

CONVENTION O. R. S. T. O. M. - O. M. S.
PROGRAMME DE LUTTE CONTRE L'ONCHOCERCOSE
SURVEILLANCE DU MILIEU AQUATIQUE

RAPPORT O.R.S.T.O.M. N° 11

DATE DE PARUTION
1er JUILLET 1977

**MICRODISTRIBUTION DES
INVERTEBRES D'UN BIEF
I. LE N'ZI**

P. FORGE
C. DEJOUX
J. M. ELOUARD

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE DE BOUAKÉ



MICRODISTRIBUTION
DES INVERTEBRES D' UN BIEF

I. LE N'ZI

P. FORGE

C. DEJOUX

J.M. ELOUARD

S O M M A I R E

I - INTRODUCTION.....	3
II - METHODES.....	5
II.1. <u>Méthodes d'échantillonnage</u>	5
II.1.1. Présentation du bief.....	5
II.1.2. Méthodes d'échantillonnage.....	5
II.2. <u>Méthodes d'analyse des données</u>	7
II.2.1. Analyse des facteurs abiotiques.....	7
II.2.2. Analyse des facteurs biotiques.....	9
III - ETUDE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES ESPECES.....	15
III.1. <u>Répartition spatiale de quelques espèces</u>	15
III.1.1. Généralité.....	15
III.1.2. Exemples de distribution spatiale.....	15
III.2. <u>Espèces et groupements d'espèces caractéristiques</u> ... <u>des biotopes</u>	17
III.2.1. Espèces caractéristiques des biotopes.....	18
III.2.2. Affinités entre espèces caractéristiques.....	22
III.3. <u>Conclusion</u>	26
IV - ETUDES DES PEUPELEMENTS.....	27
IV.1. <u>Affinités entre peuplements-types</u>	27
IV.2. <u>Les peuplements des eaux stagnantes</u>	27
IV.2.1. Peuplement des fonds sableux.....	27
IV.2.2. Peuplement des fonds à débris organiques.....	33
IV.2.3. Peuplement des fonds rocheux.....	37
IV.2.4. Peuplement des bois immergés.....	37
IV.3. <u>Les peuplements des eaux courantes</u>	37
IV.3.1. Peuplement des fonds rocheux, dans un courant... de vitesse moyenne	39
IV.3.2. Peuplement des fonds rocheux, dans un courant... de vitesse rapide	41
IV.3.3. Peuplement des substrats sous chutes d'eau....	42
V - DISCUSSION ET CONCLUSION.....	42
- REMERCIEMENTS.....	48
- BIBLIOGRAPHIE.....	49
- ANNEXES.....	52

I - INTRODUCTION

Depuis longtemps, il est apparu que les organismes benthiques n'étaient pas distribués au hasard dans les cours d'eau mais qu'ils occupaient le plus souvent des biotopes déterminés dans les écosystèmes aquatiques. Deux groupes importants de facteurs régissent cette distribution spatiale des organismes : des facteurs biotiques, liés à la biologie et à l'identité de chaque espèce (modalité de ponte, comportement, régime alimentaire, ...) et des facteurs abiotiques, liés à l'ensemble des caractéristiques physico-chimiques du milieu et à sa structure architectonique.

Ce schéma, d'une apparente simplicité, cache en réalité une grande complexité qui provient de la grande variété des milieux d'une rivière. Dans de telles conditions, il n'est pas étonnant de trouver des peuplements très diversifiés, souvent bien caractérisés par leur faune. La plupart du temps, ces peuplements se répartissent dans la rivière selon un agencement en "mosaïque".

Quant à la distribution spatiale des espèces, elle dépend essentiellement de la possibilité adaptative de chacune d'elles, c'est-à-dire de leur valence écologique (SACCHI et TESTARD, 1971).

De nombreux travaux réalisés en Europe et en Amérique du Nord, étudient la localisation des peuplements dans les milieux d'eau courante (ALLEN, 1959 ; AMBUHL, 1959 ; MACAN, 1961 ; CUMMINS, 1964 ; ULFSTRAND, 1967 ; etc.).

En revanche, les études réalisées en milieux tropicaux sont beaucoup plus rares (MALAISSE, 1969 ; RAMARRANKASINA, 1969 ; STATZNER, 1975).

Hormis cet aspect fondamental qui a lui seul justifié une telle étude, la connaissance précise de la structure des peuplements d'invertébrés benthiques permettra de mieux interpréter les données concernant l'impact des insecticides employés contre les stades pré-imaginaux de Simulium damnosum, dans le programme régional de lutte contre l'onchocercose. Ainsi, une meilleure connaissance de la distribution spatiale des organismes aquatiques devrait permettre de déceler plus efficacement les modifications écologiques provoquées par les apports d'insecticides.

Les prélèvements de la faune dérivante tant de jour que de nuit représentent une part importante des données du monitoring programme. Il est important de connaître le biotope d'origine des espèces dérivantes pour interpréter le plus justement possible l'impact toxique éventuel de l'insecticide sur les différentes espèces et sur leur milieu d'origine.

Cette première étude concerne le N'zi, rivière polluée parce qu'elle subissant depuis la fin 1974 des traitements insecticides (abate). Il est envisagé de confronter par la suite les conclusions de cette étude à celles d'une étude similaire concernant une rivière encore non traitée, la Maraoué.

Le N'zi est le principal affluent de la rive gauche du Bandama. Le cours de cette rivière peut être découpé en trois secteurs : un secteur nord, en savane au faciès ouvert, principalement caractérisé par un assèchement périodique en saison sèche ; un secteur médian, en savane au faciès fermé et un secteur sud, en forêt tropicale, essentiellement caractérisés par l'arrêt temporaire de l'écoulement en saison sèche, ce qui crée de vastes étendues d'eau stagnante, entrecoupées de places entièrement asséchées ou de petites chutes à faible débit.

Les prélèvements de faune furent réalisés au début de la saison sèche (26-I-1977), alors que le N'zi, à cet endroit de son cours (pont routier de DABAKALA), coulait encore; des vitesses assez importantes ont été enregistrées au niveau de certains rapides.

II - METHODES

II.1. Méthodes d'échantillonnage

II.1.1. Présentation du bief

La réalisation d'une étude détaillée de la distribution spatiale de la faune aquatique nous a obligé de choisir d'emblée une portion de rivière d'étendue limitée. Le choix s'est naturellement porté sur une zone rocheuse constituée de rapides et formant un gîte caractéristique à Simulium damnosum.

Le bief, bien que réduit, présente un ensemble varié de milieux qui diffèrent notamment par les conditions rhéohydrologiques (chutes d'eau, laisses d'eau), ou par des conditions morphologiques (substrats de nature différente, végétation diverse, ...). Cet endroit peut être considéré comme représentatif du cours moyen du N'zi. La carte de la figure 1 permet d'avoir un aperçu de l'agencement des différents biotopes du bief.

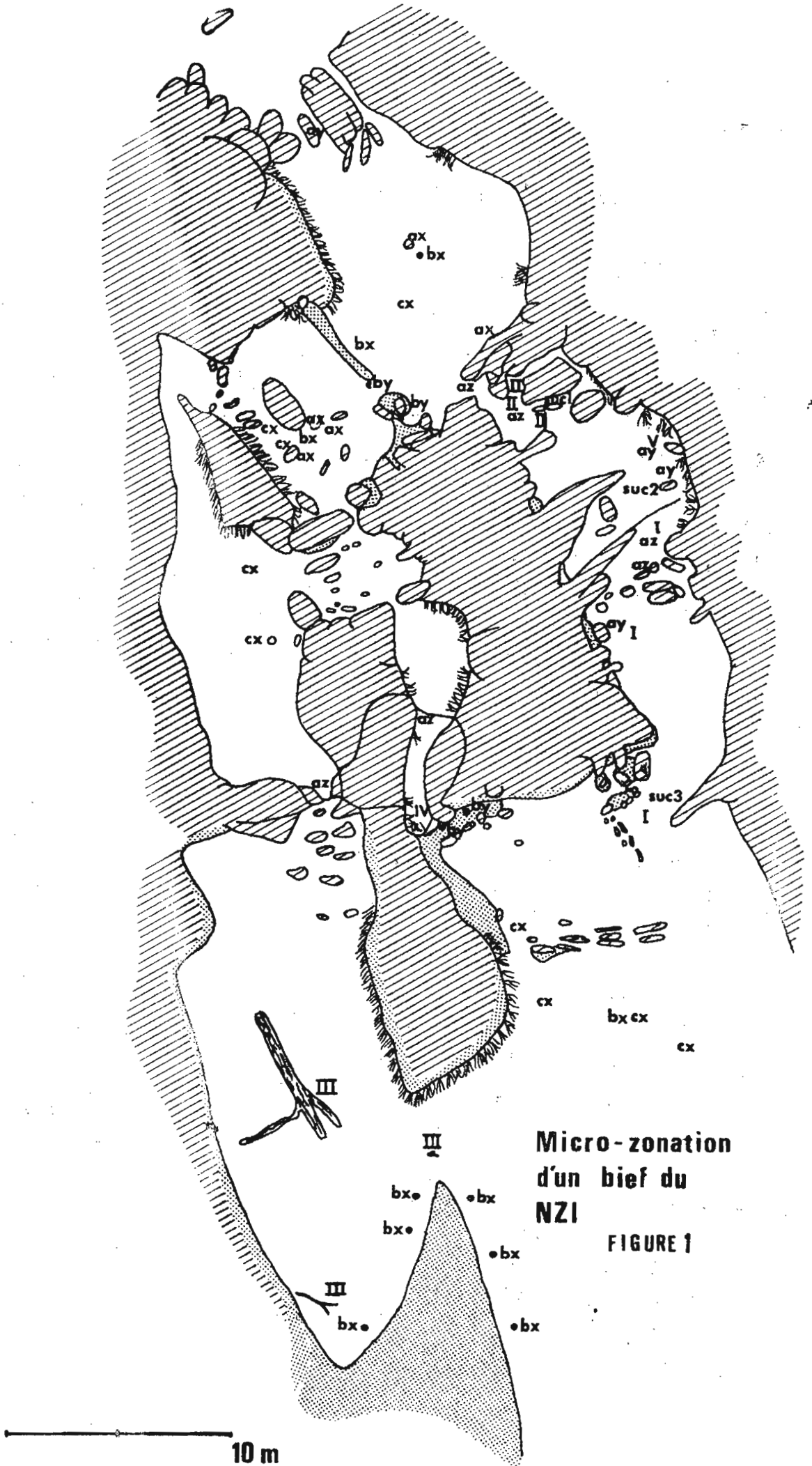
II.1.2. Méthodes d'échantillonnage

Les échantillons de faune ont été prélevés dans les milieux caractéristiques de la rivière, c'est-à-dire ceux qui définissent le mieux le bief, et d'une façon plus générale, le cours moyen du N'zi.

Les prélèvements quantitatifs ont été obtenus en utilisant une benne d'Ekman ($S = 225 \text{ cm}^2$), un échantillonneur de Surber ($S = 225 \text{ cm}^2$) et des substrats artificiels ($S = 196 \text{ cm}^2$), constitués de blocs de ciments déposés dans les zones de courant assez fort (DEJOUX, ELOUARD, 1975) une quinzaine de jours auparavant. Ces méthodes quantitatives, et notamment les substrats artificiels, sont couramment employées pour la surveillance des milieux aquatiques, dans le cadre des traitements contre l'onchocercose.

Des prélèvements qualitatifs ont été effectués sur des milieux très variés : pierres (par brossage), feuilles et herbes immergées dans le courant, bois morts...

Enfin, le tri de la faune a été intégralement réalisé sous loupe binoculaire.



Micro-zonation
d'un bief du
NZI
FIGURE 1

10 m

II.2. Méthodes d'analyse des données

II.2.1. Analyse des facteurs abiotiques

Certains auteurs (ULFSTRAND, 1967 ; HYNES, 1976) préconisent de quantifier les principaux facteurs du milieu. Le travail a été effectué pour les deux facteurs a priori les plus importants : la vitesse du courant et la nature du substrat.

Vitesse du courant

La vitesse du courant a été mesurée à l'aide d'un courantomètre à hélice. D'une façon générale, les valeurs des vitesses enregistrées sont peu élevées. Quatre catégories ont été définies :

Catégorie	x	$v = 0$ m/s
"	y	$v < 0,5$ m/s
"	z	$v \geq 0,5$ m/s
"	w	$v \geq 0,5$ m/s

film d'eau sur dalle rocheuse.

Bien entendu, les limites de ces catégories sont arbitraires et toutes les valeurs intermédiaires existent dans ce bief.

La catégorie x correspond aux anses calmes où l'eau stagne ; ~~elles occupent~~ en général une assez grande surface. La catégorie y regroupe les secteurs de courant moyen. Les chutes d'eau et les zones de courant rapide sont regroupées dans la catégorie z. Quant à la catégorie w, il s'agit d'un cas particulier de chutes d'eau à fort courant mais à faible débit, l'eau s'écoulant rapidement sous forme d'un film. Les deux dernières catégories, réparties ponctuellement, ne représentent qu'une faible partie de la surface totale du bief.

Nature des substrats

Comme pour la vitesse, des catégories ont été définies :

Catégorie	a	rocher
"	b	sable
"	c	feuilles, tiges
"	d	bois morts

Si les rochers a se trouvent aussi bien en eau courante qu'en eau stagnante, les sables b sont plutôt dans les anses calmes ou en bordure des berges. Les catégories c et d regroupent les supports et les substrats naturels, flottants ou immergés.

Autres facteurs physico-chimiques mesurés

La profondeur de l'endroit de chacun des prélèvements a été systématiquement notée. L'importance de ce facteur paraissant, à l'analyse, secondaire, et étant donné la faible profondeur générale du bief en saison sèche, celui-ci n'a pas été considéré dans le présent travail.

Il en est de même pour les données physico-chimiques (en particulier la conductivité et le pH), pour lesquelles il a été impossible de détecter la moindre différence significative. Les valeurs moyennes sont reportées ci-dessous :

C = 80 ~~µmhos~~ µmhos/cm, 20°C

pH = 7 - 7,5

Anions* (ppm)		Cations* (ppm)	
HCO ₃ ⁻	36,6	Ca ⁺⁺	5,0
Cl ⁻	2,0	Mg ⁺⁺	2,2
SO ₄ ⁻	5,4	K ⁺	2,7
PO ₄ ⁻⁻⁻	0,4	Na ⁺	7,1

Relation avec les méthodes d'échantillonnage

Les méthodes d'échantillonnage sont le plus souvent adaptées à un milieu particulier ; ainsi la benne d'Ekman pour les sables, le filet de Surber pour les rochers.

Il est certain que la méthode de prélèvement influe sur les résultats, de telle sorte que deux méthodes donneront, la plupart du temps, deux images différentes d'un même peuplement. Dès lors, il devient nécessaire de préciser, pour chacun des prélèvements, la méthode d'échantillonnage. En définitive, les prélèvements seront déterminés par trois groupements de lettres, tenant compte de la méthode utilisée (B,S,SN,SA), de la nature du substrat (a,b,c,d) et de la vitesse du courant (w,x,y,z) :

* Analyse effectuée par le Centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé.

Benne	B	bx	B	by
d'Ekman	B	cx	B	cbx
Filet de	S	ax	S	aw
Surber	S	az	S	ay
Substrats	SA	az		
artificiels	SA	ay ₁	SA	ay ₂
Substrats	SN	ay	SN	cz
naturels	SN	cw	SN	dx
	SN	cy		

II.2.2. Analyse des facteurs biotiques

Liste des espèces

Bien que la systématique des formes larvaires reste encore fort imprécise, nous avons pu séparer les différents taxons en les affectant d'un numéro de code. Dans la mesure du possible, nous donnons dans les lignes suivantes les déterminations de ces espèces. Il faut ici préciser que toutes ces espèces font partie du catalogue général des Insectes aquatiques qui est en cours de réalisation à Bouaké. Au total, 56 espèces d'Insectes ont été recensées dans le bief.

MOLLUSQUES

GASTEROPODES

Biomphalaria sp.

Gyraulus sp.

Cleopatra sp.

BIVALVES

Byssanodonta sp.

INSECTES

DIPTERES

Ceratopogonidae

Rhagionidae

Atherix sp.

Co ₁	Chironomidae	Orthoclaadiinae	<u>Nanocladius sp.</u>
Co ₂			<u>Cricotopus quadrifasciatus</u>
Co ₃			<u>Cricotopus sp.</u>
Co ₅			<u>Cricotopus sp.</u>
Co ₆			<u>Orthocladus sp.</u>
CC 1	Chironomidae	Chironomini	
CC 2			<u>Cryptochironomus sp.</u>
CC 3			<u>Polypedilum sp.</u>
CC 4			<u>Cryptochironomus sp.</u>
CC 5			<u>Stictochironomus sp.</u>
CC 12			<u>Cryptochironomus sp.</u>
CC 13			<u>Polypedilum sp.</u>
CC 15			<u>Nilodorum sp.</u>

CTT 1	Chironomidae	Tanytarsini	<u>Tanytarsus sp.</u>
CTT 4			<u>Cladotanytarsus sp.</u>
CTP 1	Chironomidae	Tanyptodinae	<u>Ablabesmyia pictipes</u>
CTP 2			<u>Ablabesmyia sp. of melolenca</u>
CTP 3			<u>Ablabesmyia dusoleili</u>
S 1	Simuliidae		<u>Simulium adersi</u>
S 2			<u>Simulium hargreavesi</u>
S 3			<u>Simulium damnosum</u>

COLEOPTERES

C 59	Elmidae, Larinae		
C 143	Gyrinidae		<u>Dineutus (larve) sp.</u>

EPHEMEROPTERES

E 21	Baetidae		<u>Centroptilum sp.</u>
E 23			<u>Centroptilum sp.</u>
E 34			<u>Centroptilum sp.</u>
E 37			<u>Centroptilum sp.</u>
E 153			<u>Centroptilum sp.</u>
E 158			<u>Centroptilum sp.</u>
E 161			<u>Centroptilum sp.</u>
E 163			<u>Centroptilum sp.</u>
E 155			<u>Cloëon sp.</u>
E 12	Heptageniidae		<u>Notonurus sp.</u>
E 7	Leptophlebiidae		<u>Choroaterpes sp.</u>
E 8			<u>Thraulius sp.</u>
E 9			<u>Adenophlebiodes sp.</u>
E 10			<u>Adenophlebiodes sp.</u>
E 4	Tricorythidae		<u>Dicercomyzon sp.</u>
E 15	Euthyplociidae		<u>Euthyplocia sp.</u>
E 154	Caenidae		<u>Caenomedeia sp.</u>

TRICHOPTERES

T 4	Hydroptilidae	<u>Orthotrichia sp.</u>
T 14		<u>Orthotrichia sp.</u>
T 12	Leptoceridae	<u>Parasetodes sp.</u>
T 20		<u>Oecetis sp.</u>
T 36		<u>Oecetis sp.</u>
T 11	Ecnomidae	<u>Ecnomus sp.</u>
T 16	Philopotamidae	<u>Chimarra sp.</u>
T 13	Polycentropodidae	<u>Dipseudopsis sp.</u>
T 1	Hydropsychidae	<u>Cheumatopsyche sp.</u>
T 5		<u>Cheumatopsyche sp.</u>
T 10		<u>Cheumatopsyche sp.</u>

LEPIDOPTERES

Pyralidae

ODONATES

O 2	Gomphidae	<u>Paragomphus hageni</u>
-----	-----------	---------------------------

PLECOPTERES

N 1	Neoperlidae	<u>Neoperla sp.</u>
-----	-------------	---------------------

AUTRES INVERTEBRES

Hydres

Oligochètes

Nématodes

Hydracariens

Définition des peuplements types

Les échantillons portant les mêmes groupements de lettres, c'est-à-dire ceux provenant d'un même type de milieu et prélevés par la même méthode, ont été regroupés, ce qui a permis de définir plus précisément des peuplements-types. Pour faciliter l'analyse, les espèces accidentelles (à faible occurrence et à faible fréquence) ont été retirées des prélèvements-types.

A l'analyse, nous avons pris à part en considération l'entomocénose, cela afin de conserver une certaine unité systématique. Les Mollusques, Nématodes, Cœlentérés et les Hydracariens ont été traités séparément.

Pour chacun des prélèvements-types, les paramètres suivants ont été calculés sur l'entomocénose :

- \bar{N} , effectif moyen ; d , densité par m^2 ; %, fréquence relative en pourcent ;

- I , indice de diversité et E , équitabilité. L'indice de diversité spécifique a été calculé par la formule de SHANNON (DAGET, 1976) : $I = -\sum p_i \log_2 p_i$, où p_i représente la fréquence relative de l'espèce de rang i . L'équitabilité a été estimée par la formule suivante :

$E = \frac{I}{I_{\max}}$, où $I_{\max} = \log_2 N$, N étant le nombre total de taxons.

- R , indice de richesse, qui correspond au nombre total d'espèces par unité systématique donnée.

Corrélation entre peuplements types ou entre espèces

Les indices de corrélation ont été calculés par la formule de BRAVAIS - PEARSON. Les données ont été auparavant normalisées par la transformation $x \longrightarrow \log(1+x)$.

Le calcul des coefficients b de la loi de TAYLOR (ELLIOTT, 1971) sur la distribution de quelques espèces, montre que la transformation $\log(1+x)$ normalise convenablement nos données.

La matrice des coefficients de corrélation a été analysée en utilisant une représentation par dendrogramme ; son algorithme est de la forme :

$$d_{h, ij} = 0,5 d_{h_i} + 0,5 d_{h_j}$$

Il convient de garder toujours une certaine prudence devant

les résultats obtenus par ces méthodes de comparaison de prélèvements. En effet, un coefficient de corrélation, même de +1, n'est jamais une preuve suffisante pour rapprocher deux séries de données. Il faut se rappeler que toutes méthodes de normalisation, ne donnent que des approximations. Enfin, l'établissement d'un dendrogramme dépend essentiellement de l'écriture de son algorithme (LANCE et WILLIAMS, 1967).

Espèces caractéristiques des milieux

La méthode utilisée s'inspire des travaux d'ULFSTRAND (1967), DEJOUX, LAUZANNE, LEVEQUE (1971), et LEVEQUE (1972), DEJOUX (1976).

Le principe commun est de comparer pour chaque espèce testée, sa répartition spatiale dans le cas théorique d'une loi de distribution au hasard (\bar{N}') à sa répartition observée (\bar{N}). Deux possibilités peuvent se présenter :

$$\frac{\bar{N}}{\bar{N}'} = 1 : \text{espèce indifférente ; répartition au hasard}$$

$$\frac{\bar{N}}{\bar{N}'} \neq 1 : \text{espèce non indifférente ; répartition agrégative.}$$

Selon la valeur du rapport \bar{N}/\bar{N}' , l'espèce considérée sera donc normalement ou anormalement présente dans un peuplement type, c'est-à-dire que sa présence ou son absence, sera caractéristique ou non de ce peuplement. Une échelle des valeurs du rapport \bar{N}/\bar{N}' a été établie :

Symbole	\bar{N}/\bar{N}' , en %	Signification
-	0 - 50	absence caractéristique
+	50 - 150	indifférence
++	150 - 250	présence caractéristique
+++	+ 250	présence fortement caractéristique.

Cette méthode simple permet donc de détecter rapidement les espèces caractéristiques des peuplements-types.

III. ETUDE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES ESPECES

III.1. Répartition spatiale de quelques espèces

III.1.1. Généralité

Le plus souvent, les individus composant une même population se répartissent dans le milieu selon une distribution stochastique ou agrégative, la distribution régulière se rencontrant très rarement dans les conditions naturelles.

Si l'hétérogénéité des facteurs biotiques et abiotiques influencent grandement le mode de distribution, sa perception dépendra, pour une bonne part, de la méthode d'échantillonnage et en particulier, de la taille relative des prélèvements (ELLIOT, 1971).

III.1.2. Exemples de distribution spatiale

La plupart des méthodes statistiques permettant d'estimer le degré de dispersion des individus demandent un grand nombre de données. Les trois exemples vont donc concerner trois espèces parmi les plus abondantes.

De nombreux indices de dispersion ont été proposés dont les définitions sont établies à partir de la variance relative (s^2 / \bar{x}). La loi de Taylor, que nous avons utilisée, lie la variance à la moyenne par une relation logarithmique de la forme :

$$\log s^2 = \log a + b \log \bar{x}$$

a et b sont les deux paramètres de la loi de Taylor*. Ils peuvent se déduire graphiquement, mais b étant la pente de la droite de régression de $\log s^2$ sur $\log \bar{x}$ peut être calculé précisément par la formule du coefficient de régression.

Le paramètre a dépend essentiellement de la méthode d'échantillonnage ; b , équivalent à une pente, est donc un indice de dispersion (LEVEQUE, 1972).

* si $a = b = 1$, $\log s^2 = \log \bar{x}$, égalité qui caractérise une loi de distribution au hasard dite de Poisson. Cette égalité se traduit graphiquement par une droite de régression qui n'est autre que la bissectrice des deux axes de coordonnées.

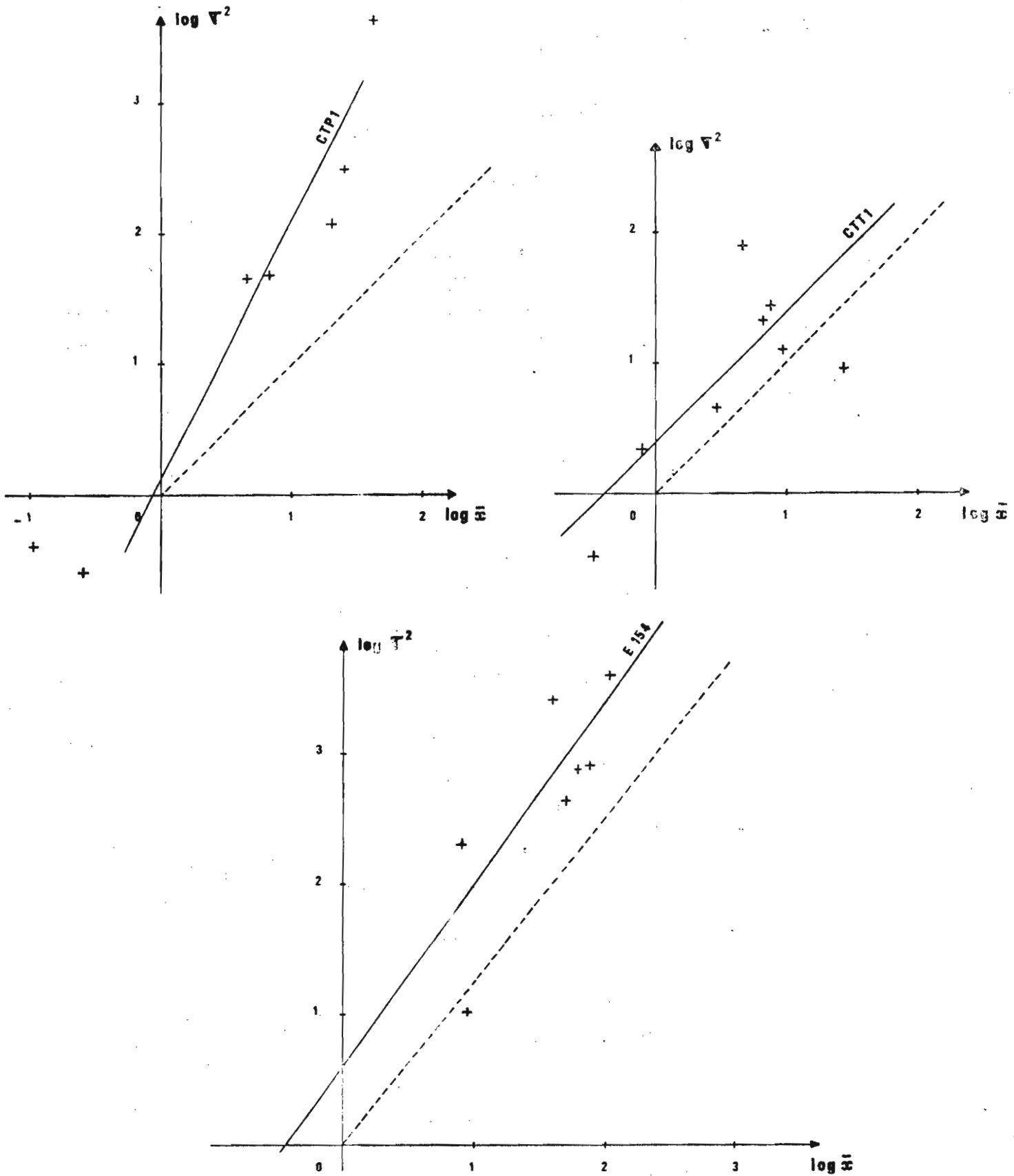


FIGURE 2 Relation entre les moyennes (\bar{x}) et les variances (V^2) d'une série d'échantillons pour trois espèces d'insectes. Les paramètres b et a de la loi de Taylor correspondent à la pente et à l'ordonnée à l'origine des droites de régression. La droite en pointillée est la droite de régression ($\log \bar{x}$ en x) d'une population distribuée au hasard, suivant une loi de Poisson.

Les calculs ont été effectués sur les données provenant des prélèvements quantitatifs, réalisés à la benne d'Ekman et au filet de Surber. Les droites de régression de Taylor ont été tracées dans la figure 2.

- Répartition spatiale de l'espèce E 154 (Ephéméroptères, Caenidae)

La loi de Taylor, pour cette espèce s'écrit :

$$\log \sqrt{r}^2 = 0,59 + 1,36 \log \bar{x}$$

La distribution spatiale de cette espèce est légèrement agrégative. Cette espèce est présente dans la plupart des prélèvements et ne sera donc pas caractéristique de biotopes, car trop ubiquiste.

- Répartition spatiale des espèces CTP1 (Chironomides, Tanypodinae) et (CTT1)(Chironomides, Tanytarsini)

Les lois de Taylor, pour les espèces CTP1 et CTT1, s'écrivent respectivement :

$$\text{CTP1} : \log \sqrt{r}^2 = 0,16 + 1,86 \log \bar{x}$$

$$\text{CTT1} : \log \sqrt{r}^2 = 0,40 + 0,89 \log \bar{x}$$

La distribution spatiale de CTP1 est agrégative ($b > 1$) ; cependant le paramètre b de la loi de Taylor a une valeur comprise entre 1 et 2. Ce type de répartition est certainement assez fréquent parmi les espèces composant l'entomocénose, car la plupart de celles-ci sont inféodées, plus ou moins fortement, à un nombre limité de biotopes.

Ce n'est toutefois pas le cas de CTT1 ($b < 1$) qui a une distribution spatiale au hasard (fig. 2).

III.2. Espèces et groupements d'espèces caractéristiques des biotopes

Les valeurs du rapport N/N' (voir chapitre II) permettent de déceler les espèces caractéristiques des différents biotopes. Elles sont consignées dans les tableaux II, III, V, VI et VII. Rappelons enfin que la notion d'espèces caractéristiques est fondée sur leur dominance dans un biotope particulier.

Les coefficients de corrélation entre les espèces d'Invertébrés ont été regroupés dans le tableau X. Leur interprétation globale a été réalisée à partir du dendrogramme de la figure 5.

III.2.1. Espèces caractéristiques des biotopes

- Espèces des fonds sableux (bx)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CC 1, CTT 2

Euthyplociidae : E 15

Ecnomidae : T 11

La présence de l'espèce E 15 (Ephéméroptères, Euthyplociidae) confirme les données de la littérature. Cette espèce est en effet inféodée au sable dans lequel elle s'enfouit à demi, capturant les proies qui passent à portée de ses fortes mandibules.

- Espèces des fonds sableux avec feuilles (bcx)

Les espèces caractéristiques sont :

Baetidae : E 155

Leptophlebiidae : E 8

Polycentropodidae : T 13

Comme la plupart des espèces de Leptophlebiidae, E 8 a un régime détritivore.

Ces deux biotopes à fond sableux sont caractérisés par un petit nombre d'espèces.

- Espèces des fonds avec feuilles et matières organiques (cx)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CO 1, CO 3, CO 5, CC 13

Ephéméroptères : E 158, E 9, E 4

Trichoptères : T 4, T 14, T 12, T 36

Mollusques : Biomphalaria sp., Gyraulus sp.,

Byssanodonta sp., Cleopatra sp.

De nombreuses espèces sont inféodées à ce milieu, dont la caractéristique majeure réside dans sa grande richesse en éléments organiques. De fait la plupart des organismes sont détritivores.

Dans ce biotope, les Mollusques occupent pour cette raison une place primordiale. Parmi les Insectes, les Leptophlebiidae y sont aussi très bien représentés.

- Espèces des fonds rocheux en eau stagnante (ax)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CO 1, CC 3

Ceratopogonidae

Baetidae : E 34, E 155, E 161, E 162

La présence de Nanocladius sp. (CO 1) et surtout celles des espèces du genre Centroptilum sont assez caractéristiques des milieux benthiques stagnants. Une certaine abondance de matières organiques indiquerait que la plupart des espèces sont ~~détritivores~~

- Espèces des substrats naturels immergés en eau calme

(ox, dx)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CO 1, CO 13, CTP 2

Rhagionidae: Atherix sp.

Baetidae : E 162, E 159, E 155, E 34

Leptophlebiidae : E 8, E 9

Heptageniidae : E 12

Coléoptères : C 144, C 39

De nombreuses espèces peuplent ces milieux - feuilles et bois morts - immergés le plus souvent dans les eaux stagnantes. Les Ephémères y sont principalement représentées par des espèces des genres Centroptilum et Thraulius. La présence des larves d'Elmidae est aussi très caractéristique des peuplements des bois morts.

- Espèces des fonds sableux en eau peu courante (by)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CC 2, CC 4, CTT 1

Paragomphidae : O 2

Neoperlidae : N 1

Les formes jeunes de Neoperla sp. (N 1) et tous les stades de Paragomphus hageni (O 2) sont fréquents dans les eaux au courant lent ou modéré (HYNES, 1976).

- Espèces des fonds rocheux en eau peu courante (ay)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CO 2, CO 3, CTT 1, CC22,
CC 3, CC 15

Hydropsychidae : T 5

Philopotamidae : T 16

Nous retrouvons dans ce biotope certaines espèces des eaux stagnantes (comme CO 3) et des espèces des eaux courantes (CC 2, CTT 1). Quant à T 5 et T 16, il s'agit, selon toute vraisemblance, de deux Trichoptères d'eau courante.

- Espèces des fonds rocheux en eau courante (az)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CC 5, CTT 4

Simuliidae : S 3

Ephéméroptères : E 21, E 162

Hydropsychidae : T 10

Philopotamidae : T 16

La présence de S. damnosum (S 3) est ici très significative des biotopes d'eau courante. Il en est de même pour les deux espèces de Trichoptères rhéophiles : Cheumatopsyche sp. (T 10) et Chimarra sp. (T 16).

- Espèces des dalles et des substrats en eau très courante (aw, cw, cz)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CC 5, CO 2, CO 3, CO 6,
CTP 1, CTP 3

Simuliidae : S 1, S 2, S 3

Ephéméroptères : E 154, E 23

Les trois espèces de simulies (S. adersi, S. hargreavesi, S. damnosum) constituent les éléments essentiels de la faune. Les Chironomides y sont représentés par un grand nombre d'espèces, dont trois espèces d'Orthocladinae Cricotopus spp.

- Espèces des substrats naturels en eaux courante (ay)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CO 2, CO 3, CTT 1, CC 2,
CC 3, CC 15
Hydropsychidae : T 5, T 10
Philopotamidae : T 16

La majorité des espèces sont rhéophiles ; en particulier, la présence des Cheumatopsyche T5 et T 10 est caractéristique des substrats (ici des pierres) d'eau courante.

- Espèces des substrats artificiels en eau courante (ay)
Les espèces caractéristiques sont :

Ephéméroptères : E 153, E 158, E 34
Trichoptères : T 4, T 14, T 11, T 12

Si les Chironomidae sont absents de cette liste d'espèces caractéristiques, les Trichoptères constituent, en revanche, l'ordre le mieux représenté. Les trois Ephémères appartiennent tous au genre Centroptilum.

- Espèces des substrats artificiels en eau très courante (az)

Les espèces caractéristiques sont :

Chironomidae : CC 4
Simuliidae : S 1, S 2, S 3
Hydropsychidae : T 10

La présence des trois espèces de Simuliidae fait rapprocher ce biotope de celui des substrats artificiels et naturels en eau très courante (aw et cw). T 10 a été aussi rencontré sur les fonds rocheux en eau courante (az).

III.2.2. Affinités entre espèces caractéristiques

La plupart de ces milieux ont été définis par certaines espèces dites caractéristiques. Cependant, l'identité de ces différents milieux peut être avantageusement précisée en utilisant dorénavant des groupements d'espèces à grandes affinités. Les coefficients de corrélation, consignés dans le tableau X, permettent d'établir de telles affinités (fig. 5).

En premier lieu, il apparaît que la gamme des valeurs des coefficients de corrélation est très étendue (de + 0,96 à - 0,92). Parmi les coefficients les plus voisins de + 1, on peut citer :

T 10 / T 16	+ 0,96
<u>Gyraulus</u> / <u>Byssanodonta</u>	+ 0,93
<u>S. adersi</u> / <u>S. hargreavesi</u>	+ 0,89
T 5 / T 10	+ 0,88
<u>Gyraulus</u> / <u>Biomphalaria</u>	+ 0,86
T 5 / T 16	+ 0,86
<u>Biomphalaria</u> / E 8	+ 0,85

Parmi les coefficients les plus voisins de -1, traduisant les plus faibles affinités entre les espèces, on peut citer :

CO 2 / E 8	- 0,92
E 158 / CO 2	- 0,85
T 5 / CO 1	- 0,83
CO 1 / CO 2	- 0,81

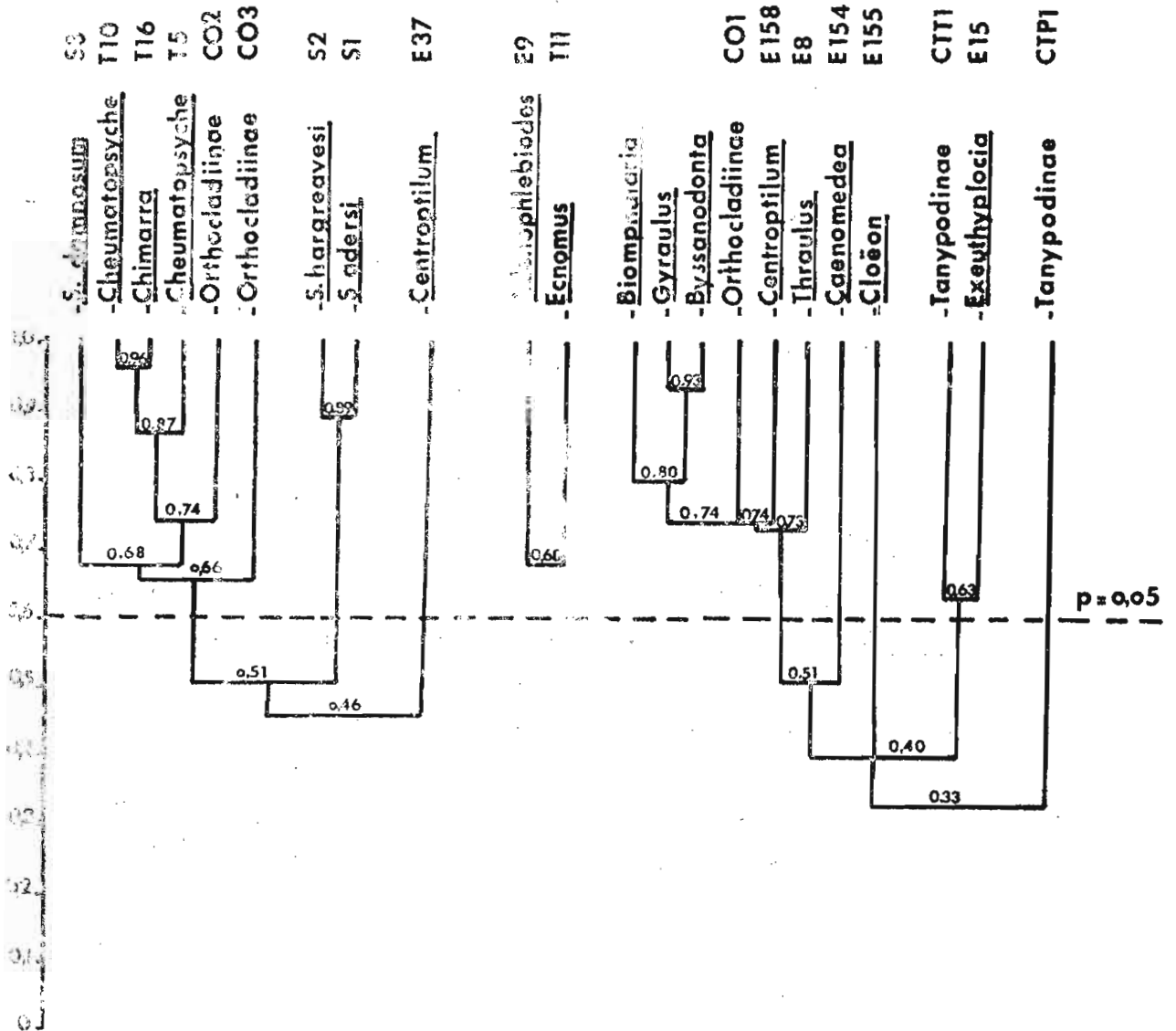
Certaines espèces ont fort peu d'affinité avec les autres espèces ; ce sont par exemple : CO 1, E 15, CTT 1.

- Analyse du dendrogramme de la figure 5

Une première analyse fait immédiatement ressortir deux groupements majeurs d'espèces. Le facteur du milieu le plus discriminant semble devoir être la vitesse du courant plutôt que la nature du substrat.

Le premier groupement d'espèces (Biomphalaria, Gyraulus, Byssanodonta, CO 1, E 158, E 8, E 154, E 155, CTT 1, E 15) correspond aux formes des eaux stagnantes (x). Quant au second groupement (S 3, T 10, T 16, T 5, CO 2, CO 3, S2, S1, E 37), il se rapporte aux peuplements des eaux courantes (y, z, w). La nature du substrat permet, dans une certaine mesure, de retrouver cette même distinction. Ainsi, d'une manière globale, il ressort que le premier groupement correspond essentiellement aux peuplements des substrats sableux tandis que le second est davantage lié aux substrats rocheux.

FIGURE 5 Interprétation de la matrice de corrélation des espèces par la méthode des dendrogrammes.



Une étude précise a permis de déceler les groupements d'espèces à très fortes affinités. De tels groupements constituent, en quelque sorte, les noyaux de la structure de chacun des peuplements des différents biotopes.

- groupement d'espèces n° 1

Les six espèces qui forment ce groupement ont des coefficients de corrélation particulièrement homogènes et élevés :

Biomphalaria

Gyraulius

Byssanodonta

Nanocladus sp. CO 1

Centroptilum E 158

Thraulius E 8

La quasi-totalité de ces espèces se retrouvent dans les peuplements des fonds avec feuilles et matières organiques (cx). Quelques unes sont aussi dans les fonds sableux avec feuilles (bcx).

Ce premier noyau d'espèces constitue, en définitive, la base des peuplements des eaux stagnantes, dont les fonds sont très riches en matières organiques.

- groupement d'espèces n° 2

Les six espèces de ce second groupement sont aussi étroitement corrélées :

S. damnosum

Cheumatopsyche T 10

Cheumatopsyche T 5

Chimarra T 16

Cricotopus quadrifasciatus CO 2

Cricotopus CO 3

Toutes les espèces ci-dessous se retrouvent dans les peuplements des fonds rocheux à eau très courante (az, ay, aw). Ce second noyau d'espèces est essentiellement lié au courant car certaines d'entre elles (en particulier S. damnosum) sont présentes dans les peuplements des dalles sous chutes d'eau.

Ce second noyau, constitue l'élément majeur des peuplements des eaux vives à fond essentiellement rocheux.

- groupement d'espèces n° 3

Trois espèces forment ce groupement. Les coefficients de corrélation ont des valeurs plus faibles que les précédentes :

Tanytarsus CTT 1

Exeuthyploera E 15

Cloëon E 155

Ces espèces constituent le noyau des peuplements des fonds sableux (bx, cx). La présence de E 155 a été aussi notée dans les peuplements des fonds sableux avec feuilles.

- groupement d'espèces n° 4

Si S. adersi et S. hargreavesi sont étroitement corrélés; leur liaison est en revanche assez faible avec S. damnosum. Les deux premières espèces sont aussi liées aux espèces du groupement n° 2.

Leur présence dans un peuplement signifie que celui-ci est principalement composé d'espèces préférentiellement rhéophiles (w, z).

III.3. Conclusion

Il ressort de cette étude que la plupart des espèces ont une aire de distribution limitée à certains biotopes. Les espèces ubiquistes, comme E 154, n'apportent évidemment aucune information quant à la caractérisation des différents biotopes composant le bief étudié.

Des groupements d'espèces ont été définis. Ils se répartissent graduellement entre deux extrêmes : le noyau d'espèces spécifique des eaux stagnantes à fond sableux avec débris végétaux (groupement d'espèces n° 1) et le noyau d'espèces spécifique des eaux courantes (noyau d'espèces n° 2). Les autres groupements d'espèces mis en évidence, correspondent à des états intermédiaires ou à certaines particularités des biotopes qu'elles représentent (par exemple le noyau n° 4 correspond au biotope des dalles rocheuses).

IV - ETUDE DES PEUPEMENTS

IV.1. Affinité entre les peuplements-types

Les histogrammes de la figure 3, qui représentent l'importance relative des principales familles d'Insectes pour chacun des peuplements-types, ont été élaborés à partir des données consignées dans les tableaux I, II, V, VI et VII (Annexe).

L'analyse globale des coefficients de corrélation entre les peuplements-types, dont les différentes valeurs sont rapportées dans le tableau IX, a été essentiellement menée à partir du dendrogramme de la figure 4. Il fait ressortir deux regroupements de peuplements-types* :

- regroupement n° 1 : Bbx, Bby, Bbcx, Bcx, Sax
- regroupement n° 2 : Say, SAaz, Saw, SAay, Sag

Le premier regroupement correspond aux peuplements des eaux stagnantes. On y retrouve tous les prélèvements réalisés à la benne d'Ekman - y compris Bby dans un faible courant - mais aussi un prélèvement d'eau stagnante effectué au filet de Surber.

L'affinité très élevée existant entre Bbx et Bby pourrait indiquer qu'il s'agit en fait d'une même structure globale de peuplement, de telle sorte que la présence d'un très faible courant (y) n'est pas suffisante pour justifier une nette séparation entre ces deux peuplements-types. L'analyse du dendrogramme fait bien ressortir le caractère hétérogène du peuplement Bbcx dont les affinités pour Bcx et Bbx sont très élevées. Il s'agit en définitive, d'un peuplement intermédiaire entre ces deux extrêmes.

Les prélèvements effectués à l'aide de la benne d'Ekman sont étroitement corrélés (la valeur moyenne du coefficient de corrélation est de 0,61). A cet ensemble, vient se greffer le peuplement Sax ; le coefficient de corrélation moyen est cependant juste au-dessus du seuil de signification ($r = 0,37$).

* Les substrats naturels, non quantitatifs, n'ont pas été considérés dans ces calculs.

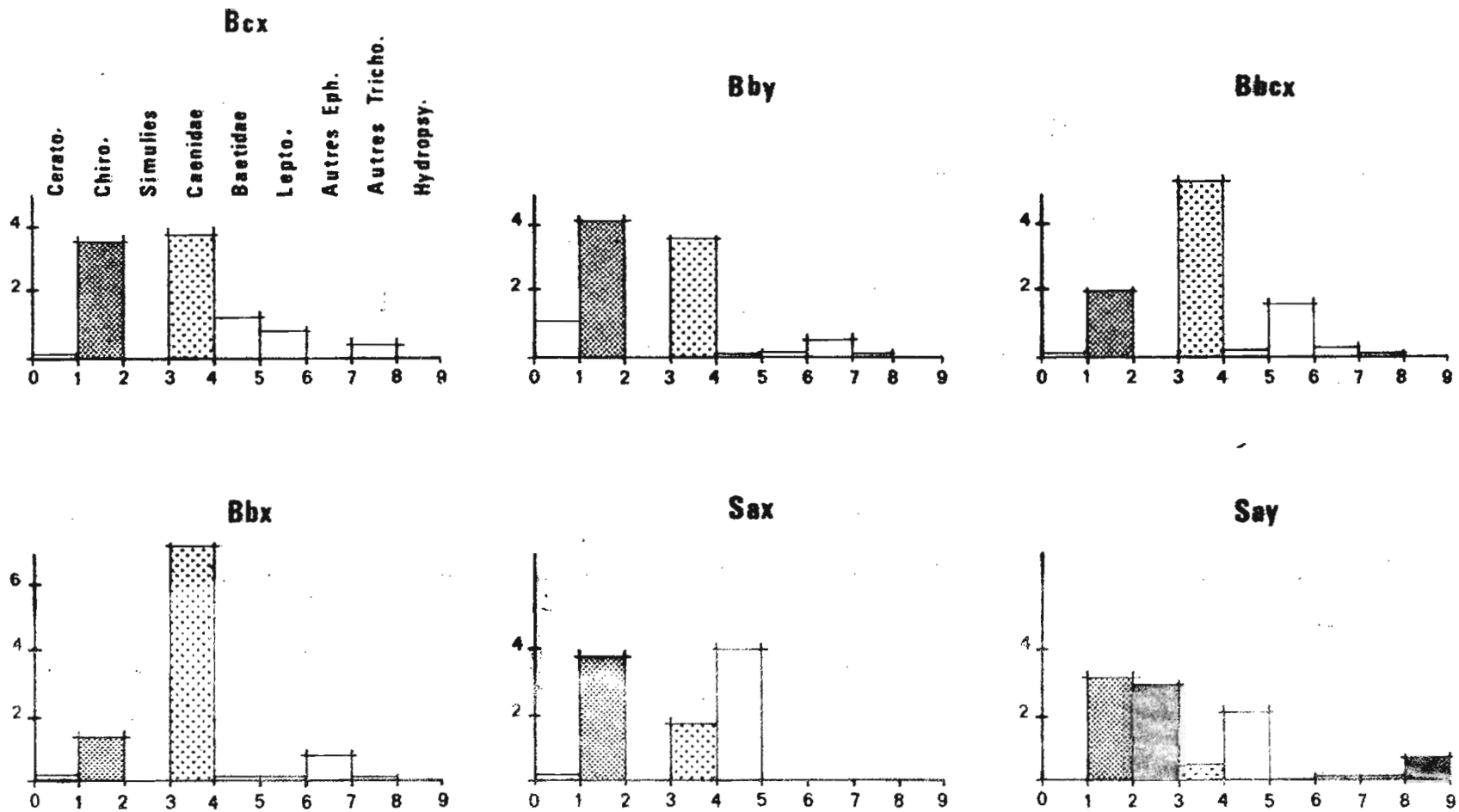
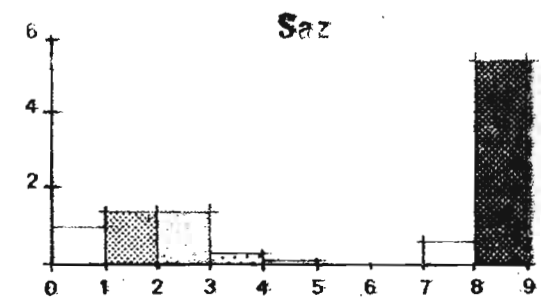
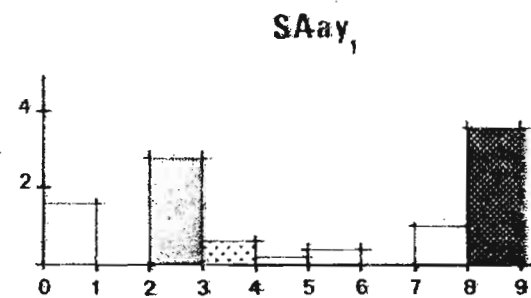
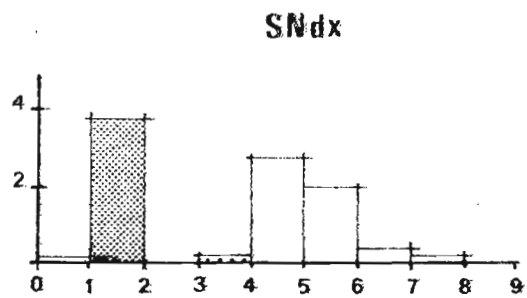
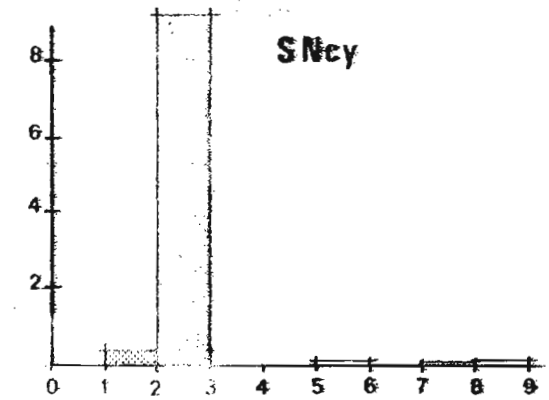
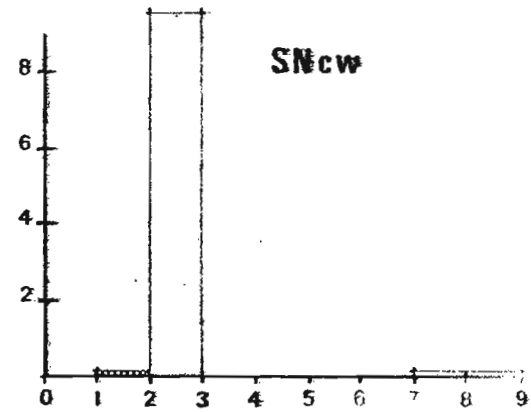
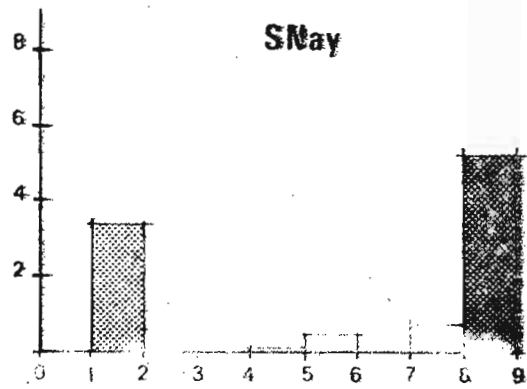
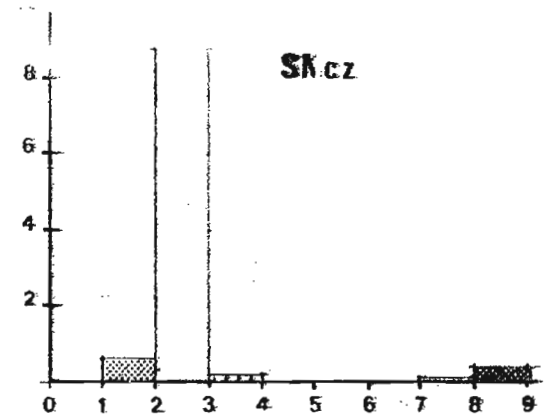
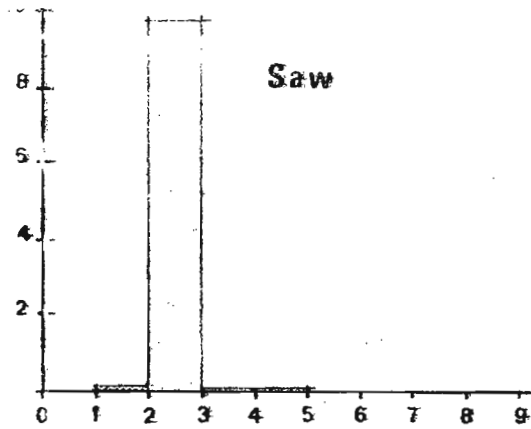
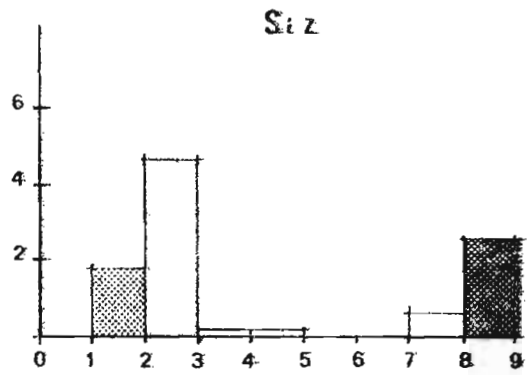


FIGURE 3 Importance relative des principales familles d'Insectes dans chacun des peuplements-types. En ordonnée, échelle de 0 à 10 (10 %).



Le second regroupement réunit les peuplements-types des eaux courantes. On y retrouve les prélèvements effectués à l'aide du filet de Surber et ceux qui proviennent des substrats artificiels. Il n'y a pas d'assemblage en fonction des méthodes d'échantillonnage utilisées. L'algorithme qui a été utilisé pour la réalisation de ce dendrogramme ne permet pas d'affiner l'analyse d'une façon plus précise et satisfaisante.

IV.2. Les peuplements des eaux stagnantes

Quatre peuplements caractéristiques ont été reconnus :

- peuplement des fonds sableux
- peuplement des fonds à débris organiques
- peuplement des fonds rocheux
- peuplement des bois immergés

Il existe évidemment des peuplements intermédiaires (comme Bbcx) qui ne sont pas, pour cette raison, considérés comme caractéristiques; ils sont néanmoins analysés avec le peuplement caractéristique le plus approchant.

IV.2.1. peuplement des fonds sableux

Une analyse mathématique succincte de la courbe bx de la figure 6 a démontré qu'il était possible de l'identifier à une courbe intégrale log-normale. Il s'agit d'une distribution gaussienne tronquée de deux espèces, non récoltées dans nos prélèvements. La richesse théorique s'élèverait donc à $21 + 2 = 23$ espèces.

Les valeurs peu élevées de l'indice de diversité et de l'équitabilité (tabl. VIII et fig. 7) indiquent que le peuplement est dominé par un nombre réduit d'espèces, ce qui a pour conséquence de créer une structure de peuplement à la limite du déséquilibre ($E = 40\%$). En effet, une espèce (Caenidae E 154, genre Caenomedea) constitue 73 % des captures. Parmi les autres Ephéméroptères, la présence (8 % du total) de l'espèce E 15 (Exeuthyplocia sp.) est caractéristique des biotopes à fond sableux. Les Diptères rassemblent 16 % de l'ensemble, avec notamment deux espèces de Chironomidae : CC 1 et CTT 1. On retrouve certaines de ces espèces dans le noyau d'espèces n° 3, tel qu'il a été défini dans le chapitre III.

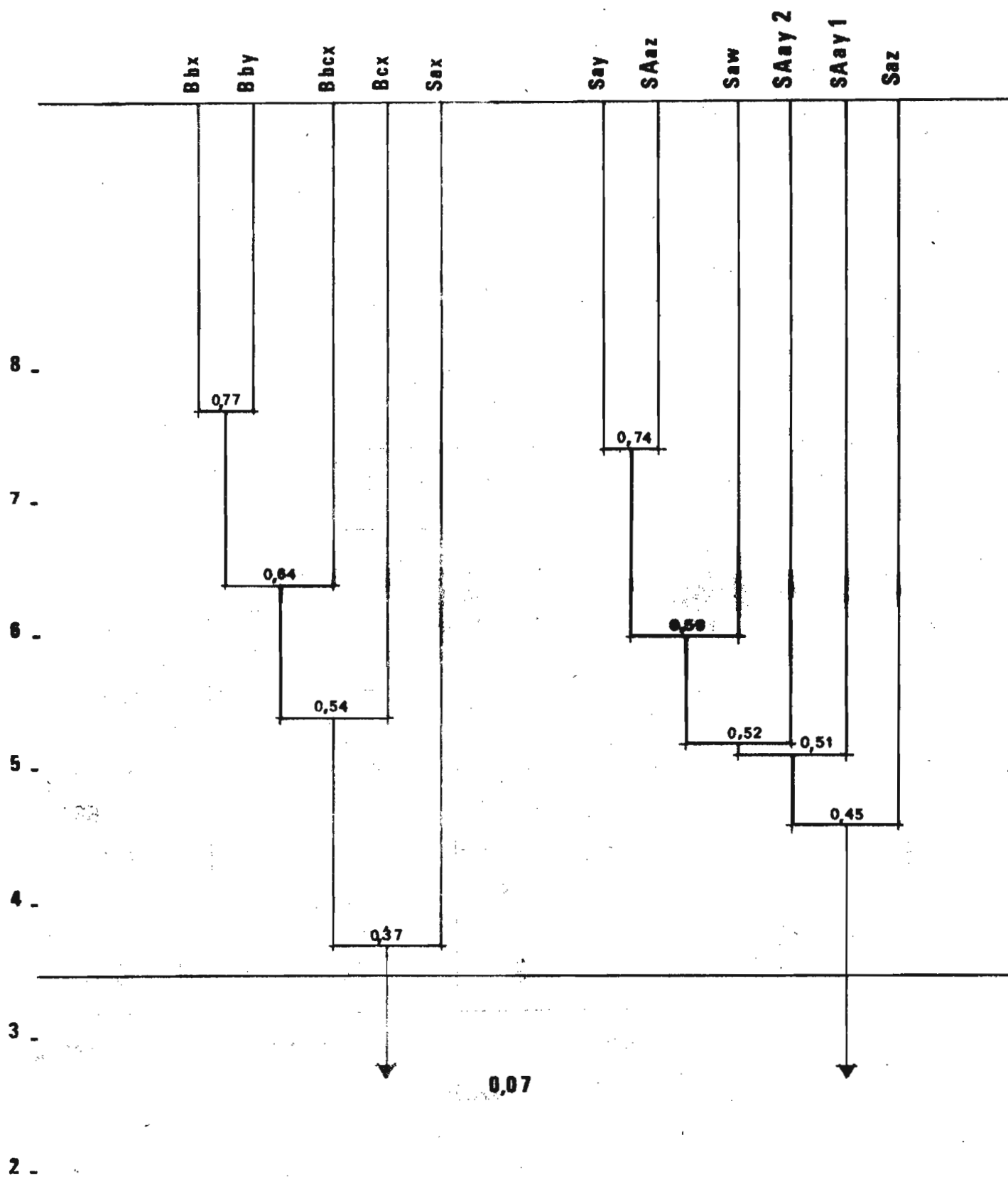


FIGURE 4 Interprétation de la matrice de corrélations des peuplements-types par la méthode des dendrogrammes.

SURBER	Say	34									
	Saz	6	58								
	Saw	20	68	52							
BENNES	Bbx	36	4	-11	13						
	Bbcx	41	-2	-10	7	66					
	Bcx	26	-9	-16	6	43	65				
	Bby	44	6	-13	11	77	62	54			
SUBSTRATS	SAaz	26	74	62	51	15	-1	7	18		
	SAay₁	34	50	27	28	13	13	16	22	68	
	SAay₂	15	55	30	36	-6	-3	-4	0	64	60
	Sax	Say	Saz	Saw	Bbx	Bbcx	Bcx	Bby	SAaz	SAay₁	
	SURBER				BENNES				SUBSTRATS		

TABLEAU IX - Matrice générale des coefficients de corrélation (en %) entre les peuplements-types. Valeurs seuils :

$$r = 0,35$$

$$P = 0,01$$

$$r = 0,27$$

$$P = 0,05$$

Hormis E 154, qui est ubiquiste, la plupart des espèces abondantes, E 15, CTT 1, CTP 1, etc, sont inféodées au sable, dans lequel elles s'enfoncent facilement.

- Effets d'un très faible courant

Dès que l'eau n'est plus stagnante mais quand le courant reste faible, les Diptères deviennent l'ordre prépondérant (53 % de l'entomocénose) avec comme espèces dominantes CTT 1 et CTP 1 mais aussi, et cela constitue une particularité, les Ceratopogonidae. Les Ephémères diminuent en abondance ; on retrouve cependant les deux espèces caractéristiques des fonds sableux E 15 et dans une moindre mesure E 8.

En fait, ces fluctuations quantitatives restent toutefois secondaires, même si cela contribue à une augmentation sensible de la diversité ($I = 2,96$) et de l'équitabilité ($E = 0,71$). Le peuplement est donc équilibré et diversifié car il n'y a pas d'espèces très dominantes.

Outre ces effets, l'action d'un courant même faible transforme la valeur de certains facteurs du milieu dont les fluctuations sont perceptibles pour quelques espèces. Ainsi, le léger lessivage du fond sableux, permet-il aux larves fouisseuses des Gomphidae et aux jeunes stades de Neoperla sp. de s'y installer (HYNES, 1976). Enfin, la meilleure oxygénation des eaux convient aux Oligochètes et surtout aux Ceratopogonidae.

IV.2.2. Peuplement des fonds à débris organiques (feuilles mortes)

Un élément essentiel de la structure du peuplement d'invertébrés est la forte proportion de Mollusques :

- 23 % de Mollusques
- 77 % d'Insectes

Ce grand nombre de Mollusques est d'autant plus important qu'ils représentent une biomasse supérieure à celle des Insectes. Deux espèces, Biomphalaria sp. et Gyraulus sp. forment des populations à fortes densités (respectivement : 1148 ind./m^2 et 489 ind./m^2). Ces milieux stagnants à forte teneur en matière organique constituent en effet un biotope idéal pour de tels organismes détritivores.

L'entomocénose est diversifiée ($I = 3,16 \text{ bits}$) et équilibrée ($E = 68 \%$). Le groupement d'espèce n° 1 forme le noyau de la structure de ce peuplement. Les Ephémères dominent dans l'entomocénose (6 % des captures), avec notamment deux espèces : à nouveau

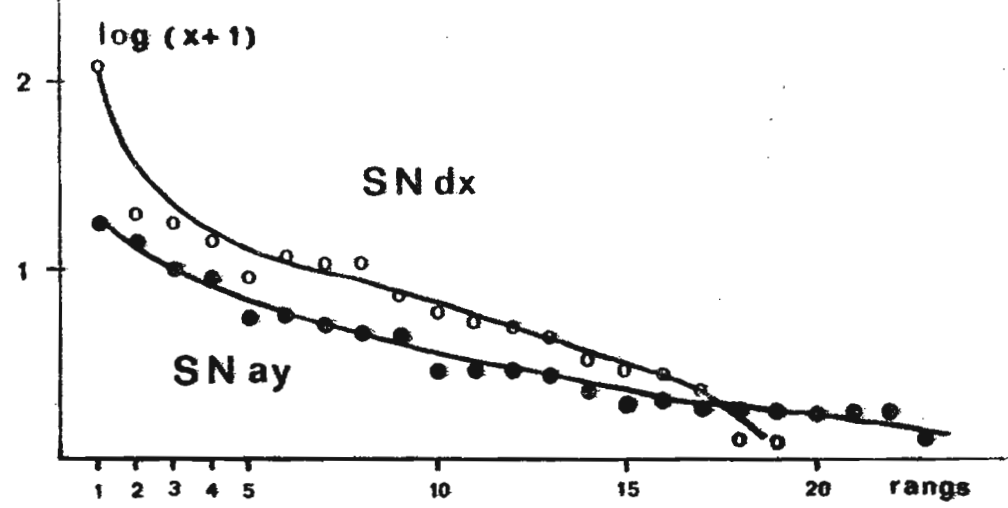
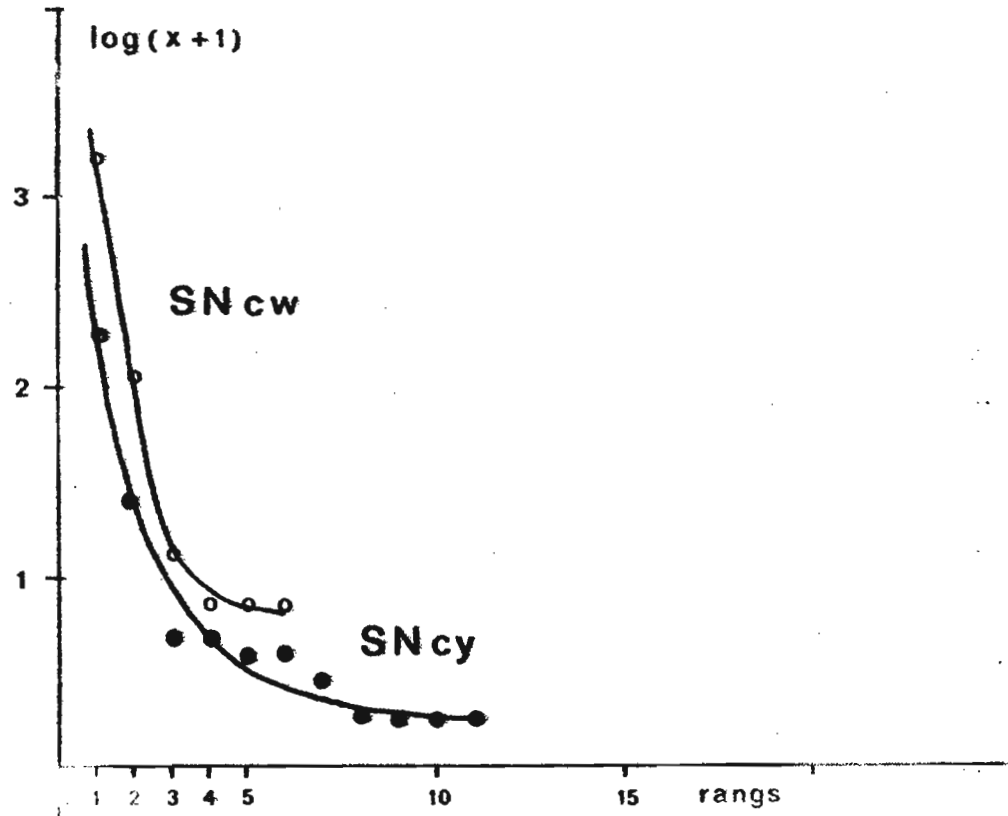
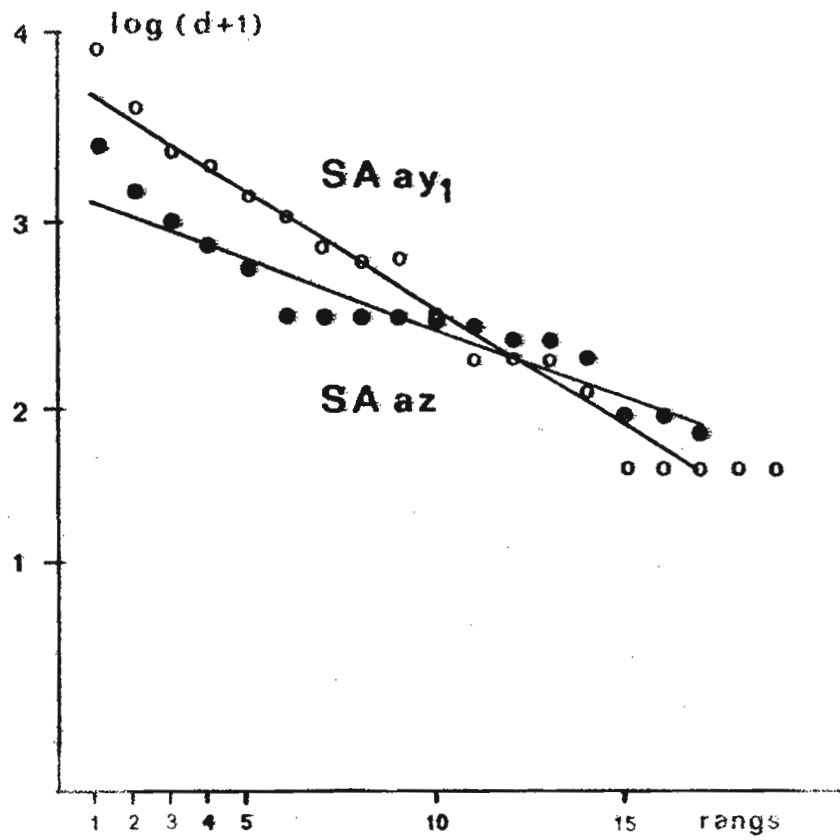
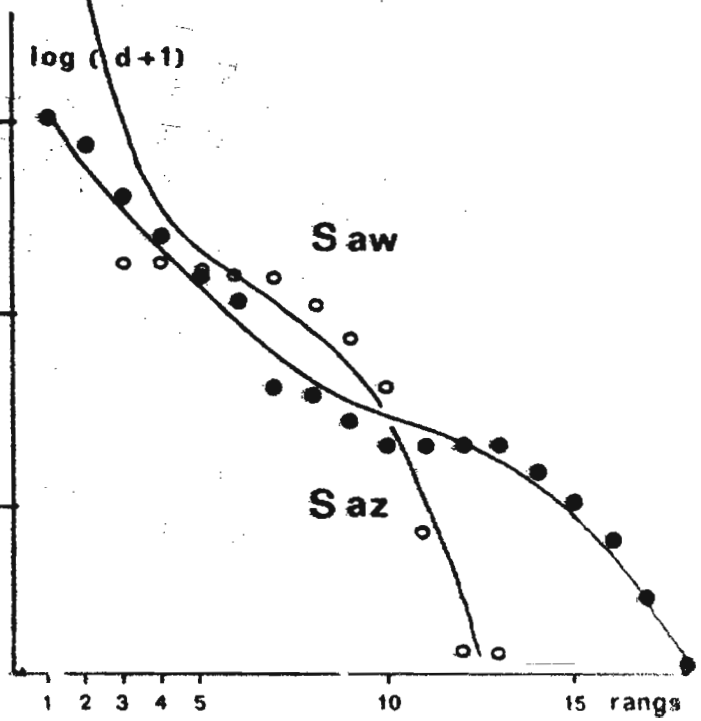
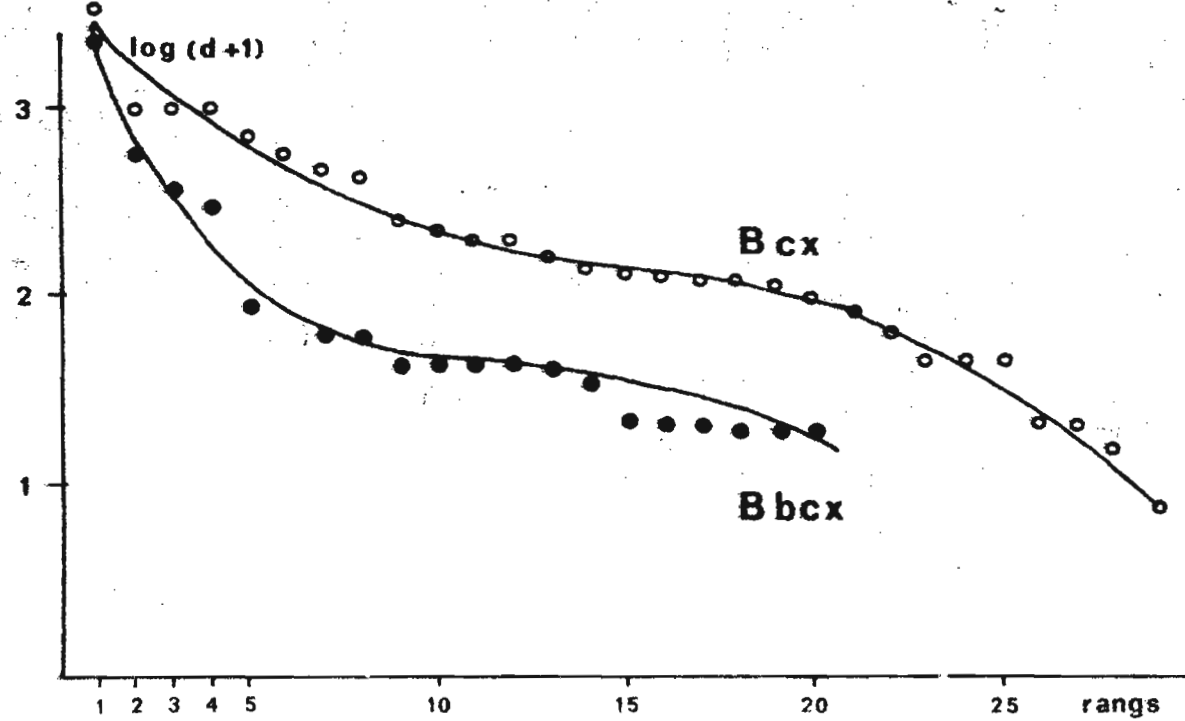
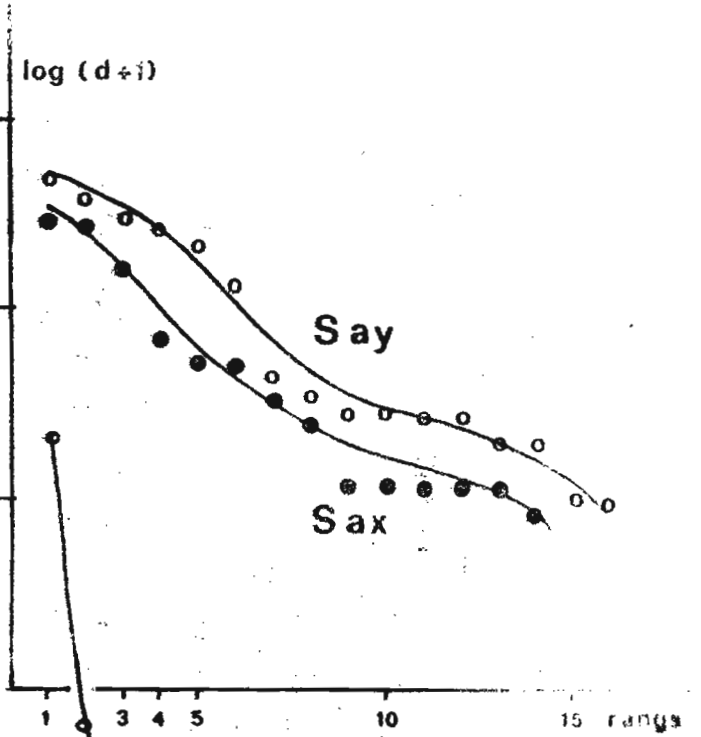
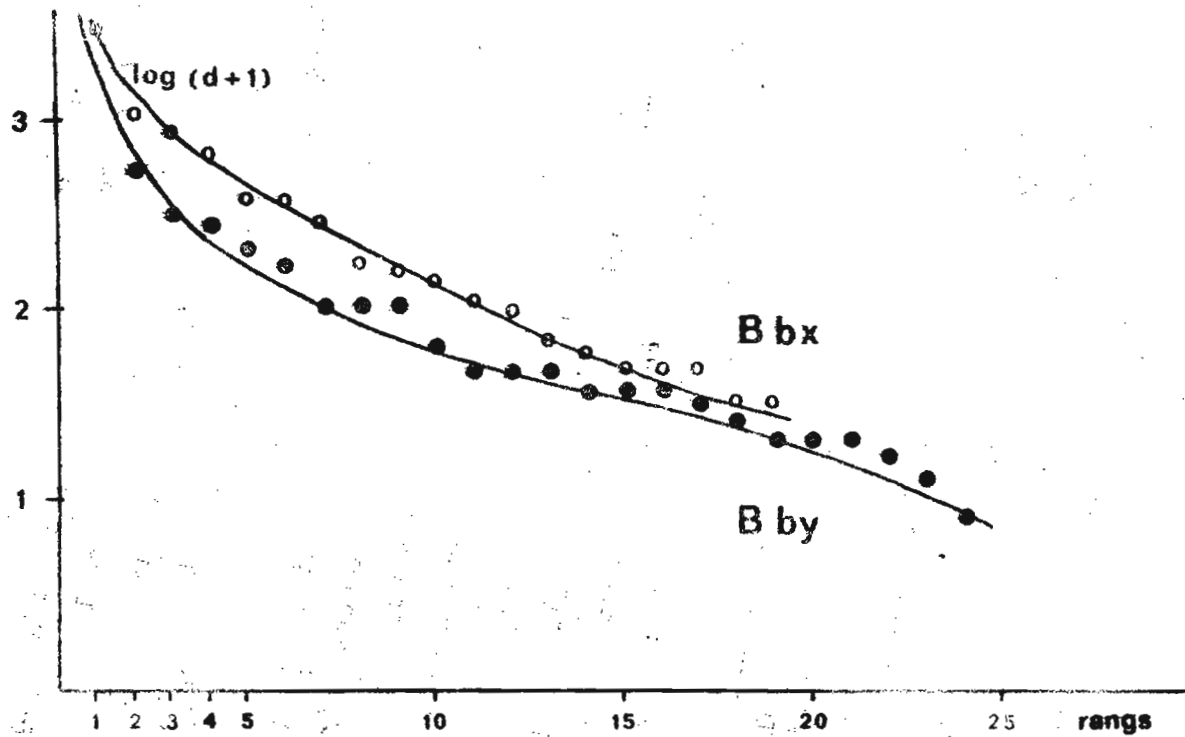


FIGURE 6 Distribution des valeurs transformées des effectifs (x) ou des densités (d), en fonction de leur rang. La transformation $\log(a+1)$ a été utilisée.



E 154 (37,5 %), commune surtout dans les eaux stagnantes, et E 158 (12,4 %). La présence des Leptophlebiidae (Thraulius E 8, Adenophlebioides E 9) souligne encore la place prépondérante tenue par les espèces ~~détritivores~~. La densité totale des Insectes est assez élevée (9.436 ind./m²) du fait de l'abondance d'éléments nutritifs.

- Un peuplement intermédiaire : bcx

La structure de ce peuplement d'Invertébrés est intermédiaire entre celles des peuplements des fonds sableux et des peuplements des fonds à débris organiques.

En effet, les Mollusques n'y sont pas rares, en particulier Biomphalaria sp. (tableau III). Les indices biologiques qui définissent l'entomocénose occupent une position médiane entre ceux des deux peuplements extrêmes :

	sable bx	sable + feuilles bcx	feuilles cx
Diversité	1,75	2,42	3,16
Equitabilité	0,40	0,59	0,68

En revanche, la densité globale se rapproche de celle de bx.

Comme précédemment, les Ephémères y sont très bien représentées avec toujours la prédominance de E 154 et Thraulius E 8. Les espèces de Diptères sont, pour la plupart, celles des fonds sableux.

Il y a donc une solution de continuité entre les sables purs et les sables envahis plus ou moins totalement par les feuilles mortes. L'envahissement progressif du sable par des éléments organiques se traduit, au niveau de la faune d'Invertébrés par un phénomène concomitant, qui est l'accroissement du nombre relatif d'espèces ~~détritivores~~.

IV.2.3. Peuplement des fonds rocheux

Il s'agit d'un peuplement à faible densité (2 215 ind./m²) mais équilibré (E = 74 %) et bien diversifié (I = 2,95 bits). L'entomocénose est dominée par deux ordres, Diptères et Ephémères, parmi lesquels trois espèces sont très abondantes : E 154, E 155 et CTT 1. On retrouve les mêmes espèces dominantes et caractéristiques que dans les autres peuplements des eaux stagnantes. Ainsi, la présence d'un fond rocheux n'est pas un élément du milieu aussi déterminant que l'absence de courant.

IV.2.4. Peuplement des bois immergés

De nombreuses espèces d'Insectes vivent, sur ou dans les bois morts immergés. L'analyse indique que ce sont des peuplements diversifiés et assez équilibrés (I = 2,97 bits ; E = 64 %). Les Ephémères et les Diptères regroupent l'essentiel de la faune. Il est facile d'y retrouver les espèces des eaux calmes : Thraalus E 8, quelques Centroptilum spp., etc. Des espèces assez rares n'ont été trouvées que dans ce biotope particulier : larves d'Elmidae, CC 13 (Polypedilum sp.), Atherix sp., ...

Le bois en décomposition est en lui-même un élément de base pour les éphémères. Il est donc facile d'y retrouver les espèces qui constituent le peuplement des fonds à feuilles. Le bois est aussi un support de choix dans lequel les animaux xylophages peuvent creuser des galeries ou simplement se dissimuler dans les anfractuosités.

Enfin, la relative hétérogénéité des bois morts (degré de pourrissement, présence de profondes anfractuosités, dureté et porosité du cœur et de l'aubier, etc.) crée un grand nombre de milieux particuliers qui engendrent une diversité élevée des peuplements.

IV.3. Les peuplements des eaux courantes

Trois peuplements caractéristiques ont été reconnus :

- peuplement des fonds rocheux, dans un courant de vitesse moyenne

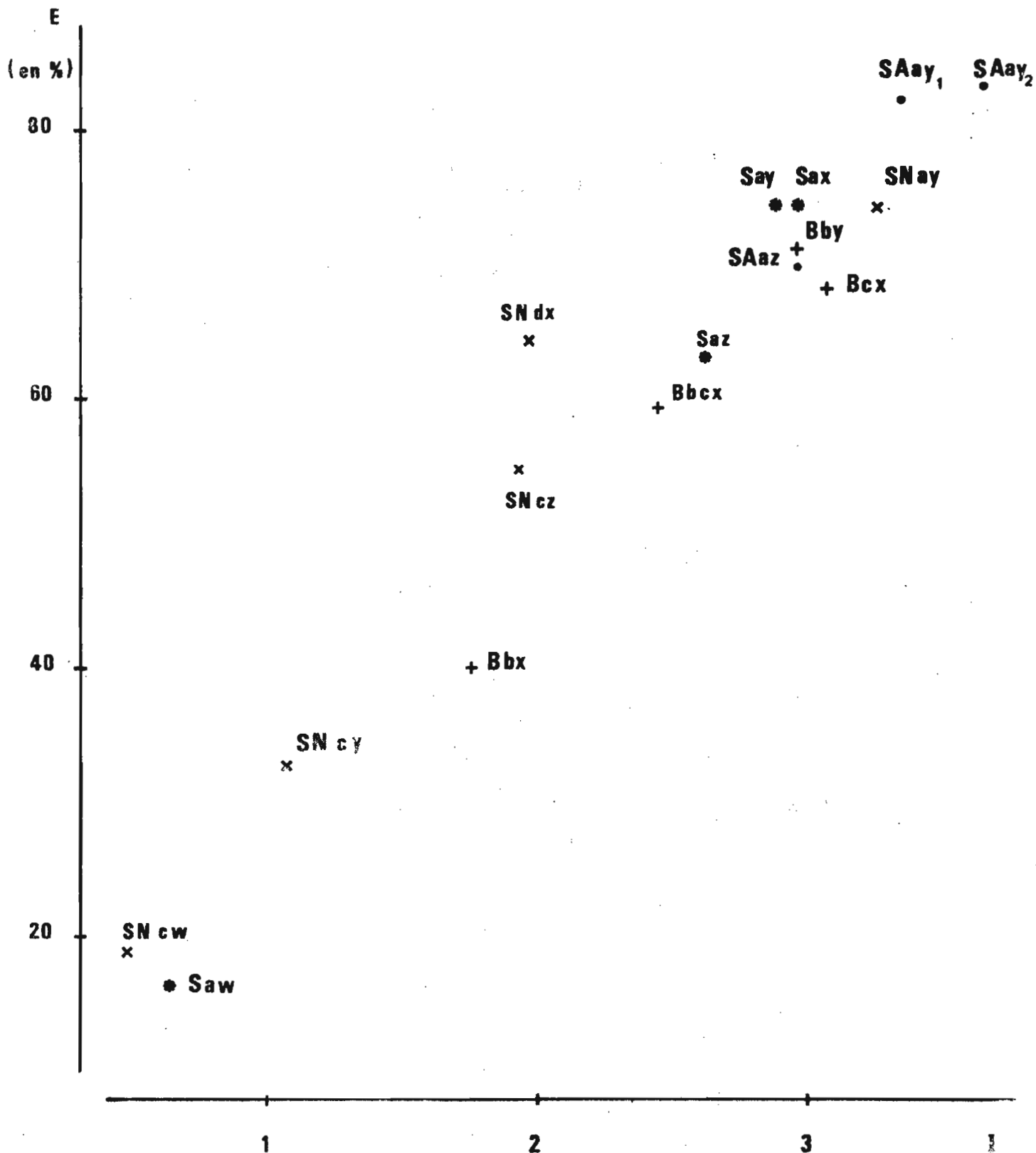


FIGURE 7 Valeurs des indices de diversité (I, en bits) et de l'équitabilité (E, en %), pour chacun des peuplements.

- peuplement des fonds rocheux, dans un courant de vitesse élevée
- peuplement des chutes d'eau

Comme dans le cas des peuplements caractéristiques des eaux stagnantes, il existe là aussi de nombreux peuplements intermédiaires qui ont été analysés et traités avec l'un des trois peuplements caractéristiques.

IV.3.1 peuplement des fonds rocheux, dans un courant de vitesse moyenne

Les peuplements-types SAay 1, SAay 2 et SNay répondent à cette définition. Il s'agit de peuplements diversifiés (I est très supérieur à 3 bits) et équilibrés ($\bar{E} = 80 \%$). Les deux familles qui dominent l'entomocénose sont les Chironomidae et les Hydropsychidae. Parmi les nombreuses espèces de Chironomidae, on peut citer : Ablabesmyia pictipes (CTP 1), Ablabesmyia (melaleuca ?), Cricotopus quadrifasciatus (CO 2) Polypedilum CC 3. Une espèce d'Hydropsychidae est particulièrement abondante : Cheumatopsyche T 5. Deux autres familles de Trichoptères sont aussi bien représentées : les Ecnomidae avec Ecnomus T 11 et les Philopotamidae avec Chimarra sp. Il faut remarquer que la plupart de ces espèces appartiennent au groupement d'espèces n° 2 (chapitre III).

Ainsi, les pierres et les rochers immergés dans un courant de vitesse moyenne favorisent essentiellement les populations de Cheumatopsyche et de certaines espèces de Chironomides. En effet, c'est le biotope idéal des Hydropsychidae qui fabriquent leurs filets servant à retenir les éléments nutritifs transportés par le courant. Celui-ci maintient aussi une bonne oxygénation des eaux, facteur indispensable à la survie de ces espèces. Les espèces de Chironomides peuvent parfaitement résister à ce faible courant, qui leur apporte des algues planctoniques et des éléments organiques consommables et qui leur permet de brouter le substrat rocheux sans risquer un éventuel décrochement. En revanche, le courant est encore trop faible pour permettre l'implantation en nombre de Simulies mais il est déjà trop important pour que les Ephémères puissent s'y maintenir : seules, quelques espèces de Leptophlebiidae sont encore présentes.

TABLEAU VIII (A et B) - Richesse (R, en espèces), indices de diversité (I, en bits), équitabilité (E) et densités totales des insectes par mètre carré (d/ m²).

	SURBER				BENNES				SUBSTRATS ARTIFICIELS		
A	a \times	ay	az	aw	b \times	b \times c \times	c \times	by	az	ay ₁	ay ₂
R	16	15	18	13	21	17	25	18	19	17	21
I	2,95	2,89	2,61	0,64	1,75	2,42	3,16	2,96	2,959	3,35	3,63
E	0,74	0,74	0,63	0,17	0,40	0,59	0,68	0,71	0,70	0,82	0,83
d/m ²	2215	1177	28131	556286	6895	4171	9436	7857	22095	9189	3576

	SUBSTRATS NATURELS				
B	ay	cz	d \times	cw	cy
R	21	11	25	6	11
I	3,25	1,92	2,97	0,48	1,15
E	0,74	0,55	0,64	0,19	0,33

- Effets d'un courant de vitesse plus rapide

Il semble qu'une légère augmentation de la vitesse du courant ait une sensible influence sur la structure des peuplements (Say et SAaz). L'indice de diversité et l'équitabilité ont des valeurs inférieures aux précédentes ($I = 3$ bits ; $E = 72$ %). Mais la caractéristique fondamentale est, sans aucun doute, l'apparition de colonies simuliennes. Dans le même temps, l'abondance des Chironomides et des Ephémères diminuent. Quant aux Hydropsychidae, ils se maintiennent jusqu'à des valeurs de vitesse élevées.

IV.3.2. Peuplement des fonds rocheux, dans un courant de vitesse rapide

Cette catégorie concerne le prélèvement -type Saz. Il s'agit d'un peuplement ayant une structure diversifiée ($I = 2,6$ bits) et moyennement équilibré ($E = 63$ %). On peut remarquer que plus la vitesse du courant croît et plus le peuplement est en déséquilibre. En revanche, la densité semble augmenter avec ce facteur du milieu. Cette évolution de ces indices est due à la prépondérance croissante des Simulies dans l'entomocénose.

S. adersi et S. damnosum constituent de très importantes populations (47 % de la faune). En ce qui concerne les Hydropsychidae, le Cheumatopsyche T 5 est remplacé par une autre espèce du même genre : T 10. Deux espèces nouvelles apparaissent chez les Chironomus : Stictochironomus sp. (CC 5) et Cladotanytarsus sp. (CTT 4).

L'accroissement de la vitesse du courant favorise grandement l'installation des espèces qui captent leur nourriture par filtration. Si la majorité des Trichoptères atteint la limite de résistance au courant, les Simulies trouvent dans ce biotope de bonnes conditions de développement. Leurs dispositifs de fixation leur permettent de supporter un tel courant. Les Chironomides, peuvent s'insinuer et s'accrocher sur ces pierres ; il se peut que Cladotanytarsus sp., comme certaines espèces de cette tribu, soit prédateur d'algues ou de micro-organismes.

IV.3.3. Peuplement des substrats sous chutes d'eau

Cette catégorie réunit d'une part le peuplement des dalles rocheuses et d'autre part les peuplements sur linges ou feuilles immergées, soit sous la chute d'eau, soit à sa sortie.

La remarque précédente, qui concernait la décroissance progressive de la diversité, de l'équitabilité et l'augmentation rapide de la densité totale en fonction de la vitesse du courant, semble être parfaitement justifiée dans le cas présent. L'indice de diversité et l'équitabilité ont des valeurs très basses: $\bar{I} = 1,05$ bits ; $\bar{E} = 30 \%$. Encore faut-il remarquer qu'il s'agit de valeur moyenne, les valeurs de ces indices étant extrêmement faible dans les courants les plus forts (w) ; $\bar{I} = 0,56$ bits ; $\bar{E} = 18 \%$.

En fait, les peuplements ont une structure très particulière et correspondent à la faune des gîtes à Simulies. Cette dernière famille regroupe, en moyenne plus de 94 % de la faune ; certains peuplements en comptent plus de 98 % et peuvent être qualifiés de peuplement quasi-monospécifique. L'espèce la mieux représentée est S. hargraavesi ; on trouve aussi quelques S. damnosum. Les densités de ces populations atteignent des valeurs extrêmes : plus de 500 000 ind./l. Ces hyperdensités sont la conséquence d'un regroupement d'individus sur une surface très réduite (quelques centaines de cm^2), qui correspond très exactement à l'endroit des très forts courants.

Parmi les autres espèces d'insectes, on peut noter la présence qualitative de quelques Hydroptilidae Orthotrichia sp. qui sont peut-être des prédateurs des larves mais surtout des nymphes de Simulies.

V - DISCUSSION ET CONCLUSION

La répartition agrégative des populations d'invertébrés est un fait biologique, concomitant mais distinct des effets de la microdistribution des peuplements dans les différents milieux composant le bief étudié.

D'une manière synoptique, la faune des cours d'eau peut être scindée en trois groupements.* Le premier comprend la faune

* La présente étude ne tient pas compte des Crustacés.

des eaux libres, qui s'apparente à la faune de dérive, dont les principaux constituants sont les Chaoborus spp. et les Hydracariens. Ces espèces, quasiment planctoniques (HYNES, 1972), récoltées en abondance mais par intermittance, se rapportent à l'ensemble ou à une section importante du cours d'eau et, de ce fait, ne peuvent constituer un élément faunistique propre à ce bief. Le second groupement correspond à la faune de surface (Gerridae : Eurymetra, Limno-Limnogonus ; Veliidae : Angilia ; Gyridae : Dineutus, Aulonogyrus). Ces animaux se répartissent sur les grandes étendues d'eau calme ou peu courante. Comme pour le cas précédent, il est donc illusoire de parler ici de microdistribution, terme qui, en revanche, prend toute sa signification dans le cas du troisième groupement : la faune benthique.

Sept milieux ont été définis en utilisant principalement la vitesse du courant et la nature du substrat. La figure 8 schématise la microdistribution des espèces d'Invertébrés dans les milieux constitutifs du bief ; les espèces les plus caractéristiques y ont été aussi figurées.

La plupart des espèces sont sédentaires et inféodées à des milieux bien déterminés. Leur réunion forme des peuplements dont les structures ont été étudiées dans les chapitres précédents.

L'identité de chacun des peuplements-types est, en définitive, définie et conditionnée par un ensemble de facteurs biotiques, ^{et abiotiques} parmi lesquels trois semblent occuper un place prépondérante : la vitesse du courant, la nature du substrat et la répartition des aliments.

~~PETER~~ (1970) considère que la vitesse du courant est le facteur du milieu qui influe le plus sur la distribution des peuplements d'Invertébrés (en particulier ceux appartenant à la faune benthique). Cependant, ULFSTRAND (1967), ainsi que d'autres auteurs, insistent sur le fait qu'il est douteux que la vitesse du courant puisse constituer un critère valable pour établir une classification des peuplements d'Insectes, car ce facteur physique conditionne en réalité de nombreux effets secondaires : teneur des eaux en oxygène, apports alimentaires par la dérive, composition différentielle des substrats meubles, ...; Il est certain, toutefois, que l'effet de la pression d'eau sur les individus est une

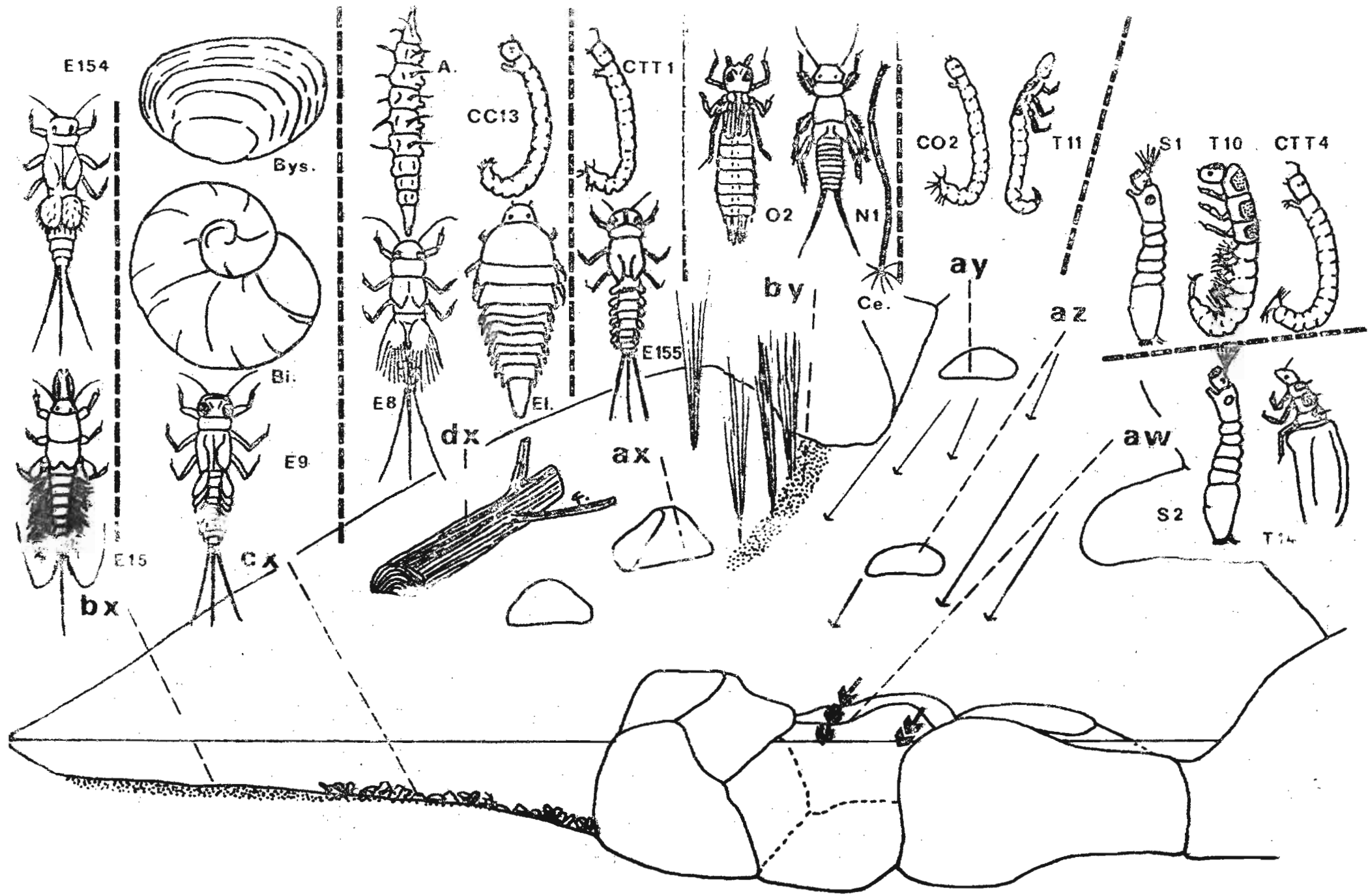


Figure 8.- Schéma de la microdistribution des Invertébrés d'un bief du N'zi.

- bx : peuplement des sables en eau stagnante
 - E 15 : Exeuthyplocia sp.
 - E 154 : Caenomedeaa sp.
- cx : peuplement des débris organiques en eau stagnante
 - E 9 : Adenophlebiodes sp.
 - Bi. : Biomphalaria sp.
 - Bys. : Byssanodonta sp.
- dx : peuplement des bois morts en eau stagnante
 - E 8 : Thraululus sp.
 - El. : Elmidae
 - CC13 : Polypedilum sp.
 - A. : Atherix sp.
- ax : peuplement des rochers en eau stagnante
 - E 155 : Cloëon sp.
 - CTT 1 : Tanytarsus sp.
- by : peuplement des sables en eau légèrement courante
 - O 2 : Paragomphus hageni
 - N 1 : Neoperla sp.
 - Ce : Ceratopogonidae
- ay : peuplement des rochers en eau légèrement courante
 - T 11 : Ecnomus sp.
 - CO 2 : Cricotopus quadrifasciatus
- az : peuplement des rochers en eau courante
 - S 1 : Simulium adersi
 - T 10 : Chaumatopsyche sp.
 - CTT4 : Cladotanytarsus sp.
- aw : peuplement des rochers (et des substrats naturels) sous chutes d'eau
 - S 2 : Simulium hargreavesi
 - T 14 : Orthotrichia sp.

contrainte non négligeable du milieu, notamment dans les chutes d'eau. Les espèces qui y sont établies possèdent de puissants systèmes de fixation sur le substrat ; de plus, la dépose des pontes, l'accrochement des nymphes ainsi que la sortie des jeunes imagos représentent aussi une adaptation réelle à ces milieux lotiques.

La qualité des substrats est un élément de la structure architectonique du cours d'eau, c'est-à-dire de l'agencement des différents éléments composant le paysage aquatique (FORGE, 1976). Le substrat joue donc un rôle évident de support, soit pour les pontes, soit pour les larves et les imagos, soit enfin pour les nymphoses. Il apparaît que la structure et la forme représente un critère primordial de sélection du support, pour l'insecte et pour la destination future de ce support. Ainsi, les larves de *Simulies* pondent-elles préférentiellement sur les longues tiges baignant dans l'eau. En ce qui concerne les formes benthiques des eaux stagnantes, BRUSVEN et PRATHER (1974) soulignent l'importance de la taille des particules formant le substrat. Outre ce rôle de support, essentiel dans l'explication de la microdistribution des espèces, le substrat est souvent synonyme d'aliment pour certains individus détritivores. Cet aspect est particulièrement net lorsque le support est d'origine végétale - bois morts, tiges, feuilles, pour les phytophages et les xylophages, ou animale - cadavres, Invertébrés divers, pour les nécrophages et les parasites.

La capture des aliments et le régime alimentaire conditionne aussi la distribution spatiale des espèces. Si de nombreux Insectes se nourrissent à partir du périphyton (HYNES, 1970), telles de nombreuses Epheméroptères, certains captent leur aliment à partir de détritus allochtones ou du plancton de la dérive. Cela explique, par exemple, la présence des larves de *Simulies* dans les zones à très fort courant, car celui-ci serait indispensable au bon fonctionnement des mécanismes de filtration alimentaire (HYNES, 1970). La spécialisation des prédateurs, si cela ne constitue pas une règle générale, semble cependant se vérifier dans de nombreux cas. Ainsi, il apparaît que ces mêmes *Simulies* sont des proies préférentielles pour certaines espèces d'Insectes (Hydroptilidae *Orthotrichia* sp. ; DISNEY, 1972; *Tricorythus* spp.). Les Hydroptilidae et les Philopotamidae construisent sur les mêmes pierres dans le courant des nasses pour filtrer les éléments de la dérive.

La forme et l'emplacement des nasses ainsi que la taille de leurs mailles (WILLIAMS et HYNES, 1973) varient en fonction des espèces, de sorte que deux espèces ~~vivent ensemble~~ sans vraiment appartenir à la même niche écologique. Les formes benthiques se nourrissent à partir du périphyton et des matières organiques. Celles-ci peuvent se trouver en notable quantité en profondeur, ce qui explique que certaines espèces fouisseuses (constituant l'Eubenthon de MARLIER, in ILLIES et BOTOSANEANU, 1963) comme certains Ceratopogonides, peuvent vivre profondément enfouis dans les sédiments (BISHOP, 1973).

En définitive, il semble que la micro-distribution des Insectes dépendent non pas de quelques facteurs du milieu pris indépendamment les uns des autres, mais au contraire d'un ensemble de facteur dont il convient de souligner l'effet synergique sur la faune.

Malgré l'échantillonnage précis qui a été la base de cette étude, il s'est avéré illusoire d'établir avec une précision suffisante les caractéristiques décrivant les synusies des principaux biotopes. Nous avons cependant défini des ensembles plus vastes, c'est-à-dire des peuplements types et des milieux, en fonction de l'ensemble des deux facteurs du milieu : la vitesse du courant et la nature du substrat.

La confrontation de ces résultats à ceux provenant d'un d'un bief de la Maraoué permettra d'affiner nos nonnaissances sur la micro-distribution des espèces et d'autre part de préciser leurs niches écologiques.

R E M E R C I E M E N T S

Il nous est très agréable d'exprimer ici toute notre reconnaissance à Monsieur et Madame Patrice MOREL, qui ont exécuté avec talent les figures et des tableaux de ce rapport.

Que Messieurs BIHOUM Moussa et KONAN Kouamé trouvent ici l'expression de notre gratitude pour le sérieux avec lequel ils ont effectué le tri de nos échantillons de faune.

B I B L I O G R A P H I E

- ALLEN (K.R.), 1959. - The distribution of stream bottom fauna. Proc. N. Zeal. Ecol. Soc., 6, 5-8.
- AMBUHL (H.), 1959. - Die Bedeutung der Strömung als Ökologischer Faktor. Schweiz. Z. Hydrol., 21, 133-264.
- BISHOP (J.E.), 1973. - Observations on the vertical distribution of the benthos in a Malaysian stream. Freshwater Biol., 3, 147-156.
- BRUSVEN (M.A.) et PRATHER (K.V.), 1974. - Influence of stream sediments on the distribution of macrobenthos. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia, 71, Oct. 1, 25-32.
- CUMMINS (K.W.), 1964. - Factors limiting the microdistribution of the caddis-flies Pycnopsyche lepida (Hagen) and Pycnopsyche guttifer (Walker) in a Michigan stream. Ecol. Monogr., 34, 271-295.
- CUMMINS (K.W.), 1974. - Structure and function of stream ecosystem. Bioscience, 24 (11), 631-641.
- DAGET (J.), 1976. - Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris, 172 pp.
- DEJOUX (C.), 1976. - Synécologie des Chironomides du lac Tchad (Diptères Nématocères). Travaux et documents ORSTOM n° 56, 159 pp.
- DEJOUX (C.) et ELOUARD (J.M.), 1975. - Etude quantitative de l'entomofaune aquatique : méthodologie et normalisation. Rap. ORSTOM Bouaké n° 191.
- DEJOUX (C.), LAUZANNE (L.), LEVEQUE (C.), 1971. - Nature des fonds et répartition des organismes benthiques dans la région de Bol (archipel du lac Tchad). Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., V, n° 3/4, 213-223.

- DISNEY (R.H.L.), 1972. - Larval Hydroptilidae (Trichoptera) that prey upon Simuliidae (Diptera) in Cameroon. Entomol. North. Mag., 108, 84 - 85.
- ELLIOTT (J.M.), 1971. - Some methods for the ~~statistical analysis~~ of samples of benthic invertebrates. Freshwater Biol. Ass., n° 25, 144 pp.
- FORGE (P.), 1976. - Les peuplements d'Insectes des eaux périodiques de la région de Lamto, Côte d'Ivoire. Thèse 3° cycle, Paris VI, 153 pp.
- HYNES (H.B.N.), 1970. - The Ecology of Running Waters. Liverpool Univ. Press, 555 pp.
- HYNES (H.B.N.), 1976. - Biology of Plecoptera. An. review of Entomology, 21, 135-153.
- ILLIES (J.), et 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. internat. Verein. Limnol., 12, 1-57.
- LANCE (G.N.) et WILLIAMS (W.T.), 1967. - A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. Comp. J., 9, 60-64.
- LEVEQUE (C.), 1972. - Mollusques benthiques du lac Tchad : écologie, étude des peuplements et ~~estimation des biomasses~~. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., VI (1), 3-45.
- MACAN (T.L.), 1961. - Factors that limit the range of freshwater animals. Biol. Rev., 36, 151-198.
- MALAISSÉ (P.), 1969. - Les faciès d'un cours d'eau tropical : la Luanza (Haut-Katanga, Rép. dém. Congo) Verh. Internat. Verein Limnol., 17, 936-940.

- MARLIER (G.), 1954. - Recherches hydrobiologiques dans les rivières du Congo Oriental. II. Etude écologique. Hydrobiologia, 6, 225-263.
- PETR (T.), 1970. - The bottom fauna of the Rapids of the Black Volta River in Ghana. Hydrobiologia, 36 (3/4), 399-418.
- RAMARRANKASINA (E.), 1969. - Première contribution à l'étude faunistique de la rivière Andriandrano. Verh. Internat. Verein. Limnol., 17, 991-948.
- SACCHI (C.F.) et TESTARD (P.), 1971. - Ecologie Animale, Doin, Paris, 480 pp.
- STATZNER (B.), 1975. - Zur Longitudinalzonierung eines zentralafrikanischen Fließgewässersystems unter besonderer Berücksichtigung der Köcherfliegen (Trichoptera, Insecta). Arch. Hydrobiol., 76, 153-180.
- ULFSTRAND (S.), 1967. - Microdistribution of benthic species (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: ~~Sphauliidae~~) in Lapland streams. Oikos, 18, 293-310.
- ULFSTRAND (S.), 1975. - Diversity and some other parameters of Ephemeroptera and Plecoptera communities in subarctic running water. Arch. Hydrobiol., 76, 4, 499-520.
- WILLIAMS (N.E.) et HYNES (H.B.N.), 1973. - Microdistribution and feeding of the net-spinning caddisflies (Trichoptera) of a Canadian stream. Oikos, 24, 73-84.

A N N E X E S

Tableaux : I, II, III, IV, V, VI, VII.

Tableau I - Bennes d'Ekman. Effectifs moyens (\bar{N}) et densité par mètre carré (d/m^2).

Bennes		\bar{N}				d / m^2			
TAXONS		bx	bxcx	cx	by	bx	bxcx	cx	by
Ceratopogonidae		2,7	0,5	0,5	18,7	122	22	22	830
Chironomidae									
	CO1	0,9	0,5	17,2	0,3	38	22	763	15
	CO3	0,4	-	1,7	1,0	19	-	74	44
	CO5	-	-	3,0	-	-	-	133	-
	CO1	2,6	-	-	-	144	-	-	-
	CO2	0,3	-	-	0,7	13	-	-	30
	CO3	0,1	2,0	13,3	13,7	6	89	592	608
	CO4	2,4	-	0,3	8,7	108	-	15	385
	CO5	0,9	1,0	3,0	-	38	44	133	-
	CO12	-	-	1,0	1,0	-	-	44	44
	CO13	-	-	4,3	-	-	-	192	-
	CTT1	7,3	9,5	2,8	25,3	324	422	126	1126
	CTT2	1,0	-	-	-	44	-	-	-
	CTP1	4,6	7,0	25,0	20,3	203	311	1111	903
	CTP3	1,0	-	3,2	3,7	44	-	141	163
Gomphidae									
	O2	0,7	-	-	2,0	32	-	-	89
Perlidae									
	N1	-	1,0	0,3	2,3	-	44	15	104
Baetidae									
	E155	0,6	2,0	0,2	1,3	25	89	8	59
	E158	1,0	1,0	26,3	1,0	44	44	1170	44
Leptophlebiidae									
	E7	0,4	1,5	1,3	-	19	67	59	-
	E8	0,4	13,0	5,5	2,7	19	578	244	119
	E9	-	0,5	10,5	-	-	22	467	-
Tricorythidae									
	E4	-	1,0	3,5	-	-	44	156	-
Euthyplociidae									
	E15	12,9	2,0	-	9,0	572	22	-	-
Caenidae									
	E154	113,1	50,5	79,7	64,7	5028	2244	3541	2880
Hydroptilidae									
	T4	-	-	1,0	-	-	-	44	-
	T14	-	-	4,5	0,3	-	-	200	15
Leptoceridae									
	T36	-	-	1,0	-	-	-	44	-
	T12	-	-	2,7	-	-	-	119	-
Ecnomidae									
	T11	1,4	0,5	0,5	-	64	22	22	-
Polycentropodidae									
	TT3	0,4	0,5	-	-	19	22	-	-
TOTAL INSECTES		155,1	94,0	212,3	176,7	6895	4108	9435	7858

Tableau II - Bennes d'Ekman. Fréquences d'abondances (en % du total), Rapports (\bar{N}/\bar{N}') entre les effectifs moyens observés et les effectifs moyens théoriques si la distribution était régulière et espèces caractéristiques (sp. C ; c.f. texte).

BENNES		%				\bar{N}/\bar{N}'				sp. C			
TAXONS		bx	bc x	cx	by	bx	bc x	cx	by	bx	bcx	cx	by
!	Ceratopogonidae	1,8	0,5	0,2	10,6	62	11	11	425	+	-	-	+++
!	Chironomidae	C 01	0,6	0,5	8,1	0,2	14	8	278	5	-	+++	-
!		C 03	0,3	-	0,8	0,6	48	-	189	112	-	++	+
!		C 05	-	-	1,4	-	-	-	283	-	-	+++	-
!		CC 1	1,7	-	-	-	243	-	-	-	+++	-	-
!		CC 2	0,2	-	-	0,4	130	-	-	303	+	-	+++
!		CC 3	0,1	2,1	6,3	7,7	2	29	192	195	-	++	++
!		CC 4	1,8	-	0,2	4,9	97	-	13	347	+	-	+++
!		CC 5	0,6	1,1	1,4	-	60	69	208	-	-	++	-
!		CC 12	-	-	0,5	0,6	-	-	200	200	-	++	++
!		CC 13	-	-	2,0	-	-	-	283	-	-	+++	-
!		CTT 1	4,7	10,1	1,3	14,3	81	105	31	280	+	+	+++
!		CTT 2	0,6	-	-	-	256	-	-	-	+++	-	-
!		CTP 1	2,9	7,5	11,8	11,5	32	49	175	142	-	++	-
!		CTP 3	0,6	-	1,5	2,1	49	-	154	178	-	++	++
!	Gomphidae	02	0,5	-	-	1,1	118	-	-	328	+	-	+++
!	Perlidae	N 1	-	1,1	0,2	1,3	-	164	55	383	-	++	+++
!	Baetidae	E 155	0,4	2,1	0,1	0,8	79	278	23	185	+	+++	++
!		E 158	0,6	1,1	12,4	0,6	11	11	278	11	-	+++	-
!	Leptophlebiidae	E 7	0,3	1,6	0,6	-	55	192	170	-	+	++	++
!		E 8	0,3	13,8	2,6	1,5	11	333	141	69	-	+++	+
!		E 9	-	0,5	4,9	-	-	14	294	-	-	+++	-
!	Tricorythidae	E 4	-	1,1	1,7	-	-	78	294	-	-	+	+++
!	Euthyplociidae	E 15	8,3	2,1	-	5,1	192	30	-	134	++	-	+
!	Caenidae	E 154	72,9	53,7	37,5	36,6	130	58	92	74	+	+	+
!	Hydroptilidae	T 4	-	-	0,5	-	-	-	303	-	-	+++	-
!		T 14	-	-	2,2	0,2	-	-	286	21	-	+++	-
!	Leptoceridae	T 36	-	-	0,5	-	-	-	303	-	-	+++	-
!		T 12	-	-	1,3	-	-	-	303	-	-	+++	-
!	Ecnomidae	T 11	0,9	0,5	0,2	-	182	64	64	-	++	+	-
!	Polycentropodidae	T 13	0,3	0,5	-	-	196	227	-	-	++	++	-

Tableau III - Ensemble des prélèvements. Effectifs moyens (\bar{N}), densités par mètre carré (d/m^2), rapports (\bar{N}/N') entre les effectifs moyens observés et les effectifs moyens théoriques si la distribution était régulière et espèces caractéristiques (sp. c ; c.f. texte).

	\bar{N}				d/m^2				\bar{N}/N'				Sp. C			
	bx	bxcx	cx	by	bx	bxcx	cx	by	bx	bxcx	cx	by	bx	bxcx	cx	by
BENNES																
Biomphalaria	-	100	25,8	0,3	-	44	1148	15	-	1139	294	3	-	-	+++	-
Gyraulius	-	-	11,0	0,7	-	-	489	30	-	-	294	18	-	-	+++	-
Byssanodonta	0,1	-	5,2	3,3	6	-	230	148	6	-	222	143	-	-	++	+
Cleopatra	0,3	-	3,3	-	13	-	148	-	23	-	270	-	-	-	+++	-
Oligochètes	3,7	1,5	-	6,7	165	67	-	296	137	55	-	12	+	+	-	-
Hydracariens	6,3	1,0	2,2	1,7	280	44	96	74	172	27	59	45	++	-	+	-
Nématodes	0,9	-	-	-	38	-	-	-	263	-	-	-	+++	-	-	-
SURBER																
Hydres	0,4	-	-	18,7	18	-	-	830	11	-	-	515	-	-	-	+++
Oligochètes	0,4	-	-	-	18	-	-	-	322	-	-	-	-	+++	-	-
Hydracariens	1,8	0,3	0,3	-	80	11	11	-	261	36	36	-	-	+++	-	-
Biomphalaria	-	-	1,5	-	-	-	67	-	-	-	405	-	-	-	+++	-

Substrats artificiels	az	ay1	ay2	az	ay1	ay2
Hydres	1	3	-	48	143	-
Hydracariens	-	4	1	-	191	48
Supports naturels	ay	dx	cy			
Hydres		0,3	25			
Gyraulius		0,6	-			
Byssanodonta		-	-			
Oligochètes	2,0	2,3	-			
Hydracariens	0,3	1,3	1			

TABLEAU IV - Echantillonneur de Surber. Effectifs moyens (\bar{N}) et densités par mètre carré (d/m^2).

Surber		\bar{N}				d/m^2			
		ax	ay	az	aw	ax	ay	az	aw
Ceratopogonidae		0,8	-	-	-	36	-	-	-
Chironomidae									
C	01	0,6	-	-	-	27	-	-	-
C	02	5,0	6,5	6	25,7	222	289	267	1141
C	03	0,6	0,8	9,3	35,3	27	33	411	1570
C	06	-	-	1,5	33,3	-	-	67	1481
CC	3	6,0	-	-	-	267	-	-	-
CC	5	0,2	-	59	33,7	9	-	2621	1496
CTT	1	6,6	0,8	4,5	0,3	293	33	200	15
CTT	4	-	-	34,5	-	-	-	1533	-
CTP	1	0,4	0,3	-	41,7	18	11	-	1852
CTP	3	0,2	0,3	-	16,7	9	11	-	741
Simuliidae									
S	1	-	6,8	213	1107	-	300	9466	49995
S	2	-	1,3	0,8	153	-	56	33	495 639
S	3	-	0,3	85,3	-	-	11	3789	-
Baetidae									
E	34	0,6	-	-	-	27	-	-	-
E	37	3	6	0,3	-	133	267	11	-
E	23	-	0,3	2,3	9	-	11	100	400
E	21	-	-	4,5	-	-	-	200	-
E	155	14,6	-	-	-	649	-	-	-
E	161	0,4	-	-	-	18	-	-	-
E	?	1,0	-	-	-	44	-	-	-
E	162	0,6	-	-	-	27	-	-	-
Caenidae									
E	154	9,2	1,2	8	42	409	55	356	1867
Heptageniidae									
E	12	-	0,3	-	-	-	11	-	-
Hydroptilidae									
T	14	-	-	4,5	-	-	-	200	-
Hydropsychidae									
T	5	-	1,5	3,3	1,7	-	67	144	74
T	10	-	0,3	165	0,3	-	11	7 333	15
Philopotanidae									
T	16	-	0,2	27	-	-	11	1 200	-
Pyrallidae									
		-	-	4,5	-	-	-	200	-
TOTAL INSECTES		49,8	26,5	63,3	12499,7	2215	1177	28131	556286

TABLEAU V - Echantillonneur de Surber. Fréquences d'abondances (en % du total), rapports (N/N') entre les abondances observées et les abondances théoriques si la distribution était régulière et espèces caractéristiques (sp. C ; c.f. texte).

Surber		%				N/N'				sp. C			
TAXONS		ax	ay	az	aw	ax	ay	az	aw	ax	ay	az	aw
Ceratopogonidae		1,6	-	-	-	355	0	0	0	+++	-	-	-
Chironomidae	C01	1,2	-	-	-	316	0	0	0	+++	-	-	-
	C02	10,0	24,5	1,0	0,2	53	81	63	270	+	+	+	+++
	C03	1,2	2,8	1,5	0,3	6	8	99	379	-	-	+	+++
	C06	-	-	0,2	0,3	0	0	23	503	-	-	-	+++
	CC3	12,0	-	-	-	321	0	0	0	+++	-	-	-
	CC5	0,4	-	9,3	0,3	1	0	279	159	-	-	+++	++
	CTT1	13,3	2,8	0,7	-	192	22	131	10	++	-	+	-
	CTT4	-	-	5,4	-	0	0	400	0	-	-	+++	-
	CTP1	0,8	0,9	-	0,3	5	3	0	521	-	-	-	+++
	CTP3	0,4	0,9	-	0,1	6	8	0	510	-	-	-	+++
Simuliidae	S1	-	25,5	33,6	8,9	0	3	81	422	-	-	+	+++
	S2	-	4,7	0,1	8,2	0	0	0	533	-	-	-	+++
	S3	-	0,9	13,5	-	0	1	399	0	-	-	+++	-
Baetidae	E34	1,2	-	-	-	316	0	0	0	+++	-	-	-
	E37	6,0	22,6	0,1	-	120	240	10	0	+	++	-	-
	E23	-	0,9	0,4	0,1	0	11	97	390	-	-	+	+++
	E21	-	-	0,7	-	0	0	402	0	-	-	+++	-
	E155	29,3	-	-	-	320	0	0	0	+++	-	-	-
	E161	0,8	-	-	-	322	0	0	0	+++	-	-	-
	E ?	2,0	-	-	-	0	417	0	0	-	+++	-	-
	E162	1,2	-	-	-	323	0	0	0	+++	-	-	-
Caenidae	E154	18,5	4,7	1,3	0,3	316	0	0	0	+++	-	-	-
Heptageniidae	E 12	-	0,9	-	-	70	10	61	322	+	-	+	+++
Hydroptilidae	T 14	-	-	0,7	-	0	0	402	0	-	-	+++	-
Hydropsychidae	T5	-	5,7	0,5	-	0	100	217	83	-	+	++	+
	T10	-	0,9	26,2	-	0	1	399	1	-	-	+++	-
Philopotamidae	T16	-	0,9	4,3	-	0	40	396	0	-	-	+++	-
Pyralidae		-	-	0,7	-	0	0	402	0	-	-	+++	-

Tableau VI - Substrats artificiels - Effectifs (N), fréquences d'abondances (en % du total), densités par mètre carré (d/m²), Rapports (N/N') entre les effectifs observés et les effectifs théoriques si la distribution était régulière et espèces caractéristiques (sp. C ; cf. texte).

Substrats Artificiels			N			%			d/m ²			N/N'			Sp. C		
			az	ay1	ay2	az	ay1	ay2	az	ay1	ay2	az	ay1	ay2	az	ay1	ay2
Chironomidae	C	02	50	32	3	10,8	16,8	4	2381	1524	143	176	113	10	++	+	-
		03	31	15	7	6,7	7,4	9,3	1476	714	333	175	85	40	++	+	-
	CTP	1	1	7	8	0,2	3,5	10,7	48	333	381	19	131	150	-	+	+
		3	3	20	7	0,7	9,9	9,3	143	952	333	30	200	70	-	++	+
	CTT	1	4	5	1	0,9	2,5	1,3	191	238	48	120	150	30	+	+	-
		3	21	7	1	4,5	3,5	1,3	1000	333	48	217	72	10	++	+	-
	CC	4	4	-	-	0,9	-	-	191	-	-	301	-	-	+++	-	-
Rhagionidae			-	-	1	-	-	1,3	-	-	48	-	-	303	-	-	+++
Simuliidae	S	1	41	-	2	8,9	-	2,7	1952	-	95	286	-	14	+++	-	-
		2	14	-	1	3,0	-	1,3	667	-	48	280	-	20	+++	-	-
		3	7	-	1	1,5	-	1,3	333	-	48	262	-	38	+++	-	-
Caenidae	E	154	14	12	-	3,0	5,9	-	667	571	-	162	138	-	++	+	-
Baetidae	E	37	1	2	2	0,2	1,0	2,7	48	95	95	240	-	60	++	-	+
		21	4	-	1	0,9	-	1,3	191	-	48	-	-	240	-	-	++
		34	-	-	4	-	-	5,3	-	-	191	-	-	30	-	-	+++
		158	-	-	1	-	-	1,3	-	-	48	-	-	303	-	-	+++
		153	-	1	-	-	0,5	-	-	48	-	-	303	-	-	+++	-
Leptoplebiidae	E	9	-	2	4	-	1,0	5,3	-	95	191	-	100	200	-	+	++
		10	-	6	3	-	3,0	4	-	286	143	-	200	100	-	++	+
Hydropsychidae	T	5	172	64	17	37,1	31,5	22,7	8191	3048	810	204	76	20	++	+	-
		10	79	4	3	17,0	2,0	4	3762	191	143	276	14	11	+++	-	-
		1	1	7	-	0,2	3,5	-	48	333	-	38	262	-	-	+++	-
Philopotamidae	T	16	15	5	1	3,2	2,5	1,3	714	238	48	214	71	14	++	+	-
Hydroptilidae	T	14	1	7	-	0,2	3,5	-	48	333	-	38	262	-	-	+++	-
Leptoceridae	T	20	-	-	1	-	-	1,3	-	-	48	-	-	303	-	-	+++
Ecnomidae	T	11	1	7	6	0,2	3,5	8	48	333	286	21	150	129	-	+	+
TOTAL INSECTES			464	203	75				22096	9665	3576						

TABLEAU VIIa - Substrats Naturels - Effectifs moyens (N), frequences d'abondances (en % du total).

Substrats naturels		N					%				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Ceratopogonidae		-	-	0,7	-	-	-	-	0,8	-	-
Rhagionidae		-	-	0,7	-	-	-	-	0,8	-	-
Chironomidae	CO1	0,3	-	10	-	-	0,1	-	11,7	-	-
	CO2	5,7	-	0,3	-	1	2,4	-	0,4	-	0,4
	CO3	14	0,7	-	-	-	5,8	0,1	-	-	-
	CO5	2	-	0,3	-	-	0,8	-	0,4	-	-
	CTT1	9,7	4,3	0,7	-	-	4	0,5	0,8	-	-
	CC2	1,7	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-
	CC3	17,7	-	1,3	-	4	7,3	-	1,5	-	1,6
	CC5	4	46	3,7	6	2	1,7	4,9	4,3	0,3	0,8
	CC13	0,3	-	2	-	-	0,1	-	2,3	-	-
	CC15	4,7	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-
	CTP1	11,7	-	7,7	-	1	4,8	-	9	-	0,4
	CTP2	-	-	0,7	-	-	-	-	0,8	-	-
	CTP3	11,3	-	4,7	6	1	4,7	-	5,5	0,3	0,4
	Simuliidae	S2	-	398,3	-	1632	23	-	42,4	-	92,2
S3		-	116	-	-	3	-	12,4	-	-	1,2
S1		-	307,3	-	108	206	-	32,7	-	6,1	82,7
Bastidae	E162	0,7	-	13,7	-	-	0,3	-	16,1	-	-
	E159	1,7	-	4	-	-	0,7	-	4,7	-	-
	E34	-	-	4,7	-	-	-	-	5,5	-	-
	E155	-	-	2	-	-	-	-	2,3	-	-
Leptophlebiidae	E8	-	-	0,7	-	-	-	-	0,8	-	-
	E9	2,3	-	16	-	-	1	-	18,8	-	-
	E10	4	-	2	-	1	1,7	-	2,3	-	0,4
Caenidae	E154	-	21,7	1,7	-	-	-	2,3	2	-	-
Hemaxenidae	E12	-	-	3,3	-	-	-	-	3,9	-	-
Scnomidae	T11	2,7	-	1	-	-	1,1	-	1,2	-	-
Hydropsychidae	T10	16	33,7	-	6	-	6,6	3,6	-	0,3	-
	T5	109,3	0,3	-	-	4	45,2	0,1	-	-	1,6
Hydroptilidae	T14	4	0,7	0,3	12	3	1,7	0,1	0,4	0,7	1,2
Philopotamidae	T16	9,7	9	-	-	-	4	0,9	-	-	-
Gyrinidae	C143	-	-	1	-	-	-	-	1,2	-	-
Elmidae	C59	-	-	0,7	-	-	-	-	0,8	-	-
TOTAUX		234	938	84	1770	249	-	-	-	-	-

Tableau VIIb - Substrats Naturels - Rapports (f/f') entre les fréquences observées et les fréquences théoriques si la distribution était régulière et espèces caractéristiques (sp. C ; c.f. texte).

Substrats naturels		f/f'					sp. C				
TAXONS		ay	cz	dx	cw	cy	ay	cz	dx	cw	cy
Ceratopogonidae		-	-	500	-	-	-	-	+++	-	-
Rhagionidae		-	-	500	-	-	-	-	+++	-	-
Chironomidae	C01	4	-	496	-	-	-	-	+++	-	-
	C02	375	-	63	-	63	+++	-	+	-	+
	C03	492	9	-	-	-	+++	-	-	-	-
	C05	333	-	167	-	-	++	-	+	-	-
	CTT1	377	47	75	-	-	+++	-	+	-	-
	CC2	500	-	-	-	-	+++	-	-	-	-
	CC3	351	-	72	-	77	+++	-	+	-	+
	CC5	63	204	179	12	33	+	++	+	-	-
	CC13	21	-	479	-	-	-	-	+++	-	-
	CC15	500	-	-	-	-	+++	-	-	-	-
	CTP1	169	-	317	-	14	+	-	++	-	-
CTP2	-	-	500	-	-	-	-	+++	-	-	
CTP3	216	-	252	14	18	++	-	++	-	-	
Simuliidae	S2	-	147	-	321	32	-	+	-	++	-
	S3	-	456	-	-	44	-	+++	-	-	-
	S1	-	135	-	25	340	-	+	-	-	++
Bactidae	E162	9	-	491	-	-	-	-	+++	-	-
	E159	65	-	435	-	-	+	-	+++	-	-
	E34	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-
	E155	-	-	500	-	-	-	-	+++	-	-
Leptophlebiidae	E8	-	-	500	-	-	-	-	+++	-	-
	E9	25	-	475	-	-	-	-	+++	-	-
	E10	193	-	261	-	45	+	-	++	-	-
Caenidae	E154	-	267	233	-	-	-	++	++	-	-
Heptageniidae	E12	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-
Ecnomidae	T11	217	-	261	-	-	++	-	++	-	-
Hydropsychidae	T10	314	171	-	14	-	++	+	-	-	-
	T5	482	1	-	-	17	+++	-	-	-	-
Hydroptilidae	T14	207	12	49	85	146	++	-	-	-	+
Philopotamidae	T16	408	112	-	-	-	+++	+	-	-	-
Gyrinidae	C143	-	-	500	-	-	-	-	+++	-	-
Elmidae	C59	-	-	500	-	-	-	-	+++	-	-