

## Microrépartition des algues épilithiques sur les cailloux d'un torrent Corse, le Rizzanèse

A. Cazaubon<sup>1</sup>

M. Loudiki<sup>1</sup>

**Mots clés :** Algues épilithiques, microrépartition, caillou, torrent, Corse du Sud, traitement des données, méthodologie.

L'étude de la composition et de la structure du peuplement algal épilithique, en divers points d'un même caillou, fait apparaître deux ensembles :

- 1) la face orientée vers l'aval et le centre de la face supérieure ;
- 2) la face amont et le centre de la face inférieure.

L'analyse statistique montre que le peuplement de la face supérieure, du fait de sa plus grande stabilité, est le plus représentatif de la communauté algale des substrats caillouteux.

### **Microdistribution of epilithic algae on the stones of a Corsican stream, the Rizzanèse.**

**Keywords :** Epilithic algae, microdistribution, pebble, torrent, South Corsica, statistical analysis, methodology.

A study of the composition and structure of epilithic algal populations at several places on the same pebble revealed two groups :

- 1) on the downstream face and the center of the upper face of the stone ;
- 2) on the upstream face and the center of the lower face of the stone.

A statistical analysis showed that the population on the upper face, because of its greatest stability, was the most representative of the algal community of stony substrata.

## Introduction

Au cours de recherches sur les algues épilithiques de rivières de montagne, nous nous sommes heurtés d'emblée aux problèmes de l'échantillonnage de ces peuplements. A notre connaissance, il n'existe pas de méthodes de prélèvement satisfaisantes pour ce type de biotope, caractérisé par des écoulements rapides et par l'hétérogénéité des matériaux du fond. Le cours d'eau sur lequel l'étude a été réalisée, le Rizzanèse, est situé en Corse du Sud. Il est représentatif des cours d'eau de montagne de la

zone méditerranéenne du fait de particularités physiques liées à la fois au climat et à la géomorphologie des bassins versants.

La vitesse du courant et les variations de débit ne permettent pas l'utilisation des supports artificiels pour l'échantillonnage des algues benthiques. Nous avons dû réaliser l'étude par échantillonnage direct sur le substrat naturel représenté essentiellement par des cailloux.

La présente étude se propose de développer les points suivants :

- mettre en évidence le rôle du courant sur la micro-distribution des algues à la surface des cailloux ;
- tester la fiabilité de la méthode d'échantillonnage retenue et décrite ici.

---

<sup>1</sup> Laboratoire de Biologie Animale et Ecologie, Faculté des Sciences de St. Jérôme, rue Henri-Poincaré, 13397 Marseille Cédex 13.

D'autres données, obtenues avec la même technique de récolte, mais dans des cours d'eau à conditions hydrologiques différentes, viendront en complément de ce premier essai.

## 1. — Le milieu

### 1.1. — Conditions écologiques générales

Le Rizzanèse, rivière de montagne de la Corse du Sud, prend sa source à 1 800 m d'altitude et se jette, après un parcours d'environ 53 km, dans la Méditerranée, à proximité de la ville de Propriano sur la côte occidentale. Elle draine un bassin versant de 396 km<sup>2</sup> ; sa pente moyenne est de 4 %.

La station prospectée est située sur le cours axial (altitude : 300 m), à 23 km de la source, près du village de Serra di Scopamene. A ce niveau, le lit de la rivière, large d'environ 15 à 20 m, est formé de blocs, de galets et de cailloux de nature cristalline (granite, diorite et gabbro). Les macrophytes sont absents ; la ripisilve est dense, dominée par le peuplier blanc et l'aune glutineux.

Les prélèvements de la microflore benthique ont été effectués en mars 1984, époque succédant cette année-là, à une période de stabilité hydrologique assez exceptionnelle pour ce type de cours d'eau (en effet, les précipitations ont été très rares et peu abondantes pendant l'hiver 84).

### 1.2. — Caractères physico-chimiques des eaux

#### — Descripteurs physiques

- hauteur d'eau : 45 cm
- température de l'eau : 5° C
- pH : 7,8
- conductivité : 108  $\mu$ S/cm
- oxygène dissous : 11,3 mg/l  
(% de saturation 99 %)

#### — Descripteurs chimiques

##### Cations

- Calcium : 5,5 mg/l
- Magnésium : 2,9
- Sodium : 7,1
- Potassium : 0,6
- Azote ammoniacal : 0,00

##### Anions

- Bicarbonates : 19 mg/l
- Chlorures : 15
- Sulfates : 0,00

- Silice : 4,5
- Azote nitreux : 0,00
- Azote nitrique : 1,15
- Orthophosphates : 0,00

Le chimisme de l'eau de cette rivière est tout à fait caractéristique des cours d'eau de la Corse cristalline, avec une remarquable pauvreté en éléments dissous. La forte pente provoque un brassage permanent de l'eau assurant ainsi sa saturation en oxygène. L'absence totale des nitrites, de l'ammoniacque, des orthophosphates et les très faibles valeurs de la DB05 et de l'oxydation (0,3 mg/l d'O<sub>2</sub> chacune) sont indicatrices d'une eau totalement exempte de pollution.

## 2. — Méthode d'étude du peuplement algal benthique

D'une manière générale, les différentes méthodes d'échantillonnage d'algues sont souvent critiquées au point que la valeur des résultats des prélèvements est contestée.

Certains auteurs ont prélevé directement sur substrats naturels. Douglas (1958) a utilisé un échantillonneur à siphon, Young (1945) une enceinte de capture, Descy (1976) une pompe à diatomées. D'autres ont préconisé l'utilisation de substrats artificiels tels que : plaque de verre (Castenholz 1961) ; diatomètre (Patrick 1973) ; plaque de plexiglass (Cooper & Wilhm 1975) ; lame histologique (Cattaneo & al 1975) ; feuille de polyéthylène (Cassan 1978 ; Galvin 1982 ; etc.).

Dans le cas d'eau courante profonde où la hauteur d'eau ne permet pas de prélever sur substrats naturels, la technique des supports artificiels est la seule utilisée. De nombreux chercheurs l'ont mise en œuvre en milieux potamiques (Coste 1978), en rivière aménagées (Capblancq & Cassan 1979) ou en secteur d'eau calme (Galvin & Cazaubon 1983). L'utilisation de ces supports artificiels s'est révélée cependant inadéquate dans nos recherches car, les substrats que nous avons placés ont été emportés par des crues imprévisibles.

Dans ce type de cours d'eau de montagne, caractérisé par une faible profondeur et un écoulement rapide, les prélèvements de microflore nécessitent des techniques adaptées à l'hétérogénéité des éléments du substrat (depuis le sable jusqu'à la dalle

rocheuse) et à des vitesses de courants élevées (vitesse, comprise entre 80 et 90 cm/s, correspondant à des courants rapides dans l'échelle de Berg).

Nous avons donc étudié la microflore benthique directement sur substrat naturel représenté essentiellement par des cailloux. Afin d'apprécier le degré de représentativité d'un prélèvement par rapport au peuplement périphtyque présent dans la station, un test statistique (coefficient de variation et comparaison de moyennes) a été appliqué sur une série de 20 prélèvements effectués, simultanément, en mars 84.

La surface du lit où se font les récoltes n'excède pas 4 m<sup>2</sup>. Elle se situe au milieu de la rivière en faciès rapide. La vitesse du courant était à peu près homogène (80 à 90 cm/s) sur la surface échantillonnée (4 m<sup>2</sup>). Nous avons prélevé 20 cailloux de même nature, de forme plus ou moins discoïdale, de taille comprise entre 5 et 15 cm de diamètre et de 1 à 4 cm de hauteur. Après avoir marqué la face amont de chaque caillou (orientation définie par rapport au sens du courant) nous les immergeons immédiatement dans un bocal d'eau formolée.

On a également prélevé deux autres cailloux qui nous paraissent présenter, pour le peuplement algal, des conditions d'habitat différentes : l'un, déprimé au milieu de sa surface supérieure et l'autre, abrité derrière un gros bloc.

En laboratoire, les échantillons d'algues sont obtenus par grattage au scalpel d'une surface de caillou de un cm<sup>2</sup> puis montés directement entre lame et lamelle dans une goutte d'eau distillée. Les cellules algales sont déterminées et dénombrées ; les résultats sont donc exprimés en nombre de cellules par unité de surface (cm<sup>2</sup>).

D'autres échantillons ont servi à la détermination des Diatomophycées ; pour ces algues, on élimine la matière organique par un traitement à H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrée et HCl (méthode de Coste 1978).

Dans les rivières torrentielles, en plus de la diversité intrabiotopique, due à l'hétérogénéité des matériaux du lit, il faut aussi prendre en compte, dans le cas d'un peuplement algal épilithique, l'existence de conditions abiotiques qui s'établissent sur les différentes faces d'un caillou en fonction de leur exposition au courant. Pour cette raison, nous avons prélevé la microflore benthique d'un même caillou au niveau de quatre microhabitats différents de ce caillou (fig. 1) :

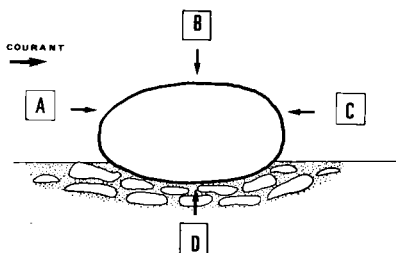


Fig. 1. Emplacement sur le caillou des aires d'échantillonnage.

- trois sur la face supérieure : 1 en amont (A), 1 au centre (B) et 1 en aval (C) ;
  - un au centre de la face inférieure (D) ;
- (l'orientation amont-aval étant définie ici par rapport au sens de courant).

Pour la série des 20 cailloux, nous avons donc réalisé 80 prélèvements de substrat de 1 cm<sup>2</sup> chacun. Les résultats de ces prélèvements (densité et richesse spécifique) ont été traités statistiquement (moyennes, écarts types et coefficients de variations).

### 3. — Résultats et discussion

#### 3.1. — Inventaire et composition du peuplement

Au total 47 espèces et variétés ont été identifiées dans la station prospectée (Tableau I). Elles sont réparties en 5 classes d'algues, celle des Diatomophycées étant la mieux représentée avec 40 espèces. Les Chlorophycées comptent 4 espèces seulement ; les Chrysophycées, les Cyanophycées et les Rhodophycées enfin, ne sont représentées que par une seule espèce chacune.

Deux groupes se distinguent :

1) Un groupement principal constitué d'espèces traduisant la particularité du biotope étudié. Il s'agit de l'association *Ceratoneito-Hydruretum rivulare*, caractéristique des eaux froides et rapides des rivières de haute montagne (Margalef 1956).

Tableau I. Liste des espèces inventoriées sur les cailloux.

	Abréviations
<b>CHRYSTOPHYCÉES</b>	
<i>Hydrurus foetidus</i> VILL.	H.f.
<b>DIATOMOPHYCÉES</b>	
<i>Achnanthes bioreti</i> GERMAIN	Ac.bio.
<i>lanceolata</i> (BREB.) GRUN. var. <i>lanceolata</i>	Ac. lan.
<i>rostrata</i> OSTRUP	Ac. rostr.
<i>lapponica</i> (HUST.) HUST.	Ac. lap.
<i>minutissima</i> KÜTZ.	Ac. min.
<i>Amphora pediculus</i> (KÜTZ.) GRUN	Am. ped.
<i>Cocconeis placentula</i> EHR.	Co. pla.
<i>Cymbella affinis</i> KÜTZ.	Cy.af.
<i>minuta</i> HILSE ex RABH var. <i>minuta</i>	Cy. min.
<i>sinuata</i> GREC.	Cy. sin.
<i>tumidula</i> GRUN.	Cy. tum.
<i>Denticula tenuis</i> KÜTZ.	De. ten.
<i>Diatoma hiemale</i> (ROTH) HEIB var. <i>hiemale</i>	Di. hic.
<i>hiemale</i> (ROTH) HEIB var. <i>mesodon</i> (EHR.) GRUN.	Di. hic. mes.
<i>Epithemia adnata</i> (KÜTZ.) BREB.	Ep. ad.
<i>Eunotia pectinalis</i> (O.F. MÜLL.) RABH. var. <i>pectinalis</i>	Eu. pec.
<i>Fragilaria capucina</i> DESM. var. <i>lanceolata</i> GRUN.	F. cap.
<i>rumpens</i> (KÜTZ.) CARLSON	F. rum.
<i>vaucheriae</i> (KÜTZ.) PET.	F. vau.
<i>vaucheriae</i> (KÜTZ.) PET. var. <i>vaucheriae</i>	F. vau. vau.
<i>Gomphonema angustatum</i> (KÜTZ.) RABH. var. <i>productum</i> GRUN.	G. ang. pro.
<i>dichotomum</i> KÜTZ.	G. dic.
<i>truncatum</i> EHR. var. <i>truncatum</i>	G. trun.
<i>Hannaea arcus</i> (EHR.) PATR.	Ha. arc.
<i>Melosira varians</i> AG.	Mel. cir.
<i>Meridion circulare</i> (GREV.) AG.	Mer. cir.
<i>Navicula cryptocephala</i> KÜTZ. var. <i>cryptocephala</i>	Na. cry.
<i>lanceolata</i> EHR.	Na. lan.
<i>rhyngocephala</i> KÜTZ.	Na. rhy.
<i>tripunctata</i> (O. MÜLL.) BORY	Na. tri.
<i>Nitzschia dissipata</i> (KÜTZ.) GRUN.	Ni. dis.
<i>hantzschiana</i> RABH.	Ni. han.
<i>linearis</i> W. SMITH	Ni. lin.
<i>palea</i> (KÜTZ.) W. SMITH	Ni. pal.
<i>Pinnularia borealis</i> EHR.	Pi. bor.
<i>viridis</i> (NITZ.) EHR. var. <i>viridis</i>	Pi. vir.
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (AG.) LANGE-BERT.	Rh. abb.
<i>Rhopalodia gibberula</i> (EHR.) O. MÜLL. var. <i>varheureka</i>	Rh. gib.
<i>Synedra ulna</i> (NITZ.) EHR. var. <i>oxyrhyncus</i>	Sy. uln. oxy.
<i>ulna</i> (NITZ.) EHR. var. <i>ulna</i>	Sy. uln. uln.
<b>ULOTHRYCOPHYCÉES</b>	
<i>Ulothrix zonata</i> KÜTZ.	U.z.
<i>Chaetophora</i> sp.	Cha.
<b>EUCHLOROPHYCÉES</b>	
<i>Chlamydomonas</i> sp.	Chla.
<b>ZYGOPHYCÉES</b>	
<i>Closterium</i> sp.	Clost.
<b>CYANOPHYCÉES</b>	
<i>Oscillatoria</i> sp.	Osc.
<b>RHODOPHYCÉES</b>	
<i>Audouinella</i> sp.	Aud.

ELLE renferme :

— des espèces fondamentales, définies par les plus fortes valeurs de fréquence centésimale<sup>1</sup> (> 50 %) et d'abondance relative<sup>2</sup> (> 5 %) telles la Chrysophycée *Hydrurus foetidus* et les Diatomées *Achnanthes minutissima*, *Hannaea arcus*, *Cymbella minuta* et *Gomphonema dichotomum* ;

— des espèces accompagnatrices, faiblement représentées (abondance relative < 2 %), telles les Diatomées, *Diatoma hiemale* var. *mesodon*, *Achnanthes bioreti*, *Cymbella sinuata*, *Navicula lanceolata*, *Achnanthes lanceolata* et la variété *rostrata*, *Achnanthes lapponica*, *Meridion circulare* et l'Ulothricophycée *Ulothrix zonata*.

2) Un groupe constitué d'espèces à large amplitude écologique et dont l'abondance relative est comprise entre 0,1 et 10 %. Citons : *Cocconeis placentula*, *Synedra ulna*, *Gomphonema augustatum* var. *productum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Nitzschia palea* et *Navicula cryptocephala*.

### 3.2. — Répartition des taxons dans les différents microbiotopes

Nous avons calculé la fréquence centésimale de chaque taxon pour chacune des faces des 20 cailloux prélevés (Tableau II).

Trois groupements d'espèces apparaissent (Tableau III) :

1) Un groupe de 21 espèces, présentes sur toutes les faces du caillou mais n'ayant pas toutes la même fréquence :

— 16 Diatomées ont une fréquence supérieure à 45 % (espèces constantes) sur les quatre microhabitats :

*Achnanthes minutissima*

*A. bioreti*

*A. lanceolata*

*A. lapponica*

*Cocconeis placentula*

*Cymbella minuta*

*C. sinuata*

*Diatoma hiemale* var. *mesodon*

1. Fréquence centésimale :

$\frac{\text{Nombre de prélèvements où l'espèce est présente}}{\text{Nombre total de prélèvements}} \times 100$

2. Abondance relative :

$\frac{\text{Nombre de cellules d'une espèce dans un prélèvement}}{\text{Nombre total de cellules de ce prélèvement}} \times 100$

*Fragilaria vaucheriae*

*Gomphonema augustatum* var. *productum*

*Gomphonema dichotomum*

*Hannaea arcus*

*Navicula cryptocephala*

*N. lanceolata*

*Nitzschia palea*

*Synedra ulna*

— 4 espèces ont une fréquence élevée (> 50 %) uniquement au centre (B) et en aval (C) de la face supérieure ; elle est inférieure à 35 % sur les deux autres microbiotopes (A et D) : ce sont les diatomées *Fragilaria capucina* et *Meridion circulare*, la Cyanophycée *Oscillatoria* sp. et la Chrysophycée *Hydrurus foetidus* (présente sous forme de thalle bien développé en B et C mais, uniquement à l'état de kystes, en A et D).

— Une espèce de Rhodophycée *Audouinella* sp. est surtout fréquente en aval (40 %).

2) Un groupement, réunissant 10 taxons présents uniquement au centre (B) et en aval (C), est constitué par des algues filamenteuses assez fréquentes (> 50 %) *Ulothrix zonata* et *Chaetophora* sp. et 8 espèces de Diatomées dont seules *Achnanthes rostrata*, *Fragilaria vaucheriae* et *Synedra ulna* var. *oxyrhynchus* dépassent 50 % en aval.

3) Un dernier groupe de 12 taxons, est cantonné uniquement en C ; ce sont des Diatomées pour la plupart. Parmi celles-ci, seule *Fragilaria rumpens* a une fréquence supérieure à 50 % (espèce constante) ; les autres espèces, peu fréquentes (F < 30 %) peuvent être considérées comme accidentelles (leur abondance relative est également faible Ar < 1 %).

En définitive, seul le groupe des Diatomées, le plus diversifié, se répartit d'une façon assez équitable entre les différents microhabitats étudiés. Les algues vertes filamenteuses, ainsi que les autres groupes représentés sont surtout localisés en aval et au centre de la face supérieure de cailloux. Tous les taxons recensés en amont et sur la face inférieure sont retrouvés au niveau des autres faces et appartiennent au premier groupe (espèces présentes sur A, B, C, D).

### 3.3. — Affinités coenotiques

Afin d'apprécier les ressemblances entre les communautés d'algues des différents microbiotopes, le

Tableau II. Fréquence centésimale des espèces algales déterminées pour chaque microhabitat des 20 cailloux.

ESPÈCES	FACES			INFÉRIEURE D
	A	B	C	
H.f.	30	100	100	35
Ac. lan.	60	100	100	45
Ac. rost.	10	5	65	0
Ac. lap.	70	100	100	40
Ac. min.	100	100	100	100
Am. ped.	0	0	5	0
Co. pla.	100	100	100	100
Cy. af.	0	20	50	0
Cy. min.	100	100	100	100
Cy. sin.	100	100	100	100
Cy. tum.	0	0	15	0
De. ten.	5	5	0	0
Di. hie.	0	0	25	0
Di. hie. mes.	60	100	100	70
Ep. ad.	0	0	10	0
Eu. pec.	0	0	30	0
F. cap.	30	100	80	20
F. rum.	0	30	55	0
F. vau.	0	10	60	0
F. vau. vau.	80	55	100	75
G. ang. pro.	90	5	100	90
G. dic.	100	5	100	100
G. trun.	0	100	20	0
Ha. arc.	100	100	100	100
Mel. var.	0	45	20	0
Mer. cir.	20	100	95	20
Na. cry.	55	5	100	75
Na. lan.	80	20	100	75
Na. rhy.	5	0	0	0
Na. tri.	0	100	10	0
Ni. dis.	5	5	0	0
Ni. han.	0	10	10	0
Ni. lin.	0	0	5	0
Ni. pal.	70	100	100	50
Pi. bor.	0	0	5	0
Pi. vir.	0	0	5	0
Rh. abb.	5	0	5	0
Rhop. gib.	0	0	5	0
Sy. uln. oxy.	0	100	60	0
Sy. uln. uln.	20	100	100	20
U. z.	0	5	60	0
Cha.	0	60	25	0
Chla.	0	0	5	0
Clost.	0	0	5	0
Osc.	15	10	60	10
Aud.	30	20	40	30

Tableau III. Répartition des taxons sur les 4 microhabitats.

TAXONS	Omni-	Présents uni-	Présents uni-
	présents (A, B, C, D)	quement en B et C	quement en C
H.f.	+		
Ac. lan.	+		
Ac. rost.		+	
Ac. lap.	+		
Ac. min.	+		
Am. ped.			+
Co. pla.	+		
Cy. af.		+	
Cy. min.	+		
Cy. sin.	+		
Cy. tum.			+
De. ten.			
Di. hie.			+
Di. hie. mes.	+		
Ep. ad.			+
Eu. pec.			+
F. cap.	+		
F. rum.			+
F. vau.		+	
F. vau. vau.	+		
G. ang. pro.	+		
G. dic.	+		
G. trun.			
Ha. arc.	+		
Mel. var.		+	
Mer. cir.	+		
Na. cry.	+		
Na. lan.	+		
Na. rhy.			
Na. tri.		+	
Ni. dis.			
Ni. han.		+	
Ni. lin.			+
Ni. pal.	+		
Pi. bor.			+
Pi. vir.			
Rh. abb.			
Rhop. gib.			+
Sy. uln. oxy.		+	
Sy. uln. uln.	+		
U. z.		+	
Cha.		+	
Chla.			+
Clost.			+
Osc.	+		
Aud.	+		

coefficient d'association de Jaccard (1902) qui tient compte seulement de la présence des espèces, sans considérer leur abondance, a été utilisé.

La figure 2 montre les affinités coenotiques existant entre les autres microbiotopes analysés. Des affinités spécifiques élevées existent, d'une part, entre l'aval et le centre de la face supérieure et, d'autre part, entre l'amont de la face supérieure et le centre de la face inférieure.

Ces valeurs élevées traduisent, en effet, la présence sur les deux faces d'une communauté d'algues dont la composition en espèces est très voisine (Tableau III).

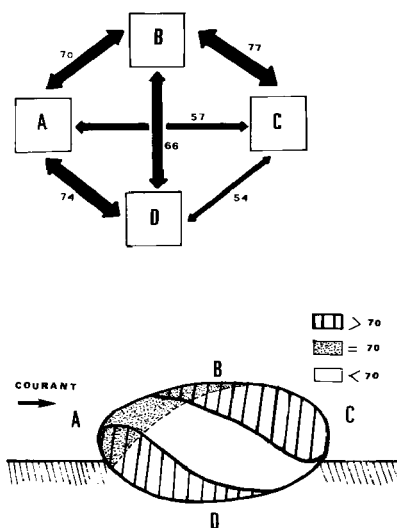


Fig. 2. Affinités coenotiques entre les microbiotopes prospectés. Coefficients calculés d'après la méthode de Jaccard (1902); les valeurs indiquées correspondent aux moyennes arithmétiques.

### 3.4. — Richesse spécifique et abondance moyennes des algues dans les microbiotopes

#### — RICHESSE SPÉCIFIQUE MOYENNE

C'est la moyenne du nombre d'espèces déterminées sur chaque face du lot de 20 cailloux. Faible

en A et en D, elle augmente sur la face supérieure, de l'amont vers l'aval (de A en C) (fig. 3).

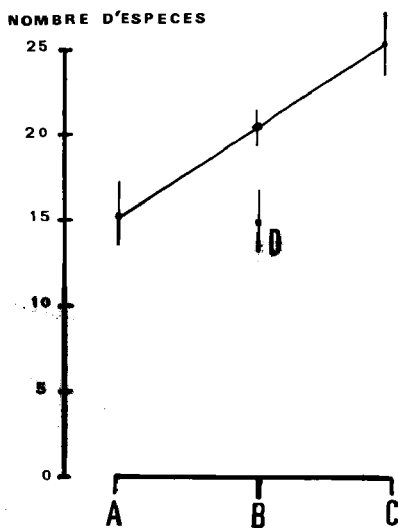


Fig. 3. Richesses spécifiques moyennes et amplitudes de variations au niveau des quatre microbiotopes.

#### — DENSITÉ ALGAE MOYENNE

C'est la moyenne du nombre de cellules algales dénombrées sur chaque microhabitat du lot de 20 cailloux. Elle évolue exactement de la même manière que la richesse floristique ; faible en A et D, où elle est inférieure à  $2\,500/\text{cm}^2$ , elle atteint plus de  $95\,10^3$  cellules/cm<sup>2</sup> en C (fig. 4). En B, elle frôle  $10^4$  cellules/cm<sup>2</sup>.

#### — ABONDANCE RELATIVE MOYENNE DES DIFFÉRENTS TAXONS

C'est la moyenne des abondances relatives établies pour chaque espèce ou groupe taxonomique sur chaque face du lot de 20 cailloux.

En aval (C) et au milieu de la face supérieure (B), deux groupes d'algues dominent : les Chrysophycées

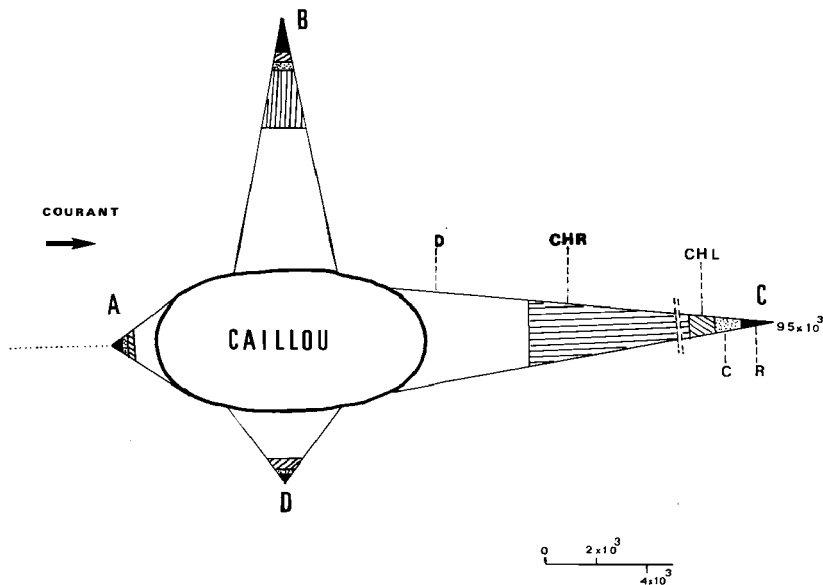


Fig. 4. Evolution de la densité algale moyenne et spectres floristiques des microhabitats. (La longueur de l'axe de symétrie du cône est fonction de l'effectif total exprimé en nombre de cellules par centimètre carré).

(53 et 34 %) et les Diatomophycées (44 et 61 %). Les Chrysophycées sont représentés par une seule espèce *Hydrurus foetidus* dont l'abondance constitue 53 % du peuplement global en C et 34 % en B. Parmi les Diatomées, *Achnanthes minutissima*, *Hannaea arcus*, *Cymbella minuta* et *Gomphonema dichotomum* (fig. 5). Les Cyanophycées et les algues vertes filamenteuses sont faiblement représentées (respectivement 3 et 1 %).

Au niveau des autres microbiotopes, une seule classe, celle des Diatomophycées domine (85 %). Elle est essentiellement représentée par *Achnantes minutissima*, *Hannaea arcus*, *Cymbella minuta*, *Gomphonema dichotomum* et *Cocconeis placentula* (fig. 6). Les Cyanophycées ne dépassent pas 3 % du peuplement algal tandis que les Chlorophycées ne sont pratiquement pas représentées.

#### — DISTRIBUTION DES ABONDANCES

Nous la représentons sous forme d'histogramme comprenant 5 classes d'abondance. Ils traduisent, de manière graphique, la structure du peuplement de chaque microbiotope.

Deux remarques s'imposent :

1) La distribution des abondances spécifiques est identique, d'une part entre les communautés de la face orientée vers l'aval et de la face supérieure et, d'autre part, entre les communautés de la face amont et de la face inférieure.

2) Les classes d'abondance caractérisant les deux modes de distribution sont généralement occupés par les mêmes taxons.



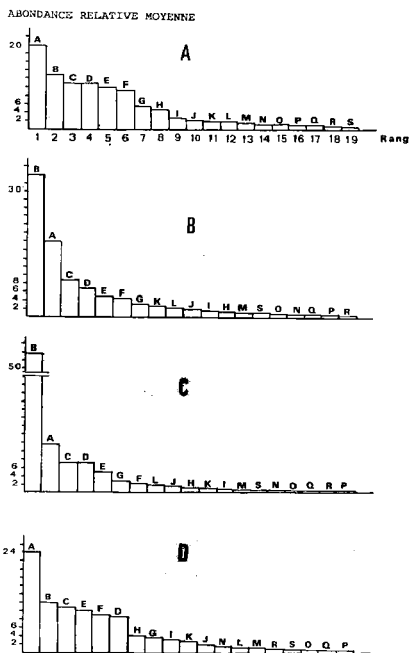


Fig. 5. Analyse en classe de rang des espèces fréquentes et omniprésentes au niveau des quatre microhabitats (A, B, C, D).

#### INTERPRÉTATION

Dans les rivières à cours rapide et à substrat de cailloux et de graviers, le courant joue un rôle important dans la répartition des microphytes sur le substrat. Dans ce type de cours d'eau, le courant est très hétérogène car les vitesses sont inégalement réparties en fonction de l'extrême rugosité du fond. Au niveau même de chaque caillou, la répartition des vitesses n'est pas homogène. Plusieurs travaux (Ambuhl 1959, Trivellato & Decamps 1968, Decamps & al. 1972) montrent l'existence, au voisinage des substrats, de deux types de zones :

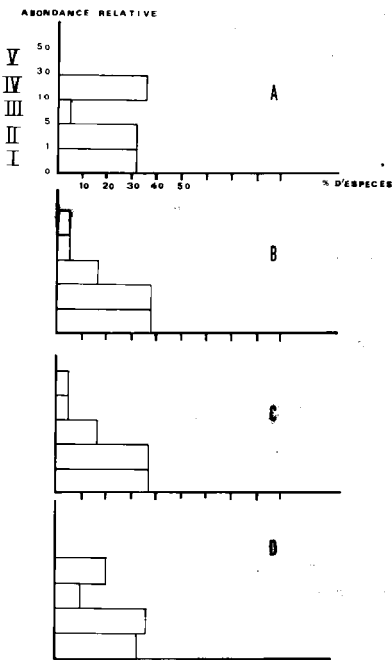


Fig. 6. Distribution des classes d'abondance au niveau des quatre microhabitats. I : Ar 1% ; II : 1 ar 5 ; III : 5 Ar 10 ; IV : 10 Ar 30 ; V : 30 Ar 50.

1) Les zones d'eaux mortes, en aval des pierres, sont abritées et séparées de l'écoulement normal. A ce niveau, les pressions mécaniques du courant sont faibles.

2) Les zones à écoulement laminaire au contact des substrats à parois lisses (face postérieure) où s'établit une mince couche d'eau (environ 1 mm) à écoulement très ralenti (« couche limite »).

La distribution des algues sur les substrats naturels des eaux courantes et torrentueuses est, principalement, influencée par le courant, qui, par ses actions directes (mécaniques) ou indirectes (sur les

autres caractéristiques physiques et microclimatiques locales), détermine le développement des microphytes :

1) En amont du caillou, l'action du courant limite le développement algal du fait de 2 influences : la force du courant lui-même et la projection des particules en suspension qu'il transporte. Les Diatomées, qui adhèrent au substrat, paraissent les mieux adaptées à ces conditions hydrologiques.

2) A la face supérieure du caillou, le ralentissement du courant dans la couche limite, permet le développement d'algues rhéophiles. Aux Diatomées, toujours dominantes, s'ajoutent des algues filamenteuses et thalloïdes.

3) En aval, zone d'eaux mortes, les algues filamenteuses et thalloïdes prolifèrent ; la densité algale est la plus élevée. Ceci est en accord avec les observations de Mc Intire (1964).

4) A la face inférieure, le développement algal est faible. A ce niveau, l'action du courant est nulle et, la lumière pourrait être le facteur limitant.

### 3.5. — Variabilité des résultats

Trois paramètres statistiques ont été pris en compte : la moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation qui exprime la variabilité des résultats obtenus (Heller 1968).

#### 3.5.1. — FLUCTUATIONS DU NOMBRE DE TAXONS

Tableau IV. Coefficient de variation calculé pour chaque microhabitat.

	Face supérieure		Face inférieure	
	Amont	Centre	Aval	Centre
Moyenne	16	19	25	15
Ecart-type	2,82	0,70	4,66	2,83
Coefficient de variation $\Delta$ %	17	4	18	19

Le coefficient de variation ne dépasse pas 20 % pour l'ensemble des microhabitats. Cependant, le fait important à noter, est la plus faible valeur enregistrée en B (4 %) ; le nombre d'espèces (toujours les mêmes) recensées sur ce microbiotope varie donc très peu d'un caillou à l'autre. Sa richesse moyenne (19 espèces) s'est révélée très proche de la moyenne des richesses spécifiques globales (R.S.G.) qui concernent l'ensemble des 3 microhabitats d'un même caillou (Tableau V).

#### 3.5.2. — FLUCTUATIONS DES DENSITÉS DES ESPÈCES ALGALES

Pour analyser statistiquement les variations du nombre d'individus au niveau des quatre microbiotopes étudiés, 10 espèces omniprésentes ont été retenues suivant leur degré de densité décroissante dans le milieu.

— Espèces abondantes (abondance relative > 5 %) : *Hydrurus foetidus*, *Achnanthes minutissima*, *Hamaea arcus* et *Cymbella minuta*.

— Espèces peu abondantes (Ar < 5 %) : *Cymbella sinuata*, *Navicula lanceolata*, *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*, *Navicula cryptocephala*, *Achnanthes lapponica* et *Nitzschia palea*.

##### a) Variations des densités absolues

Pour les quatre microbiotopes analysés, les résultats des dénombrements de chacune des 10 espèces omniprésentes et leur coefficient de variabilité, figurent dans les tableaux suivants. Ces coefficients de variabilité varient fortement pour toutes les espèces périphtiques. Cependant, les valeurs les plus faibles sont enregistrées en B, d'où l'intérêt de choisir cette zone pour réaliser l'échantillonnage.

##### b) Variations des abondances relatives des espèces algales

Nous avons calculé, dans chaque microbiotope, l'indice de variabilité pour les dix espèces omniprésentes (Tableau VII). Les valeurs les plus faibles sont encore enregistrées en B ; le pourcentage d'erreur est donc relativement plus faible à ce niveau.

En comparant ces valeurs avec les coefficients de variations établis pour les densités absolues (Tableau VI), on obtient, pour les espèces dominantes, une nette diminution de la variabilité en B. Ainsi le coefficient de variation est de :

	Densité absolue	Densité relative
<i>H. foetidus</i>	55 %	38 %
<i>A. minutissima</i>	91 %	71 %
<i>H. arcus</i>	83 %	53 %
<i>C. minuta</i>	88 %	53 %

##### c) Variations des abondances relatives des différents groupes d'algues

Les pourcentages de variations les plus faibles sont obtenus en B (Tableau VIII) pour les deux groupes les mieux représentés du peuplement algal : les Diatomées et les Chrysophycées.

Tableau V. Richesses spécifiques globales (R.S.G.) calculées pour chaque caillou.

Ech.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	m	s	%
R.S.G.	24	22	16	22	20	18	16	21	20	22	21	17	18	18	21	19	19	23	20	19	20	2,2	11

Tableau VI. Résultats des dénombrements des 10 algues périphytiques effectués sur les 4 microhabitats des cailloux.

	H.f.	Ac. min.	Ha. arc.	Cy. min.	Cy. sin.	Na. lan.	Ac. lan.	Na. cry.	Ac. lap.	Ni.pal.	
<b>FACE SUPÉRIEURE AMONT</b>											
m		611	375		188	100	18	10	8	20	9
Ecart type		1320	414	134	162	145	16	10	9	34	8
Δ %		216	110	86	86	145	90	100	110	170	87
<b>FACE SUPÉRIEURE CENTRE</b>											
m		3182	2110	936	790	131	76	29	33	70	56
Ecart type		1760	1924	776	699	62	46	9	22	83	36
Δ %		55	91	83	88	48	61	32	66	118	64
<b>FACE SUPÉRIEURE AVAL</b>											
m		67745	6883	4199	5835	365	304	66	98	227	215
Ecart type		81133	7870	6073	7777	361	283	80	83	270	221
Δ %		119	123	144	133	98	93	121	84	118	102
<b>FACE INFÉRIEURE</b>											
m		764	475	194	194	51	25	15	12	8	7
Ecart type		2408	663	294	314	61	39	33	16	11	9,6
Δ %		315	140	152	162	120	157	218	134	143	138

Tableau VII. Abondances relatives des 10 espèces représentatives du peuplement, calculées au niveau des 4 microhabitats des cailloux.

	H.f.	Ac. min.	Ha. arc.	Cy. min.	Cy. sin.	Na. lan.	Ac. lan.	Na. cry.	Ac. lap.	Ni.pal.	
<b>FACE SUPÉRIEURE AMONT</b>											
m		13	20	11	11	5	1,3	0,76	0,5	1	0,6
Ecart type		22	20	10	6,4	8	1,02	1	0,65	1	0,7
Δ %		172	60	89	59	163	78	132	130	100	116
<b>FACE SUPÉRIEURE CENTRE</b>											
m		34	18	9	7	1,5	1	0,5	0,5	0,9	0,8
Ecart type		13	13	6	3,7	0,7	0,7	0,36	0,6	0,7	0,5
Δ %		38	71	73	53	49	69	72	132	75	59
<b>FACE SUPÉRIEURE AVAL</b>											
m		53	11	7	7	1,4	0,7	0,34	0,4	0,4	0,38
Ecart type		24	6,7	6,9	4	1,5	0,7	0,5	0,5	0,4	0,46
Δ %		45	61	100	57	106	100	166	170	100	122
<b>FACE INFÉRIEURE</b>											
m		12	24	11	9	4	1,2	0,5	1	0,5	0,5
Ecart type		10,6	16,2	11	6	4	1,7	0,75	1,5	0,66	0,8
Δ %		151	68	100	64	100	144	149	158	131	176

Tableau VIII. Abondances relatives des différents groupes d'algues récoltées sur les 4 microhabitats des cailloux.

	DIATOM.	CHRY SOP.	CYANOP.	CHLOROP.	RHODOP.
<b>FACE SUPÉRIEURE AMONT</b>					
m	85	13	1,4	0	0,5
Écart type	22	4	0	0	1,3
$\Delta$	26	170	296	0	261
<b>FACE SUPÉRIEURE CENTRE</b>					
m	61	34	3	1	0,5
Écart type	11	13	2,9	1,05	1,19
$\Delta$	11	38	96	105	238
<b>FACE SUPÉRIEURE AVAL</b>					
m	75	25	0	0	0
Écart type	22,6	23,4	1,8	2,47	0,96
$\Delta$	51	44	150	222	239
<b>FACE INFÉRIEURE</b>					
m	84,5	12	2,45	0	0,85
Écart type	21	19,5	9,8	0	2,74
$\Delta$	25	163	400	0	322

#### b — Variations des abondances relatives des espèces algales

Nous avons calculé, dans chaque microbiotope, l'indice de variabilité pour les dix espèces omniprésentes (Tableau VIII). Les valeurs les plus faibles sont encore enregistrées en B ; le pourcentage d'erreur est donc relativement plus faible à ce niveau.

En comparant ces valeurs avec les coefficients de variations établis pour les densités absolues (Tableau VII), on obtient, pour les espèces dominantes, une nette diminution de la variabilité en B. Ainsi le coefficient de variation est de :

55 % en densité absolue et 38 % en densité relative pour	<i>H. foetidus</i>
91 % en densité absolue et 71 % en densité relative pour	<i>A. minutissima</i>
83 % en densité absolue et 73 % en densité relative pour	<i>H. Arcus</i>
88 % en densité absolue et 53 % en densité relative pour	<i>C. minuta</i>

#### c — Variations des abondances relatives des différents groupes d'algues

Les pourcentages des variations les plus faibles sont obtenus en B (Tableau VIII) pour les deux groupes les mieux représentés du peuplement algal : les Diatomées et les Chrysophycées.

L'analyse de ces résultats montre que, plus une espèce, ou un groupe taxonomique domine le peuplement algal, plus le pourcentage d'erreur lié à son dénombrement est faible. Ainsi son abondance relative est, semble-t-il, beaucoup plus significative que sa densité absolue.

#### 3.5.3. COMPARAISON DE MOYENNE

Afin d'apprécier les différences de densité et de richesse spécifique entre les 4 microhabitats, un test de comparaison de moyenne a été appliqué. Il en résulte :

- des différences non significatives entre les échantillons A et D ;
- des différences significatives entre, d'une part, les échantillons B et, d'autre part, les échantillons A et D ;
- des différences hautement significatives entre les échantillons de l'aval (C) et ceux de A et D.
- des différences significatives entre B et C.

#### 3.6. Cas particuliers

Afin de connaître l'influence de quelques caractéristiques physiques du substrat (exposition au courant, forme du caillou) sur la répartition des espèces, nous avons étudié la communauté algale de deux cailloux prélevés dans des conditions différentes.

1 — Pour le caillou abrité derrière un gros bloc (environ 35 cm de hauteur), les résultats figurent dans le tableau ci-dessous :

microhabitat	FACE SUPÉRIEURE			FACE INFÉRIEURE
	A	B	C	D
densité totale	9280	1325	895	1180
Richesse spécifique	21	16	14	14

Nous avons comparé ces résultats avec ceux obtenus précédemment sur les 20 cailloux exposés directement au courant et qui présentaient la même organisation spatiale du peuplement. On constate une inversion de la colonisation du peuplement au niveau des microhabitats A et C.

En A, partie du caillou abritée du courant (située en amont des eaux mortes du gros bloc), le peuplement algal est plus abondant. Il présente les mêmes caractéristiques qualitatives et quantitatives que celles observées au niveau de l'aval (C) des 20 cailloux.

En C, le peuplement est plus proche de celui de l'amont (A) des 20 cailloux. Ceci pourrait être expliqué par le degré d'agitation plus élevé produisant une turbulence intense à ce niveau (zone instable des eaux mortes, du gros bloc, selon Trivellato & Décamps 1968).

2 — Pour le deuxième caillou, dont la face supérieure présente une cuvette centrale, on obtient le résultat suivant :

microhabitat	FACE SUPÉRIEURE			FACE INFÉRIEURE
	A	B	C	D
densité totale	38	55480	11220	260
Richesse spécifique	8	32	26	13

La répartition de la microflore sur les microhabitats se fait selon le schéma général décrit précédemment. La composition du peuplement garde aussi le même aspect que sur les autres cailloux avec cependant, au niveau de la cuvette centrale, un développement algal plus important tant sur le plan qualitatif que quantitatif. En effet, une petite zone d'eaux mortes, créée au niveau de la dépression, permet la prolifération d'une microflore semblable à celle des eaux mortes de l'aval.

En définitive, les caractéristiques du milieu, liées soit à la position des supports dans le lit de la rivière (à l'arrière des gros blocs), soit à leur forme, conditionnent le mode de répartition du peuplement algal sur le caillou, sans pour autant modifier sa composition ou sa structure.

#### 4. — Discussion et conclusion

L'étude des variations de la composition et de la structure du peuplement épilithique, en divers points d'un même caillou fait apparaître deux synusies, entité sociologique qui, selon la définition de Gisin (1947), « occupe l'espace d'un habitat limité ».

— la synusie 1, occupant la face orientée vers l'aval et le centre de la face supérieure du caillou.

— la synusie 2, occupant la face amont et le centre de la face inférieure.

En ce qui concerne la première synusie, les conditions hydrologiques particulières (influence de la couche limite, des eaux mortes...) favorisent l'installation d'une microflore diversifiée et représentative de la communauté des substrats caillouteux.

Les résultats de test statistiques montrent des différences notables, tant pour le nombre d'espèces que pour le nombre d'individus entre les différents microhabitats d'un même caillou. Ces différences sont hautement significatives entre les synusies 1 et 2. Elles sont plus importantes également entre les microhabitats d'un même caillou que celles existant entre le même microhabitat de deux cailloux différents mais identiques dans leur forme et leur exposition.

Le peuplement de la face supérieure, du fait se sa plus grande stabilité est plus représentatif de la communauté algale des substrats caillouteux. Il présente :

— un plus grand nombre d'espèces caractéristiques ;

— une richesse spécifique moyenne voisine de celle du peuplement algal du cours d'eau (au niveau de la station) ;

— une densité algale élevée.

Les paramètres biotiques présentent des fluctuations plus importantes d'un caillou à l'autre au niveau du microhabitat de l'aval en relation probablement avec la complexité des conditions hydrodynamiques, au niveau des eaux mortes, qui s'établissent en arrière des cailloux.

## Travaux cités

- Ambuhl (H.). 1959. — Die Bedeutung der Strömung als ökologischer Faktor. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 21 : 134-263.
- Capblancq (J.) & Cassan (M.). 1979. — Étude du périphyton d'une rivière polluée (l'Agout). I. Structure et développement des communautés sur substrats artificiels. *Annls Limnol.*, 15 (2) : 193-210.
- Cassan (M.). 1978. — Étude du benthos de la rivière polluée Agout par la méthode des substrats artificiels : structure, croissance et métabolisme du périphyton. Thèse 3ème cycle, Univ. Toulouse : 135 p.
- Castenholz (R.W.). 1961. — An evaluation of a submerged glass method of estimatif production of attached algae. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 14 (1) : 155-159.
- Cattaneo (A.), Ghittori (S.) & Vendegna (V.). 1975. — The development of benthonic phytoecoenosis on artificial substrates in the Ticino river. *Oecologia*, 19 (4) : 315-327.
- Cooper (J.M.) & Wilhm (J.). 1975. — Spacial and temporal variation in productivity, species diversity, and pigment diversity of periphyton in a stream receiving domestic and oil refinery effluents *South-west. Nat.*, 19 (4) : 413-428.
- Coste (M.). 1978. — Sur l'utilisation des diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes. Méthodologie comparée et approche typologique. Thèse 3ème cycle, Univ. Franche-Comté, Besançon, 143 p.
- Dauta (A.). 1978. — Colonisation de substrats artificiels dans la retenue de Malause. *Cahiers du laboratoire d'hydrobiologie de Montereau*, 7 : 41-46.
- Décamps (H.), Capblancq (J.) & Hirigoyen (J.P.). 1972. — Étude des conditions d'écoulement en canal expérimental. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 18 : 718-725.
- Descy (J.P.). 1976. — Un appareillage pratique pour l'échantillonnage quantitatif du périphyton épilithique. *Bull. Soc. nor. Bot. Belg.* 109 : 43-47.
- Douglas (B.). 1958. — The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.*, 46 : 295-322.
- Galvin (N.). 1982. — Evolution d'une charge polluante dans un cours d'eau l'Argens (Var). Rôle d'un bief d'eau calme dans le fonctionnement du système. Thèse 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille : 166 p.
- Galvin (N.) & Cazaubon (A.). 1983. — Étude du periphyton d'un secteur pollué d'une rivière varoise l'Argens. Evolution spatiale du peuplement algal en période d'intense pollution. *Annls Limnol.* 19 (3) : 169-178.
- Gisin (H.). 1947. — Analyse et synthèse biocénotique. *Arch. Sc. Phys. Nat.* 5 (29) : 42-75.
- Heller (R.). 1968. — Manuel de statistique biologique. Gauthier-Villars éd. Paris : 289 p.
- Jaccard (P.). 1902. — Lois de distribution florale dans la zone alpine. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* 38 : 69-130.
- Margalef (R.). 1956. — Algas de agua dulce del noreste de Espana. *Publ. Inst. Biol. Apl.*, 22 : 43-152.
- Mc Intire (C.D.). 1964. — Some effects of current velocity on periphyton communities in laboratory streams. *Hydrobiologia*, 27 : 559-570.
- Neal (E.C.), Patten (B.C.) & Depoe (C.E.). 1967. — Periphyton growth on artificial substrates in a radioactively contaminated lake. *Ecology*, 48 (6) : 918-924.
- Patrick (R.). 1973. — Use of algae, especially diatoms, in assesment of water quality. American Society for Testing and Materials. *A.S.T.M. spec. Tech. Publ.*, 528 : 76-95.
- Trivellato (D.) & Décamps (H.). 1968. — Influence de quelques obstacles simples sur l'écoulement dans un Ruisseau Expérimental. *Annls Limnol.* 4 (3) : 357-386.
- Young (O.W.). 1945. — A limnological investigation of periphyton in Douglas Lake, Michigan. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 64 : 1-20.