Körperbau, die Ökologie und Ethologie der Larve und Puppe von *Macronema Pict.* (Hydropsychidae), ein als Larvae sich von "Mikro-Drift" ernährendes Trichopter aus dem Amazonasgebiet. *Arch. Hydrobiol.*, 59 : 26-60.
- SCHERER (E.), 1962.- Phototaktisches Verhalten von Fließwasserinsektlarven. *Naturwissenschaften*, 49 (20) : 477-478.
- SCHUHMACHER (H.), 1970.- Untersuchungen zur Taxonomie, Biologie, und Ökologie einiger Kocherfliegenarten der Gattung *Hydropsyche Pict.* (Insecta, Trichoptera). *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 55 : 511-517.
- SCOTT (K.M.F.), 1958.- Ecological studies on the Trichoptera of the River Dean, Cheshire. *Arch. Hydrobiol.*, 54 : 340-392.
- SECHAN (Y.), 1980.- Durée du développement des stades préimaginaux de *Simulium sirbanum* Vajime & Dunbar, 1975, à la limite nord de son aire de répartition en Afrique Occidentale : note préliminaire. *Cah. ORSTOM, sér. Entomol. méd. Parasitol.*, (18) (1) : 59-60.
- SECHAN (Y.), 1981.- Développement d'onchocercques animales chez le vecteur de l'onchocercose humaine *Simulium sirbanum* Vajime & Dunbar, 1975 (Diptera : Simuliidae) en zone subsaharienne du Mali, Afrique de l'Ouest. Thèse d'université, Orsay : 255 pp.



- SERVICE (M.W.), 1973 a.- Study of the natural predators of *Aedes cantans* (Meigen) using the precipitin test. *J. med. Entomol.*, 10 : 503-510.
- SERVICE (M.W.), 1973 b.- Mortalities of the larvae of the *Anopheles gambiae* Giles complex and detection of predators by the precipitin test. *Bull. ent. Res.*, 62 : 359-369.
- SERVICE (M.W.), 1973 c.- Identification of predators of *Anopheles gambiae* resting in huts, by the precipitin test. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 67 : 33-34.
- SERVICE (M.W.), 1977 a.- The blackfly dilemma : a reply. *Environ. conserv.* 4 : 65.
- SERVICE (M.W.), 1977 b.- Ecological and biological studies of *Aedes cantans* (Meig.) (Diptera : Culicidae) in southern England. *J. Appl. Ecol.*, 14 : 159-196.
- SERVICE (M.W.) & ELOUARD (J.-M.), 1980.- Serological identification of the predators of the complexe of *Simulium damnosum* Theobald (Diptera : Simuliidae). *Bull. ent. Res.*, 70 : 657-663.
- SERVICE (M.W.) & LYLE (P.T.W.), 1975.- Detection of the predators of *Simulium damnosum* by the precipitin test. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, 69 (1) : 105-108.
- SHANNON (C.E.), 1948.- A mathematical theory of communication. *Bull. system technical journal*, 27 : 379-423 & 623-656.
- SHAPAS (T.J.) & HILSENHOFF (W.L.), 1976.- Feeding habits of wisconsin's predominant lotic Plecoptera, Ephemeroptera, and Trichoptera. *Great Lake Entomol.*, 9 (4) : 175-188.
- SHELDON (A.L.), 1968.- Species diversity and longitudinal succession in stream fishes. *Ecology*, 49 : 193-197.
- SHELDON (A.L.), 1969.- Size relationships of *Acroneuria californica* (Perlidae : Plecoptera) and its prey. *Hydrobiologia*, 34 : 85-94.
- SHELDON (A.L.), 1972.- Comparative ecology of Arcynoptera and Diura (Plecoptera), in a California stream. *Arch. Hydrobiol.*, 69 : 521-546.

- SIMPSON (E.H.), 1949.- Measurement of diversity. *Nature*, 163 : 688.
- SMART (J.), 1934.- On the biology of the blackfly *Simulium ornatum*, Mg. (Diptera : Simuliidae). *Proc. R. Phys. Soc., Edinb*, 22 : 217-238.
- SMART (J.), 1937.- On the larva and pupa of *Drosophila gibbinsi*. *Aub. Proc. R. Ent. Soc. Lond.*, (B), 6 : 70-72.
- STANAUS (H.S.), 1913.- Pellagra in Nyassaland (second communication). *Trans. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 7 : 32-56.
- STATZNER (B.), 1976.- Die Köcherfliegen-Emergenz (Trichoptera, Insecta) aus dem zentralafrikanischen Bergbach. *Arch. Hydrobiol.*, 78 : 102-137.
- 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.
- STATZNER (B.), 1981.- A progress report on Hydropsychidae from the Ivory Coast : characters for the specific identification of larvae and population dynamics of four abundant species. *Series Entomologica*, 20 : 331-337. G.P. Moretti ed., La Hague.
- STATZNER (B.) & HOLM (T.F.), 1982.- Morphological adaptation of benthic invertebrates to streams flow. An old question studied by means of a new technique (Laser Doppler Anemometry). *Oecologia*, 53 : 290-292.
- STEINE (I.), 1972.- The number and size of drifting nymphs of Ephemeroptera, Chironomidae and Simuliidae in day and night in the River Stranda, Western Norway. *Norsk. ent. Tidsskr.*, 19 : 127-131.
- STEWART (I.), 1982.- Catastrophes. Ed. Classiques Eugène Belin, Belgique, 70 pp.
- STEWART (K.W.), FRIDAY (G.P.) & RHAME (R.C.), 1973.- Food habits of hellgrammite larvae *Corodaius cornutus* (Megaloptera : Corydalidae) in the Brazos River, Texas. *Ann. ent. Soc. Am.*, 66 : 959-963.

- SUSUKI (T.), ITO (Y.) & HARADA (S.), 1963.- A record of blackfly larvae resistance to DDT in Japan (*Simulium (Odagmia) avkii*). *Jap. J. Exp. Med.*, 33 (1) : 41-46.
- SWABEY (Y.H.), SCHENK (C.F.) & PARKER (G.L.), 1967.- Evaluation of two compounds as blackfly larvicides. *Mosq. News*, 27 : 149-155.
- SYMONS (P.E.K.) & METCALFE (J.L.), 1978.- Mortality, recovery and survival of *Brachycentrus numerosus* (Trichoptera) after exposure to insecticide fenitrothion. *Can. J. Zool.*, 56 (6) : 1284-1292.
- TANAKA (H.), 1960.- On the daily changes of benthic animals in streams, especially the type of daily changes observed in the taxonomic groups of insects. *Bull. Freshw. Res. Lah., Tokyo*, 9 : 13-24.
- THEOBALD (F.V.), 1903.- Report on a collection of mosquitoes and other flies from equatorial East Africa and Nile province of Uganda. *Rept. Sleeping Sickness Comm. of the Roy. Soc.*, 3 : 33-42.
- THOM (R.), 1977.- *Stabilité structurelle et morphogénèse. Inter édition, Paris* : 350 pp.
- THOMAS (E.), 1970 a.- Die Oberflechendrift im Kaltis jökl. Osterreichs *Fisherei*, 23, 5/6 : 101-110.
- THOMAS (E.), 1970 b.- Die Oberflechendrift eines Lappländischen Fließgewässers. *Oikos, supp.* 13 : 45-64.
- TIENTJEN (J.H.), 1976.- Distribution and species diversity of deep-sea nematodes of North-Carolina. *Deep Sea Res.*, 23 : 755-768.
- TOBIAS (W.) & THOMAS (E.), 1967.- Die Oberflächendrift als Indikator periodischer Aktivitäts-verläufe bei Insekten. *Ent. Z. Frankf. a.m.*, 77 (14) : 153-168.
- TONNOIR (A.L.), 1925.- Australian Simuliidae. *Bull. ent. Res.*, 15 : 213-225.
- TOWNSON (H.) & MEREDITH (S.E.O.), 1979.- Problems in the identification of parasites and their vectors : Simuliidae in relation to onchocerciasis. *Symp. Brit. Soc. Parasit.*, 17 : 145-174.

- TOWNSON (H.), MEREDITH (S.E.O.) & THOMAS (K.A.), 1977.- Enzymes differences between species of the *Simulium damnosum* complex. *Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, 71 : 111.
- TRAMER (E.J.), 1969.- Bird species diversity : component of Shannon's formula. *Ecology*, 50 : 927-929.
- TRAMER (E.J.) & ROGER (P.M.), 1973.- Diversity and longitudinal zonation in fish populations of two streams entering a metropolitan area. *Am. midl. Nat.*, 90 : 366-374.
- TRAVIS (B.V.), GUTTMAN (D.) & CRAFT (R.R.), 1967.- Test (1966) with blackfly larvicides. *Proc. N.f. Mosq. Exterm. Assoc.*, 54 : 49-53.
- 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.
- TSACAS (R.) & DISNEY (R.H.L.), 1974.- Two new african species of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) whose larvae feed on *Simulium* larvae (Dipt., Simuliidae). *Tropenmed. Parasitol.*, 25 (3) : 360-377.
- TUCKER (R.K.) & CRABTREE (D.G.), 1970.- Handbook of toxicity of pesticides to wildlife. US department interior, Fish Wildlife Service ; Resource Publ. n° 84, 131 p.
- TUFFERY (G.), 1980.- Incidences écologiques sur la pollution des eaux courantes. Révélateurs biologiques de la pollution. In : PESSON. La pollution des eaux continentales. Gauthier-Villars : 243-280.
- TUFFERY (G.) & VERNEAUX (J.), 1967.- Une méthode zoologique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. *Ann. Sci. Univ. Besançon (Zool.)*, 3 : 79-90.
- TWINN (C.R.), 1939.- Notes on some parasites and predators of blackflies (*Simuliidae* : Diptera). *Can. Ent.*, 71 : 101-105.
- ULFSTRAND (S.), 1967.- Microdistribution of benthic species (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera : Simuliidae) in Lapland streams. *Oikos*, 18 : 293-310.

- ULFSTRAND (S.), 1968.- Benthic animal communities in Lapland streams : a field study with particular reference to Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera and Diptera : Simuliidae. *Oikos*, suppl. 10, (1) : 120.
- ULMER (G.), 1930.- Trichopteren und Ephemeropteren. In : SCOTT (H.) & OMER-COOPER, *Entomological Expedition to Abyssinia 1926-1927*, *Ann. Mag. nat. Hist.*, 10 (6) : 479-511.
- VAILLANT (F.), 1951.- Un empidide destructeur de simulies. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 76 : 371-379.
- VAILLANT (F.), 1953.- *Hemerodromia segoyi*, nouvel empidide d'Algérie destructeur de simulies. *Hydrobiologia*, 5 : 180-188.
- VAJIME (C.G.) & DUNBAR (R.W.), 1975.- Chromosomal identification of eight species of the subgenus *Edwardsellum* near and including *Simulium* (*Edwardsellum*) *damosum* Theobald (Diptera : Simuliidae). *Tropenmed. Parasit.*, 26 : 111-138.
- VAYSSIÈRE (A.), 1893.- Note sur l'existence au Sénégal d'une espèce nouvelle de *Prosopistoma*. *Ann. Sci. Nat., Zool.*, 7 (15) : 337-342.
- VAUGH (G.L.) & STEWART (K.W.), 1974.- The life history and ecology of the stonefly *Neoperla clymene* (Newman) (Plecoptera : Perlidae). *Ann. ent. Soc. Am.*, 67 : 167-178.
- VERNEAUX (J.), 1973.- *Cours d'eau de Franche-Comté (massif du Jura). Recherche écologique sur le réseau hydrographique du Doubs : essai de biotypologie. Thèse doctorat ès-sciences naturelles*: 260 pp.
- VIDY (G.), 1976.- Etude du régime alimentaire de quelques poissons insectivores de Côte d'Ivoire. Recherche de l'influence des traitements insecticides effectués dans le cadre de la lutte contre l'onchocercose. *Rapp. ORSTOM-Bouaké n°2* : 34 pp multigr.
- WAGNER (H.), 1926.- Bau und Funktion des Atmungs system der Kriebelmücken Larven. *Zool. Jahrb. Abt. Allg. Ecol.*, 42 : 441-486.
- WALKER (F.), 1852.- Catalogue of the specimens of Neuropterous Insects in the collections of the British Museum. Part. 1 : 1-35, London.

- WALLACE (R.R.), HYNES (H.B.N.) & MERRITT (W.F.), 1976.- Laboratory and field experiments with methoxychlor as a larvicide for Simuliidae (Diptera). *Environ. Pollut.*, 10 : 251-269.
- WALLACE (R.R.), WEST (A.S.) DOWNE (A.E.R.) & HYNES (H.B.N.), 1973.- The effects of experimental blackfly (Diptera : Simuliidae) larviciding with Abate, Dursban and methoxychlor on stream Invertebrates. *Can. Ent.*, 105 (6) : 817-831.
- WALLACE (R.R.), 1971.- The effect of several insecticides on blackfly larvae (Diptera : Simuliidae) and on other stream-dwelling aquatic invertebrates. M. Sc. Thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.
- WALSH (J.F.), 1970.- Evidence of reduced susceptibility to DDT in controlling *Simulium damnosum* (Diptera : Simuliidae) on the river Niger. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 43 : 316-318.
- WALSH (D.J.), YEBOAH (D.) & COLBO (M.H.), 1981.- A spherical sampling device for blackfly larvae. *Mosquito News*, 41 (1) : 18-21.
- WANSON (M.), 1947.- *Simulies congolaises élevées dans la région de Banningville et description d'espèces nouvelles*. *Rev. Zool. Bot. afr.*, 40 : 195-218.
- WANSON (M.), 1950.- Contribution à l'étude de l'onchocercose africaine humaine (Problèmes de prophylaxie à Léopoldville). *Ann. Soc. belge Med. Trop.*, 30 : 667-863.
- WANSON (M.) & HENRARD (C.), 1944.- Les *Simulies* de Léopoldville : description d'espèces nouvelles. *East Afr. Med. J.*, 21 : 34-47.
- WANSON (M.) & HENRARD (C.), 1945.- Habitat et comportement larvaire de *Simulium damnosum* Theobald. *Recl. Trav. Sci. Méd. Congo Belge*, 4 : 122-138.
- WANSON (M.), COURTOIS (L.R.) & LEBIED (B.), 1949.- L'éradication du *Simulium damnosum* Theobald à Léopoldville. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 29 : 373-403.
- WASSON (J.G.), 1975.- Etude écologique d'une rivière polluée : l'Isère à l'aval de l'agglomération grenobloise. *Thèse 3ème cycle*, 116 pp.

- WASSON (J.G.), 1976.- *La pollution de l'Isère dans la région grenobloise: analyse écologiques, diagnostic de pollution et propositions de lutte. Doc. Cartograph. Ecol. Grenobloise, 18 : 105-122.*
- WASSON (J.G.), 1980.- *Méthodes biologiques d'appréciations de la qualité des eaux courantes. Journée d'étude de l'association française des ingénieurs écologues. Ecologie appliquée. Indicateurs biologiques et techniques d'étude. Rapp. Multigr. : 92-108.*
- WATERS (T.F.), 1961.- *Standing crop and drift of stream bottom organisms. Ecology, 42 : 532-537.*
- WATERS (T.F.), 1962 a.- *A method to estimate the production rate of a stream bottom invertebrate. Trans. Amer. Fish. Soc., 91 : 243-250.*
- WATERS (T.F.), 1962 b.- *Diurnal periodicity in the drift of stream Invertebrates. Ecology, 43 (2) : 316-320.*
- WATERS (T.F.), 1964.- *Recolonisation of denuded stream bottom areas by drift. Trans. Amer. Fish. Soc., 93 : 311-315.*
- WATERS (T.F.), 1965.- *Interpretation of Invertebrate drift in streams. Ecology, 46 (3) : 327-334.*
- WATERS (T.F.), 1966.- *Production rate, population density and drift of a stream Invertebrate. Ecology, 47 (4) : 595-604.*
- WATERS (T.F.), 1967.- *Diurnal periodicity in the drift of day-active stream invertebrate. Ecology, 49 (1) : 152-180.*
- WATERS (T.F.), 1969 a.- *The turnover ratio in production ecology of freshwater invertebrates. Am. Naturalist, 103 : 173-185.*
- WATERS (T.F.), 1969 b.- *Invertebrate drift ecology and significance to stream fishes. Lectures in fisheries, Univ. Columbia : 121-134.*
- WELTON (J.S.) & BASS (J.A.B.), 1980.- *Quantitative studies on the eggs of Simulium (Simulium) ornatum Meigen and Simulium (Wilhelmsia) equinum L., in a chalk stream in Southern England. Ecol. Entomol., 5 : 87-96.*

- WHO, (1971).- Evaluation of insecticides for vector control, 1960 to 1970. Document miméographié, OMS, Genève, VBC/ETI/71. 3, 288 p.
- WIHLM (J.L.) & DORRIS (T.C.), 1968.- Biological parameters of water quality.
- WILLIAMS (T.R.) & HYNES (H.B.N.), 1971.- A survey of the larvae of streams on Mount Elgon, East Africa, with special references to the Simuliidae (Diptera). *Freshwat. Biol.*, Oxford, 1 (3) : 227-248.
- WILLIAMS (D.D.) & HYNES (H.B.N.), 1974.- The occurrence of benthos deep in the substratus of a stream. *Freshwat. Biol.*, 4 : 233-256.
- WILLIAMS (T.R.), CONNOLLY (R.), HYNES (H.B.N.) & KERSHAW (W.E.), 1961.- Size of particules ingested by *Simulium* larvae. *Nature*, Lond., 189 : 78.
- WILSON (R.C.H.), SNOW (D.H.), 1972.- Non-target effects of Abate, an organophosphorous insecticide. Report of a field programme to evaluate blackfly control methods at Baie Verte. Nfld. Manuscripti report n° 72, 8, Atlantic region, Environmental protection service, St John's, 177 pp.
- WILTON (D.P.) & TRAVIS (B.V.), 1965.- An improved method for simulated stream test of blackfly larvicides. *Mosq. News*, 25 : 118-123.
- WOLFE (L.S.) & PETERSON (D.G.), 1959.- Black flies (Diptera : Simuliidae) of the forest of Quebec. *Can. J. Zool.*, 37 : 137-159.
- WU (Y.F.), 1930.- A contribution to the biology of *Simulium* (Diptera) *Papers Michigan Academy of Science*, 13 : 543-599.
- YASUNO (M.), HATAKEYAMA (S.) & MIYASHITA (M.), 1980.- Effets on reproduction in the Guppy (*Poecilia reticulata*) under chronic exposure to temephos and fenitrothion. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 25 : 29-33.
- YASUNO (M.), SHIOYAMA (F.) & HASEGAWA (J.), 1981.- Field experiment on susceptibility of macrobenthos in streams to temephos. *Jap. J. Sanit. Zool.*, 32 (3) : 229-234.



YASUNO (M.), OAKITA (J.) & HATAKEYAMA (S.), 1982.- Effects of temephos on macrobenthos in a stream of Mt. Tsukuba. *Jap. J. Ecol.*, 32 : 29-38.

YASUNO (M.), OAKITA (J.), SAITO (K.), NAKAMURA (Y.), HATAKEYAMA (S.) & KASUGA (S.), 1981.- Effects of fenitrothion on benthic fauna in small streams of Mt. Tsukuba, Japan. *Jap. J. Ecol.*, 31 : 237-245.

YASUNO (M.), FUKUSHIMA (S.), HASEGAWA (J.), SHIOYAMA (F.) & HATAKEYAMA (S.), 1982.- Changes in the benthic fauna and flora after application of temephos to a stream on Mt. Tsukuba. *Hydrobiologia*, 89 : 205-214.

ZWICK (H.), 1978.- Simuliidae. In *Limnofauna europaea. Eine Zusammenstellung aller die europäischen Binnengewässer bewohnenden mehrzelligen Tierarten mit Angaben über ihre Verbreitung und Ökologie* : 396-403 (Ed. 2) (J. Ellies, Ed.). Stuttgart and New York. Gustav Fisher Verlag ; Amsterdam. Swets and Zeitlinger B.V.

-)-)-)-)-)-)-)-)-)-)-

UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD  
CENTRE D'ORSAY

T H E S E

présentée

pour obtenir

le grade de DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

par

Jean-Marc ELOUARD

---

SUJET : IMPACT D'UN INSECTICIDE ORGANOPHOSPHORÉ (LE TÉMÉPHOS)  
SUR LES ENTOMOCÉNOSES ASSOCIÉES AUX STADES PRÉIMAGINAUX  
DU COMPLEXE *Simulium damnosum* Theobald (Diptera : Simuliidae)

II. Figures et tableaux

soutenue le 4 mars 1983 devant la Commission d'examen :

MM. J. BERGERARD, Président  
Y. GILLON  
R. LE BERRE  
J. MOUCHET  
B. PHILIPPON  
F. RAMADE



IMPACT D'UN INSECTICIDE ORGANOPHOSPHORE (LE TEMEPHOS)  
SUR LES ENTOMOCENOSES ASSOCIEES AUX STADES  
PREIMAGINAUX DU COMPLEXE  
SIMULIUM DAMNOSUM THEOBALD (DIPTERA : SIMULIIDAE)

JEAN-MARC ELOUARD.

FIGURES ET TABLEAUX





PREMIERE PARTIE

-----

CADRE ET  
TECHNIQUES D'ETUDE

-----





..... Isohyètes  
 — Limites de zones de végétation

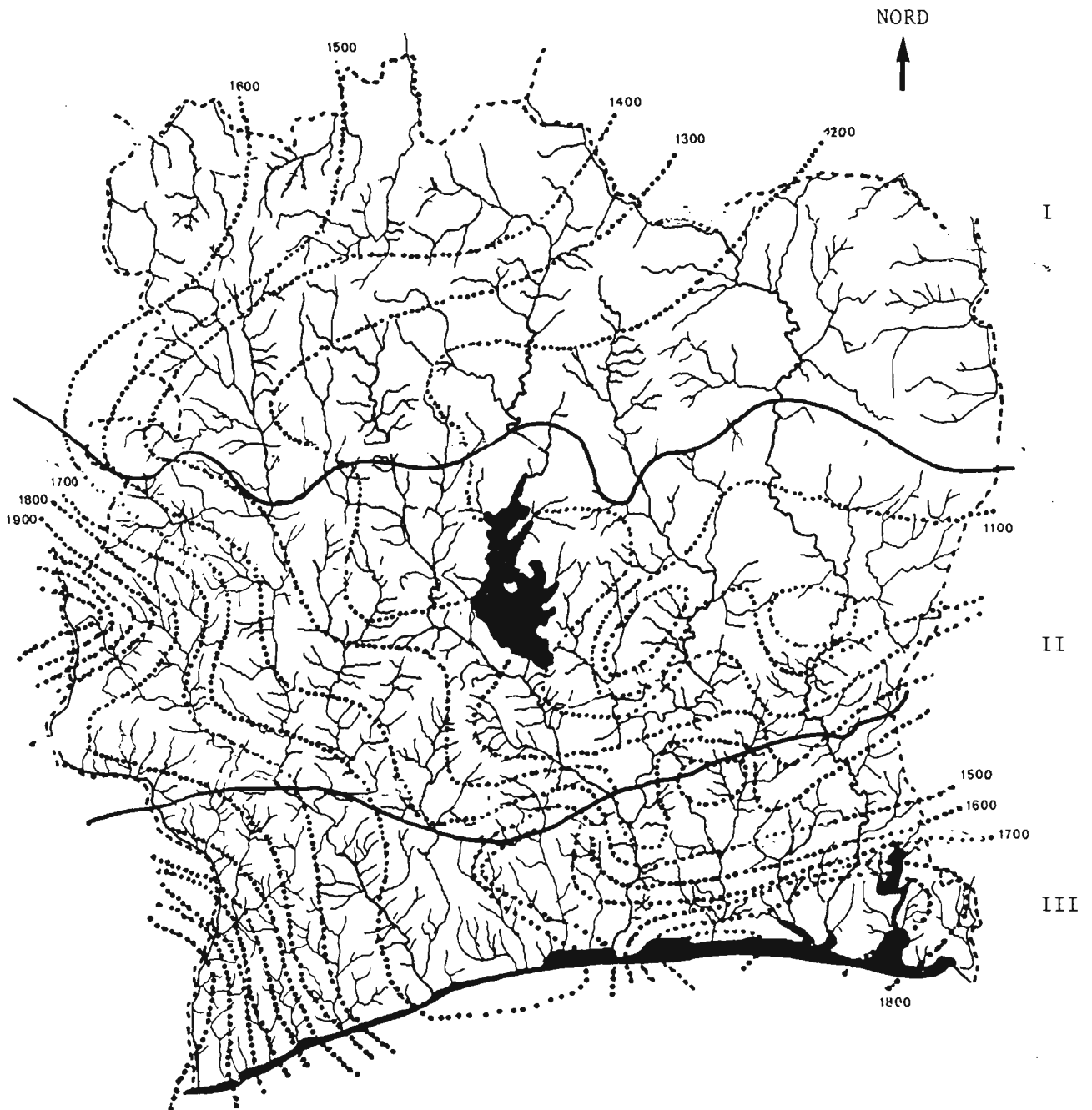


Figure 1.- Réseau hydrographique, isohyètes et limites de zones de végétation en Côte d'Ivoire. I: domaine soudanais; II : secteur mésophile; III : secteur ombrophile.



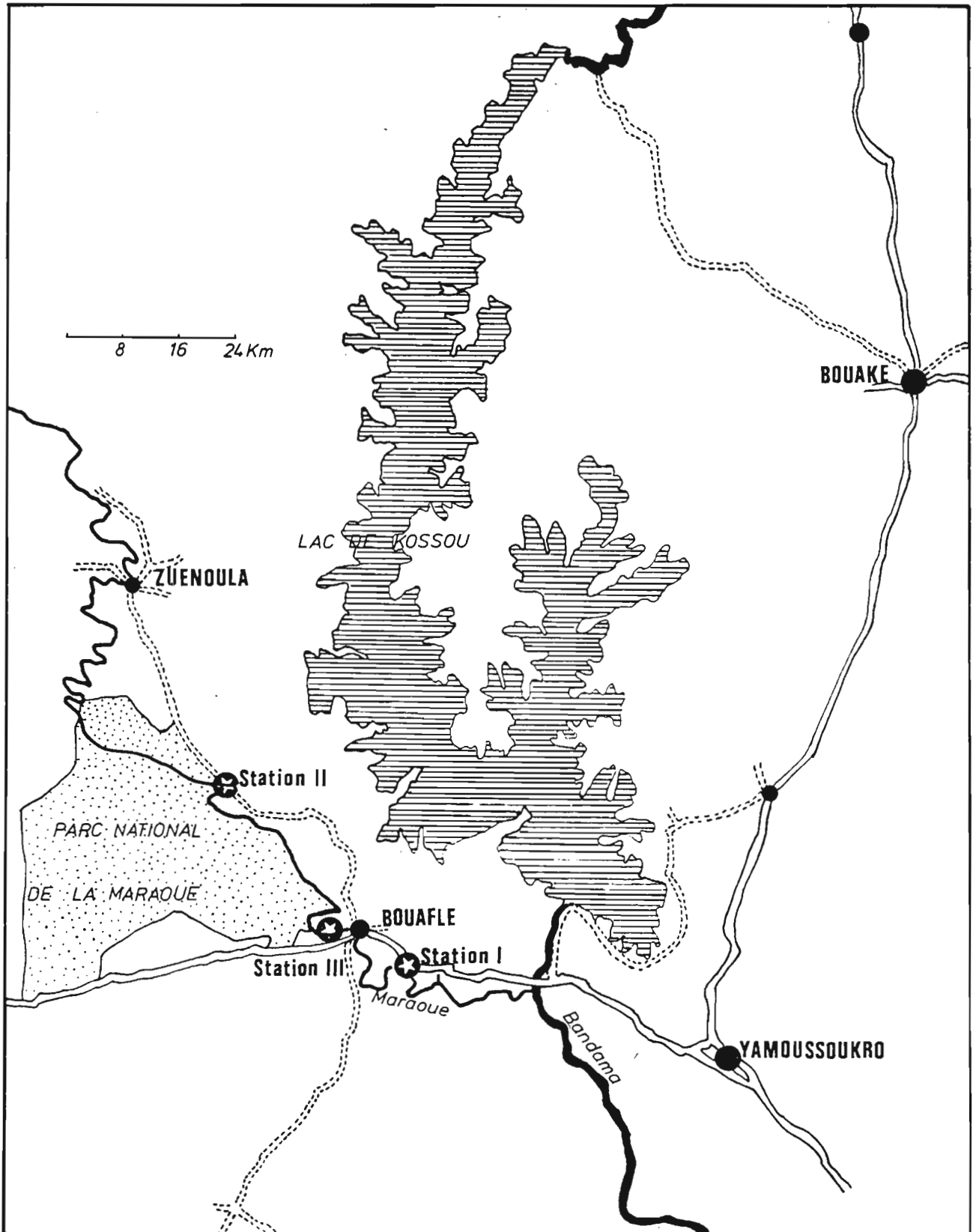


Figure 2.- Localisation sur la Maraoué des trois stations de recherche échantillonnées dans le cadre de l'étude de l'impact du téméphos sur la faune associée à *S. dammosum* s.l.

TABLEAU 1 .

LISTE DES PRINCIPALES ESPECES VEGETALES CONSTITUANT DES SUPPORTS  
REELS OU POTENTIELS POUR LES LARVES DE SIMULIES.

- MORACEES - \* *Ficus asperifolia* Miq.  
*Myrianthus serratus* (Trecul) Benth.
- ASCLEPIADACEES - \* *Kanahia laniflora* (Forsk) R. Br.  
*Oxystelma bornouense* R. Br.
- CESALPINIACEES - *Cynometra megalophylla* Harms.  
*Plagiosiphon emarginatus* (Hutch et Dalz) Léonard.  
*Afzelia africana* Smith.
- PAPILIONACEES - *Pterocarpus santalanoïdes* L'Her.  
*Millettia lanepolei* Dunn.  
*Baphia nitia* Lodd.
- EUPHORBIACEES - *Uapaca heudelot* Baill.  
*Antidesma venosum* Tul.  
*Drypetes floribunda* (Müll. Arg). Hutch.
- RUBIACEES - *Morelia senegalensis* A. Rich.  
*Nauclea latifolia* Sur.  
*Nauclea exuienta* (Afzel ex Sabine)
- LILIACEES - *Gloriosa superba* Linn.
- GRAMINACEES - \* *Chloris robusta* Stapf.
- RHAMNACEES - *Lasiodiscus milolbraedii* Engl.

---

\* Plantes aquatiques ou semi-aquatiques servant fréquemment de substrat d'ancrage pour les Simulies en saison sèche.

## TABLEAU 1 . (SUITE)

- ANONACEES - *Xylopi*a *parviflora* (M. Rich) Benth.
- ROSACEES - *Parinari* *congensis* F. Didr.
- MIMOSACEES - *Arthro*samanea *altissima* (Houla-F.) Gilb et Bout.
- PODOSTEMACEES - *Tristicha* *trifaria* (Bory) Spreng.
- CUCURBITACEES - *Luffa* *aegyptiaca* Mill.

ECHELLE LIMNIMETRIQUE (m)

FIGURE 3 a.

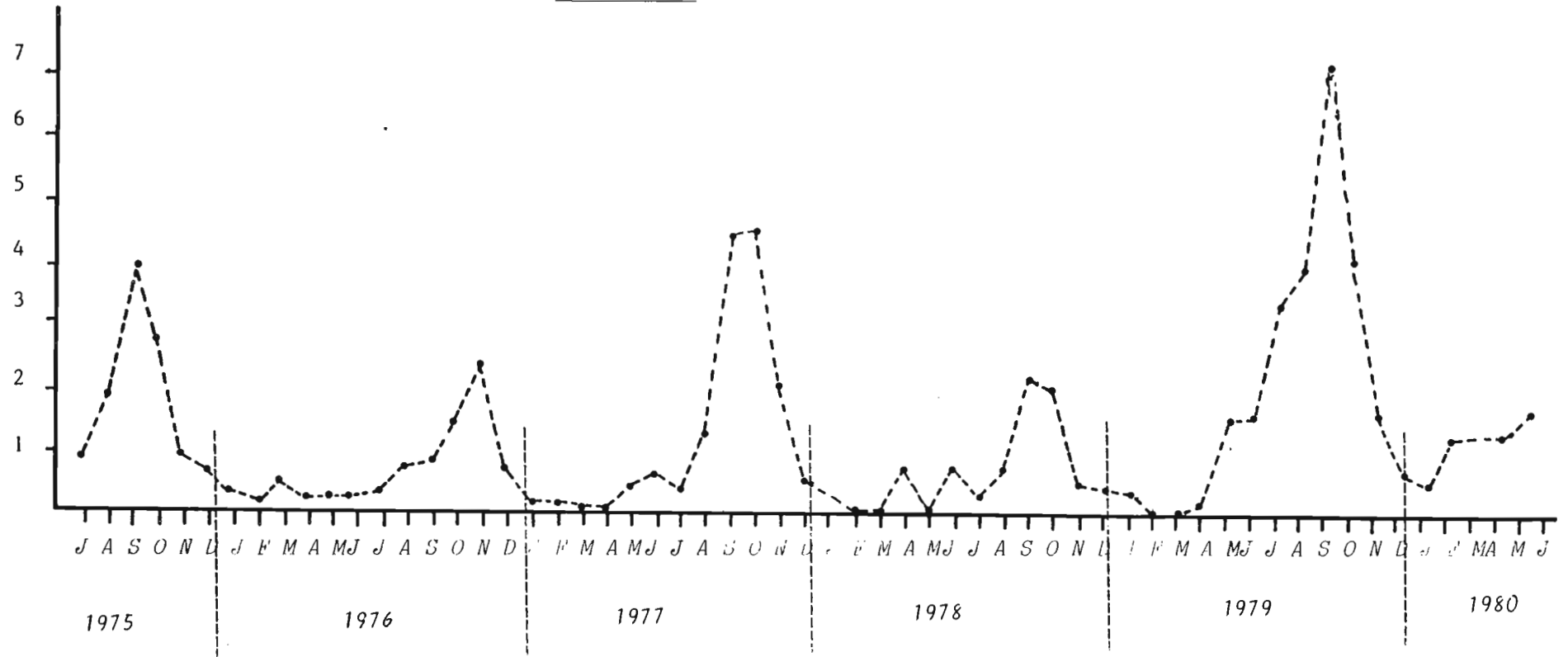


Figure 3 a : Variation du niveau de la Maraoué au niveau de l'échelle limnimétrique de Bouaflé.

Etalonnage du débit de la Maraoué  
à Bouaflé (ORSTOM).

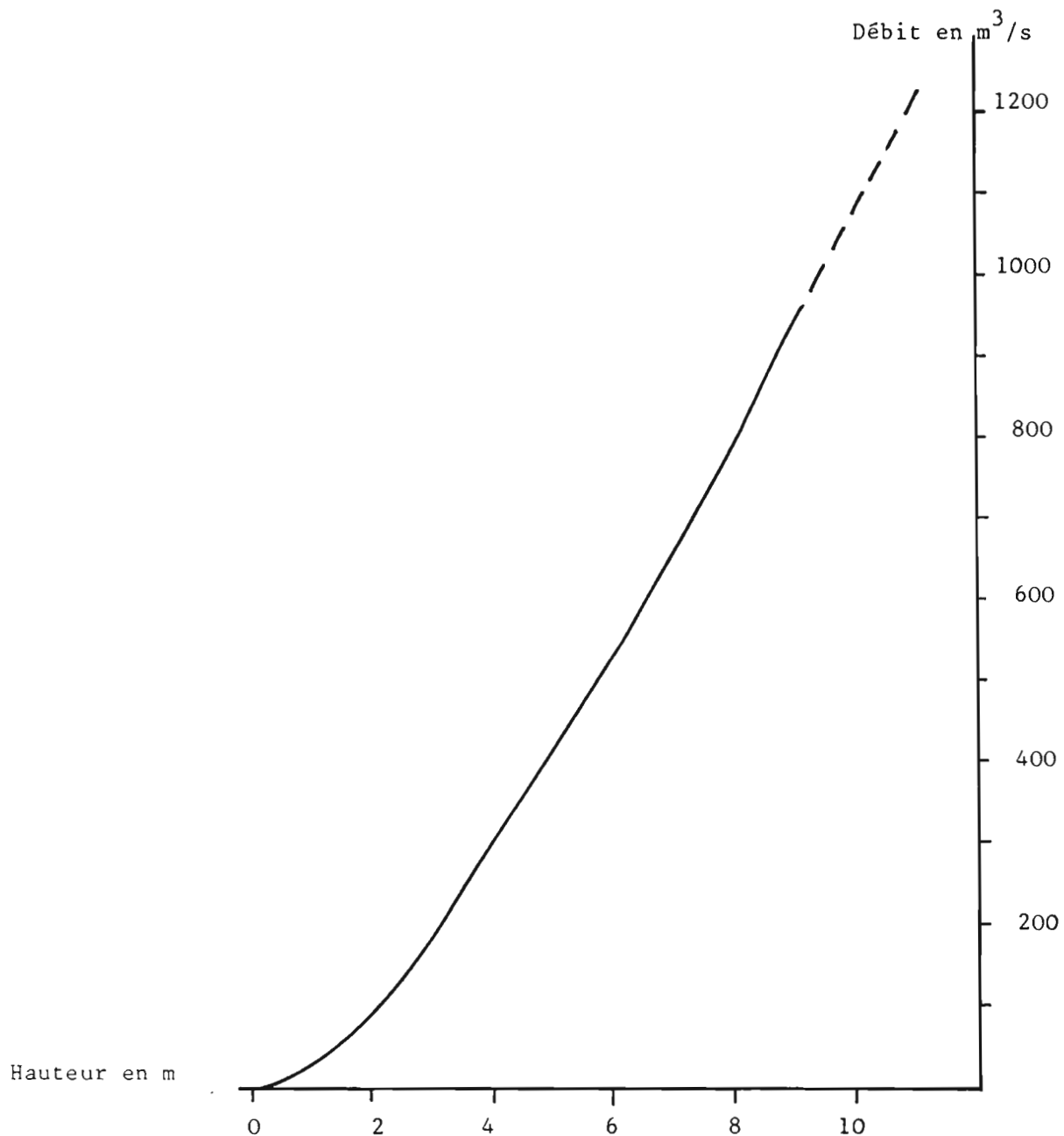
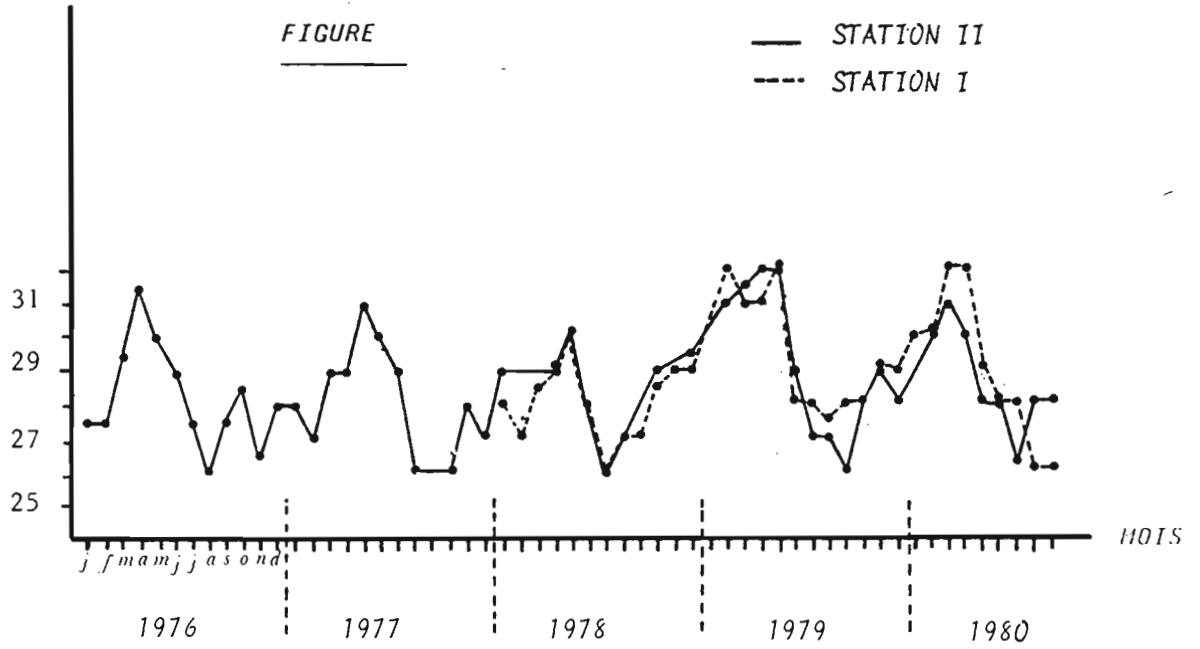


Figure 3 b .- Courbe de tarage hauteur d'eau / débit de la Maraoué  
au niveau du pont routier de Bouaflé.





TEMPERATURE (° C)



TURBIDITE (m)

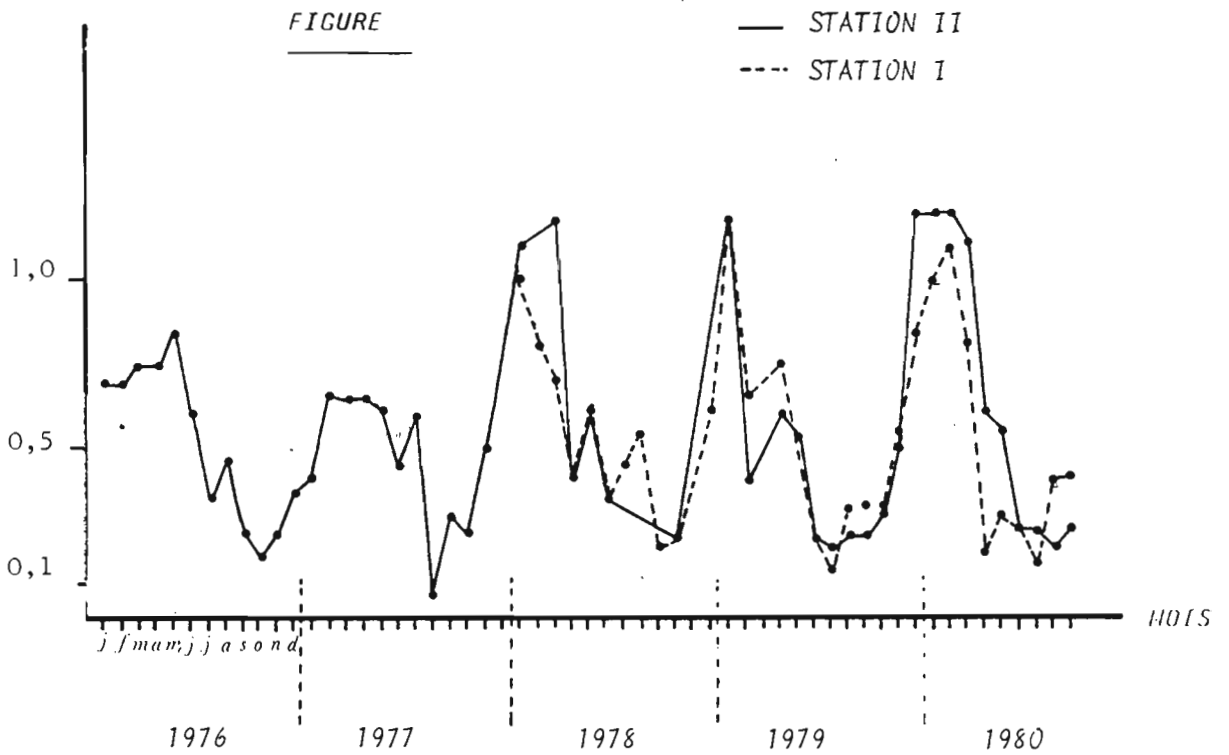


Figure 4.- Evolution de la température de l'eau (en °C) de la Maraoué.

Figure 5.- Evolution de la transparence de l'eau de la Maraoué, mesurée à l'aide d'un disque de Secchi.

TABLEAU 2 .

Localisation ,début des traitements et début de l'échantillonnage sur les stations étudiées dans le cadre du programme de surveillance des rivières traitées au téméphos .

Bassin	Station	Rivière	Début de la Surveillance	Début des Traitements	Existence de données pré-traitement.
Niger	Bagoé	Bagoé	juin 1975	avril 1977	+
Comoé	Léraba	Léraba	avril 1975	décembre 1974	-
	Gansé	Comoé	avril 1975	décembre 1974	-
Bandama	Niakaramandougou	Bandama	avril 1975	décembre 1974	-
	Timbé	N'Zi	avril 1975	décembre 1974	-
	Danangoro	Maraoué	juin 1975	mars 1979	+
	Entomokro	Maraoué	janvier 1978	mars 1979	+
Sassandra	Sémien	Sassandra	Novembre 1977	juillet 1978	+



FIGURE 7.

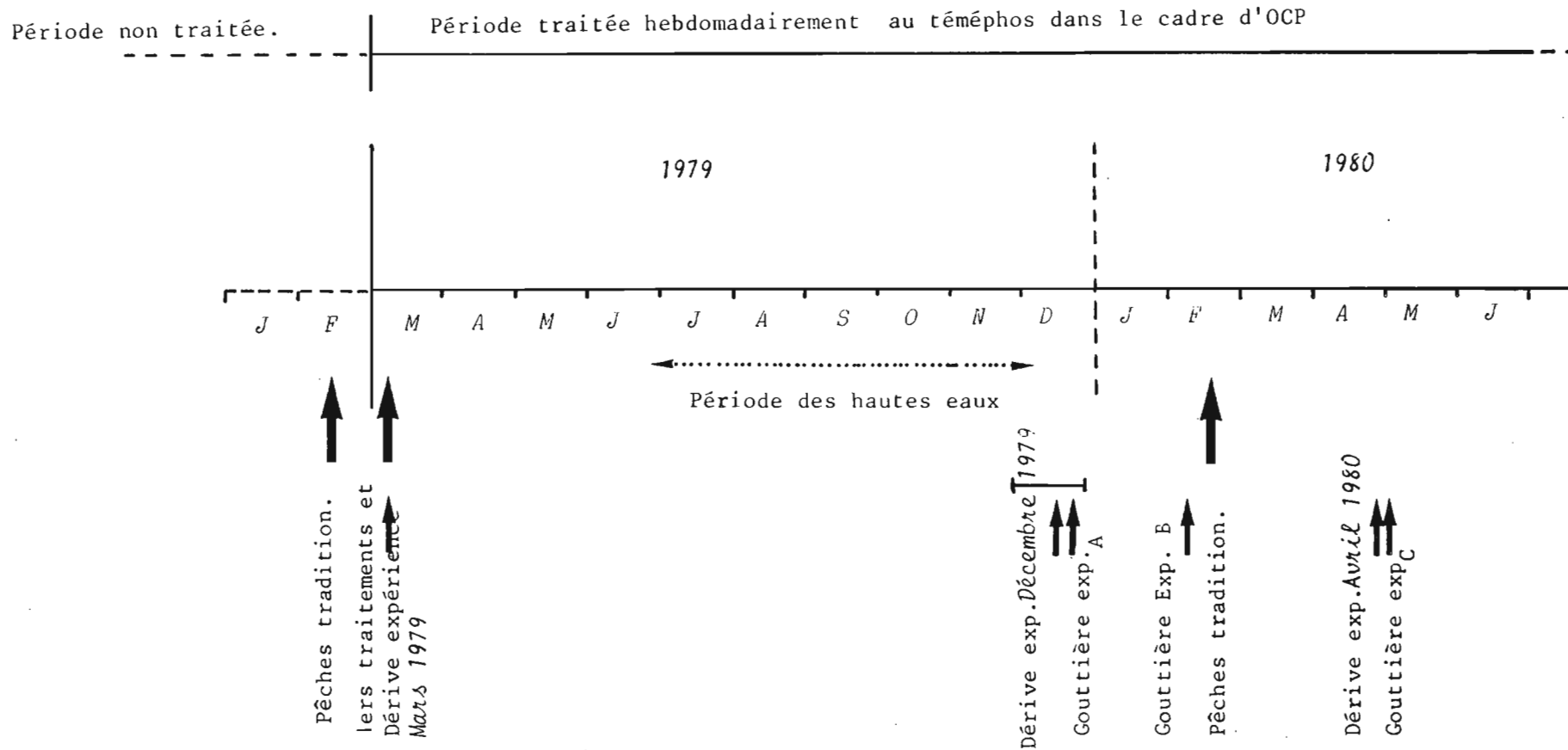


Figure 7.- Calendrier des expériences réalisées sur la basse Maraoué. Du point de vue traitement aux insecticides rappelons que la basse Maraoué a été traitée expérimentalement au téméphos durant trois mois de l'été 1978. En dehors de cette expérience, cette rivière a été exempte de traitements réalisés par OCP jusqu'en 1979. Cependant tous les ans au mois de février, les autochtones riverains pratiquent des empoisonnements systématiques au moyen d'ichtyotoxiques végétaux (*Tephrosia vogelii*; ELOUARD, 1982). La station III a été polluée à la deltaméthrin en janvier 1979 lors d'essais de traitements de la galerie forestière dans le cadre de la lutte anti-glossine. Il y a eu un fort surdosage lors des premiers traitements de cette rivière, au téméphos, en mars 1979. Il y a probablement eu sous-dosage en fin novembre et en décembre 1979 lors des épandages de routine effectués par OCP.

TABLEAU 3 .

Résumé des conditions expérimentales observées lors des études de l'impact du téméphos sur la dérive de la faune entomique aquatique.

	mars 1979	décembre 1979	avril 1979
Station	I	I	III
Durée prélèvement	300 s	60 s	60 s
Vitesse du courant	0,37 m/s	0,83 m/s	0,70 m/s
Section du filet	0,0021 m <sup>2</sup>	0,0225 m <sup>2</sup>	0,0225 m <sup>2</sup>
Volume filtré	1,7 m <sup>3</sup>	1,10 m <sup>3</sup>	0,95 m <sup>3</sup>
Température	31 °C	29 °C	32 °C
Echelle de crue	-0,10 m	1,61 m	2,23 m
Turbidité	0,40 m	0,35 m	0,80 m
Heure du traitement	15h30	12h05	15h14

FIGURE 8.

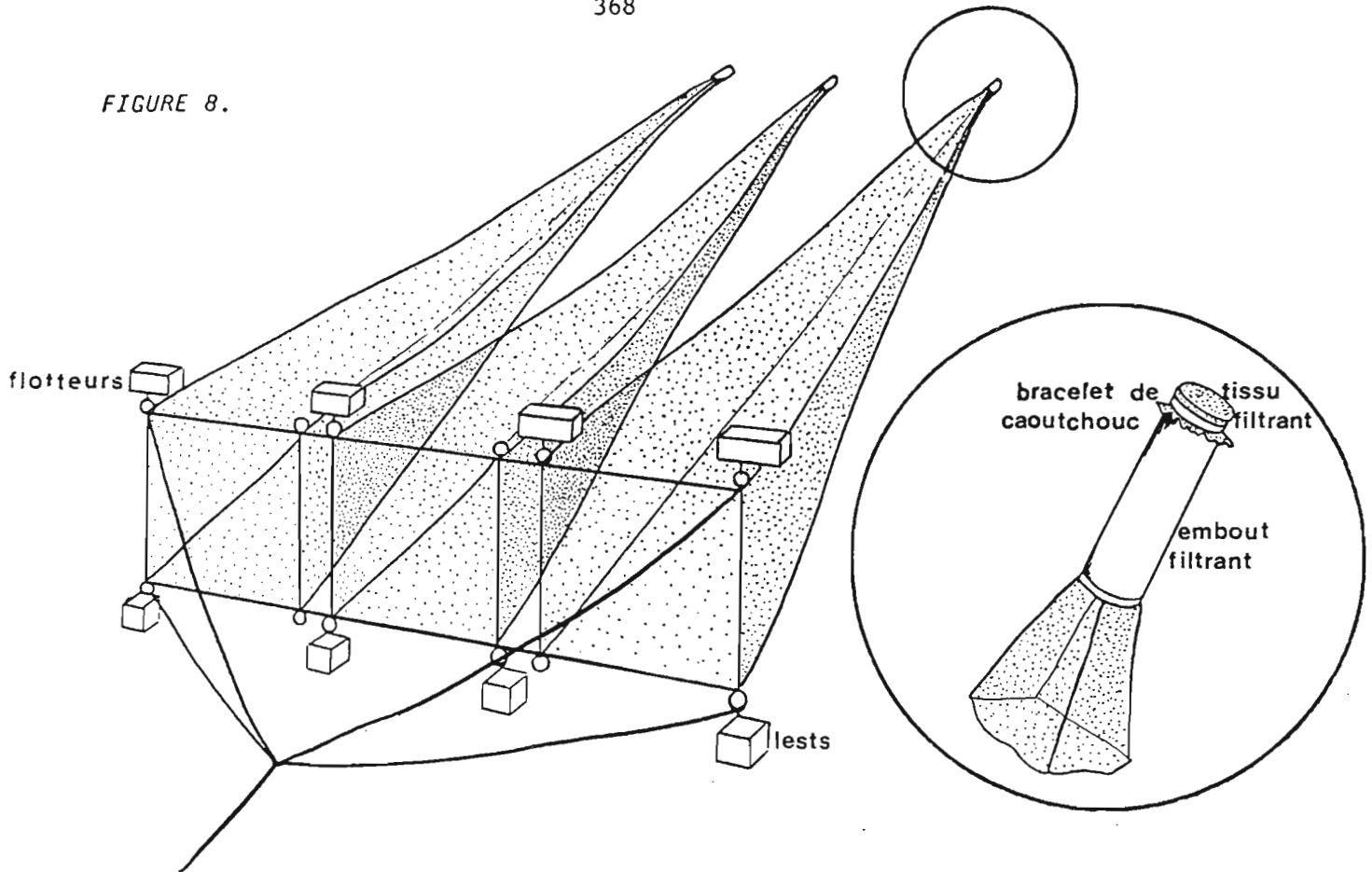


Figure 8.- Schéma du filet triple utilisé pour prélever la faune dérivante.

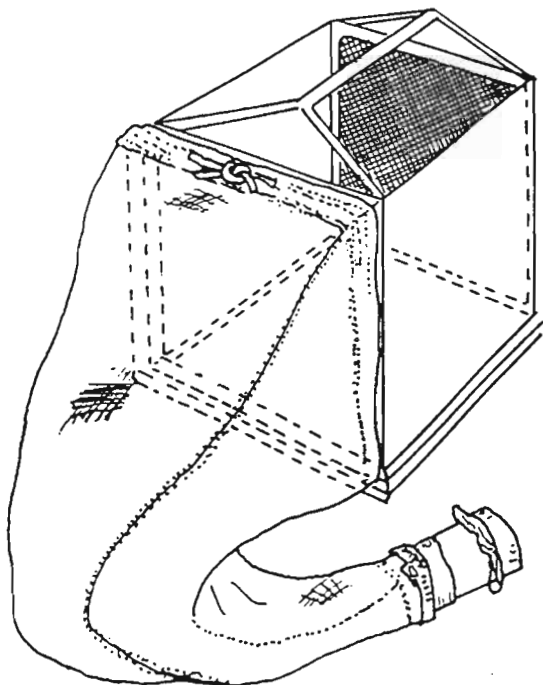


FIGURE 9.

Figure 9. .- Schéma de l'échantillonneur de Surber utilisé dans la récolte de la faune saxicole.

FIGURE 11.

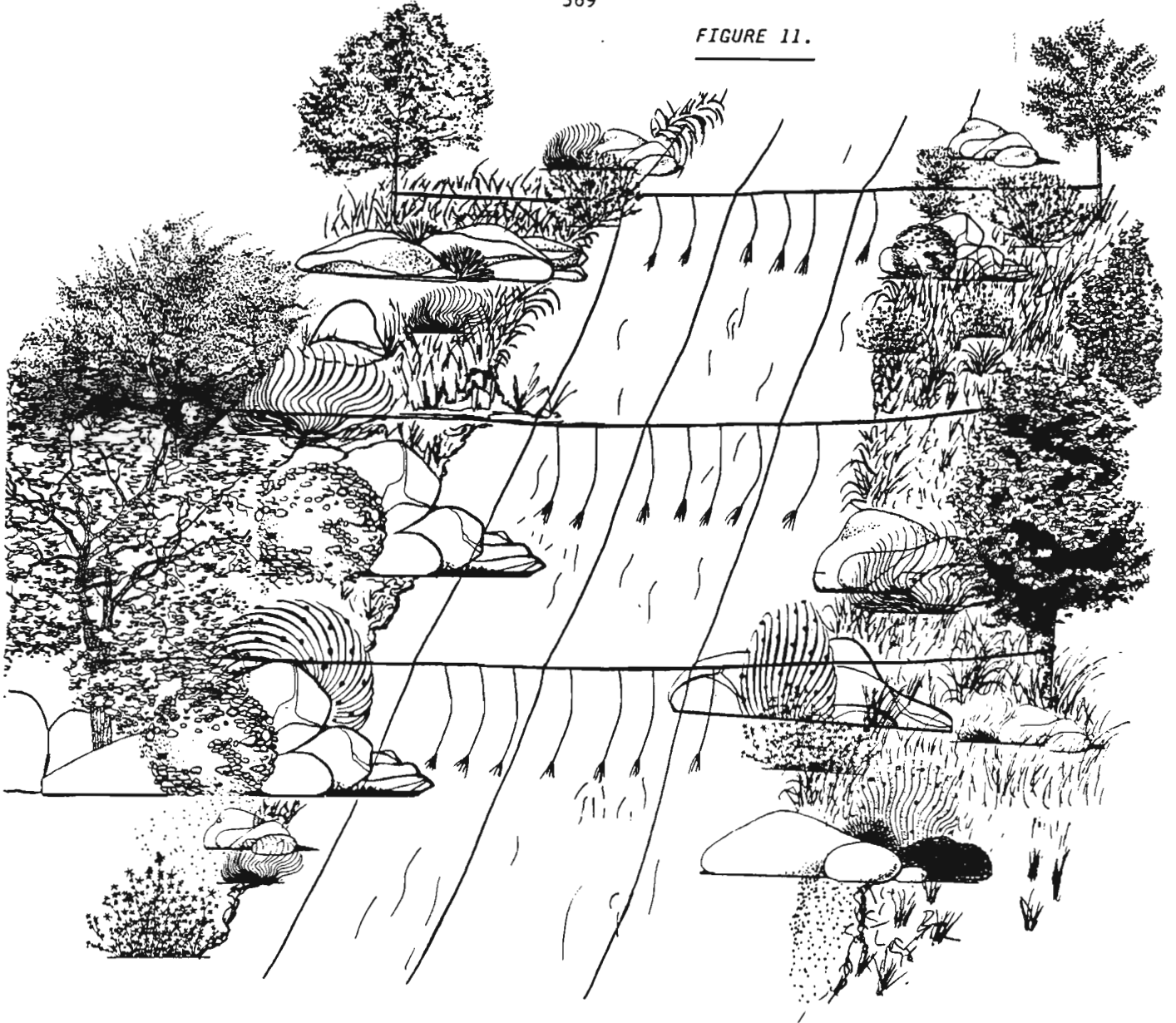


Figure 11.- Etude de la distribution des Insectes lotiques sur un bief de la Maraoué. Représentations de l'installation des substrats artificiels de type balai.

FIGURE 10.

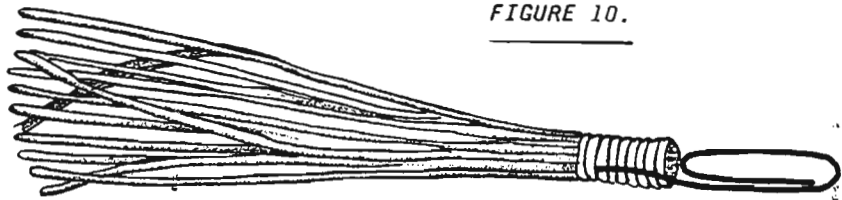


Figure 10.- Schéma d'un substrat artificiel de type balai.

FIGURE 12.

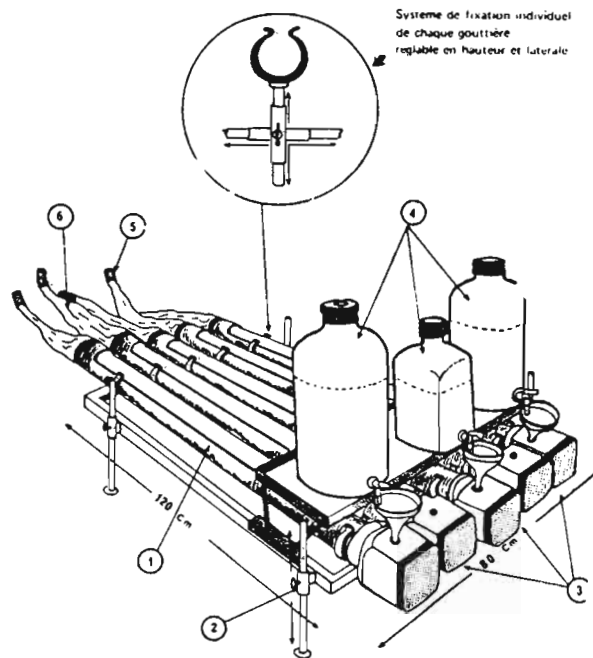


FIG.12 — Schéma de l'appareil à gouttières multiples. 1 : Corps des gouttières (partie expérimentale où sont disposés les substrats naturels); 2 : Système de support permettant le réglage en hauteur de l'ensemble du bâti; 3 : Tamis d'arrêt de la dérive naturelle avec dispositif d'accélération du courant; 4 : Réservoirs contenant les solutions de pesticide; 5 : Collecteurs; 6 : Filets de récolte de la dérive des organismes de gouttières.



STATION I - Février 1980 Expérience B.

	18				19				20				21				dates			
	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	heures
A1	_____																C=0 ppm : témoin			
B1	_____																C=0,025 ppm			
C1	_____																C=0,05 ppm			
D1	_____																C=0,1 ppm			
E1	_____																témoin + épandage en condition de programme de lutte anti-simulie			

STATION III - Avril 1980. Expérience C.

	18				19				20				21				dates				
	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	14	16	heures
A2	_____																témoin + épandage en condition de programme				
B2	_____																épandage en condition de programme				
C2	_____																C = 0,025 ppm				
D2	_____																C = 0,05 ppm				
E2	_____																C = 0,2 ppm				

' = heure du traitement au téméphos

Figure 13 - Schématisation du déroulement des expériences en gouttières multiples réalisées sur les station I et III en 1980.



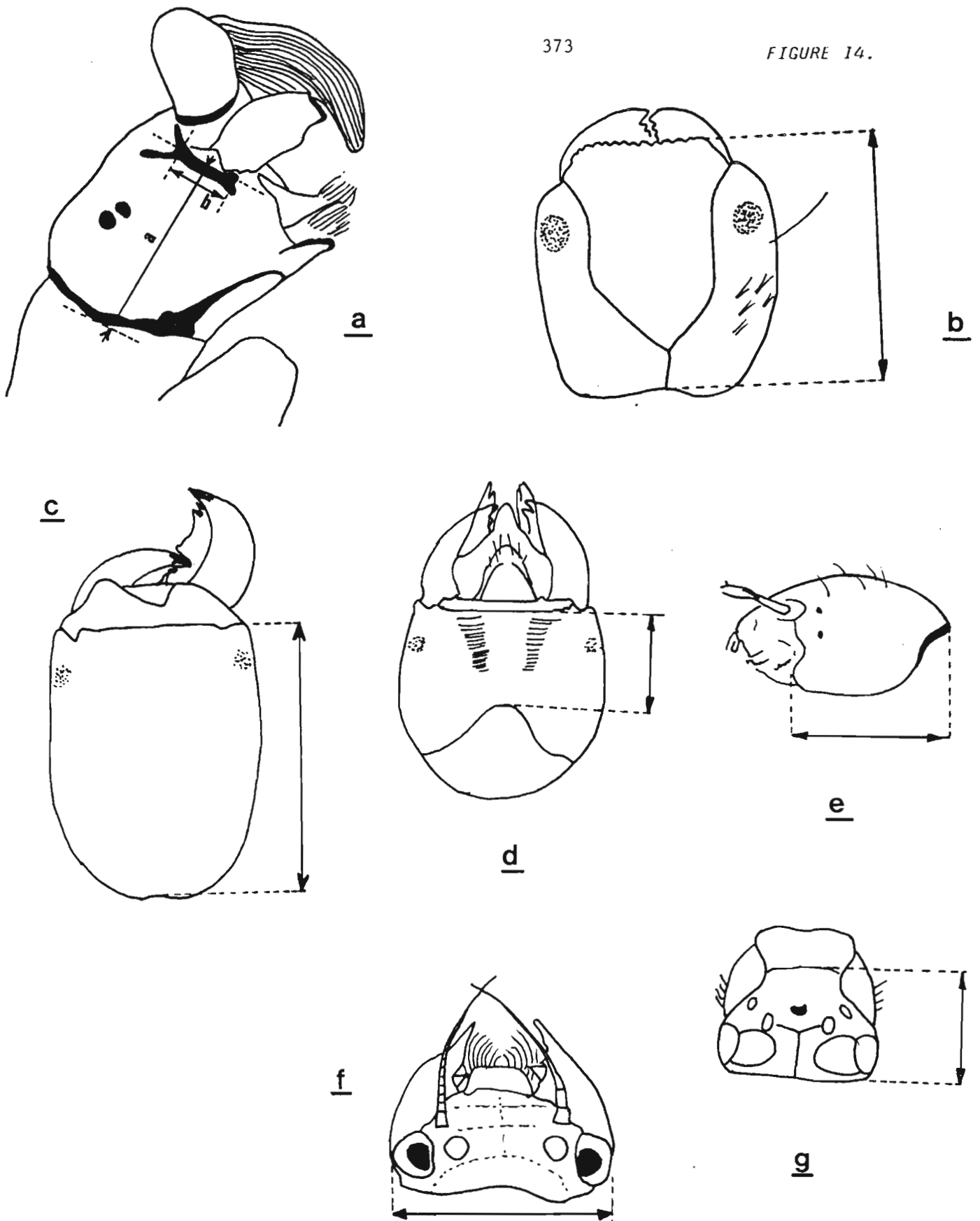


Figure 14.- Paramètres retenus dans les études biométriques, pour séparer les stades larvaires . a : *Simulies*; b : *Cheumatopsyche*; c : *Chimarra*; d : *Macronema* et *Amphipsyche*; e : *Chironomidae*; f : *Tricorythus* et *Caenidae*; g : *Baetidae* .

TABLEAU 4 .

Limites des classes de tailles (en microns) du paramètre  $\bar{a}$  de la postgena des larves de Simulies. Les classes de taille ont été assimilées aux stades larvaires pour connaître la structure d'âge des populations.

Stades	I	II	III	IV	V	VI	VII	
<i>S. damnosum</i>	57,1	82,1	117,8	189,2	260,6	339,1	410,6	549,8
<i>S. adersi</i>	28,6	46,4	67,8	117,8	189,2	274,9	342,7	442,7
<i>S. tridens</i>	35,7	60,7	82,1	103,5	189,2	267,8	339,2	428,4
<i>S. unicornutum</i>	35,7	53,6	96,4	125,0	189,2	246,3	317,7	430,4
<i>S. schoutedeni</i>	24,3	50,2	74,9	110,7	160,7	217,8	274,9	364,1

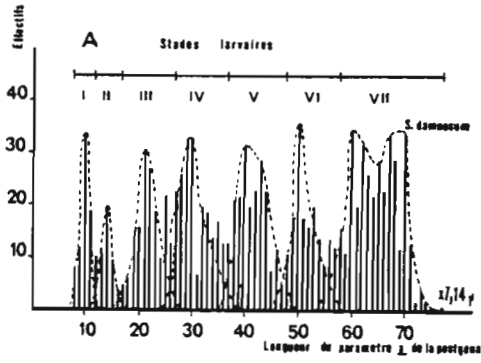


Fig. 15. Histogramme des fréquences d'abondance pour les différentes valeurs du paramètre  $a$  de la postgena chez *S. damnosum*.

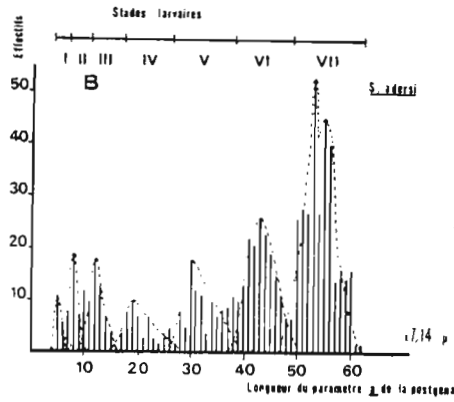


Fig. 16. Histogramme des fréquences d'abondance pour les différentes valeurs du paramètre  $a$  de la postgena chez *S. adersi*.

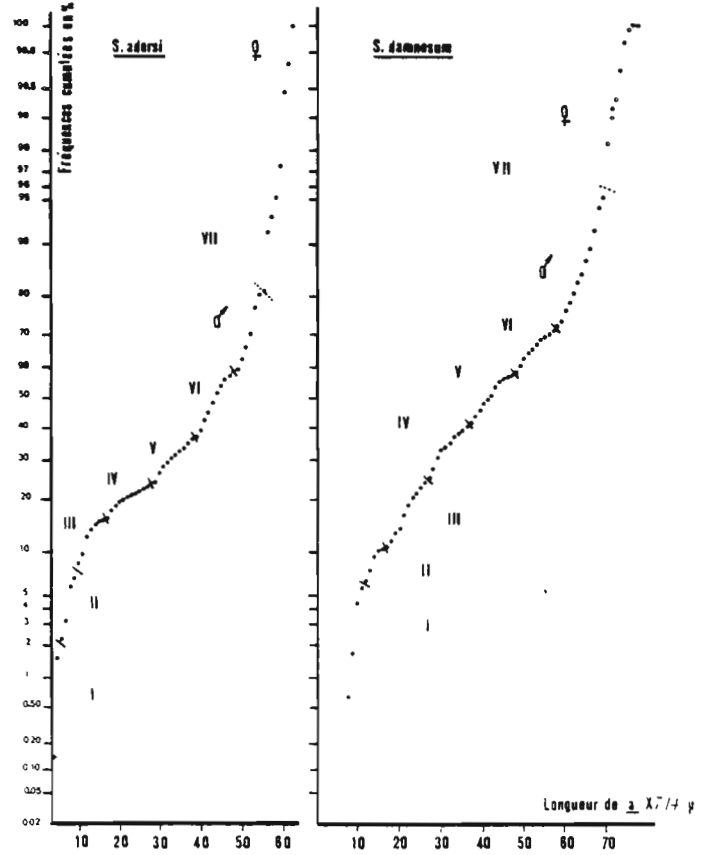


Fig. 17. Diagrammes probits des fréquences cumulées des valeurs du paramètre  $a$  chez *S. damnosum* et *S. adersi*.

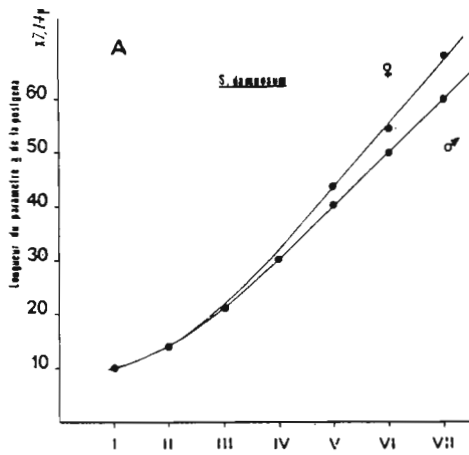


Fig. 18a. Courbes de croissance du paramètre  $a$  de la postgena établies à partir du mode principal de chaque stade larvaire de *S. damnosum*.

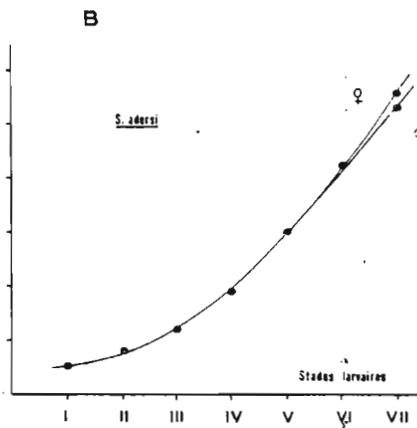


Fig. 18b. Courbes de croissance du paramètre  $a$  de la postgena établies à partir du mode principal de chaque stade larvaire de *S. adersi*.

TABLEAU 5 .

Limites des classes de taille de la longueur (en micron) de la postgena des larves de Chironomides.  
Les classes de taille ont été assimilées aux stades larvaires.

Taxons	Classes	I	II	III	IV	
<i>Polypedilum deletum</i>		34,0	70,0	120,5	210,8	374,0
<i>Cricotopus quadrifasciatus</i>		42,1	90,5	141,1	270,3	418,0
<i>Tanytarsus</i>		27,2	61,0	88,4	132,6	204,0
<i>Nanocladius</i>		38,6	73,1	117,3	195,5	342
<i>Ablabesmyia pictipes</i>		33,4	69,7	110,5	187,0	355,2

FIGURE 19.

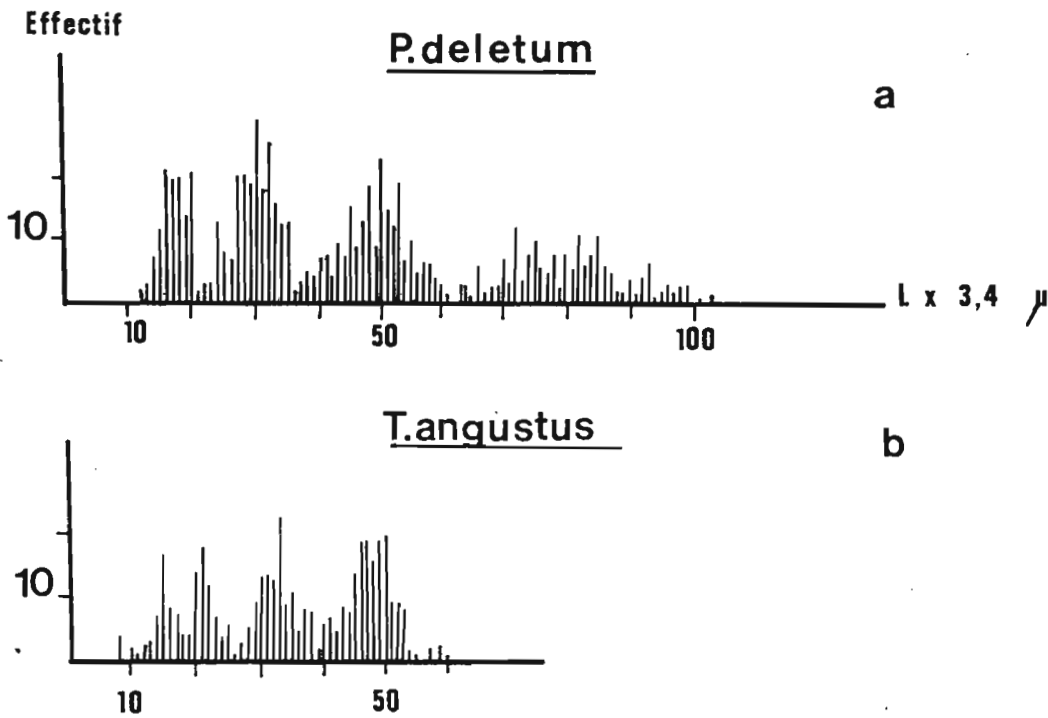


Figure 19.-Histogramme des fréquences d'abondance des longueurs de la capsule céphalique chez les Chironomidae.

a : *Polypedilum deletum*; b : *Tanytarsus* sp.

Figure 20.- Histogrammes des fréquences d'abondance des longueurs de la capsule céphalique des *Cheumatopsyches*. a : *C. digitata* ;  
b : *C. falcifera* ; c : Evolution de la longueur de la capsule céphalique en fonction du stade larvaire.



FIGURE 20.

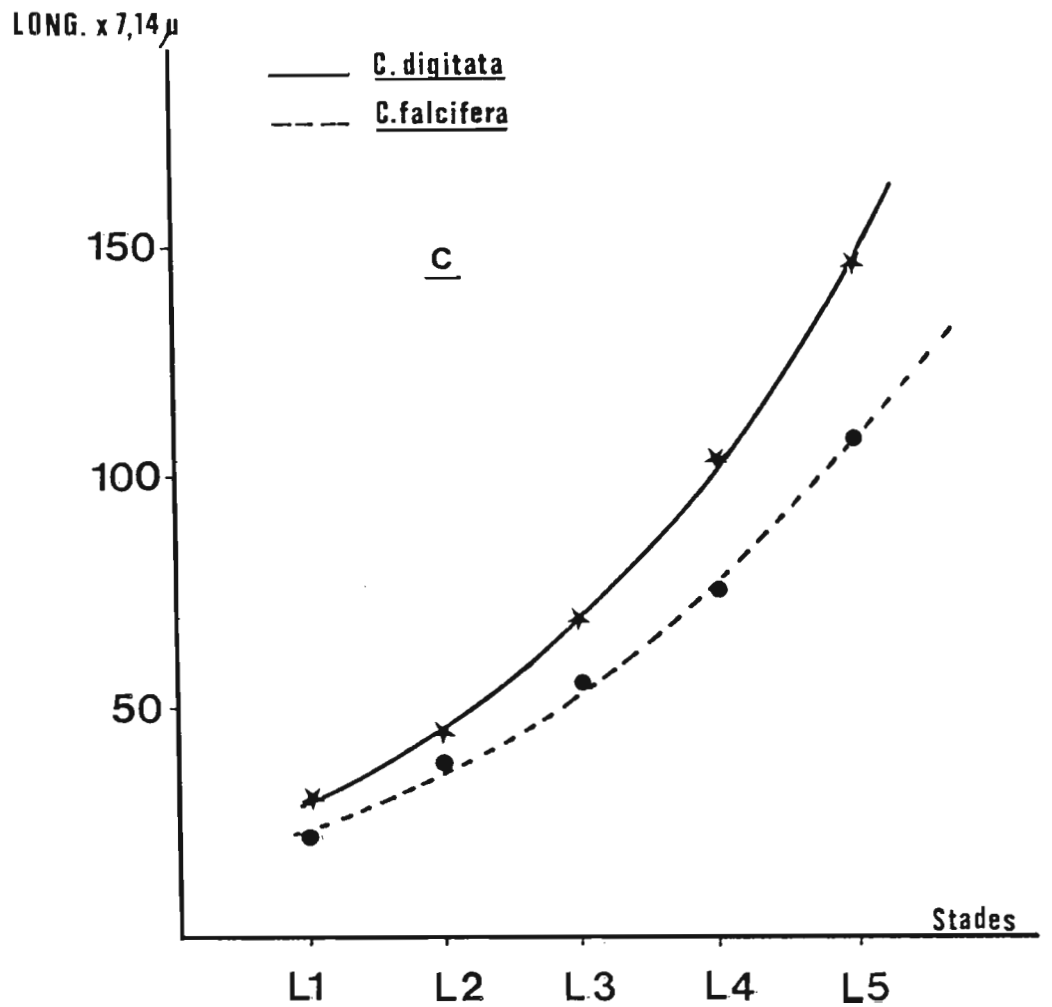
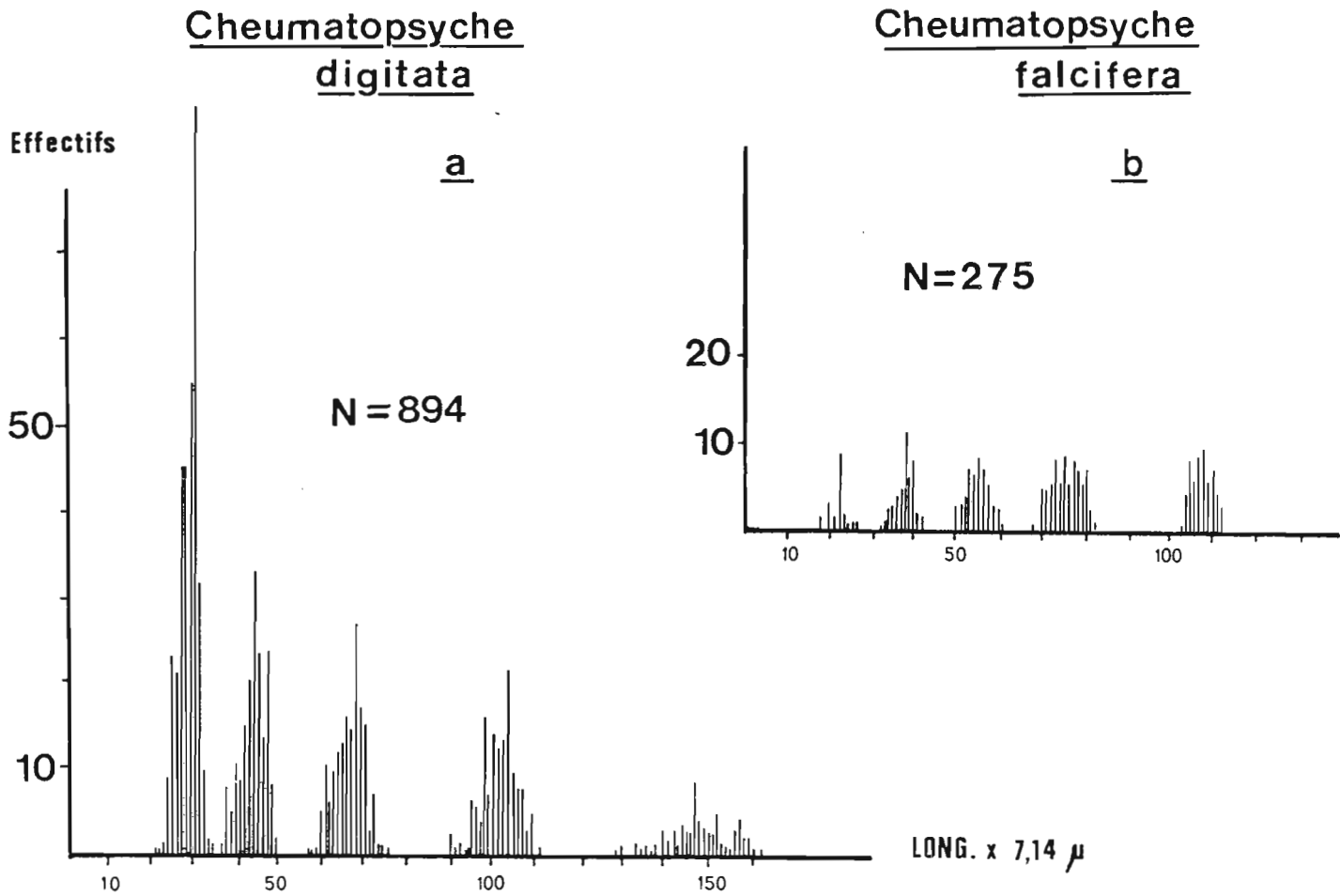


FIGURE 20.

TABLEAU 6 .

Limites des classes de taille de la longueur (en microns) de la capsule céphalique des Trichoptères et des Ephéméroptères. Pour les Trichoptères, les stades larvaires correspondent aux classes de taille. Pour les Ephéméroptères, le découpage a été réalisé arbitrairement.

	I	II	III	IV	V	
<i>Cheumatopsyche digitata</i>	157,1	249,9	371,5	585,5	856,8	1142,4
<i>Cheumatopsyche falcifera</i>	128,5	214,2	328,4	464,1	656,8	821,1
<i>Amphipsyche senegalense</i>	280,0	542,1	942,9	1461,4	2050,7	2710,7
<i>Aethaloptera dispar</i>	0	577,5	1048,9	1661,8	2368,9	3300,0
<i>Chimarra petri</i>	0	553,9	766,1	1237,5	2015,4	4007,4
<i>Pseudocloeon bertrandi</i>	0	75,0	146,4	210,6	303,4	622,0

FIGURE 21.

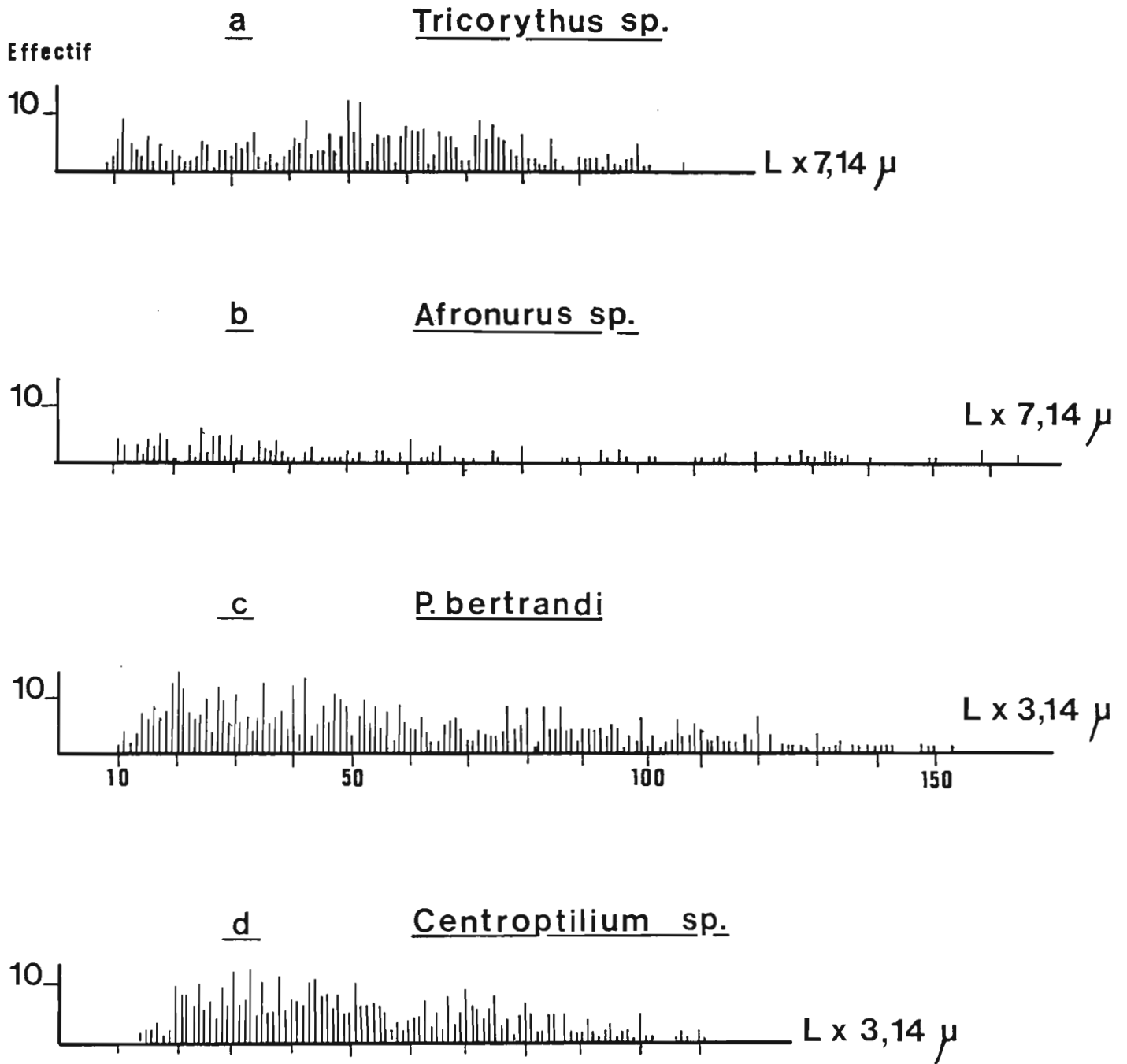


Figure 21 .- Histogrammes des fréquences d'abondance des largeurs de la capsule céphalique (a : *Tricorythus sp.* 1; b : *Afronurus sp.*) ou des longueurs (c : *Pseudocloeon bertrandi*; d : *Centroptilium sp.* 4).



DEUXIEME PARTIE

-----

ASSOCIATIONS ENTRE S.DAMNOSUM S.L. ET

LA FAUNE LOTIQUE

-----

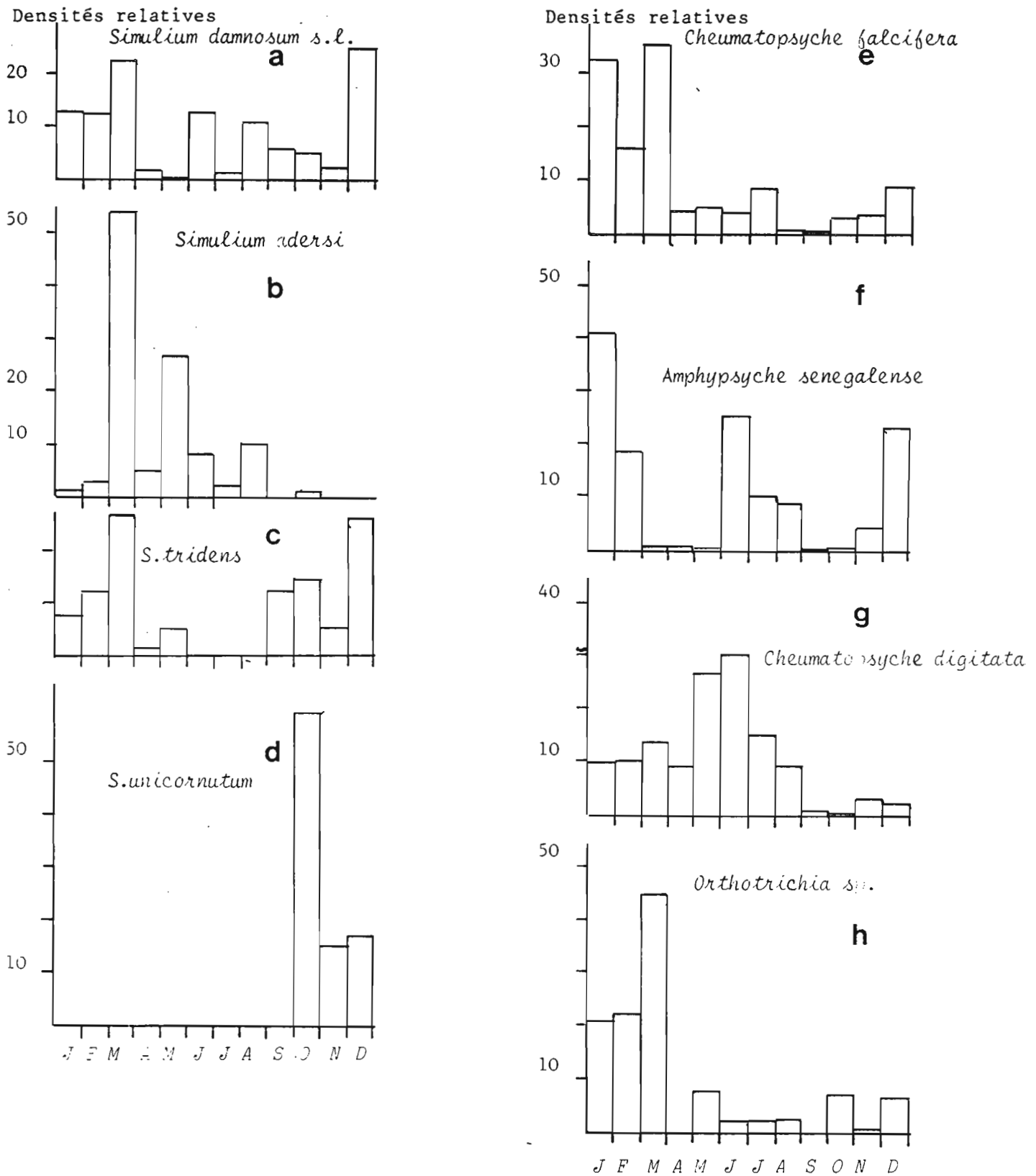
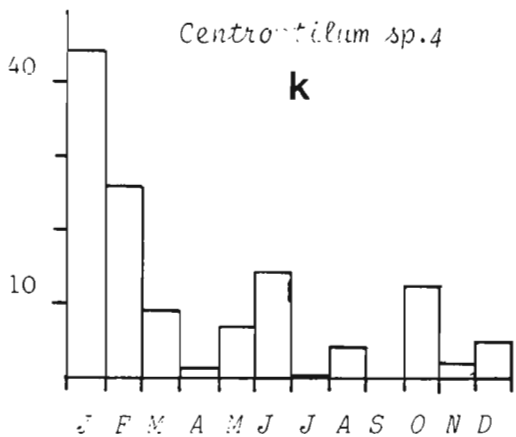
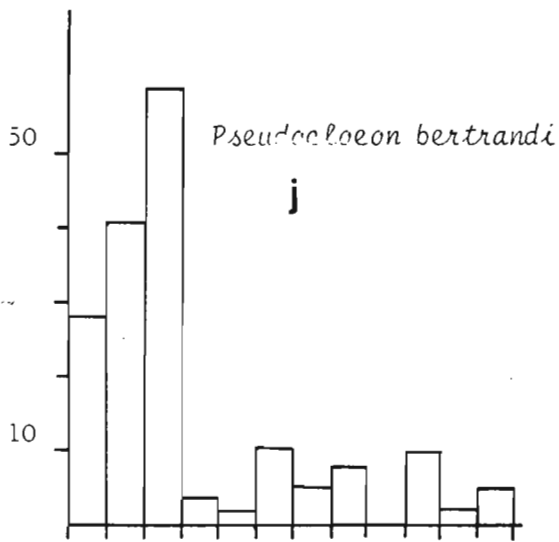
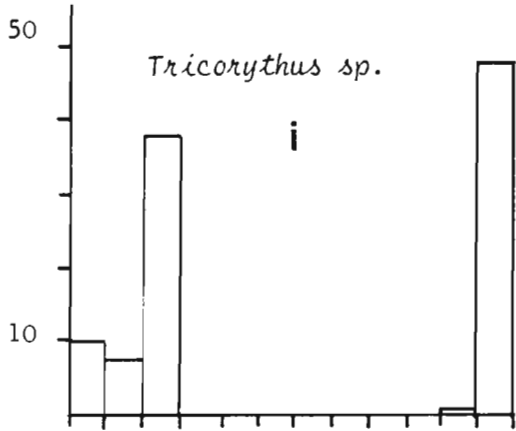


Figure 22 .- Histogrammes des densités relatives annuelles des populations des Insectes lotiques peuplant les biefs de la Maraoué.

a : *Simulium damnosum s.l.*; b : *S. adersi*; c : *S. tridens*;  
 d : *S. unicornutum*; e : *Cheumatopsyche falcifera*; f : *Amphipsyche senegalense*;  
 g : *C. digitata*; h : *Orthotrichia sp.*

Densités relatives



Densités relatives

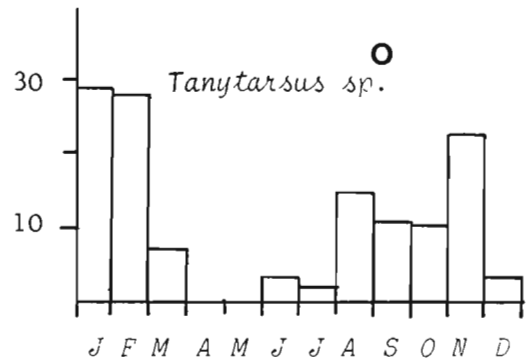
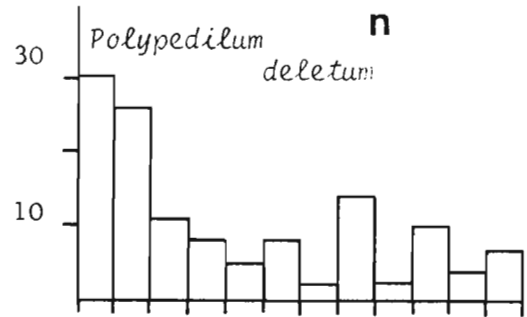
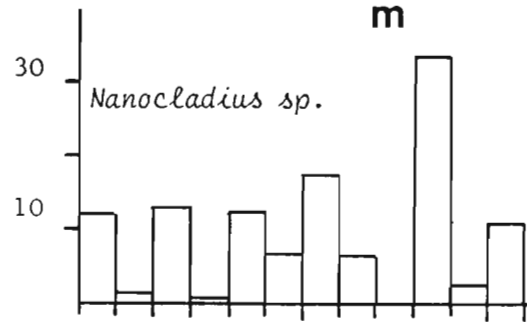
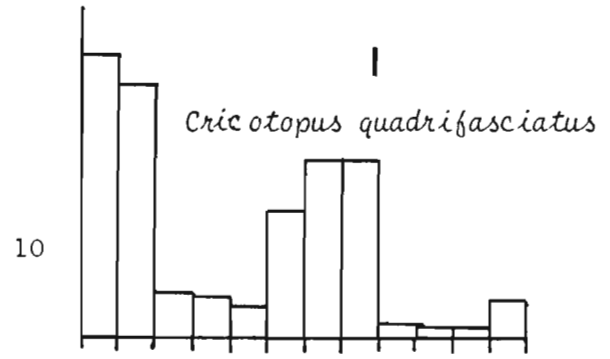
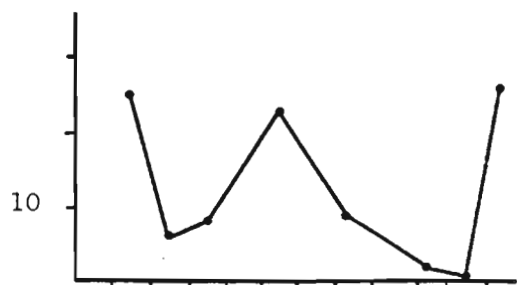


Figure 22 suite .- Histogrammes des densités relatives annuelles des populations des Insectes lotiques peuplant les biefs de la Maraoué.

i : *Tricorythus* sp.; j : *Pseudocloeon bertrandi*; k : *Centroptilum* sp.4.;  
 l : *Cricotopus quadrifasciatus*; m : *Nanocladius* sp; n : *Polypedilum deletum*;  
 o : *Tanytarsus* sp.

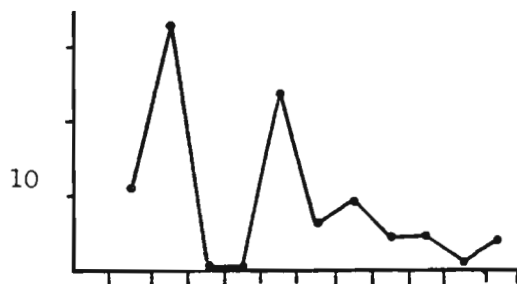
FIGURE 23.



*Simulium damnosum s.l.*

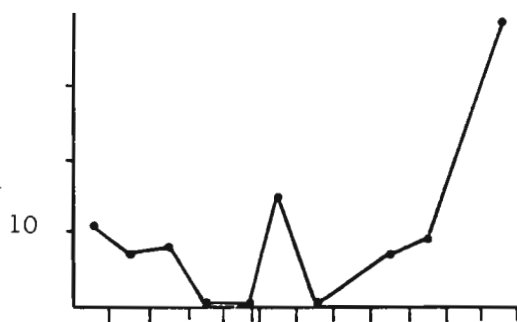
TYPE I

*Feuilles de Ficus*



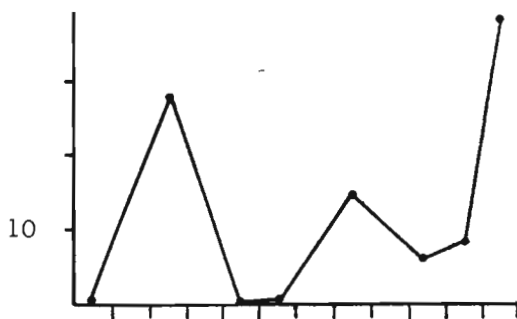
TYPE II

*Feuilles de Chloris*



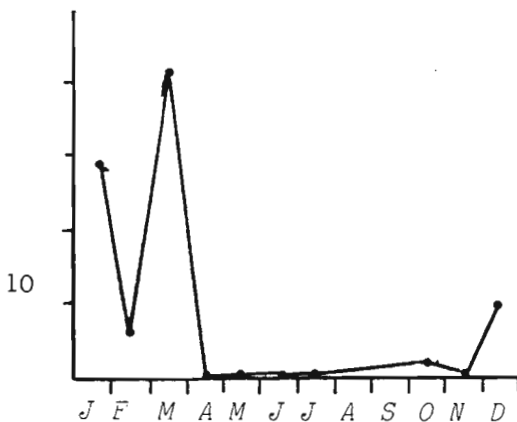
TYPE III

*Tiges de Ficus*



TYPE IV

*Tiges de Chloris*



TYPE VII

*Rochers*

Figure 23.- Evolution annuelle des densités relatives de *S. damnosum s.l.* sur les principaux types de substrats naturels. I : Feuilles de *Ficus* ; II : Feuilles de *Chloris* ; III : Tiges de *Ficus* ; IV : Tiges de *Chloris* ; VII : Rochers.

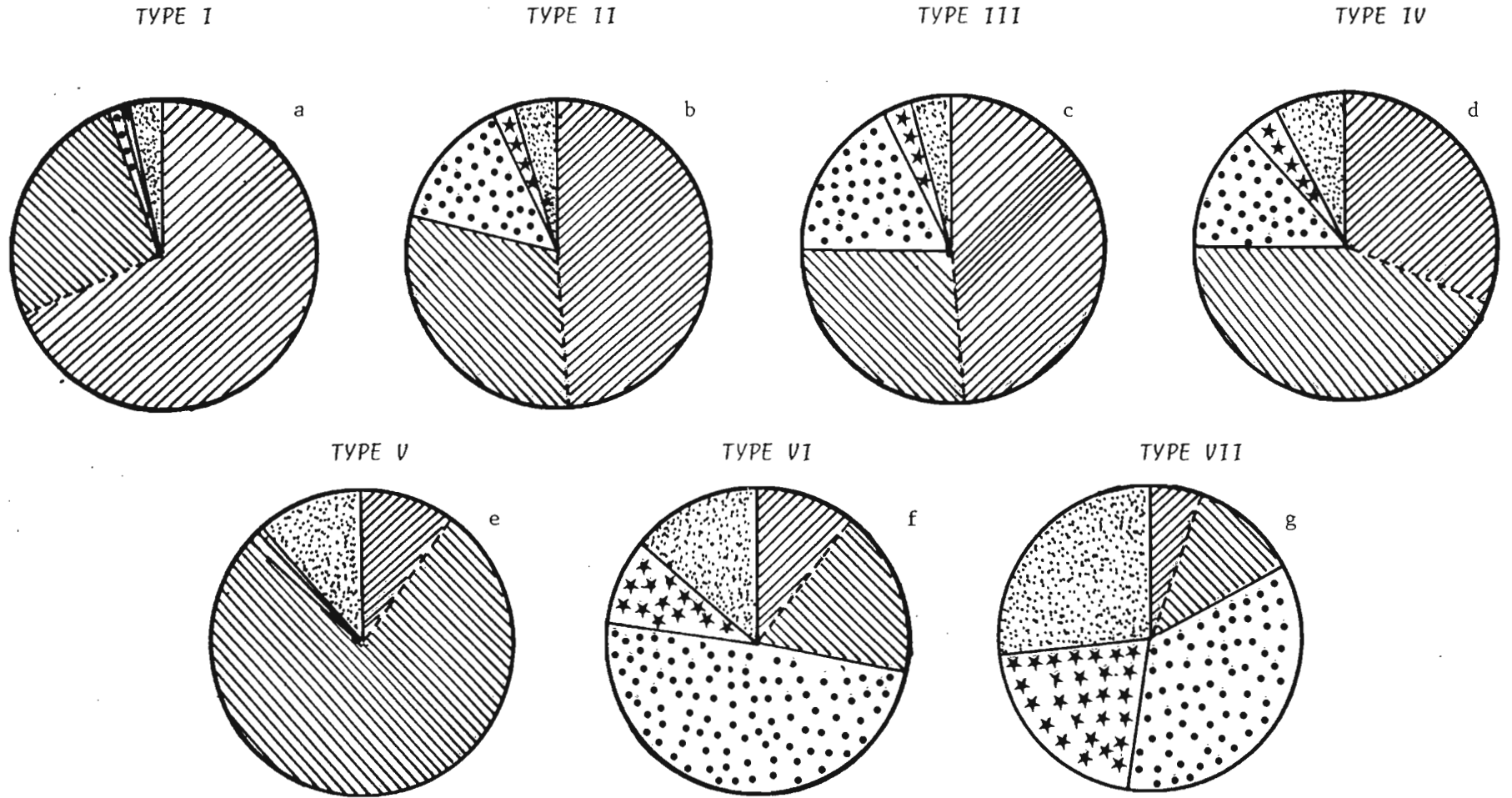


Tableau 7.- Périodes de densités maximales des principales espèces associées aux stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l.

TAXONS	Décrue	Etiage	Remontée	Hautes eaux
<i>S. damnosum</i> s.l.	+	+	+	+
<i>S. adersi</i>		+		
<i>S. tridens</i>	+	+		
<i>S. unicornutum</i>				+
<i>C. falcifera</i>		+		
<i>C. digitata</i>			+	
<i>A. senegalense</i>	+		+	
<i>Orthotrichia</i> sp.		+		
<i>Tricorythus</i> sp.1	+			
<i>P. bertrandi</i>		+		
<i>Centroptilum</i> sp.	+			
<i>C. quadri-fasciatus</i>	+		+	
<i>Nanocladius</i> sp.				+
<i>P. deletum</i>			+	
<i>Tanytarsus</i> sp.	+		+	

Tableau 8.- Moyennes annuelles de l'abondance relative des taxons associés à *S.damnosum* s.l. sur les principaux types de substrats naturels de la Maraoué :  
 I = feuilles de *Ficus* , II = feuilles de *Chloris*, III = tiges de *Ficus*, IV = tiges de *Chloris*, V = racines de *Ficus* , VI = feuilles immobilisées,  
 VII = rochers.

TAXONS	I		II		III		IV		V		VI		VII	
	X	%	X	%	X	%	X	%	X	%	X	%	X	%
<i>S.damnosum</i>	326,4	24,8	121,2	49,0	120,3	48,3	49,4	31,0	26,0	9,8	15,4	10,3	38,1	5,6
<i>S.adersi</i>	29,9	7,8	60,5	24,4	51,1	20,7	36,9	23,2	74,6	70,4	43,1	29,0	55,5	8,6
<i>S.tridens</i>	4,6	1,2	11,3	4,6	13,5	5,5	28,5	17,9	7,0	6,6	24,2	9,5	15,8	8,3
<i>S.unicornutum</i>	2,4	0,6	2,3	0,9	0,4	0,8	4,6	2,9	0,6	0,6	0,1	0,1	1,0	0,2
<i>C.falciifera</i>	3,5	0,9	17,3	7,0	14,0	5,7	6,5	4,1	-	-	18,0	12,1	143,8	21,2
<i>A.senegalense</i>	0,04	0,01	1,5	1,8	4,4	1,8	2,4	1,5	0,2	0,2	2,7	1,8	41,4	6,1
<i>C.digitata</i>	1,3	0,3	13,2	5,3	24,5	9,9	12,3	7,7	0,8	0,8	20,5	13,8	53,3	7,8
<i>Orthotrichia</i> sp.	0,1	0,02	0,9	0,3	0,6	0,2	0,8	0,5	-	-	5,0	0,7	3,1	0,5
<i>Tricorythus</i> sp.	0,3	0,08	0,04	0,01	1,3	0,5	1,3	0,8	-	-	2,5	1,7	42,5	6,2
<i>P.bertrandi</i>	0,9	0,2	4,0	1,6	5,8	2,3	3,9	2,5	0,6	0,6	11,0	7,4	69,0	10,1
<i>Centroptilum</i> sp.	1,1	0,3	1,7	0,7	0,4	0,2	0,8	0,5	-	-	0,6	0,4	30,5	4,5
<i>C.quadri- fasciatus</i>	2,6	0,7	1,8	0,7	2,2	0,9	2,0	1,2	-	-	0,9	0,6	32,3	4,8
<i>Nanocladius</i> sp.	0,8	0,2	2,1	0,9	0,2	0,1	1,1	0,7	-	-	1,5	1,0	4,5	0,7
<i>P.deletum</i>	7,5	1,9	4,9	2,0	6,7	2,7	7,1	4,4	5,4	5,1	6,2	4,2	128,4	18,8
<i>Tanytarsus</i> sp.	3,6	0,9	1,9	0,8	1,1	0,5	1,5	1,0	6,4	6,0	11,1	7,5	18,0	2,8








 *S. damnosum s.l.*  
 Simulies autres  
 Trichoptères  
 Ephéméroptères  
 Chironomides

Figure 24.- Structure des entomocénoses colonisant les principaux types de substrats naturels. Fréquences relatives des principaux groupes taxinomiques. I : Feuilles de *Ficus*; II : Feuilles de *Chloris*; III : Tiges de *Ficus*; IV : Tiges de *Chloris*; V : Racines; VI : Feuilles mortes immobilisées; VII : Rochers.

Tableau 9 .- Fréquences relatives des principaux groupes taxinomiques sur les différents types de substrats naturels de la Maraoué. : I = feuilles de *Ficus*,  
 II = feuilles de *Chloris*,  
 III = tiges de *Ficus*,  
 IV = tiges de *Chloris*,  
 V = racines,  
 VI = feuilles immobilisées,  
 VII = rochers.

	Simulies		Tricho- ptères	Ephe- mères	Chirono- mides
	Total	<i>S.damnorum</i>			
Feuilles <i>Ficus</i> I	94,4	84,8	1,2	0,6	3,7
Feuilles <i>Chloris</i> II	78,9	49,0	14,4	2,3	4,4
Tiges <i>Ficus</i> III	75,2	48,8	17,6	3,0	4,2
Tiges <i>Chloris</i> IV	75,0	31,0	13,8	3,8	7,3
Racines <i>Ficus</i> V	75,8	17,9	1,9	1,7	21,0
Feuilles immobi- lisées VI	48,2	9,9	29,7	7,9	13,9
Rochers VII	16,7	5,6	35,6	20,8	27,0

*SIMULIUM ADERSI*

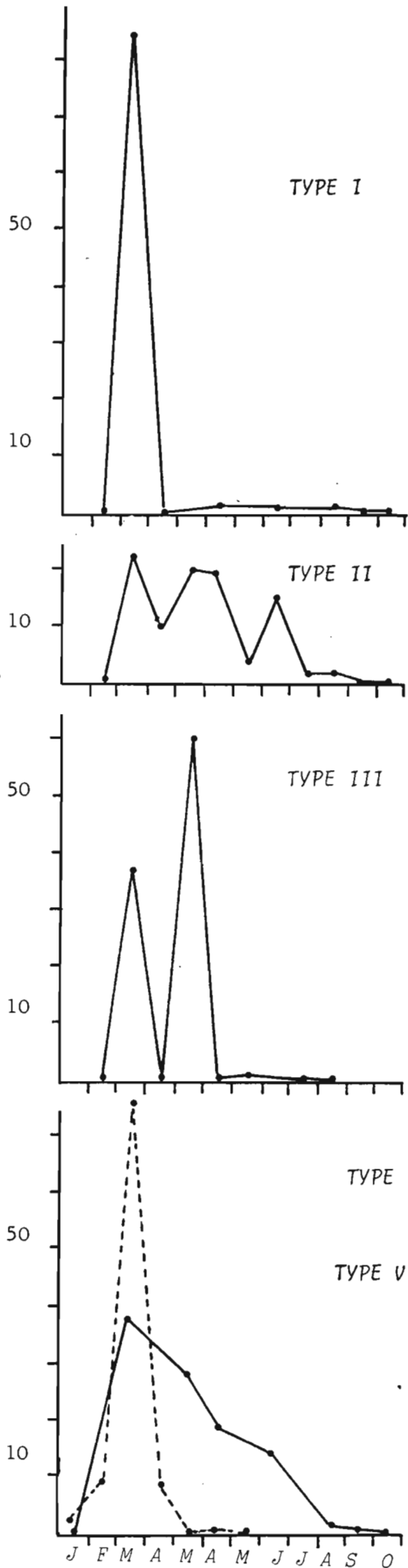


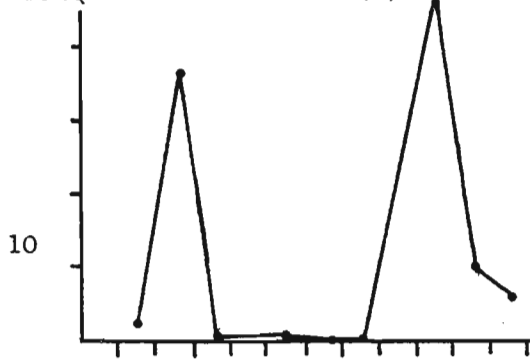
FIGURE 25.

Figure 25.- Evolution annuelle des densités relatives de *S. adersi* sur les principaux types de substrats naturels. I : Feuilles de *Ficus* ; II : Feuilles de *Chloris* ; III : Tiges de *Ficus* ; IV : Tiges de *Cloris* ; VII : Rochers.

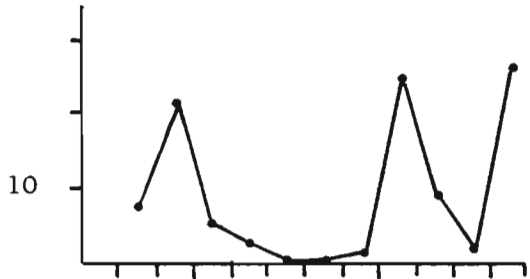
*SIMULIUM TRIDENS*

TYPE I

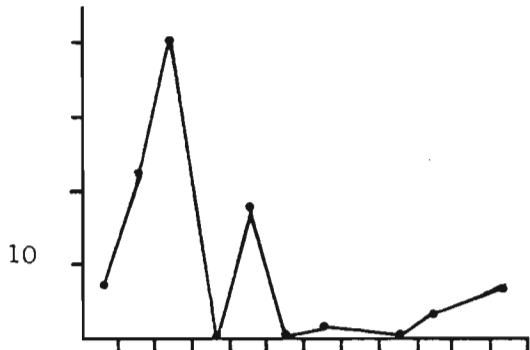
FIGURE 26.



TYPE II



TYPE III



TYPE IV

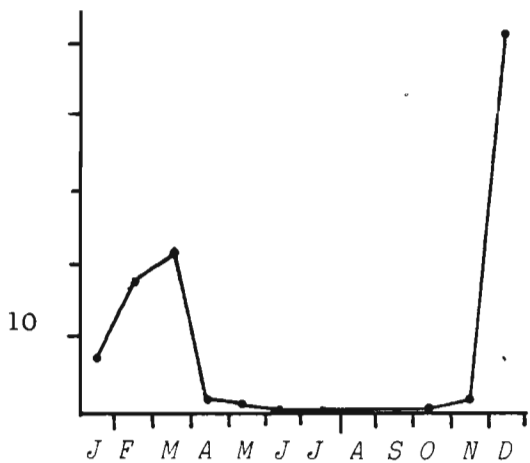
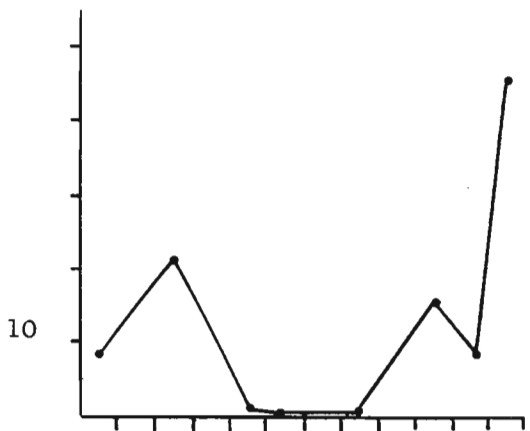


Figure 26.- Evolution annuelle des densités relatives de *S. tridens* sur les principaux types de substrats naturels durant la période qui précédait les épandages.  
 I : Feuilles de *Ficus*; II : Feuilles de *Chloris* ; III : Tiges de *Ficus* ; IV : Tiges de *Chloris*; VII : Rochers

FIGURE 27

## SIMULIUM UNICORNUTUM

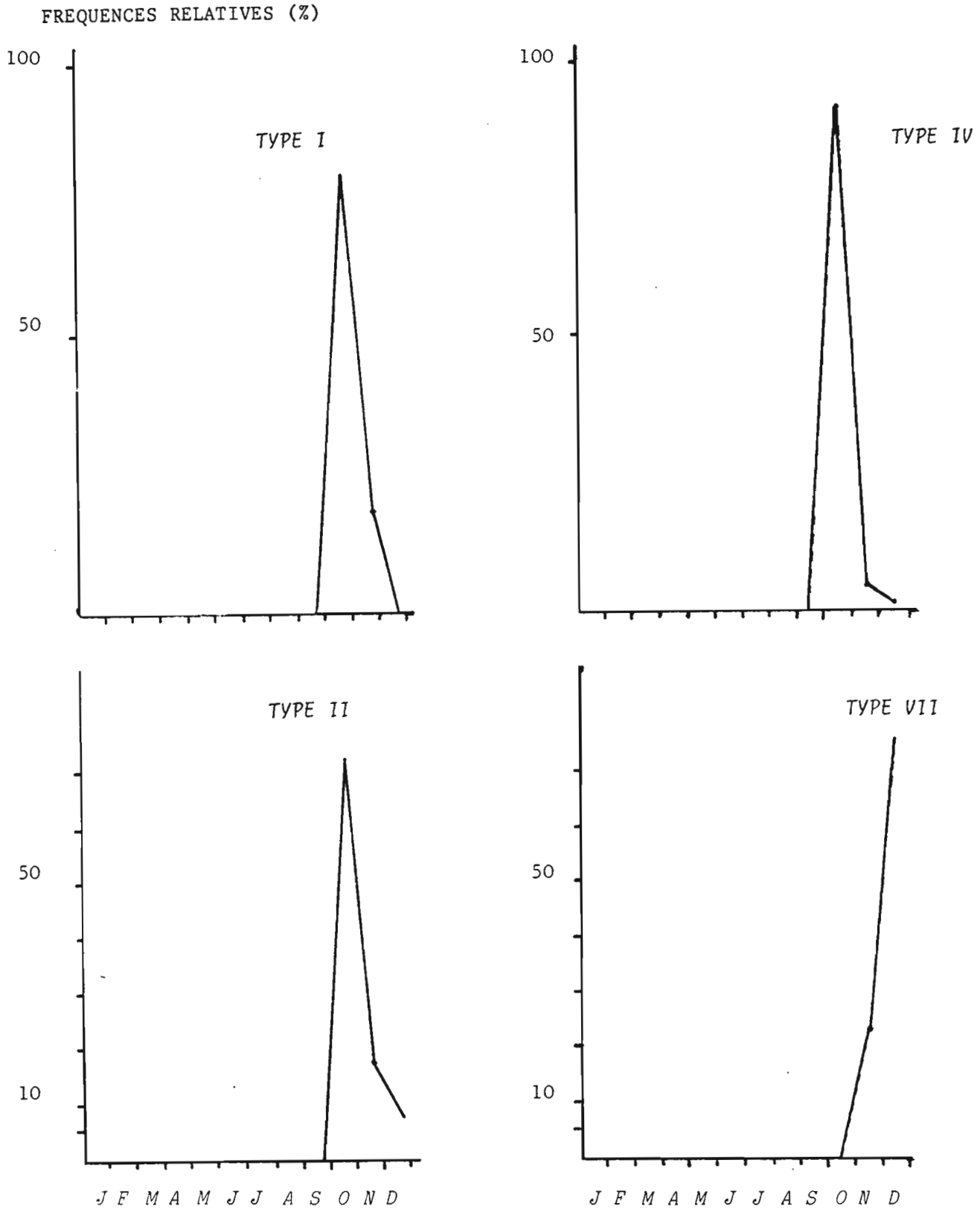


FIGURE 27.- Evolution annuelle des densités relatives de *S.unicornutum* sur les principaux types de substrats naturels. I : Feuilles de *Ficus*; II : Feuilles de *Chloris*; IV : Tiges de *Chloris*; VII : Rochers.

FIGURE 28

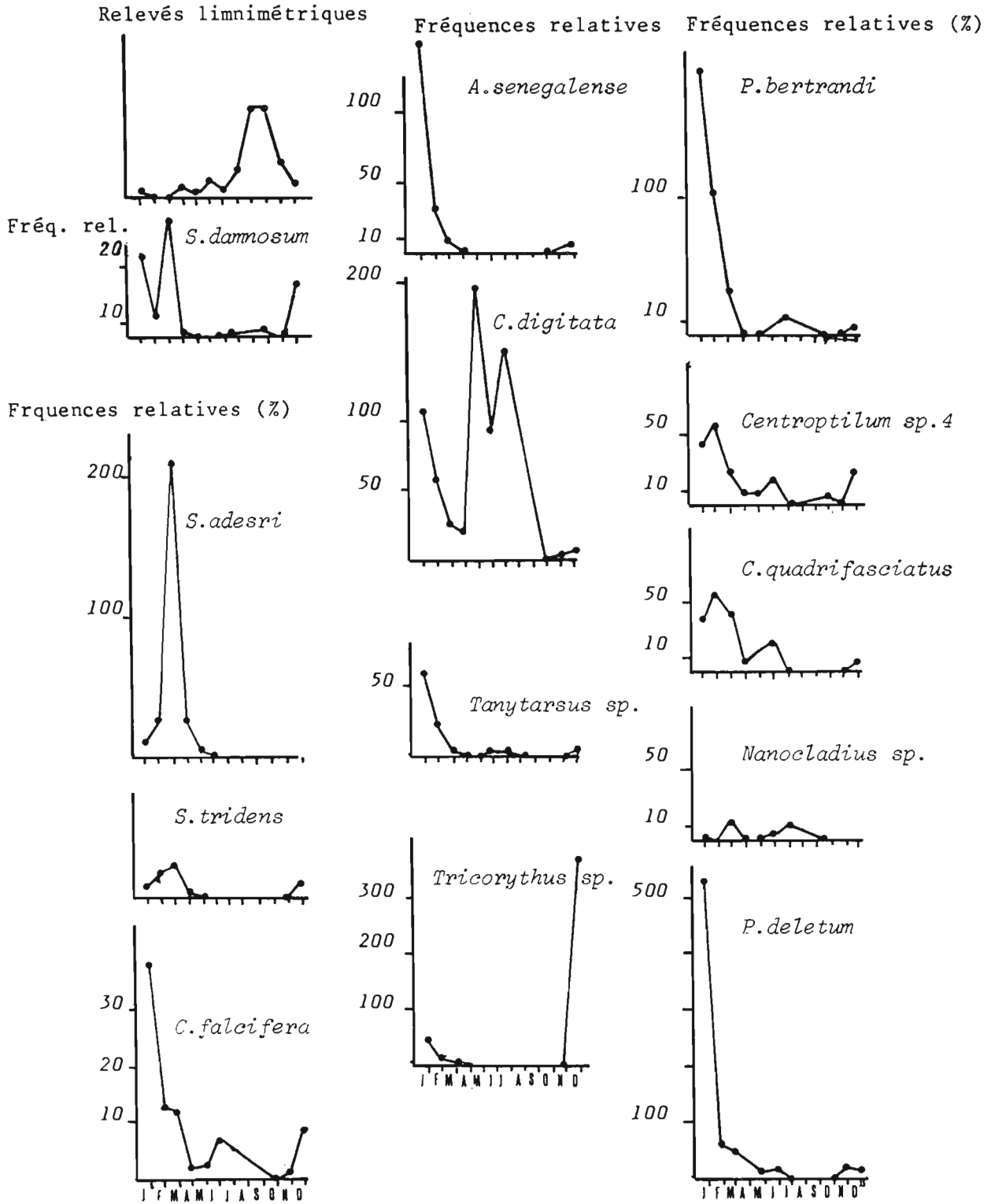


Figure 28.- Evolution annuelle des densités relatives de *S. damnosum* s.l. et des principales espèces qui lui sont associées sur les rochers des biefs lotiques de la Maraoué.



FIGURE 29

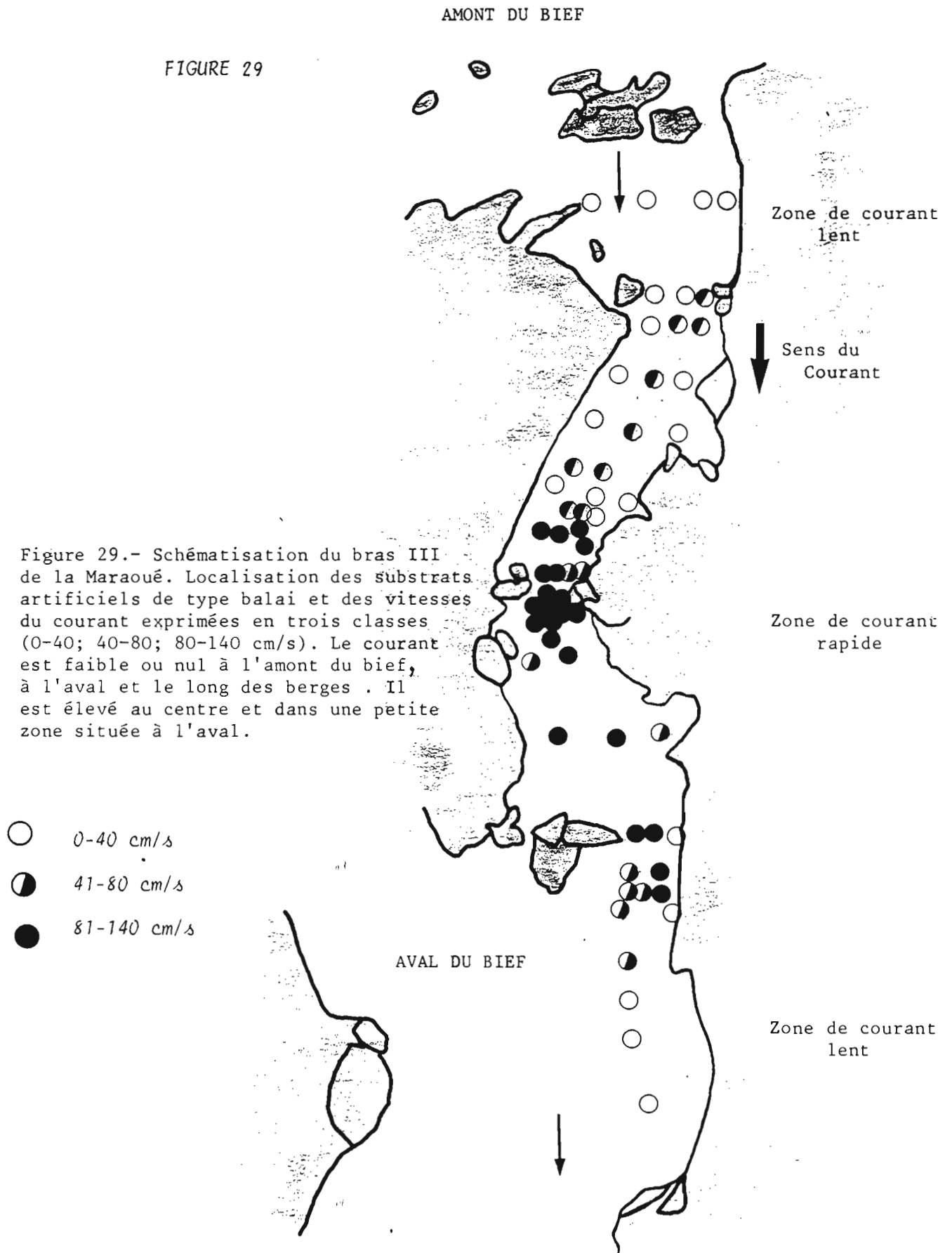


FIGURE 30.

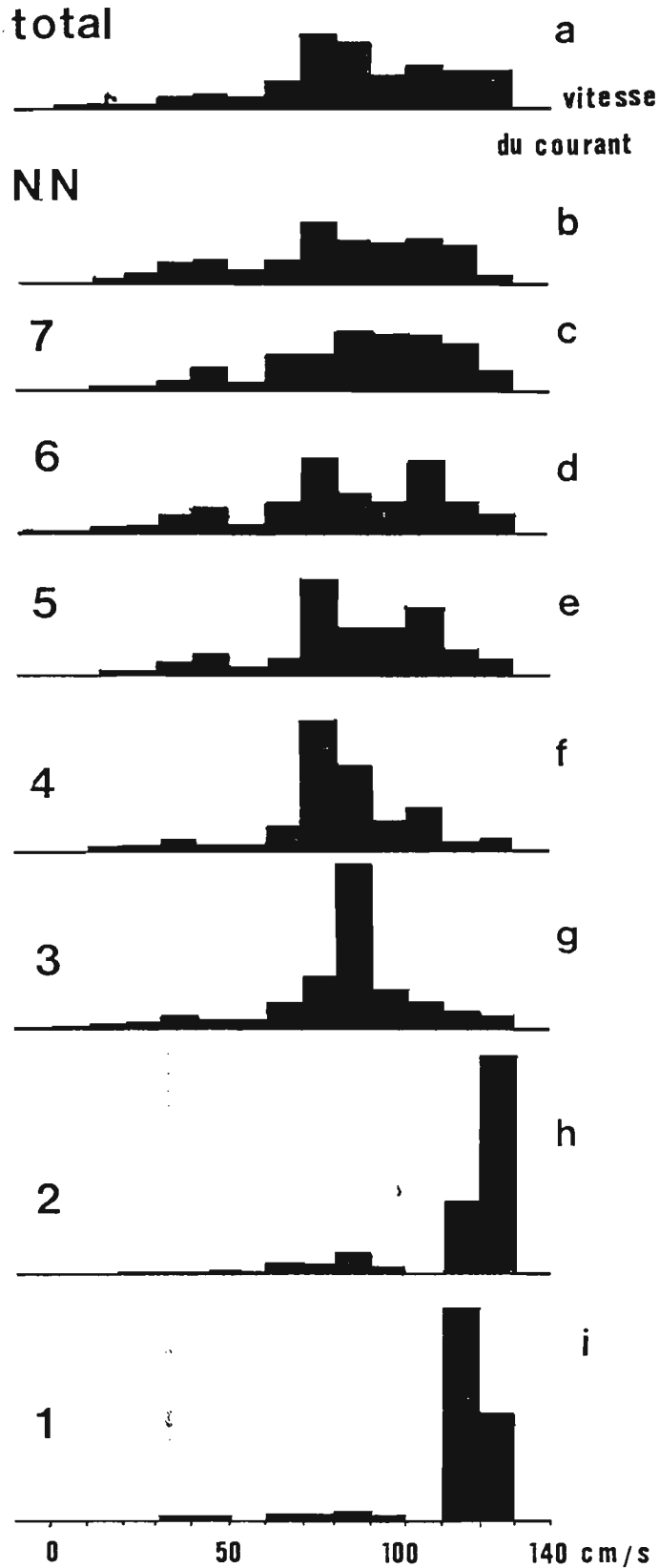
S. damnosum

Figure 30.- Histogramme de distribution des fréquences relatives des populations préimaginales de *S. damnosum* s.l. en fonction des vitesses du courant partitionnées en 14 classes de 10 en 10 cm/s. Fig. 30 a : Population totale, tous stades confondus; Fig. 30 b à i : Distribution des différents stades préimaginaux. Les jeunes larves sont sténorhéophiles et rhéobiontes, les larves âgées sont euryrhéophiles et rhéobiontes.

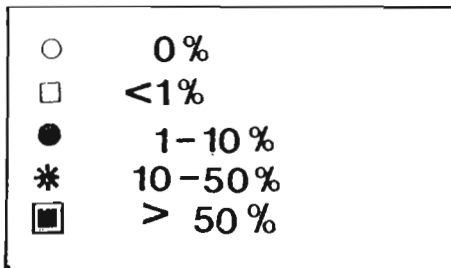
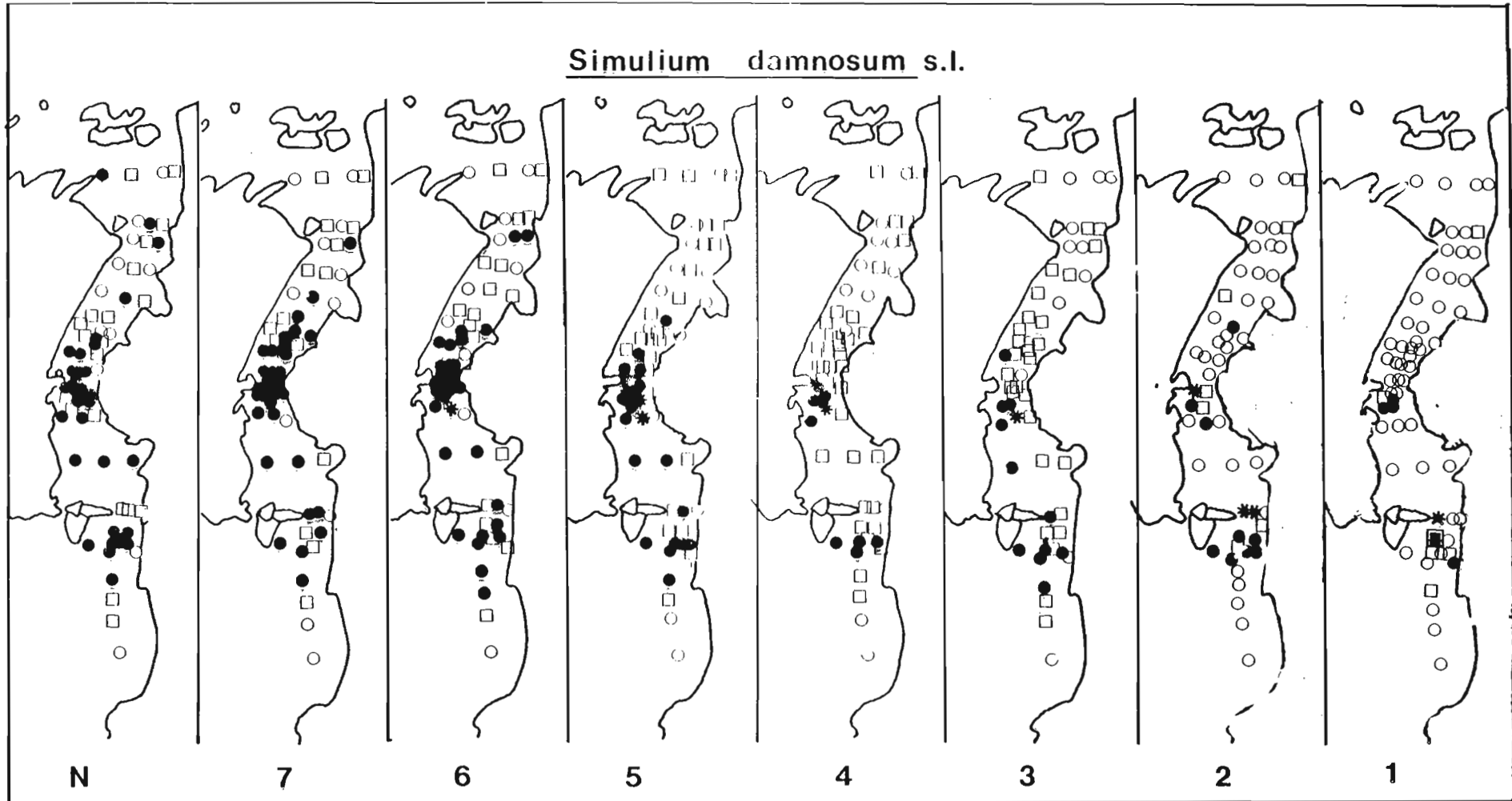
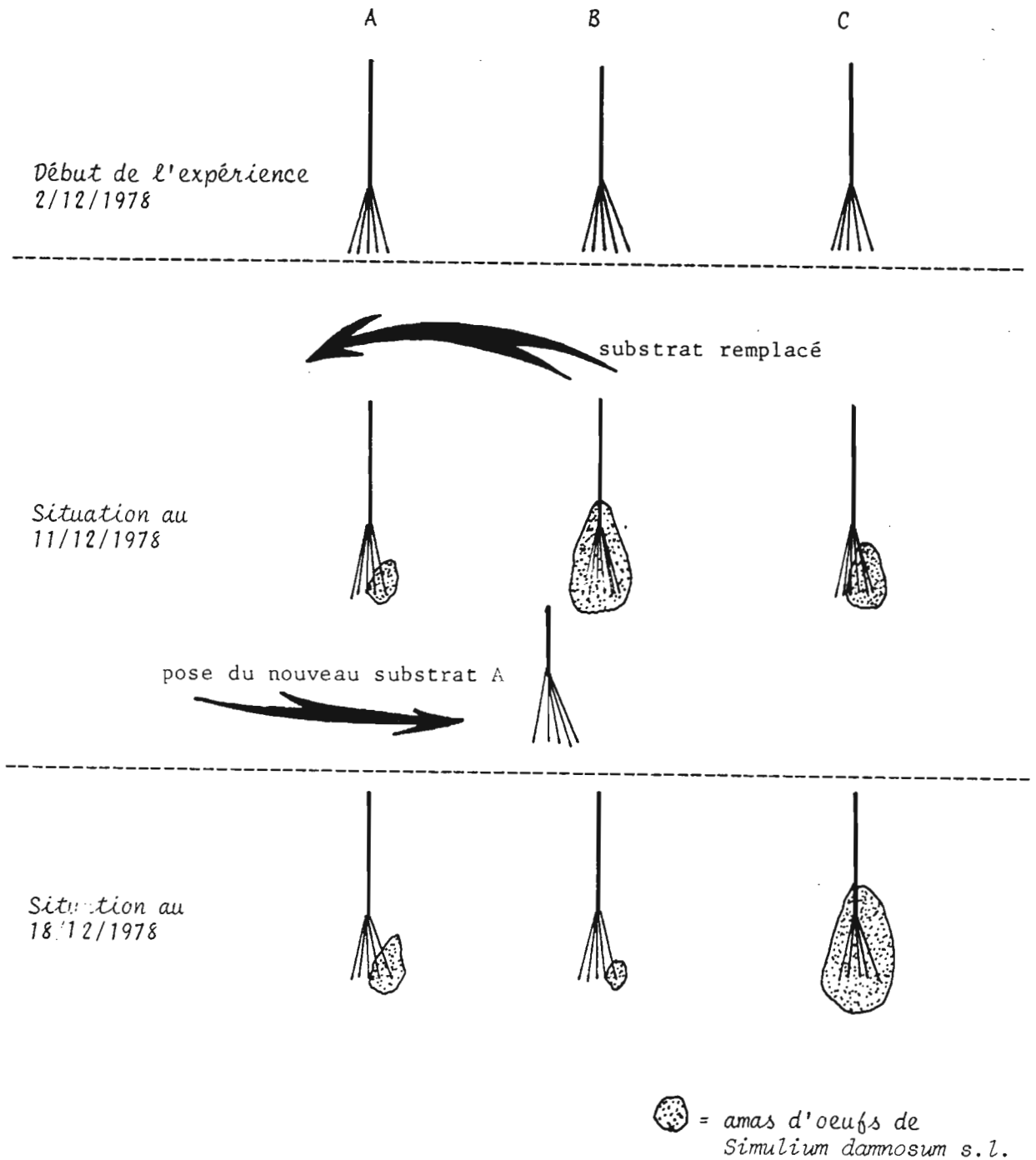


Figure 31.- Répartition des stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l. lors d'une étude menée en décembre 1978 avec les substrats artificiels de type balai dans le bras III du bief de la station I (Maraoué). La répartition est étudiée au moyen des fréquences relatives partitionnées en 5 classes (0, < 1, 1-10, > 10-50, > 50 %). Les jeunes larves sont localisées dans les deux zones de fort courant tandis que les larves âgées et les nymphes sont dispersées dans presque tout le bief.

FIGURE 32.



**Figure 32.**— Schématisation de l'évolution du recouvrement des trois substrats artificiels de type balai par les pontes en amas de *S. damnosum* s.l. Trois substrats voisins, placés dans des courants similaires, supportent des oeufs de *S. damnosum* s.l. après 9 jours de mise en eau. A cette date, le substrat A, complètement recouvert d'oeufs, est remplacé par un substrat neuf. Ce dernier est alors délaissé par les femelles qui pondent préférentiellement sur le substrat C, substrat qui supportait les agrégats d'oeufs les plus importants le 11/12/1978.

FIGURE 33

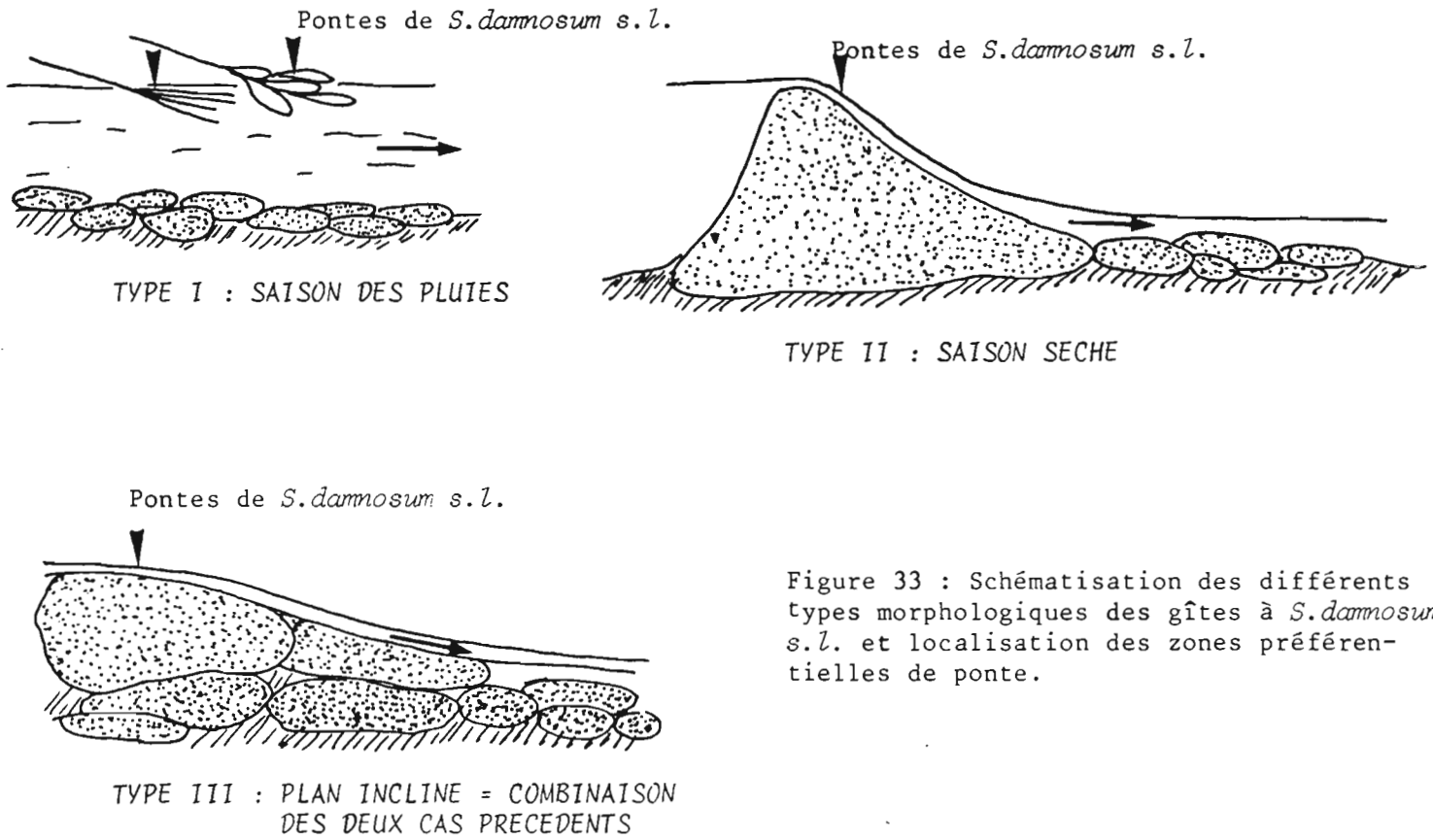


Figure 33 : Schématisation des différents types morphologiques des gîtes à *S. dammosum* s.l. et localisation des zones préférentielles de ponte.

FIGURE 34

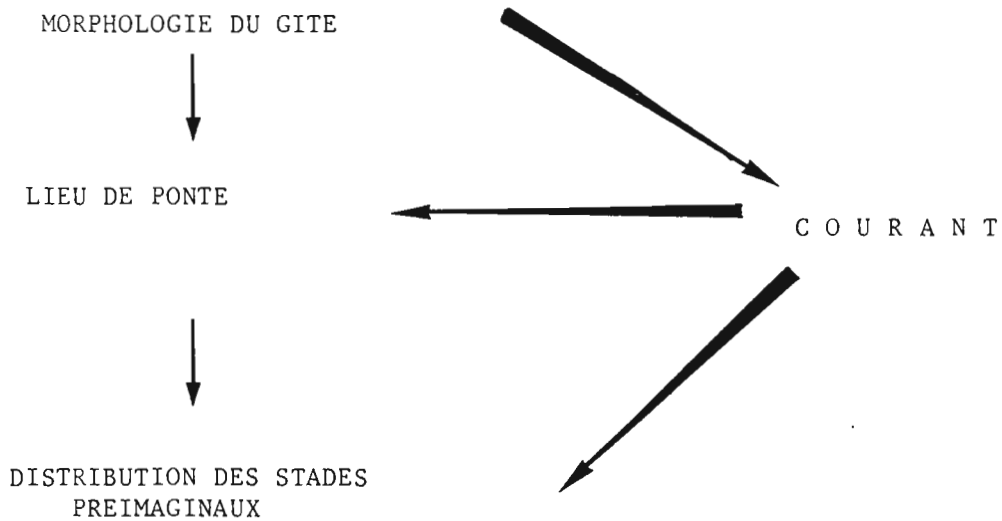


Figure 34 .- Représentation des relations entre le courant et la distribution des stades préimaginaux de *Simulies*. Le courant, fonction de la morphologie du bief et de l'hydraulicité de la rivière agit, dans une première phase sur la localisation des pontes, puis sur la distribution des organismes éclos.

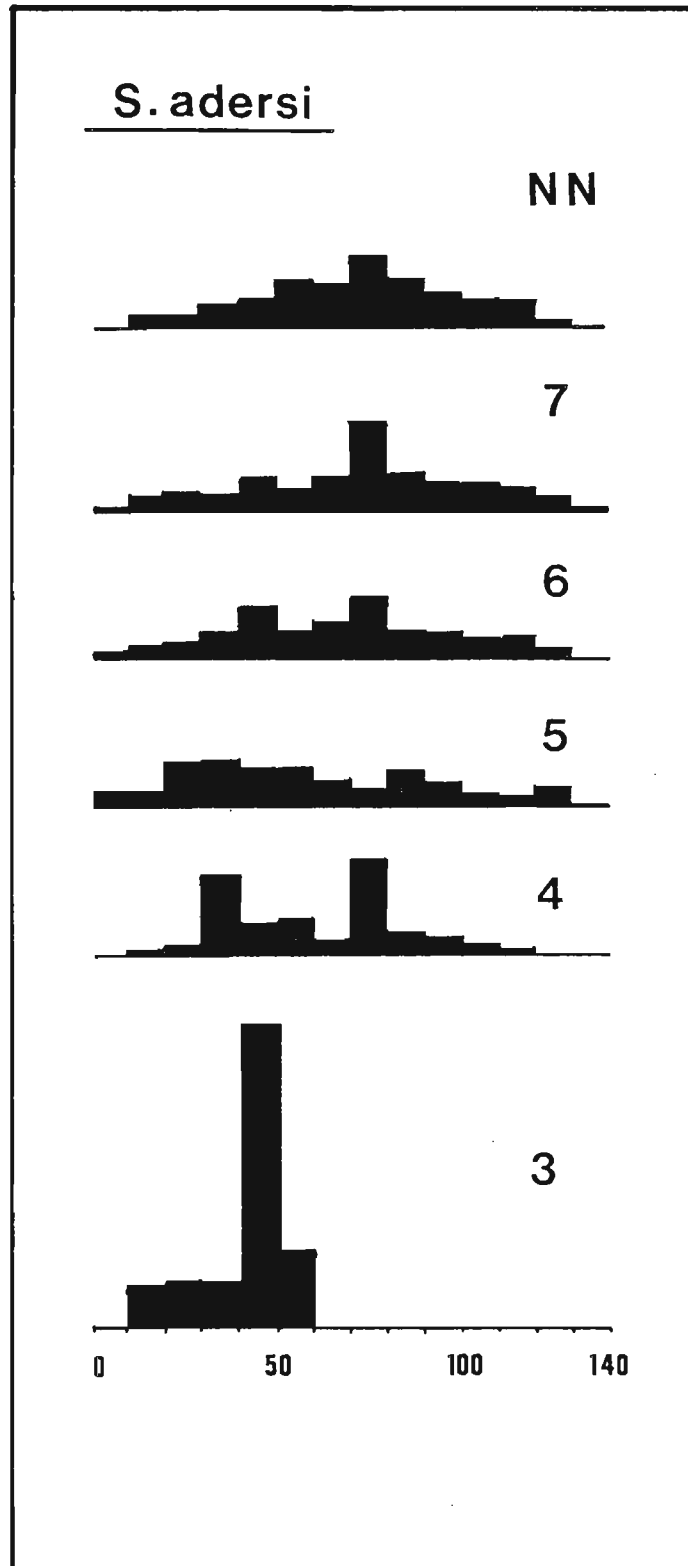


Figure 35.- Histogramme de distribution des fréquences relatives des populations préimaginales de *S. adersi* en fonction des vitesses du courant partitionnées en 14 classes de 10 en 10 cm/s. Les jeunes larves sont sténorhéophiles et préfèrent les courants faibles, tandis que les larves âgées et les nymphes sont euryrhéophiles mais également rhéophiles.

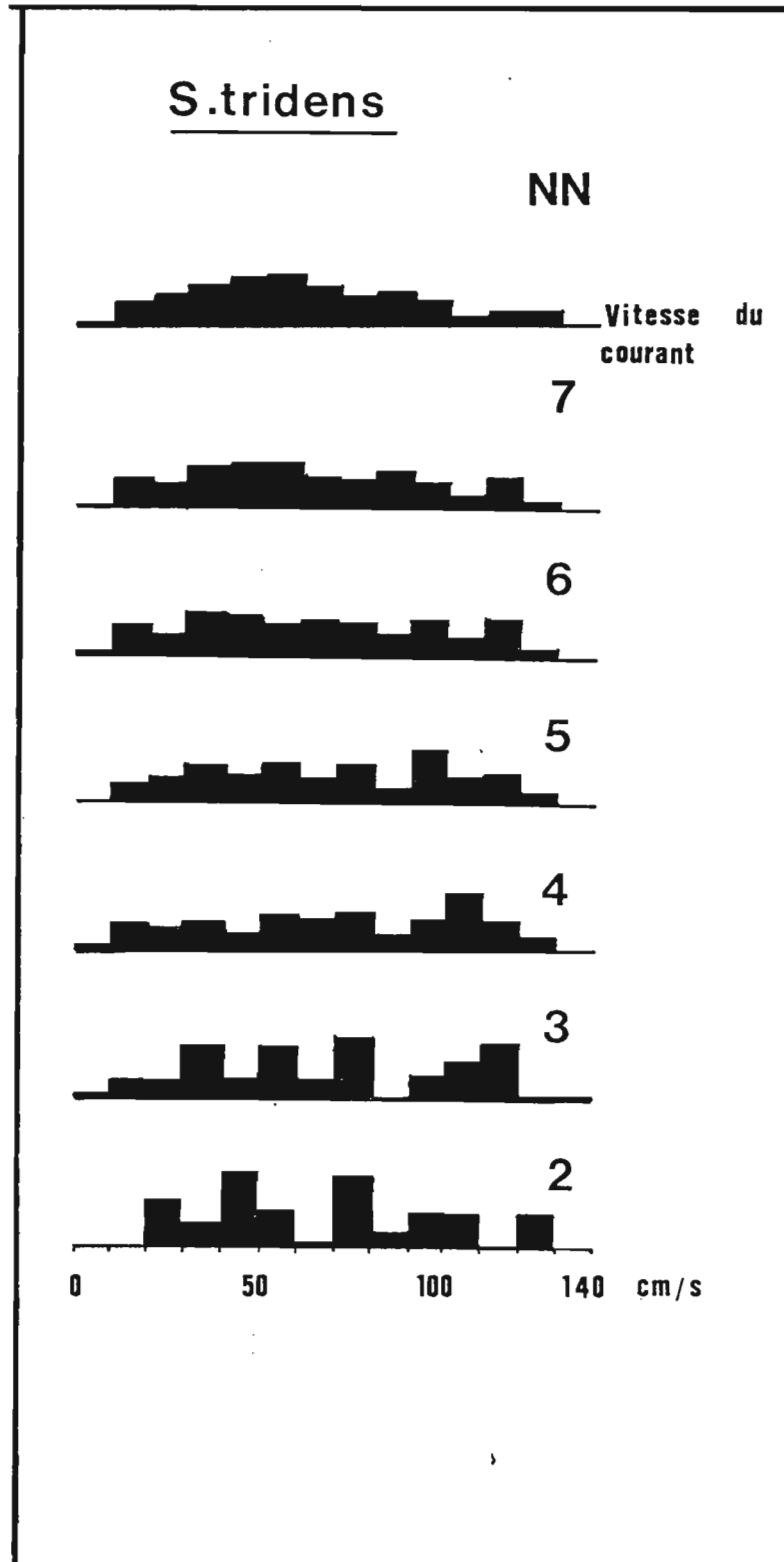


Figure 36.- Histogramme de distribution des fréquences relatives des populations préimaginales de *S. tridens* en fonction des vitesses du courant partitionnées en 14 classes de 10 en 10 cm/s. Le courant ne semble pas influencer très fortement la distribution de l'ensemble des stades larvaires et nymphal.

FIGURE 37

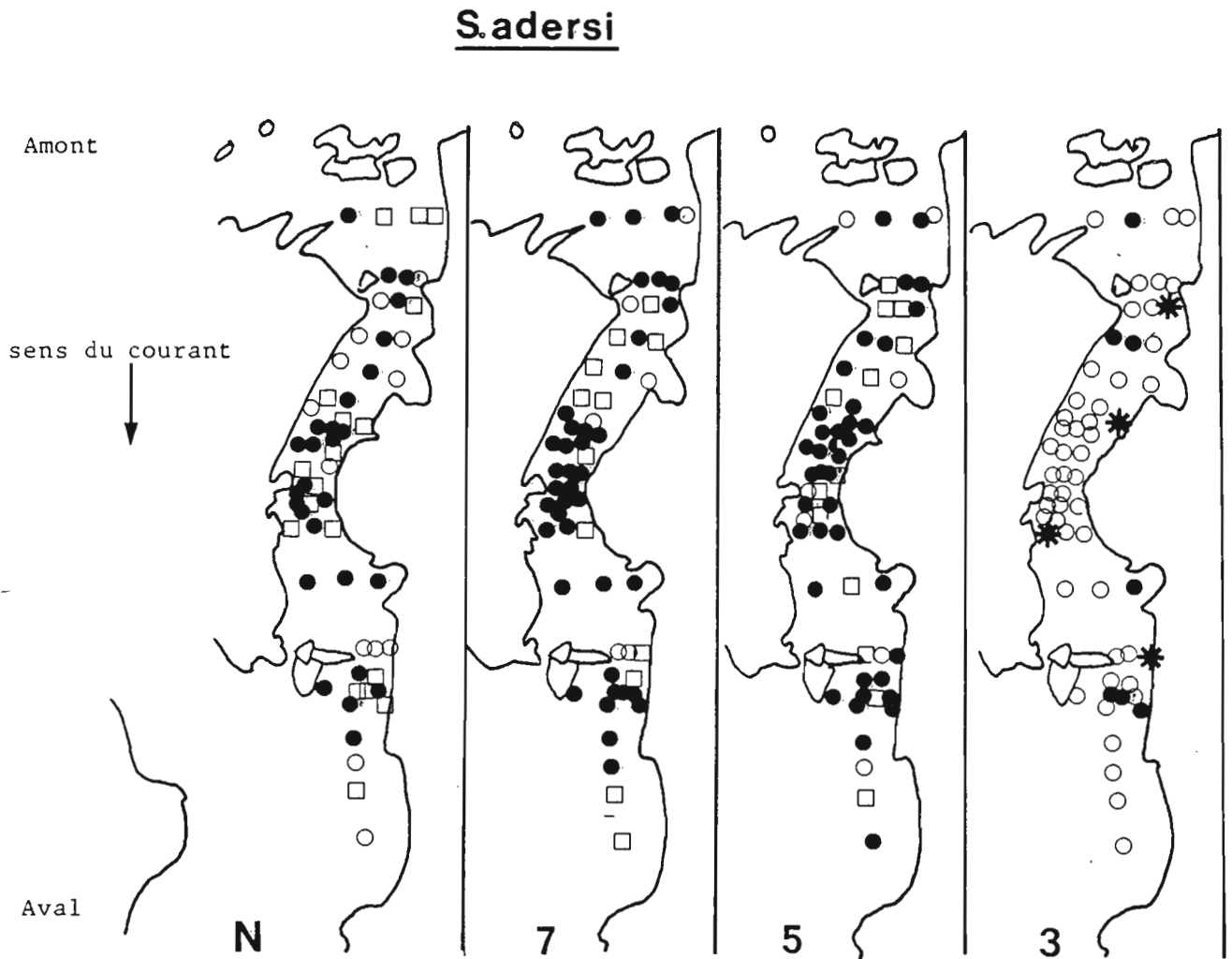


Figure 37.- Répartition en décembre 1978 des stades préimaginaux de *S. adersi* sur les balais dans le bief de la station I (Maraoué). La répartition est étudiée au moyen des fréquences relatives partitionnées en 5 classes (0, < 1, > 1-10, > 10-50, > 50 %).

Pour la légende des symboles se référer à la figure 38.



FIGURE 38.

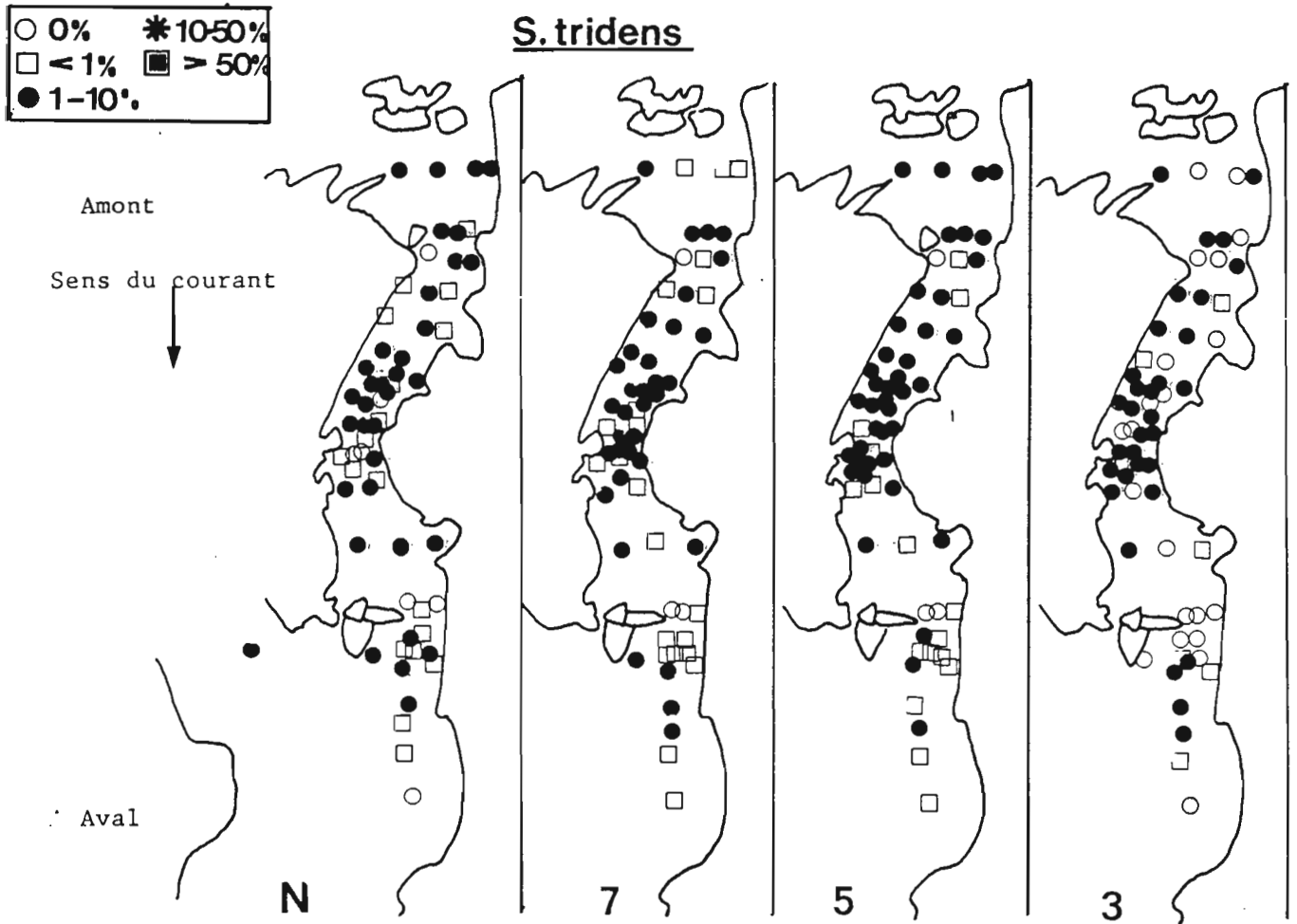


Figure 38.- Répartition en décembre 1978 des stades préimaginaux de *S. tridens* sur les balais dans le bief de la station I (Maraoué). La répartition est étudiée au moyen des fréquences relatives partitionnées en 5 classes (0, < 1, > 1-10, > 10-50, > 50 %).

FIGURE 39.



- : > 50 % *S. tridens*
- : > 50 % *S. dammosum s.l.*
- : > 50 % *S. adersi*
- : Aucune espèce dominante à plus de 50 %

Figure 39.- Etude des dominances entre les populations préimaginales des trois espèces de Simulies : *S. dammosum s.l.*, *S. adersi* et *S. tridens*. Expérience réalisée en décembre 1978 à l'aide des substrats artificiels de type balaï, sur la station I de la Maraoué. Larivière n'était pas encore traitée au téméphos dans le cadre d'OCP.

FIGURE 40.

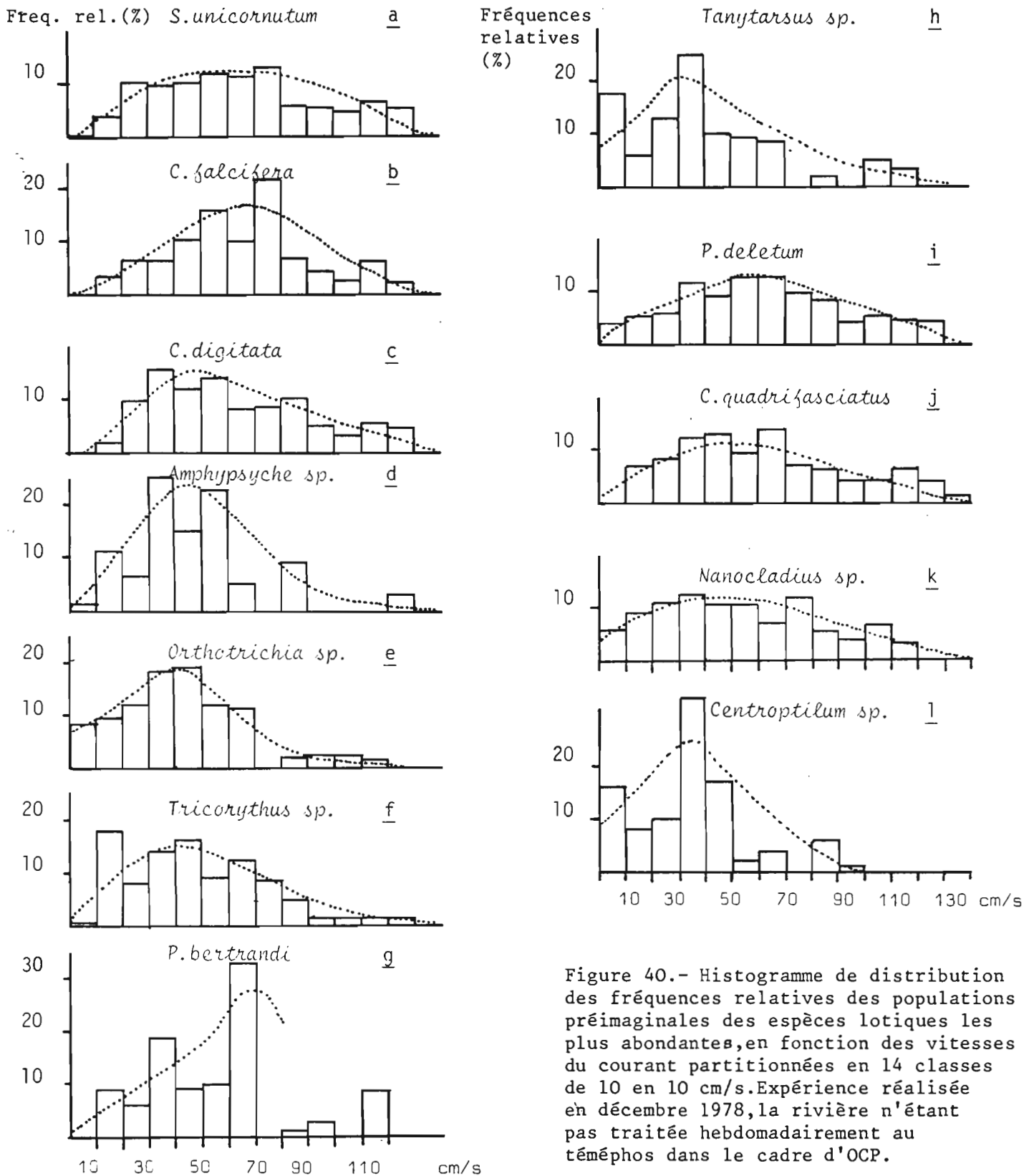


Figure 40.- Histogramme de distribution des fréquences relatives des populations préimaginales des espèces lotiques les plus abondantes, en fonction des vitesses du courant partitionnées en 14 classes de 10 en 10 cm/s. Expérience réalisée en décembre 1978, la rivière n'étant pas traitée hebdomadairement au téméphos dans le cadre d'OCP.

FIGURE 41.

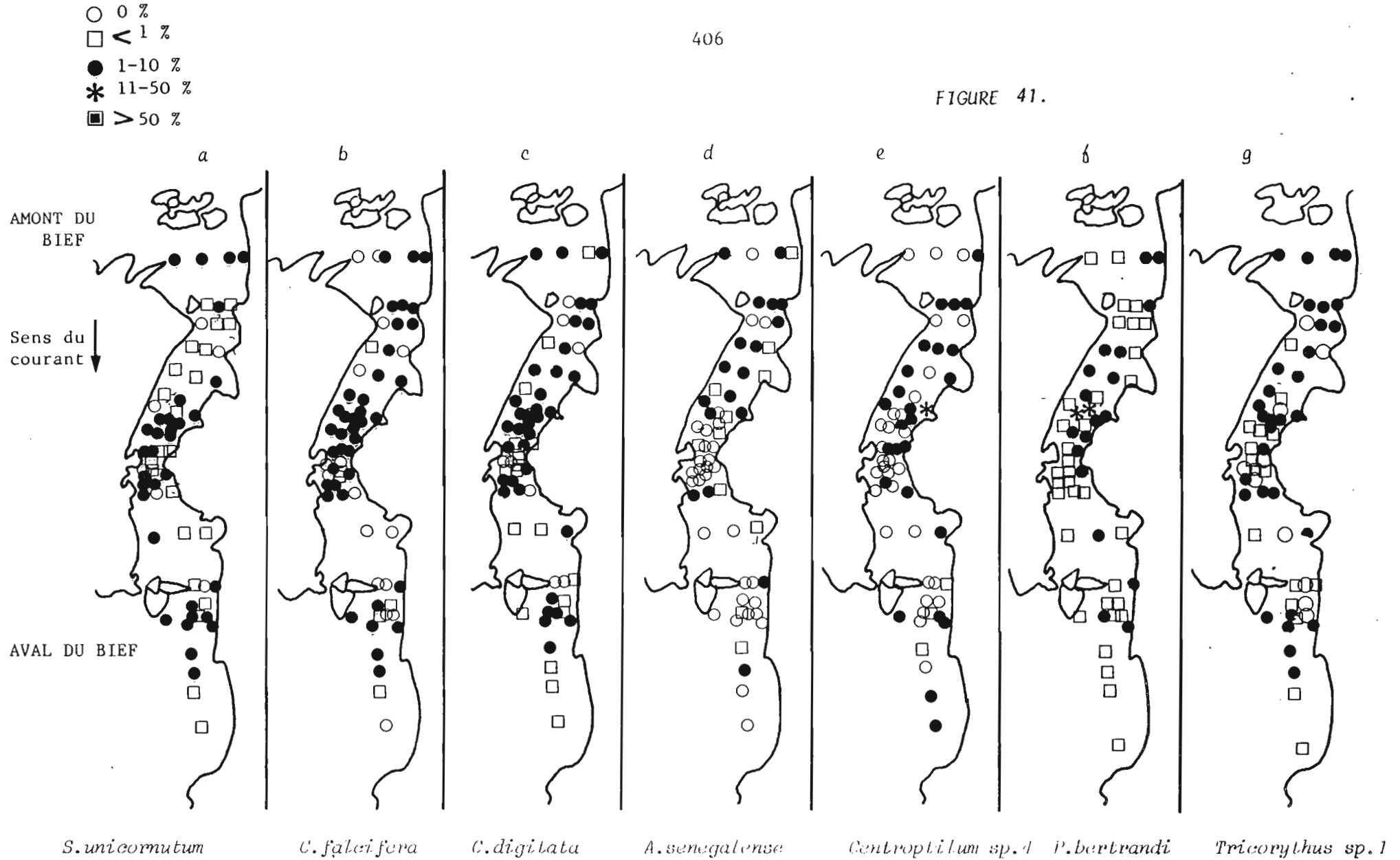


Figure 41. - Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de type balai. *Simulium unicornutum*, *Cheumatopsyche falciifera*, *Cheumatopsyche digitata*, *Amphipsyche senegalense*, *Centroptilum sp. 4*, *Pseudocloeon bertrandi*, *Tricorythus sp. 1*.

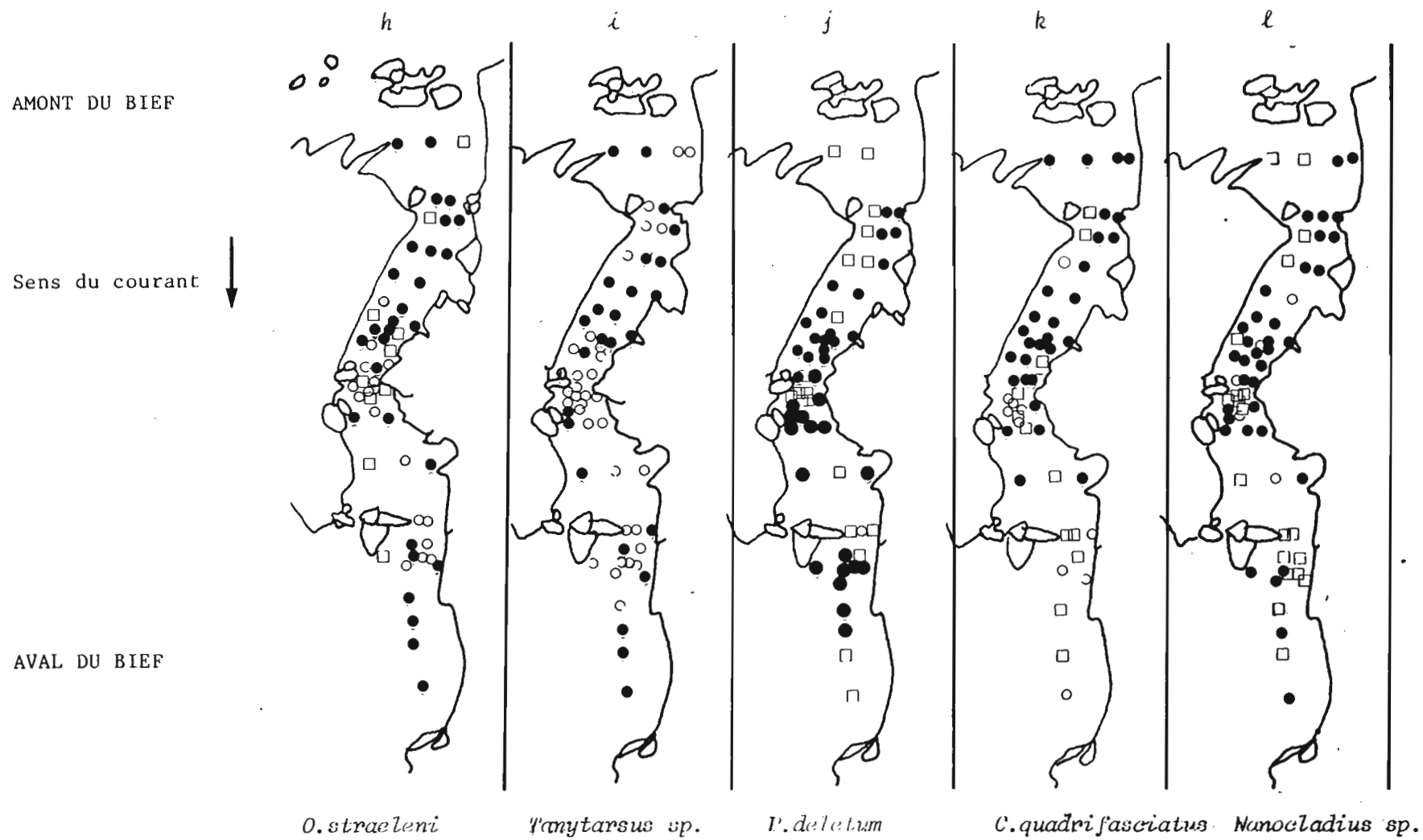


Figure 41.- Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de type balai. *Orthotrichia straeleni*, *Tanytarsus* sp., *Polypedilum deletum*, *Cricotopus quadrifasciatus*, *Nanocladius* sp.

TABLEAU 10 .

Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de surface. Mise en évidence de l'influence du courant Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des variables aux deux premiers axes F1 et F2 de l'analyse factorielle des correspondances.  
Expérience réalisée en décembre 1978.

Taxons	CTA		CTR	
	F1	F2	F1	F2
SAN	0,3	6,0	0,04	0,35
SA7	0,1	1,5	0,02	0,13
SA6	0,2	0,0	0,03	0,00
SA5	0,7	1,7	0,12	0,11
SA4	0,5	0,2	0,06	0,01
SA3	1,4	2,6	0,09	0,06
SA2	0,4	0,0	0,03	0,00
SA1	1,3	11,6	0,05	0,18
SDN	2,6	4,2	0,36	0,22
SD7	4,5	2,1	0,54	0,29
SD6	2,5	3,0	0,40	0,18
SD5	5,5	1,6	0,65	0,07
SD4	6,4	0,3	0,66	0,01
SD3	6,0	0,0	0,59	0,00
SD2	19,4	8,4	0,73	0,12
SD1	22,8	27,9	0,61	0,29
STN	0,0	0,6	0,01	0,06
ST7	0,8	0,2	0,31	0,04
ST6	0,5	0,1	0,22	0,02
ST5	0,4	0,1	0,14	0,02
ST4	0,6	0,0	0,11	0,00
ST3	0,4	0,2	0,05	0,01
ST2	0,0	0,2	0,00	0,01
ST1	0,1	0,4	0,01	0,01
SUN	0,0	0,2	0,01	0,02
TO1	1,1	1,1	0,16	0,06
TO2	3,2	2,2	0,25	0,07
T10	0,7	0,1	0,17	0,00
T14	4,4	1,5	0,40	0,05
EO1	2,2	0,0	0,32	0,00
E21	2,5	1,1	0,17	0,03
E31	4,1	13,8	0,21	0,28
CTA	3,2	2,9	0,23	0,08
CC5	0,4	0,4	0,12	0,04
CO2	0,0	0,1	0,00	0,01
C13	0,7	4,1	0,10	0,23

Figure 42.- Plan F1 x F2 de projection des variables de l'analyse factorielle des correspondances appliquée aux données codées recueillies dans l'étude de la distribution de la faune lotique sur les substrats flottants. La courbe de distribution en U ou effet Guttman, indique que le deuxième axe factoriel est une fonction quadratique du premier. Dans cette application, l'axe F1 traduit le rhéopréférendum et l'axe F2 la valence rhéophile. Les stades larvaires des Simulies sont notés de 1 (stade L1) à N (stade nymphal). La faune associée est symbolisée comme suit : T1 *Cheumatopsyche falciifera*, T10 *Cheumatopsyche digitata*, T2 *Amphipsyche senegalense*, T14 *Orthotrichia* sp., E21 *Pseudocloeon certranai*, E31 *Centroptilum* sp., C02 *Cricotopus quadrifasciatus*, C013 *Manocladius* sp., CTA *Tanytarsus* sp., CC5 *Polypedilum deletum*.

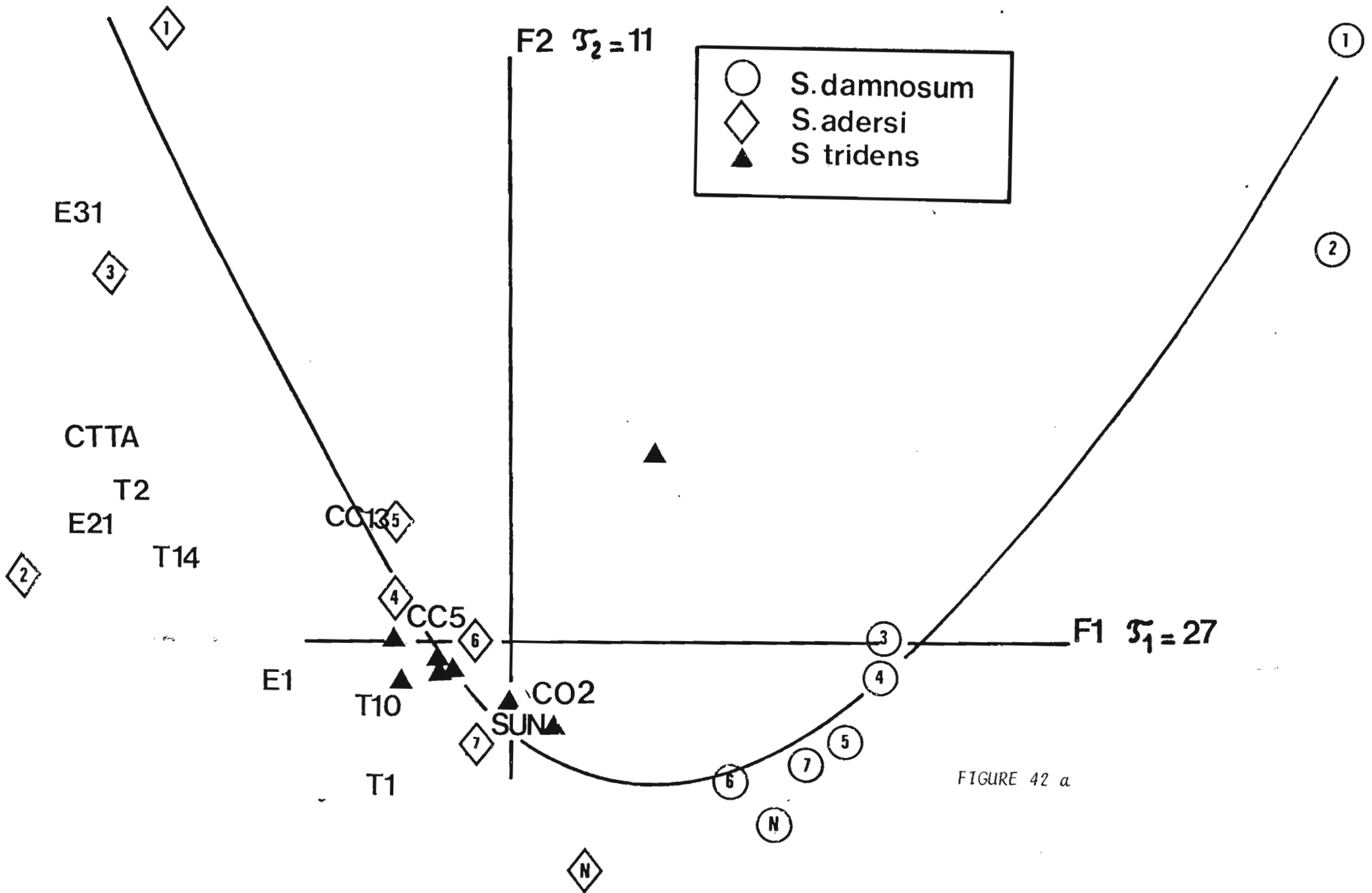


FIGURE 42 a





Figure 43.- Etude de la distribution des organismes lotiques sur les substrats flottants. Report sur le plan F1 x F2 de l'AFC des valeurs des vitesses du courant mesurées pour chacun des prélèvements. Les vitesses ont été partitionnées selon les 3 classes mentionnées sur la figure.

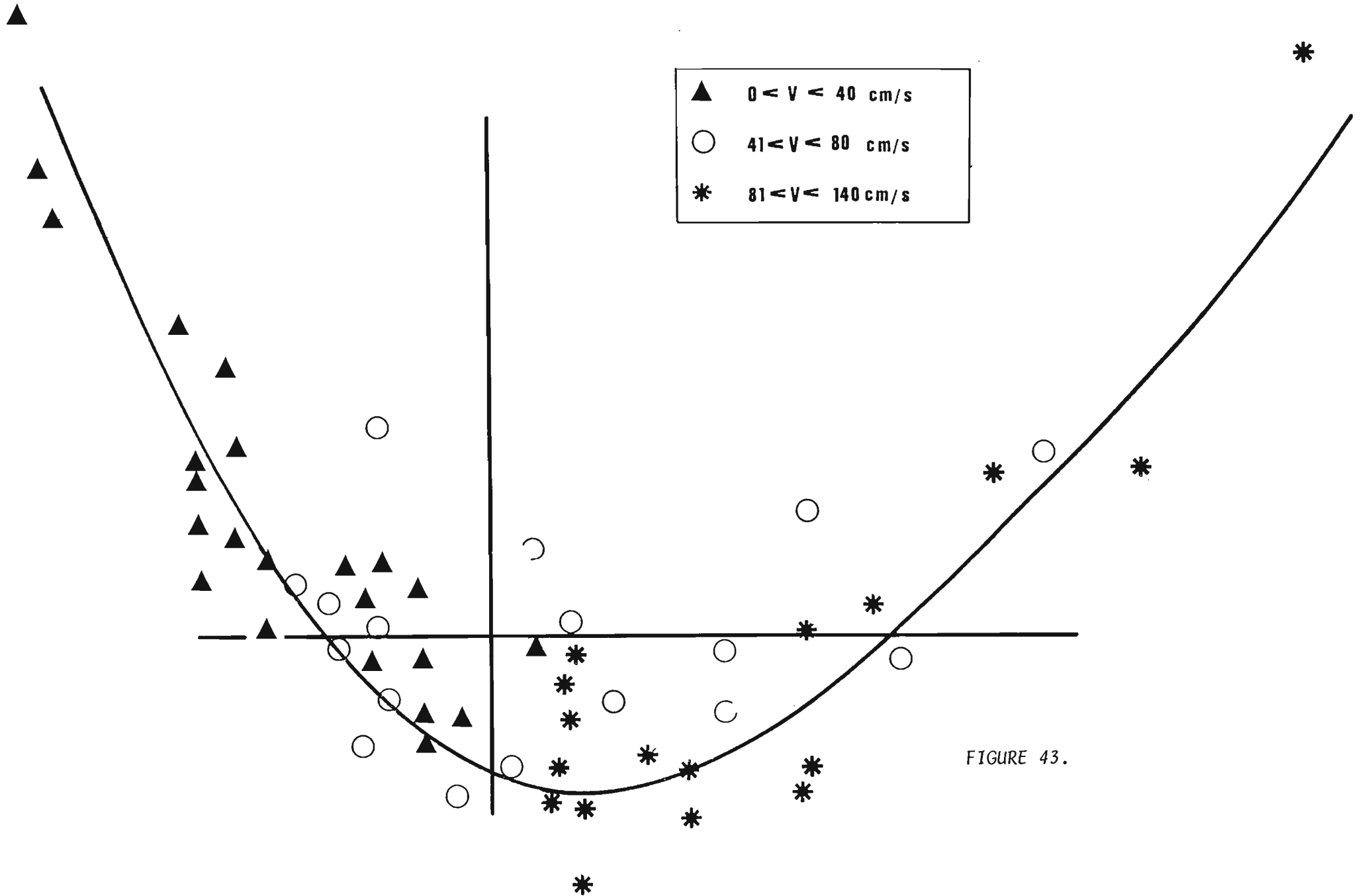


FIGURE 43.

INDICE DE SHANNON (ISH)

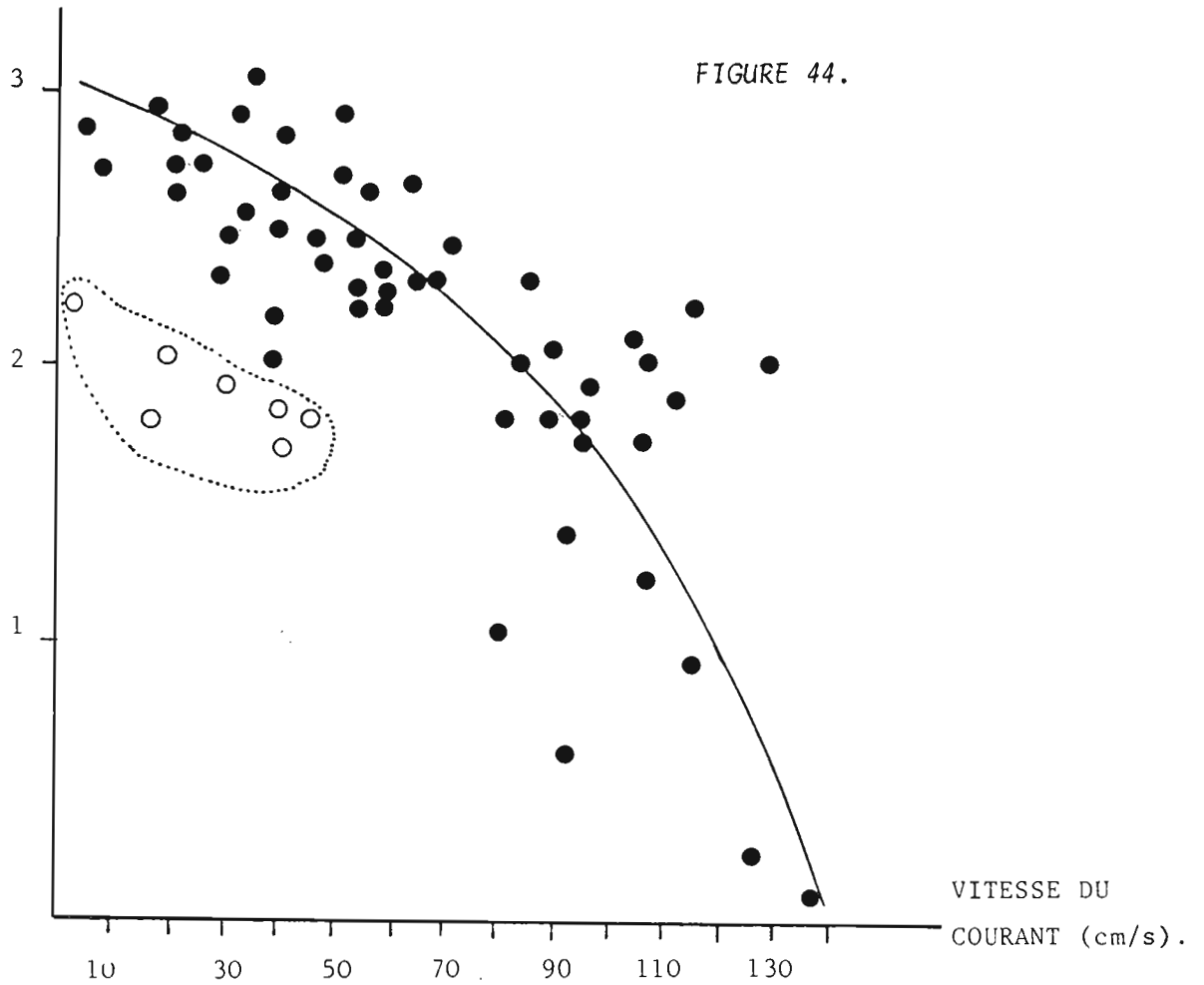
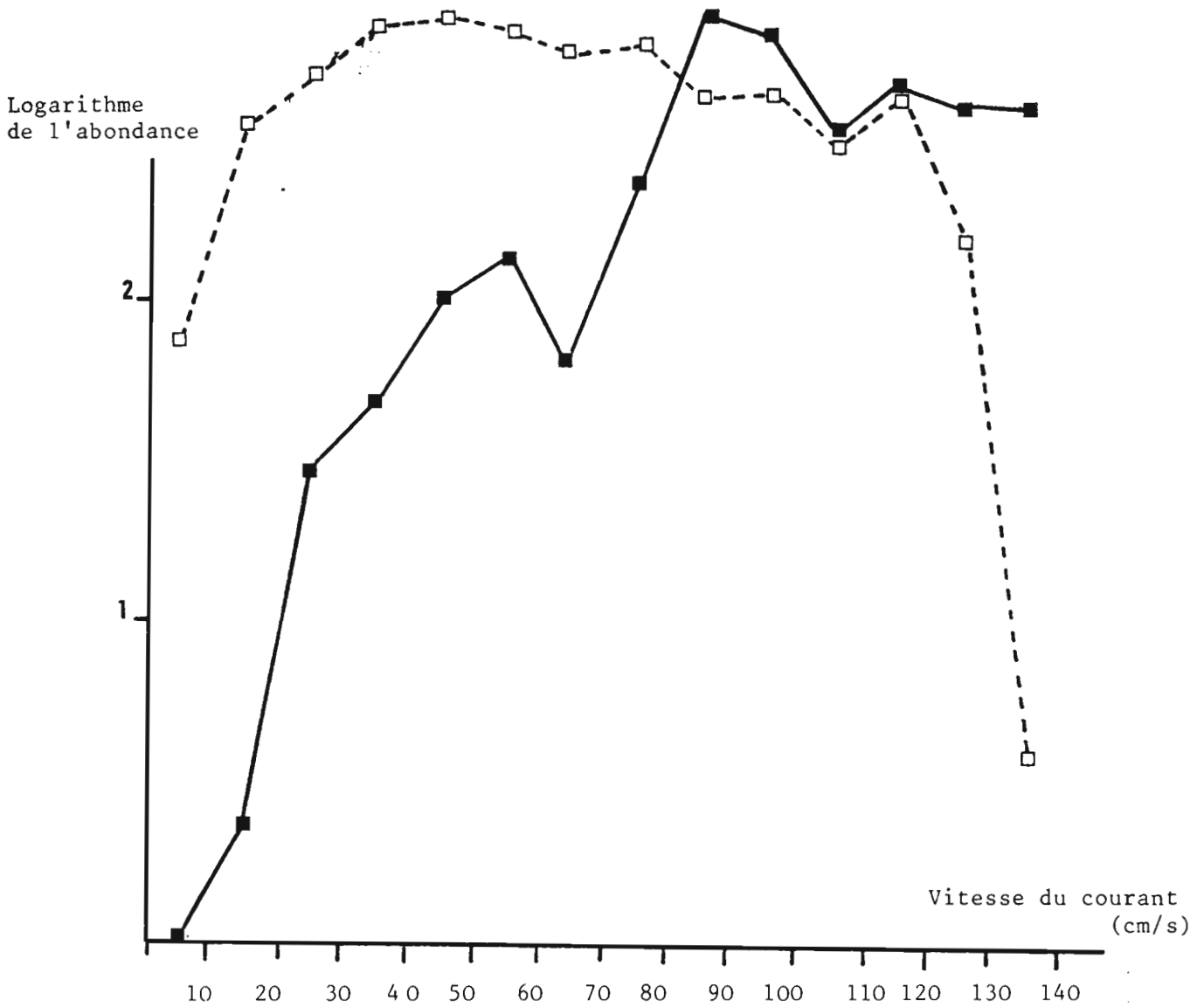


Figure 44 a.- Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de surface. Variation de l'indice de Shannon des entomocénoses en fonction des vitesses de courant partitionnées en 14 classes de 10 en 10 cm/s.

FIGURE 44 b



■ — : abondance de *Simulium damnosum s.l.*

□ - - - : abondance de la faune associée.

Figure 44 b. — Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de surface. Logarithmes de l'abondance de *S. damnosum s.l.* et de la faune associée. Les valeurs des indices de Shannon et de l'équitabilité sont fortement influencés par les effectifs de *S. damnosum s.l.* espèce dominante dans ce type de biotope (confère figure 44 a).

FIGURE 45 .

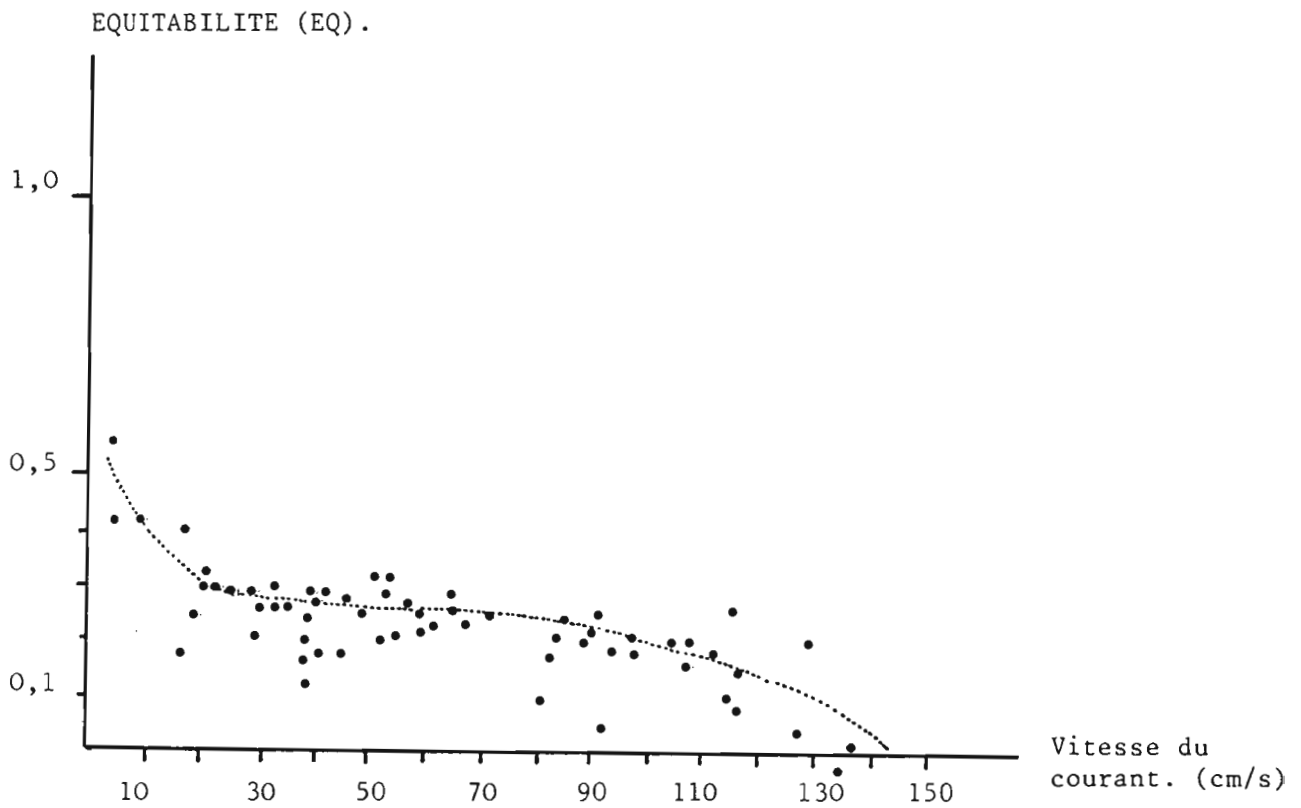
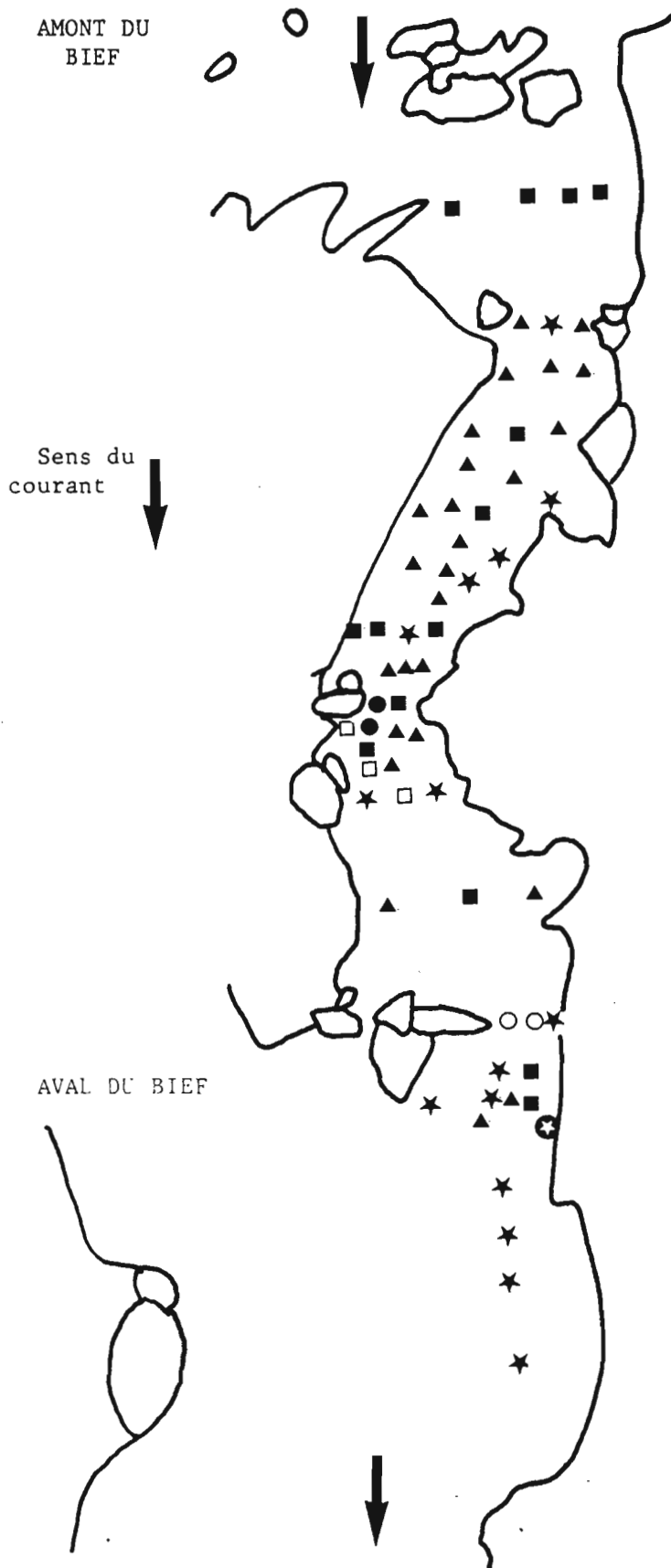


Figure 45.- Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de surface. Variation de l'équitabilité des entomocénoses en fonction des vitesses de courant partitionnées en 14 classes de 10 en 10 cm/s.



Valeurs de l'indice de Shannon

- : 0 à 0,5
- : > 0,5 à 1,0
- : > 1,0 à 1,5
- : > 1,5 à 2,0
- ▲ : > 2,0 à 2,5
- ★ : > 2,5 à 3,0
- ⊛ : > 3,0

Figure 46.- Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de type balai. Valeurs prises par l'indice de Shannon en fonction de la position des substrats dans le bief.





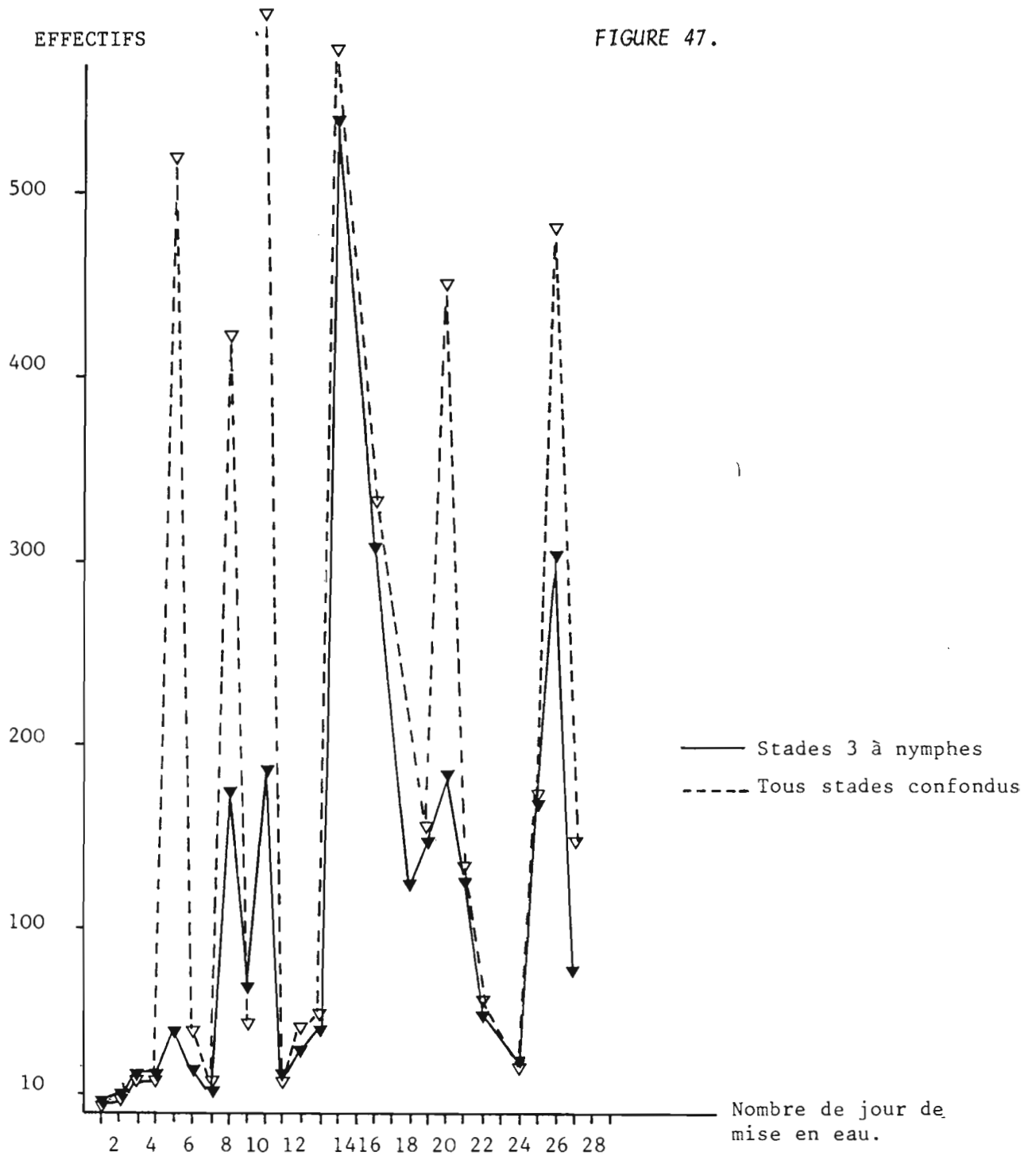


Figure 47.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai par l'ensemble des stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.* Expérience réalisée en la station I au mois de décembre 1978 en l'absence de traitement au téméphos.

FIGURE 48.

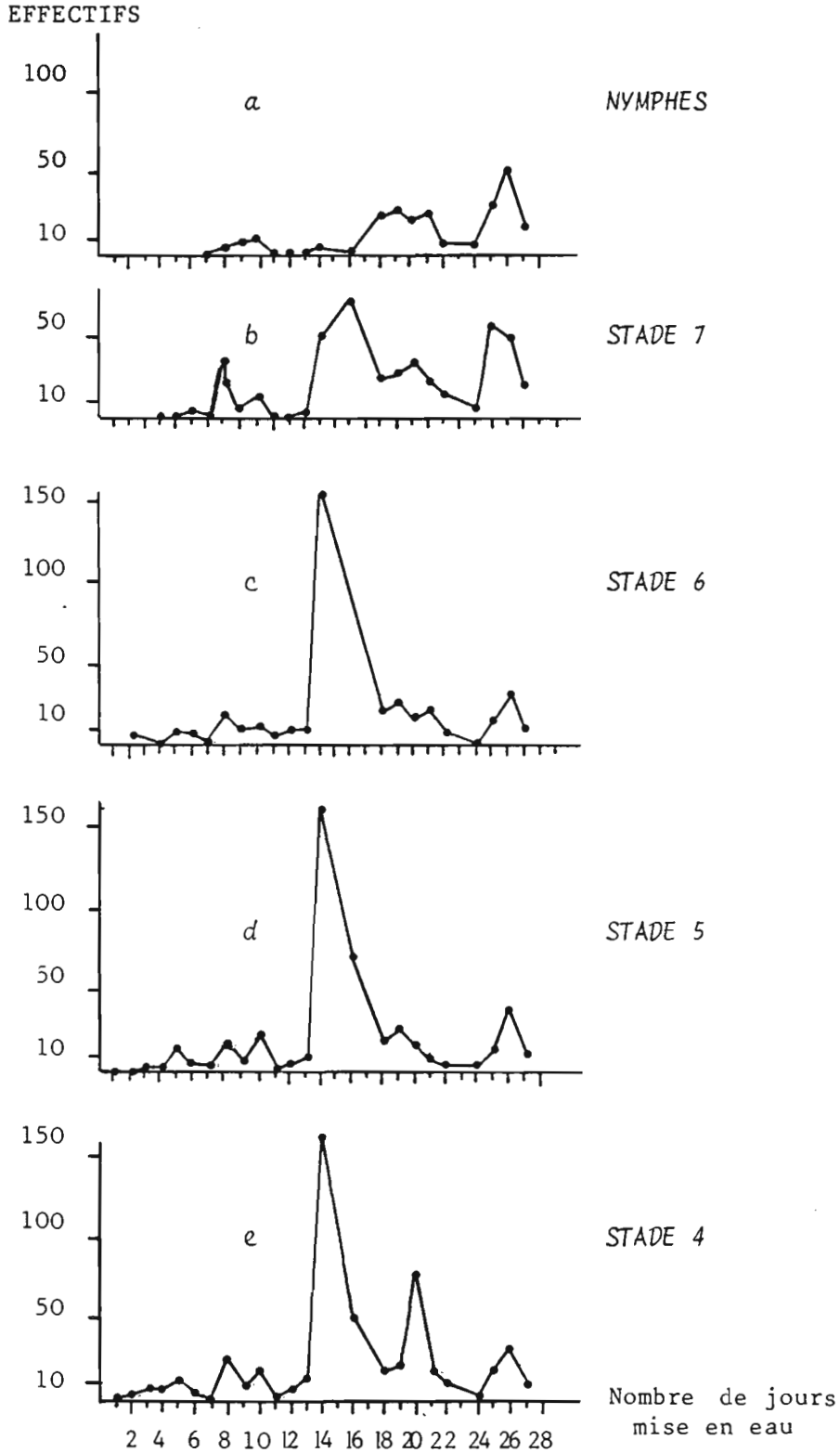
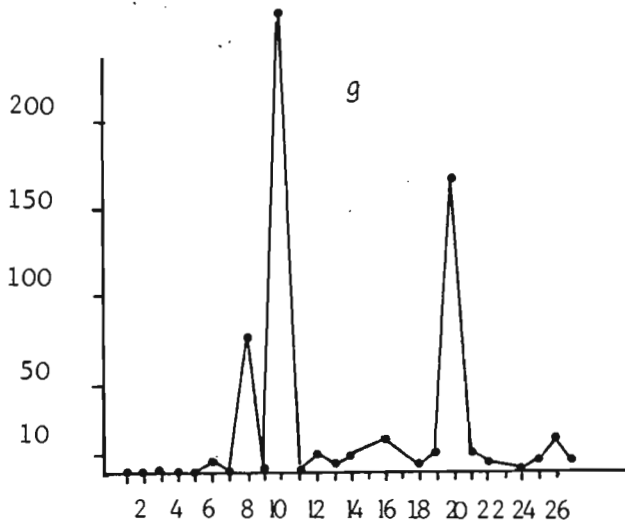
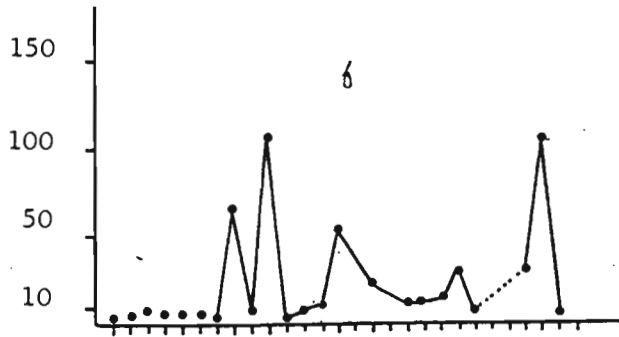


Figure 48.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai par les différents stades préimaginaux de *S. damnosum s.l.*. Expérience réalisée en la station I (Maraoué); la rivière n'étant pas traitée au téméphos dans le cadre d'OCP.

FIGURE 48 (suite)



Nombre de jour de mise en eau

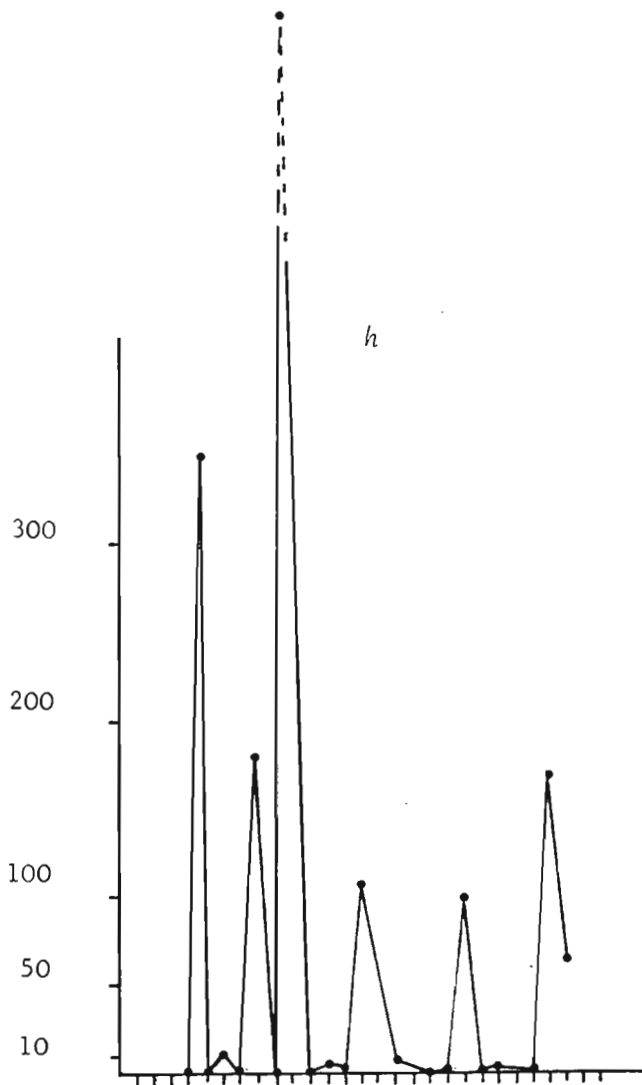


Figure 49.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type bandelettes par l'ensemble des stades préimaginaux de *S.dannosum* s.l.

Figure 50.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type bandelette par les différents stades préimaginaux de *S.dannosum* s.l.

EFFECTIFS

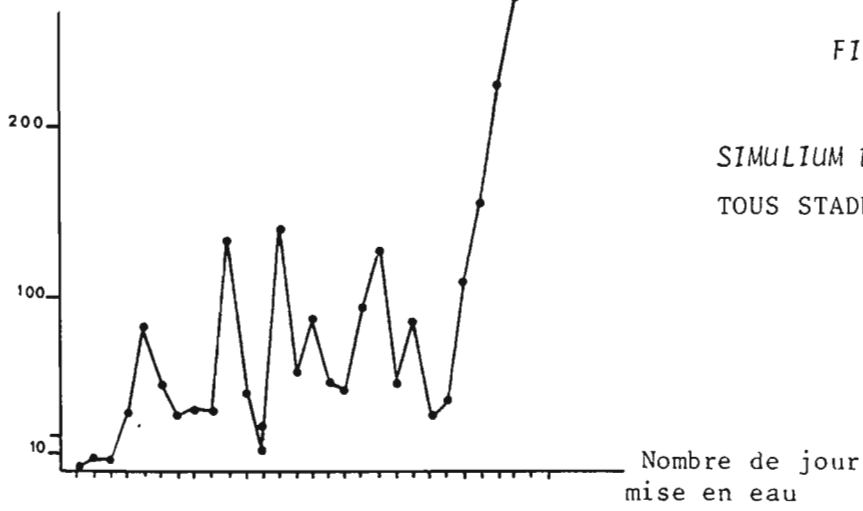
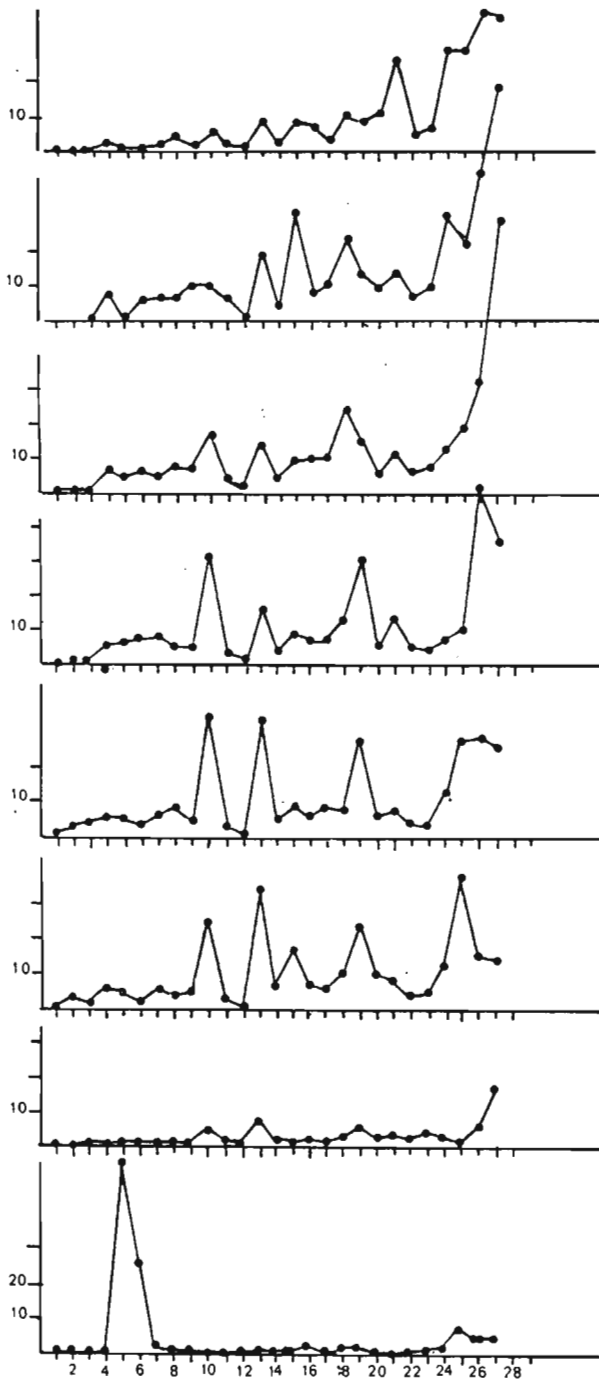


FIGURE 49

*SIMULIUM DAMNOSUM*  
TOUS STADES CONFONDUS

FIGURE 50

EFFECTIFS



*SIMULIUM DAMNOSUM* NYMPHES

A

*SIMULIUM DAMNOSUM* ST. 7

B

*SIMULIUM DAMNOSUM* ST. 6

C

*SIMULIUM DAMNOSUM* ST. 5

D

*SIMULIUM DAMNOSUM* ST. 4

E

*SIMULIUM DAMNOSUM* ST. 3

F

*SIMULIUM DAMNOSUM* ST. 2

G

*SIMULIUM DAMNOSUM* ST. 1

Nombre de jours de  
mise en eau

FIGURE 51.

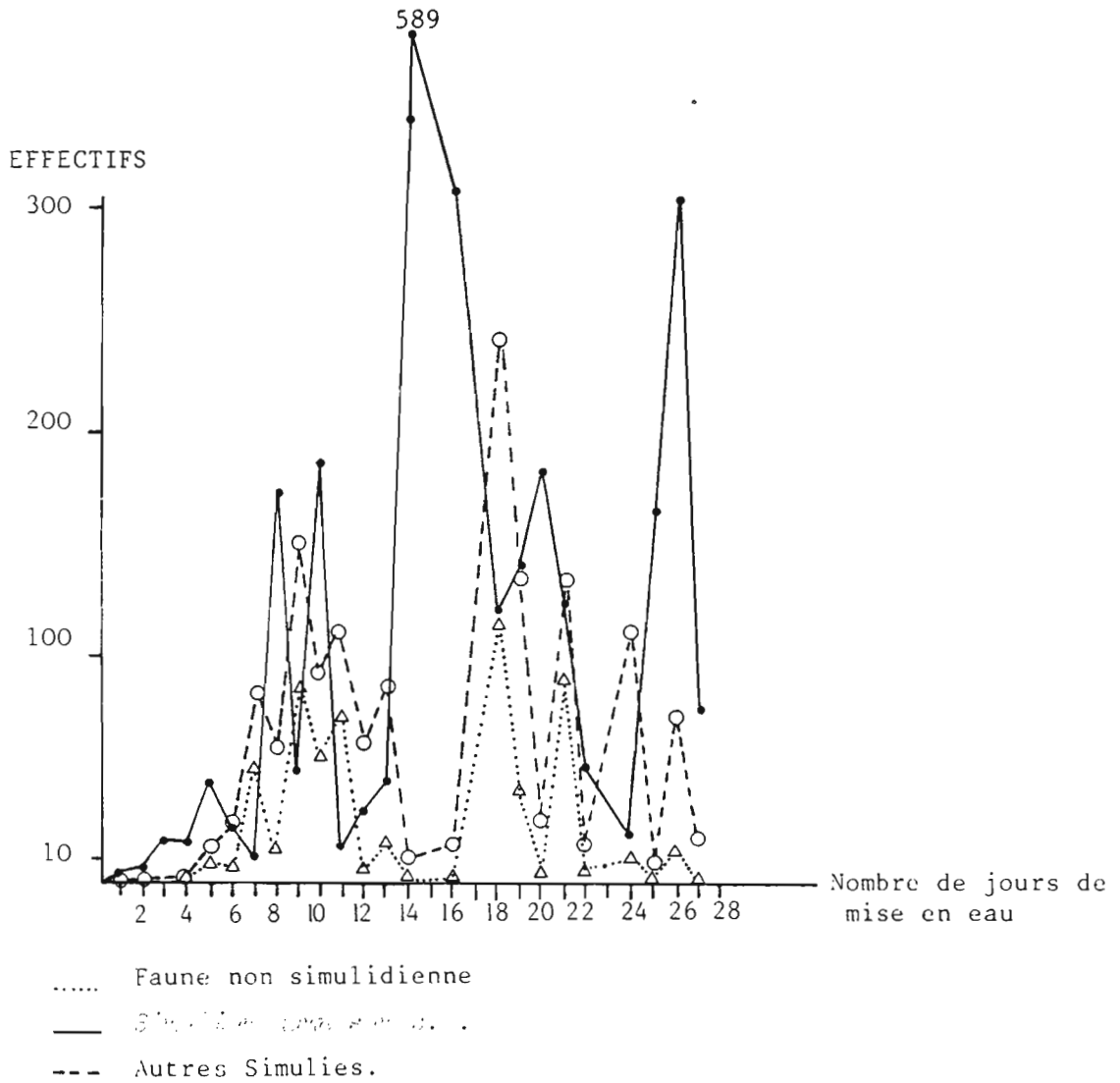


Figure 51.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai par l'ensemble de la faune lotique et par les *Simulium* autres que *Simulium darnosum s.l.*

EFFECTIFS

FIGURE 52 .

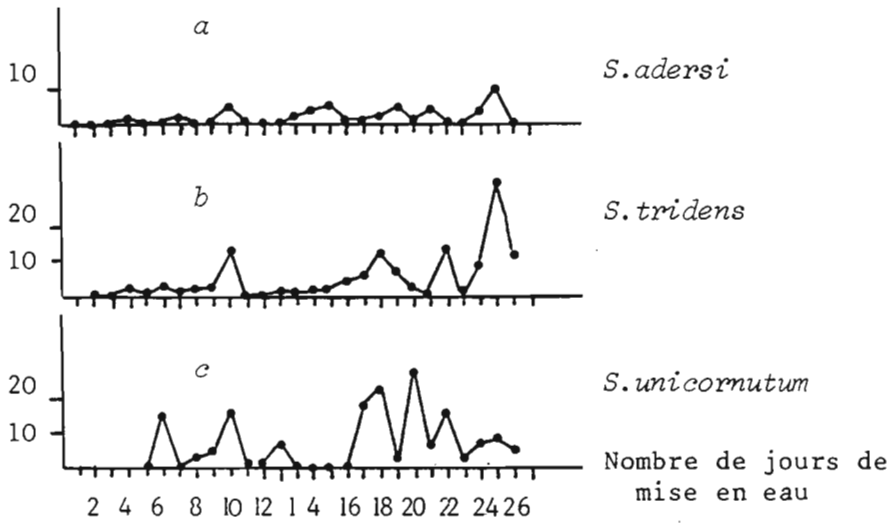


Figure 52.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type bandelette par trois espèces de Simulies: a : *Simulium adersi*; b : *Simulium tridens*; c : *Simulium unicornutum*.

EFFECTIFS

FIGURE 53.

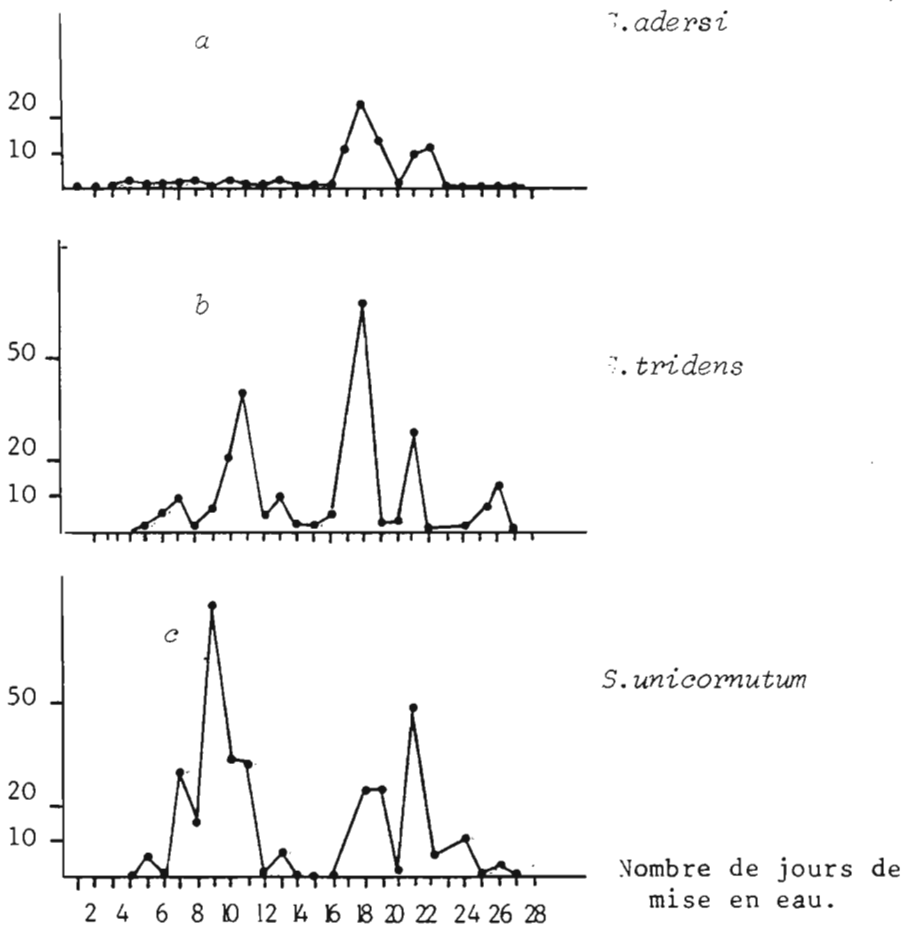


Figure 53.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai par trois espèces de Simulies : a : *Simulium adersi*; b : *Simulium tridens*; c : *Simulium unicornutum*





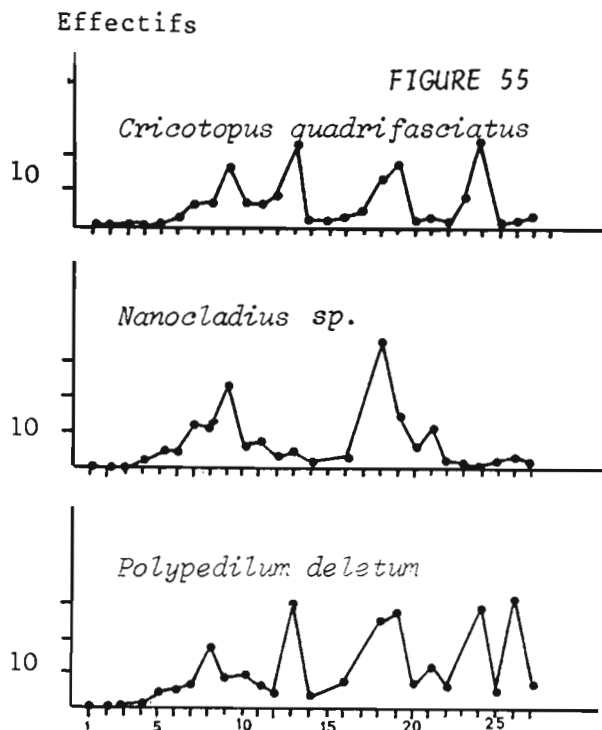
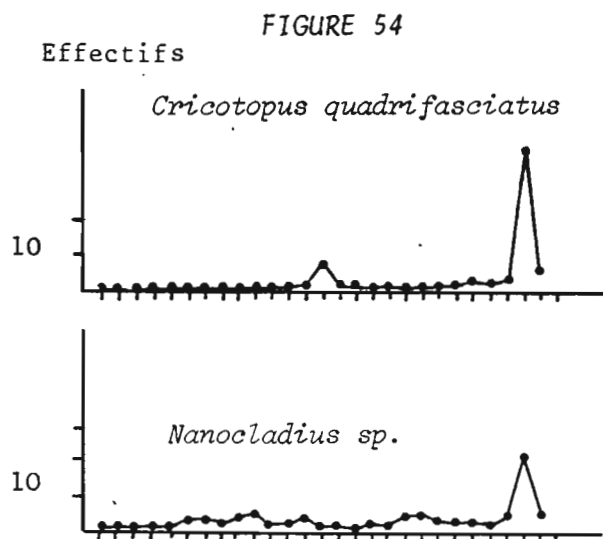


Figure 54.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type bandelette par deux espèces de Chironomides . a : *Cricotopus quadrifasciatus*; b : *Nanocladius sp.*

Figure 55.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai par trois espèces de Chironomides. a : *Cricotopus quadrifasciatus*; b : *Nanocladius sp.*; c : *Polypedilum deletum*.

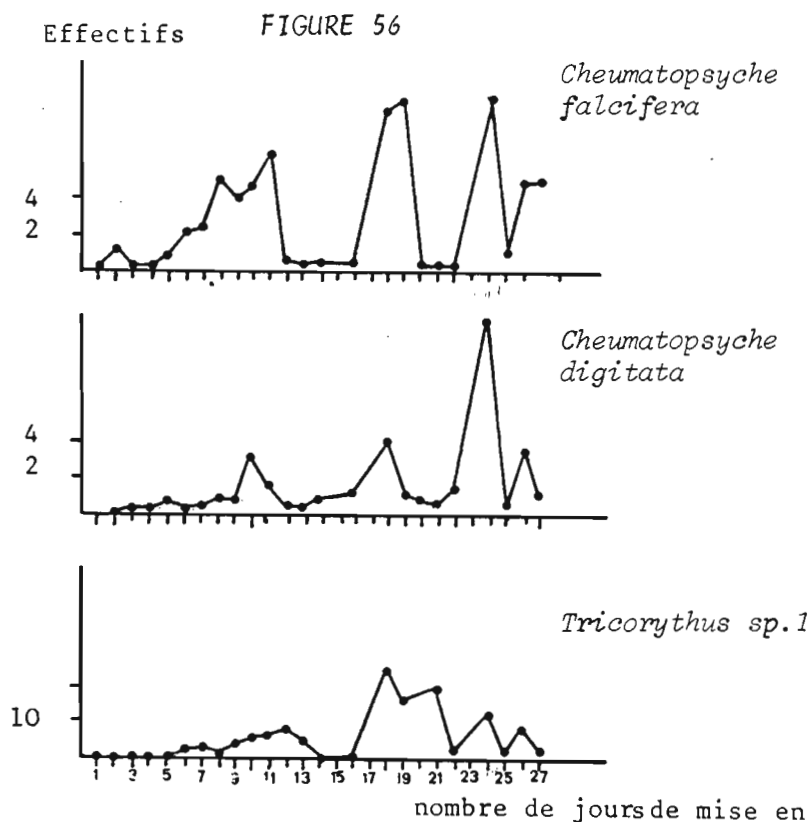


Figure 56.- Etude de la dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai par les Trichoptères *Cheumatopsyche falcifera* et *Cheumatopsyche digitata* ainsi que par l'Ephéméroptère *Tricorythus sp.1*.

Figure 57.- Etude des principaux facteurs influençant la colonisation des substrats artificiels de type balai . Analyse factorielle des correspondances appliquée aux effectifs codés de la totalité des prélèvements.

Interprétation de la figure 57.-

Les pourcentages d'inertie des deux premiers axes sont  $T1 = 21,12$  et  $T2 = 11,88$  %. Pour les variables, on note sur le premier axe une forte opposition entre les stades jeunes de *S.damnosum* s.l. et les deux espèces de Simulies *S.tridens* et *S.unicornutum*, ainsi que les espèces *Orthotrichia* sp. (T14), *Tricorythus* sp. (E01) et *Nanocladius* sp. (C13). Les deux espèces *S.tridens* (à l'exception des stades L7 et LN) et *S.adersi* s'opposent à *S.unicornutum* sur l'axe F2.

En ce qui concerne les prélèvements, si l'on excepte ceux des premiers jours situés à l'extrême droite du graphe et qui ne contiennent que des larves de *S.damnosum* s.l., on s'aperçoit qu'ils ne s'ordonnent pas selon un axe chronologique. La structure des communautés entomiques observées sur les balais, n'est que peu ou pas influencée par le facteur temps après les premiers jours. La disposition des variables sur le graphe rappelle celle obtenue lors des études des distributions sur le même bief, à l'aide des substrats balai et incite à penser que les variations des facteurs rhéologiques sont responsables de ces structures de communautés différentes.





TABLEAU 11 .

Etude de la dynamique de colonisation des substrats flottants.  
Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des  
principaux taxons lotiques aux deux premiers axes de l'analyse  
factorielle des correspondances.

	CTA		CTR	
	F1	F2	F1	F2
DAN	1.2	0.9	0.12	0.05
DA7	4.9	0.1	0.40	0.00
DA6	5.3	0.0	0.59	0.00
DA5	5.2	0.0	0.55	0.00
DA4	7.9	0.1	0.51	0.00
DA3	8.9	0.2	0.51	0.01
DA2	5.4	0.0	0.37	0.00
DA1	8.0	0.5	0.25	0.01
ADN	1.5	0.6	0.15	0.03
AD7	1.5	2.5	0.17	0.15
AD6	0.8	1.8	0.07	0.08
AD5	0.5	4.0	0.04	0.17
AD4	0.0	5.4	0.00	0.11
AD3	0.3	0.7	0.05	0.06
AD2	0.0	0.0	0.00	0.00
AD1	0.0	0.0	0.00	0.00
TRN	2.5	1.4	0.27	0.09
TR7	4.8	0.8	0.44	0.04
TR6	4.4	7.0	0.30	0.27
TR5	4.1	11.9	0.28	0.45
TR4	2.1	10.9	0.15	0.44
TR3	3.1	5.4	0.25	0.25
TR2	2.2	3.1	0.19	0.15
TR1	0.3	0.8	0.05	0.06
UNN	2.4	5.4	0.24	0.30
UN7	3.0	6.7	0.28	0.36
UN6	2.8	3.8	0.34	0.26
UN5	2.6	3.2	0.31	0.21
UN4	1.5	3.2	0.23	0.27
UN3	2.2	3.5	0.31	0.28
UN2	0.8	3.0	0.09	0.21
UN1	0.8	8.6	0.06	0.37
T01	0.3	1.1	0.03	0.06
T02	0.0	0.0	0.00	0.00
T10	0.4	0.9	0.04	0.06
T14	2.3	0.0	0.20	0.00
E01	2.8	0.1	0.36	0.00
E21	0.3	0.1	0.04	0.01
E31	0.0	0.6	0.00	0.01
C02	0.4	0.5	0.05	0.03
C13	1.3	0.5	0.16	0.04
CC5	0.1	0.0	0.02	0.00
CTA	1.0	0.9	0.06	0.03

TABLEAU 12 .

Etude de la dynamique de colonisation des substrats flottants. Comparaison des performances des substrats balais et des bandelettes. Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des principaux taxons lotiques aux deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances.

	CTA		CTR	
	F1	F2	F1	F2
DAN	1.6	1.5	0.21	0.06
DA7	4.8	2.3	0.47	0.07
DA6	4.5	1.6	0.57	0.06
DA5	5.0	2.6	0.59	0.09
DA4	7.8	3.1	0.58	0.07
DA3	9.8	2.1	0.60	0.04
DA2	11.6	0.0	0.60	0.00
DA1	18.0	5.6	0.50	0.05
ADN	1.1	5.3	0.19	0.26
AD7	2.3	2.9	0.40	0.15
AD6	2.1	2.3	0.36	0.12
AD5	2.0	0.3	0.32	0.01
AD4	1.0	1.3	0.11	0.04
AD3	0.8	0.0	0.09	0.00
AD2	0.2	0.1	0.02	10.00
AD1	0.2	1.0	0.02	0.02
TRN	1.7	0.0	0.34	0.00
TR7	3.2	0.1	0.62	0.00
TR6	2.8	0.0	0.52	0.00
TR5	2.5	0.3	0.47	0.02
TR4	1.8	0.2	0.30	0.01
TR3	1.5	0.2	0.23	0.01
TR2	0.4	0.0	0.06	0.00
TR1	0.0	0.0	0.00	0.00
UN1	0.2	2.2	0.03	0.09
T01	0.5	0.0	0.10	0.00
T02	2.6	1.4	0.37	0.06
T10	0.4	6.8	0.04	0.24
T14	2.0	0.0	0.39	0.00
E01	0.9	6.0	0.12	0.23
E21	3.0	0.1	0.44	0.00
E31	0.8	1.7	0.07	0.04
C02	0.0	6.2	0.00	0.38
C13	0.0	2.1	0.00	0.10
CC5	1.7	24.1	0.12	0.49
CTA	1.1	16.6	0.08	0.37

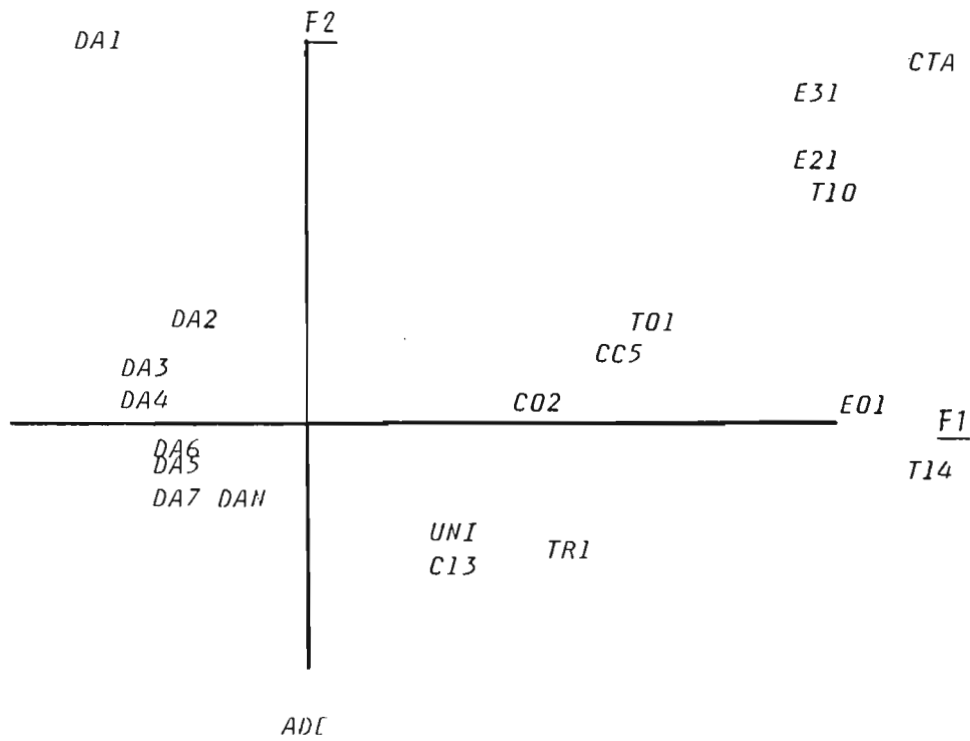


FIGURE 58 a

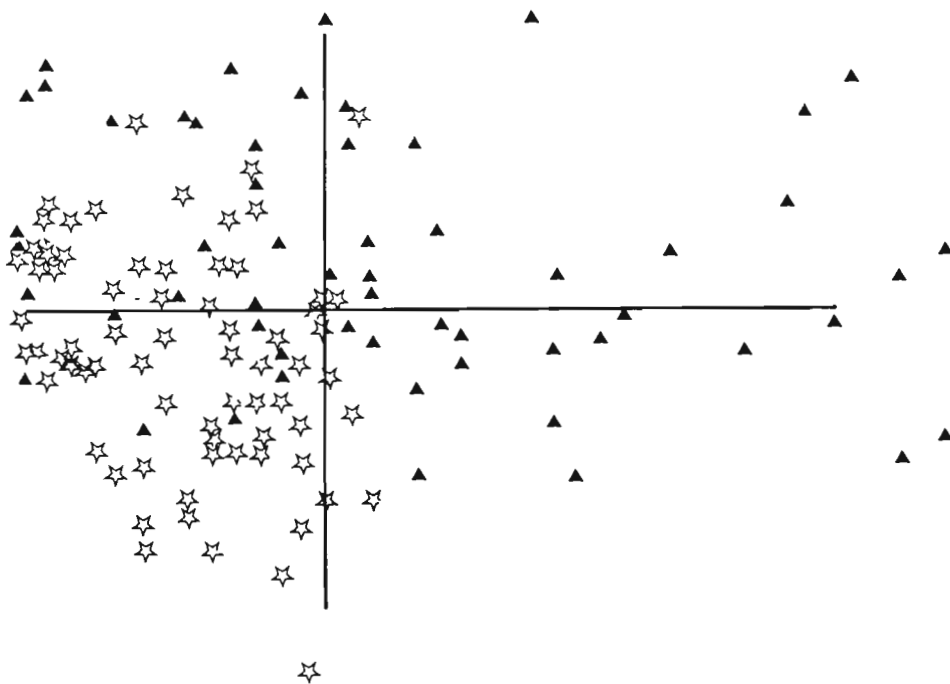


FIGURE 58 b

Figure 58.- Comparaison de l'efficacité des balais et des bandelettes dans la récolte des espèces entomiques associées à *S. damnosum* s.l. sur les substrats flottants. Plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances appliquée à la matrice commune bandelettes + balais.  
 Figure 58 a : plan de projection des variables  
 Figure 58 b : plan de projection des prélèvements.

▲ : Prélèvements "balais"

☆ : Prélèvements "bandelettes"

TABLEAU 13 .

Espèces prédatrices de Simulies  
signalées par différents auteurs.

TRICHOPTERES : TWINN (1939), HOCKING (1950), PETERSON (1960),  
ABDELNUR (1968).

Philopotamidae :

*Chimarra* spp. : CRISP (1956); PETERSON (1960); PETERSON & DAVIES (1960);  
SERVICE & LYLE (1975).

Polycentropodidae :

*Plectonemia* sp. : PACAUD (1942).

*Plectocnemia conspersa* Curtis : JONES (1949); HILDREW & TOWNSEND (1976).

*Polycentropus* sp. : PETERSON (1960).

*Polycentropus flavomaculatus* (Pictet) : JONES (1950).

Hydropsychidae : MIALL (1912) ; NOYES (1914) ; POMEROY (1916) ;  
DAVIES (1949, 1950); GRENIER (1943); CHUTTER (1971); SERVICE & LYLE  
(1975).

*Arctopsyche* sp. : PETERSON (1960).

*Arctopsyche grandis* (Banks) : MECOM (1972).

*Diplectrona modesta* Banks : PETERSON & DAVIES (1960).

*Cheumatopsyche* sp. : COFFMAN (1967); HYNES & WILLIAMS (1962); BURTON &  
MCRAE (1972).

*Cheumatopsyche analis* (Banks) : PETERSON & DAVIES (1960).

*Hydropsyche* spp. : POMEROY (1916); DAVIES (1934); WOLFE & PETERSON (1959);  
PETERSON & DAVIES (1960); CARLSSON (1962); HYNES & WILLIAMS (1962);  
CHUTTER (1968); BURTON & MCRAE (1972); MECOM (1972); RHAME & STEWART  
(1976).

*Hydropsyche colonica* McLachlan : CROSBY (1975).

*Hydropsyche dorsalis* (Curtis) : SCOTT (1958).

*Hydropsyche instabilis* (Curtis) : JONES (1949, 1950).

*Smicridea* sp. : DALMAT (1955).

Rhyacophilidae : KURTAK (1978).

*Rhyacophila* spp. : GRENIER (1943, 1953); PETERSON (1960); CARLSON (1962).



## TABLEAU 13 . SUITE (1)

*Rhyacophila dorsalis* (Curtis) : SLACK (1936); JONES (1950).

*Rhyacophila fuscula* Banks : PETERSON & DAVIES (1960); EZENWA (1974).

*Rhyacophila oblitera* McLachlan : JONES (1949).

*Hydrobiosus parumbripennis* McFarlane : CROSBY (1975).

Glossosomatidae

*Agapetus* sp. : GRENIER (1943).

Hydroptilidae : BURTON & MCRAE (1972).

*Orthotrichia* spp. : BURTON & MCRAE (1972); DISNEY (1973); TSACAS & DISNEY (1974).

*Phryganeidae* (*Phryganea* sp.) : GRENIER (1943).

Brachycentridae

*Brachycentrus* sp. : PETERSON (1960).

*Brachycentrus americanus* (Banks) : MECOM (1972).

Limnophilidae : FRIEDERICHS (1919); PETERSON (1960).

*Anabolia* sp. : ENDERLEIN (1931).

*Halesus ruficollis* Pictet : PACAUD (1942).

*Neophylax* sp. : PETERSON & DAVIES (1960).

Helicopsychidae :

*Microcaddis* larvae : BURTON & MCRAE (1972).

ODONATES : DRUMMOND (1933); TWINN (1939); DAVIES (1949); GRENIER (1943); PETERSON & DAVIES (1960).

Gomphidae :

*Paragomphus hageni* Selys : CRISP (1956a).

Aeschnidae :

*Aeschna canadensis* Walker : PRITCHARD (1964).

*Aeschna eramita* Scudder : PRITCHARD (1964).

*Aeschna umbrosa* Walker : PETERSON & DAVIES (1960).

Corduliidae :

*Cordulia shurtleffi* Scudder : PRITCHARD (1964).

*Epitheca* (ou *Tetragoneuria*) *spinigera* : PRITCHARD (1964, 1978).

## TABLEAU 13. SUITE (2)

Libellulidae :

- Brachythemis lacustris* Kirby : CRISP (1956a).  
*Libellula* sp. : DALMAT (1955).  
*Orthotrum chrysostigma* Burmeister : CRISP (1956a).  
*Sympetrum internum* Montgomery : PRITCHARD (1964).  
*Trithemis donaldsoni* Burmeister : CRISP (1956a).  
*Zygonyx flavicosta* : SERVICE & LYLE (1975).

Platycnemididae :

- Mietacnemis singularis* : SERVICE & LYLE (1975).

Indéterminé :

- Phaon iridipennis* Burmeister : CRISP (1956a).

Calopterygidae :

- Calopteryx maculata* (Beauvois) : PETERSON & DAVIES (1960).  
*Hetarina* sp. : DALMAT (1955).

EPHEMEROPTERESBaetidae :

- Baetis* spp. : CRISP (1956a).  
*Centroptiloides bifasciata* (Esben-Petersen) : AGNEW (1962).

Heptageniidae : GRENIER (1953).

- Heptagenia dalecarlica* Bengtsson : CARLSSON (1962).

Ecdyonuridae :

- Afronurus* sp. : CRISP (1956a).

THYSANOPTERES :

- Aelothripidae : GRENIER (1943).

COLEOPTERES (aquatiques spp.) :

- Dytiscidae : SERVICE & LYLE (1975).

- Agabus* sp. : PETERSON (1960).

## TABLEAU 13 . SUITE (3)

*Oreodytes daviisi* (Curtis) : JONES (1950).

*Oreodytes septentrionalis* (Gryll.) : JONES (1949).

Gyrinidae :

*Aulonogyrus striatus* L. : VAILLANT (1951), GRENIER (1953).

Hydrophilidae :

*Anacaena limbata* (Fab.) : PETERSON (1960).

*Cymbiotyda* sp. : PETERSON (1960).

Staphylinidae : CRISP (1956a), PETERSON (1960).

Elmidae : CRISP (1956a), PETERSON (1960).

PLECOPTERES :

Perliidae : GRENIER, 1953

*Acronevria californica* Banks : SHELDON (1969).

*Claassemia sabulosa* (Banks) : FULLER et STEWART (1977).

*Hesperoperla pacifica* (Banks) : FULLER et STEWART (1977).

*Neoperla* sp. : HYNES & WILLIAMS (1962).

*Neoperla clymene* (Newman) : VAUGHT & STEWART (1974).

*Neoperla spio* Newman : CRISP (1956 a et b).

*Paragnetina immarginata* (Say) : WOLFE et PETERSON (1959).

*Perla bipunctata* Pictet : HYNES (1941); JONES (1949); MACKERETH (1957).

*Perla ou Dinocras cephalotes* Curtis : HYNES (1941); JONES (1949);  
CARLSSON (1962).

Perlodidae :

*Acrynopteryx picticeps* Hanson : SHELDON (1972).

*Cultus aestivalis* (Needham et Claassen) : FULLER & STEWARD (1977).

*Dictyopterygella bicaudata* : HYNES (1941).

*Divra* spp. : CARLSSON (1962); SHELDON (1972); ZWICK (1978).

*Hydroperla crosbyi* (Needham et Claassen) : OBERNDORFER & STEWART (1977).

*Isogenoïdes zionensis* (Hanson) : FULLER & STEWART (1977).

*Isoperla* spp. : CARLSSON (1962).

*Isoperla grammatica* (Poda) : HYNES (1941), MACKERETH (1957);  
CARLSSON (1962).

## TABLEAU 13 . SUITE (4)

*Perlodes* spp. : CARLSSON (1962).

*Perlodes microcephala* (Pictet) : HYNES (1941); JONES (1950);  
MACKERETH (1957).

*Skwala parallela* (Frison) : FULLER & STEWART (1977).

Chloroperlidae :

*Chloroperla torrentium* (Pictet) : HYNES (1941).

*Swailla* sp. : FULLER & STEWART (1977).

*Sweltsa* sp. : FULLER & STEWART (1977).

*Triznaba* sp. : FULLER & STEWART (1977).

MEGALOPTERES

*Corydalis cornutus* : STEWART *et al.* (1973).

TABLEAU 14 .

Liste des prédateurs potentiels des larves de *S. damnosum s.l.*,  
 nombre d'individus testés, pour chaque espèce et pourcentage  
 de réactions positives avec l'antisérum - *S. damnosum s.l.*

<u>Récolte de Novembre 1977</u>		
Taxons	No. testés	% positifs
<b>Trichoptères</b>		
Hydropsychidae		
<i>Cheumatopsyche falcifera</i>	20	3.5- 4.0
<i>C. digitata</i>	2	0
<i>Amphipsyche senegalense</i>	31	16.1-19.4
<b>Ephéméroptères</b>		
Tricorythidae		
<i>Neurocaenis sp.</i>	5	0
Heptageniidae		
<i>Afronurus sp.</i>	1	0
Baetidae		
<i>Centroptilum sp. 1</i>	3	0
<b>Coléoptères</b>		
Dytiscidae		
<i>Cybister tripunctatus</i>	2	100.0
<b>Odonates</b>		
Libellulidae		
<i>Zygonyx torrida</i>	2	50.0
<b>Plécoptères</b>		
Neoperlidae		
<i>Neoperla spio</i>	2	0
<b>Diptères</b>		
Chironomidae		
<i>Cricotopus quadrifasciatus</i>	9	0

TABLEAU 14 (SUITE 1).

Récoltes de Décembre 1978 et Janvier 1979

Taxons	No. testés	% positifs
<b>Trichoptères</b>		
Hydropsychidae		
<i>Cheumatopsyche falcifera</i>	289	34.0-34.9
<i>C. digitata</i>	123	29.3-30.1
<i>Amphipsyche senegalense</i>	51	15.7
<i>Aethaloptera dispar</i>	58	19.0
<i>Macronema sp.</i>	106	18.9-21.7
Polycentropodidae		
<i>Dipseudopsis sp.</i>	1	100.0
Hydroptilidae		
<i>Orthotrichia sp.</i>	6	0
Philopotamidae		
<i>Chimarra petri</i>	22	36.4
Leptoceridae		
<i>Leptocerus sp.</i>	2	0
<i>Oecetis sp. 1</i>	1	0
<i>Oecetis sp. 2</i>	5	20.0
<i>Ceraclea sp.</i>	9	22.2
Ecnomidae		
<i>Ecnomus sp.</i>	2	50.0
<b>Ephéméroptères</b>		
Tricorythidae		
<i>Tricorythus sp.</i>	571	10.5
<i>Neurocaenis sp.</i>	20	0
Heptageniidae		
<i>Afronurus sp.</i>	9	22.2
Caenidae		
<i>Caenomedea sp.</i>	3	0
Baetidae		
<i>Pseudocloeon bertrandi</i>	36	2.8
<i>Baetis sp.</i>	1	0
<i>Centroptilum sp. 1</i>	35	5.7
<i>Centroptilum sp. 2</i>	30	0
<i>Centroptilum sp. 3</i>	1	0
<i>Centroptilum sp. 4</i>	6	16.7
<b>Coléoptères</b>		
Elmidae		
<i>Potamodytes marshalli</i>	52	17.3
<i>Potamodytes sp. 1</i>	2	50.0
<i>Potamodytes sp. 2</i>	6	0
<i>Elmidae sp. 1</i>	1	0
<i>Elmidae sp. 2</i>	4	25.0-50.0
<i>Elmidae sp. 3</i>	2	0
Hydrophilidae	1	0
<b>Odonatès</b>		
Libellulidae		
<i>Zygonyx torrida</i>	10	30.0-40.0

TABLEAU 14 (SUITE 2).

Récoltes de Décembre 1978 et Janvier 1979 (suite)

Taxons	No. testés	% positifs
<b>Plécoptères</b>		
Neoperlidae		
<i>Neoperla spio</i>	1	0
<b>Lépidoptères</b>		
Pyralidae	6	0
<b>Diptères</b>		
Chironomidae		
<i>Cricotopus sp.</i>	34	0
<i>Ablabesmyia pictipes</i> (Kieffer)	2	0
<i>Tanytarsus sp.</i>	1	0
<i>Cryptochironomus sp.</i>	3	0
Orthoclaadiinae sp.	36	2.8
Dolichopodidae (larves)	4	100.0

TABLEAU 15 .

Pourcentages de réactions positives au test des précipitines avec l'anticorps anti-*S.damosum* s.l., des principales espèces de Trichoptères Hydropsychidae et importance de la population de *S.damosum* s.l. dans les communautés lotiques colonisant les différents types de substrats (en %)

Taxons	Rochers	Dessous pierres	Tiges <i>Ficus</i>	Racines <i>Ficus</i>	Tiges <i>Chloris</i>	Feuilles <i>Ficus</i>
<i>C.falciifera</i>	40,1	60,7	24,6	8,4	36,7	0
<i>C.digitata</i>	25,0	38,0	48,0	16,7	12,5	-
<i>A.senegalense</i>	53,9	13,6	10,0	-	0	-
<i>Macronema</i> sp.	0	19,5	-	-	-	-
<i>A.dispar</i>	12,5	18,8	-	-	-	-
% <i>S.damosum</i>	20,9	0	55,7	54,1	75,6	97,3
% Trichoptères	22,5	58,8	28,9	10,4	10,1	1,1



TROISIEME PARTIE

-----

IMPACT A COURT TERME

-----



TABLEAU 16

Effectifs des taxons les plus abondants récoltés dans les prélèvements de dérive en la station I en mars 1979 avant (AVT) et après (APT) l'épandage de téméphos.

Traitements	AVT										APT																	
	6.III.1979										7.III.1979																	
Dates																												
Taxons	16 00	18 00	20 00	22 00	24 00	2 00	4 00	6 00	8 00	8 50	9 15	9 30	9 45	10 00	10 30	11 00	11 30	12 00	14 00	16 00	18 00	20 00	22 00	24 00	2 00	4 00	6 00	8 00
<i>Chewnatopsyche</i>	10	9	34	49	40	62	182	53	53	35	48	165	1020	1204	882	906	801	804	124	204	65	70	50	46	51	40	14	22
<i>Macronema</i>	8	7	26	30	20	40	119	9	7	8	30	96	324	432	333	165	162	60	17	26	17	16	18	20	28	26	3	12
<i>Aethaloptera</i>	-	2	-	-	7	2	18	-	-	1	-	-	27	8	24	12	15	6	7	6	1	-	3	6	3	1	-	-
<i>Orthotrichia</i>	3	-	6	2	2	6	13	-	1	-	-	1	-	-	3	-	-	-	4	4	2	6	3	2	4	4	1	-
<i>Stactobia sp.</i>	4	-	2	2	1	4	2	-	1	1	-	6	-	-	3	-	3	30	15	24	10	10	4	2	1	6	3	2
<i>Chimarra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baetidae	15	10	94	70	24	20	34	41	14	10	1515	369	441	370	354	372	192	186	23	16	4	14	5	5	5	-	3	-
Caenidae	15	1	12	26	10	20	53	186	11	8	9	9	12	14	9	42	21	66	53	134	51	49	50	38	49	44	22	31
Tricorythidae	3	-	-	4	3	8	3	8	1	-	3	21	102	94	105	90	69	42	14	14	3	7	-	3	7	1	2	-
Leptophlebiidae	3	1	-	-	4	8	23	7	1	1	51	42	63	92	102	54	57	102	6	14	4	7	12	10	12	17	6	1
Heptageniinae	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	4	3	3	-	6	2	-	-	3	1	2	-	-	-	1
Tanypodiinae	3	2	24	30	7	6	5	2	-	-	-	-	81	70	48	33	33	48	8	40	24	14	7	13	25	20	-	1
Chironomini	12	11	36	18	15	30	28	10	11	8	384	261	108	76	186	123	162	120	30	40	40	49	24	34	38	15	12	12
Tanytarsini	2	5	8	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	5	1	-	1	-	-	1
Orthoclaudiinae	34	25	6	6	-	24	7	3	7	10	96	72	57	42	30	45	45	78	30	44	23	20	17	5	17	15	8	14
<i>S. damnosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Simulies autres	6	7	8	24	11	18	26	4	14	8	441	150	63	36	33	30	27	18	2	10	2	3	1	1	1	2	-	-
Tipulidae	30	9	14	14	3	10	5	4	3	2	3	6	27	54	48	36	69	78	16	60	24	31	26	14	14	14	5	7
Crambidae	1	4	2	12	-	-	4	4	-	2	-	3	6	10	33	9	33	72	9	38	11	-	6	3	4	3	2	2
Hydracariens	5	3	24	8	7	10	11	1	2	5	12	15	18	8	9	9	9	6	3	4	1	13	-	4	14	7	3	2
Faune totale	170	105	326	309	166	297	578	340	132	114	2604	1264	2406	2544	2247	1980	1747	1770	385	702	306	341	264	232	330	253	93	130

Figure 59.- Impact du téméphos sur la dérive des Insectes lotiques. Résultat de l'expérience réalisée en mars 1979, permettant d'une part, d'étudier les caractéristiques de la dérive naturelle des Insectes lotiques (16 premières heures d'observation), et d'autre part, d'apprécier l'impact à court terme du téméphos.

La plupart des organismes possède un rythme nycthéméral de dérive de type *bigeminus*, à l'exception des Caenidae dont le rythme est typiquement *alternans* avant l'épandage.

Le téméphos entraîne une réaction de décrochement prompt et massive de tous les organismes, sauf chez les Caenidae. Pour la plupart des taxons, l'acrophase nocturne est maintenue et le nombre d'organismes dérivants n'est pas nul 24 heures après l'épandage.

a : faune totale ; b : Baetidae et *Tricorythus* sp. ; c : *Cheumatopsyche*, *Amphipsyche* et *Macronema* ; d : *Leptophlebiidae* ; e : Caenidae ; f : Simulies ; g : Chironomini ; h : Tipulidae et Pyralidae (Crambidae) ; i : Tanypodiinae et Orthoclaudiinae.

Figure 60.- Impact du téméphos sur la dérive des Insectes lotiques. Suite de l'expérience réalisée en mars 1979.

La plupart des organismes possède un rythme nycthéméral de dérive de type *bigeminus*.

Le téméphos entraîne un décrochement prompt et massif chez les Simulies (a) et les Chironomini (b), plus étalé dans le temps chez les Tipulidae, Pyralidae (c), les Tanypodiinae et les Orthoclaudiinae (d).

# Dérive-Station I-Mars 1979

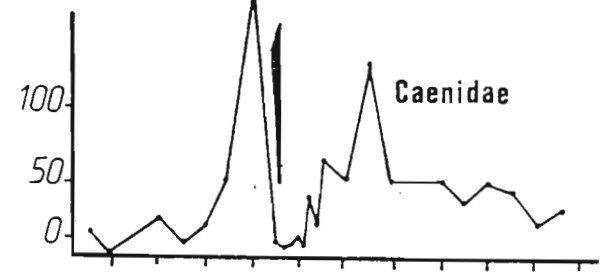
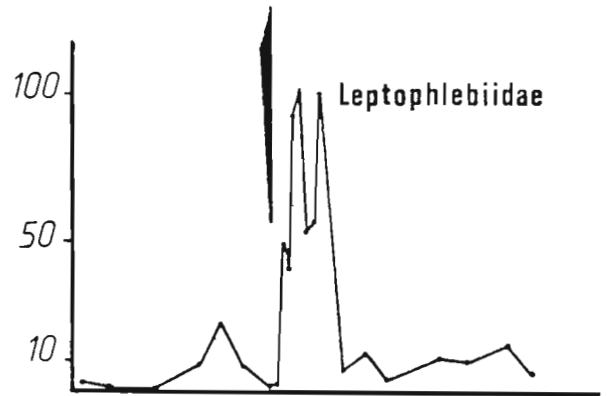
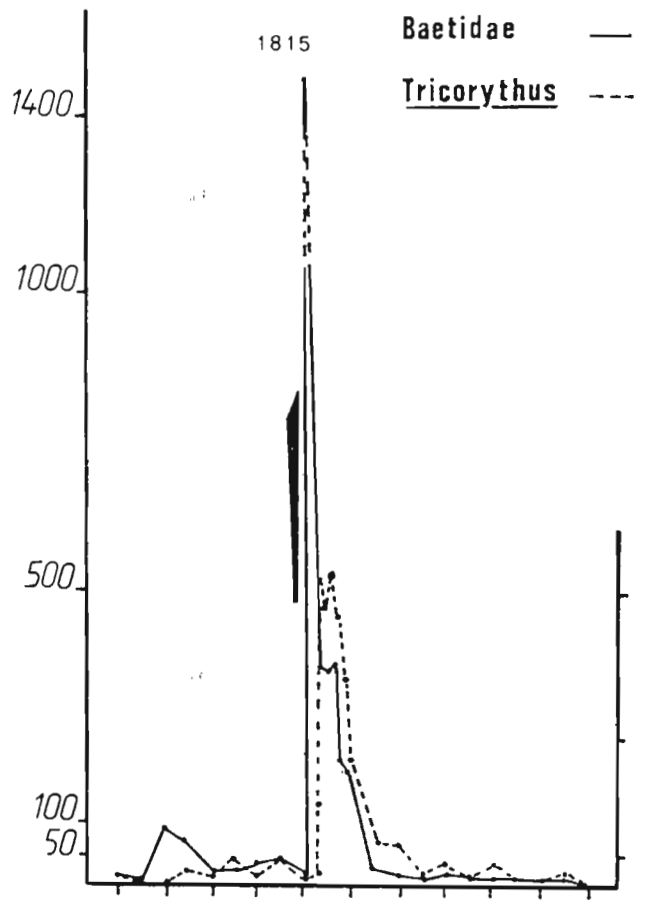
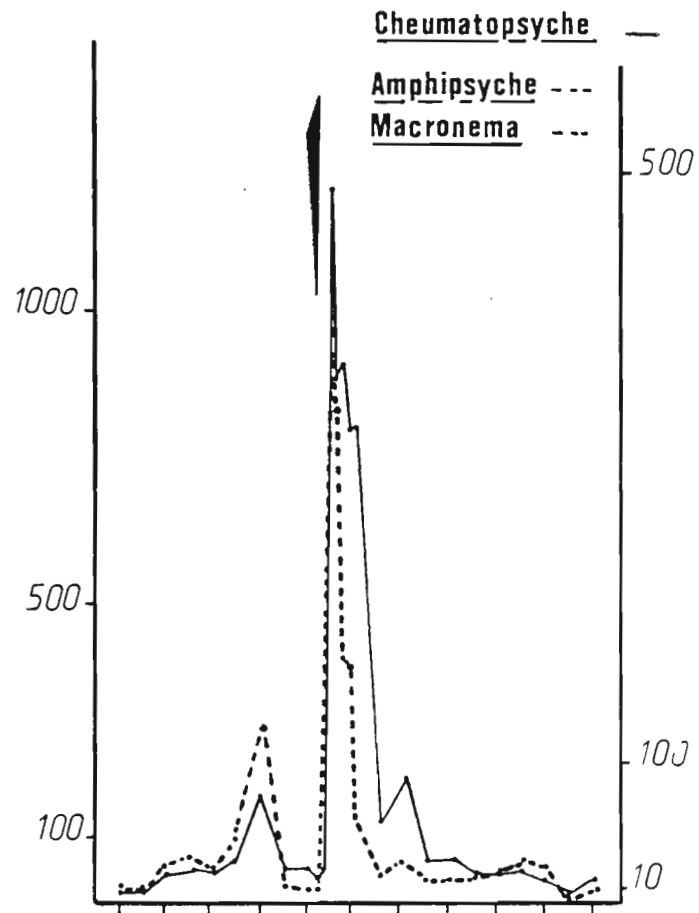
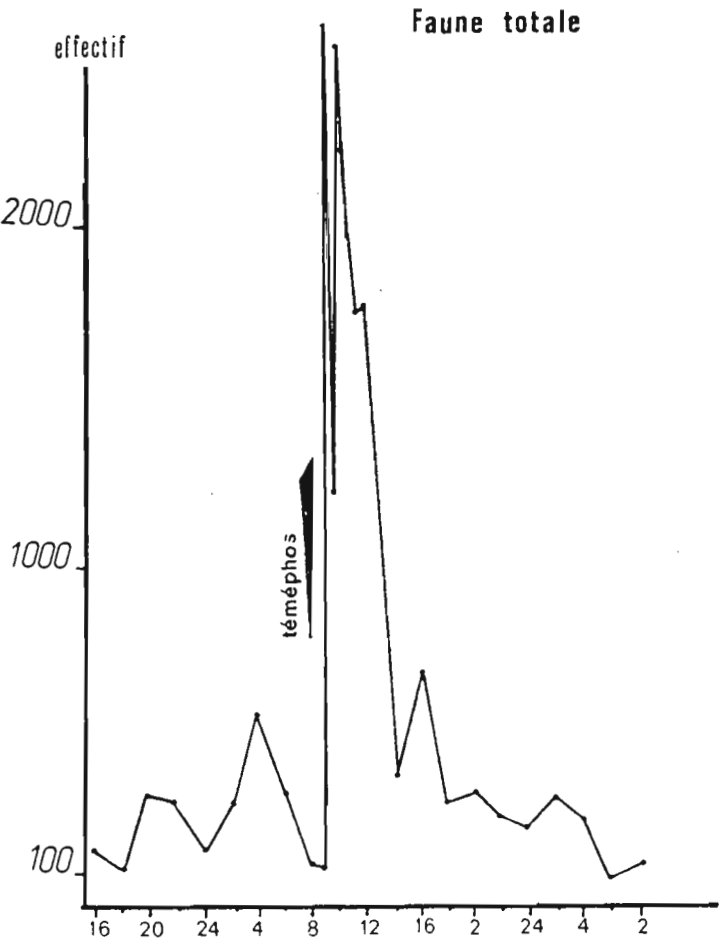


FIGURE 59



# Dérive - Station I - Mars 1979

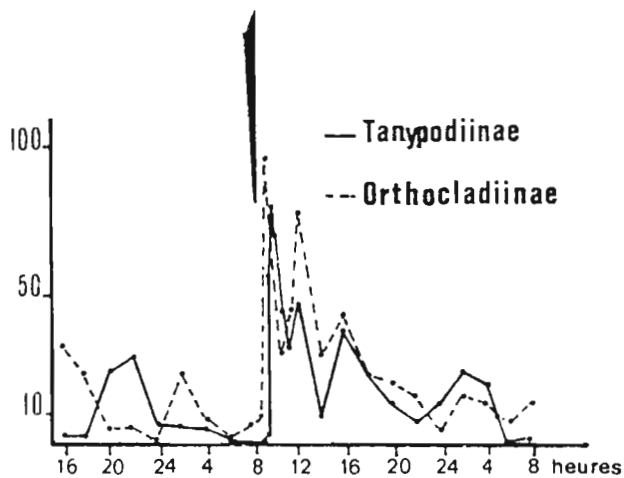
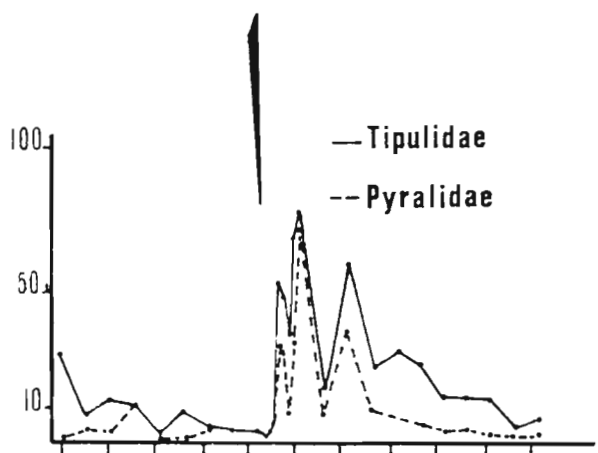
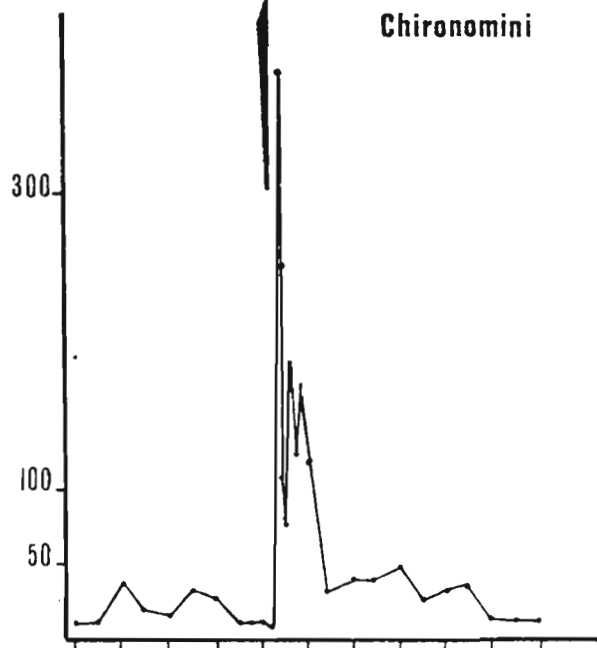
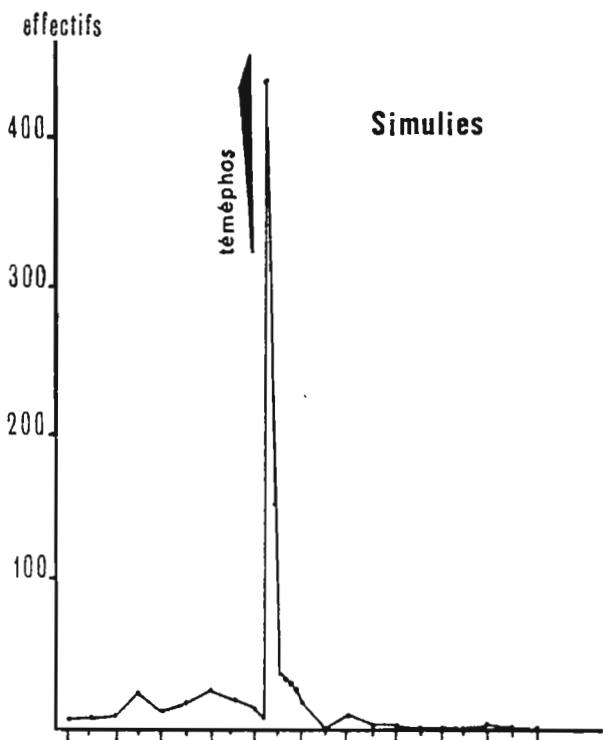


FIGURE 60

TABLEAU 17.

Action du téméphos sur la dérive des Insectes lotiques. Rapport d'augmentation instantanée maximale (Rmx), rapport d'augmentation pondérée (Rpd) et rapports des indices de dérive de nuit et de jour avant (RID.AVT) et après (RID.APT) le passage de l'insecticide, obtenus dans les trois expériences .

EXPERIENCE	<i>Mars 1979</i>			
	Rmx	Rpd	RID.AVT	RID.APT
Simulies	29,6	11,03	1,33	0,30
Ephéméroptères	58,4	24,6	3,0	0,45
Trichoptères	26,5	22,9	2,96	0,38
Chironomides	28,5	15,8	1,45	0,70
Total	19,7	12,1	1,92	0,64
EXPERIENCE	<i>Décembre 1979</i>			
Simulies	33,7	26,6	3,2	2,0
Ephéméroptères	41	26,0	14,0	2,21
Trichoptères (237)		148	19,0	3,25
Chironomides	4,9	3,4	3,2	2,04
Total	21,3	13,9	7,5	2,4
EXPERIENCE	<i>Avril 1980</i>			
Simulies	4,5	2,3	-	0,44
Ephéméroptères	2,8	2,4	2,36	2,38
Trichoptères	2,8	2,3	0,95	0,45
Chironomides	1,5	2,2	1,39	1,19
Total	2,3	2,2	1,39	0,75





TABLEAU 19.

Effectifs des espèces les plus abondantes récoltées dans les prélèvements de dérive effectués en la station III (YAOKKO) en Avril 1980, avant épandage du téméphos. (les effectifs de la faune totale correspondent au nombre par prélèvements des effectifs mentionnés dans le tableau, augmenté de l'abondance des espèces rares)

Dates	21.IV.1980							22.IV.1980										23.IV.1980																								
	Heures							200	400	600	800	1000	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1730	1800	1900	2000	2200	2400	200	400	600	800	1000	1200	1230	1300	1315	1330	1345	1400	1415	1430	1445	1500	1515	
Taxons	1500	1530	1600	1800	2000	2200	2400	200	400	600	800	1000	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1730	1800	1900	2000	2200	2400	200	400	600	800	1000	1200	1230	1300	1315	1330	1345	1400	1415	1430	1445	1500	1515	
<i>C. falcifera</i>	12	17	14	11	20	26	23	22	26	6	8	27	22	25	11	16	25	12	25	6	14	16	7	9	26	10	15	21	25	22	7	14	10	20	26	20	15	24	23	24	24	
<i>Orthotrichia</i> sp.	-	1	4	-	2	2	5	4	-	1	-	2	-	1	2	1	-	-	1	-	2	-	-	-	2	-	1	-	3	1	-	-	-	1	-	1	-	1	2	-	-	
<i>P. bertrandi</i>	1	1	3	3	2	10	4	3	2	2	1	1	-	1	2	3	2	1	1	2	10	4	3	-	3	2	2	2	-	2	4	2	7	-	5	3	1	4	2	2	3	
<i>Centroptilum</i> sp.	-	2	2	-	4	-	4	1	1	-	1	1	0	3	1	6	2	4	2	4	1	4	2	2	1	3	7	2	-	-	3	1	3	1	1	1	1	3	4	2	1	
<i>Caenomedea</i> sp.	-	-	1	-	20	21	38	24	21	6	6	2	1	-	3	-	5	-	3	2	4	7	28	12	46	17	18	19	4	2	7	5	3	2	3	-	3	1	5	2	6	
<i>Caenodes</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>A. pictipes</i>	2	-	3	1	6	4	-	2	5	2	5	-	2	4	4	1	-	-	1	1	2	3	5	-	2	-	2	2	1	-	-	3	4	3	3	2	2	3	-	-	5	
<i>P. deletum</i>	-	2	2	2	3	1	4	4	1	3	5	3	3	1	-	2	5	-	3	-	5	4	2	-	3	1	3	2	3	2	1	1	1	2	-	1	2	3	3	4		
<i>Tonytarsus</i> sp.	-	1	2	-	-	-	1	-	1	-	-	2	-	-	-	1	-	3	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	1	2	1	1	1	-	-	3	
<i>Nanocladius</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>C. quadrifasciatus</i>	2	2	4	5	2	1	8	1	2	2	3	2	4	1	3	4	3	4	12	3	7	4	3	1	7	-	3	5	2	2	8	10	4	6	6	6	7	8	8	8	8	
<i>S. tridens</i>	-	-	-	1	2	1	1	-	1	1	-	-	2	2	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	2	6	3	1	1	3	3	2	2	
<i>S. schoutedeni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
Tipulidae	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	1	-	1	-	1	-	2	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
Hydracariens	3	-	-	2	4	2	1	3	-	-	6	6	1	1	2	2	1	1	5	1	-	2	-	2	1	-	2	5	5	3	3	2	5	2	11	3	9	1	1	6	6	
Faune totale	21	28	37	26	67	73	95	69	55	23	39	47	35	38	36	31	50	30	59	17	58	48	54	32	102	34	53	66	47	36	33	42	38	49	61	41	43	52	55	50	64	

TABLEAU 19 . (SUITE)

Effectifs des espèces les plus abondantes récoltées dans les prélèvements de dérive effectués en la station III (YAOKRO) en avril 1980, après épandage du téméphos.

Dates	23.IV.1980														24.IV.1980												
	Heures		1530	1545	1600	1615	1630	1645	1700	1715	1730	1745	1800	1900	2000	2200	2400	200	400	600	800	1000	1200	1400	1500		
Taxons																											
<i>C. falcifera</i>			19	33	75	71	40	34	54	44	61	52	39	39	30	25	10	28	18	5	29	26	22	28	37		
<i>Orthotrichia</i> sp.			2	-	2	1	1	2	4	-	2	1	1	-	5	-	8	1	-	-	1	3	1	-	1		
<i>P. bertrandi</i>			1	13	8	7	13	6	17	3	12	3	6	12	5	2	1	3	2	4	5	6	3	3	4		
<i>Centroptilum</i> sp.			1	3	4	12	4	4	6	6	8	7	4	10	5	7	2	-	4	-	3	3	4	1	1		
<i>Caenomedea</i> sp.			1	7	3	1	4	9	5	4	8	2	4	21	28	20	34	61	22	-	19	8	4	4	7		
<i>Caenodes</i> sp.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>A. pictipes</i>			2	2	7	-	3	1	4	11	8	8	10	6	5	8	2	1	4	-	2	4	-	4	2		
<i>P. deletum</i>			4	4	4	13	13	12	10	10	12	12	10	9	4	3	2	3	11	1	4	1	6	1	2		
<i>Tanytarsus</i> sp.			2	-	5	2	1	1	2	2	1	4	8	5	4	1	3	-	2	-	2	1	1	3	6		
<i>Nanocladius</i> sp.			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>C. quadrifasciatus</i>			3	5	21	7	13	13	10	7	14	8	14	8	12	6	8	3	3	1	10	11	7	10	13		
<i>S. tridens</i>			1	4	9	4	11	7	7	6	8	4	3	1	4	4	1	-	1	1	5	5	1	5	4		
<i>S. schoutedeni</i>			-	-	-	2	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tipulidae			-	2	-	2	3	4	3	5	2	4	1	2	1	-	4	4	-	-	-	-	-	-	1		
Hydracariens			4	2	5	3	1	4	-	6	7	-	-	3	3	1	2	-	2	-	9	4	3	4	1		
Faune totale			40	146	110	123	149	113	110	84	74	95	52	81			78	126	99	110	110	129	84	114	12	73	69

## Dérive - Station I - Décembre 1979

FIGURE 61.

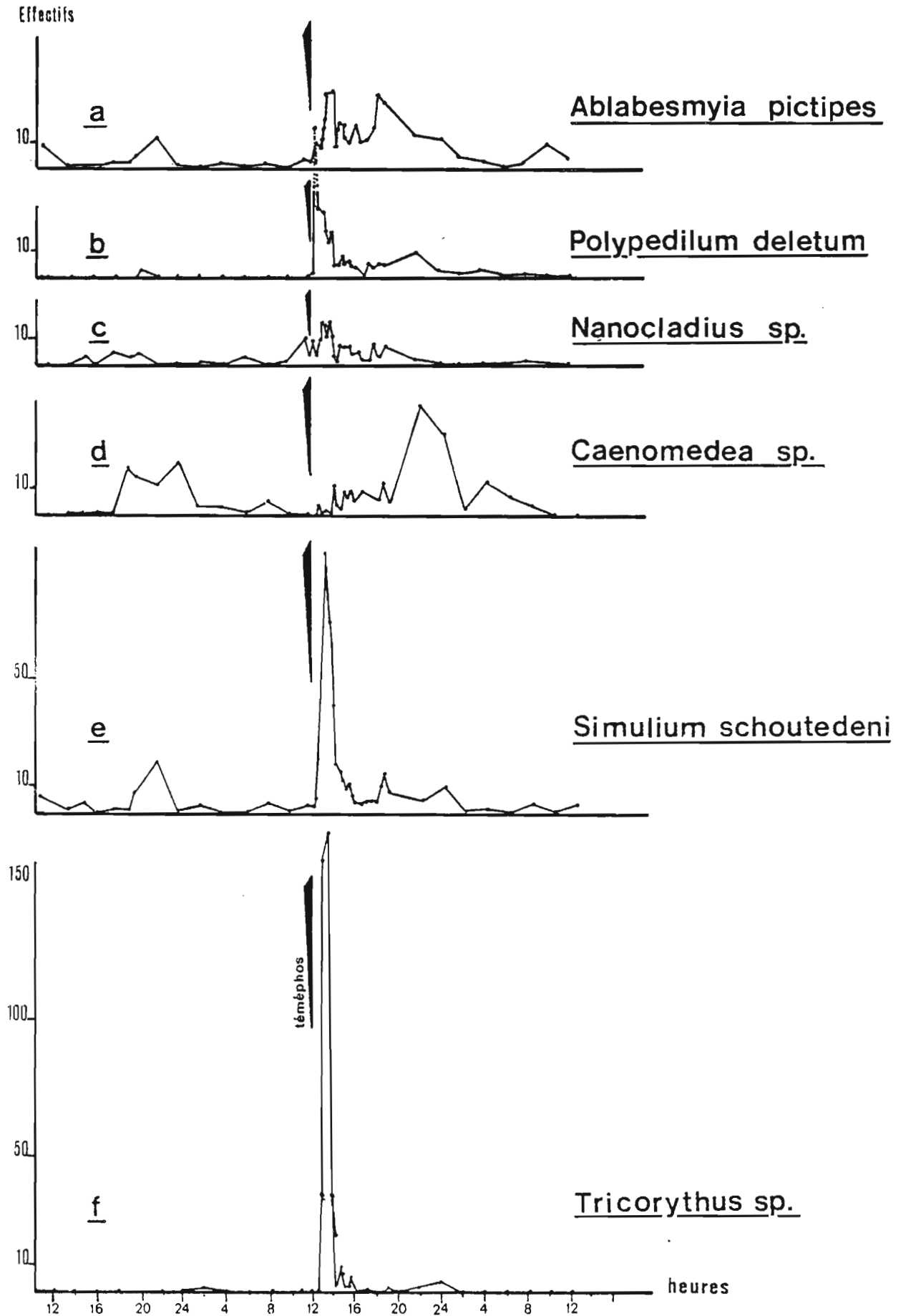


Figure 61. Impact du téméphos sur la dérive des Insectes lotiques. Résultat de l'expérience réalisée en décembre 1979 permettant d'étudier les caractéristiques de la dérive des Insectes 7 jours et juste après un épandage.

FIGURE 62.

## Dérive - Station III - Avril 1980

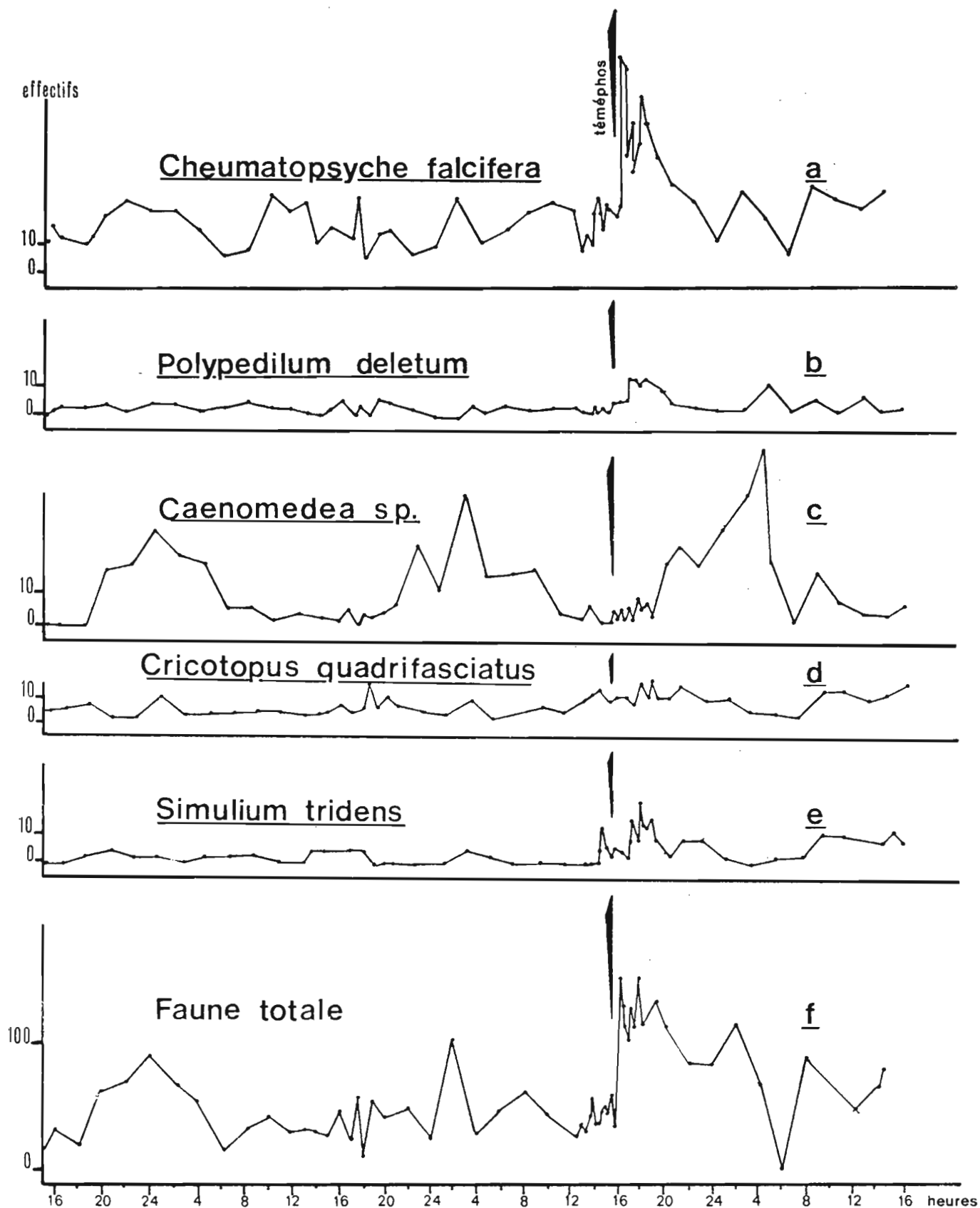


Figure 62. Impact du téméphos sur la dérive des Insectes lotiques. Résultats de l'expérience réalisée en avril 1980 permettant d'étudier les caractéristiques de la dérive des Insectes 7 jours et juste après un épandage.

a : *Cheumatopsyche falcifera* ; b : *Polypedilum deletum* ; c : *Caenomedea sp.* ; d : *Cricotopus quadrifasciatus* ; e : *Simulium tridens* ; f : faune totale.

TABLEAU 20 .

Résumé bibliographique des principales espèces d'Insectes aquatiques  
qui suivent un rythme nycthémeral de dérive

EPHEMEROPTERES

Baetidae

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <i>Baetis</i> sp.                | - WATERS (1961); ANDERSON & LEHMKUHL (1968);<br>PEARSON & FRANKLIN (1968); ULFSTRAND (1968);<br>BISHOP & HYNES (1969a).                             |
| <i>Baetis rhodani</i> Pict.      | - SHERER (1962); MULLER (1965, 1966b); ELLIOTT<br>(1967a et b, 1968a, 1970c); ELLIOTT & MINSHALL<br>(1968); ULFSTRAND (1968); THOMAS (1970 a et b). |
| <i>Baetis fuscatus</i> L.        | - ULFSTRAND (1968).   |
| <i>Baetis vernus</i> Curt.       | - MULLER (1965, 1966b).   |
| <i>Baetis pumilus</i> Burm.      | - ELLIOTT (1967a et b); ELLIOTT & MINSHALL (1968);<br>ULFSTRAND (1968).   |
| <i>Baetis vagans</i> McDunnough  | - WATERS (1962a et b, 1964, 1966); HOLT & WATERS<br>(1967).   |
| <i>Baetis lapponicus</i> Bg Tss. | - ULFSTRAND (1968).   |
| <i>Baetis temporalis</i>         | - LEHMKUHL (1968).  |
| <i>Baetis tricaudatus</i>        | - LEHMKUHL (1968); LEHMKUHL & ANDERSON (1972).  |
| <i>Baetis parvus</i>             | - LEHMKUHL (1968); LEHMKUHL & ANDERSON (1972).  |
| <i>Baetis bicaudatus</i>         | - LEHMKUHL & ANDERSON (1972).   |
| <i>Centroptilum luteum</i> Müll. | - THOMAS (1970b).   |

Caenidae

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| <i>Caenis</i> sp.    | - BISHOP & HYNES (1969a). |
| <i>Stenonema</i> sp. | - BISHOP (1969).          |

Siphonuridae

- |  |  |
|--|--|
| <i>Rhytrogena</i> sp.<br><i>Ecdyonurus</i> sp. | ] BAILEY (1966).   |
| <i>Ecdyonurus venosus</i>                      | - ELLIOTT (1967b, 1968a, 1970a); ELLIOTT &<br>MINSHALL (1968). |

Leptophlebiidae

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| <i>Paraleptophlebia</i> sp. | - ANDERSON & LEHMKUHL (1968); BISHOP & HYNES<br>(1969a); LEHMKUHL (1972). |
|-----------------------------|---|

## TABLEAU 20 . (SUITE)

## Leptophlebiidae (suite)

- |   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
| <i>Paraleptophlebia debilis</i> Walker        | } | LEHMKUHL & ANDERSON (1972). |
| <i>Paraleptophlebia temporalis</i> McDunnough |   |                             |
| <i>Leptophlebia vespertina</i> L.             |   | - ELLIOTT (1967a et b).     |

## TRICHOPTERES

## Hydropsychidae

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <i>Hydropsyche</i> sp.                | - BAILEY (1966).                                     |
| <i>Hydropsyche instabilis</i> (Curt.) | - ELLIOTT (1967a, 1968a); ELLIOTT & MINSHALL (1968). |
| <i>Helicopsyche borealis</i>          | - BISHOP & HYNES (1969a).                            |

## Hydroptilidae

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| <i>Orthotrichia</i> sp.   | - BISHOP & HYNES (1969a). |
| <i>Hydroptila</i> sp.     | - BAILEY (1966).          |
| <i>Corythira albiceps</i> | - McLAY (1970).           |

## Limnephilidae

- |                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| <i>Oligophlebodes sigma</i> Milne | - WATERS (1967). |
|-----------------------------------|------------------|

## DIPTERES

- |                |  |
|----------------|--|
| Simuliidae     | - BISHOP & HYNES (1969a); ANDERSON & LEHMKUHL (1968); PEARSON & FRANKLIN (1968); ULFSTRAND (1968); MULLER (1966, 1970); WATERS (1962); ELLIOTT (1967a); ELLIOTT & MINSHALL (1968). |
| Chirononidae   | - BAILEY (1966); ELLIOTT & MINSHALL (1968); McLAY (1970); ULFSTRAND (1968); BISHOP & HYNES (1969a); THOMAS (1970).   |
| Orthocladiinae | - ANDERSON & LEHMKUHL (1968).  |

## PLECOPTERES

- |  |  |
|--|--|
|  | - BISHOP & HYNES (1969a); ELLIOTT (1967a et b); ELLIOTT & MINSHALL (1968); THOMAS (1970a et b); TOBIAS & THOMAS (1967); ULFSTRAND (1968); ANDERSON & LEHMKUHL (1968); BAILEY (1966). |
|--|--|

## COLEOPTERES

- |  |  |
|--|--|
|  | - BAILEY (1966); McLAY (1970); ELLIOTT (1967a); ELLIOTT & MINSHALL (1968); THOBIA & THOMAS (1967). |
|--|--|





FIGURE 64.

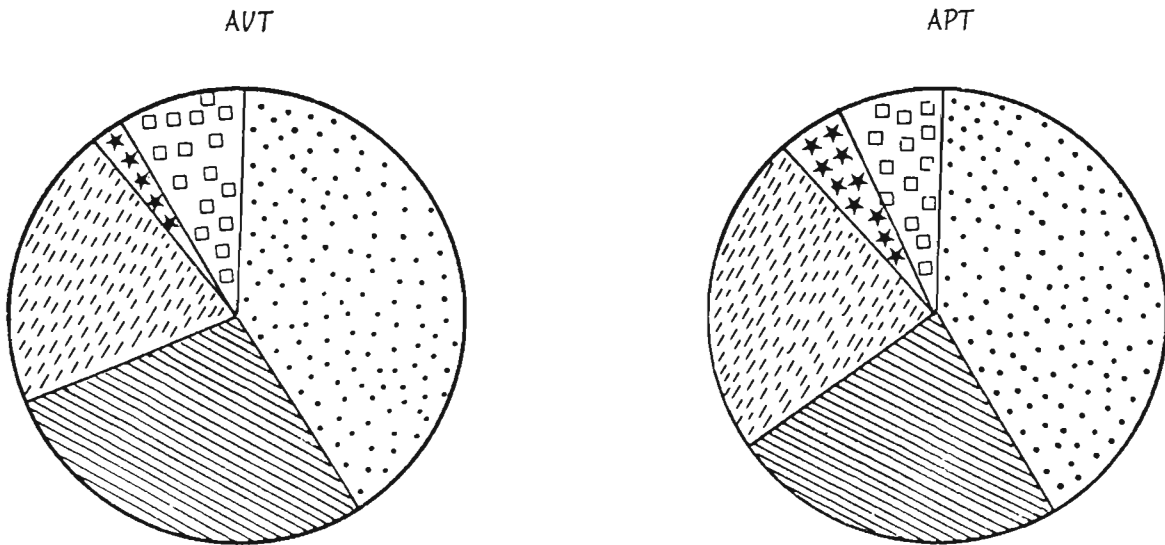


Figure 64.- Impact du téméphos sur la dérive des Invertébrés aquatiques .  
 Evolution de la composition faunistique de la dérive avant (AVT)  
 et après (APT) traitement au téméphos lors de l'expérience réalisée  
 en avril 1980.

Pour la légende des symboles se référer à la figure 63.

TABLEAU 21 .

Etude des variations de structure de l'entomocénoze dérivante. Abondances et fréquences relatives des principaux groupes taxinomiques ayant dérivés durant les 24 heures qui précédèrent l'épandage (AVT) et les 24 heures qui le suivirent (APT). Expérience D1 réalisée à la station I au mois de mars 1979 lors du premier épandage de la Maraoué.

Période	AVT		APT	
	Taxons	Effectifs	Fréquences relatives.	Effectifs
<i>S. damnosum s.l.</i>	1	0,04	5	0,03
Simulies autres	118	4,86	828	4,2
Baetidae	322	13,3	3884	19,5
Caenidae	334	13,8	711	3,6
Tricorythidae	30	1,2	577	2,9
Leptophlebiidae	47	1,9	653	3,3
<i>Cheumatopsyche</i>	492	20,3	6551	32,9
<i>Macronema</i>	266	10,9	1793	9,0
<i>Aethaloptera</i>	29	1,2	120	0,6
Chironomini	171	7,1	1722	8,7
Tanypodiinae	79	3,3	465	2,3
Tanytarsini	18	0,7	14	0,07
Orthoclaadiinae	112	4,6	668	3,4
Tipulidae	92	3,8	534	2,7
Hydracariens	71	2,9	280	1,4
Autres organismes	245	10,1	1091	5,5
Total	2427	100	19900	100

TABLEAU 22

Etude des variations de structure de l'entomocénose dérivante.  
Abondances et fréquences relatives des principaux groupes taxinomiques ayant dérivés durant les 24 heures qui précéderent l'épandage (AVT) et les 24 heures qui le suivirent (APT). Expérience D2 réalisée en la station I en décembre 1979 alors que la rivière était traitée hebdomadairement depuis 9 mois.

Taxons	AVT		APT	
	N	%	N	%
<i>Simulium dammosum</i>	0	0	7	0,2
<i>Simulium tridens</i>	2	0,4	57	1,6
<i>Simulium schoutedeni</i>	56	12,2	554	16,0
<i>Simulium unicornutum</i>	0	0	10	0,3
<i>Cheumatopsyche falcifera</i>	7	1,5	56	1,6
<i>Amphipsyche senegalense</i>	5	1,1	36	1,0
<i>Macronema</i> sp.	0	0	1	0,03
<i>Cheumatopsyche digitata</i>	2	0,4	46	1,3
<i>Ecnomus</i> sp.	0	0	1	0,03
<i>Dipseudopsis njalana</i>	1	0,2	5	0,1
<i>Orthotrichia straeleni</i>	3	0,7	3	0,1
<i>Chimarra petri</i>	1	0,2	114	3,3
<i>Adenophlebiodes</i> sp.	1	0,2	0	0
<i>Polymorphanisus</i> sp.	0	0	2	0,1
<i>Leptocerus</i> sp.	8	1,7	14	0,4
<i>Oecetis</i> sp.	0	0	2	0,1
<i>Stactobia</i> sp.	0	0	11	0,32
<i>Aethaloptera aïspar</i>	25	5,4	39	1,13
<i>Polymorphanisus</i> sp.	1	0,2	2	0,1
<i>Tricorythus</i> sp.1	4	0,9	548	15,8
<i>Diceromyzon</i> sp.	5	1,1	19	0,6
<i>Adenophlebiodes</i> sp.	0	0	4	0,1
<i>Adenophlebiodes</i> sp.	1	0,2	7	0,2
<i>Protonurus</i> sp.	4	0,9	171	4,9
<i>Stenonema crassi</i>	0	0	1	0,03
<i>Exeuthyplocia</i>	9	2,0	28	0,8
<i>Pseudocloeon bertrandi</i>	3	0,7	18	0,5
<i>Centroptilum</i> sp.1	1	0,2	9	0,3
<i>Centroptilum</i> sp.4	12	2,6	72	2,1
<i>Centroptilum</i> sp.2	10	2,2	29	0,8
<i>Centroptilum</i> sp.7	0	0	6	0,2
<i>Centroptilum</i> sp.11	0	0	2	0,1
<i>Afrobaetodes</i> sp.	1	0,2	1	0,03
<i>Centroptilum</i> sp.3	1	0,2	1	0,03
<i>Caenomesa</i> sp.	92	20,0	218	6,3
<i>Caenodes</i> sp.	29	6,3	130	3,8
<i>Centroptilum</i> sp.10	0	0	1	0,03
<i>Prosopistoma gueneri</i>	2	0,4	11	0,3
<i>Nanocladius</i> sp.	1	0,2	2	0,1
<i>Cricotopus quadrifasciatus</i>	29	6,3	101	2,9
<i>Orthoclaadiinae</i> sp.	36	7,8	171	4,9
<i>Polipedium debetum</i>	0	0	7	0,2
<i>Cryptochironomus</i> sp.	7	1,5	264	7,6
<i>Cryptochironomus nudiforceps</i>	0	0	12	0,4
<i>Tanytarsus</i> sp.	48	10,4	355	10,3
<i>Cladotanytarsus lewisi</i>	1	0,2	23	0,7
<i>Ablatesmyia pictipes</i>	7	1,5	77	2,2

TABLEAU 23 .

Etude des variations de structure de l'entomocénose dérivante.  
Abondances et fréquences relatives des principaux groupes taxinomiques ayant dérivés durant les 24 heures qui précédèrent l'épandage (AVT) et les 24 heures qui le suivirent (APT). Expérience D3 réalisée en la station III en avril 1979 alors que la rivière était traitée hebdomadairement depuis 13 mois.

Taxons	AVT		APT	
	N	%	N	%
<i>Cheumatopsyche falcifera</i>	716	37,0	819	37,7
<i>Cheumatopsyche digitata</i>	0	0	5	0,2
<i>Aethaloptera dispar</i>	0	0	1	0,1
<i>Dipseudopsis njalana</i>	0	0	5	0,2
<i>Ecnomus sp.</i>	26	1,3	19	0,9
<i>Orthotrichia straeleni</i>	40	2,1	36	1,7
<i>Stactobia sp.</i>	9	0,5	1	0,1
<i>Pseudoclocon bertrandi</i>	106	5,5	140	6,4
<i>Centroptilum sp4</i>	81	4,2	99	4,6
<i>Dicercomyzon sp.</i>	1	0,1	0	0
<i>Tricorythus sp2</i>	4	0,2	7	0,3
<i>Caenomedea sp.</i>	347	17,9	276	12,7
<i>Caenodes sp.</i>	3	0,2	1	0,1
<i>Exeuthyplocia</i>	6	0,3	3	0,1
<i>Simulium tridens</i>	42	2,2	96	4,4
<i>Simulium schoutedeni</i>	2	0,1	4	0,2
<i>Anthocha sp.</i>	15	0,8	38	1,8
<i>Ceratopogonidae</i>	5	0,3	9	0,4
<i>Polypedilum deletum</i>	88	4,6	151	6,9
<i>Cricotopus quadrifasciatus</i>	181	9,4	207	9,5
<i>Orthoclaadiinae sp.</i>	4	0,2	2	0,1
<i>Tanytarsus sp.</i>	26	1,3	56	2,6
<i>Ablabesmyia pictipes</i>	85	4,4	94	4,3
<i>Sysira sp.</i>	2	0,1	2	0,1
<i>Libellulidae spp.</i>	8	5,7	64	2,9
<i>Crambidae</i>	2	0,1	1	0,1
<i>Elmidae sp. (imagos)</i>	2	0,1	0	0
<i>Elmidae sp. (larves)</i>	3	0,2	5	0,2
<i>Microvelia sp.</i>	6	0,3	4	0,2
<i>Eurymetra sp.</i>	3	0,2	6	0,2
<i>Hydracariens spp.</i>	110	5,7	64	2,9
<b>Totaux</b>	<b>1934</b>		<b>2177</b>	

TABLEAU 24 .

Comparaison des rapports d'augmentation de la dérive des invertébrés lotiques  
obtenus avec différents insecticides sur les rivières africaines

Insecticides	Concentrations	Rapports d'augmentation de la dérive	Rivières	Références bibliographiques
Abate 200 C.E.	20 ppm/10 mn	19,7	Maraoué	Présente étude
Abate 200 C.E.	C< 0,025 ppm/10 mn	21,3	Maraoué	Présente étude
Abate 200 C.E.	0,1 ppm/10 mn	2,2	Maraoué	Présente étude
Abate 200 C.E.	0,1 ppm/10 mn	75,5	Sassandra	DEJOUX, 1978
Abate 200 C.E.	0,1 ppm/10 mn	6,0	Bagoë	DEJOUX, 1977
Abate 200 C.E.	0,1 ppm/10 mn	26,0	Maraoué	DEJOUX, 1978
Abate 200 C.E.	0,05 ppm/10 mn	43,0	Léraba	DEJOUX, ELOUARD, 1977
Reldan C	0,05 ppm/10 mn	178,0	Bahoyé	DEJOUX, <i>et al.</i> , 1979
Décaméthrive	0,003 ppm/10 mn	88,0	Baoulé	DEJOUX, <i>et al.</i> , 1979
Décaméthrine	0,007 ppm/10 mn	511,0	Badinnko	DEJOUX, <i>et al.</i> , 1979
Chlorphoxim	0,025 ppm/10 mn	152	Bas Bandama	GIBON, TROUBAT, 1980
Chlorphoxim	0,025 ppm/10 mn	186	Basse Comoë	GIBON, TROUBAT, 1980
Actellic M.20.	0,1 ppm/mn	132	Bakoye	DEJOUX, <i>et al.</i> , 1980
B.t.i.	1,6 ppm/mn	1,9	Maraoué	GIBON, <i>et al.</i> , 1980

Rapport RID AVT / RID APT

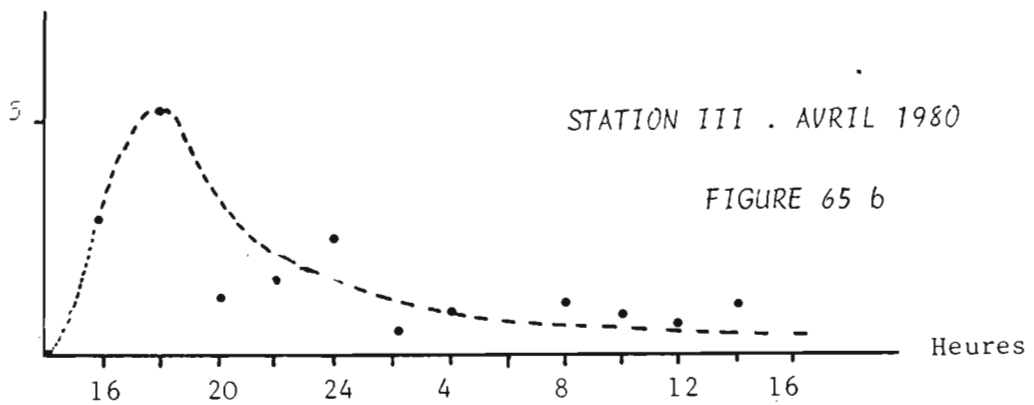
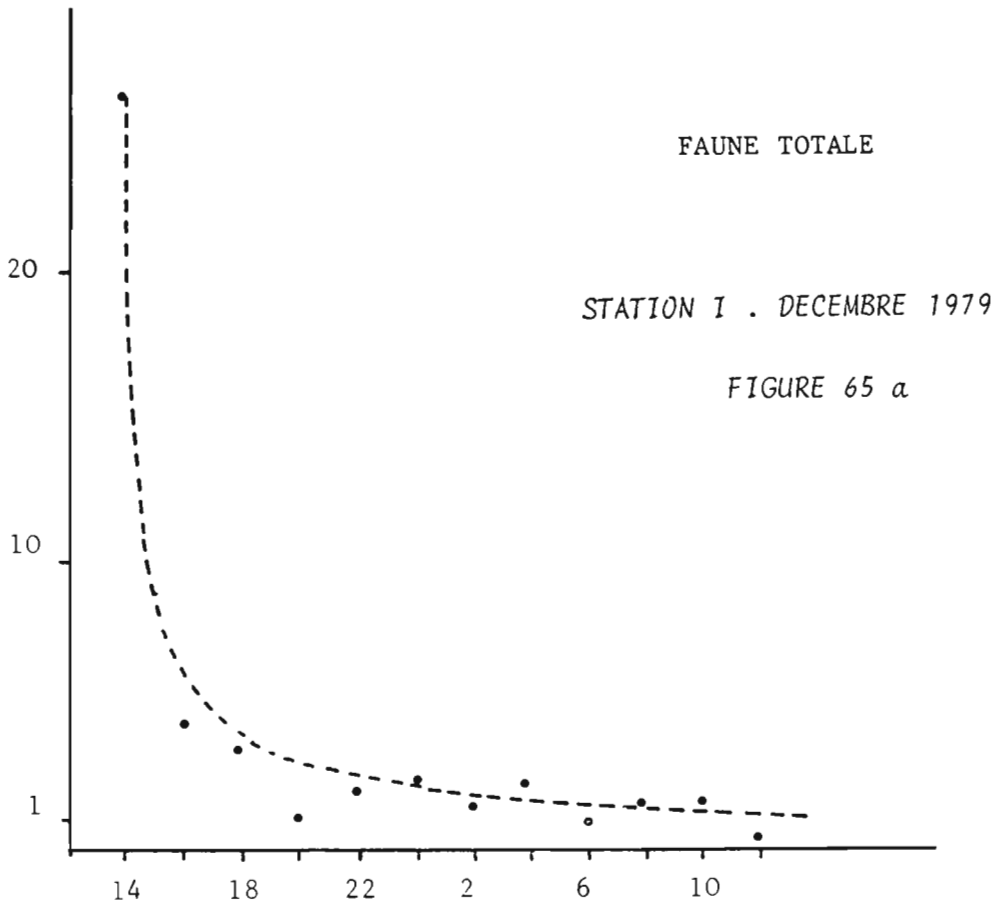


Figure 65 .- Impact du téméphos sur la dérive des Invertébrés aquatiques.

Etude de la durée de l'impact d'un épandage au moyen du rapport RID AVT / RID APT . Ces rapports tendent très vite vers la valeur 1, ce qui traduit un effet localisé dans le temps du téméphos .

a : expérience réalisée en décembre 1979 ; b : expérience réalisée en avril 1980.

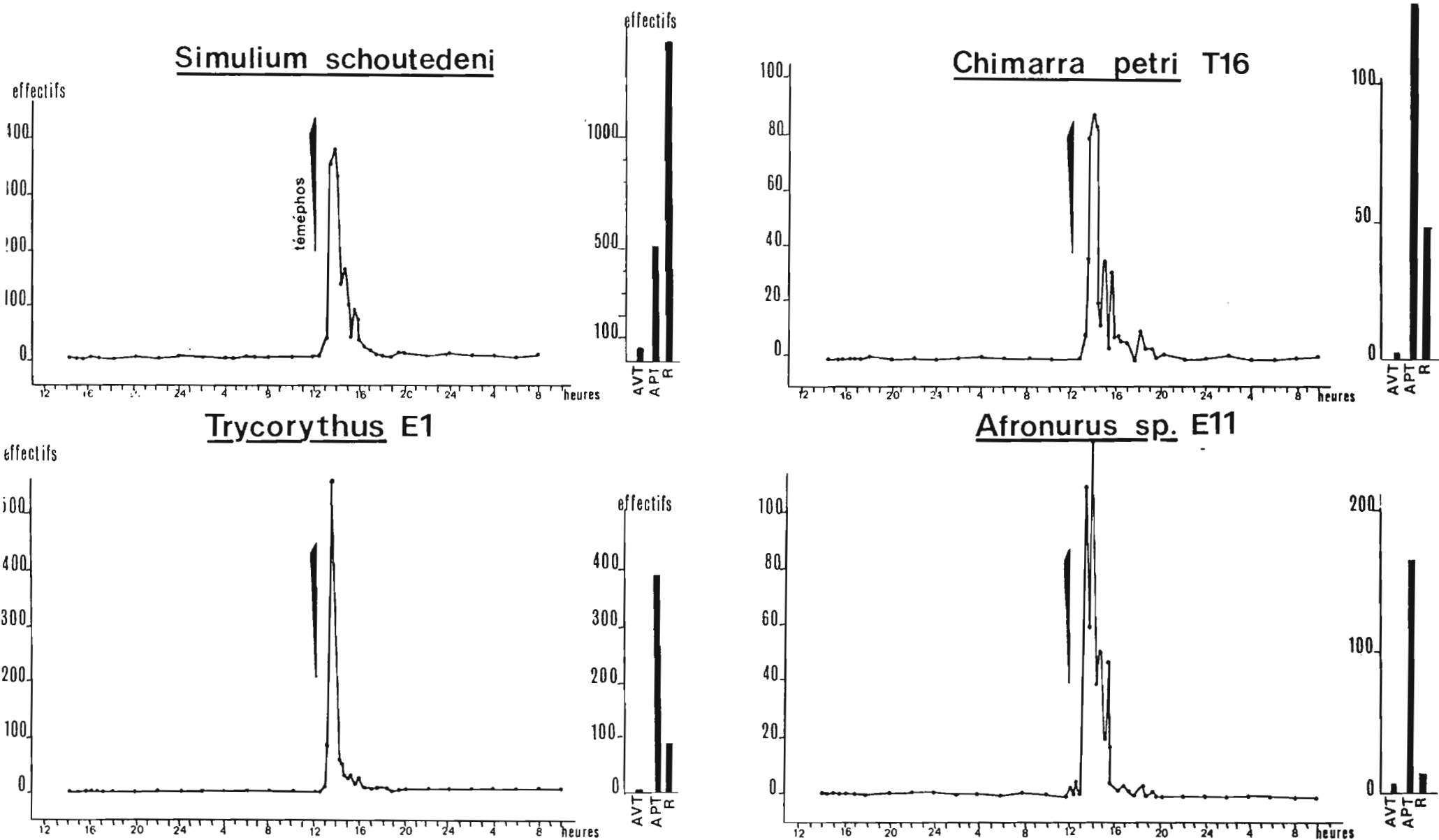


Figure 66.- Cinétique de décrochement (en nombre d'individus) obtenue en gouttière sur la station I, en décembre 1979 (expérience A). L'épandage a été réalisé par OCP à une concentration inférieure à 0,025 ppm/10 mn. L'impact du toxique est estimé en comparant les quantités de faune qui ont dérivé avant (AVT) et après (APT) l'introduction du pesticide, à la faune qui n'a pas dérivé (faune restante = R).

Figure 67.- Cinétiques de décrochement traduisant l'impact du téméphos dosé à 0 ; 0,025 ; 0,05 et 0,1 ppm sur les larves du Trichoptère *Cheumatopsyche falcifera*. (Expérience B). Les courbes 1 expriment l'effectif restant dans les gouttières tandis que les courbes 2 traduisent la cinétique de décrochement en pourcentage (pour la méthode de calcul des taux de décrochement  $\alpha$  conférer paragraphe première partie, III, 5.).



Expérience B. Station I.  
Cricotopus quadrifasciatus

FIGURE 67.

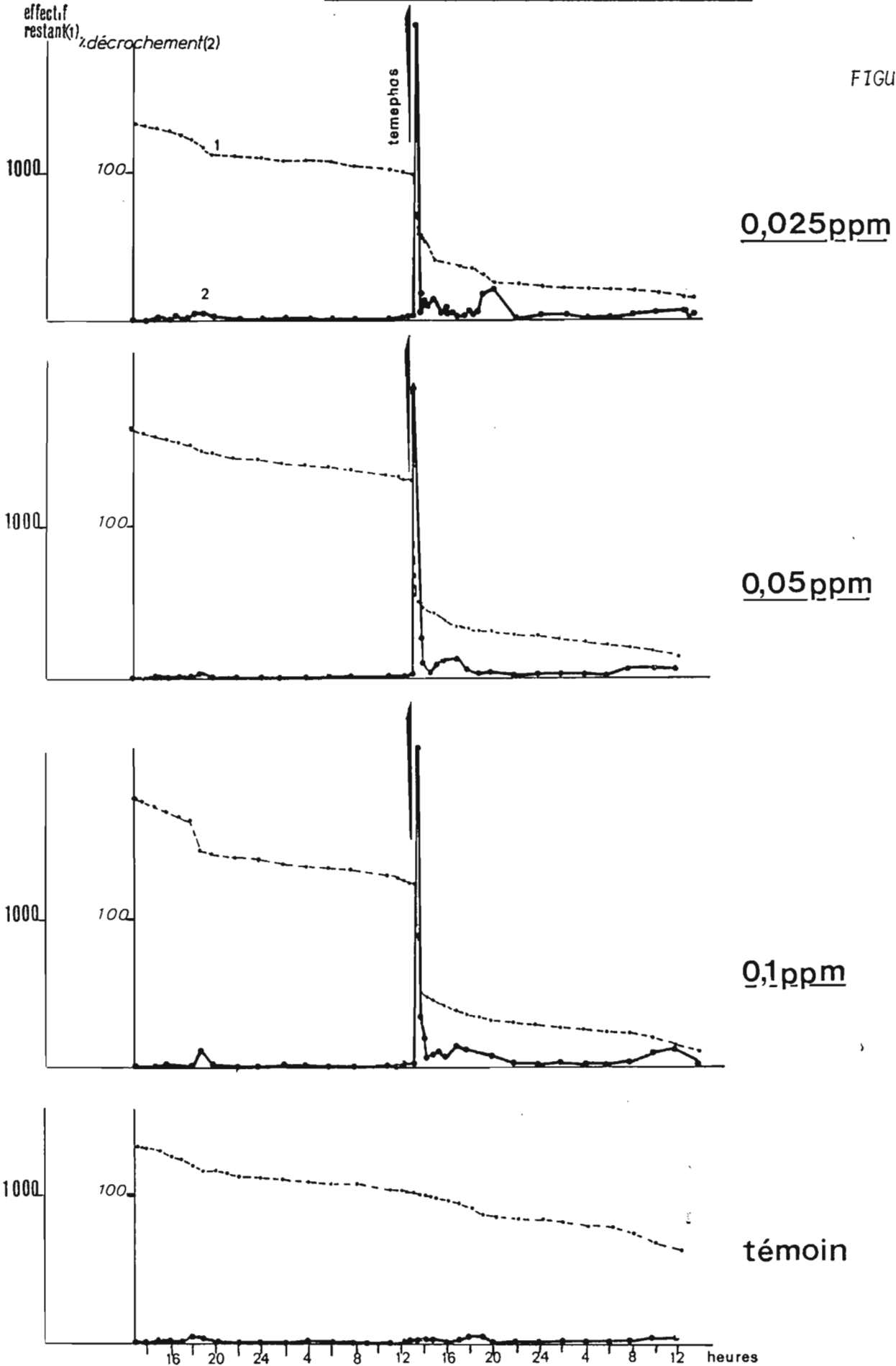
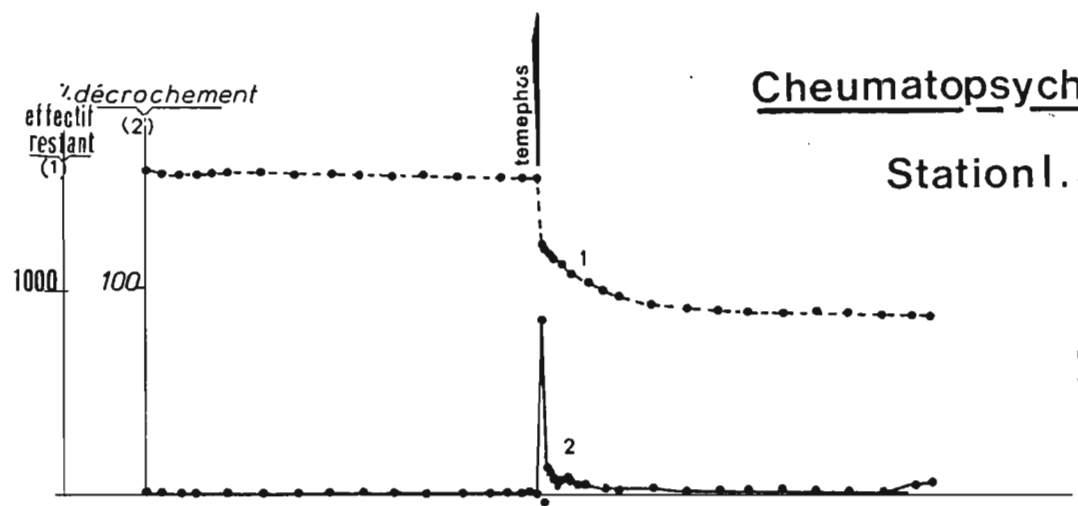


Figure 68.- Cinétique de décrochement traduisant l'impact du téméphos dosé à 0 ; 0,025 ; 0,05 et 0,1 ppm sur les larves du Chironomide *Cricotopus quadrifasciatus*. Expérience B. Les courbes 1 expriment l'effectif restant dans les gouttières tandis que les courbes 2 traduisent la cinétique de décrochement (en %).

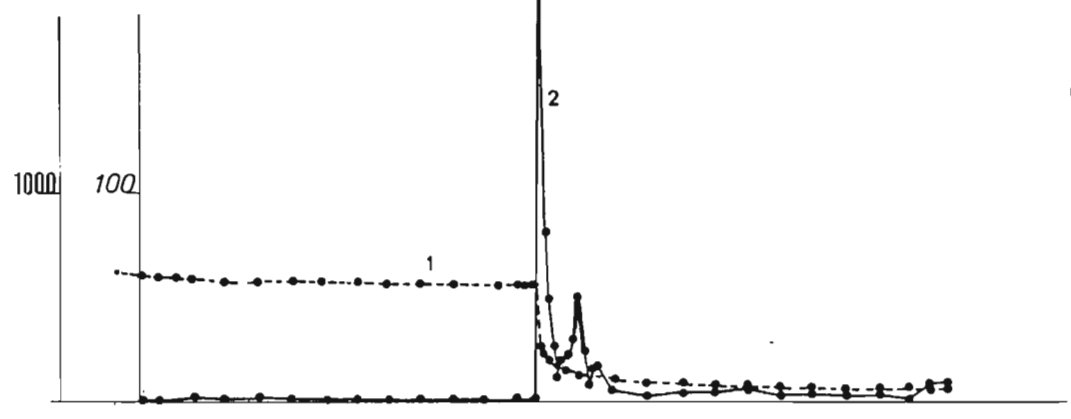
Cheumatopsyche falcifera

Station I. Expérience B

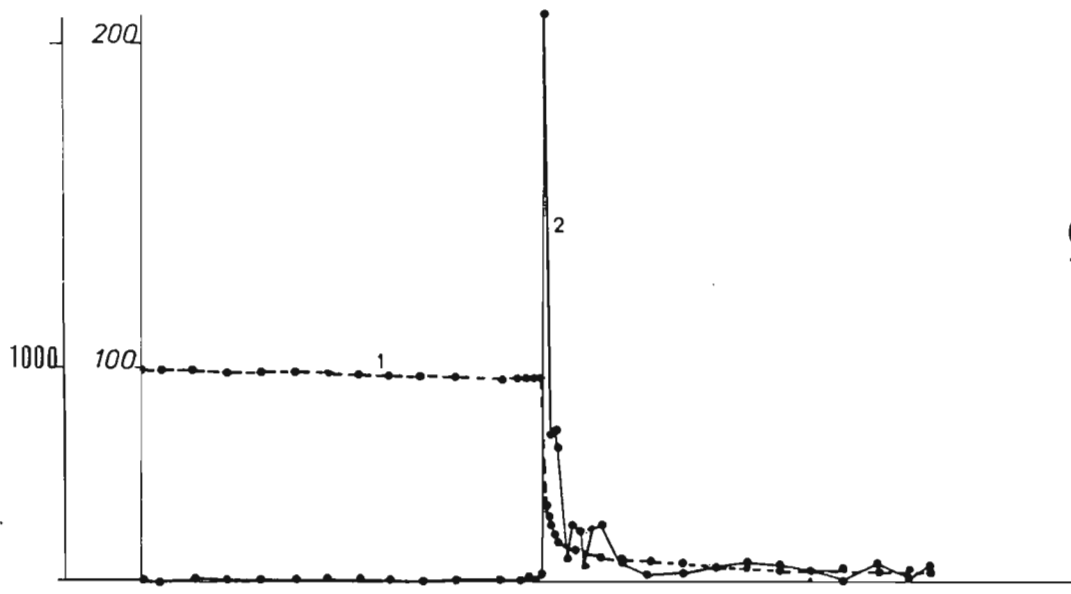
FIGURE 68.



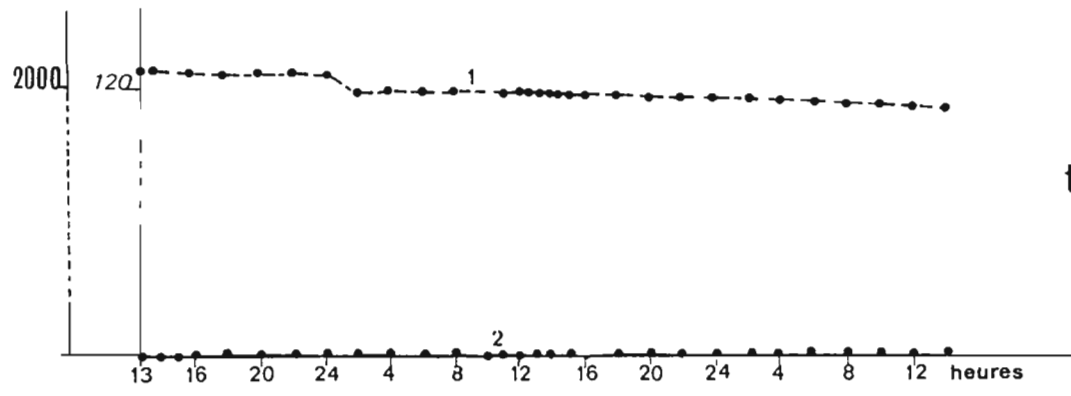
0,025 ppm.



0,05



0,1

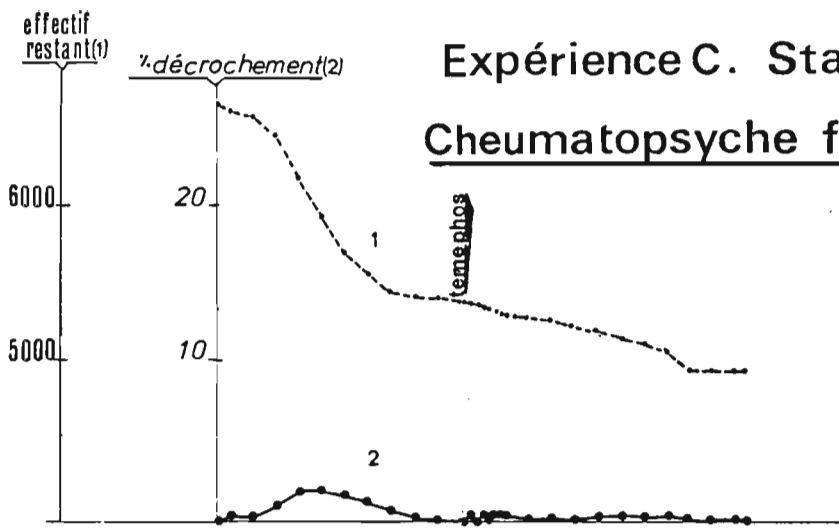


témoin

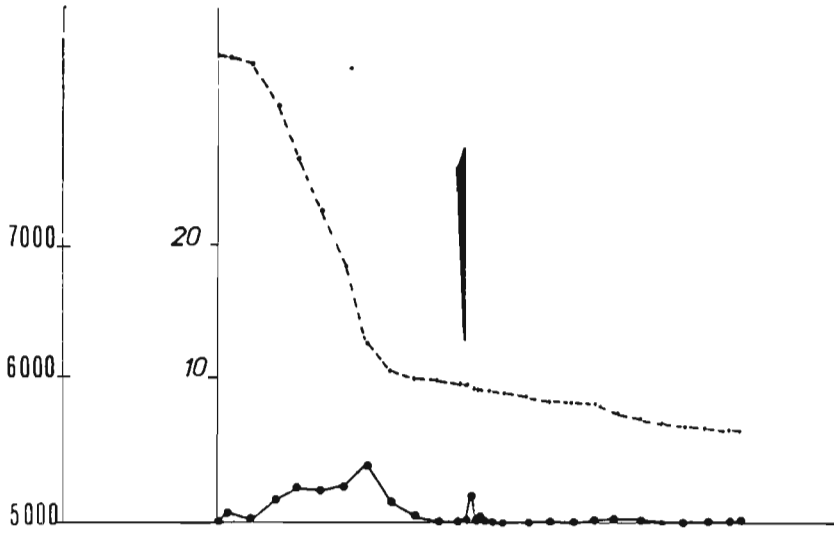
Figure 69.- Cinétique de décrochement traduisant l'impact du téméphos dosé à 0 ; 0,025 ; 0,05 et 0,2 ppm sur les larves du Trichoptère *Chewmatopsyche falcifera*. Expérience C. Les courbes 1 expriment l'effectif restant dans les gouttières tandis que les courbes 2 traduisent la cinétique de décrochement (en %).

Expérience C. Station III.  
Cheumatopsyche falcifera

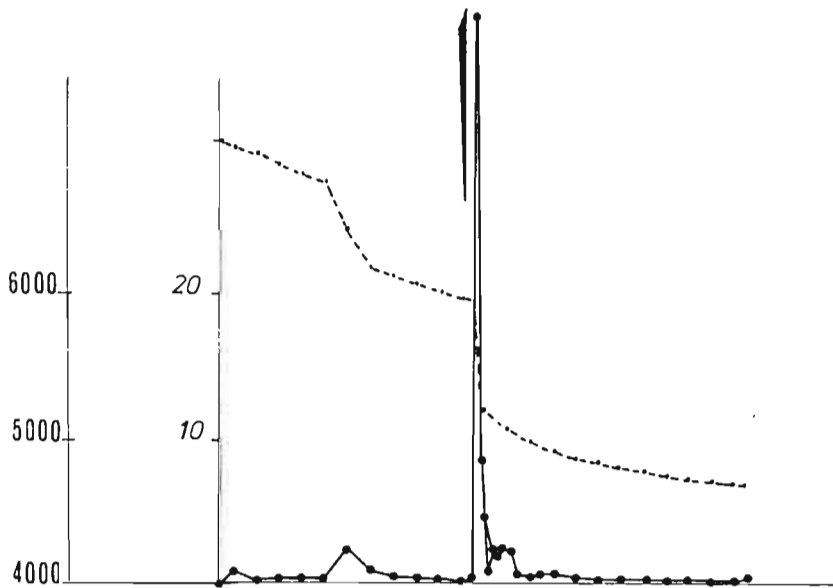
FIGURE 69.



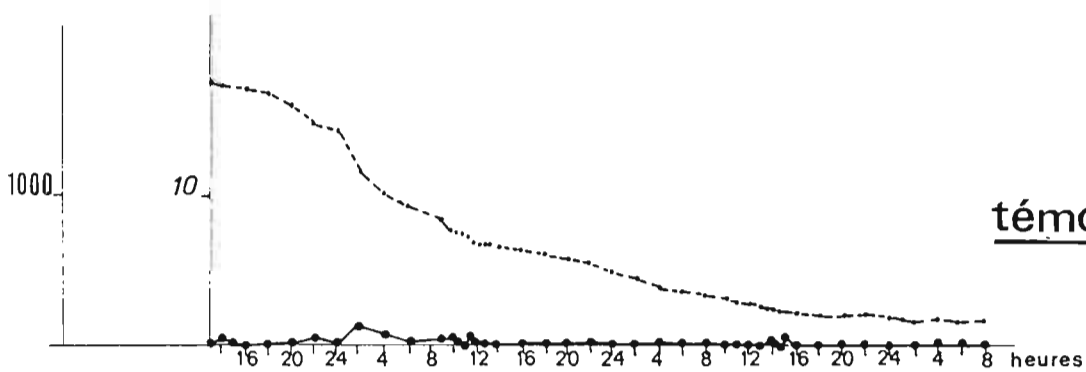
0,025ppm.



0,05ppm.



0,2ppm.



témoin

Figure 70.- Cinétique de décrochement traduisant l'impact du téméphos dosé à 0 ; 0,025 ; 0,05 et 0,1 ppm sur les larves de l'Ephéméroptère *Pseudocloeon bertrandi*. Expérience C. Les courbes 1 expriment l'effectif restant dans les gouttières tandis que les courbes 2 traduisent la cinétique de décrochement (en %).

Expérience C. Station III.

FIGURE 70.

Pseudocloeon bertrandi

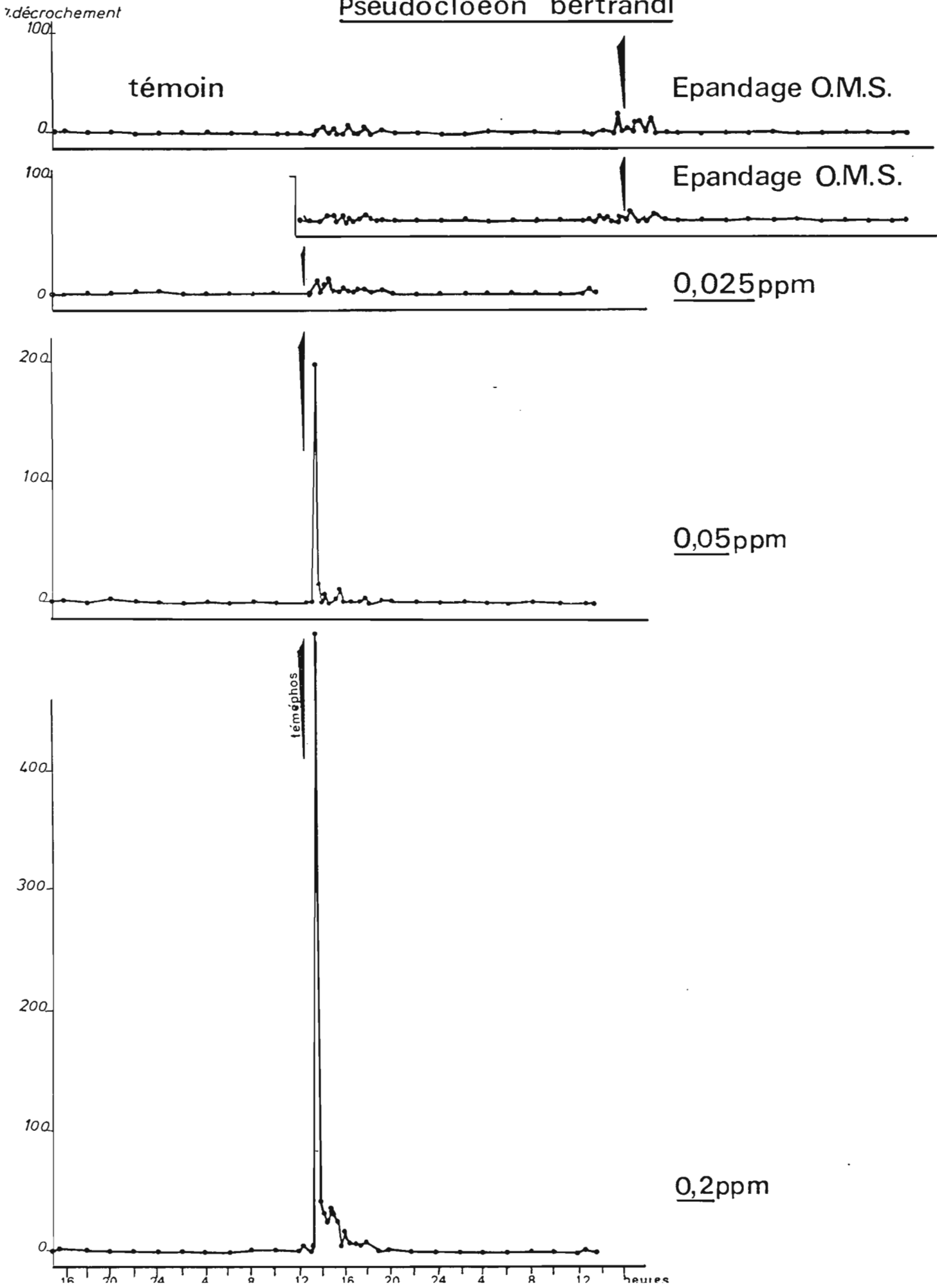


Figure 71.- Cinétique de décrochement traduisant l'impact du téméphos dosé à 0 ; 0,025 ; 0,05 et 0,2 ppm sur les larves de l'Ephéméroptère *Centroptilum sp.4*. Expérience C. Les courbes 1 expriment l'effectif restant dans les gouttières tandis que les courbes 2 traduisent la cinétique de décrochement (en %).



FIGURE 71.

Expérience C. Station III.

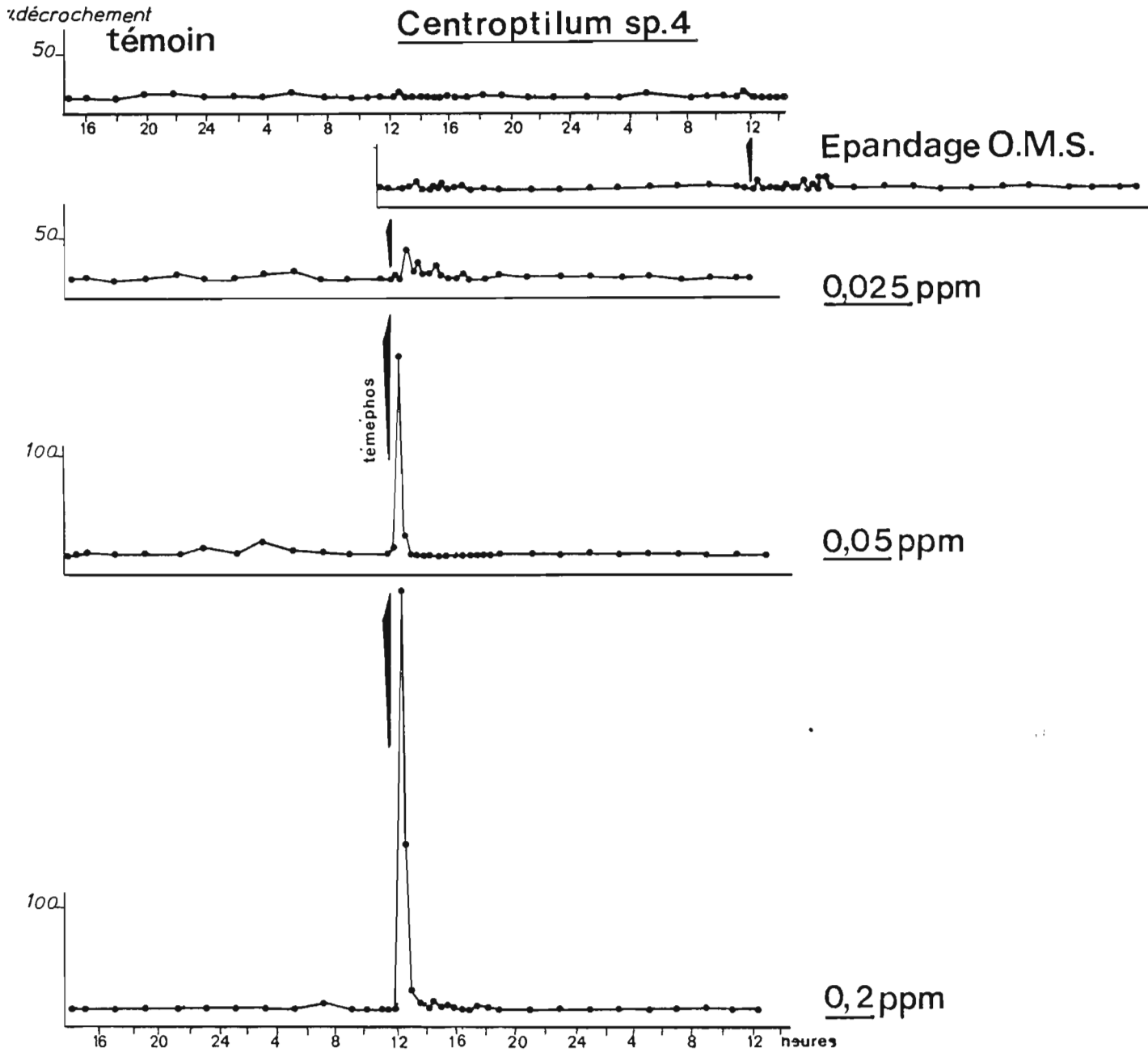


TABLEAU 25 .

Récapitulatif des effectifs dérivés avant (avt) et après (apt) traitement insecticide dans la gouttière expérimentée en la station I en décembre 1979. (Navt et Napt = nombre d'individus dérivés avant et après traitements, Nr = nombre restant, Ntest = nombre testé, % mort. = % de mortalité corrigée)

Taxons	N avt	N apt	Nr	N test	N tot	% Navt	% Napt	% mort.
<i>S. schoutedeni</i>	54	528	1434	1962	2016	2,7	26,9	24,87
<i>S. damnosum</i>	0	7	36	43	43	0	16,3	16,3
<i>S. tridens</i>	7	11	305	316	323	2,2	3,5	1,33
<i>Tanytarsus</i> sp.	38	148	3048	3196	3234	1,2	4,6	3,44
<i>P. deletum</i>	7	94	154	248	255	2,8	37,9	36,1
<i>C. quadrifasciatus</i>	28	48	89	137	165	17,0	35,0	21,7
<i>Nanocladius</i> sp.	134	44	67	111	245	54,7	39,7	0
<i>A. pictipes</i>	4	5	22	27	31	12,9	18,5	6,4
<i>Anthocha</i> sp.	0	2	6	8	8	0	25,0	25,0
<i>Caenomedea</i> sp.	49	75	10	85	134	36,6	88,2	81,4
<i>Caenodes</i> sp.	12	29	599	628	640	1,9	4,6	2,8
<i>Tricorythus</i> sp. 1.	4	390	85	475	479	0,8	82,1	82,0
<i>Afronurus</i> sp.	6	166	14	180	186	3,2	92,2	91,9
<i>P. bertrandi</i>	2	12	0	12	14	14,3	100,0	100,0
<i>Centroptilum</i> sp.	26	90	114	204	230	11,3	44,1	37,0
<i>C. falcifera</i>	2	41	221	262	264	0,8	15,7	15,0
<i>A. senegalense</i>	3	10	4	14	17	17,7	71,4	65,3
<i>C. digitata</i>	7	33	19	52	59	11,9	63,5	58,6
<i>C. petri</i>	3	130	48	178	181	1,7	73,0	72,5
<i>A. dispar</i>	14	4	4	8	22	63,6	50,0	0
Crambidae	2	8	54	62	64	3,1	12,9	10,1
Hydracariens	10	6	12	18	28	35,7	33,4	0
Totaux	472	1956	6438	8394	8866	5,3	23,3	19,0

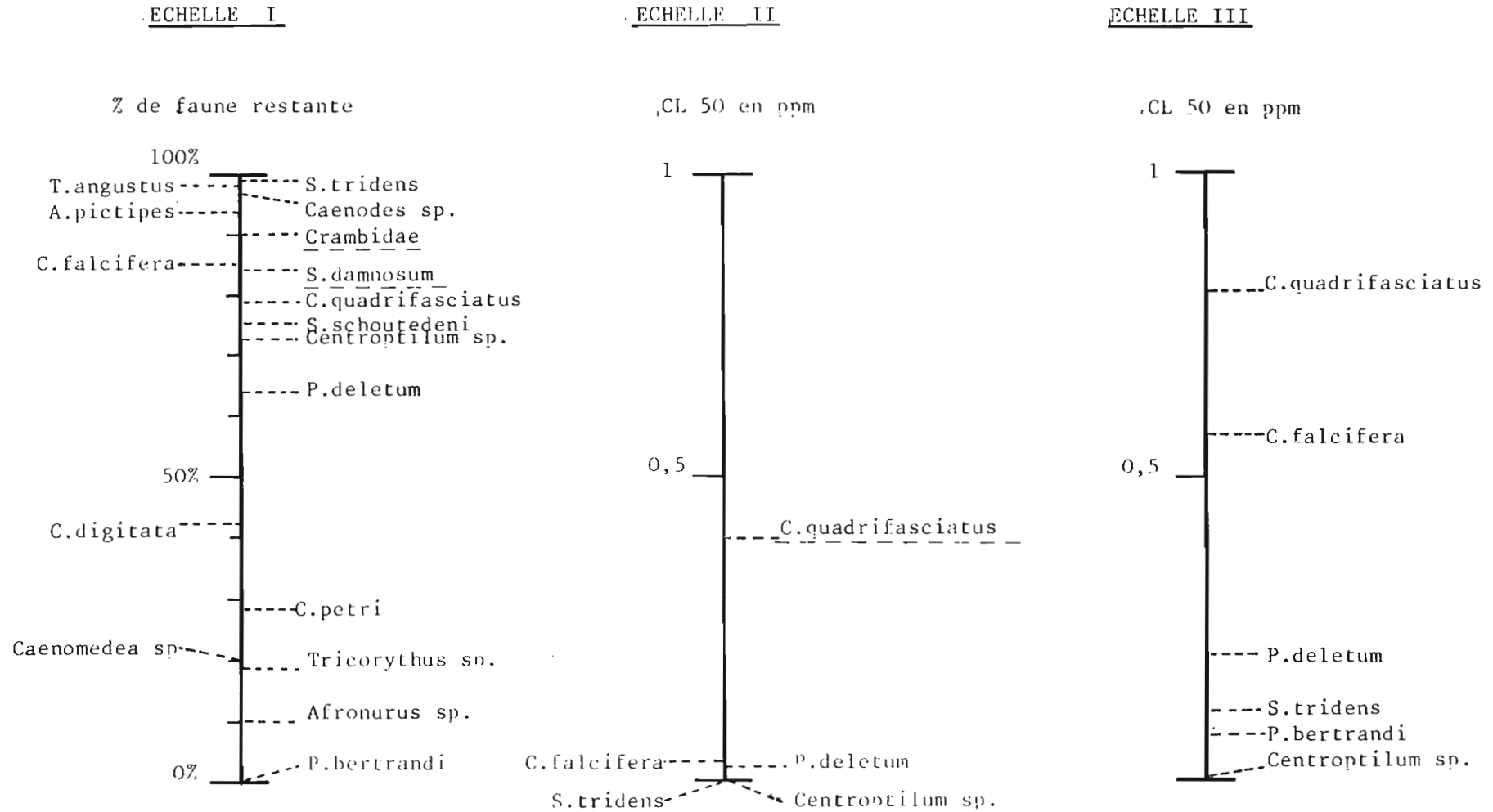


Figure 72 .- Echelle de sensibilité au tèmephos obtenues lors des expériences en gouttières A,B et C.  
L'échelle I est exprimée en pourcentage de la faune restante, les échelles II et III en CL 50 (ppm).

TABLEAU 26 .

Expérimentation en gouttières multiples en la station I en février 1980. Effectifs et pourcentages des taxons ayant dérivés avant (N<sub>avt</sub>, %<sub>avt</sub>) et après (N<sub>apt</sub>, %<sub>apt</sub>) épandage (N<sub>r</sub> = faune restante, % corr. = % corrigé par la formule d'Abbott).

		N avt	N apt	N <sub>r</sub>	N testé	N tot.	% avt	% apt	% corr.
0,1 ppm	<i>C. falciifera</i>	42	945	29	974	1016	4	97	97
	<i>S. tridens</i>	0	97	0	97	97	0	100	100
	<i>C. quadrifasciatus</i>	590	1140	100	1240	1830	32	92	86
	<i>P. deletum</i>	1	13	0	13	14	7	100	100
	<i>Tanytarsus sp.</i>	0	10	0	10	10	0	100	100
	<i>Centroptilum sp.</i>	5	8	1	9	14	36	89	85
	<i>Caenomedea sp.</i>	2	14	0	14	16	13	100	100
0,05 ppm	<i>C. falciifera</i>	42	514	46	560	602	7	92	92
	<i>S. tridens</i>	4	70	1	71	75	5	98	98
	<i>C. quadrifasciatus</i>	402	1214	117	1331	1733	23	91	84
	<i>P. deletum</i>	2	32	2	34	36	6	94	94
	<i>Tanytarsus sp.</i>	3	12	12	24	27	11	50	33
	<i>Centroptilum sp.</i>	5	90	0	90	95	5	100	100
	<i>Caenomedea sp.</i>	1	22	2	24	25	4	91	89
0,025 ppm	<i>C. falciifera</i>	38	672	860	1532	1570	3	44	42
	<i>S. tridens</i>	2	22	4	26	28	7	87	87
	<i>C. quadrifasciatus</i>	364	845	143	988	1352	27	86	75
	<i>P. deletum</i>	0	36	82	118	118	0	31	28
	<i>Tanytarsus sp.</i>	3	41	25	66	69	4	62	49
	<i>Centroptilum sp.</i>	0	114	3	117	117	0	97	96
	<i>Caenomedea sp.</i>	3	23	0	23	26	12	100	100
Témoïn	<i>C. falciifera</i>	17	87	2029	2116	2133	1	4	-
	<i>S. tridens</i>	1	0	32	32	33	3	0	-
	<i>C. quadrifasciatus</i>	366	422	569	991	1357	27	43	-
	<i>P. deletum</i>	4	5	137	142	146	3	4	-
	<i>Tanytarsus sp.</i>	3	13	53	66	69	4	25	-
	<i>Centroptilum sp.</i>	0	8	38	46	56	18	18	-
	<i>Caenomedea sp.</i>	3	3	21	24	27	11	15	-
Epandage OMS	<i>C. falciifera</i>	31	325	103	428	459	7	76	75
	<i>S. tridens</i>	5	62	67	129	134	4	48	48
	<i>C. quadrifasciatus</i>	313	288	93	381	694	45	76	58
	<i>P. deletum</i>	0	22	3	25	25	0	88	87
	<i>Tanytarsus sp.</i>	3	7	4	11	14	21	64	52
	<i>Centroptilum sp.</i>	3	32	0	32	35	9	100	100
	<i>Caenomedea sp.</i>	1	3	1	4	5	20	75	71

TABLEAU 27 .

Expérimentation en gouttières multiples en la station III en avril 1980. Effectifs et pourcentages des taxons ayant dérivés avant (Navt, %avt) et après (Napt, %apt) épandage. (Nr = faune restante, %corr. = % corrigé par la formule d'Abbott)

	N avt	N apt	Nr	N testé	N tot.	% avt	% apt	% corr.	
0,2 ppm	<i>C. falcifera</i>	1065	1256	4655	5911	6976	15	21	16
	<i>S. tridens</i>	45	181	97	278	323	14	65	61
	<i>C. quadrifasciatus</i>	6	7	49	56	62	1	12	0
	<i>P. deletum</i>	13	117	120	237	250	5	49	49
	<i>P. bertrandi</i>	31	1295	133	1428	1459	2	90	89
	<i>Centroptilum</i> sp.	24	202	0	202	226	11	100	100
	<i>Caenomedea</i> sp.	12	40	61	101	113	11	66	28
	<i>A. pictipes</i>	6	22	95	117	123	5	19	2
0,05 ppm	<i>C. falcifera</i>	1340	376	5110	5487	6827	20	7	1
	<i>S. tridens</i>	133	48	71	119	252	53	40	32
	<i>C. quadrifasciatus</i>	4	9	23	32	36	12	28	0
	<i>P. deletum</i>	11	14	360	374	385	3	4	3
	<i>P. bertrandi</i>	25	52	795	847	872	3	6	0
	<i>Centroptilum</i> sp.	32	42	0	42	74	43	100	100
	<i>Caenomedea</i> sp.	7	160	59	219	226	3	71	38
	<i>A. pictipes</i>	9	16	34	50	59	15	32	18
0,025 ppm	<i>C. falcifera</i>	2024	332	5630	5986	7986	25	7	1
	<i>S. tridens</i>	125	17	31	48	173	72	35	27
	<i>C. quadrifasciatus</i>	6	5	60	65	71	9	8	0
	<i>P. deletum</i>	18	23	372	395	413	4	6	5
	<i>P. bertrandi</i>	30	119	732	851	881	3	14	8
	<i>Centroptilum</i> sp.	79	78	12	90	169	47	87	78
	<i>Caenomedea</i> sp.	25	133	59	192	217	12	69	34
	<i>A. pictipes</i>	28	10	80	90	118	24	11	0
Témoïn	<i>C. falcifera</i>	1117	545	9144	9689	10 806	11	6	-
	<i>S. tridens</i>	21	6	47	53	74	28	11	-
	<i>C. quadrifasciatus</i>	1	18	37	55	56	2	33	-
	<i>P. deletum</i>	1	10	1386	1396	1397	1	1	-
	<i>P. bertrandi</i>	22	90	1211	1301	1323	2	7	-
	<i>Centroptilum</i> sp.	44	55	84	139	183	24	40	-
	<i>Caenomedea</i> sp.	6	93	84	177	183	3	53	-
	<i>A. pictipes</i>	7	22	107	129	136	5	17	-
Epandage OMS	<i>C. falcifera</i>	812	420	5364	5784	6596	12	7	1
	<i>S. tridens</i>	18	23	30	53	71	25	43	36
	<i>C. quadrifasciatus</i>	4	9	24	33	37	11	27	0
	<i>P. deletum</i>	13	27	438	465	478	3	6	5
	<i>P. bertrandi</i>	32	46	954	1000	1032	3	5	0
	<i>Centroptilum</i> sp.	32	62	84	146	178	18	43	5
	<i>Caenomedea</i> sp.	44	7	6	13	57	77	54	2
	<i>A. pictipes</i>	8	14	60	74	82	10	19	2
Epandage OMS	<i>C. falcifera</i>	412	133	9144	9277	9689	4	2	0
	<i>S. tridens</i>	6	16	31	47	53	11	34	26
	<i>C. quadrifasciatus</i>	5	13	37	50	55	10	24	0
	<i>P. deletum</i>	10	6	1380	1386	1396	1	1	0
	<i>P. bertrandi</i>	52	38	1211	1244	1301	4	3	0
	<i>Centroptilum</i> sp.	28	27	84	111	139	20	24	0
	<i>Caenomedea</i> sp.	86	7	35	42	128	67	16	0
	<i>A. pictipes</i>	13	9	107	116	129	110	8	0

TABLEAU 28 .

CL 50 des espèces les plus abondantes lors des expériences B & C en gouttières avec trois concentrations de témépos.

	Exp. B	Exp. C
Taxons .	CL 50	CL 50
<i>C. falcifera</i>	<u>0,029</u>	0,571
<i>S. tridens</i>	0,014	0,115
<i>C. quadrifasciatus</i>	0,194	0,088
<i>P. deletum</i>	0,030	0,204
<i>Pseudocloeon bertrandi</i>	-	0,069
<i>Pseudocloeon sp.</i>	0,019	-

TABLEAU 29.

Expérimentation en gouttières multiples réalisée, en la station III, en avril 1980. Effectifs, pourcentages et CL 50 des stades larvaires du Trichoptère *Cheumatopsyche falcifera*, qui ont dérivé avant (Navt, % avt) et après (Napt, % apt) épandage (Nr = faune restante, % corr. = % corrigé par la formule d'Abott).

Stade	C° en ppm	Navt	Napt	Nr	N.test.	N.tot.	% avt	% apt	% corr.	DL 50
5	0,2	376	292	3264	3556	3932	9,56	8,21	2,92	1,74
	0,05	282	128	2088	2216	2498	11,29	5,78	0,035	
	0,025	571	162	3288	3450	4021	14,20	4,70	-0,79	
	Témoin	417	229	3971	4200	4617	9,03	5,45	-	
4	0,2	482	360	768	1128	1610	29,94	31,91	26,69	0,40
	0,05	575	108	960	1068	1643	35,00	10,11	3,22	
	0,025	1227	88	1116	1204	2431	50,47	7,31	0,20	
	Témoin	478	128	1670	1798	2776	21,00	7,12	-	
3	0,2	173	270	276	546	719	24,06	49,45	47,76	0,21
	0,05	377	77	468	545	922	40,89	14,13	11,25	
	0,025	469	41	612	653	1122	41,80	6,28	3,14	
	Témoin	204	41	1226	1267	1471	13,87	3,24	-	
2	0,2	59	289	192	481	540	11,20	60,08	59,66	0,15
	0,05	94	50	204	254	348	27,01	19,69	18,85	
	0,025	85	32	444	476	561	15,15	6,72	5,75	
	Témoin	13	10	964	974	987	1,32	1,03	-	
1	0,2	11	63	156	219	230	4,78	28,77	27,32	0,62
	0,05	12	13	84	97	109	11,01	13,40	12,25	
	0,025	9	10	168	178	187	4,81	5,62	4,37	
	Témoin	1	3	226	229	230	0,43	1,31	-	
Tot.	0,2	1065	1256	4655	5911	6976	15,27	21,25	16,56	0,57
	0,05	1340	376	5110	5487	6887	19,63	6,85	1,30	
	0,025	2024	332	5630	5986	7986	25,34	5,55	-0,07	
	Témoin	1117	545	9144	9689	10800	10,34	5,62	-	

Figure 73.- Impact du téméphos dosé à 0,2 ppm sur les stades larvaires L2, L3, L4 et L5 du Trichoptère *Cheumatopsyche falcifera*. Expérience C. L'impact est suivi au moyen des courbes traduisant l'effectif de la faune restante (1) et la cinétique de décrochement (2) est exprimée en pourcentage.



# Cheumatopsyche falcifera

FIGURE 73.

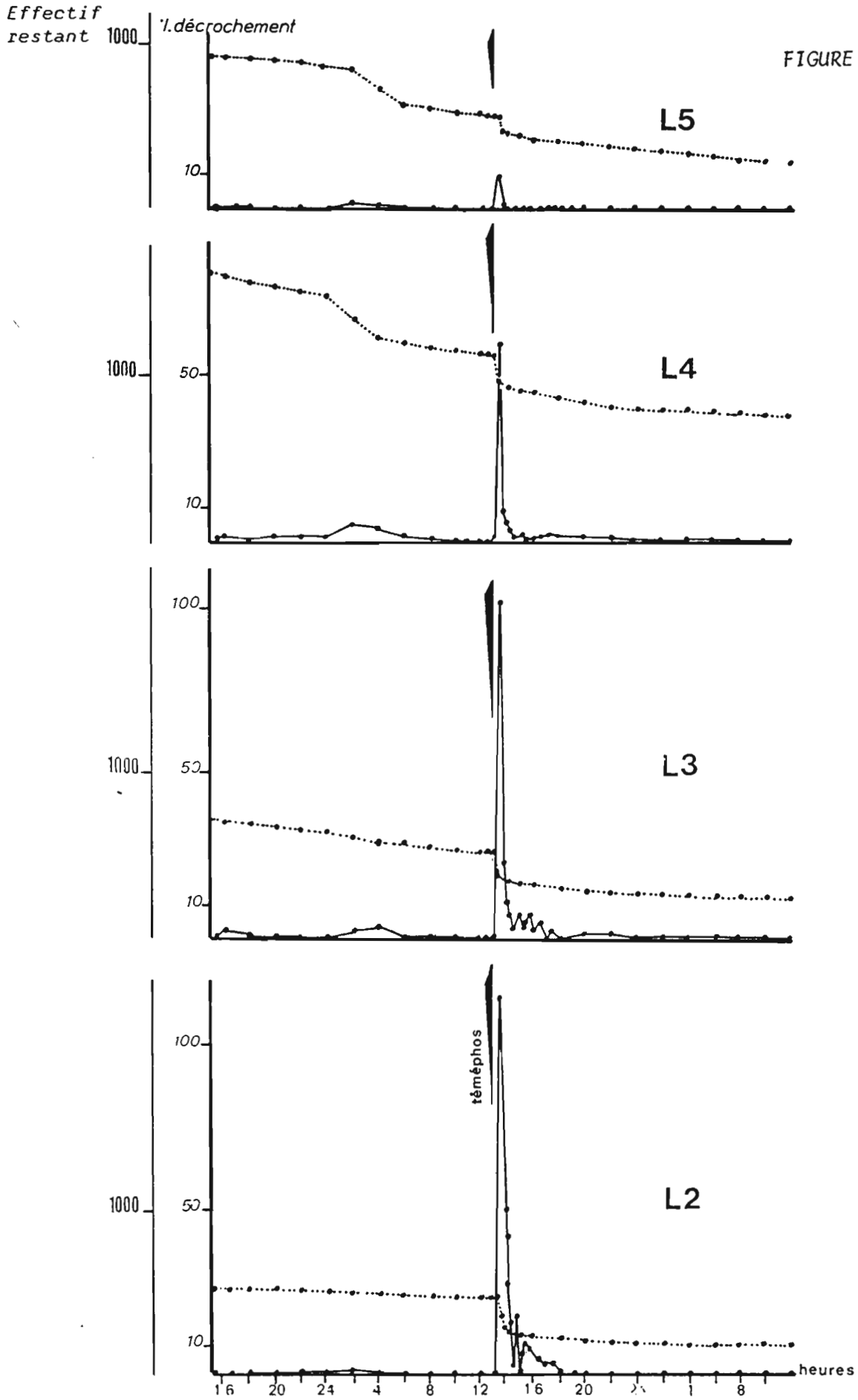


TABLEAU 30 .

Expérimentation en gouttières multiples réalisée, en la Station III, en avril 1980. Effectifs, pourcentages et CL 50 des stades larvaires de l'Ephéméroptère *Pseudocloen bertrandi*, qui ont dérivé avant (Navt, % avt) et après (Napt, % apt) épandage. (Nr = faune restante, % corr. = % corrigé par la formule d'Abott).

Stade	C° en ppm	Navt	Napt	Nr	N.test.	N.tot.	% avt	% apt	% corr.	DL 50
5	0,2	8	542	109	651	659	1,21	83,26	82,98	0,09
	0,05	9	15	41	56	65	13,85	26,8	25,5	
	0,025	3	30	492	522	525	0,57	5,75	4,15	
	Témoin	11	10	589	599	610	1,80	1,67	-	
4	0,2	11	464	24	488	499	2,20	95,08	94,89	0,05
	0,05	3	13	17	30	33	9,1	43,3	42,9	
	0,025	10	31	168	199	209	4,78	15,58	12,32	
	Témoin	3	16	414	430	433	0,69	3,72	-	
3	0,2	8	203	0	203	211	3,79	100	100	0,035
	0,05	9	10	5	15	24	37,5	66,7	64,9	
	0,025	10	42	72	44	124	8,06	36,84	33,55	
	Témoin	1	9	173	182	183	0,55	4,95	-	
2	0,2	4	89	0	89	93	4,30	100	100	-
	0,05	4	7	3	10	14	28,57	70,0	67,6	
	0,025	8	15	0	15	23	34,78	100	100	
	Témoin	1	6	75	81	82	1,22	7,41	-	
1	0,2	0	0	0	0	0				
	0,05	0	1	0	1	1				
	0,025	1	1	0	1	2				
	Témoin	0	0	1	1	1				
Tot.	0,2	31	1298	133	1431	1462	2,12	90,71	90,4	0,069
	0,05	25	36	66	102	127	19,69	35,29	33,2	
	0,025	32	119	732	851	883	3,62	13,98	11,14	
	Témoin	16	41	1252	1283	1309	1,22	3,20	-	

FIGURE 74.

Pseudocloeon bertrandi

0,2ppm

L5

L4

L3

téméphos

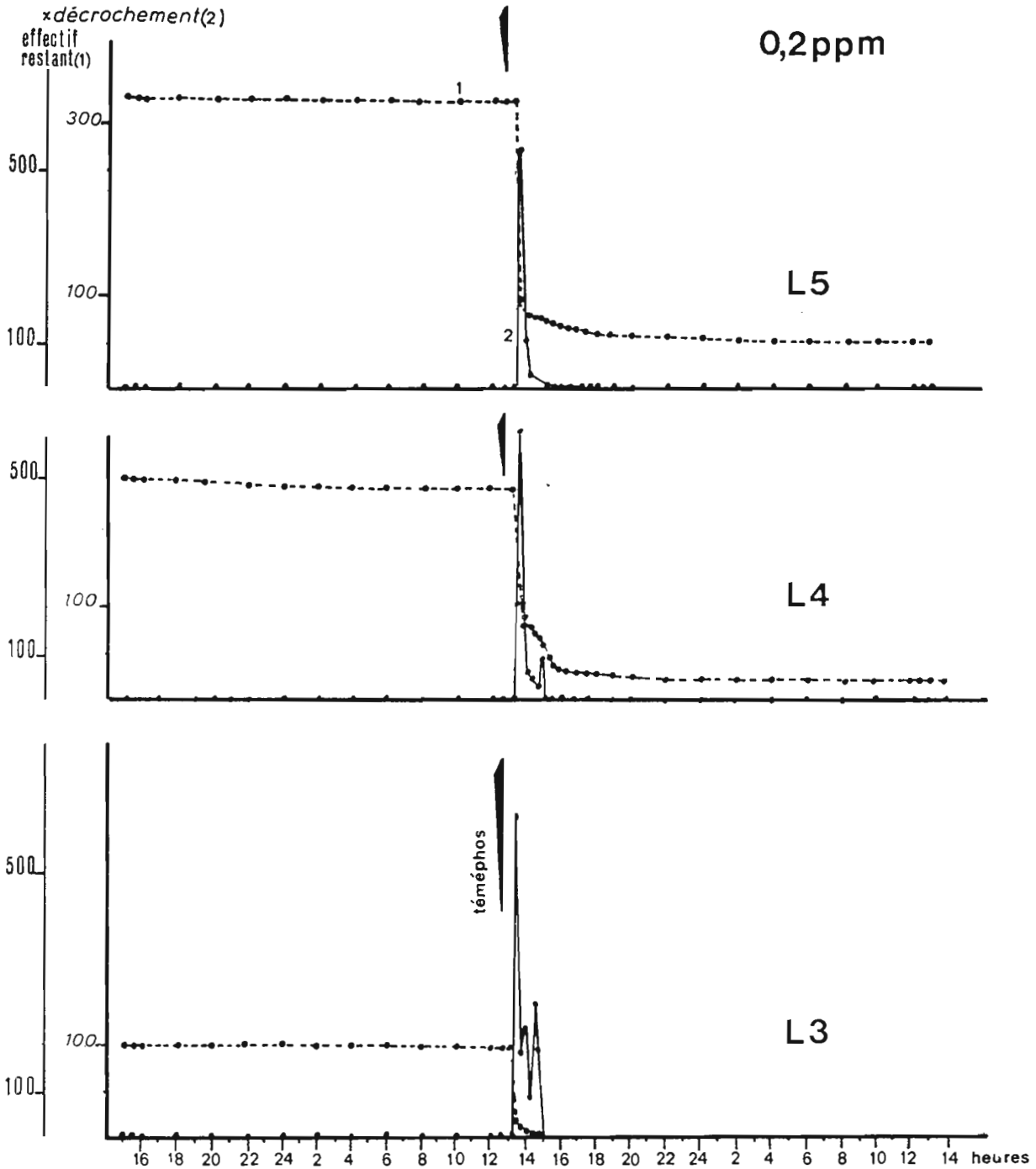


Figure 74.- Impact du téméphos dosé à 0,2 ppm sur les stades larvaires L3, L4 et L5 de l'Ephéméroptère *Pseudocloeon bertrandi* testé lors de l'expérimentation en gouttière réalisée en la station III en avril 1980. L'impact est suivi au moyen des courbes traduisant l'effectif de la faune restante (1) et la cinétique de décrochement (2) exprimée en pourcentages.

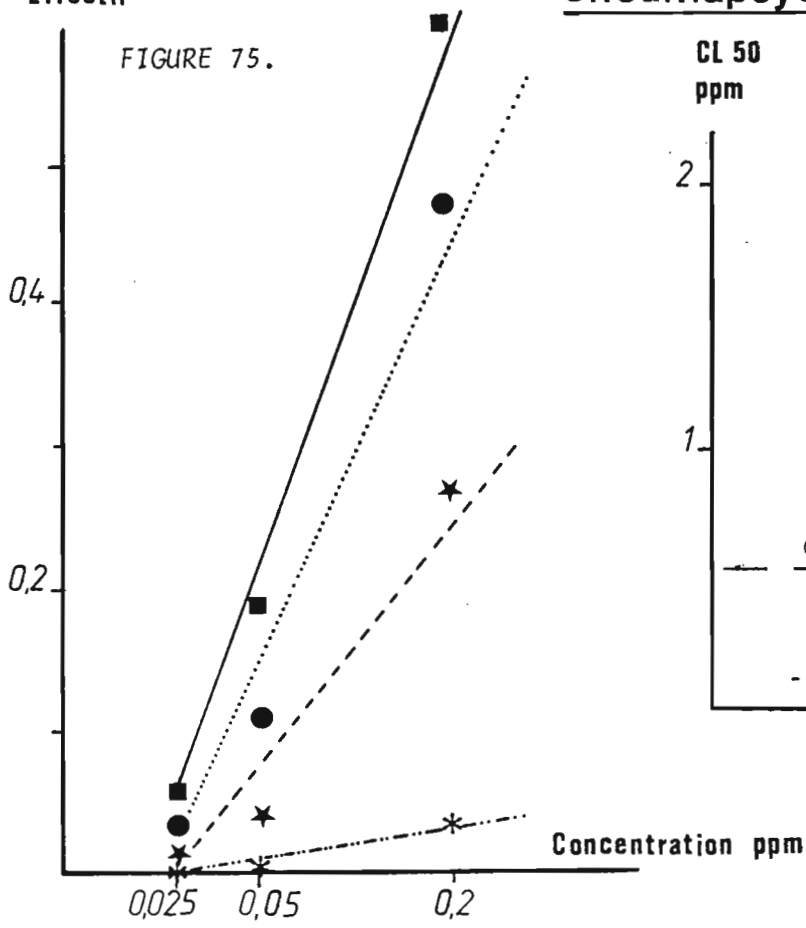
Figure 75.- Evolution de la sensibilité des stades L2, L3, L4 et L5 du Trichoptère *Cheumatopsyche falciifera* en fonction de la concentration du téméphos. Expérience C. Les droites traduisent la relation entre le logarithme ( $\log_{10}$ ) de la concentration en ppm et le pourcentage corrigé de décrochement.

Figure 76.- Relation entre la CL 50 exprimée en ppm et les stades larvaires de l'espèce *Cheumatopsyche falciifera*. Expérience C.

Figure 77.- Evolution de la sensibilité des classes de taille L3, L4 et L5 de l'espèce d'Ephéméroptère *Pseudocloeon bertrandi*. Expérience C. Les droites traduisant la relation entre le logarithme ( $\log_{10}$ ) de la concentration en ppm et le pourcentage corrigé de décrochement.

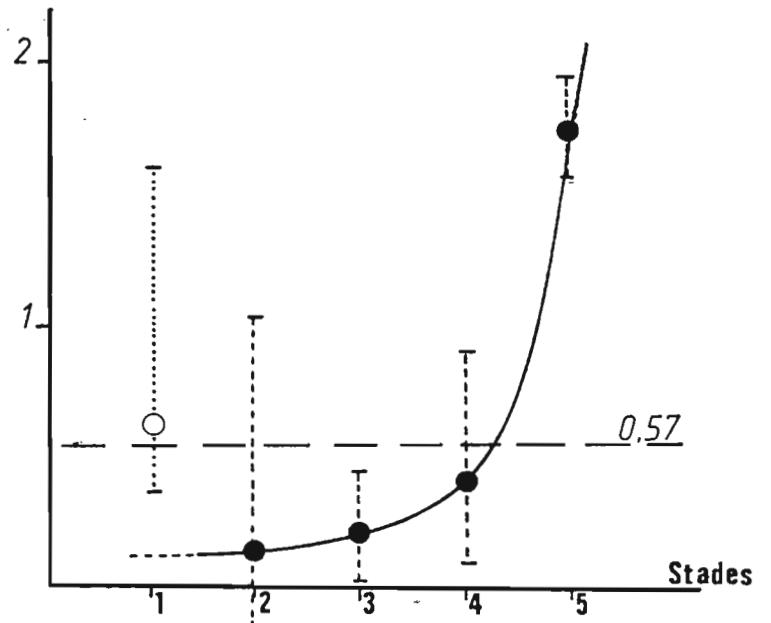
# Cheumapsyche falcifera

Effectif

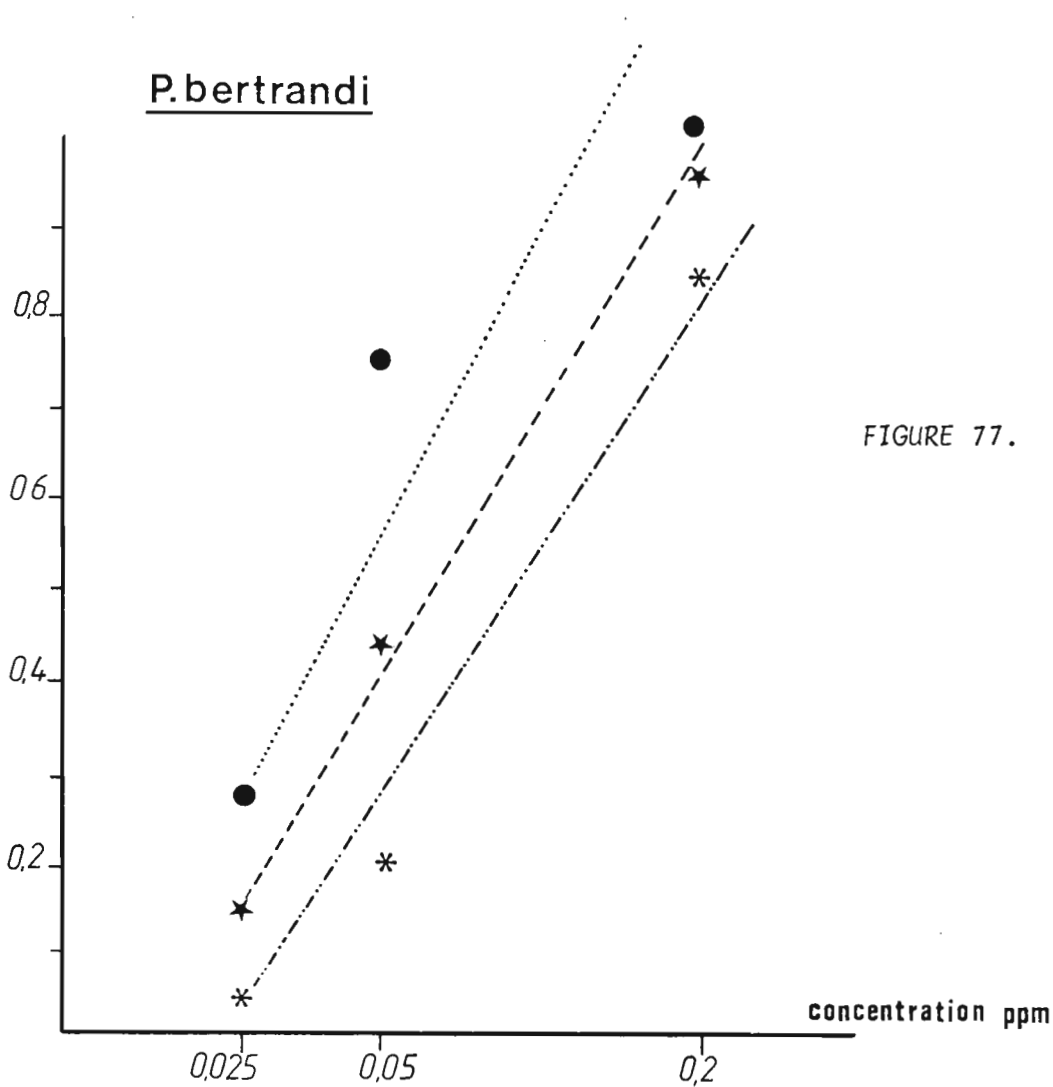


CL 50  
ppm

FIGURE 76.



# P. bertrandi



# Cheumatopsyche falcifera

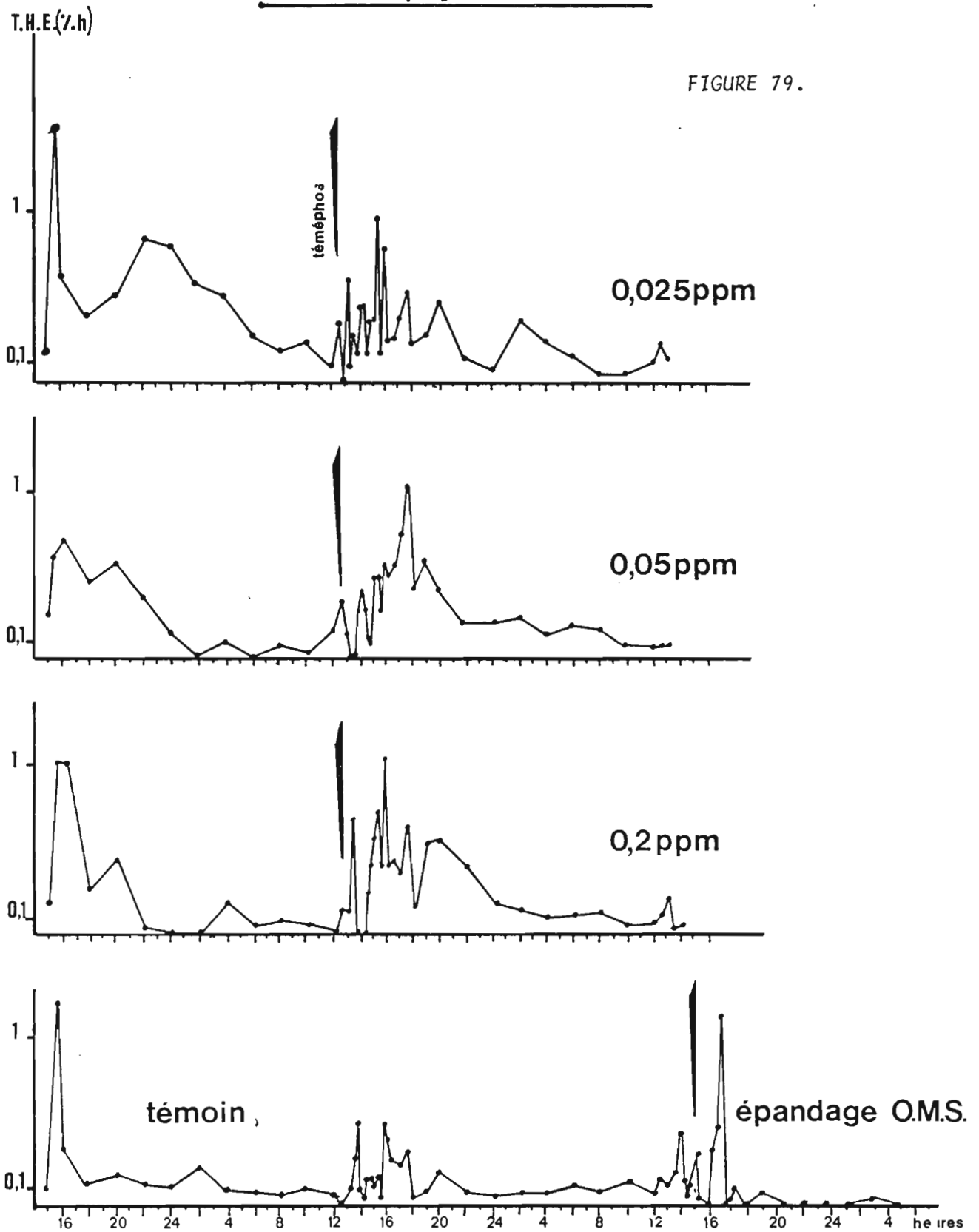


Figure 79.- Impact du tèmephos dosé à 0 ; 0,025 ; 0,05 et 0,2 ppm sur le Taux Horaire d'Exuviation (T.H.E.) des larves du Trichoptère *Cheumatopsyche falcifera*. Expérience C.

# Pseudocloeon bertrandi

FIGURE 80.

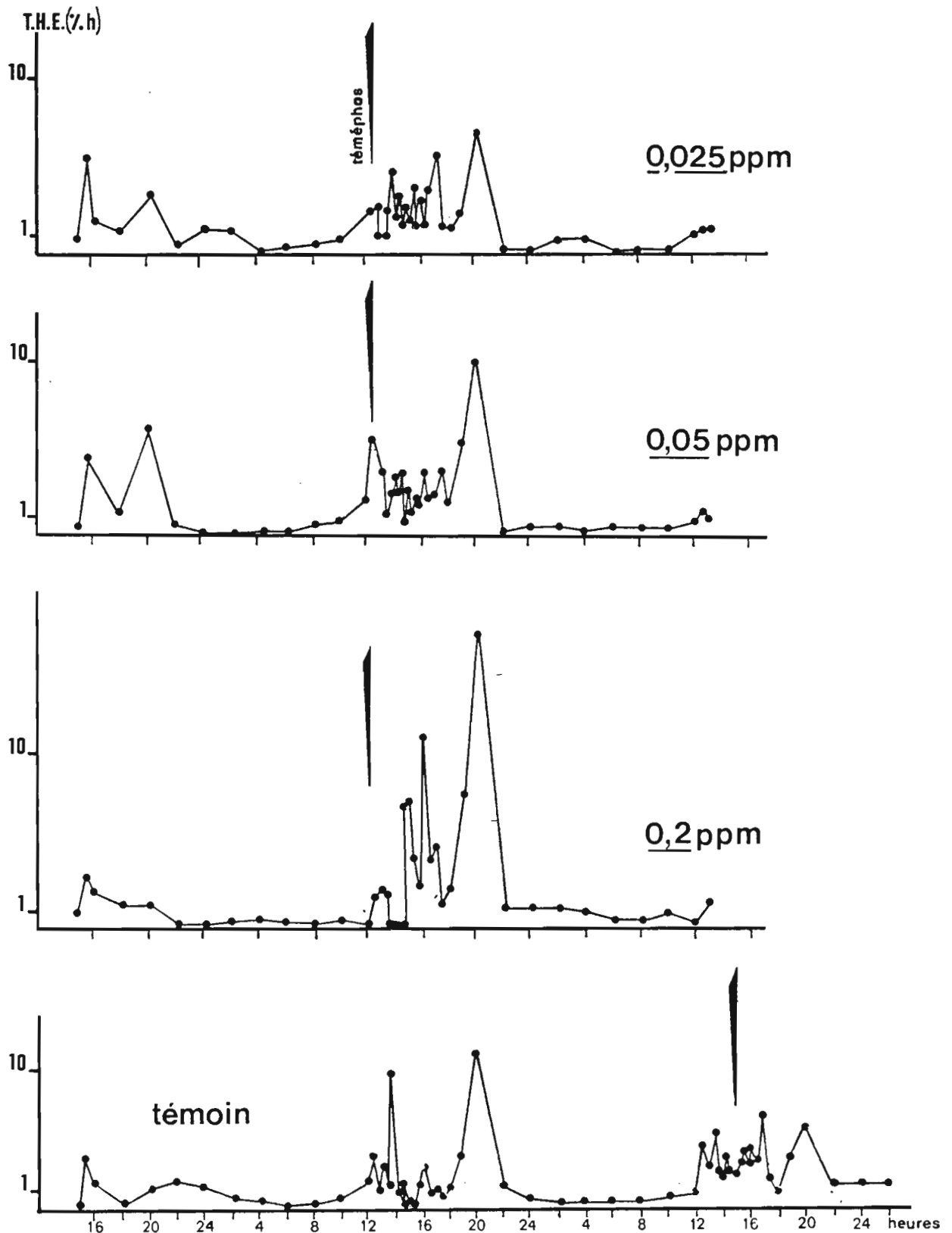


Figure 80.- Impact du téméphos dosé à 0 ; 0,025 ; 0,05 et 0,2 ppm sur le Taux Horaire d'Exuviation (T.H.E.) des larves de l'Ephéméroptère *Pseudocloeon bertrandi*. Expérience C.

Station I - FAUNE TOTALE

EXPERIENCE B.

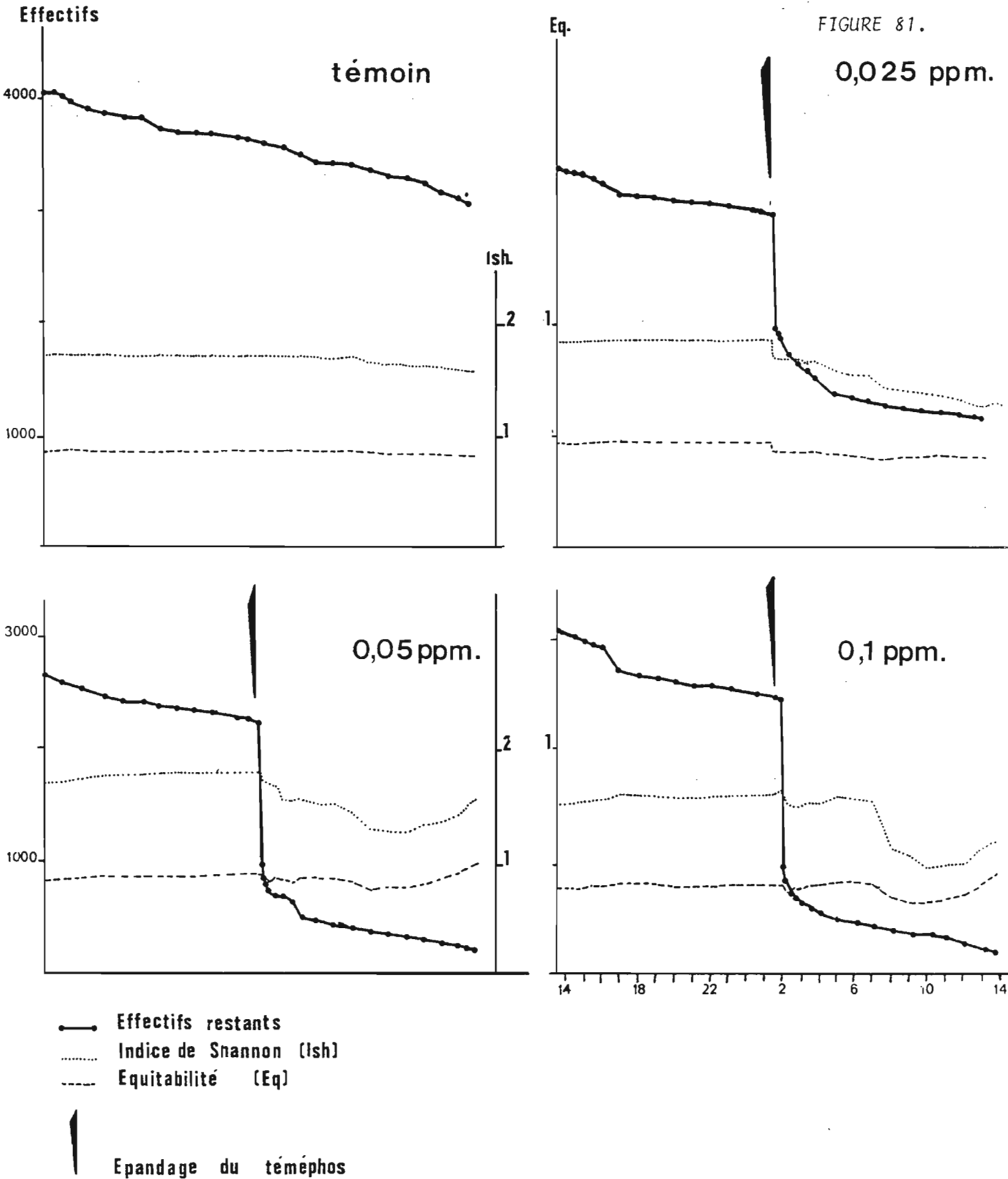


Figure 81.- Etude de la structure des communautés lotiques des gouttières. Evolution de l'effectif total, de l'indice de Shannon et de l'équitabilité durant les 24 heures qui précèdent et qui suivent l'épannage. Expérience B.



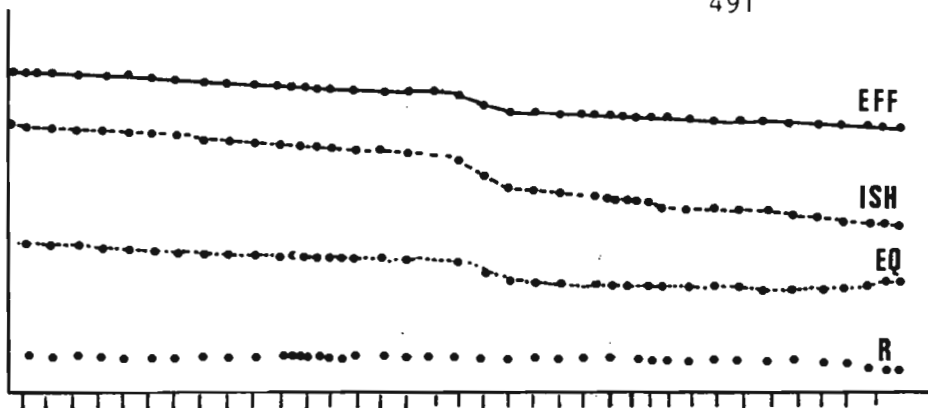


FIGURE 82.

témoin  
a

EXPERIENCE C.

Station III. FAUNE TOTALE

Figure 82.- Etude de la structure des communautés lotiques des gouttières. Evolution de l'effectif total, de l'indice de Shannon et de l'équité durant les 24 heures qui précèdent et qui suivent l'épandage. Expérience C. Les valeurs des échelles sont représenté sur la figure 81.

- EFF. effectifs
  - ISH Indice de Shannon
  - EQ Equité
  - R Richesse spécifique
- ↓  
épandage de téméphos

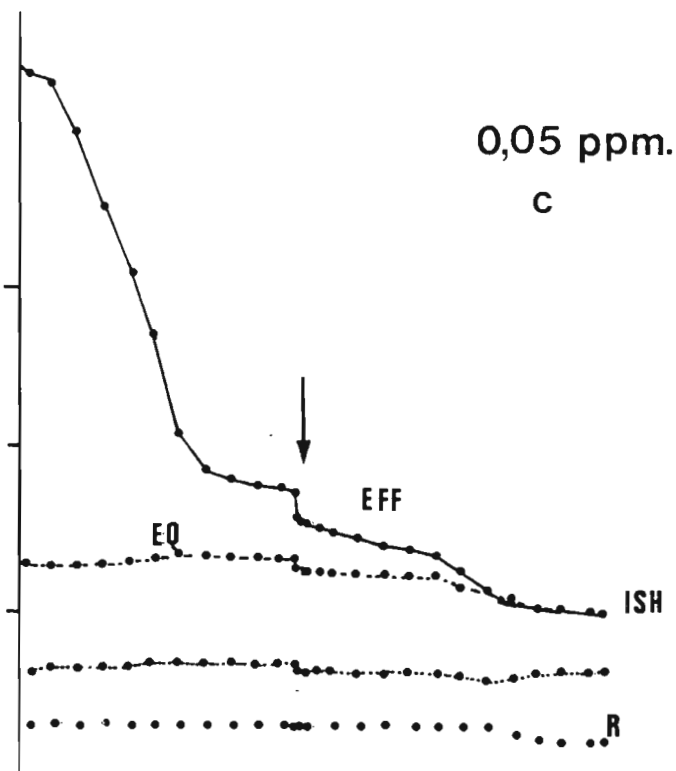
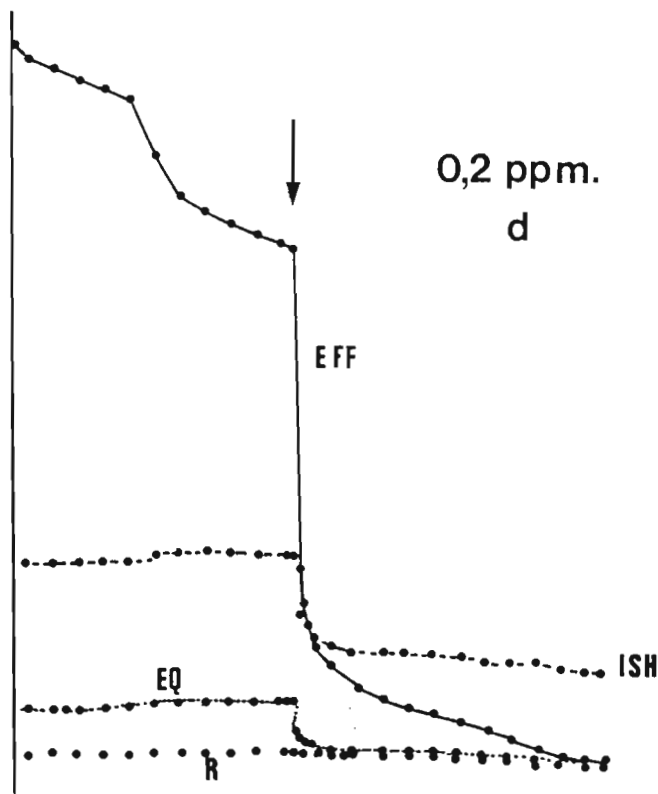
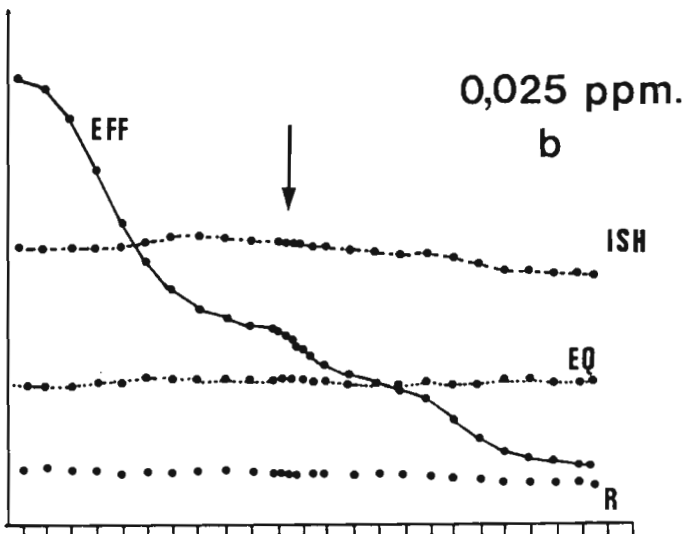


TABLEAU 31 .

Effectifs des taxons les plus abondants, présents dans les  
gouttières (A, B, C, D, E) de la station I  
le 19 février 1980 à 12 heures

Taxons	Gouttières				
	A1	B1	C1	D1	E1
<i>S. tridens</i>	26	62	71	97	32
<i>S. schoutedeni</i>	1	5	20	5	2
<i>P. deletum</i>	118	25	35	13	142
<i>Tanytarsus</i> sp.	67	11	12	10	65
<i>C. quadrifasciatus</i>	1011	384	1369	1278	1037
<i>A. pictipes</i>	12	3	2	7	48
<i>C. falciifera</i>	1536	428	562	981	2144
<i>Orthotrichia</i> sp.	0	0	9	1	8
<i>Stactobia</i> sp.	2	2	11	37	4
<i>Centroptilum</i> sp.	117	32	90	9	47
<i>Caenomedea</i> sp.	23	1	24	14	24
Sysiridae	4	3	6	1	9
Crambidae	15	11	10	9	21
Hydracariens	7	8	8	4	12

TABLEAU 32 .

Effectifs des taxons les plus abondants, présents dans les  
gouttières (A, B, C, D, E) de la station III  
le 19 Avril 1980 à 12 heures

Taxons	Gouttières				
	A2	B2	C2	D2	E2
<i>S. tridens</i>	57	50	119	49	278
<i>P. deletum</i>	1386	463	376	396	238
<i>T. angustus</i>	14	12	42	3	4
<i>C. quadrifasciatus</i>	56	19	36	65	57
<i>A. pictipes</i>	134	52	50	90	19
Tipulidae	2	-	1	14	23
<i>C. falciifera</i>	9779	4538	5494	5965	5939
<i>Ecnomus sp.</i>	11	2	2	16	1
<i>Orthotrichia sp.</i>	27	5	21	16	23
<i>P. bertrandi</i>	1309	999	848	851	1434
<i>Centroptilum sp.</i>	140	51	867	91	203
<i>Caenomedea sp.</i>	130	13	223	192	101
Sysiridae	-	-	1	-	-
Hydracariens	-	2	1	1	-

TABLEAU 33 .

Effectifs moyens des taxons les plus abondants récoltés dans les gouttières (G) et sur les rochers (S) en la station I en décembre 1979.

Taxons	$\bar{S}$	$\bar{G}$
<i>S. damnosum s.l.</i>	0,5	43
<i>S. tridens</i>	37,8	323
<i>S. schoutedeni</i>	216,5	2016
<i>Tanytarsus sp.</i>	347,8	3234
<i>C. lewisi</i>	2,5	21
<i>Cryptochironomus sp.</i>	0,5	22
<i>P. deletum</i>	17,2	255
<i>C. quadrifasciatus</i>	20,5	165
<i>Nanocladius sp.</i>	31,2	245
<i>A. pictipes</i>	2,5	31
Tipulidae	1,8	8
Cératopogonidae	0,5	1
<i>C. falcifera</i>	10,0	264
<i>C. digitata</i>	1,7	59
<i>A. senegalense</i>	0,2	17
<i>Orthotrichia sp.</i>	4,8	13
<i>Stactobia sp.</i>	4,0	4
<i>C. petri</i>	3,0	181
<i>Ceraclaea sp.</i>	1,0	0
<i>Tricorythus sp.</i>	29,0	479
<i>Neurocaenis sp.</i>	2,0	5
<i>P. bertrandi</i>	2,2	14
<i>Centroptilum sp.1.</i>	39,7	230
<i>Centroptilum sp.2.</i>	3,0	12
<i>Afronurus sp.</i>	0	186
<i>Caenomedea sp.</i>	52,7	134
<i>Caenodes sp.</i>	5,0	640
Pyralidae	32,8	64
<i>Hydracariens</i>	5,3	28
<i>P. marshalli</i>	5,5	1

TABLEAU 34 .

Effectifs moyens des taxons les plus abondants récoltés dans les gouttières (G) et sur les rochers (S) en la station I en février 1980

Taxons	$\bar{S}$	$\bar{G}$
<i>S. tridens</i>	-	57,6
<i>S. schoutedeni</i>	-	6,6
<i>Tanytarsus sp.</i>	6,4	33,0
<i>P. deletum</i>	92,0	66,6
<i>C. quadrifasciatus</i>	251,6	1015,8
<i>A. pictipes</i>	9,4	14,4
<i>C. falciifera</i>	83,6	1130,2
<i>Orthotrichia sp.</i>	-	3,6
<i>Stactobia sp.</i>	-	11,2
<i>Centroptilum sp.1.</i>	-	59,0
<i>Caenomedea sp.</i>	28,0	17,2
<i>Caenodes sp.</i>	5,4	-
Pyralidae	5,0	13,2
Sysiridae	-	4,6
Hydracariens	1,8	7,8

TABLEAU 35.

Effectifs moyens des taxons les plus abondants récoltés dans les  
gouttières (G) et sur les rochers (S) en la station III en  
avril 1980

Taxons	$\bar{S}$	$\bar{G}$
<i>S. tridens</i>	-	110,6
<i>Tanytarsus</i> sp.	-	15,0
<i>P. deletum</i>	35,8	573,8
<i>C. quadri-fasciatus</i>	53,8	46,6
<i>A. pictipes</i>	7,6	68,4
Tipulidae	2,6	8,0
Ceratopogonidae	0,2	-
<i>C. falci-fera</i>	653,6	6343,0
<i>C. digitata</i>	29,0	-
<i>A. senegalense</i>	0,6	-
<i>A. dispar</i>	0,8	-
<i>Orthotrichia</i> sp.	-	18,4
<i>Ecnomus</i> sp.	-	6,4
<i>P. bertrandi</i>	2,4	1088,2
<i>Centroptilum</i> sp.1.	-	270,4
<i>Caenomedea</i> sp.	2,6	131,8
Pyralidae	3,0	-
Sysiridae	7,4	-
Hydracariens	-	1,2

TABLEAU 36 .

Fréquences relatives des stades larvaires de l'espèce *C. falcifera* (Trichoptère), récoltés dans les prélèvements de la faune des rochers dans la station I en février 1980 (A) et dans la station III en avril 1980 (B) ainsi que dans les gouttières de la station III en avril 1980 (C)

Stades larvaires	A	B	C
L 5	18,2	27,3	53,7
L 4	34,6	23,7	21,1
L 3	34,9	17,7	13,1
L 2	9,8	21,1	9,0
L 1	2,5	11,2	2,5

TABLEAU 37 .

Nombres moyens, fréquences et taux de réduction des organismes benthiques récoltés sur les substrats artificiels de type "balai" à Danangoro (station II) avant (AVT) et après (APT) le premier épandage de téméphos.

Taxons	Effectifs		Fréquences %		Différences	
	AVT	APT	AVT	APT	%	Taux de réduct.
<i>S. damnosum</i>	2,71	0,14	0,79	0,16	5,17	94,83
<i>S. adersi</i>	25,29	0,57	7,34	0,63	2,25	97,75
<i>S. tridens</i>	0,14	-	0,04	-	0	100 **
<i>S. unicornutum</i>	0,14	-	0,04	-	0	100 **
<i>C. fulcifera</i>	58,57	11,00	16,99	12,19	18,78	81,22
<i>C. digitata</i>	33,43	5,43	9,70	6,02	16,24	83,76
<i>A. senegalense</i>	72,71	26,43	21,09	29,28	36,35	63,65
<i>Macronema sp.</i>	0,43	-	0,12	-	0	100 **
<i>Protomacronema sp.</i>	0,57	1,57	0,17	1,74	275,44	-175,44**
<i>Orthotrichia sp.</i>	1,00	0,43	0,29	0,48	43,00	57,00**
<i>Stactobia sp.</i>	1,00	0,14	0,29	0,16	14,00	86,00**
<i>P. bertrandi</i>	39,86	0,71	11,56	0,79	1,78	98,22
<i>Pseudocloen sp.</i>	1,43	0,29	0,49	0,32	20,28	79,72**
<i>Centroptilum sp.</i>	0,71	-	0,21	-	0	100 **
<i>Caenomedea sp.</i>	0,86	0,14	0,25	0,16	16,28	83,72**
<i>Tricorythus sp.</i>	0,43	0,14	0,12	0,16	32,56	67,44**
<i>Nanocladius sp.</i>	0,29	-	0,08	-	0	100 **
<i>C. quadrifasciatus sc</i>	74,57	40,43	21,63	44,79	54,22	45,78
<i>P. deletum</i>	22,57	1,71	6,55	1,89	7,58	92,42
<i>Tanytarsus sp.</i>	0,14	0,14	0,04	0,16	100,0	0 **
<i>A. pictipes</i>	1,14	0,14	0,33	0,16	12,28	87,72**
Crambidae	-	0,14	-	0,16		0 **
Tipulidae	0,14	-	0,04	-	0	100 **
Ceratopogonidae	4,29	0,14	1,24	0,16	3,26	96,74
Hydrophilidae	-	0,14	-	0,16		0 **
Oligochètes	2,29	0,43	0,66	0,48	18,78	81,22
Totaux	344,71	90,26	99,98	100,05	26,18	73,82

\*\*valeurs non significatives du point de vue de la réduction des effectifs.



TABLEAU 38 .

Nombres moyens, fréquences relatives et taux de réduction des organismes benthiques récoltés à l'échantillonneur de Suber à Entomokro (Station I) avant (AVT) et après (APT) le premier épandage de Téméphos.

Taxons	Effectifs		Fréquences %		Différences	
	AVT	APT	AVT	APT	%	Taux de réduct.
<i>S. adersi</i>	21,33	-	9,10	-	0	100
<i>S. tridens</i>	6,33	-	2,70	-	0	100
<i>C. falciifera</i>	2,00	0,33	0,85	1,09	16,50	83,50
<i>C. digitata</i>	2,67	1,33	1,14	4,39	49,81	50,19
<i>A. senegalense</i>	1,67	-	0,71	-	0	100 **
<i>Macronema sp.</i>	0,33	0,33	0,14	1,09	100	0 **
<i>Protomacronema sp.</i>	0,33	-	0,14	-	0	100 **
<i>Orthotrichia sp.</i>	0,33	0,67	0,14	2,21	203,03	103,0 **
<i>Stactobia sp.</i>	0,33	-	0,14	-	0	100 **
<i>P. bertrandi</i>	0,33	-	0,14	-	0	100 **
<i>Pseudocloeon sp.</i>	3,00	0,33	1,28	1,09	11,00	89,0
<i>Centroptilum sp.</i>	2,33	-	0,99	-	0	100
<i>Caenomedea sp.</i>	2,67	-	1,14	-	0	100
<i>Tricorythus sp.</i>	0,67	-	0,29	-	0	100 **
<i>Nanocladius sp.</i>	91,67	11,33	39,12	37,37	12,36	87,64
<i>C. quadrifasciatus</i>	6,67	0,33	2,85	1,09	4,95	95,05
<i>P. deletum</i>	3,00	0,67	1,28	2,21	22,33	77,67
<i>Tanytarsus sp.</i>	0,67	-	0,29	-	0	100 **
<i>A. pictipes</i>	0,67	0,33	0,29	1,09	49,25	50,75*
Tipulidae	67,33	13,00	28,73	42,88	19,31	80,69
Crambidae	12,67	0,67	5,41	2,21	5,29	94,71
Ceratopogonidae	0,33	-	0,14	-	0	100 **
Hydracariens	1,33	0,33	0,57	1,09	24,81	75,19*
Hydres	5,33	-	2,27	-	0	100
Elmidae sp.	0,33	0,67	0,14	2,21	203,03	103,03**
Totaux	234,32	30,32	99,99	100,02	12,94	87,06

\*\*valeurs non significatives du point de vue de la réduction des effectifs.

« Balais »

Surber

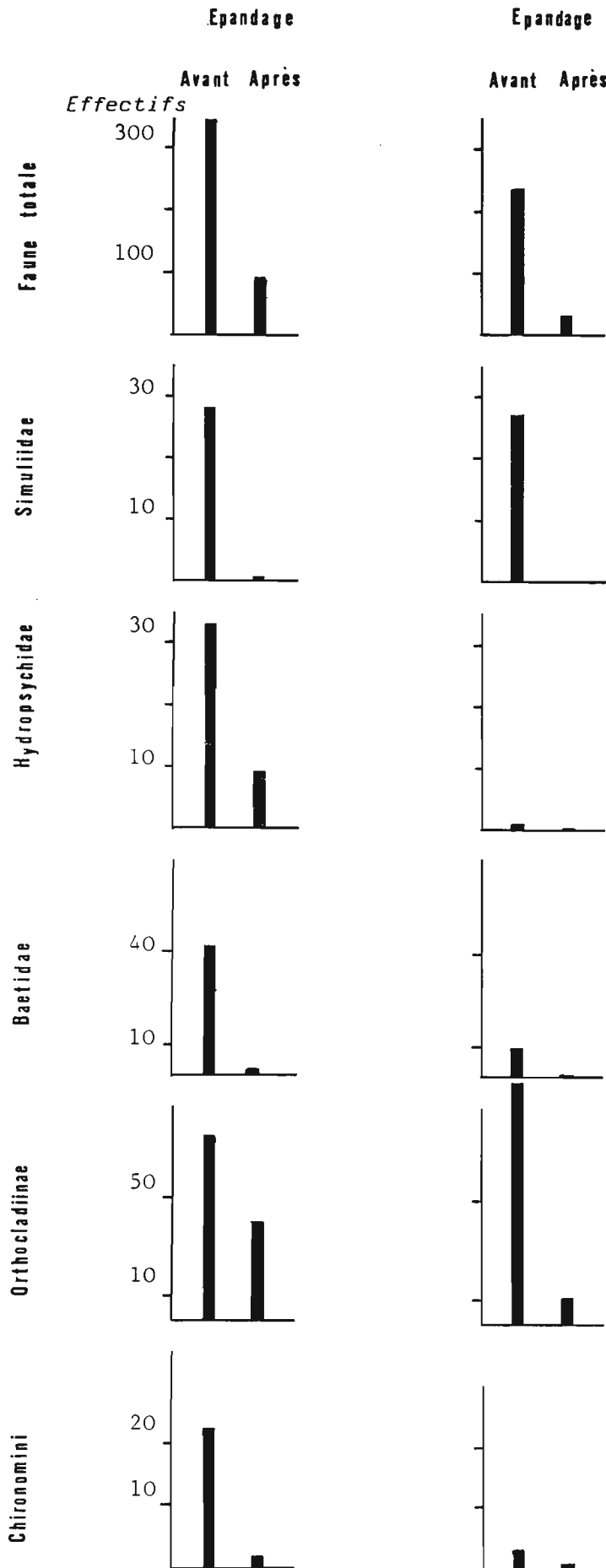


Figure 83.- Effectifs des principaux groupes taxinomiques récoltés sur les substrats avant et après l'épannage.  
 a : faune des balais  
 b : faune saxicole.

TABLEAU 39 .

Pourcentage de réduction et fréquence, avant (AVT) et après (APT) traitement au téméphos, des espèces entomiques colonisant les rochers de la Station I au mois de décembre 1979.

Taxons	AVT	APT	% de réduction
<i>S. tridens</i>	38	6	84,2
<i>S. schoutedeni</i>	217	15	93,0
<i>P. deletum</i>	27	3	88,9
<i>Tanytarsus sp.</i>	355	28	92,1
<i>C. quadrifasciatus</i>	21	17	19,1
<i>Nanocladius sp.</i>	27	-	100
<i>A. pictipes</i>	3	-	100
<i>Tricorythus sp.</i>	29	1	96,6
<i>Neurocaenis sp.</i>	1	-	100
<i>P. bertrandi</i>	2	-	100
<i>Centroptilum sp.</i>	40	-	100
<i>Caenomedea sp.</i>	53	1	98,1
<i>Caenodes</i>	4	-	100
<i>C. falcifera</i>	10	-	100
<i>A. senegalense</i>	2	-	100
<i>C. digitata</i>	2	-	100
<i>Orthotrichia sp.</i>	5	1	80
<i>C. petri</i>	3	-	100
<i>Stactobia sp.</i>	4	-	100
<i>Anthocha sp.</i>	2	-	100
<b>Crambidae</b>	33	1	97,0
<b>Totaux</b>	878	73	91,7



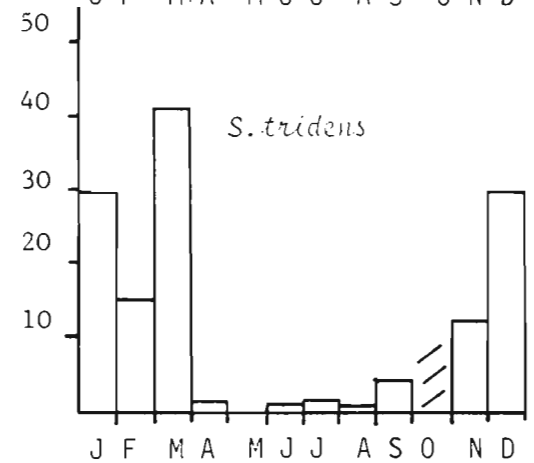
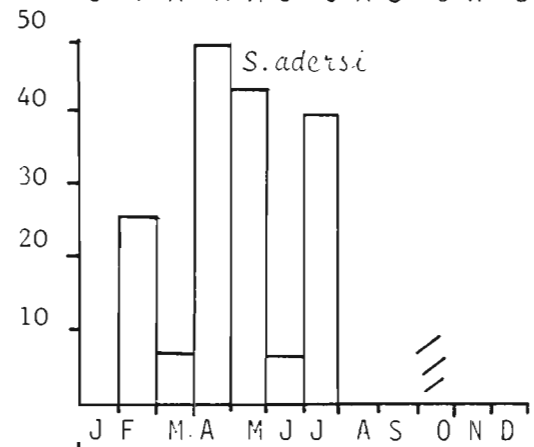
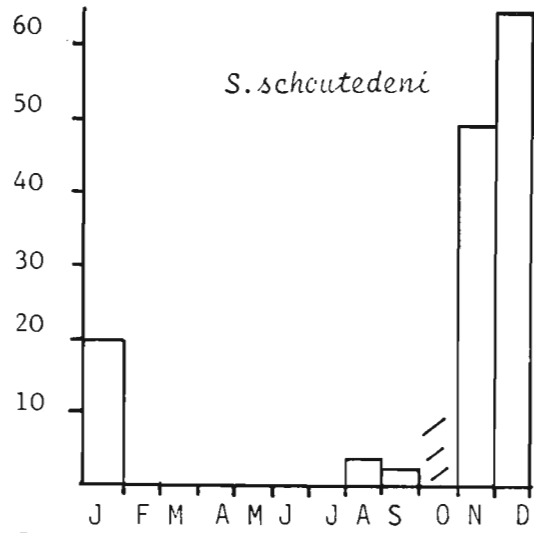
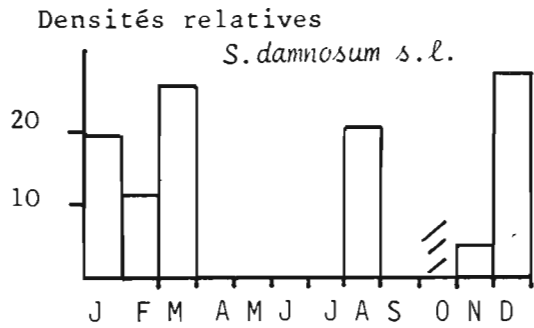
QUATRIEME PARTIE

-----

IMPACT A LONG TERME

-----

FIGURE 84.



a

b

c

d

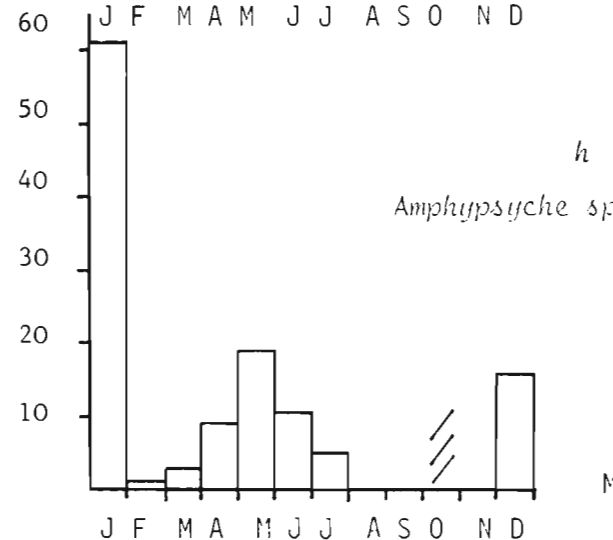
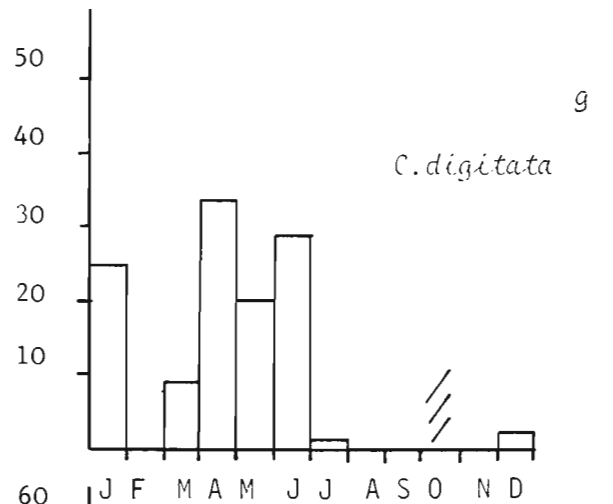
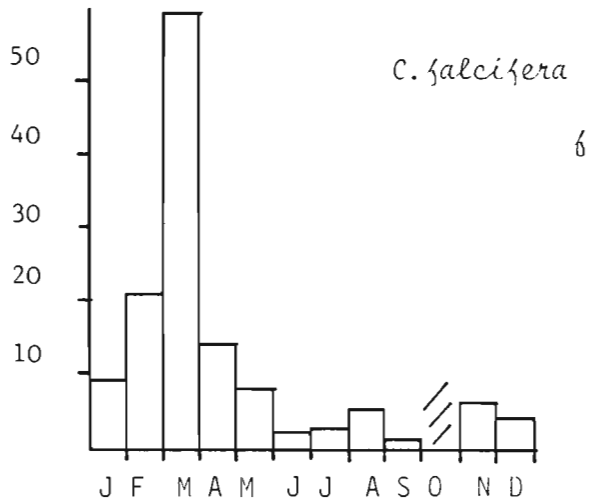
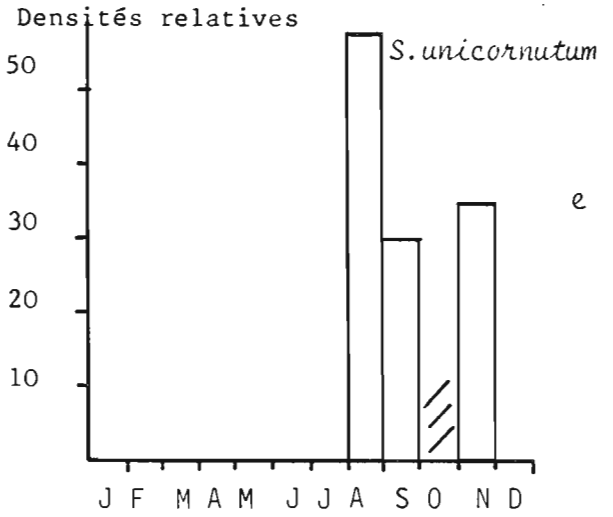
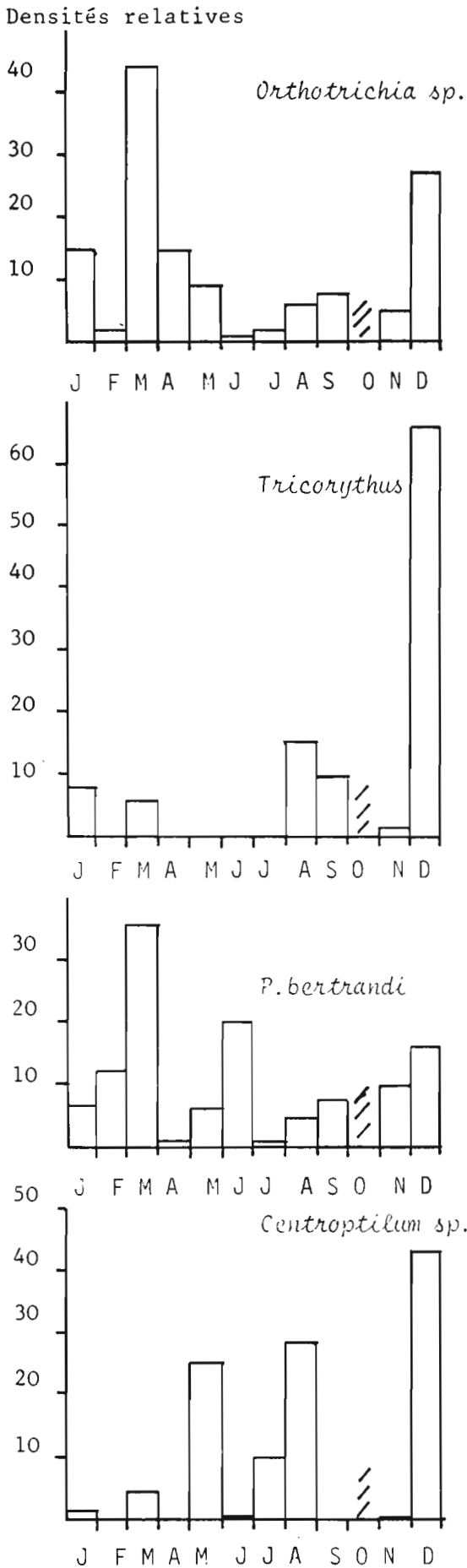


Figure 84.- Histogrammes des densités relatives annuelles des populations des Insectes lotiques peuplant les biefs de la Maraoué. Période subissant les épandages hebdomadaires de téméphos.

Mois

FIGURE 84 (suite)



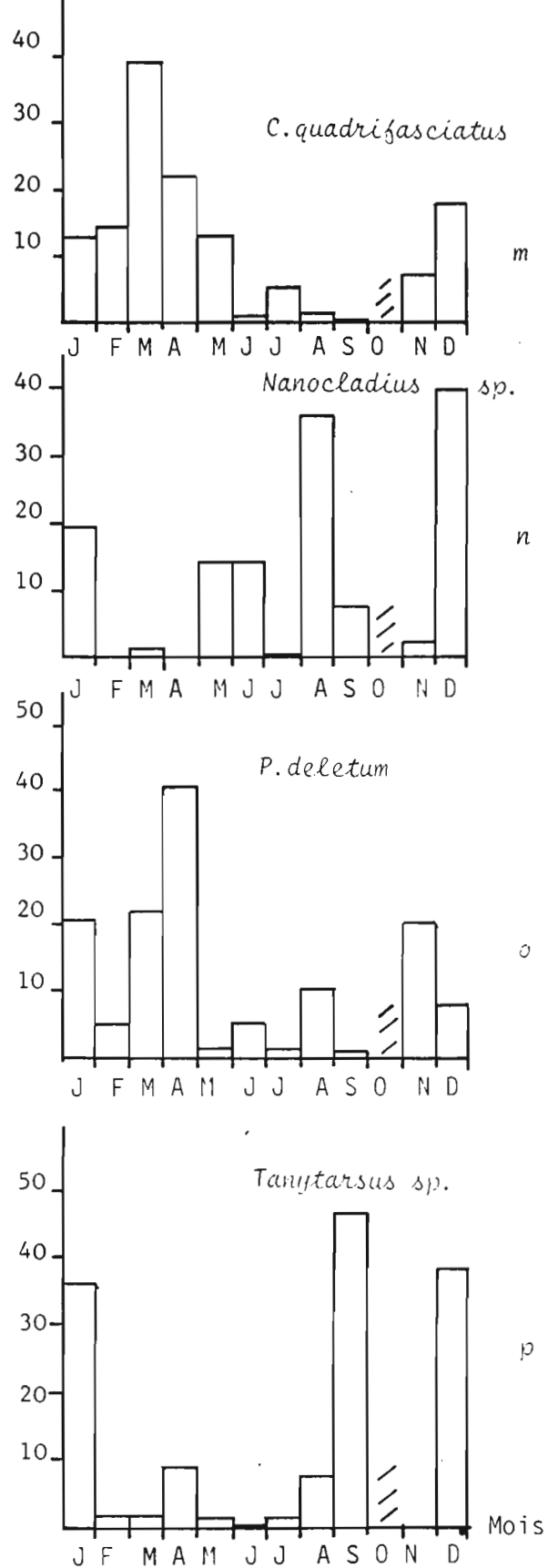
i

j

k

l

Densités relatives



m

n

o

p

Mois

Figure 84 (suite)

Histogrammes des densités relatives annuelles des populations des Insectes lotiques peuplant les biefs de la Maraoué. Période subissant les épandages de téméphos.

/// = absence de prélèvement

Figure 85. Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats flottants artificiels, durant la période subissant les traitements hebdomadaires de téméphos. Représentation de la projection des variables (espèces (1)) (fig. 85 a) et des individus (prélèvements (2) ) (fig. 85 b) sur le plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances appliquée aux données codées. Figure 85 c : distribution de la variable explicative vitesse du courant (3).

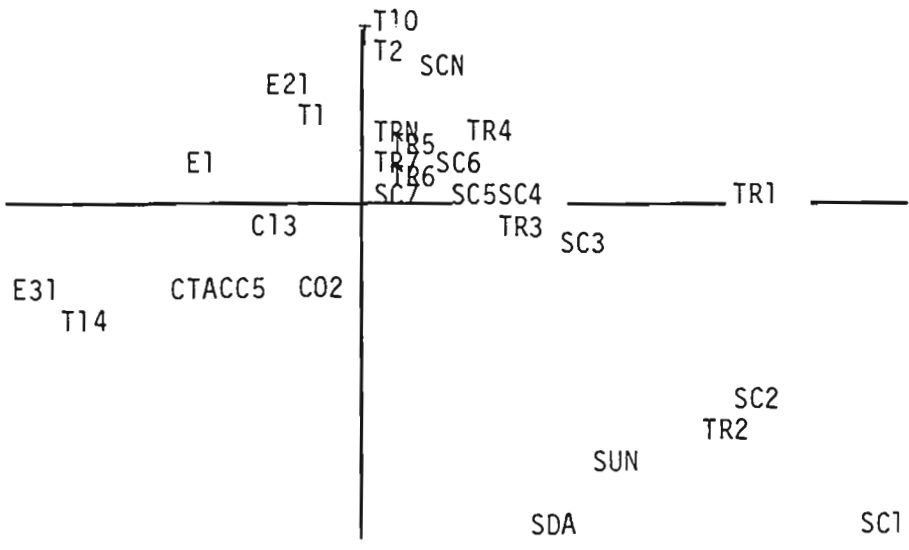
---

(1) Pour la signification des abréviations des variables, se reporter au § Part. I.

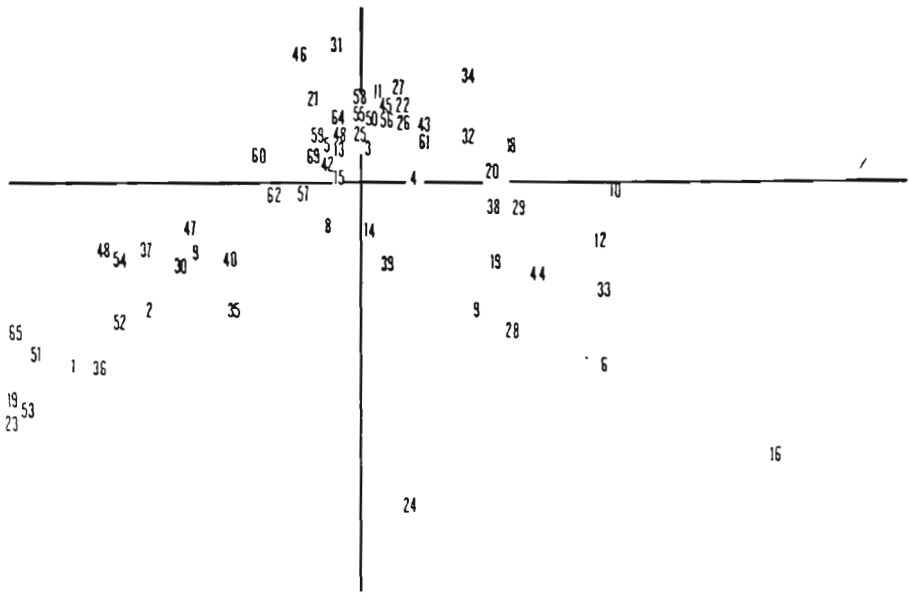
(2) Les numéros identifient les prélèvements

(3) Les valeurs des vitesses du courant ont été regroupées en trois classes, conformément à la légende inscrite sur la figure 85 c.

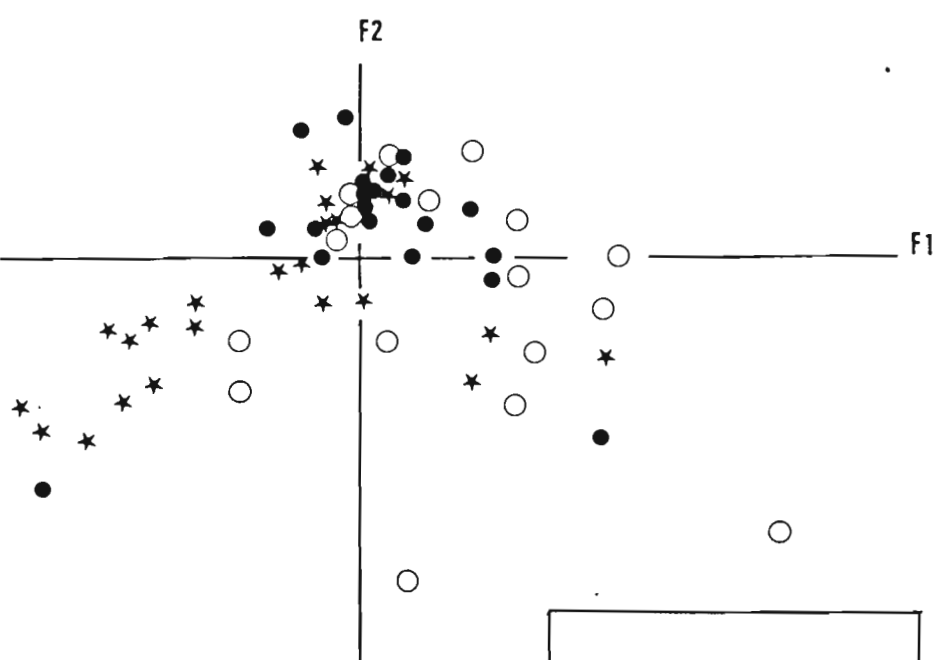




a



b



c

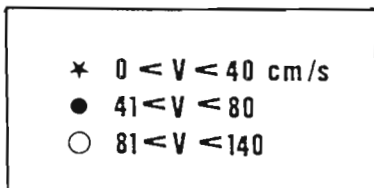


FIGURE 85

TABLEAU 40

Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de surface. Mise en évidence de l'influence du courant. Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des variables aux deux premiers axes F1 et F2 de l'analyse factorielle des correspondances.

Taxons	CTA		CTR	
	F1	F2	F1	F2
SDA	5.8	34.0	0.13	0.43
TRN	0.5	2.8	0.04	0.13
TR7	0.4	1.7	0.05	0.13
TR6	0.7	0.8	0.07	0.04
TR5	0.7	0.9	0.09	0.07
TR4	2.7	1.4	0.19	0.06
TR3	4.2	0.0	0.33	0.00
TR2	5.8	4.4	0.25	0.11
TR1	2.6	0.0	0.11	0.00
SCN	0.4	6.6	0.02	0.17
SC7	0.2	0.4	0.02	0.02
SC6	0.9	1.4	0.08	0.07
SC5	2.8	0.1	0.22	0.01
SC4	3.2	0.1	0.27	0.00
SC3	6.7	0.3	0.44	0.01
SC2	10.4	5.7	0.45	0.14
SC1	5.8	4.4	0.25	0.11
T01	0.4	3.7	0.03	0.15
T02	0.0	2.4	0.00	0.08
T10	0.0	8.5	0.00	0.24
T14	8.3	2.2	0.25	0.04
E01	2.7	0.5	0.14	0.01
E21	0.2	1.6	0.01	0.05
E31	4.5	0.6	0.16	0.01
CTA	18.2	6.7	0.69	0.14
C05	8.3	4.2	0.48	0.14
C02	1.4	4.4	0.09	0.16
C13	2.2	0.1	0.15	0.00

### Interprétation de la figure 85

Ces données ont été codées selon l'échelle déjà adoptée précédemment (1 + mantisse du logarithme à base 10 de l'effectif). Les variables et les individus sont représentés sur deux figures séparées pour permettre une meilleure lecture. Enfin, les contributions relatives et absolues aux axes pour les variables ont été consignées dans le tableau 40. Les contributions des axes F1 et F2 à l'inertie totale du nuage sont  $T_1 = 19,5$  et  $T_2 = 11,0$  %.

Du point de vue "variable", le premier axe oppose le groupe *S.damosum* s.l. (SD1 à SDN) et *S.schoutedeni* stade L1 et L2 (SC1 et SC2) aux taxons *Tanytarsus* sp. (CTA) et *Orthotrichia* sp. (T14). Nous constatons qu'il y a donc opposition entre les espèces qui vivent en courant rapide et celles qui vivent en courant lent.

Le report des vitesses de courant enregistrées pour chacun des substrats positionné sur la figure 85 b permet de constater qu'à quelques exceptions près, le courant semble être le facteur principal qui régit la distribution des larves sur les substrats flottants (fig. 85 c). Il est même pratiquement le seul puisque la courbe en U ou effet GUTTMAN indique que la distribution obtenue est de type unidimensionnelle. L'axe F2 est donc encore une fonction du courant puisque fonction quadratique du premier axe. L'axe F2 traduit la valence rhéophile tandis que l'axe F1 traduit le préférendum.

Dans ce plan, *S.damosum* s.l. (SD1 à SDN) ainsi que les stades L1, L2 et L3 de *S.schoutedeni* (SC1 à SC3) sont associés aux courants rapides tandis que l'espèce *Tanytarsus* sp. (CTA) et *Orthotrichia* sp. (T14) avoisinent les courants lents. On retrouve également les rhéophilies précédemment constatées avec les espèces *C.falcifera* (T1), *C.digitata* (T10), *Amphipsyche* sp. (T2), *P.bertrandi* (E21), *Trichorythus* sp. (E1) associées aux courants moyens et *C.quadrifasciatus* (C02), *Nanocladius* sp. (C01), *P.deletum* (CC5) et *Centroptilum* sp. (E31) associées aux courants faibles. Enfin, les stades âgés de *S.tridens* et *S.schoutedeni* vivent en association dans les courants moyens.

L'axe F2 correspond à la valence rhéophile des espèces, c'est-à-dire à la dispersion de l'histogramme de distribution autour du rhéopréférendum. Les espèces dont la distribution couvre tout le spectre des courants mesurés se situent vers le bas du graphe, tandis que celles qui sont limitées à certaines vitesses de courant, sont positionnées en haut du graphe.

FIGURE 86.

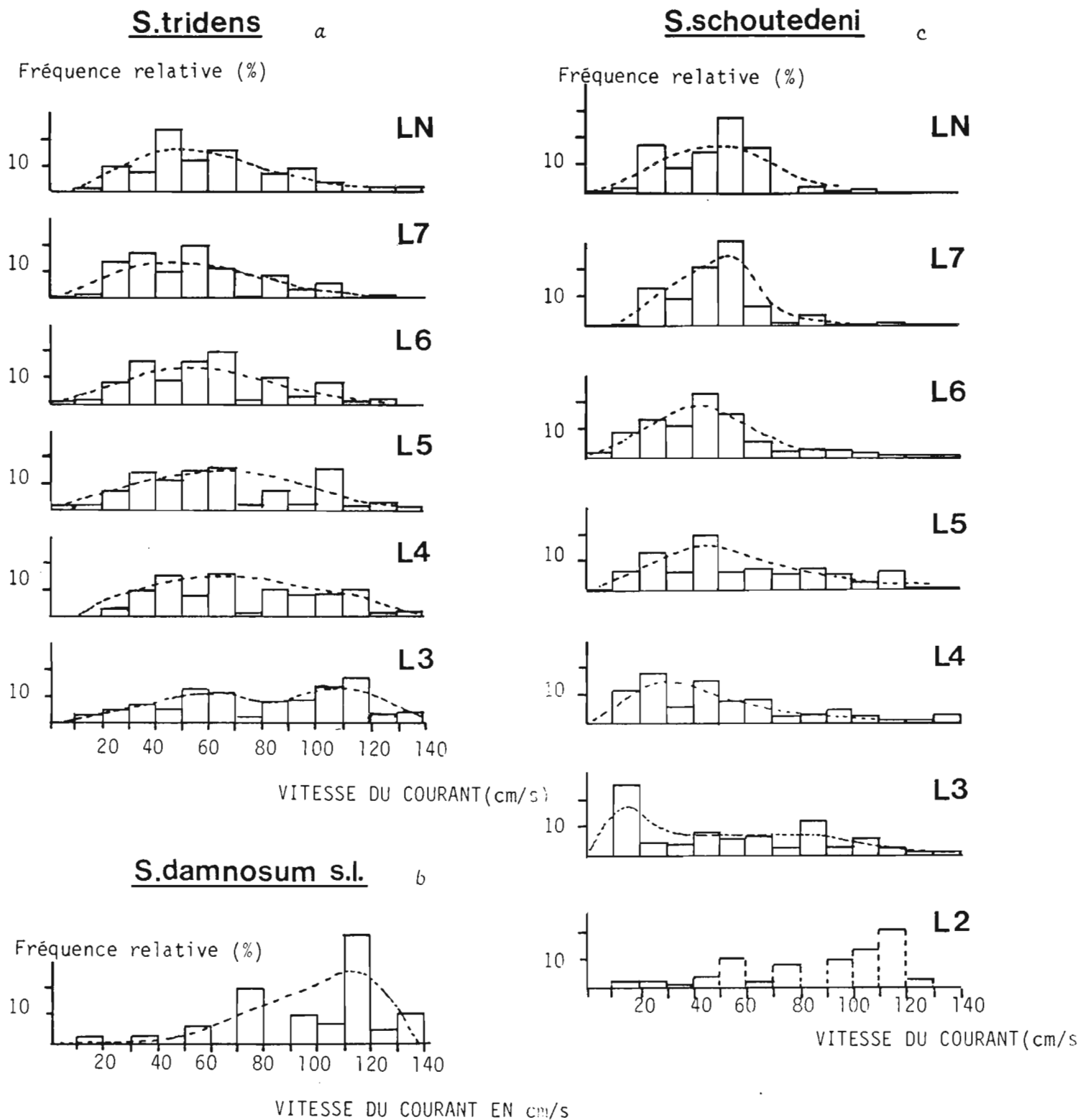


Figure 86.- Histogrammes de distribution des fréquences relatives des populations préimaginales des trois espèces de Simulies : *S.tridens*, *S.schoutedeni*, *S.damnosum s.l.*, en fonction des vitesses du courant partitionnées en 14 classes de 10 en 10 cm/s. Expérience de décembre 1979, la rivière étant traitée au téméphos depuis 9 mois.

FIGURE 87.

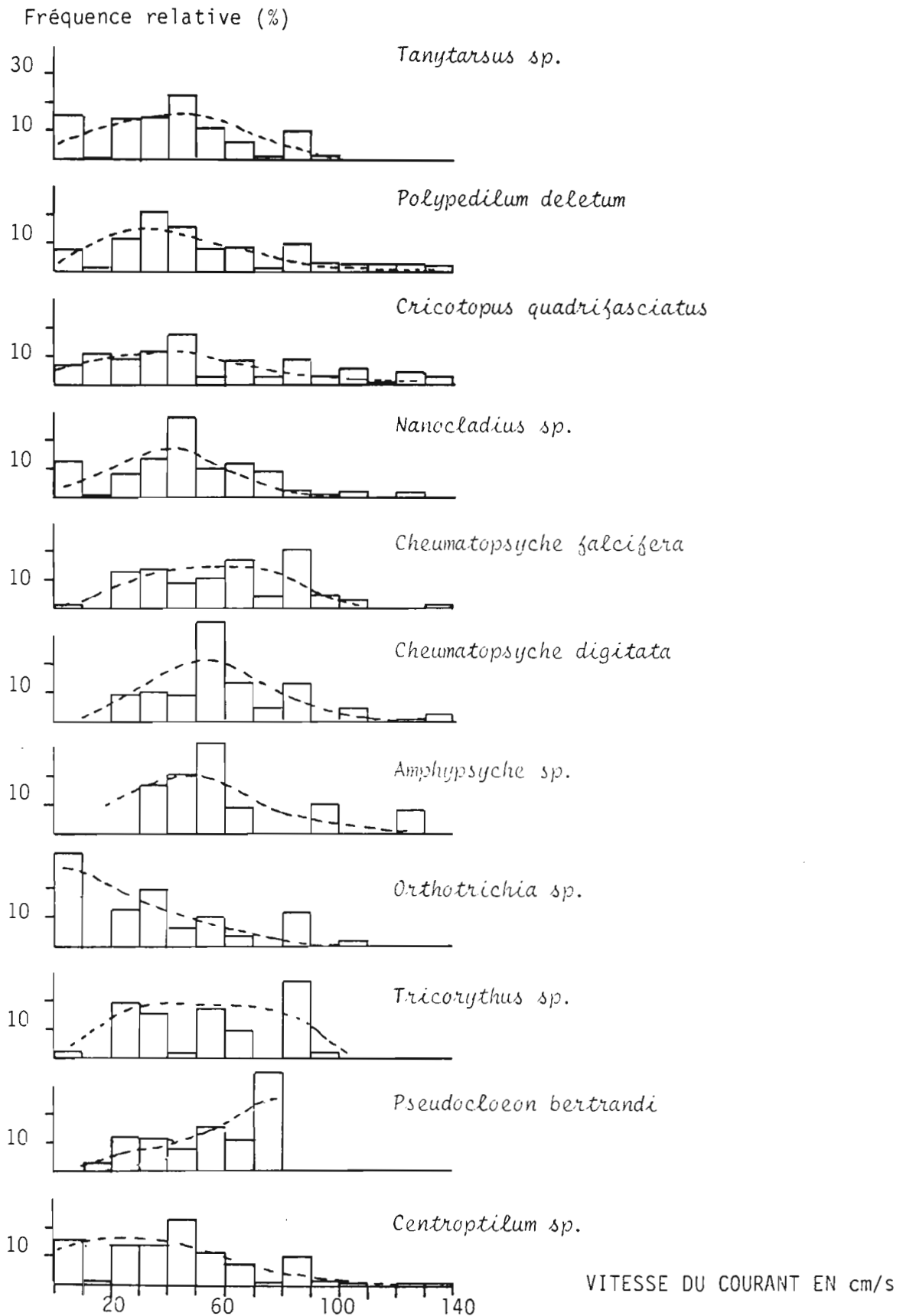
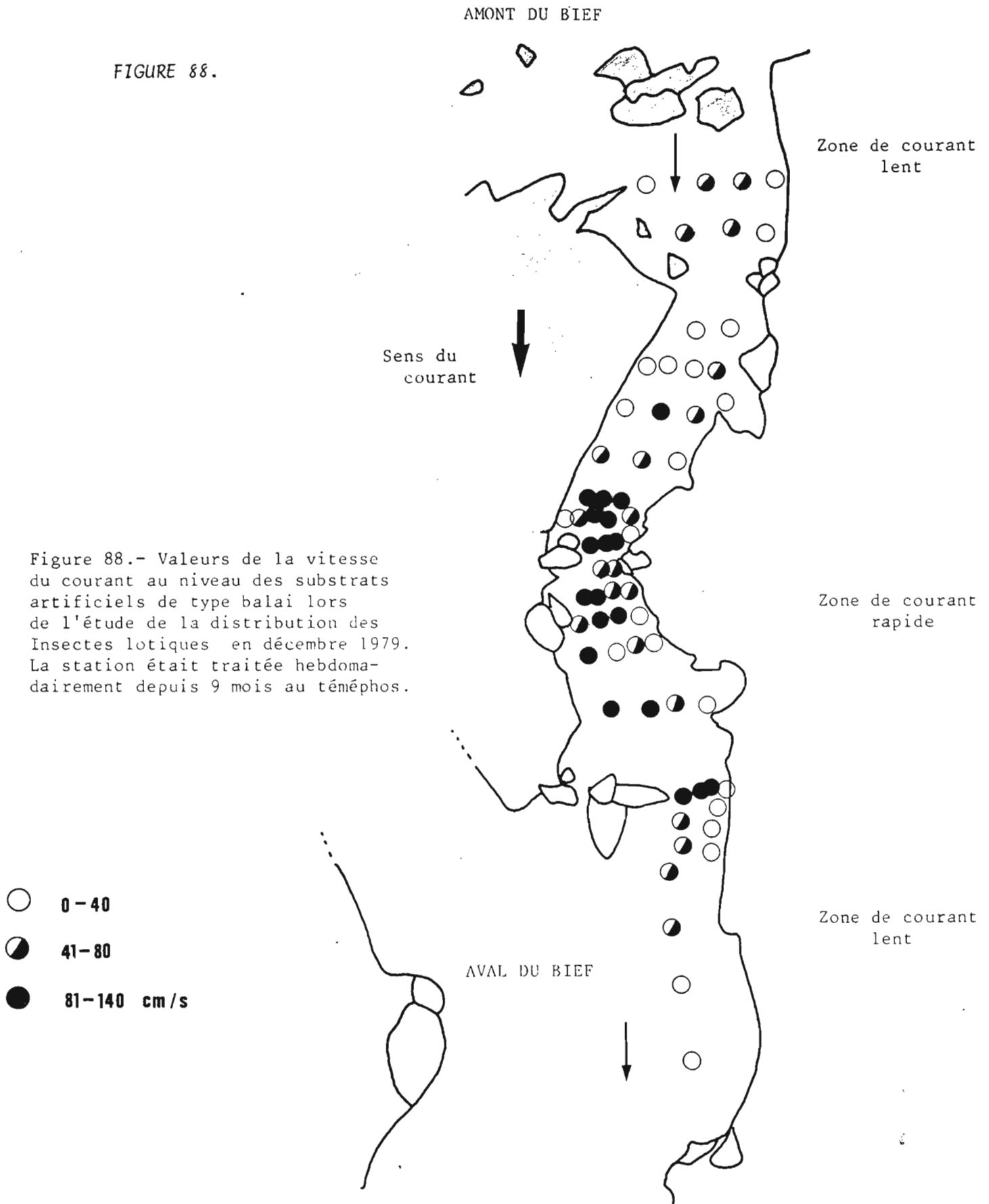


Figure 87.- Histogrammes de distribution des fréquences relatives des populations préimaginales des espèces lotiques les plus abondantes, en fonction des vitesses de courant partitionnées en 14 classes de 10 en 10 cm/s. Expérience de décembre 1979, la rivière étant traitée au téméphos depuis 9 mois.



FIGURE 88.



- 0 %
- <1%
- 1-10 %

FIGURE 89

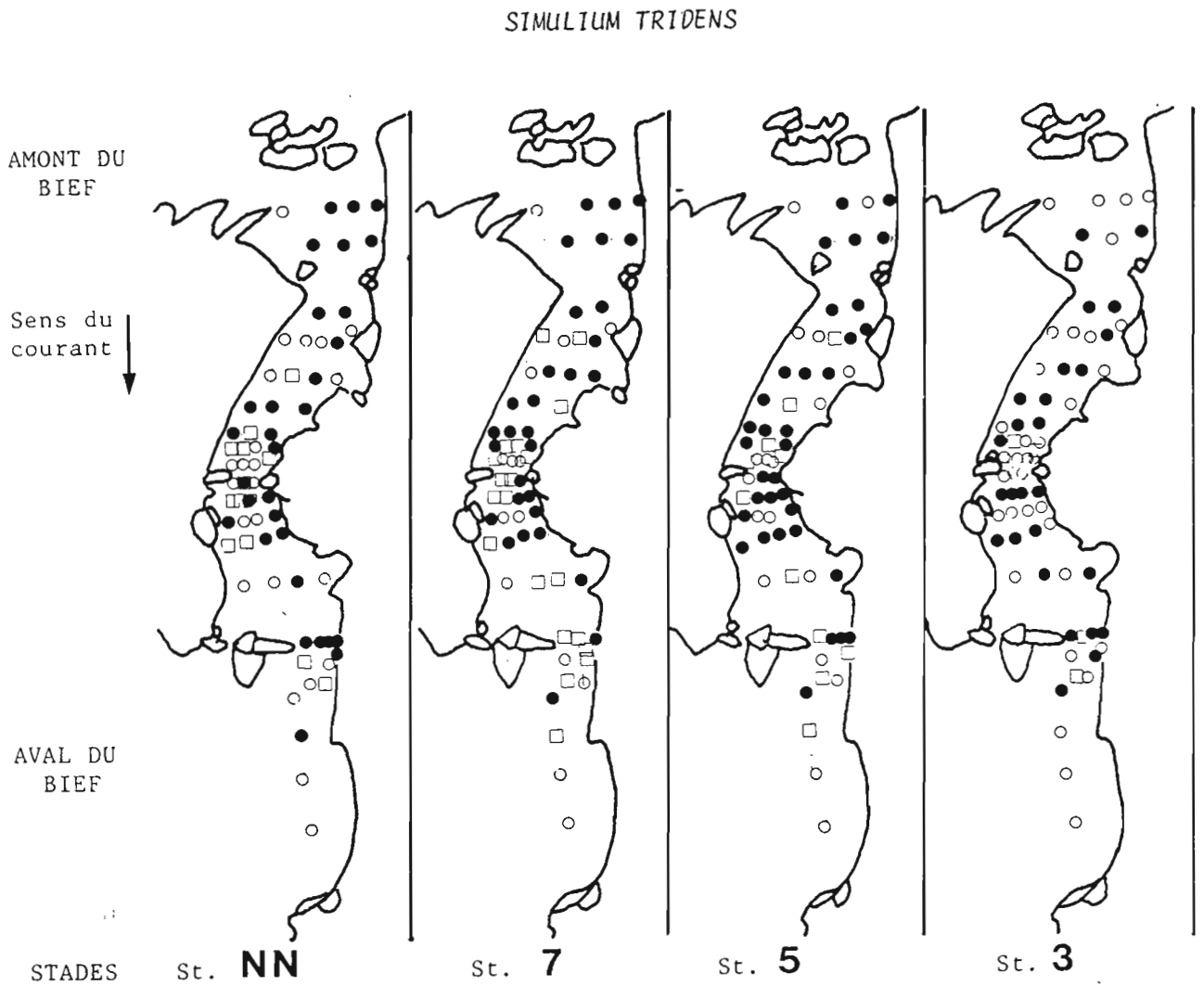


Figure 89.- Etude de la distribution sur les substrats artificiels de type balai des stades préimaginaux de *Simulium tridens*. Période traitée au téméphos.



- 0 %
- < 1 %
- 1-10 %
- ★ 11-50 %

FIGURE 90

## SIMULIUM SCHOUTEDENI

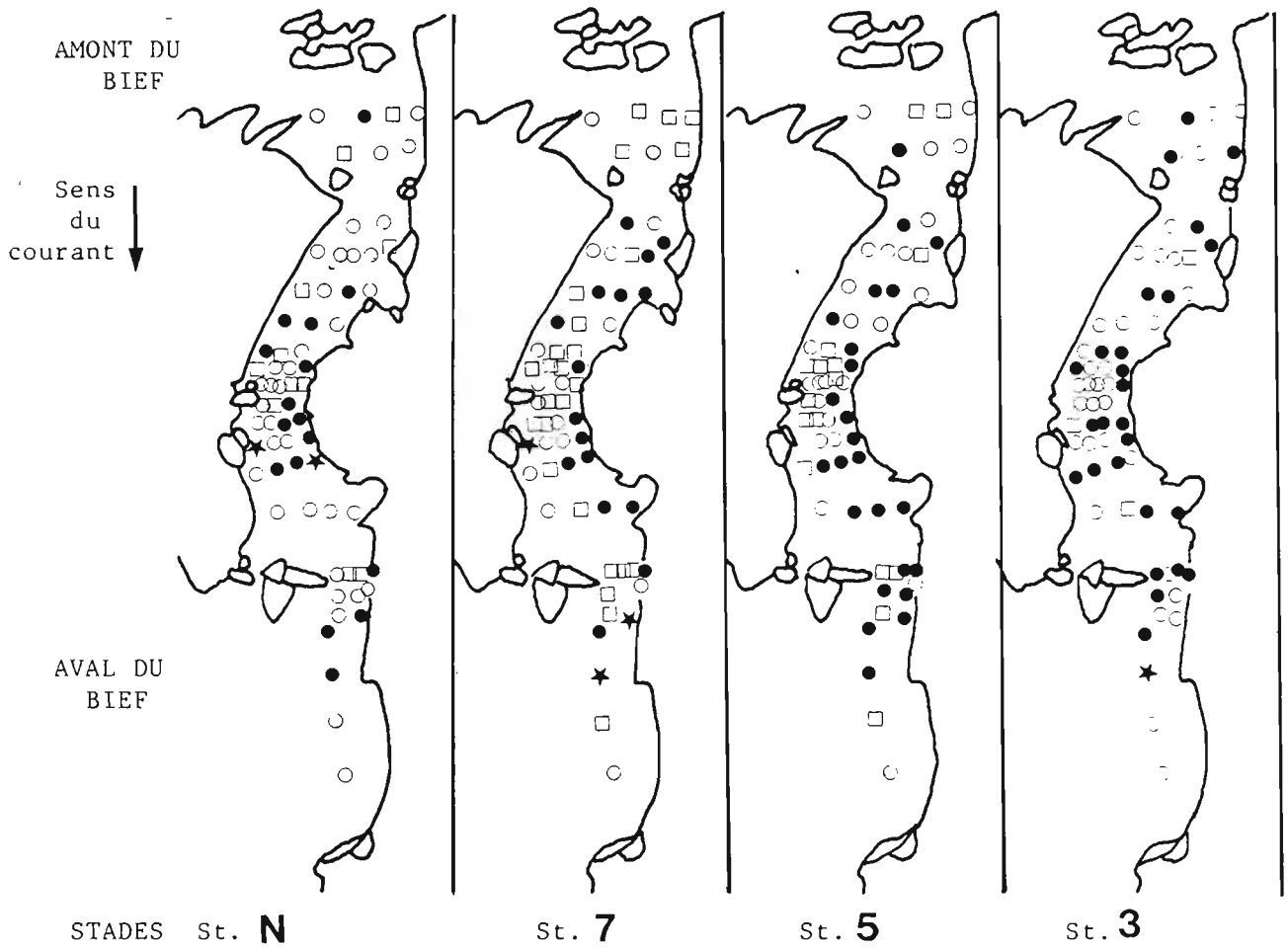
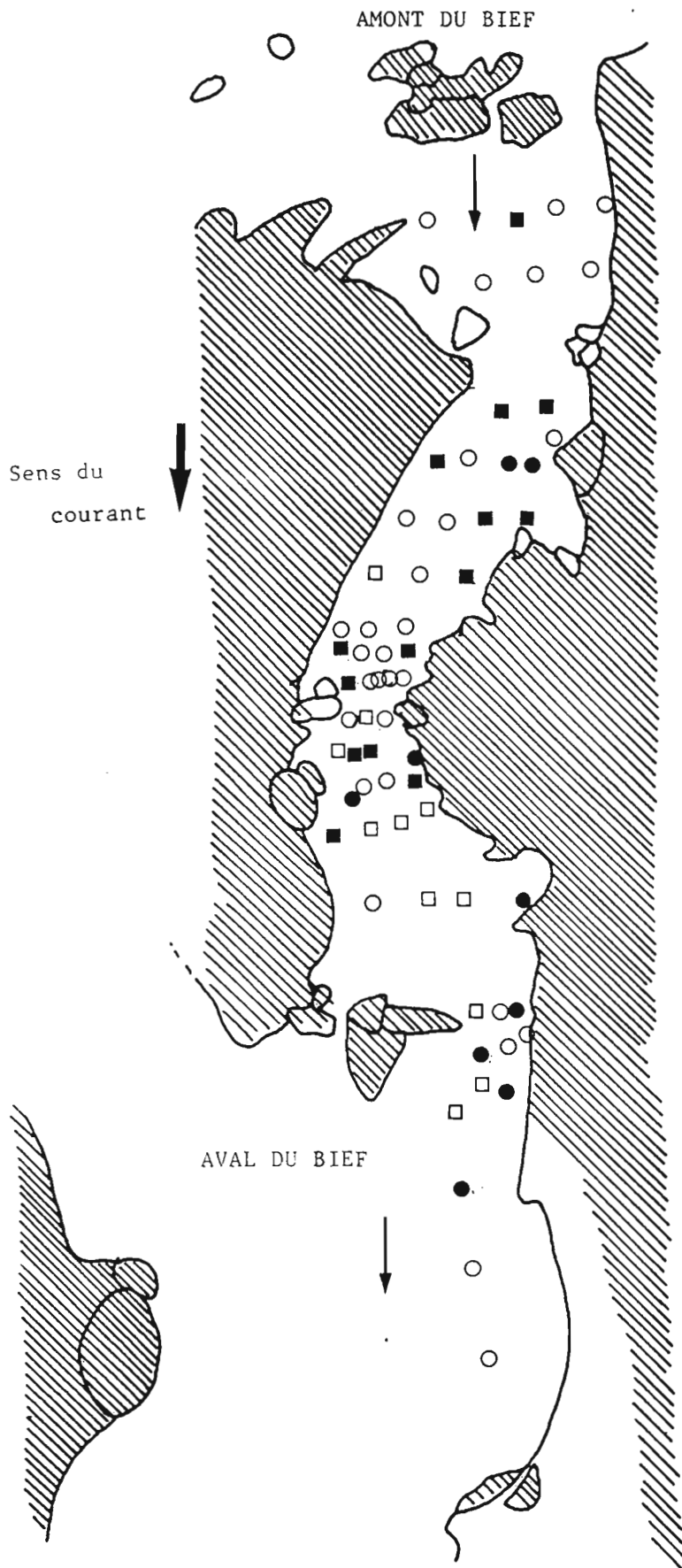


Figure 90.- Etude de la répartition sur les substrats artificiels de type balai des stades préimaginaux de *Simulium schoutedeni*. Période traitée au téméphos .



FIGURE 91



- $\geq 70\%$  de *S. tridens*
- $\geq 70\%$  de *S. schoutedeni*
- 30 à 70 % des deux espèces
- Absence de Simulies.

Figure 91.-Etude de la compétition entre *S. schoutedeni* et *S. tridens* en fonction de leur répartition dans un bief de la station I.

FIGURE 92.

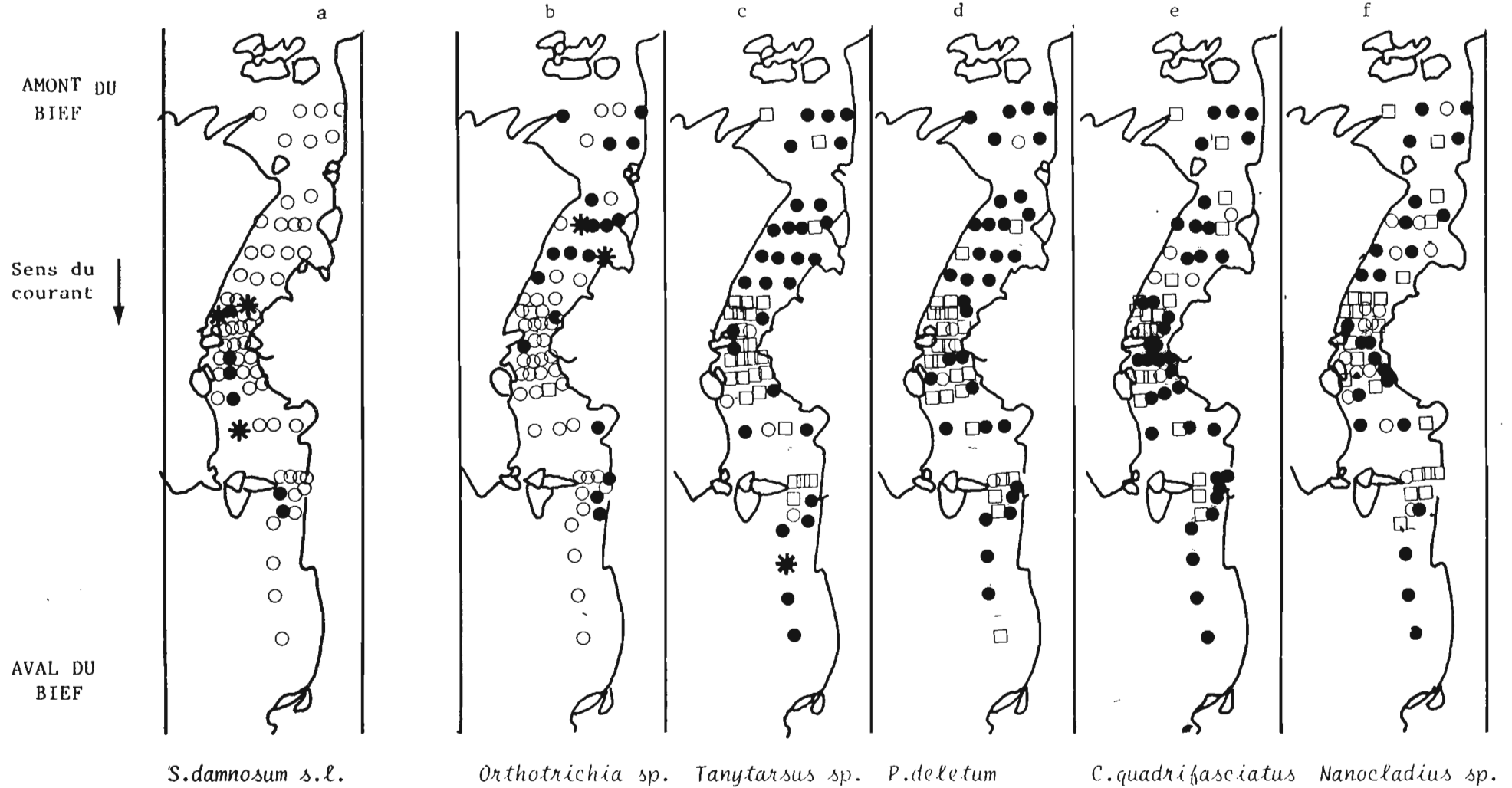


Figure 92.- Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats de type balai. Carte de répartition de *Simulium damnosum s.l.*, *Orthotrichia straeleni*, *Tanytarsus sp.*, *Polypedilum deletum*, *Cricotopus quadrifasciatus* et *Nanocladius sp.* Pour la légende voir figure 90 .

FIGURE 93.

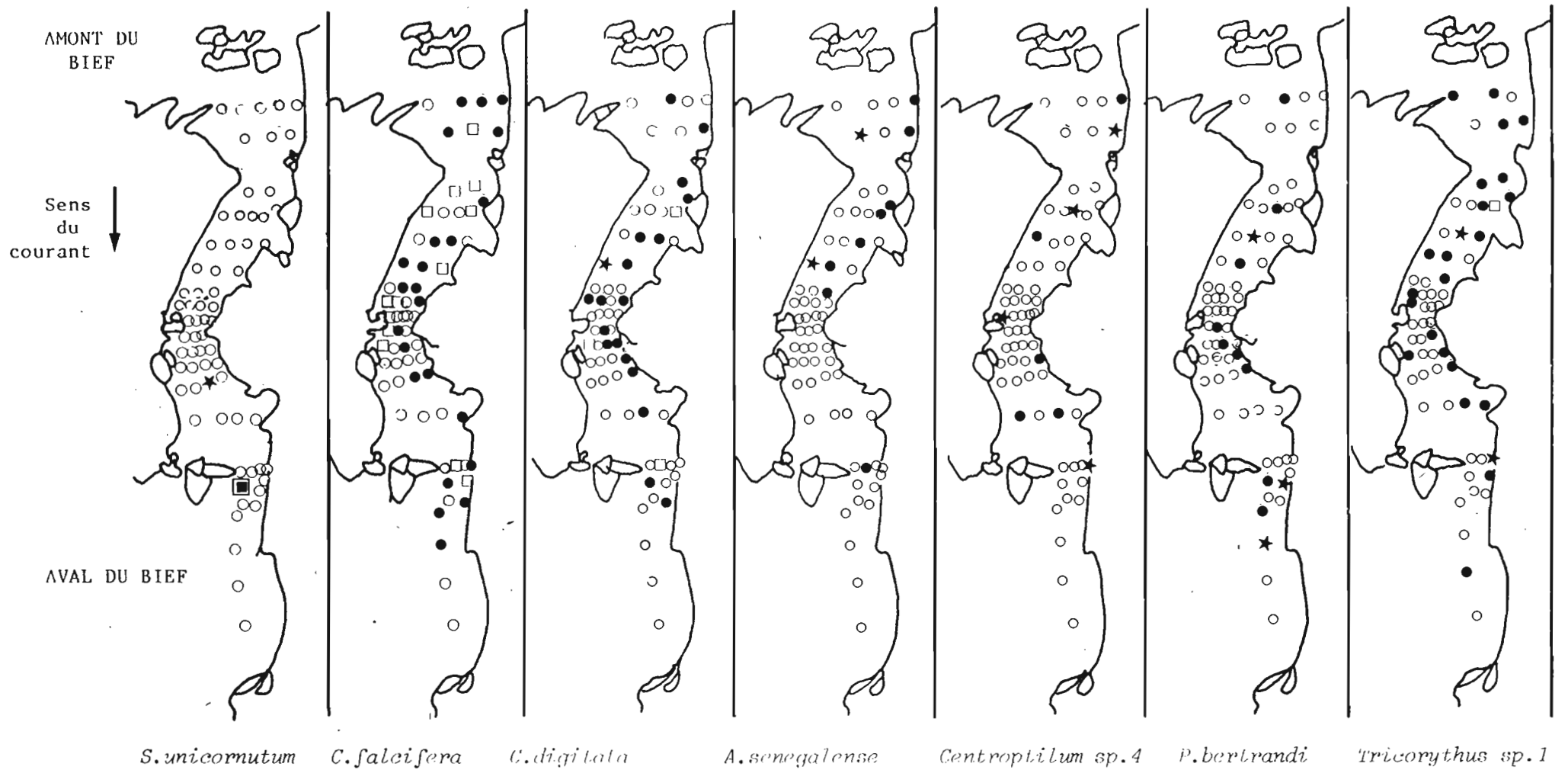


Figure 93.- Etude de la distribution des Insectes lotiques sur les substrats artificiels de type balai. *Simulium unicornutum*, *Cheumatopsyche faleifera*, *Cheumatopsyche digitata*, *Amphipsyche senegalense*, *Centroptilum sp.4*, *Pseudocloeon bertrandi*, *Tricorythus sp.1*. Pour la légende des symboles voir la figure 90.

Tableau 41 . Variations des abondances absolues et relatives des espèces récoltées dans les études de distribution sur les substrats flottants. L'expérience 1978 AVT a été réalisée alors que la rivière n'était pas traitée au téméphos ; celle 1979 APT, alors que la Maraoué était hebdomadairement traitée depuis 9 mois. Les variations d'abondance observées entre les deux expériences sont exprimées en pourcentages, précédés du signe (-) lorsqu'il y a diminution des effectifs moyens en 1979, et du signe (+) lorsqu'il y a augmentation.

ANNEES	1978 AVT				1979 APT				Variations entre les 2 années (%)
	TOTAL	$\bar{X}$	%	%	Total	$\bar{X}$	%	%	
<i>Simulium damosum</i>	15 241	245,8	32,9		12	0,2	0,1		- 99,9
<i>Simulium adersi</i>	4 354	70,2	9,4		0	0	0		- 100,0
<i>Simulium tridens</i>	18 217	293,8	39,3	86,0	2 701	41,6	12,9	26,8	- 85,8
<i>Simulium schoutedeni</i>	0	0	0		2 884	44,4	13,7		+ 100,0
<i>Simulium unicornutum</i>	2 037	32,9	4,4		22	0,3	0,1		- 99,1
<i>Cheumatopsyche falcifera</i>	595	9,6	1,3		366	5,6	1,7		- 41,7
<i>Amphipsyche senegalense</i>	319	5,1	0,7	4,5	31	0,5	0,2	3,0	- 90,2
<i>Cheumatopsyche digitata</i>	743	12,0	1,6		133	2,0	0,6		- 83,3
<i>Orthotrichia straeleni</i>	399	6,4	0,9		112	1,7	0,5		- 73,4
<i>Tricorythus sp.1</i>	849	13,7	1,8		132	2,0	0,7		- 85,4
<i>Pseudocloeon bertrandi</i>	169	2,7	0,4	2,8	45	0,7	0,2	1,1	- 74,1
<i>Centroptilum sp.4</i>	282	4,5	0,6		44	0,7	0,2		- 84,4
<i>Tanytarsus sp.</i>	166	2,7	0,4		11 978	184,3	57,0		+ 98,5
<i>Polypedilum deletum</i>	1 078	17,4	2,3	6,8	1 237	19,0	5,9	69,2	+ 27,4
<i>Cricotopus quadrifasciatus</i>	775	12,5	1,7		877	13,5	4,2		+ 7,4
<i>Orthoclaadiinae sp.</i>	1 094	17,6	2,4		450	6,9	2,1		- 60,8
TOTAUX	46 318	747,1	100	100,1	21 024	323,4	100,1	100,1	

Interprétation des figures 94 et 95

Les contributions des deux premiers axes à l'inertie totale du nuage sont de  $T_1 = 34,9$  et de  $T_2 = 11,1$  % (matrice sans E21 ni E31).

L'ensemble des variables est représenté pour le plan F1 x F2 par la figure 94 et celui des individus par la figure 95. Les contributions des variables aux axes sont consignées dans le tableau 42.

On constate pour les individus qu'il existe une séparation parfaite le long de l'axe F1 entre les projections des balais appartenant à l'expérience réalisée en 1978 et celles de l'expérience de 1979.

En ce qui concerne les variables, on constate une nette opposition sur l'axe F1 entre le groupe *S. adersi* et *S. dammosum s.l.* d'une part, et le groupe *S. schoutedeni* et *Tanytarsus sp.* d'autre part. Les espèces *S. tridens*, *C. falciifera*, *C. digitata*, *Orthotrichia sp.*, *Tricorythus sp.*, *C. quadrifasciatus*, *P. deletum* et *Nanocladius sp.* ne contribuent que faiblement à la construction de cet axe. Sur l'axe F2, on note que les jeunes stades de *S. dammosum s.l.* et *S. schoutedeni* s'opposent à la faune non simuliidienne et à *S. adersi*. Cet axe traduit donc la distribution des espèces en fonction du courant et correspond à l'axe F1 des figures 85 et 89. Les espèces rhéobiontes telles que *S. dammosum s.l.* et *S. schoutedeni* sont situées d'un côté de l'axe tandis que les espèces peu rhéophiles ou rhéoxènes telles que *S. adersi* et *Tanytarsus sp.* sont situées de l'autre côté de l'axe F2. Les espèces rhéophiles (qui préfèrent les courants moyens), telles que *C. quadrifasciatus*, *C. falciifera* et *C. digitata* ou les espèces sans préférence marquée vis-à-vis du courant (*S. tridens*) sont représentées autour du centre de gravité du plan.

L'axe F1 correspond donc à l'impact du téméphos puisque les taxons qui sont sensibles à cet insecticide (*S. dammosum s.l.*, *S. adersi*) s'opposent aux taxons qui y sont tolérants (*S. schoutedeni* et *Tanytarsus sp.*). Les Insectes moyennement sensibles aux doses employées dans le programme de lutte contre l'onchocercose sont situés autour du centre de gravité du plan. On retrouve donc dans l'ensemble les résultats obtenus lors des tests réalisés à l'aide des gouttières avec néanmoins un groupe supplémentaire constitué par les Insectes très tolérants au téméphos (*S. schoutedeni* et *Tanytarsus sp.*).

Remarque : La figure 94 présente une symétrie presque parfaite sur l'axe F1 par rapport au centre de gravité du plan. Il existe d'une part une symétrie entre la distribution des stades préimaginaux de *S. dammosum s.l.* et ceux de *S. schoutedeni*, et d'autre part une symétrie assez forte entre la position de l'espèce *Tanytarsus sp.* et le barycentre de l'espèce *S. adersi*. Les taxons situés autour de l'origine des axes variant peu du point de vue fréquence relative. Une telle figure tendrait à prouver que l'espèce *S. schoutedeni* remplace *S. dammosum s.l.* dans ses préférences rhéophiliques tandis que l'espèce *Tanytarsus sp.* occupe la niche de *S. adersi*.

FIGURE 94.

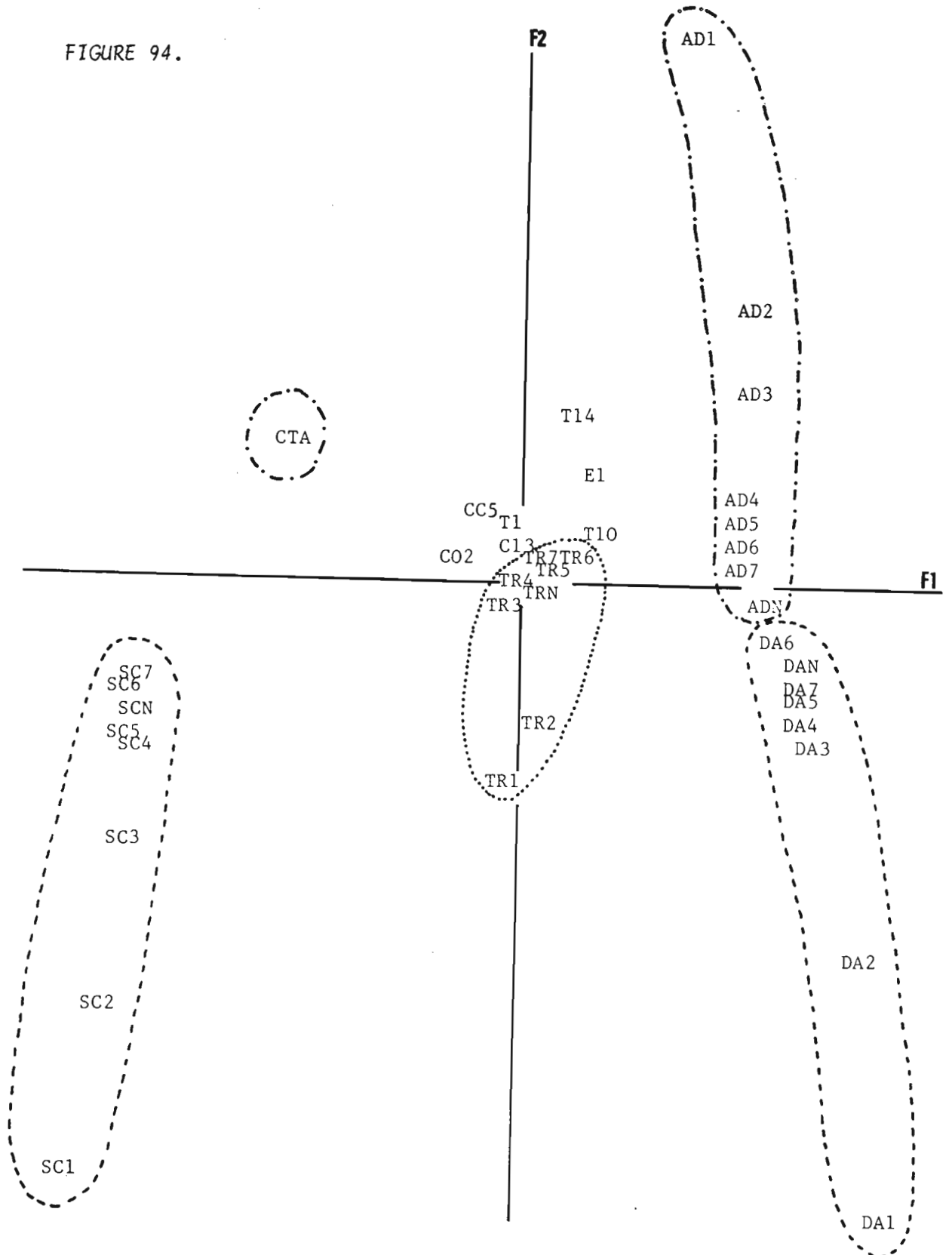


Figure 94.- Etude de l'impact du téméphos sur la structure des communautés lotiques colonisant les substrats artificiels de type balai. Représentation des variables sur le plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances appliquées aux effectifs codés des expériences réalisées en 1978 et 1979.



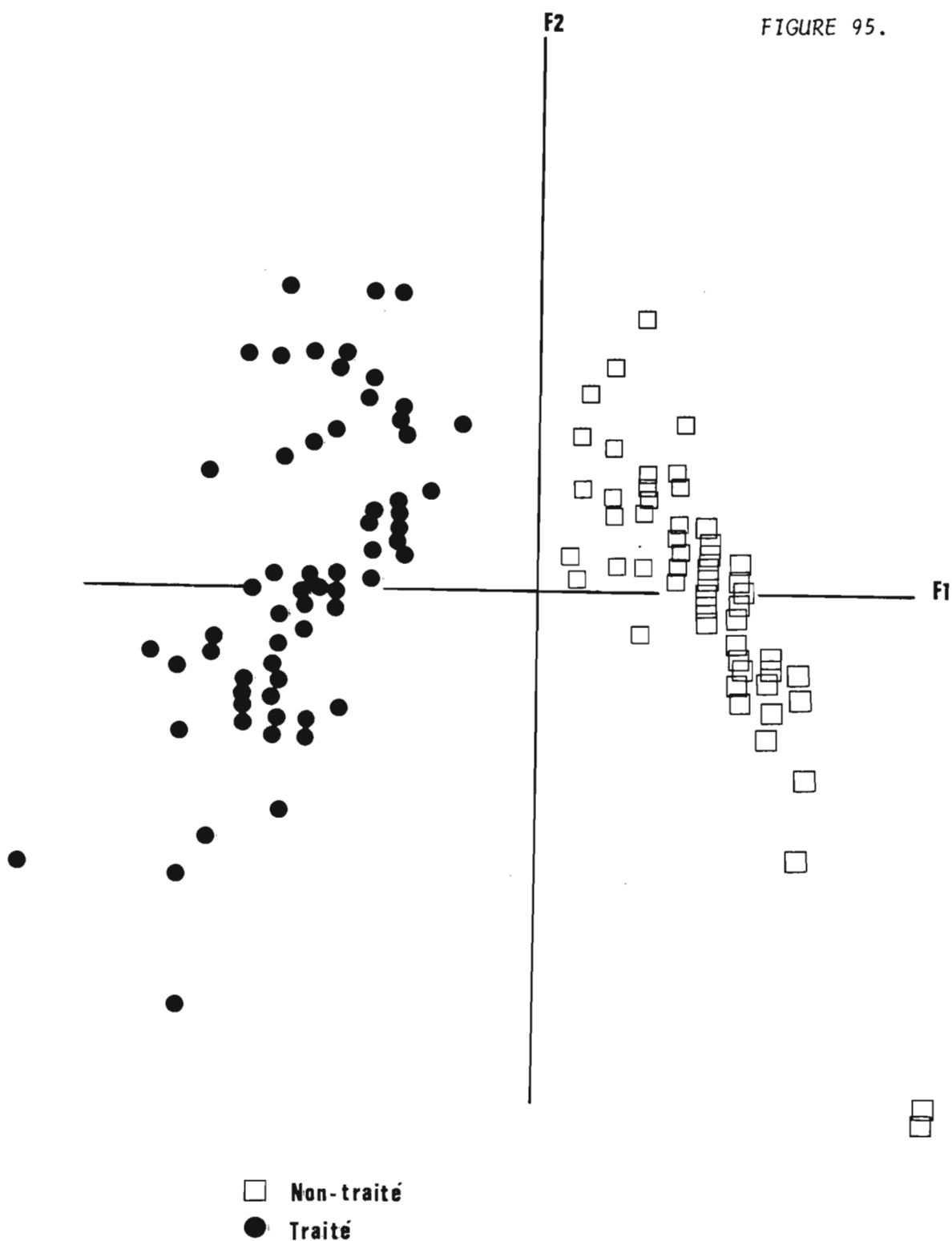


Figure 95.- Etude de l'impact du téméphos sur la structure des communautés lotiques colonisant les substrats artificiels de type balai . Représentation des individus (prélèvements) sur le plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances appliquées aux effectifs codés des expériences réalisées en 1978 et 1979.

TABLEAU 42

Mise en évidence des modifications de structure des peuplements benthiques, apparues entre les études de distribution sur les substrats flottants, réalisées en 1978 et 1979. Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des variables aux deux premiers axes F1 et F2 de l'analyse factorielle des correspondances.

Taxons	CTA ‰		CTR	
	F1	F2	F1	F2
ADN	563	0	29	0
AD7	616	27	32	4
AD6	585	39	31	7
AD5	434	66	23	11
AD4	261	48	14	8
AD3	49	62	3	13
AD2	10	24	1	4
AD1	1	40	0	12
DAN	648	45	35	8
DA7	645	94	39	18
DA6	700	47	39	8
DA5	686	114	43	23
DA4	614	151	42	33
DA3	560	154	37	32
DA2	245	352	26	117
DA1	114	343	15	147
TRN	0	0	0	0
TR7	6	70	0	4
TR6	28	45	1	3
TR5	0	20	0	1
TR4	2	4	0	0
TR3	20	8	1	1
TR2	0	57	0	11
TR1	1	46	0	10
SCN	419	37	57	16
SC7	645	31	82	12
SC6	676	48	82	18
SC5	660	93	80	35
SC4	633	99	70	35
SC3	455	161	47	53
SC2	223	188	26	68
SC1	85	123	8	39
TO1	44	106	2	14
T10	71	53	3	6
T14	7	332	0	72
E01	23	228	1	32
CTA	480	127	102	85
CC5	206	159	11	26
C02	263	13	16	2
C13	58	101	2	13

TABLEAU 43 .

Mise en évidence des modifications de structure des peuplements benthiques, apparues entre les études de distribution sur les substrats flottants, réalisées en 1978 et 1979. Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des variables aux deux premiers axes F1 et F2 de l'analyse factorielle des correspondances .Les Simulies ont été mises en éléments supplémentaires .

	CTA		CTR	
	F1	F2	F1	F2
TO1	123	62	28	33
T10	520	29	173	23
T14	243	400	90	341
EO1	495	20	138	13
CTA	827	122	519	173
CC5	47	49	6	15
CO2	146	526	41	343
C13	14	111	3	56

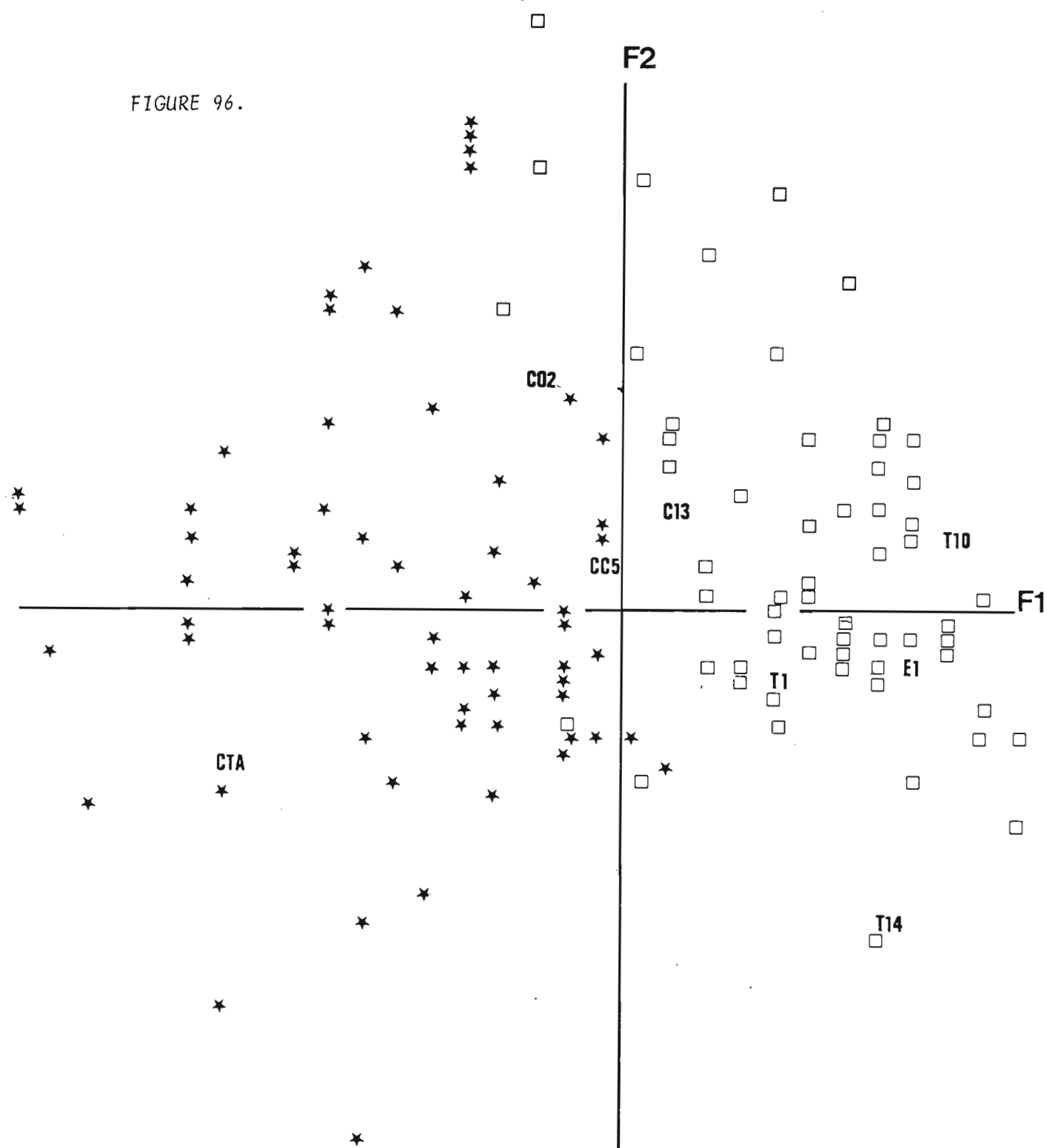


Figure 96.- Etude de l'impact du téméphos sur la structure des entomocénoses colonisant les substrats artificiels de type balai. Représentation du plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances. Les données sont codées et les variables simulidiennes ont été mises en élément supplémentaire.

## INDICE DE SHANNON ou LOGARITHME DES EFFECTIFS

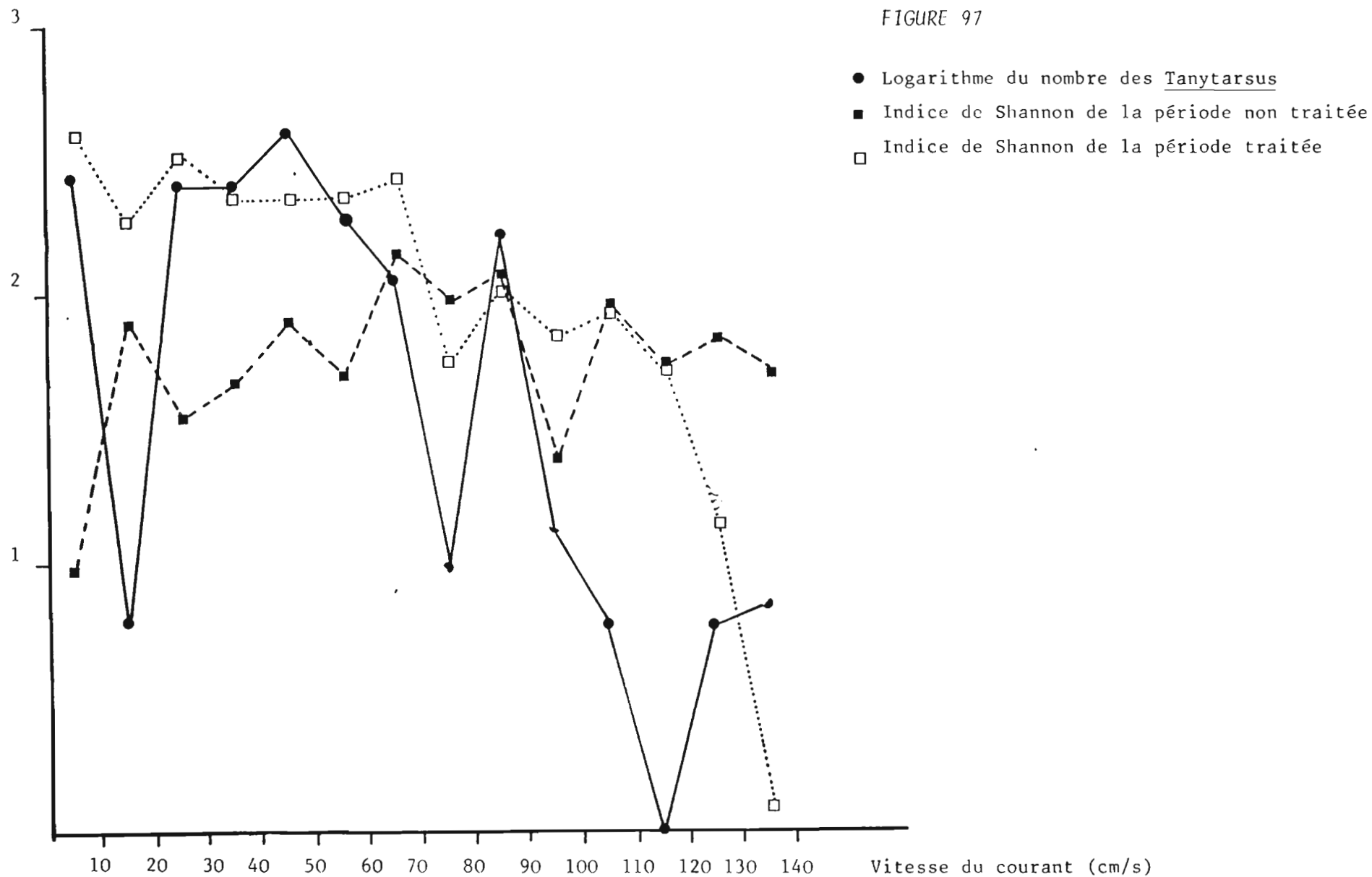


Figure 97.- Comparaison entre l'indice de Shannon obtenu en période non traitée au téméphos et celui obtenu en période traitée au téméphos. Alors que le premier était très fortement influencé par l'abondance des stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l., le second dépend de l'abondance de l'espèce *Tanytarsus* sp.

FIGURE 98.

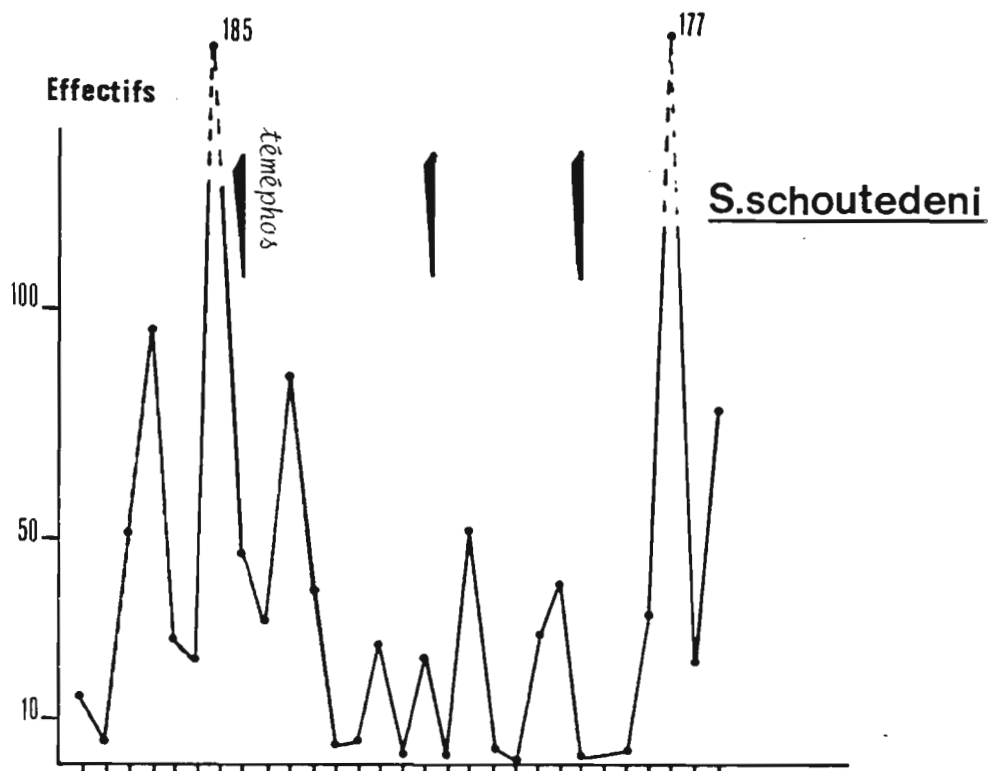


Figure 98.- Dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai durant une période de traitement hebdomadaire au téméphos. Variation des effectifs totaux de *S. schoutedeni* en fonction du nombre de jour de mise en eau des substrats.

FIGURE 99.

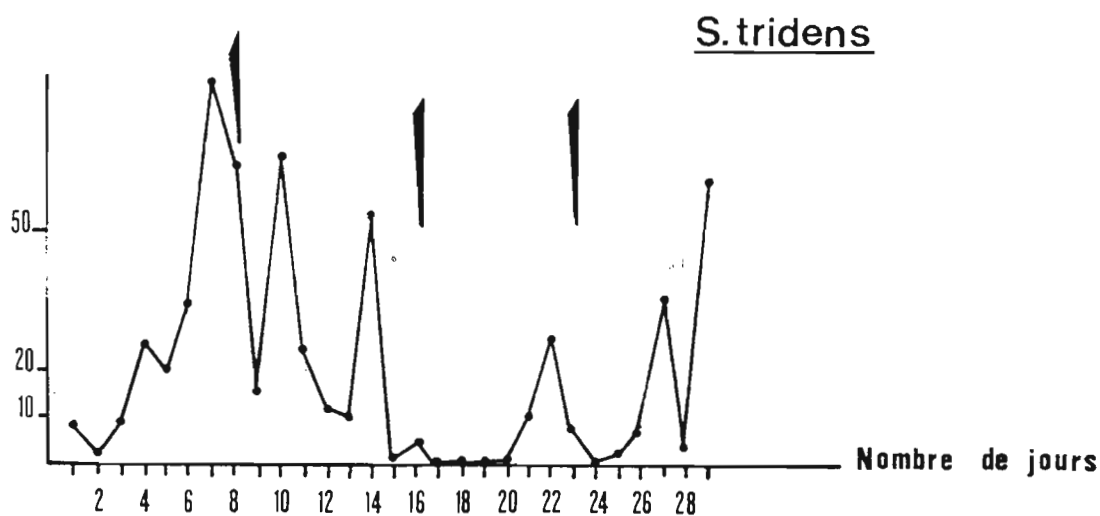


Figure 99.- Dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai durant une période de traitement hebdomadaire au téméphos. Variation des effectifs totaux de *S. tridens* en fonction du nombre de jour de mise en eau des substrats.

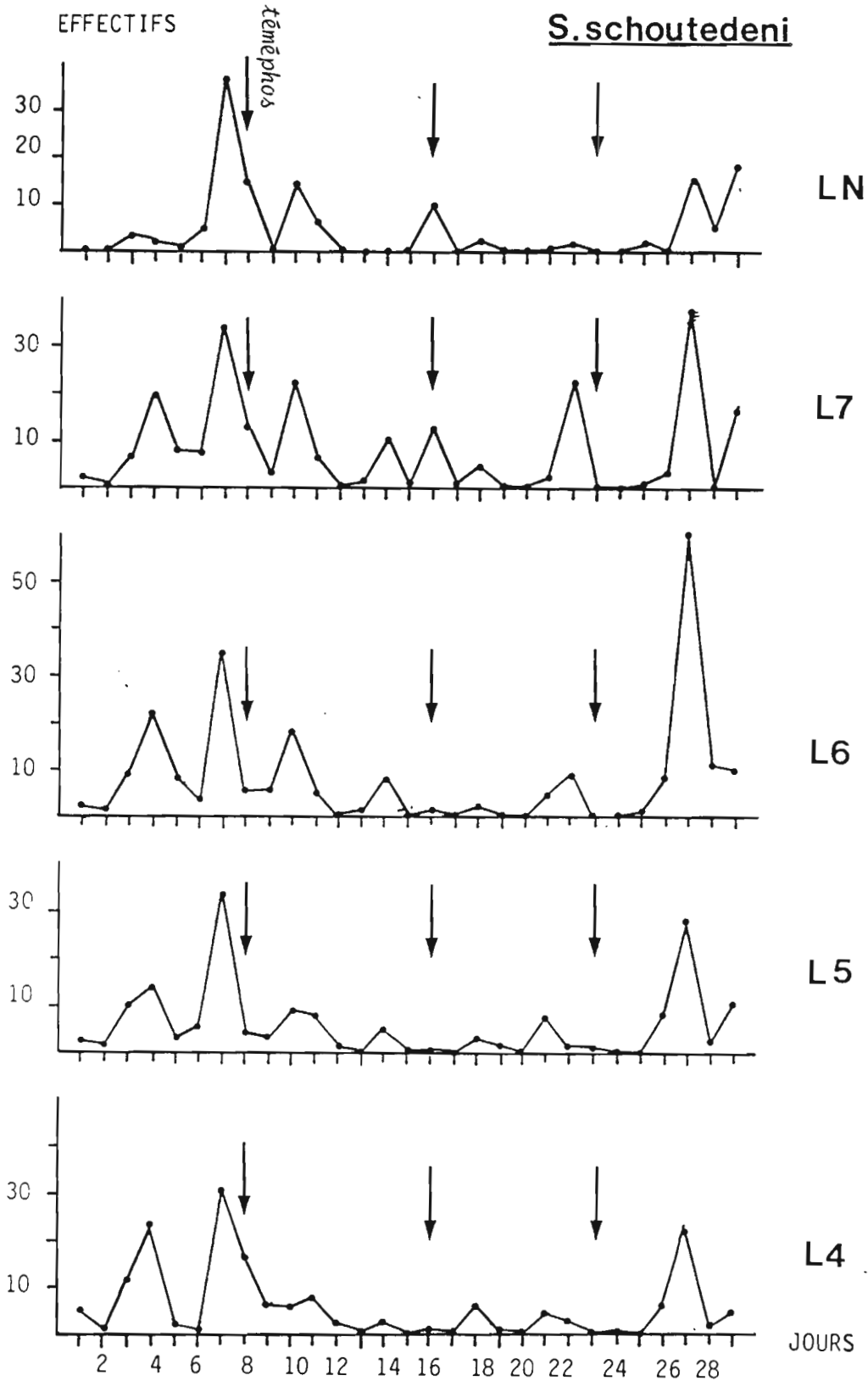


Figure 100.- Dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai durant une période de traitement hebdomadaire au téméphos. Variation des effectifs des stades préimaginaux L4 à LN de *S. schoutedeni* en fonction du nombre de jour de mise en eau des substrats.

EFFECTIFS

FIGURE 101

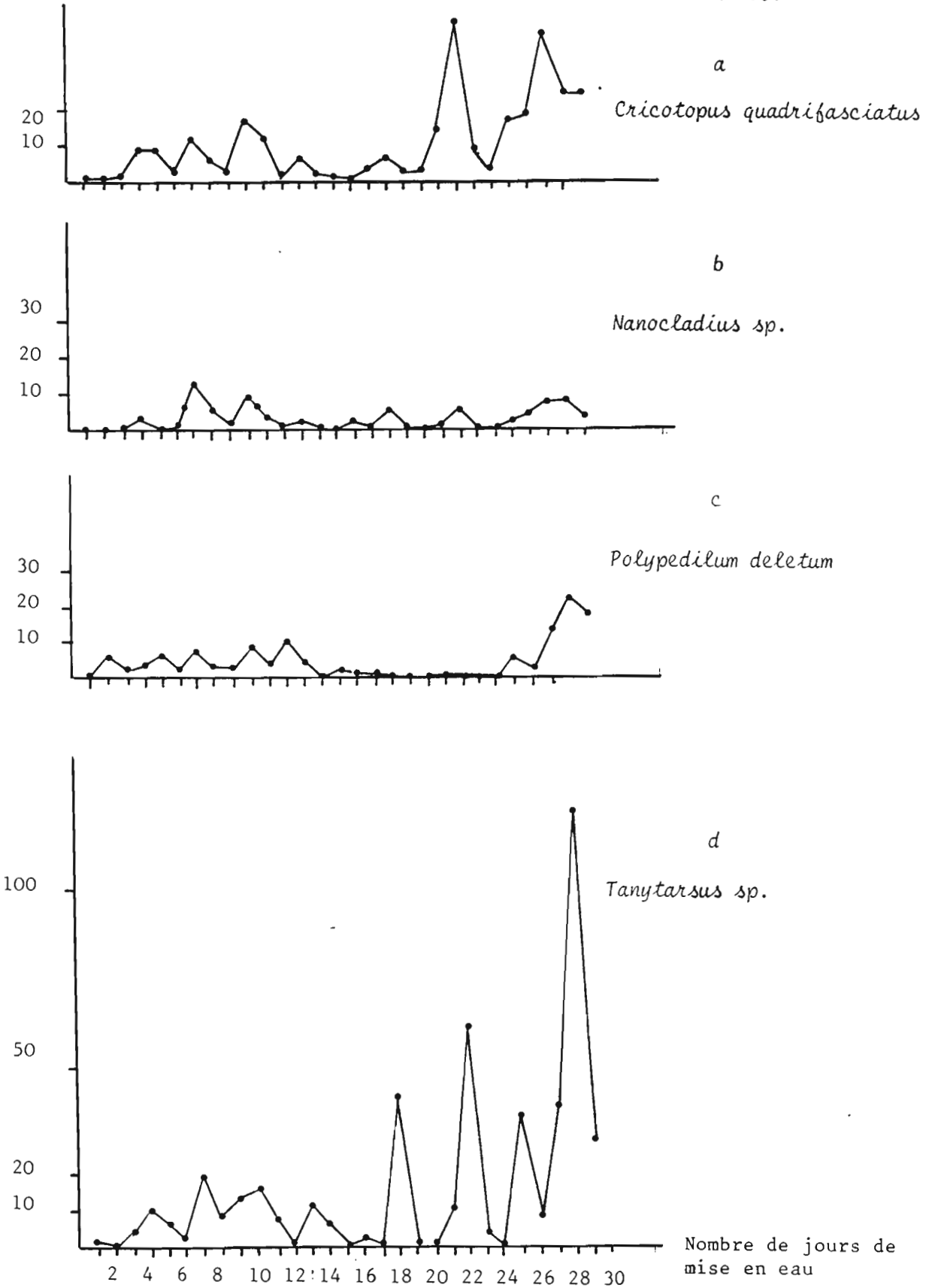


Figure 101.- Dynamique de colonisation des substrats artificiels de type balai durant une période de traitement hebdomadaire au téméphos. Variation des effectifs de *Cricotopus quadrifasciatus* (a), de *Nanocladius sp.* (b) et de *Tanytarsus sp.* (d) en fonction du nombre de jour de mise en eau des substrats.



TABLEAU 44

Impact du téméphos sur la structure des entomocénoses des feuilles et des tiges de *Ficus asperifolia* (substrats de type I et III). Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des variables aux axes F1 et F2 de l'analyse factorielle des correspondances.

Taxons	CTA		CTR	
	F1	F2	F1	F2
DAN	189	87	30	17
DA7	399	159	72	36
DA6	512	142	78	27
DA5	588	107	102	23
DA4	630	46	125	11
DA3	548	31	133	9
ADN	153	17	26	4
AD7	335	59	45	10
AD6	361	63	42	9
AD5	315	97	37	14
AD4	317	83	47	16
AD3	320	54	55	12
AD2	175	11	31	3
TRN	25	115	4	22
TR7	15	187	2	27
TR6	17	143	2	24
TR5	14	193	1	25
TR4	3	152	0	25
TR3	0	213	0	32
TR2	10	29	2	7
SCN	7	94	1	20
SC7	56	300	12	77
SC6	55	327	16	115
SC5	59	468	7	74
SC4	26	502	5	126
SC3	50	425	7	71
SC2	17	286	2	35
SC1	32	449	4	67
TO1	186	2	40	1
TO2	21	7	2	1
T10	109	45	13	6
T14	37	7	5	1
E01	7	3	1	1
E21	30	0	4	0
E31	5	2	1	1
CO2	126	2	22	0
C13	3	33	1	11
CC5	57	7	10	2
CTA	42	94	14	38

Figure 102.- Etude de l'impact du téméphos sur la structure des entomocénoses peuplant les substrats de type I (feuilles de *Ficus*) et III (tiges de *Ficus*) : AFC.A.

Plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances appliqu e aux données cod es.

*a* : représentation des variables ; *b* : représentation des individus (prélèvements).

Interprétation de la figure 102

Cette analyse porte sur les effectifs codés de 169 prélèvements et 51 variables (espèces). Les contributions relatives et absolues des variables aux deux premiers axes sont consignées dans le tableau 44. Les contributions des deux premiers axes factoriels à l'inertie totale du nuage sont respectivement  $T_1 = 15,3$  et  $T_2 = 12,2$  %. Du fait de la distribution particulière des jeunes stades des *Simulies* et/ou de la faiblesse de certains de leurs effectifs, les taxons suivants n'ont pas été pris en compte dans l'analyse : *S.damnosum* s.l. stade L1 (DA1) et L2 (DA2), *S.tridens* stade L1 (TR1) et *S.adersi* stade L1 (AD1) ainsi que *S.unicornutum* (UN1 à UNN). Les projections des variables et des individus sur le premier plan factoriel F1 x F2 sont respectivement représentées par les figures 102 a et 102 b.

Deux groupes de taxons contribuent à la formation du premier axe factoriel. L'ensemble des stades préimaginaux de *S.damnosum* s.l. (DA2 à DAN) s'oppose à celui de *S.adersi* (AD2 à ADN), *Cheumatopsyche falcifera* (T1), *C.digitata* (T10) et *Cricotopus quadrifasciatus* (C02) (fig. 102 a). En ce qui concerne les prélèvements (fig. 102 b), on note une opposition entre les mois de décrue (décembre, janvier, février) et les mois d'étiage (mars et avril). Ce premier axe traduit donc l'évolution saisonnière des peuplements qui colonisent les feuilles et les branches de *Ficus*. *S.damnosum* s.l., taxon rhéobionte, est l'espèce dominante durant la période de décrue à partir du moment où les substrats deviennent disponibles et lorsque la vitesse du courant est suffisamment élevées. A l'étiage, le courant est moins élevé et permet l'installation sur ces substrats de taxons rhéophiles tels que *S.adersi*, *C.quadrifasciatus* ainsi que les *Cheumatopsyche*.

L'axe factoriel F2 est formé par l'opposition entre le groupe de variables *S.schoutedeni* (SC1 à SCN), *S.tridens* (TR2 à TRN) et *Tanytarsus* sp. d'une part et le groupe *S.damnosum* s.l. (DA5 à DAN) et à moindre titre *S.adersi* (AD2 à ADN) d'autre part (fig. 102 a). L'opposition sur cet axe est nette entre les mois traités et les mois non traités à l'insecticide pour des périodes de montée des eaux et de décrue (fig. 102 b). Elle est par contre très faible ou nulle en ce qui concerne les mois d'étiage. Il semble bien que le deuxième axe factoriel traduise l'action du téméphos. Les taxons sensibles à cet insecticide, tels que *S.damnosum* s.l. et *S.adersi* sont situés à l'une des extrémités de l'axe F2, tandis que les taxons moins sensibles sont positionnés à l'autre extrémité. Les mois de décembre, janvier et février sont relativement bien séparés sur cet axe en fonction du caractère traité ou non traité au téméphos. Par contre, les mois de mars, avril, et mai le sont peu et ce pour les raisons suivantes :

- *S.adersi* s'est maintenue sur les biefs durant la période d'étiage de la première année des traitement.
- La plupart des taxons abondants durant cette période d'étiage sont moins sensibles que les autres à l'insecticide (cf. Partie III).
- *S.schoutedeni* qui contribue le plus à la formation de cet axe est très saisonnier. Elle n'est présente sur les biefs que durant la période de décrue.

FIGURE 102 a

11

○ TRAITE AU TEMEPHOS

11 NOVEMBRE

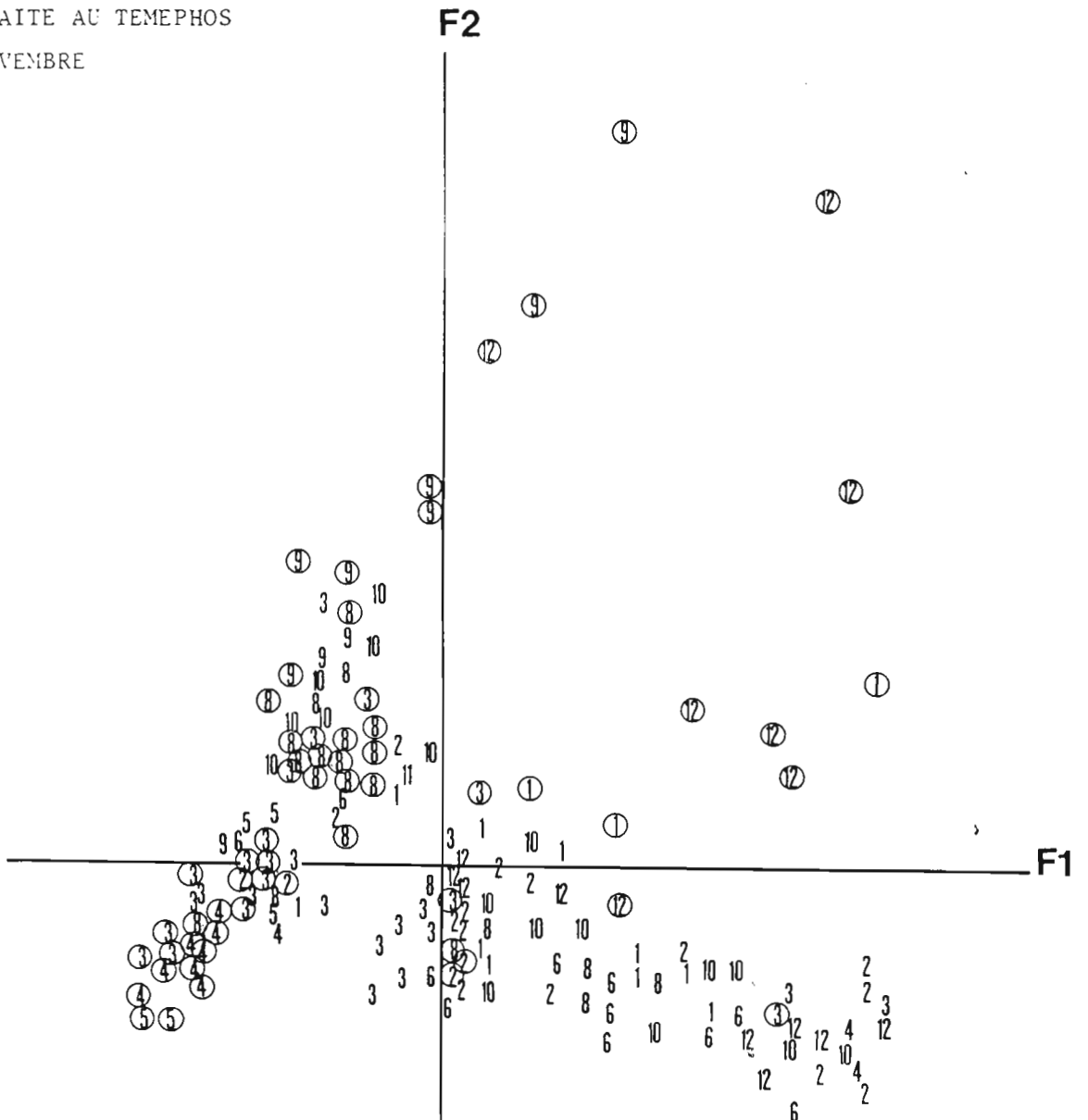


FIGURE 102 b

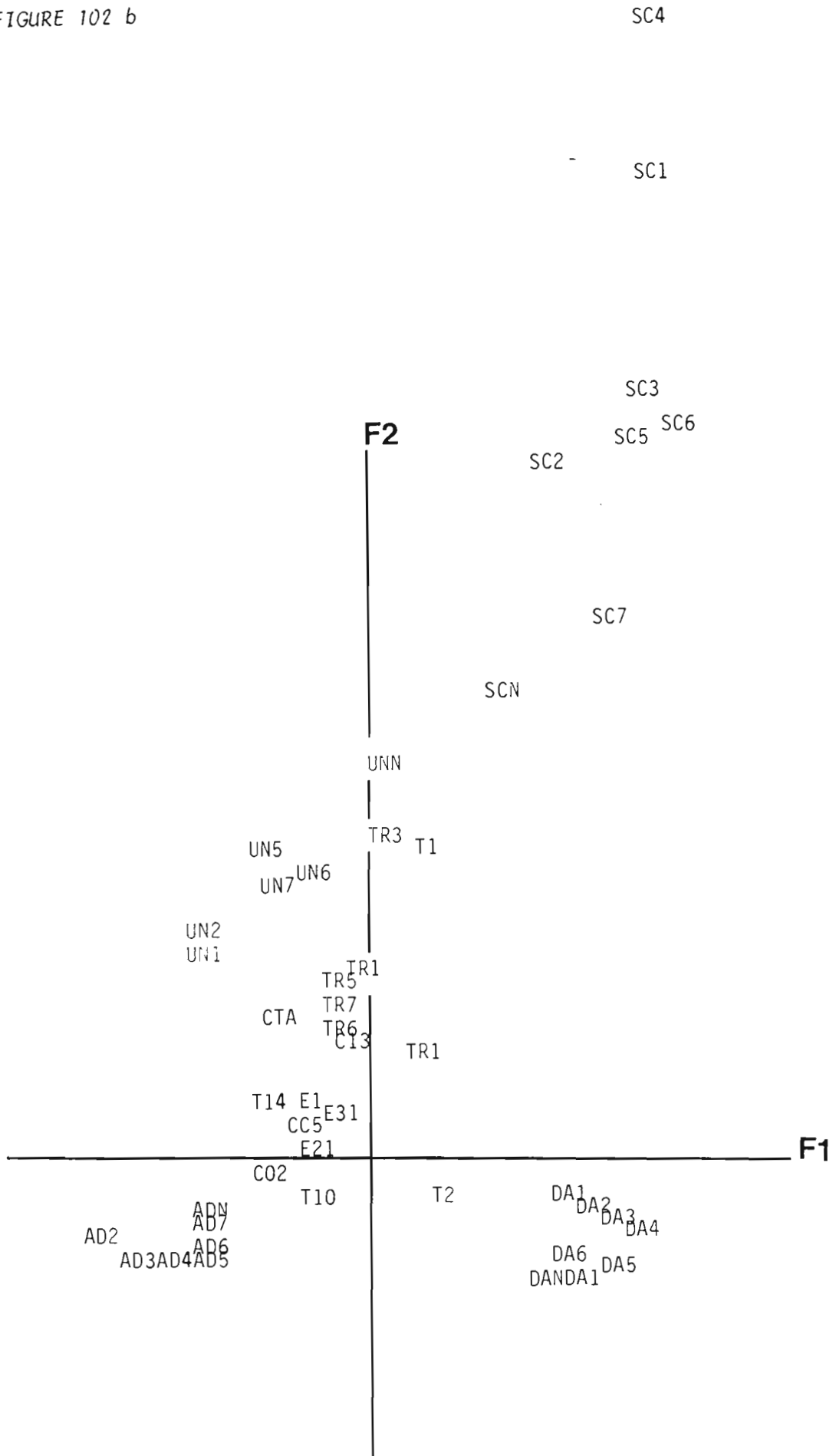


Figure 103.- Etude de l'impact du téméphos sur la structure des entomocénoses peuplant les substrats de type II (feuilles de graminées) et IV (tiges de graminées) : AFC.B. Plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances.

Interprétation de la figure 103

Cette analyse porte sur les effectifs codés de 146 prélèvements et de 51 variables. Les contributions relatives et absolues des variables aux axes sont consign es dans le tableau 45 . Les contributions des deux premiers axes factoriels F1 et F2   l'inertie totale du nuage sont respectivement de  $T_1 = 18,2$  et  $T_2 = 15,2$  %. Les mêmes éléments que dans l'AFC.A ont été mis en éléments supplémentaires. Cette figure représente les projections des variables et des individus sur le plan factoriel F1 x F2.

Sur le premier axe factoriel, le groupe constitué par les espèces *S. adersi* (AD2   ADN) et *C. digitata* (T10) s'oppose aux autres espèces de *Simulies*. Sur ce même axe, on note une opposition entre l'ensemble des mois de novembre, décembre et janvier et les mois d'avril, mai et juin. L'axe F1 traduit donc l'évolution saisonnière puisque les espèces de décrue sont associ es aux mois de novembre, décembre et janvier, tandis que les espèces de saison sèche sont regroup es avec les mois d'avril, mai et juin.

Sur l'axe F2, on note une nette opposition entre *S. schoutedeni* (SC1   SCN) et *S. damnosum* s.l. (SD2   SDN). Les quatre espèces de *Chironomides*  tudi es participent également à la formation de cet axe en opposition avec *S. damnosum* s.l.



TABLEAU 45

Impact du téméphos sur la structure des entomocénoses des feuilles et tiges de *Chloris robusta* (substrats de type II et IV). Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des variables aux axes F1 et F2 de l'analyse factorielle des correspondances.

Taxons	CTA		CTR	
	F1	F2	F1	F2
DAN	42	170	5	23
DA7	146	328	17	45
DA6	125	293	14	39
DA5	150	324	15	40
DA4	114	311	12	39
DA3	148	310	12	30
DA2	95	174	13	29
DA1	50	93	29	66
ADN	442	1	68	0
AD7	674	12	109	2
AD6	723	15	111	3
AD5	744	19	97	3
AD4	569	16	74	2
AD3	358	14	49	2
AD2	211	15	35	3
TRN	18	29	2	3
TR7	258	6	34	1
TR6	311	11	38	2
TR5	332	6	32	1
TR4	293	35	33	5
TR3	251	5	25	1
TR2	90	10	8	1
SCN	0	0	0	0
SC7	106	427	24	115
SC6	131	530	25	120
SC5	134	499	23	101
SC4	129	434	19	78
SC3	104	416	17	83
SC2	47	160	6	23
SC1	66	201	5	18
TO1	0	4	0	1
TO2	44	26	5	3
T10	165	1	18	0
T14	2	6	0	1
E01	126	1	12	0
E21	2	12	0	1
E31	0	15	0	2
CO2	12	306	2	48
C13	20	147	3	28
CC5	12	111	1	9
CTA	41	143	6	27



Impact du téméphos sur la structure des entomocénoses saxatiles (substrats de type VII). Contributions absolues (CTA) et relatives (CTR) des variables aux axes F1 et F2 de l'analyse factorielle des correspondances.

Taxons	CTA		CTR	
	F1	F2	F1	F2
DAN	9	3	1	1
DA7	12	27	2	6
DA6	10	19	2	4
DA5	11	11	2	2
DA4	11	23	2	5
DA3	47	0	7	0
DA2	10	9	1	2
DA1	5	3	1	1
ADN	105	132	24	40
AD7	244	397	53	114
AD6	272	418	53	108
AD5	265	392	47	93
AD4	226	336	38	75
AD3	50	63	9	16
AD2	6	17	2	6
AD1	0	0	0	0
TRN	43	50	5	8
TR7	61	67	7	10
TR6	78	110	9	17
TR5	47	119	6	21
TR4	47	27	6	5
TR3	13	55	2	11
TR2	5	40	1	7
TR1	5	37	0	4
UNN	0	0	0	0
UN7	5	155	1	44
UN6	5	158	1	39
UN5	4	168	1	42
UN4	3	50	0	8
UN3	4	58	0	9
UN2	0	0	0	0
UN1	0	0	0	0
SCN	170	30	33	8
SC7	708	196	124	46
SC6	721	199	134	49
SC5	641	172	142	50
SC4	669	205	124	51
SC3	596	179	75	30
SC2	0	0	0	0
SC1	0	0	0	0
TO1	29	117	4	20
T02	0	71	0	17
T10	80	3	11	1
T14	2	2	0	0
EO1	122	20	23	5
E21	5	42	1	10
E31	8	28	1	7
CO2	29	2	8	1
C13	26	14	6	4
CC5	8	8	1	2

Figure 104. - Etude de l'impact du téméphos sur la structure des entomocénoses peuplant les substrats de type VII (rochers) : AFC.C. Plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances.

Interprétation de la figure 104

Une matrice de 211 prélèvements et de 51 variables prenant en compte tous les mois, a été traitée dans cette analyse factorielle des correspondances (AFC.C). La figure 104 représente les projections des variables et des individus sur le plan F1 x F2.

L'axe F1 est formé par l'opposition des variables *S.schoutedeni* (SC1 à SCN) aux variables *S.adersi* (AD2 à ADN). Il pourrait s'agir soit d'un axe saisonnier, soit d'un axe dû aux effets du téméphos. La deuxième hypothèse semble être la bonne puisqu'elle est confirmée par la distribution des prélèvements traités ou non traités au téméphos.

Sur l'axe F2 s'opposent les éléments stables, c'est-à-dire présents durant les périodes avant et après traitement aux éléments instables qui ont disparu ou qui sont apparus lorsque la rivière a été traitée au téméphos.

FIGURE 104

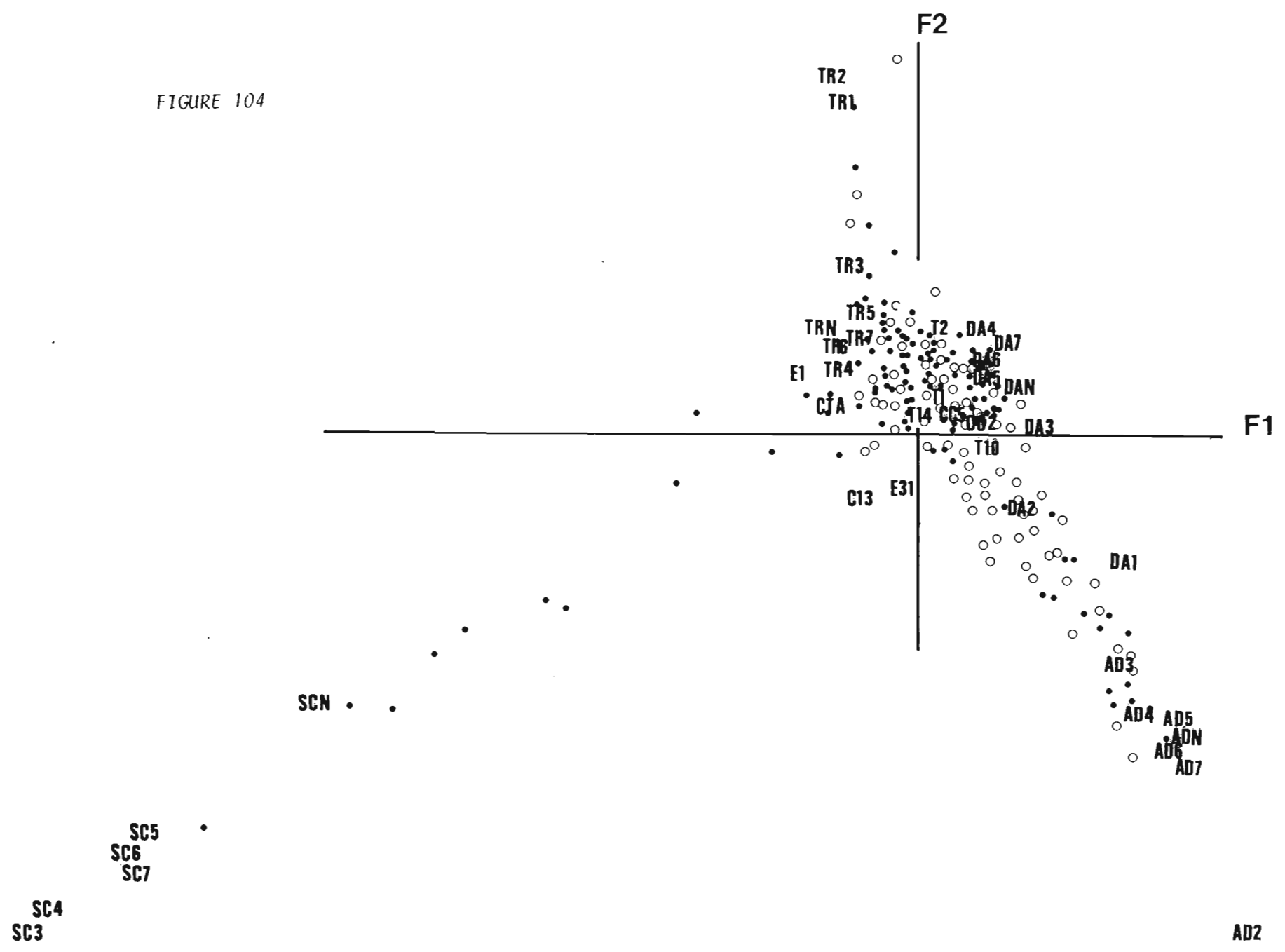


Figure 105.- Etude de l'impact du téméphos sur la structure des entomocénoses peuplant les substrats de type VII (rochers) : AFC.D. Plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances appliquées aux données codées des mois de décembre, janvier, février et mars.

#### Interprétation de la figure 105

Les données de la matrice de 111 prélèvements ont été transformées selon l'échelle semi quantitative précédemment décrite. Le plan factoriel F1 x F2 est représenté ci-contre par la figure 105. Afin de simplifier la lecture, seul le barycentre des mois a été représenté. Les contributions des variables aux axes sont consignées dans le tableau 47 Les contributions des axes F1 et F2 à l'inertie totale du nuage sont de

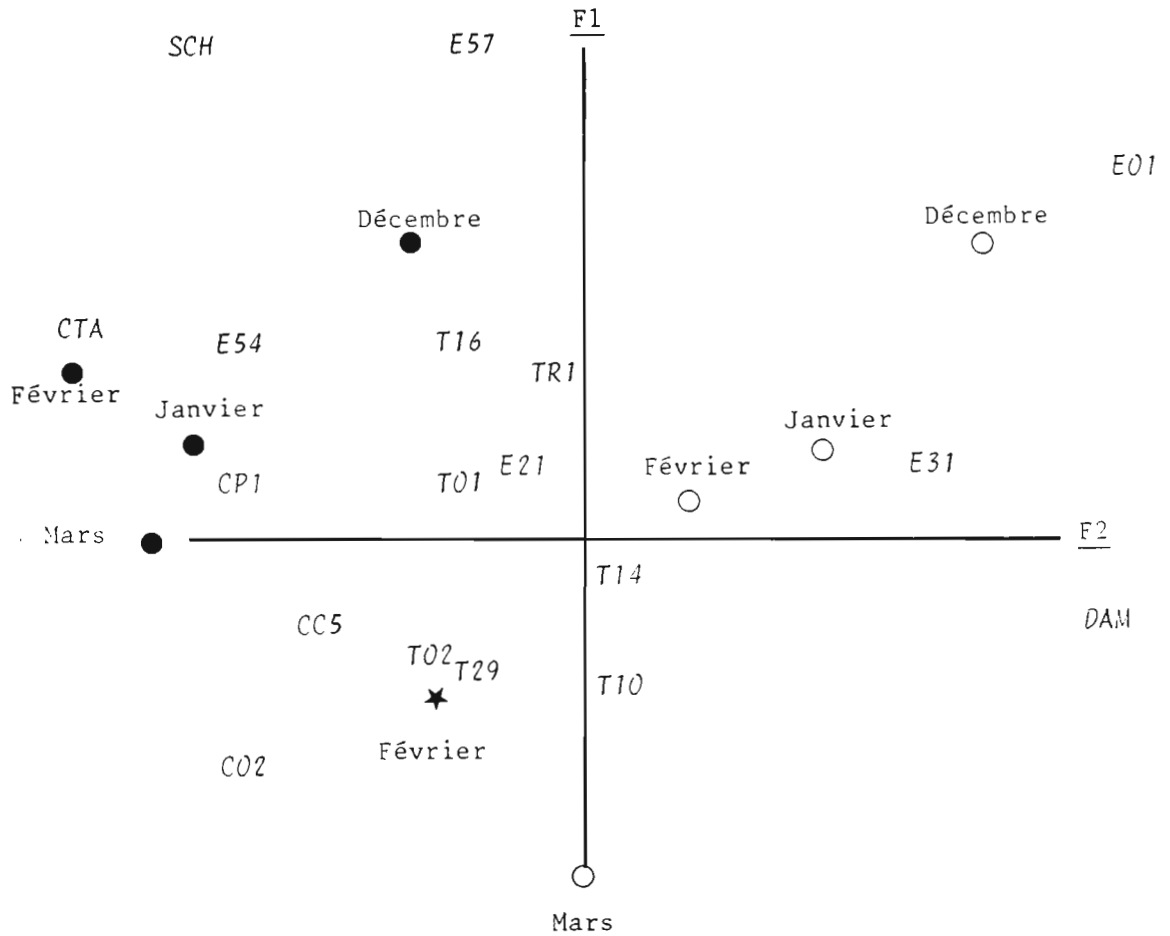
Du point de vue espèce (variables), on constate sur l'axe F1, comme dans l'analyse AFC.C, une opposition entre *S.dammosum* s.l. (DAM) *S.schoutedeni* (SCH). Toutefois, d'autres taxons participent activement à la construction de cet axe. A *S.dammosum* s.l. s'associent les espèces *Trichorythus* sp. (E1), *S.adersi* (ADE), *Centroptilum* sp.(E31) et *Pseudocloeon* sp. (E29). A *S.schoutedeni* s'associent les Chironomides *Tanytarsus* sp. (CTTA), *P.deletum* (CC5), *A.pictipes* (CTP1) et *Cricotopus quadrifasciatus* (C02) ainsi que le Caenidae *Caenomedea* sp. (E154). Les autres taxons participent peu ou pas à la construction de l'axe. Ceux dont les projections sont situées près de centre de gravité du nuage, varient peu et n'interviennent pas. Dans ce groupe, nous trouvons la plupart des Trichoptères, *S.tridens* (TRI) et l'Ephéméroptère *Pseudocloeon bertrandi* (E21).

Du point de vue prélèvement, on note sur cet axe une opposition très franche entre les mois traités et non traités. Les premiers étant situés sur la partie droite du graphe, les seconds sur celle de gauche.

L'axe F2 reflète la saison avec une opposition entre les mois de décembre et de mars. Les mois de janvier et de février sont placés en position intermédiaire. On retrouve également sur cet axe l'évolution saisonnière des taxons. Ainsi, *S.schoutedeni* (SCH) et *Trichorythus* sp. (E1) sont associés aux mois de décembre tandis que les Orthocladiinae, les Chironomini, les Tipuliidae et *S.adersi* sont associés aux mois de février et mars.

Rappelons qu'au mois de février ont lieu des pêches au poison effectuées par les autochtones riverains de la Maraoué. Elles ont un impact non négligeable sur la faune lotique (ELOUARD et al., 1982) Les prélèvements récoltés après ces empoisonnements ont été individualisés et figurés par des triangles noirs sur le graphe. On constate qu'ils sont positionnés dans la partie du graphe où sont projetés les prélèvements traités au téméphos.

FIGURE 105



- Mois non traités au téméphos
- ★ Pêches traditionnelles
- Mois traités au téméphos

TIP

ADE

Tableau 47.- Liste des taxons les plus abondants trouvés dans les échantillons récoltés dans le cadre du programme de surveillance des rivières.

Ephéméroptères	
Baetidae	(BAE) (1)
Caenidae	(CAE)
Tricorythidae	(TRI)
Trichoptères	
Hydropsychidae	(PSY)
Ecnomidae	(ECN)
Hydroptilidae	(PTI)
Leptoceridae	(LEP)
Philopotamidae	(PHI)
Polycentropodidae	(POL)
Lepidoptères	
Pyralidae	(PYR)
Diptères	
<i>S. damnosum s.l.</i>	(DAM)
Simuliidae (2)	(SIM)
Chironomini	(CHI)
Tanytarsini	(TAR)
Orthoclaadiinae	(ORT)
Tanypodiinae	(POD)
Autres Diptères	(OTH)
Planipènnés	
Sisyridae	(SIS)
Acariens	
Hydracariens	(HYD)

---

(1) Abréviations utilisées dans les graphes

(2) Simulies autres que *S. damnosum s.l.*

Tableau 48. Analyse factorielle des correspondances (AFC.E) des effectifs codés de 16 taxons récoltés à l'échantillonneur de Surber. Coordonnées sur l'axe F1 et contributions absolues en % à l'axe F1.

	Coordonnées	Contributions abs. en %.
BAETIDAE	- 0,19	39
CAENIDAE	0,23	22
TRICORYTHIDAE	- 0,41	81
HYDROPSYCHIDAE	0,01	0
HYDROPTILIDAE	0,02	0
LEPTOCERIDAE	- 0,58	37
PHILOPOTAMIDAE	0,25	19
SIMULIIDAE	0,01	0
<i>S. DAMNOSUM</i>	- 0,80	313
CHIRONOMINI	0,33	79
TANYTARSINI	0,88	323
ORTHOCLADIINAE	0,16	26
TANYPODIINAE	0,22	21
DIPTERES AUTRES	- 0,17	10
PYRALIDAE	- 0,13	10
HYDRACARIENS	- 0,34	20

Figure 106.- Etude de l'impact du téméphos sur la structure des entomocénoses peuplant les substrats de type VII (rochers) : AFC.E. Données étudiées au niveau supraspécifique. Plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances appliquée aux données codées des mois de décembre, janvier, février et mars. 16 variables ont été prises en compte.

Interprétation de la figure 106.

Les contributions des variables aux axes sont consignées dans le tableau 48 tandis que celles des axes F1 et F2 à l'inertie totale du nuage sont de 16 % et 11 % .

L'opposition sur le premier axe factoriel entre le groupe de variable *Simulium damnosum* s.l. (DAM) et *Tricorythidae* (TRI) et le groupe *Tanytarsini* (TAR) et *Chironomini* (CHI) correspond à l'opposition entre Insectes sensibles et peu sensibles vis-à-vis du téméphos. Cet axe peut donc être assimilé à un axe de sensibilité ou de pollution. Cette assertion est confirmée par l'opposition entre les prélèvements qui ont subi un épandage de téméphos et ceux qui ne l'ont pas subi.

Du fait du passage progressif des mois de janvier au mois de mars, le deuxième axe factoriel peut être interprété comme un axe saisonnier.



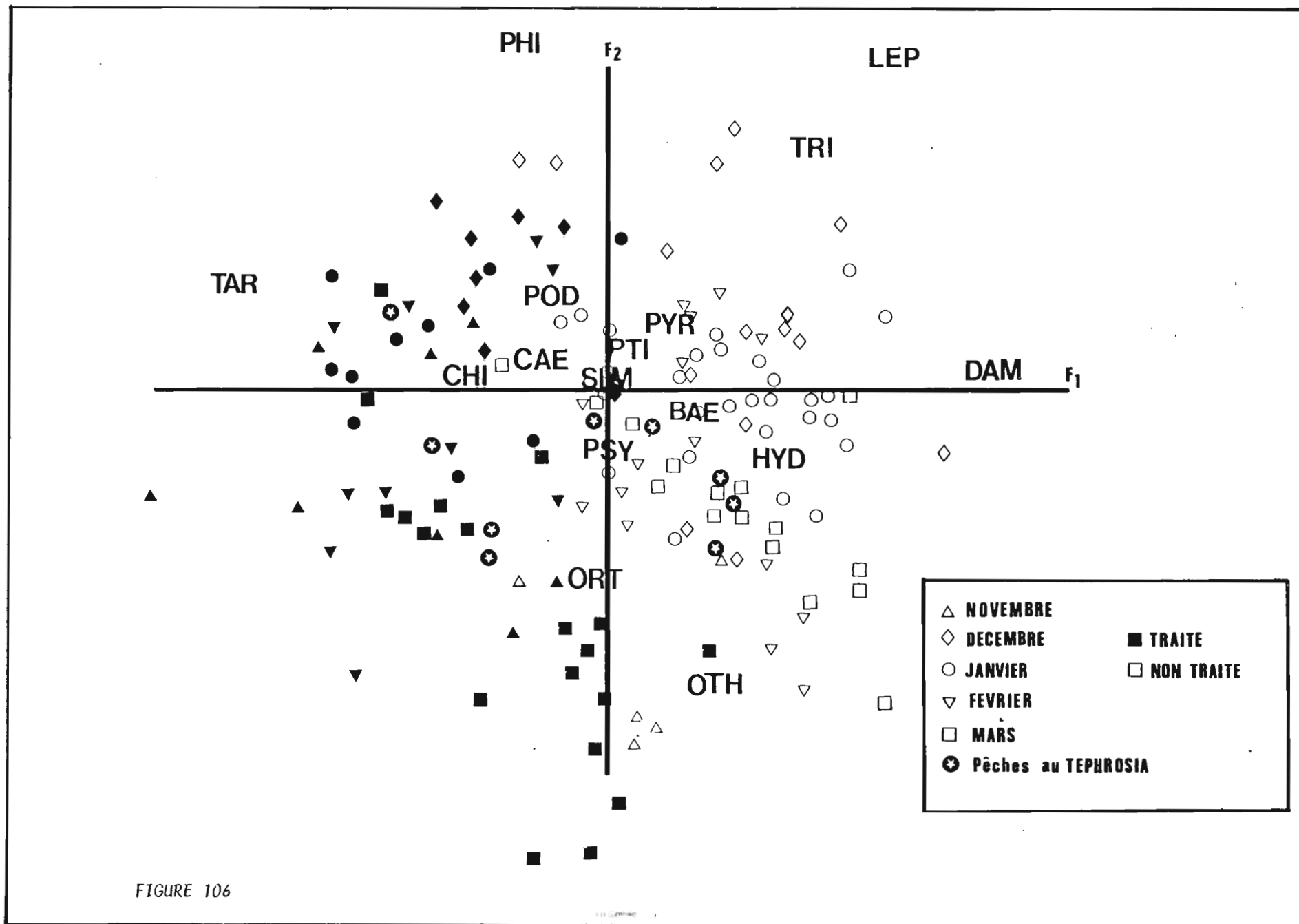


FIGURE 106



- prélèvements traités au téméphos
- ▲ prélèvements apparemment mal classés
- ★ pêches au *Tephrosia vogelii*
- mois

FIGURE 107

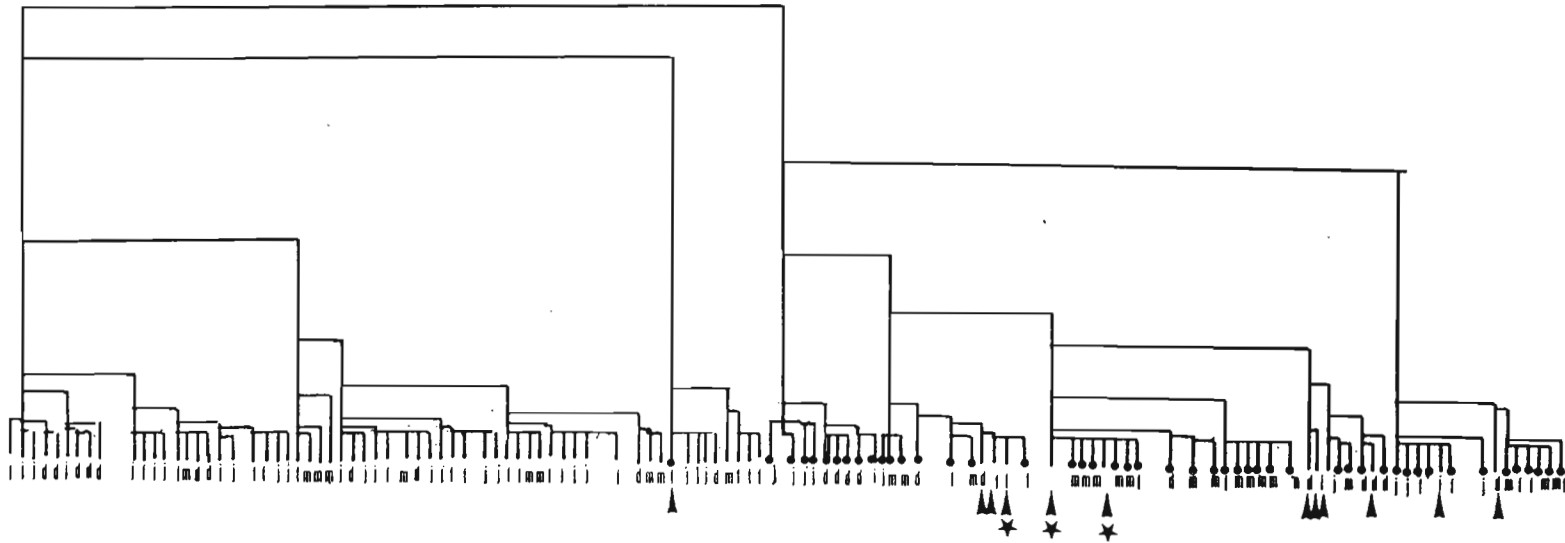


Figure 107.- Représentation de l'ensemble des prélèvements récoltés dans le programme de surveillance au moyen d'un dendrogramme issu d'une Classification Hierarchique Ascendante (C.A.H.). Le premier noeud sépare en deux groupe distincts deux ensembles, l'un composé des prélèvements n'ayant pas été traités au téméphos, l'autre de ceux qui ont subi cet insecticide ou les empoisonnements au *Tephrosia vogelii*.

Figure 108.- Valeur prise par l'indice de Shannon et l'équitabilité durant les mois de décembre ,janvier, février et mars des années 1977 à 1980 et calculées sur les entomocénoses saxicoles lorsque toutes les espèces d'Insectes sont prises en compte.

a : Indice de Shannon

b : Equitabilité

INDICE DE SHANNON

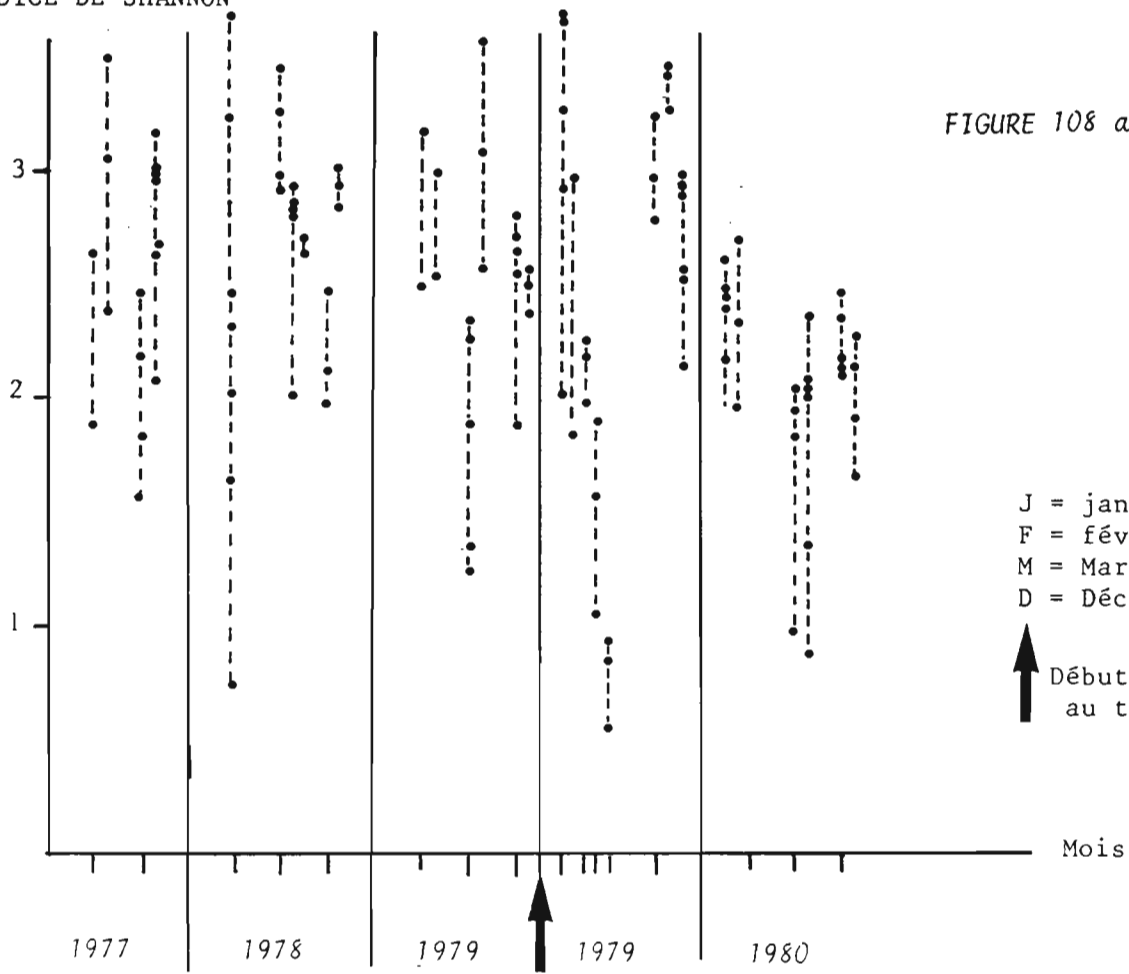


FIGURE 108 a

J = janvier  
 F = février  
 M = Mars  
 D = Décembre

↑ Début des traitements  
 au téméphos

EQUITABILITE

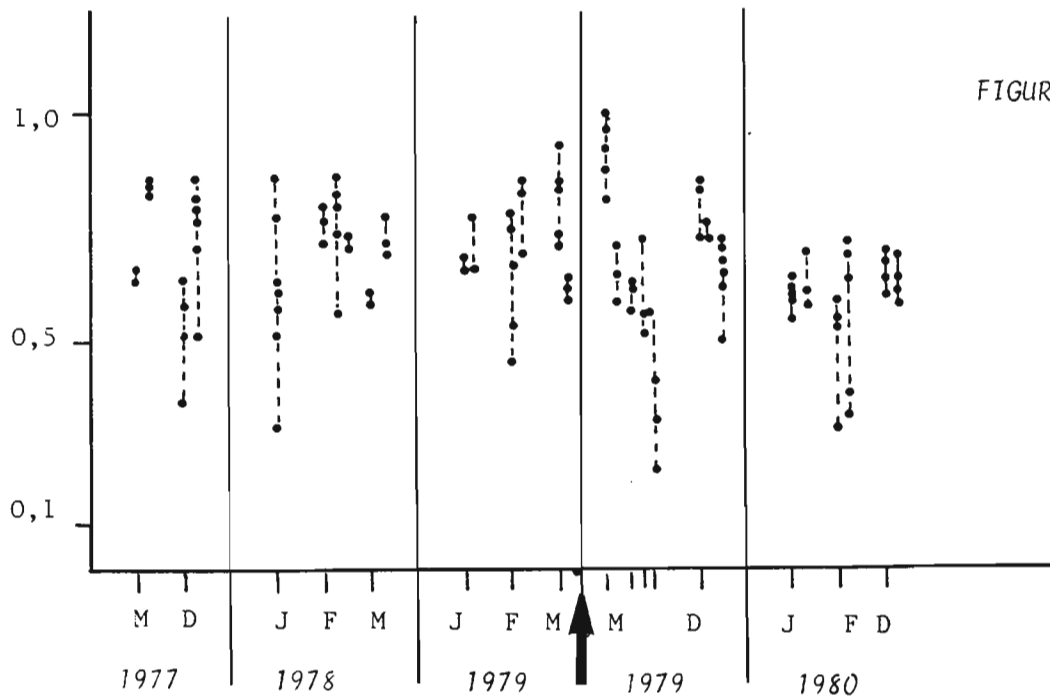


FIGURE 108 b

Figure 108.- Valeurs prises par la richesse spécifique et l'indice de Shannon durant les mois de décembre, janvier, février et mars des années 1977 à 1980 et calculées sur les entomocénoses saxicoles lorsque toutes les espèces d'Insectes sont prises en compte.

c : Richesse spécifique.

d : Indice de Shannon des prélèvements moyens.



Figure 108.- Valeurs prises par l'équitabilité et la richesse spécifique durant les mois de décembre, janvier, février et mars des années 1977 à 1980 calculées sur les entomocénoses saxicoles lorsque toutes les espèces d'Insectes sont prisés en compte.

e : Equitabilité des prélèvements moyens

f : Richesse spécifique des prélèvements moyens



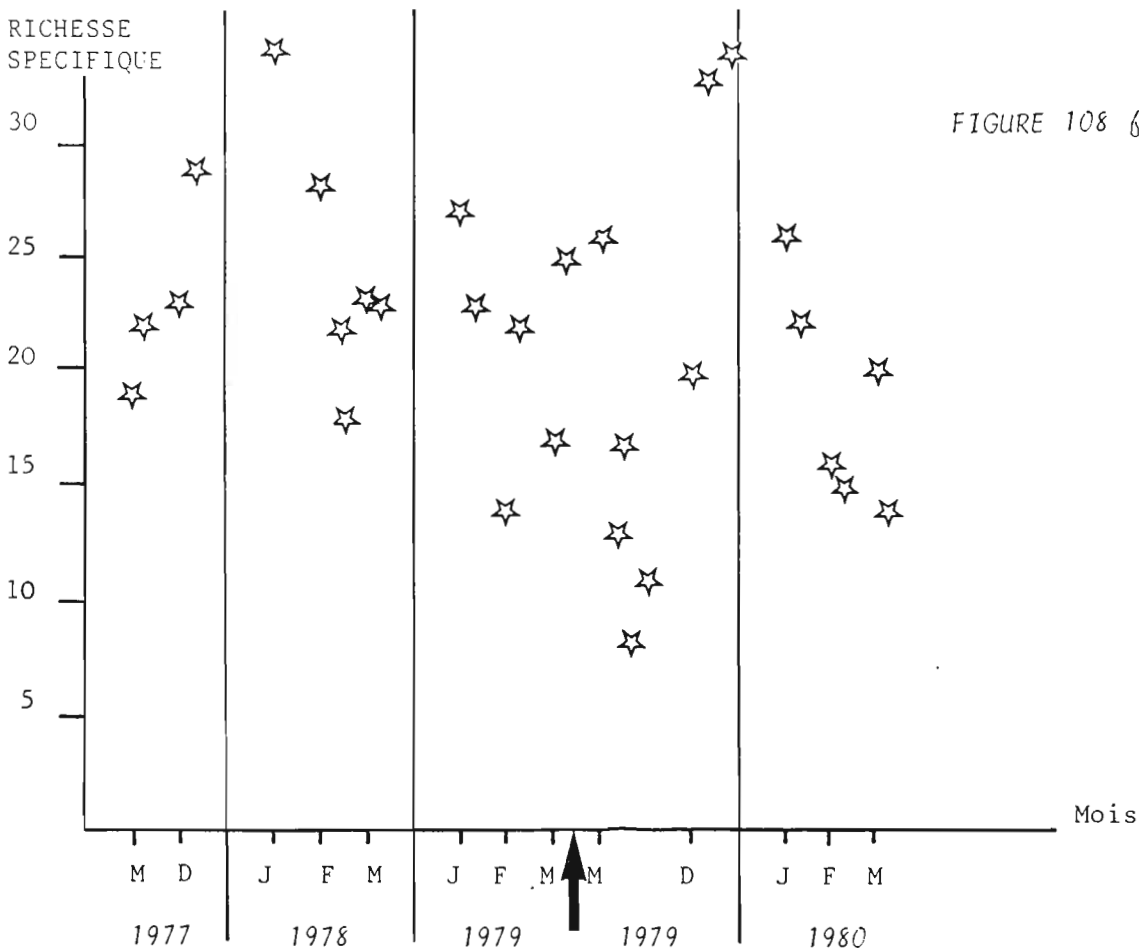
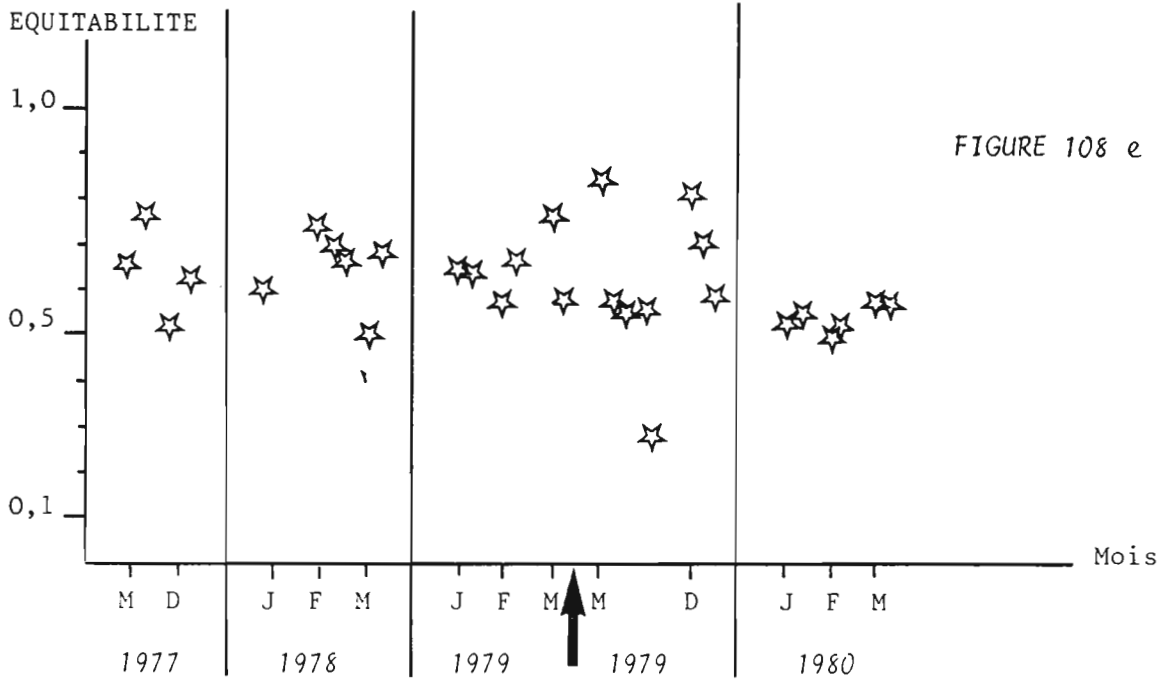


Figure 109 .- Valeurs prises par l'indice de Shannon, l'équitabilité et la richesse spécifique durant les mois de décembre, janvier, février et mars des années 1977 à 1980 et calculées sur les entomocénoses saxicoles lorsque seules les espèces les plus abondantes sont prises en compte :

- a : Equitabilité
- b : Indice de Shannon

FIGURE 109 a

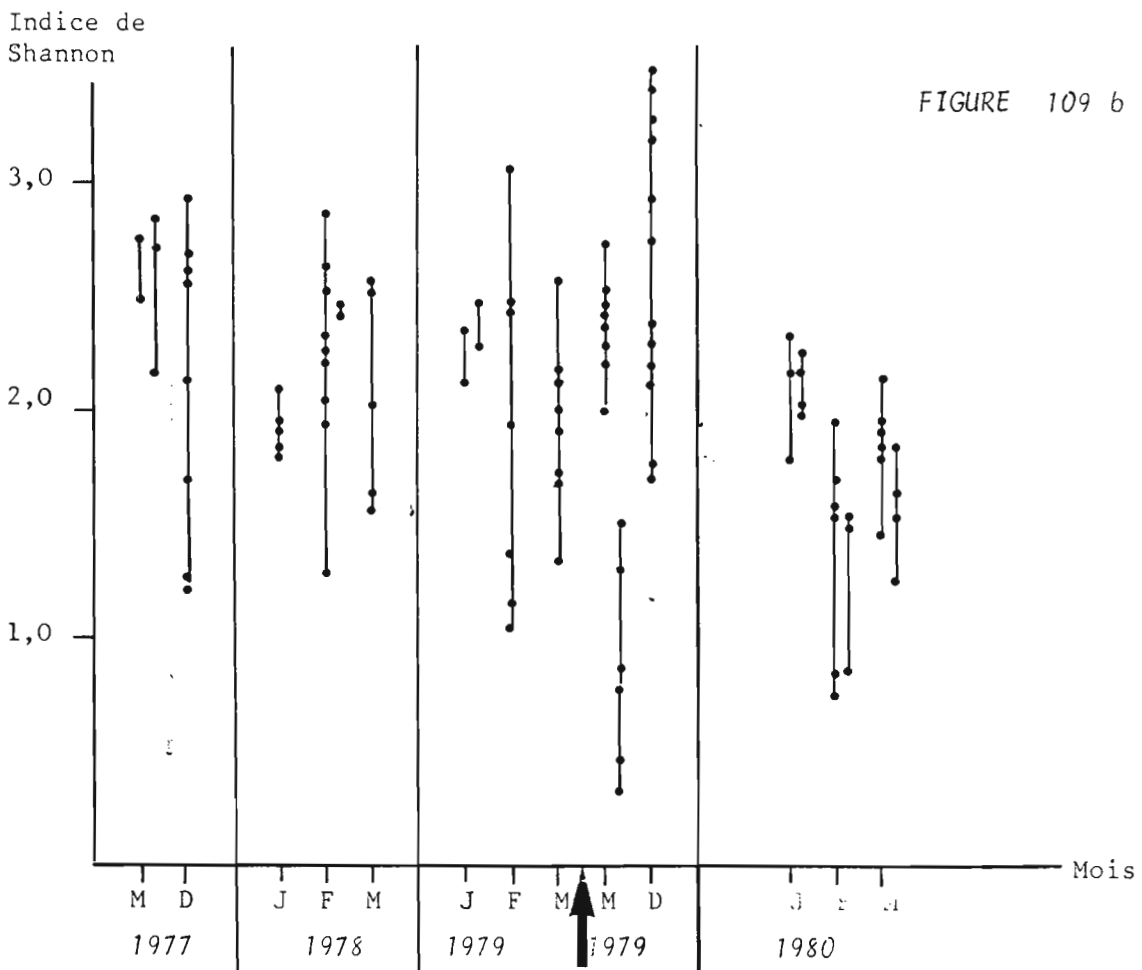
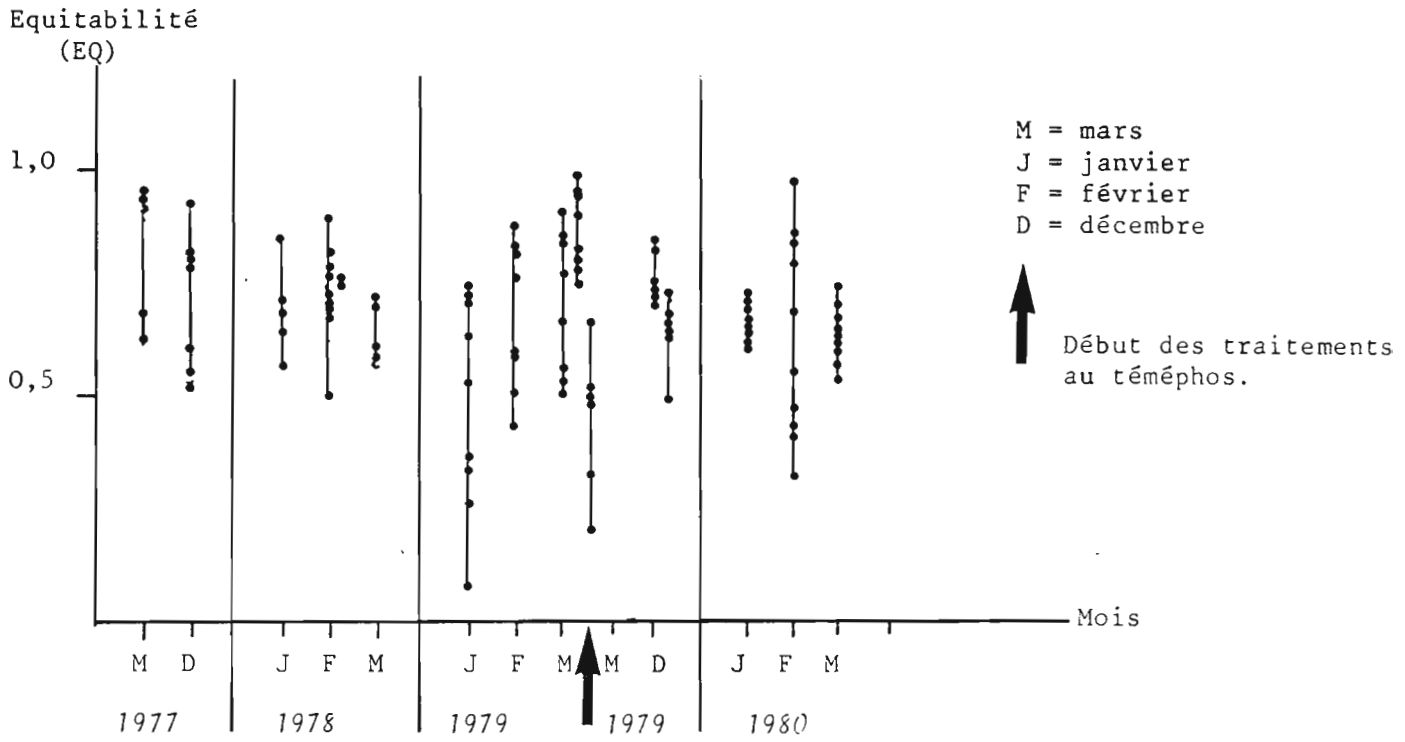


Figure 110.- Données du programme de surveillance des rivières traitées au téméphos dans le cadre du programme de lutte contre l'onchocercose. Valeurs prises par l'indice de Shannon (a), l'équitabilité (b) et la richesse spécifique (c) durant les mois de décembre, janvier, février et mars des années 1976 à 1980 et calculées sur les entomocénoses saxicoles.

FIGURE 110.

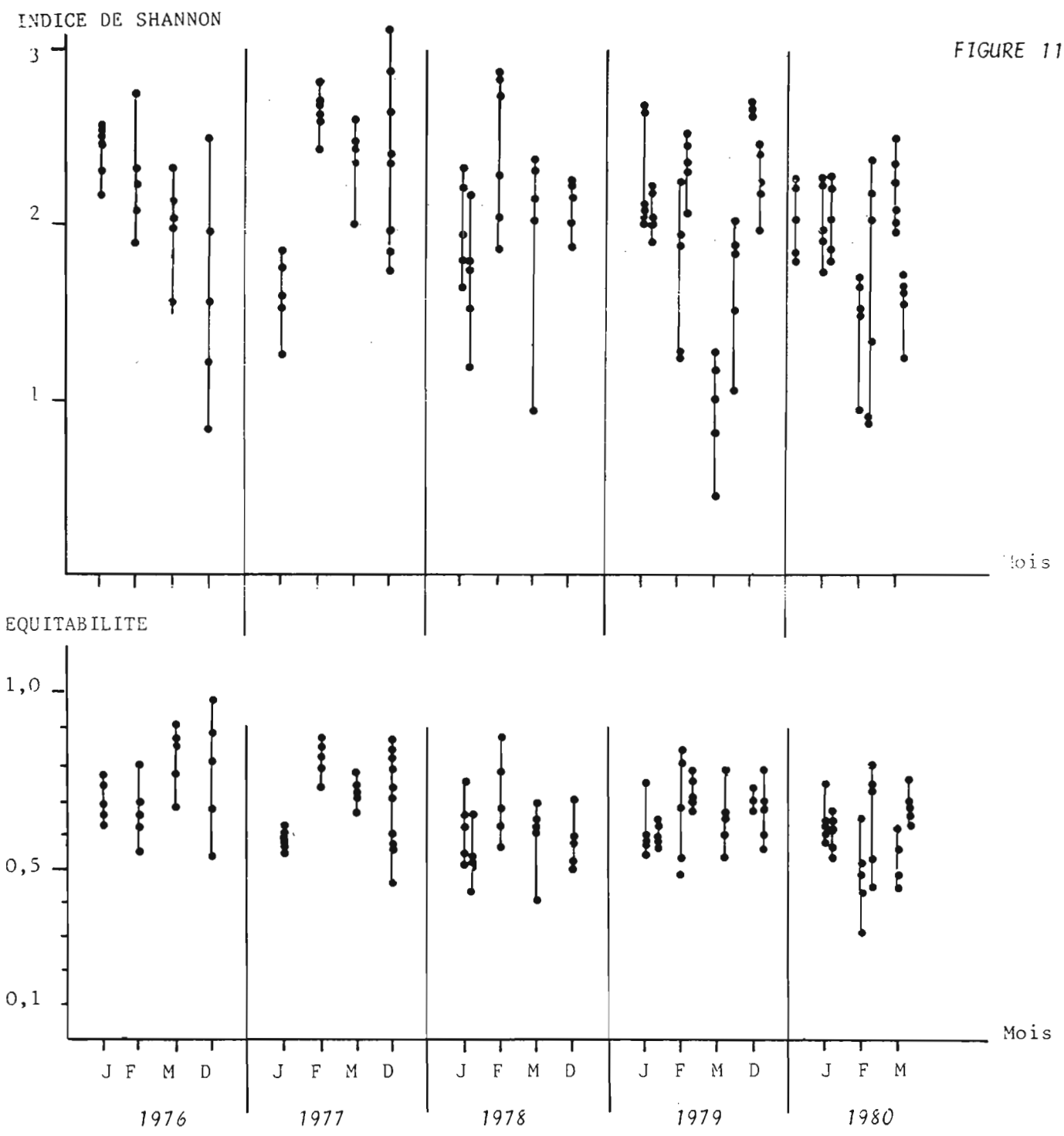


Figure 111.- Etude de l'impact du téméphos sur la structure des entomocénoses peuplant les substrats de type VII (rochers) : AFC.F. Données étudiées au niveau supraspécifique. Plan F1 x F2 de l'analyse factorielle des correspondances appliquée aux données codées des mois de décembre, janvier, février et mars. Six variables ont été prises en compte. Les contributions des variables aux axes sont consignées dans le tableau 50.

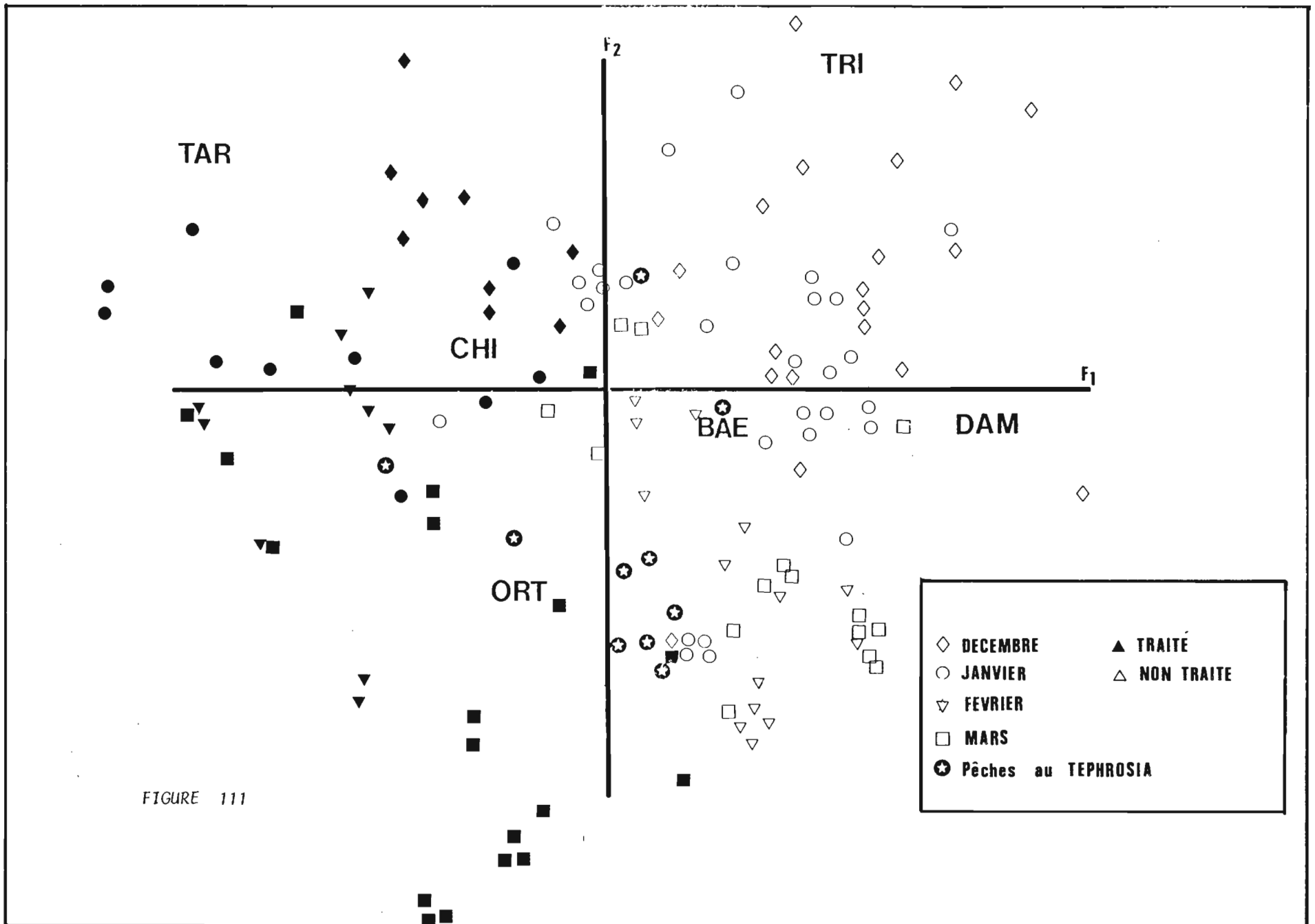


Tableau 50 . Analyse factorielle des correspondances (AFC.F.) des effectifs de 6 taxons récoltés à l'échantillonneur de Surber. Coordonnées et contributions absolues sur l'axe factoriel F1.

	Coordonnées	Contributions abs. en %.
BAETIDAE	- 0,2	44
TRICORYTHIDAE	- 0,5	120
<i>S. DAMNOSUM</i>	- 0,8	325
CHIRONOMINI	0,3	79
TANYTARSINI	0,9	385
ORTHOCLADIINAE	0,2	47



Tableau 51.- Tableau des indices biotiques moyens calculés à partir des coefficients issus de l'AFC.F dans laquelle 16 taxons sont pris en compte (le point signale les individus mal classés ; l'astérisque signale les traitements)

DANANGORO	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI
1976	-	-	5,8	4,4	1,0	-	-
1976-1977	4,2	4,0	2,0	1,0	1,0	3,4	5,6
1977-1978	-	4,2	1,0	-	-	6,6	-
1978-1979	-	-	1,0	1,0	6,8	* -	* -
1979-1980	*7,4	*7,3	*8,4	*9,4	*7,8	*8,2	*10,°

ENTOMOKRO	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI
1977-1978	-	1,0	1,8	7,6	3,2	9,8	4,2
1978-1979	-	1,0	1,0	3,8	*5,6	* -	* -
1979-1980	*9,8	*9,8	10,0*	*9,4	*9,2	*9,4	*10,0

Tableau 52.- Tableau des indices biotiques moyens calculés à partir des coefficients issus de l'AFC.F tenant seulement compte de 6 taxons (cf. tab. 51 )

DANANGORO	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI
1976	-	-	4,8	3,8	1,0	-	-
1976-1977	4,2	1,4	4,4	1,4	1,6	3,6	4,4
1977-1978	-	2,0	1,0	-	-	7,4	-
1978-1979	-	-	1,0	1,2	*6,6	* -	* -
1979-1980	*7,2	*6,0	*7,6	*8,2	*6,6	*7,8	*9,8

ENTOMOKRO	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI
1977-1978	-	1,0	2,6	7,4	3,8	*10,0	3,4
1978-1979	-	1,0	1,2	5,0	*5,8	* -	* -
1979-1980	*10,0	*7,8	*10,0	*9,6	*9,0	*8,6	*9,4

Tableau 53 .- Récapitulatif des valeurs des indices biotiques obtenus avec les coefficients et poids issus de l'AFC.E (16 variables actives) (le point signale les individus mal classés).

Années \ Mois	STATION I							STATION II							SEMIEN ( Sassandra )							LERABA									
	N	D	J	F	M	A	M	N	D	J	F	M	A	M	N	D	J	F	M	A	M	J	D	J	F	M	A				
1976								5	6.	1																					
								6.	3	1																					
								6.	4	1																					
								5	4	1																					
								7.	5	1																					
1976-1977								8.	1	2	1	1	8.	5.													10	10	10	10	
								4	1	4	1	1	6.	10.													9	10	10	8	
								4	1	2	1	1	1	10.													-	10	10	8	
								4	1	1	1	1	1	1													-	10	10	5	
								1	1	1	1	1	1	2													-	10	10	-	
1977-1978		1	1	10	4	10.	8.	3	1			2		3	6.	9.						10	10		10						
		1	1	5	6.	9.	10.	9.	1			10.		7.	8.	10.						10	10		10						
		1	1.	10	3	10.	1	1	1			6.		5	7.	10.						10	10		10						
		1	5	10	1	10.	1	1	1			10.		10.	3	10.						10	10		10						
		1	1	3	2	10.	1	7.	1			5		9.	5	10.						10	10		10						
1978-1979		1	1	1	6			1	1	5				9	10	10	10	10	10	10		10			9	10					
		1	1	1	5			1	1	6				10	10	10	6	8	4.	10		6			10	6					
		1	1	6	6			1	1	7				10	10	10	7	10	7	10		7			6	7					
		1	1	10	9			1	1	6				9	10	10	10	10	5	10		10			5	10					
		1	1	1	2			1	1	10				9	10	10	3.	10	7	10		10			9	10					
1979-1980		10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10	6	4.	6	8	10	3.	6	5			10	10						
		10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	9	8	7	10	10	1.	10	10	3.	10	10		10	10						
		10	10	10	10	6	10	10	10	7	10	10	10	7	10	8	2.	4.	10	10	2.	5		10	10						
		9	10	10	10	10	10	10	7	-	4	10	10	10	10	-	1.	7	10	10	-	2.	7		8						
		10	10	10	7	10	7	10	-	-	8	8	1	10	10	-	4.	10	10	10	-	1.	3.		10						

Tableau 54.- Récapitulatif des valeurs des indices biotiques obtenues en appliquant les coefficients et les poids issus de l'AFC.F (6 variables actives) (le point signale les individus mal calssés).

Années	STATION I							STATION II							SEMIEN (Sassandra)							LERABA								
	N	D	J	F	M	A	M	N	D	J	F	M	A	M	N	D	J	F	M	A	M	J	D	J	F	M	A			
1976										5	5	1																		
										5	3	1																		
										5	4	1																		
										4	3	1																		
										5	4	1																		
1976-1977								5	1	3	1	2	8.	3												8	5	8	8	
								5	3	7.	1	1	6.	6.												3.	5	10	7	
								5	1	4	1	1	1	8.												-	10	10	10	
								5	1	4	2	2	1	2														8	10	6
								1	1	4	2	2	2	3												-	-	9	-	
1977-1978		1	1	9	5	10.	6.	1	1			7.		5		6.		4					10	6		10				
		1	2	5	5	10.	8.	4	1			7.		5		5		10.					6	8		10				
		1	3	9	4	10.	1	1	1			7.		6.		5		8.					6	9		6				
		1	6.	10	1	10.	1	1	1			9.		10.		5		8.					6	8		10				
		1	1	4	4	10.	1	3	1			7.		7.		5		10.					6	8		8				
1978-1979		1	2	4	6			1	1			6		10	10	10	10	8	10	9			7			8				
		1	1	4	6			1	1			7		9	10	10	7	7	5	9			5			9				
		1	1	6	6			1	1			6		9	10	8	6	8	7	10			5			5				
		1	1	8	7			1	2			5		8	10	9	10	9	6	10			9			5				
		1	1	3	4			1	1			9		8	10	10	5	8	7	10			8			7				
1979-1980		10	7	10	10	10	10	10	8	7	7	10	8	7	9	10	4.	6	7	10	4.	6	5		10	10				
		8	8	10	10	10	10	10	10	5	9	5	5	7	10	10	1.	8	8	8	4.	10	10		10	10				
		10	8	10	10	5	7	8	7	6	9	10	9	7	10	6	2.	5	9	8	-	5	5		5					
		7	8	10	10	10	10	9	6		6	10	8	8	10	-	1.	5	9	8	-	5	7		10					
		10	8	10	8	10	6	10	-		7	6	3.	10	10	-	5	7	8	9	-	4.	4.		8					

Tableau 55 . Pourcentage de réussite dans la séparation des mois traités et non traités au téméphos, au moyen de l'indice biotique (% I = % de réussite par rapport à l'ensemble des mois ; % II = % de réussite par rapport à la période décembre-mars).

Rivière	Station	16 variables		6 variables	
		% I	% II	% I	% II
Maraoué	Station I	91	98	92	100
Maraoué	Station II	87	93	90	98
Sassandra	Semien	71	74	80	80
Léraba	Léraba	100	100	98	98

FIGURE 112.

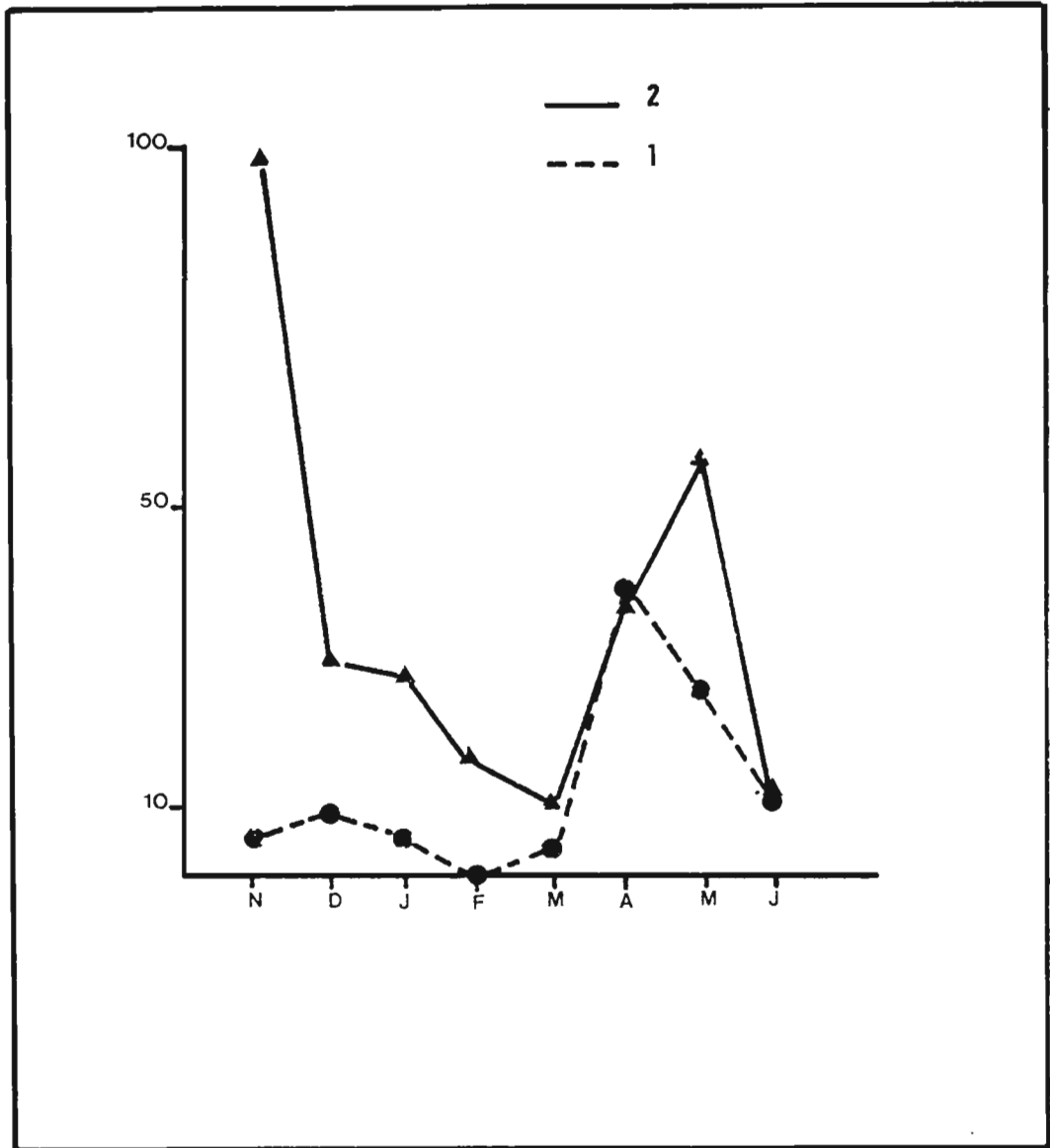


Figure 112.-Comparaison entre les taux mensuels de relevés mal classés par l'indice de pollution (courbe 1) et le pourcentage de relevés dont l'effectif total est inférieur à 100 individus par prélèvement.

Figure 113 .- Représentation schématique des changements de structure des communautés en fonction de la saison hydrologique et de la pollution par le téméphos.

Explication de la figure :

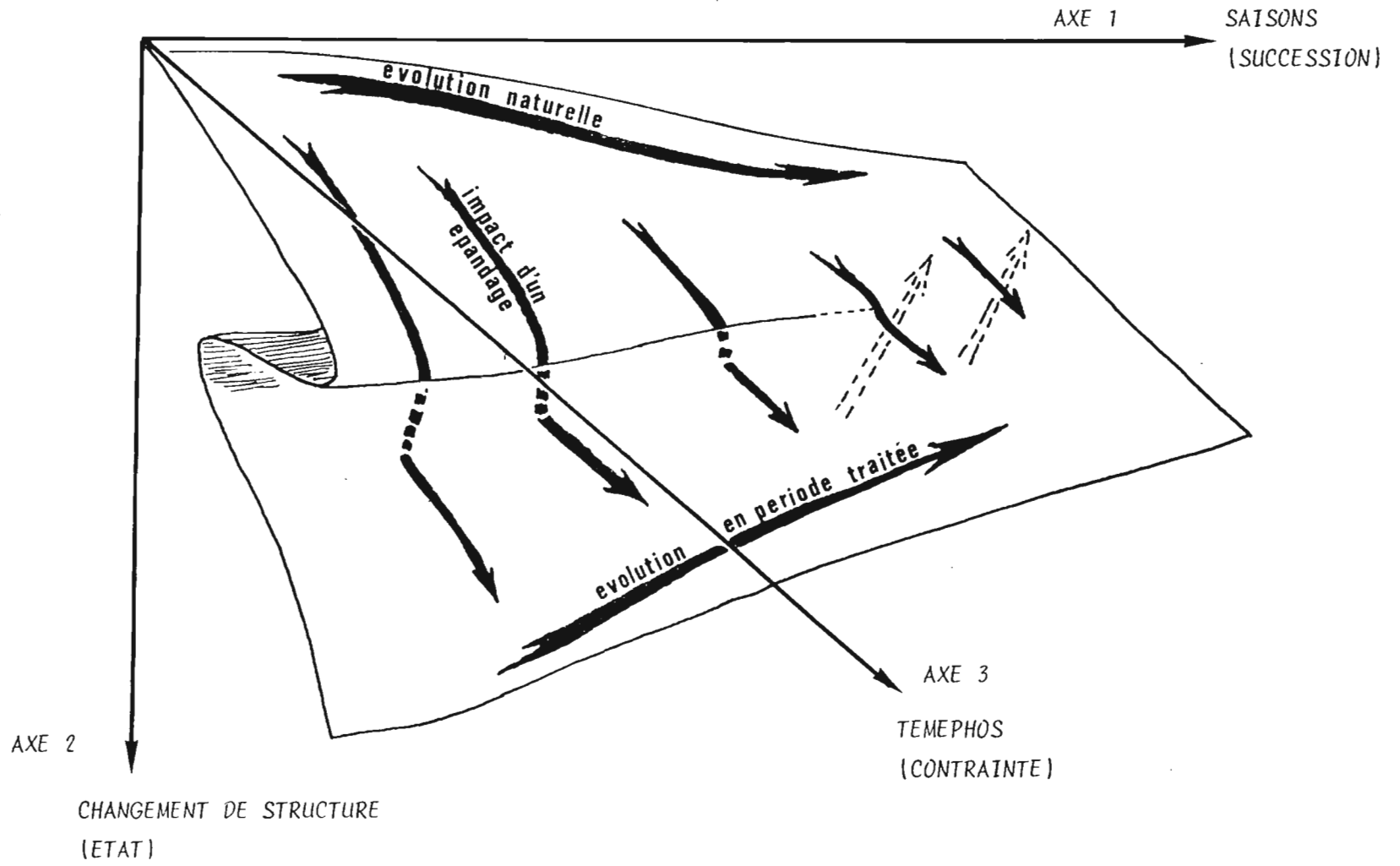
*Durant la période qui a précédé les épandages, la décrue de la rivière (de décembre à mars : axe 1 qui traduit la succession) entraînait une évolution progressive des entomocénoses, allant de peuplements riches et diversifiés à des peuplements plus pauvres. Ces changements de structures entomiques se traduisent par une variable d'état (axe 2).*

*La répétition des épandages de téméphos provoque une contrainte sur les peuplements (axe 3) qui se traduit également par un appauvrissement des entomocénoses et donc par un changement de structure des communautés.*

*L'impact d'un épandage n'est toutefois pas de même ampleur selon qu'il a lieu en période de décrue ou à l'étiage. Durant l'étiage, la faune lotique se compose d'Insectes adaptés à des conditions mésologiques sévères, et qui résistent également bien au téméphos. Les changements structuraux engendrés par un épandage seront donc de faible amplitude, et le retour aux structures cénotiques préexistantes rapide.*

*Par contre, les Insectes abondants durant la décrue sont pour la plupart assez sensibles au téméphos. Chaque épandage a donc un impact catastrophique et engendre de grandes modifications cénotiques. Ces modifications sont telles que même un arrêt des épandages ne permet un retour rapide aux structures préexistantes avant l'épandage. Ce phénomène est représenté par l'impossibilité de remonter la fronce.*

FIGURE 113



## ANNEXE DERIVE

## I. ETUDES A COURT TERME .

BUTS : - Mise en évidence de la toxicité à court terme d'un insecticide  
- Mise en évidence de la cinétique de décrochement

FILETS : 1 filet de 20 x 20 cm d'ouverture (cf. première partie, III, 1)  
et 2 m de long.

DUREE DU PRELEVEMENT : 3 minutes.

PARAMETRES HYDROLOGIQUES A PRENDRE EN CONSIDERATION :

- vitesse du courant
- saison hydrologique
- variations du débit de la rivière et pluviométrie

DEROULEMENT DE L'EXPERIENCE :

- Durant les 2 heures précédants l'épandage, un prélèvement toutes les demi-heures, soient 4 prélèvements.
- Epandage vers 12 heures, afin d'éviter une dérive de base trop intense liée aux dérives comportementales du matin et du soir.
- Durant les 4 heures qui suivent l'épandage, 1 prélèvement toutes les demi-heures, soient 8 prélèvements.

NIVEAU D'IDENTIFICATION TAXINOMIQUE :

- Espèces (et stades larvaires)

EXPRESSION DES RESULTATS :

- Indice de dérive (cf. première partie, III, 1)
- Rapport d'augmentation (Rpd) (cf. première partie, III, 1).



## ANNEXE DERIVE (SUITE).

## II. ETUDES A LONG TERME .

BUTS : - Mise en évidence de modifications dans les rythmes de dérive :

- . Modifications numériques : variations des indices de dérive de jour (IDj) et de nuit (IDn). En période traitée au téméphos, on s'attend à une augmentation de la dérive de jour liée à la morbidité d'une certaine partie des populations affaiblies par le téméphos, et à une diminution d'effectifs de la faune en place.
- . Modifications éthologiques : elles peuvent se traduire par une perturbation des rythmes, à savoir :
  - décalage des acrophases de dérive
  - apparition d'arythmicité (IDj = IDn ?)
- . Modifications dans la structure des peuplements

FILETS : Un filet triple dont chaque élément mesure 20 x 20 cm d'ouverture et 2 m de long (cf. première partie, III, 1).

DUREE DES PRELEVEMENTS :

- 2 échantillons de 15 minutes, 1 heure 30 avant le coucher du soleil pour la dérive de jour, soit au total 6 prélèvements.
- 2 échantillons de 3 minutes, 1 heure après le coucher du soleil pour la dérive de nuit, soit 6 prélèvements.

PARAMETRES A PRENDRE EN CONSIDERATION :

- vitesse du courant
- saison hydrologique
- variations antérieures du débit de la rivière
- pluviométrie récente
- débit mesuré à partir d'une échelle limnimétrique

NIVEAU D'IDENTIFICATION TAXINOMIQUE :

- Dans le cadre d'une surveillance générale : niveau taxinomique défini dans le programme de surveillance d'OCP.
- Sur 2 stations particulières : niveau spécifique, mais seules certaines espèces seront surveillées, choisies selon des critères d'abondance et de sensibilité à l'insecticide.

D'autre part, seuls certains stades ou certaines classes de taille seront comptés . Cela afin d'éviter les variations numériques inhérentes aux éclosions ou émergences en masse.

#### SAISON HYDROLOGIQUE

- Les mois de décrue et d'étiage sont à retenir.

#### EXPRESSION DES RESULTATS

- La numération selon une échelle de type logarithmique semble préférable.
- Indices de dérive de jour (IDj) et de nuit (IDn)  
(cf. première partie, III, 1)
- Rapport RID =  $IDn/IDj$ .

## ANNEXE SUBSTRATS ARTIFICIELS

BUTS : Sans téméphos

- Etude de la distribution des organismes sur les substrats flottants.
- Composition des synusies
- Etude des valences rhéophiliques et des rhéopréférences
- Etude des compétitions spécifiques

Avec téméphos

- Mise en évidence des variations quantitatives induites par le téméphos
- Recherche des variations des niches rhéologiques
- Mise en évidence de changements structuraux

TYPE DE SUBSTRATS : Substrat artificiel de type balai (cf. première partie, III, 3).

NOMBRE DE SUBSTRATS :

- 2 à 3 par tranche de vitesse du courant de 0,10 en 0,10 m/s. Il est donc nécessaire de mesurer la vitesse du courant. La mise en place d'un nombre excédentaire est nécessaire pour pallier les accidents possibles.

DUREE DE COLONISATION : 15 jours. Si l'expérience a lieu en période traitée à l'insecticide, les récolter la veille d'un épandage.

IDENTIFICATION DES ORGANISMES : Niveau du stade larvaire pour les espèces les plus abondantes, niveau spécifique pour les autres.

## ANNEXE ECHANTILLONNEUR DE SURBER

BUTS : - détermination des synusies saxicoles

- surveillance à long terme
- Mise en évidence des modifications structurales dans les entomocénoses saxicoles.

TAILLE DU PRELEVEMENT :

- La surface de base (utilisée dans la surveillance par OCP) de 15 x 15 cm est trop importante. Nous préconisons une surface de 10 x 15 ou 10 x 10 cm.

TAILLE DE L'ECHANTILLON :

- 10 prélèvements réalisés dans des conditions homogènes

PARAMETRES A PRENDRE EN CONSIDERATION

- vitesse du courant
- importance du recouvrement des rochers par les *Tristicha trifaria*.

NIVEAU D'IDENTIFICATION TAXINOMIQUE

- Surveillance générale : taxons (famille, ordre, tribu) tels qu'ils sont définis dans le programme de surveillance d'OCP
- Stations particulières :
  - 2 stations avec identification au niveau de l'espèce et du stade larvaire.

## ANNEXE GOUTTIERES

- BUTS :
- Impact à court terme
  - Cinétique de décrochement
  - Définir les CL 50 ou CL 90 des espèces ou des stades préimaginaux des Insectes lotiques.
  - Obtenir une échelle absolue de sensibilité des espèces afin de les classer les unes par rapport aux autres
  - Suivre l'évolution de la sensibilité des espèces selon les saisons et les stations, et éventuellement mise en évidence de l'apparition de résistances.
  - Comparaison de plusieurs Insecticides.

MATERIEL : - Gouttières multiples (cf. première partie, III, 4)

NOMBRE DE CONCENTRATIONS : Au minimum 5 + 1 témoin.

DUREE DE L'EPANDAGE : 10 minutes

PERIODE : Décrue et/ou étiage.

NOMBRE DE JOURS DE MISE EN PLACE AVANT LE DEBUT DE L'EXPERIENCE :  
2 à 5 jours.

DUREE DE L'EXPERIENCE : - 2 heures avant épandage  
- 4 heures après

FREQUENCE DES RELEVES : Tous les quarts d'heure.

HEURE DE L'EPANDAGE : Aux environs de 12 heures, ce qui permet d'éviter les dérives d'activité matinale et vespérale.

NIVEAU D'IDENTIFICATION TAXINOMIQUE : espèces et stades larvaires.

DEROULEMENT DES EXPERIENCES :

H - 3 h : mise en place du filtre situé en amont de la gouttière.

- H - 2 h 30 : Mise en place du filet situé en aval de la gouttière
- H - 2 h : Récolte de la première dérive avant traitement (AVT)
- H = 12 h : Traitement de la gouttière
- H + 4 h : Arrêt de l'expérience.

PARAMETRES A PRENDRE EN CONSIDERATION

- Turbidité de l'eau (mesurée à l'aide d'un disque de Secchi)
- vitesse du courant dans les gouttières.