

## BULLETIN MENSUEL

DE LA

**SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON**

FONDEE EN 1822

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DECRET DU 9 AOUT 1937  
des SOCIÉTÉS BOTANIKES DE LYON, D'ANTHROPOLOGIE ET DE BIOLOGIE DE LYON  
REUNIES  
et de son GROUPE REGIONAL DE ROANNE

**Siège social et Secrétariat général : 33, rue Bossuet, 69006 Lyon**

**TRESORERIE :**

TARIF 1988 et 1989	Membre actif :		Membre scolaire	
	Non abonné au bulletin	Abonné au bulletin	Non abonné au bulletin	Abonné au bulletin
Cotisations . . . . .	120 F	60 F	60 F	35 F
Abonnement au bulletin . . . . .	—	80 F	—	40 F
<b>Total . . . . .</b>	<b>120 F</b>	<b>140 F</b>	<b>60 F</b>	<b>75 F</b>

Changement d'adresse, inscription ou réintégration en sus : 12 F

Abonnement France : 140 F

Abonnement Etranger : 180 F

N.B. — Les virements à notre C.C.P. LYON 101-98 H ou les chèques bancaires, doivent être rédigés au nom de la SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON.

**Pour toute demande de renseignements, prière de s'adresser au Secrétaire général et de joindre un timbre pour la réponse.**

# LES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES DU RHONE GENEVOIS

## I. ASPECTS METHODOLOGIQUES ET INDICES DE QUALITE BIOLOGIQUE GLOBALE

par Michel DETHIER.

### Benthic macroinvertebrates of the Rhône river in Geneva

#### I. Methodological aspects and biological index (IQBG)

Résumé. — De 1983 à 1986, une étude approfondie des macroinvertébrés benthiques a été menée en 10 stations du Rhône genevois, principalement à l'aide de substrats artificiels. Les motivations de l'étude, les caractéristiques des stations et les techniques de récoltes sont expliquées en détail. Les résultats obtenus sont exprimés au moyen de l'indice de qualité biologique global (IQBG). Ils montrent que la confluence de l'Arve et du Rhône, les rejets de la station d'épuration d'Aire et surtout le barrage de Verbois sont les principaux facteurs qui influencent la structure des communautés benthiques. La vidange du barrage, opérée tous les trois ans, n'a par contre qu'un impact mineur et temporaire sur ces communautés. Des comparaisons avec des études antérieures montrent enfin que, globalement, la faune benthique du Rhône genevois n'a pas beaucoup varié en 25 ans.

Summary. — From 1983 to 1986, a sifted study of the benthic macroinvertebrates has been carried out in 10 stations of the Rhône river (canton of Geneva, Switzerland) with artificial substrates. Deals of the study, characteristics of the stations and collecting techniques are described in detail. Results are presented by means of a biological index (IQBG) and show that the melting with the waters of the river Arve, the wastes of the sewage plant Aire and mainly the dam of Verbois mostly influence the structure of the benthic communities. The emptying of the dam every 3 years, has only a slight and temporary effect on these communities. Finally, comparisons with previous studies show that the benthic fauna is about the same as 25 years ago.

#### 1. INTRODUCTION

En 1983, le Service d'Hydrobiologie (par abréviation SH) a entamé une étude approfondie du Rhône genevois portant à la fois sur des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et biologiques (macroinvertébrés benthiques). Cette étude découle de plusieurs mandats successifs confiés au SH : impact de la vidange de Verbois, en juin 1984, sur l'état du Rhône (Services industriels de Genève), état sanitaire du Rhône en amont et en aval d'Aire, dans le cadre des études concernant la nouvelle station d'épuration d'Aire (Département des Travaux publics) et, enfin, étude d'impact sur le Rhône en ville de Genève du futur barrage du Seujet (EAWAG et Département de l'Intérieur et de l'Agriculture). Le travail de terrain s'est terminé au printemps 1986 et des rapports ont été rendus aux organismes intéressés (SH, 1981 ; 1983 a ; 1983 b ; 1984 ; 1985 a ; 1985 b ; 1986). Un article résumant les principaux résultats est également paru (REVACLIER et DETHIER, 1986).

#### PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RHÔNE GENEVOIS

Le tronçon genevois du Rhône s'étend sur environ 25 km depuis sa sortie du Léman jusqu'à la frontière franco-suisse de Chancy-Pougny (fig. 1 a) et

traverse le bassin genevois, cuvette molassique peu accidentée recouverte de dépôts glaciaires. Le Rhône reçoit plusieurs affluents, en particulier l'Arve (rive gauche), l'Allondon (rive droite) ainsi que divers cours d'eau de moindre importance (Nant-d'Avril, Laire, ...). En moyenne, 75 % du débit du Rhône mesuré à Aire provient du lac Léman, 25 % de l'Arve, tandis que les apports hydrauliques moyens de la station d'épuration d'Aire ne représentent qu'environ 0,6 % du débit du fleuve.

Si le régime de l'Arve reste typiquement nivo-glaciaire, le régime du Rhône lémanique, naturellement glaciaire, est considérablement perturbé par les stockages et déstockages des réservoirs d'accumulation construits dans la partie alpine de son bassin versant (ZAHNER, 1984) et par la régulation du niveau du Léman à Genève.

Le débit moyen du fleuve à Aire est d'environ 300 m<sup>3</sup>/s, avec des maximums dépassant 400 et des minimums pouvant descendre en-dessous de 100 m<sup>3</sup>/s. De 1946 à 1981, le Q<sub>347</sub> annuel moyen a été de 135 m<sup>3</sup>/s ; en 1984 (année au cours de laquelle ont eu lieu la plupart des prélèvements physico-chimiques), il était de 114 m<sup>3</sup>/s (données du Service hydrologique national et des Services industriels de Genève). L'étiage a lieu en hiver et les crues à la fin du printemps, lors de la fonte des neiges. Les apports hydrauliques de l'Arve sont importants d'avril à octobre ; à titre d'exemple, il faut citer la période du 21 au 23 avril 1984 pendant laquelle 68 % du débit à Aire (Q = 184 m<sup>3</sup>/s) provenait de l'Arve (REVACLIÉ et DETHIER, 1986).

Les eaux limoneuses provenant du Massif du Mont-Blanc entraînent une grande quantité de matières en suspension qui s'accumulent au barrage de Verbois et nécessitent des vidanges périodiques. Ces « lâchers » d'eau constituent un phénomène hydrologique artificiel, particulier au tronçon étudié et dont l'impact sur la macrofaune benthique sera analysé plus loin.

Plusieurs particularités importantes prennent place le long du parcours genevois du Rhône. Ce sont, d'amont en aval (fig. 1 a) :

— La sortie du lac (de la rade) au Pont de la Machine et la répartition provisoire des eaux entre deux bras, l'un à courant très rapide, l'autre plus lent. Ces deux bras sont canalisés ; par la suite, le fleuve coule entre des rives naturelles.

— La jonction avec les eaux froides et turbides de l'Arve.

— L'arrivée des rejets de la station d'épuration d'Aire (STEP) qui traite la plus grande partie des eaux usées du canton de Genève (400 000 éq./hab.).

— Le barrage de Verbois.

Pour être complet, il faudrait encore tenir compte des rejets des stations d'épuration du Nant-d'Avril, de Vernier (firme Givaudan), d'Avully-Gennevey et de la fabrique Firmenich, ainsi que du barrage de la petite retenue de Chancy-Pougny.

L'ensemble de nos observations et analyses permet de reconnaître 5 secteurs principaux caractérisés chacun par un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques relativement homogènes (REVACLIÉ et DETHIER, 1986). Ce profil écologique est déterminé en grande partie par les quatre particularités précitées dont les impacts sont dus à des apports de matières particulières ou dissoutes (Léman, Arve, STEP), des apports hydrauliques (Léman, Arve) et à des modifications de l'écoulement des eaux (barrages, surtout celui de Verbois). Les apports de matières particulières et les modifications d'écou-

STATIONS DE PRELEVEMENTS

PARTICULARITES

SECTEURS

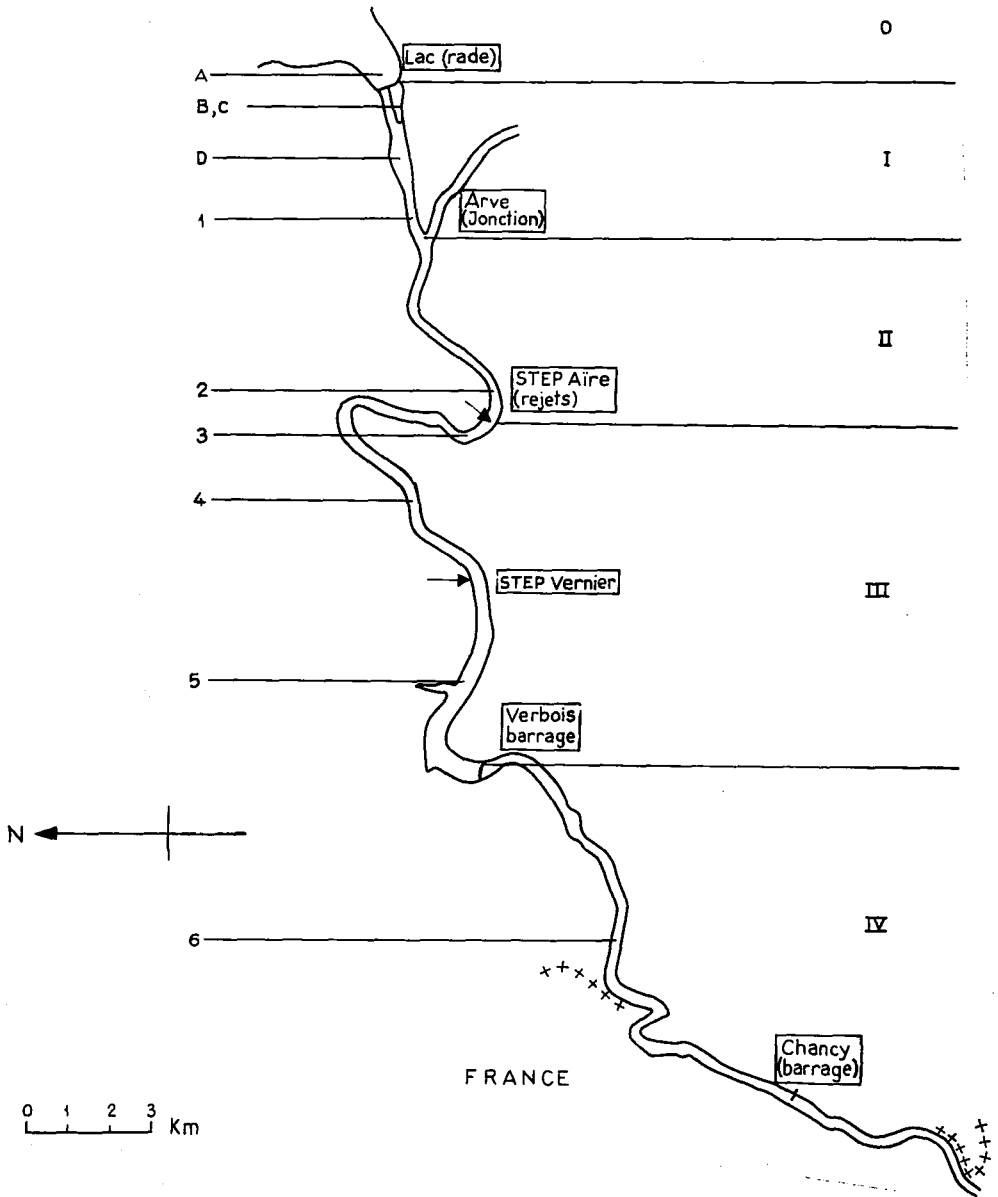


Figure 1 a : Stations de prélèvements biologiques (substrats artificiels), secteurs et principales particularités du Rhône genevois.

lements entraînent conjointement, déjà bien en amont de Verbois, un envasement considérable du lit du Rhône, naturellement constitué de blocs, de cailloux, de graviers et, par endroits, d'un peu de sable et de limon. Cette modification du substrat influe sur la composition des communautés benthiques et vient s'ajouter aux autres impacts, compliquant encore l'interprétation des résultats (v. plus loin).

#### BRÈVE REVUE DES ÉTUDES ANTÉRIEURES

Le Rhône genevois a déjà fait l'objet de diverses études. Avant la construction du barrage de Verbois (1943), des biologistes ont étudié les Phanérogames (HOCHREUTINER, 1896-1897) et le plancton (ANDRÉ, 1921) du Rhône et de la Rade. La création du barrage et la nécessité de le vidanger régulièrement ont soulevé des problèmes (piscicoles par exemple) et entraîné diverses recherches et rapports :

— Les études physico-chimiques et biologiques (bactériologiques et ichthyologiques) de BUFFLE (1945).

— Les études effectuées jusqu'en 1969 lors des vidanges du barrage conjointement par l'Institut d'Hygiène de Genève (SH), l'Office fédéral pour l'Aménagement, la Protection et l'Épuration des Eaux (EAWAG), l'Inspectorat cantonal des Forêts, Chasse et Pêche, le laboratoire du Service des Eaux et les Services industriels, ainsi que le programme national pour l'étude analytique des cours d'eau suisses (NADUF) (EMMENEGGER, 1981 ; OFPE, 1983).

— L'étude biologique du Rhône de PONGRATZ (1962) portant sur 9 profils transversaux, situés entre la sortie du lac et la frontière franco-suisse.

— Les études physico-chimiques de la Commission internationale pour la Protection des Eaux du Léman et du Rhône contre la Pollution (CIPEL : rapport de synthèse, 1984).

— L'étude réalisée en 1974-1975 par l'EAWAG dans le cadre du projet Mapos (PERRET, 1977).

— L'étude biologique menée par Lachavanne, Pongratz et le groupe de Biologie aquatique de l'Université de Genève (1981).

Seuls les travaux de PONGRATZ (1982), de PERRET (1977) et de LACHAVANNE *et al.* (1981) ont porté (du moins partiellement) sur les communautés de macroinvertébrés benthiques ; les deux derniers travaux ne portaient que sur trois stations et quatre campagnes de prélèvements au maximum (tabl. 1). A une époque où l'on se base de plus en plus sur des études biocénotiques pour estimer l'impact, dans l'espace et le temps, des activités humaines sur l'environnement, il devenait urgent d'établir de manière aussi fine que possible l'état dans lequel se trouvaient les communautés de macroinvertébrés benthiques du Rhône genevois ainsi que les effets sur celles-ci de certaines particularités d'alors (pollution résiduelle de la STEP d'Aïre, vidange de Verbois) ou futures (nouvelle STEP d'Aïre, nouveau barrage du Seujet).

Signalons par ailleurs que le Rhône en amont du Léman n'a encore fait l'objet que de trop rares études biologiques (PERRET, 1977). Par contre, le Haut-Rhône français retient, depuis quelques années, l'attention des chercheurs de l'Université Claude Bernard à Lyon qui lui ont consacré de nombreuses et intéressantes publications.

## 2. DESCRIPTION DES STATIONS

L'étude physico-chimique et bactériologique a été effectuée à partir de 23 échantillons prélevés en chacune des huit stations choisies, tous les quinze jours environ. Seize paramètres physico-chimiques et deux paramètres bactériologiques ont été analysés.

L'étude biologique a porté sur dix stations, dont sept sont communes avec les prélèvements physico-chimiques (REVACLIÉ et DETHIER, 1986). Nous avons également procédé à quelques prélèvements biologiques dans l'Arve, peu avant sa confluence avec le Rhône. Nous estimons cependant notre information sur la biologie de cette rivière encore trop fragmentaire pour qu'il en soit fait mention ici. L'Arve genevoise fera l'objet d'une étude approfondie en 1987-1988.

Les figures 1 et 1 b localisent les diverses stations de prélèvements. Le tableau 2 expose de manière schématique les principales caractéristiques des stations biologiques et les regroupe en secteurs (cf. supra).

Tableau 1 : Stations et campagnes des quatre études des macroinvertébrés benthiques du Rhône genevois.

STATIONS	PONGRATZ, 1962 <sup>1</sup>	PERRET, 1977 <sup>2</sup>	LACHAVANNE, 1981 <sup>3</sup>	Ce travail <sup>4</sup>
Rade				4
Pont de la Coulouvrenière	3			4
Passerelle de l'Ile				4
Pont Sous-Terre	2			4
Rhône, en amont de la Jonction				4
Pont Butin, en aval	2			
Aire, amont STEP				4
Aire, aval STEP	2		4	4
Vernier		1		
Passerelle de Chèvres	2			8*
Entre Chèvres et Peney	1			
Pont de Peney	2			4
Verbois, en amont du barrage	2		4	
Pont de La Plaine	2			8*
Pont de Chancy	2	1	4	

1. PONGRATZ, 1962 : drague, filet.

2. PERRET, 1977 : échantillonneurs de fond II et III (ZIMMERMANN et AMBÜHL, 1970 ; BLOESCH, 1977).

3. LACHAVANNE *et al.*, 1981 : échantillonneurs de fond.

4. Ce travail : substrats artificiels (3 par station) et pièges lumineux (\*).

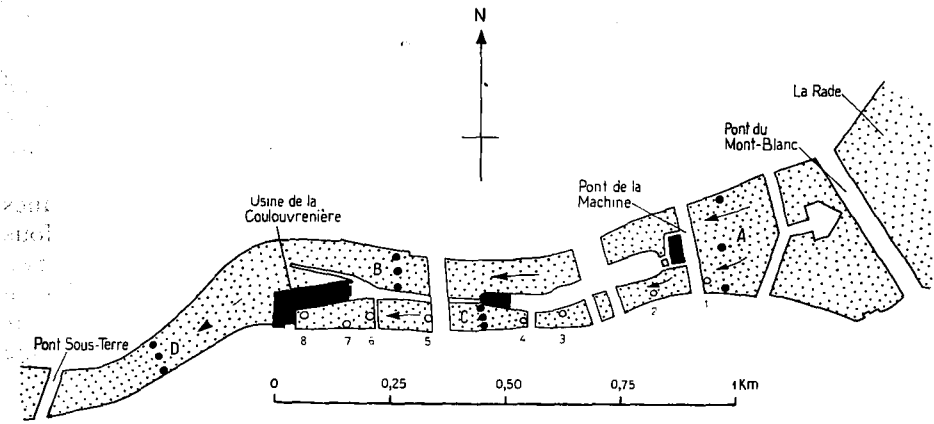


Figure 1 b : Détail des quatre stations amont (A, B, C, D).  
 ● = substrats artificiels ; ○ = prélèvements en plongée (février 1986).

Tableau 2 : Principales caractéristiques des stations étudiées  
 (l'épaisseur du trait est proportionnelle à la grandeur du paramètre).

Paramètres	A	B	C	D	1	2	3	4	5	6
Principaux événements	lac	Sortie				Arve	Aire			Verbois
Vitesse du courant		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Envasement			■					■	■	■
Turbidité								■	■	■
Température moyenne	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
N ammoniacal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
P minéral	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Nombre de germes /ml	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pollution (critères OFPE)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Organismes en place:										
limnophiles	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
rhéophiles	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
limicoles	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
pétricoles	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Secteurs (REVAQUIER et DETHIER, 1986)	O	I			II		III		IV	

D'amont en aval, les dix stations de prélèvements biologiques s'énoncent comme suit :

- A : *Rade*, environ 100 m en amont des vannes du Pont de la Machine. (0).
- B : Bras droit, environ 100 m en aval du Pont de la *Coulouvrenière*. (400/A).
- C : Bras gauche, entre la passerelle de *l'Ile* et le Pont de la *Coulouvrenière*. (300/A).
- D : Environ 200 m en amont du Pont *Sous-Terre*. (350).
- 1 : Environ 200 m en amont de la *Jonction* avec l'Arve. (400).
- 2 : Environ 400 m en *amont* des rejets d'Aire. (2 500).
- 3 : Environ 400 m en *aval* des rejets d'Aire. (800).
- 4 : Environ 100 m en amont de la passerelle de *Chèvres*. (3 400).
- 5 : Environ 50 m en aval du Pont de *Peney*. (3 000).
- 6 : Environ 100 m en amont du Pont de *La Plaine*. (5 000).

Les noms soulignés sont ceux habituellement attribués aux stations et les chiffres entre parenthèses l'éloignement à la station précédente (en mètres). Relevons encore que si certains paramètres (chimiques en particulier) montrent d'un secteur à l'autre des variations quantitatives et qualitatives très nettes (tabl. 2 ; REVAQUIER et DETHIER, 1986), il n'en va pas de même pour d'autres, qui évoluent de manière différente. Par exemple, en raison de leurs différences de densité et de température, les eaux de l'Arve et du Rhône ne se mélangent parfaitement qu'après quelques méandres.

### 3. TRAVAIL SUR LE TERRAIN ET EN LABORATOIRE

#### TECHNIQUES DE RÉCOLTE UTILISÉES

L'étude biologique a été essentiellement réalisée à l'aide de substrats artificiels (SH, 1983 ; 1984 ; 1985 a et b). Sans être parfaite, cette technique présente néanmoins de grands avantages. Bien rodée et correctement appliquée (KALAF et TACHET, 1978), elle permet de recueillir la macrofaune benthique des grands fleuves plus facilement que d'autres techniques (VEROLLET et TACHET, 1978) et, dans le cas d'un fleuve profond et rapide comme le Rhône, certains auteurs la considèrent comme la seule fiable (HELLAWELL, 1978). Pas plus qu'une autre technique, elle ne donne une image parfaitement fidèle des biocénoses existantes ; elle permet par contre, mieux que toute autre à notre avis, un échantillonnage fin dans le temps et l'espace et des comparaisons qualitatives et quantitatives assez précises.

Il existe différents modèles de substrats artificiels, plus ou moins adaptés aux conditions de milieu (HELLAWELL, 1978 ; KALAF et TACHET, 1978 ; 1980 ; BOURNAUD *et al.*, 1978). Nous avons utilisé des paniers en treillis inoxydable (mailles d'un cm) de forme cubique d'environ 20 cm de côté. Après avoir été remplies de cailloux de 3 à 6 cm préalablement lavés (fig. 2), ces nasses sont immergées pour une durée d'un mois environ. En chaque station, nous avons toujours placé trois substrats disposés chaque fois que possible en transversale (rive droite — centre — rive gauche).

Soucieux de nous assurer que les échantillons ainsi obtenus étaient aussi représentatifs que possible des biocénoses en place, nous avons procédé à deux séries de contrôles :

— En-dessous de certains substrats était attaché un filet de nylon à mailles très fines, empêchant la fuite ou la perte d'animaux lors de la remontée. Après un tri minutieux, la comparaison des résultats fournis par les substrats pourvus d'un tel filet et les autres a montré que les pertes étaient minimales dans les premiers : elles n'affectaient pratiquement que les Diptères Chironomidae et les Oligochètes (souvent fort abondants) et ne dépassaient guère 5 %. La mise en place et la manipulation de ces filets étant délicates, nous avons préféré y renoncer et majorer de quelques pourcent les valeurs obtenues pour les deux groupes précités.

— Le Dr R. MÜLLER (EAWAG) a effectué de nombreuses plongées dans le Rhône afin d'y récolter les sédiments et d'observer les poissons. A ces occasions, des prélèvements de faune benthique ont été effectués à l'aide d'un seau métallique : les listes faunistiques obtenues, dans une même station et à une même époque, par cette méthode ou grâce à des substrats artificiels sont largement comparables (tabl. 3).

#### CAMPAGNES D'ÉTUDES ET TRAITEMENT DU MATÉRIEL

La mise en place et le retrait des substrats artificiels ont été opérés à partir d'un bateau à moteur. Trois substrats artificiels ont été posés par station et nous avons effectué au moins quatre campagnes de prélèvements (une par saison) dans chaque station ; afin de mieux cerner l'impact de la vidange de Verbois, nous avons procédé à huit campagnes (de juillet 1983 à juillet 1985) aux stations « Chèvres » et « La Plaine » (fig. 1 a). Ce sont donc au total quelque 121 échantillons de macrofaune benthique (1 substrat artificiel = 1 échantillon) qui ont été recueillis et analysés (20 substrats artificiels ayant été perdus).

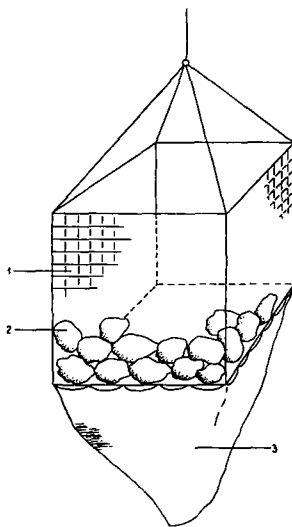


Figure 2 : Substrat artificiel : 1 = nasse en treillis métallique ;  
2 = cailloux ; 3 = filet (facultatif).

Tableau 3 : Comparaison entre les récoltes au moyen de substrats artificiels et avec l'aide d'un plongeur (station C, février 1986). × = présent ; O = abondant ; ● = très abondant ; ● = extrêmement abondant ; (×) ? = présence accidentelle (dérive) ou détermination douteuse (mauvais état, ...).

Organismes		Station C : plongeur	Station C : substrats
CNIDAIRES			
Hydridae	<i>Hydra</i>		O
OLIGOCHÈTES			
		×	O
HYDRACARIENS			
		(×)	
PLATHELMINTHES			
Dugesiidae	<i>Dugesia</i>		●
Planariidae	<i>Polycelis</i>		(O)
Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum</i>		(×)
HIRUDINÉS			
Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia</i> <i>Hemiclepsis</i> <i>Helobdella</i>		
Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>	(×)	(O)
MOLLUSQUES			
Dreissenidae	<i>Dreissena</i>	●	●
Sphaeriidae	<i>Sphaerium</i> <i>Pisidium</i>	×	● ×
Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	×	●
Bithyniidae	<i>Bithynia</i>	×	●
Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	×	(O)
CRUSTACÉS			
Gammaridae	<i>Gammarus</i>	●	●
Asellidae	<i>Asellus</i>	×	O
DIPTÈRES			
Chironomidae		O	●
Simuliidae			
Dolichopodidae			
LÉPIDOPTÈRES			
Acentropidae	<i>Acentropus</i>		
TRICHOPTÈRES			
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	O	●
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i>	●	●
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> <i>Agraylea</i> <i>Microptila</i>	O (×) (×)	●  ×
Leptoceridae	<i>Athripsodes</i> <i>Leptocerus</i>	O (×) ?	O
Sericostomatidae	<i>Notidobia</i>	(×)	(×)
EPHÉMÉROPTÈRES			
Ephemerellidae	<i>Ephemerella</i>		(×)
Baetidae	<i>Baetis</i>		
Heptageniidae	<i>Heptagenia</i>		(×)

Aussitôt sorti de l'eau, chaque substrat artificiel était immédiatement placé tel quel dans un grand récipient de plastique et arrosé d'alcool à 60-70° afin de fixer les organismes qui s'y trouvaient pris. De cette manière, les récoltes pouvaient être conservées quelques jours à la chambre froide avant d'être traitées plus avant. Chaque échantillon (nasse, cailloux, matériaux divers et organismes) était ensuite lavé au-dessus de trois tamis superposés à largeurs de mailles décroissantes (1, 0,5 et 0,2 mm) et grossièrement trié : les cailloux étaient replacés dans le panier métallique pour la prochaine campagne, les débris végétaux et autres déchets jetés, les macroinvertébrés recueillis soigneusement et conservés à l'alcool dans un flacon étiqueté.

Ce matériel était enfin trié sous la loupe binoculaire, tant au point de vue qualitatif que quantitatif. Les organismes étaient au minimum triés jusqu'aux limites de détermination nécessaires à l'établissement de l'indice de qualité biologique global (IQBG), essentiellement à l'aide de l'ouvrage de TACHET *et al.* (1980) : beaucoup de groupes (Hirudinées, Gastéropodes, Plécoptères, ...) ont fait l'objet de déterminations spécifiques précises (DETHIER, sous presse). Les individus de chaque « unité taxonomique » ainsi établie étaient enfin soigneusement comptés<sup>1</sup> puis placés pendant au moins 24 heures dans une étuve à 105°C afin d'en déterminer le poids sec. Les équivalents calorifiques ont été recherchés dans la littérature. Les valeurs obtenues font actuellement l'objet de divers traitements mathématiques (DETHIER et VIVROUX, en préparation).

#### 4. RÉSULTATS ET IQBG

L'expression de l'état biologique des cours d'eau au moyen d'indices biologiques (indice biotique : TUFFERY et VERNEAUX, 1967 ; indice de qualité biologique globale : VERNEAUX et FAESSEL, 1967 ; macro-index : PERRET, 1977 ; etc.) est utile et applicable surtout à des rivières de petite et moyenne importance. Pour des raisons techniques (mode de prélèvement) et biologiques (écologie des espèces rencontrées), leur application à des cours d'eau de l'importance du Rhône genevois ne devrait se faire qu'avec une grande prudence (MAUCET *et al.*, 1984). Les méthodes biologiques ont néanmoins été testées sur le Haut-Rhône français dans le cadre d'études biologiques et écologiques des sites d'implantation de centrales électriques. Il est alors apparu que ces méthodes demeurent relativement fiables dans la mesure où les prélèvements effectués sont représentatifs de la population benthique du fleuve (C.T.G.-R.E.F. Paris, 1976).

Dans cette étude, nous nous sommes servi des indices de qualité biologique globale de VERNEAUX et FAESSEL (1976).

##### PROFIL LONGITUDINAL

La figure 3 montre les variations des valeurs moyennes des IQBG (ainsi que les valeurs extrêmes) le long du Rhône. Les autres indices calculés (macro-index, indice biotique) présentent exactement les mêmes fluctuations

---

1. Les Oligochètes et les Diptères Chironomidae, représentés par des milliers d'individus dans certains échantillons, ont été estimés à partir de sous-échantillons (CHAVANON et BOURNAUD, 1980) et les valeurs ainsi obtenues sont quelque peu approximatives.

mais de façon moins marquée car ils sont moins sensibles. Les moyennes ont été établies sur quatre campagnes annuelles ; les quatre campagnes supplémentaires effectuées à Chèvres (4) et à La Plaine (6) ne seront prises en compte que pour l'étude de l'impact de la vidange.

Les stations A, C et D sont relativement homogènes : IQBG moyens compris entre 11,5 et 12,5 et amplitudes faibles. La station B tranche nettement sur les trois autres : la moyenne s'établit en-dessous de 10 et surtout les écarts sont très importants (la valeur indicielle peut descendre jusqu'à 5 sur une échelle de 20). Il faut attribuer cela au courant très violent et aux modifications brutales de débit qui caractérisent le bras droit ; la faune récoltée ici dans les substrats artificiels est formée en grande partie d'organismes dérivants et ne constitue pas une communauté à proprement parler. La situation est bien meilleure dans la station 1 ; c'est là en effet que la valeur moyenne des IQBG est la plus élevée (13,2) tandis que l'amplitude des variations demeure relativement faible (de 11 à 15). En bref, la qualité biologique du Rhône dans le secteur I (cf. fig. 1 a et tabl. 2) est assez bonne et constante, à l'exception de la station B pour les raisons signalées plus haut. La faune en place, pétricole et rhéophile, est caractéristique d'eaux claires et assez propres (REVAQUIER et DETHIER, 1986). Elle s'augmente de nombreux organismes provenant de la Rade (station A, secteur O) ; l'importance de cette dérive, prépondérante en B, un peu moins sensible en C et en D, diminue encore en 1 où l'on voit apparaître des communautés benthiques plus complexes et plus typiques de grand fleuve rapide et propre.

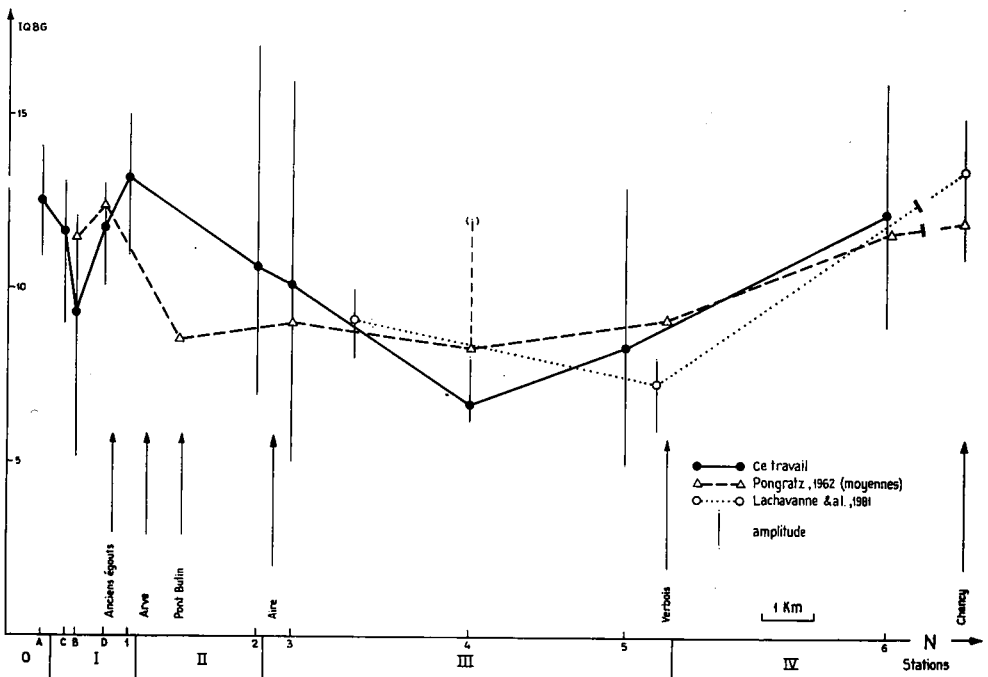


Figure 3 : Indices de qualité biologique globale : profils longitudinaux.

Malheureusement, cette situation ne dure guère car la confluence avec l'Arve, rivière naturellement froide et turbide (tabl. 2), modifie considérablement les conditions de milieu : dans la station 2, la moyenne des IQBG est déjà plus basse qu'en 1 (fig. 3). En outre, l'amplitude des variations devient énorme : de 7 à 17 ! (c'est en 2 que nous avons enregistré la valeur indicielle la plus élevée). Ce phénomène est attribuable au fait que le mélange des eaux du Rhône et de l'Arve ne se fait complètement qu'après plusieurs méandres, les eaux de cette dernière rivière, beaucoup plus froides, ont tendance à couler sous celles du Rhône. Ainsi, les différences entre rive gauche et rive droite sont-elles très marquées en 2.

A la station suivante (3) commencent à se faire nettement sentir les effets combinés des rejets de la STEP d'Aire et du barrage de Verbois qui caractérisent le secteur III (REVACLIÉ et DETHIER, 1986). Quelques centaines de mètres en aval des rejets (station 3), l'impact de ceux-ci sur les communautés de macroinvertébrés benthiques est sensible mais reste néanmoins limité : la moyenne des IQBG en 3 est inférieure de seulement une demi-valeur indicielle à celle calculée en 2. Les écarts entre les valeurs minimales et maximales sont encore un peu plus marqués (de 5 à 16) car, ici encore, l'impact des rejets d'Aire est plus ou moins sensible selon la position du substrat artificiel (rive droite — centre — rive gauche). Comme dans la station 2 pour les eaux de l'Arve et du Rhône, le mélange des eaux usées avec celles du récepteur n'est complet qu'après quelques méandres. C'est à Chèvres (station 4) que la qualité biologique du Rhône est la plus mauvaise : la moyenne des IQBG n'atteint même pas 7 (sur 20 !). En revanche, l'amplitude des variations s'est fortement réduite : entre 6 et 8 (une seule valeur exceptionnelle de 12 sur 11 échantillons). Cette situation est due aux effets conjugués de l'Arve, d'Aire et de Verbois. La moyenne remonte légèrement à Peney (station 5) en même temps que les écarts s'amplifient à nouveau. Nous attribuons cela à la présence, dans la moitié des échantillons, d'organismes limnophiles (certains Trichoptères à fourreau en particulier). Quelques-uns sont certainement accidentels mais il semble malgré tout que la plupart, bien que peu nombreux, soient en place et leur prise en compte dans le calcul des indices entraîne cette « amélioration » relative en même temps que la dispersion des résultats (selon qu'un échantillon renferme ou non ces organismes). Si l'on ne tient pas du tout compte de leur présence, les indices s'établissent à peu près aux mêmes valeurs que celles relevées dans la station précédente.

La dernière station (6, La Plaine) présente une amélioration très sensible des IQBG puisque leur moyenne est de 12,3. L'amplitude des variations est importante (de 9 à 16) et dénote ici un certain état de déséquilibre plutôt qu'un mélange incomplet des eaux. Cet état doit être attribué à la qualité chimique des eaux, nettement moins bonne à La Plaine qu'en amont de la Jonction (station 1), ainsi que nous l'avons montré ailleurs (REVACLIÉ et DETHIER, 1986 ; SH, 1984 a ; 1986).

Les communautés de macroinvertébrés benthiques caractérisant la qualité biologique du Rhône genevois semblent donc d'abord influencées par la vitesse du courant et la nature du fond, et seulement ensuite par la pollution résiduelle d'Aire. Il faut cependant relever qu'entre la Jonction et Verbois ces trois facteurs interviennent en même temps et qu'il n'est pas possible, dans l'état actuel du Rhône et de nos connaissances, d'établir

très précisément la part de chacun. Un effet synergique est possible et même très vraisemblable. D'un autre côté, l'action de ces facteurs n'est pas linéaire : par exemple, c'est un courant trop violent (et des variations trop brusques) qui est responsable de la pauvreté de la faune benthique en B tandis qu'il faut sans doute attribuer à l'effet de lac dû à Verbois la présence en 5 d'organismes limnophiles et limicoles.

#### VARIATIONS SAISONNIÈRES

Elles sont en général assez modestes et, dans les stations A, C, D, 1, 4 et 6 (sauf une valeur dans ce dernier cas), ne dépassent guère (et le plus souvent n'atteignent pas) deux unités de valeur indicielle. Dans les autres stations (B, 2, 3 et 5), les écarts entre les valeurs moyennes saisonnières des IQBG sont plus importants, en particulier dans la station 3 où ils dépassent 7 : hiver 6 — été 13,3 ! Il est intéressant de relever que ces stations où les écarts saisonniers des IQBG sont les plus grands sont aussi celles où nous avons constaté les amplitudes absolues les plus marquées dans le profil transversal (cf. supra et fig. 3). Une fois de plus, nous pensons pouvoir mettre ce phénomène en relation avec certaines conditions particulières régnant dans ces stations ; en B, grande vitesse du courant et très importantes variations de débit ; en 2, mais surtout en 3, actions conjuguées et cumulées de l'Arve et d'Aire ; en 5, installation d'une faune partiellement lacustre soumise à de fréquentes et parfois brusques variations (stockages et déstockages, vidanges).

Dans les stations A, B, C, D et 1, les IQBG calculés à partir des échantillons du printemps et de l'été sont régulièrement inférieurs à ceux résultant des campagnes d'automne et d'hiver. En revanche, à partir de la station 2, ce sont les IQBG des campagnes d'automne et d'hiver qui sont fréquemment plus bas que ceux du printemps et de l'été (fig. 4). Les causes de cette inversion sont sans doute diverses mais les principales doivent être recherchées dans les différences de faune et conditions de vie caractérisant ces deux grands groupes de stations. Les stations B, C, D et même 1 sont alimentées directement par l'eau du lac et de la rade (station A) et, de ce fait, de nombreux paramètres physico-chimiques (température, turbidité, état pollué...) présentent ici des valeurs et des variations étroitement comparables (SH, 1986 ; REVAQUIER et DETHIER, 1986). En outre, les organismes dérivants entrent pour une part importante dans la composition qualitative et quantitative de la macrofaune benthique recueillie dans ces stations à l'aide des substrats artificiels. Or, parmi les organismes responsables d'IQBG élevés, on rencontre là des larves de Trichoptères à fourreau (en particulier Hydropsychidae et Leptoceridae : DETHIER, sous presse) dont les adultes éclosent très tôt (fin mars — début avril) et dont les larves ne sont reconnaissables (suffisamment grandes) qu'en fin d'été, en automne et en hiver. A partir de la station 2, en plus de l'influence de l'Arve (température, turbidité, débit : REVAQUIER et DETHIER, 1986), le Rhône prend un caractère de fleuve plus marqué (atténué provisoirement par la retenue de Verbois) et les espèces « nobles » (entraînant des indices relativement élevés, comme les Plécoptères et les Ephéméroptères) sont plus tardives, c'est-à-dire que leurs larves sont reconnaissables et utilisables pour l'établissement des IQBG surtout durant la belle saison. PERRIN et ROUX (1978) ont d'ailleurs montré qu'entre Seyssel

et Jons, la macrofaune benthique du Haut-Rhône français était plus pauvre en espèces et en individus durant la saison froide qu'au printemps et en été, périodes au cours desquelles la diversité augmentait.

#### IMPACT DE LA VIDANGE DU BARRAGE DE VERBOIS (DU 13 AU 17 JUIN 1984)

Le barrage de Verbois, terminé en 1943, se trouve 13 km en aval de la jonction du Rhône et de l'Arve. En raison de sa nature torrentueuse, cette dernière rivière est très érosive et charrie environ 1 à 2 millions de tonnes de matière minérale dans le Rhône chaque année. Cette matière s'accumule en grande partie dans la retenue de Verbois, laquelle doit être périodiquement curée afin de restaurer ses capacités hydrauliques. Depuis 1969, cette vidange est régulièrement opérée tous les trois ans. Elle comprend trois phases principales :

- phase d'abaissement rapide du plan d'eau ;
- phase d'abaissement « au ralenti » du plan d'eau jusqu'à la cote minimum (353 m/mer). C'est au cours de cette phase que 50 % de la masse totale des sédiments sont arrachés ;
- phase de « chasse » à niveau plus ou moins constant et, finalement, remontée du plan d'eau au niveau habituel.

Une telle opération ne va pas sans entraîner de profondes modifications dans l'écosystème. L'aspect le plus spectaculaire est bien sûr l'augmentation considérable de la turbidité des eaux sur une longue distance, turbidité due essentiellement à la remise en suspension des sédiments fins (sables, limons) provenant surtout de l'Arve : en 1984, 129 millions de mètres cubes

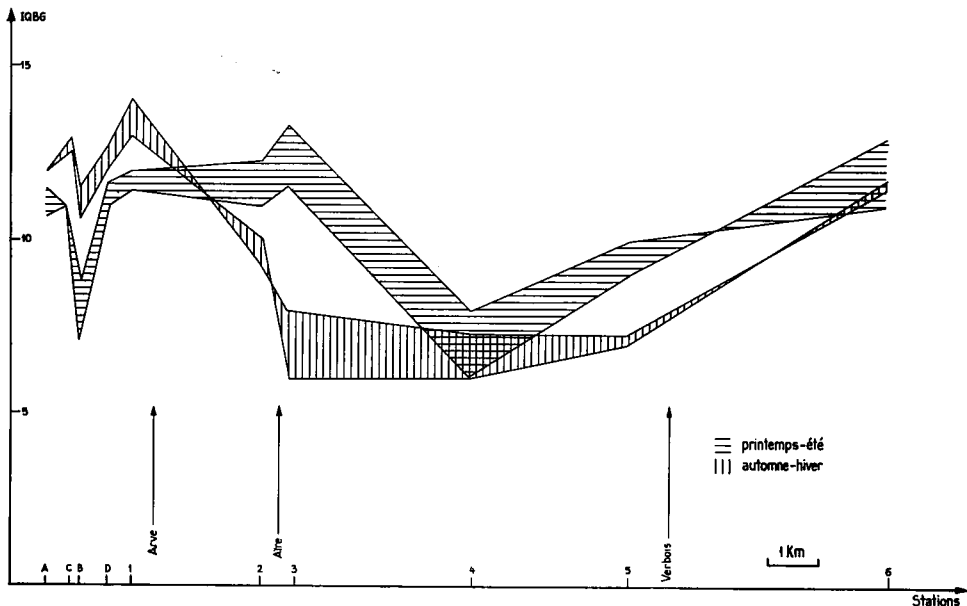


Figure 4 : Indices de qualité biologique globale : différences entre bonne (printemps-été) et mauvaise saison (automne-hiver).

d'eau ont charrié vers l'aval quelque 790 000 tonnes (poids sec) de matières en suspension. Ces sédiments sont particulièrement nuisibles aux poissons, en raison de leurs effets abrasifs et colmatants sur les branchies.

Cette pollution physique s'accompagne bien sûr de divers phénomènes chimiques : déficit en O<sub>2</sub> (pas de déficit en 1984, mesurable en 1981), augmentation de la concentration en ammoniacale (1,3 mg N/l en moyenne en 1984)... A l'occasion de chaque vidange, le Service d'Hydrobiologie est chargé par les Services industriels de Genève d'effectuer une campagne complète d'analyses physico-chimiques et bactériologiques tout au long de l'opération (voir pour les deux dernières vidanges : SH, 1981 ; 1984 b). Roux (1984) a publié une excellente synthèse de l'impact des vidanges sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux du Rhône.

Les huit campagnes effectuées à Chèvres (station 4) et La Plaine (station 6) entre 1983 et 1985 (v. tabl. 4) ont permis de suivre assez finement les effets de la vidange de juin 1984 sur les communautés de macroinvertébrés benthiques. Il ressort de cette étude les observations suivantes :

— A La Plaine mais surtout à Chèvres, les communautés de macroinvertébrés benthiques sont dominées par des organismes détritivores, le plus souvent microphages (beaucoup d'Oligochètes et de Chironomes, nombre de larves d'insectes comme les Ephémères et les Trichoptères *Hydropsyche*

Tableau 4 : Campagnes effectuées au cours de l'étude 1983-1986.

Campagnes		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6
1983.	1.VII - 29.VII								•		•
1984.	15.III - 11.IV						•	•	•	•	•
	7.V - 6.VI					•	•	•	•	•	•
	vidange (12-17.VI)										
	27.VI - 25.VII					•	•	•	•	•	•
	25.VII - 24.VIII								•		•
	24.VIII - 3.X								•		•
	3.X - 7.XI					•	•	•	•	•	•
1985.	6.V - 3.VI	•	•	•	•						
	18.VI - 18.VII								•		•
	13.VIII - 17.IX	•	•	•	•						
	15.XI - 16.XII	•	•	•	•						
1986.	24.III - 23.IV	•	•	•	•						

• = trois substrats artificiels immergés.

p. ex.), parfois macrophages (Gammare, Aselles) ; les régimes mixtes (ou polyphages) ne sont pas rares. Cette abondance des organismes détritvovres en particulier microphages (filtreurs, etc...) s'explique par la grande quantité de matières organiques fines en suspension dans le Rhône (depuis Aire et même la Jonction) qui constituent une véritable « manne » pour ce genre d'animaux.

— A Chèvres et à La Plaine, la vidange se marque par une réduction assez brusque de la quantité de certains groupes d'invertébrés, en particulier des détritvovres macrophages (Gammare), des phytovphages (Mollusques Gastéropodes) et de certains prédateurs (Sangsues p. ex.), soit des organismes dont les cycles biologiques se déroulent entièrement dans le fleuve. Les insectes qui présentent un stade aérien (Plécoptères, Ephéméroptères, Trichoptères) sont beaucoup moins affectés par l'effet « vidange » et les variations de population observées chez eux s'expliquent mieux par leur phénologie (pontes, stades larvaires et nymphal, émergence des adultes). En outre, au moment de la vidange, beaucoup d'espèces d'insectes sont dans leur écophase aérienne et échappent de ce fait, du moins en grande partie, aux effets du flux. Enfin, le comportement fouisseur plus ou moins marqué de certaines espèces leur permet d'attendre avec plus ou moins de succès la fin de la vidange à l'abri dans les sédiments assez profonds et non perturbés (divers Ephémères, certains Chironomes et Oligochètes).

— Quelques organismes, au contraire, semblent favorisés par la vidange (*Hydra sp.* et *Dreissena polymorpha* p. ex.), leurs populations augmentant assez sensiblement peu après celle-ci. Ce phénomène doit sans doute être attribué à l'élimination d'une partie de la vase recouvrant le lit naturel, caillouteux. Un substrat dur offre en effet des possibilités de colonisation plus grandes pour ce type d'organismes.

— Un an après la vidange, la situation est redevenue pratiquement identique à ce qu'elle était en 1983 à la même époque : tous les groupes recensés alors sont à nouveau présents et dans des proportions comparables. Il faut cependant noter qu'à La Plaine, les larves d'*Hydropsyche* (Trichoptères), si elles étaient aussi nombreuses en 1983 qu'en 1985, étaient beaucoup plus petites cette dernière année et leur biomasse était par conséquent beaucoup plus faible. Ce retard notable dans leur développement n'est sans doute pas dû qu'à la vidange mais également aux conditions climatiques.

L'impact de la vidange est peu décelable par le biais des IQBG : les petites fluctuations (1 ou 2 valeurs indicielles) peuvent être en partie attribuées à l'échantillonnage relativement restreint (3 pièges par station et par campagne) et sont à peu près du même ordre de grandeur que les écarts entre les différents substrats d'une même station et d'une même campagne. En outre, ainsi que nous l'avons observé plus haut, les variations saisonnières des IQBG peuvent être assez importantes, même dans un fleuve comme le Rhône (a priori plus stable qu'une rivière comme l'Allondon p. ex.). La figure 5 montre en particulier que la vidange se traduit, tant à Chèvres qu'à La Plaine, par une légère baisse des IQBG, celle-ci étant un peu plus accentuée dans la première station. Mais au bout de trois à quatre mois (campagne 4), les valeurs indicielles sont pratiquement redevenues ce qu'elles étaient juste avant la vidange. Au point de vue faunistique, on constate également que les biocénoses, compte tenu des variations saisonnières, se sont presque intégralement reconstituées en ce court laps de temps (3 à 4 mois). Cette

situation plutôt réconfortante découle essentiellement du fait qu'au moment de la vidange, la majorité des espèces d'insectes à larves aquatiques sont au stade adulte et ne subissent pas de manière drastique ses effets néfastes. Les modalités de la vidange (rapidité, débits, DBO, NH<sub>4</sub>, ...) ainsi que le laps de temps entre deux chasses (3 ans) ont certainement aussi leur importance. Ces observations ne s'appliquent qu'aux macroinvertébrés et l'impact sur les poissons est sans doute différent.

## 5. COMPARAISONS ET DISCUSSION

### EVOLUTION DU RHÔNE

Entre l'étude de PONGRATZ (1962) et celle de LACHAVANNE *et al.* (1981), l'état biologique du Rhône ne s'est pas modifié de façon sensible dans trois des stations communes aux deux études : Aire-Lignon (aval STEP), retenue de Verbois (amont du barrage) et Chancy (tabl. 1). Les listes faunistiques, le nombre d'unités systématiques rencontrées et les indices biologiques (IB, IQBG, MI) le montrent clairement. Il convient cependant de noter qu'en 1962 la STEP d'Aire n'existait pas encore et que les égouts de la ville de Genève se déversaient dans le Rhône beaucoup plus en amont, entre le pont de la Coulouvrenière et le pont Sous-Terre. Cette brusque arrivée d'eau non épurée avait alors sur la biologie du fleuve un impact bien plus marqué que ne l'ont actuellement les rejets de la STEP d'Aire (PONGRATZ, 1962). La figure 3 montre bien qu'en 1962 une diminution nette des IQBG (calculés d'après les listes faunistiques données par PONGRATZ) apparaissait directement en aval des égouts d'alors (Saint Jean). Par la suite, les deux courbes, celle de 1962 et

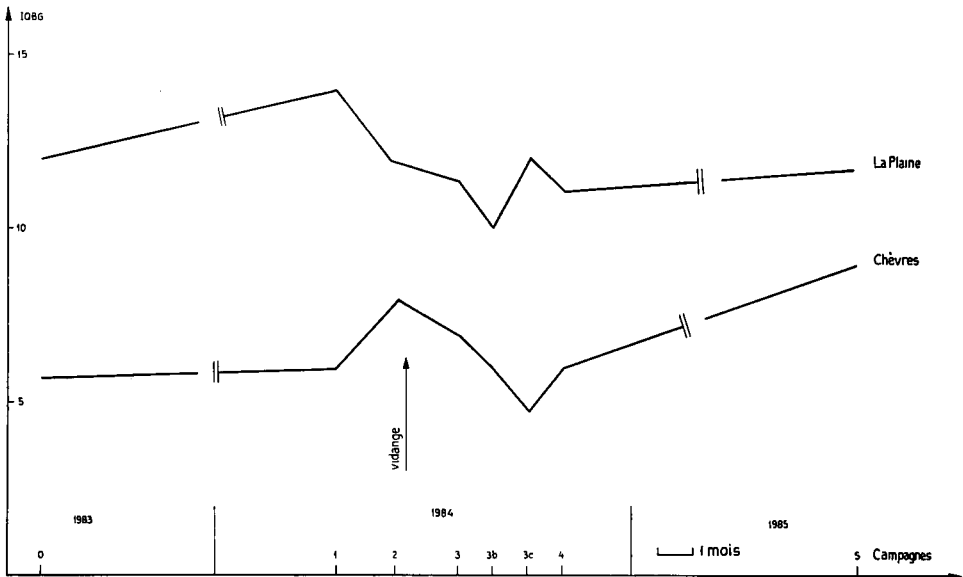


Figure 5 : Influence de la vidange du barrage de Verbois sur la qualité biologique du Rhône.

l'actuelle, montrent des évolutions très voisines, puisque le plus grand écart entre les moyennes dépasse à peine une valeur indicielle (station 4). Les valeurs obtenues par PERRET (1977) et LACHAVANNE *et al.* (1981) se situent également dans le même ordre de grandeur.

#### IMPACT DES VIDANGES

TINCHANT (1979) a étudié l'impact de la vidange du barrage de Génissiat sur la faune des macroinvertébrés benthiques à l'aide de substrats artificiels assez comparables aux nôtres (ROUX *et al.*, 1976). Bien que l'unique station de prélèvement se trouvait à environ 140 km en aval de Génissiat, les effets de la vidange complète de 1978 se sont fait sentir de la même manière qu'à Chèvres et La Plaine en 1984 : nette diminution des Gammare, sensible augmentation subséquente des Hydres et des *Dreissena*, pas de modification notable qualitative de la faune benthique, rétablissement assez rapide de la situation de départ...

LACHAVANNE *et al.* (1981), à l'occasion de la vidange de 1978, ont étudié la faune benthique en 3 stations du Rhône (tabl. 1). Bien qu'ayant utilisé des techniques de prélèvement complètement différentes (échantillonneurs de fond manipulés par un plongeur), ils arrivent pratiquement aux mêmes conclusions que TINCHANT (1979), ROUX (1984) et celles de la présente étude ; à savoir que l'impact de la vidange, s'il est assez important au point de vue quantitatif, est moins perceptible au point de vue qualitatif et surtout qu'il est momentané. En tenant compte de l'imperfection de la méthode des indices biologiques pour un fleuve tel que le Rhône, et si nous fixons le seuil de tolérance à une valeur des IQBG égale à 12 (rappelons que les IQBG varient de 1 à 20 en fonction inverse de l'augmentation de la pollution), nous pouvons dire que les secteurs I, II et IV sont d'une qualité biologique acceptable tandis que dans le secteur III les IQBG se situent le plus souvent en-dessous du seuil de tolérance, parfois même de façon très nette (stations 4 et 5, v. fig. 3).

#### REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre vive reconnaissance aux personnes suivantes :

- M. J. MOURON, chef du Service Lac et Cours d'eau du Département des Travaux publics de Genève, pour la mise à disposition d'un bateau.
- MM. M. HURNI (Hydrobiologie) et B. BERGER (Travaux publics) pour leur assistance sur le terrain. M. HURNI a également dactylographié les tableaux.
- Mlles A. LAVY et S. ALLAZ (Hydrobiologie) ainsi que MM. H. DIEM et J. C. TCHOUNDA pour leur aide dans le tri préliminaire de l'abondant matériel récolté.
- M. le Prof. R. GINET et M. H. TACHET (Lyon) qui ont bien voulu relire notre manuscrit et nous faire bénéficier de leurs conseils.
- M. le Dr R. MÜLLER (EAWAG) qui a recueilli des échantillons de faune benthique au cours de ses plongées.
- M. G. ROTH (Genève) pour la mise au net des dessins.

Service d'Hydrobiologie, Institut d'Hygiène I  
C.P. 109 1211 - Genève 4

BIBLIOGRAPHIE

- ANDRÉ E., 1921. — Sur le plancton du Rhône. *Zeit. F. Hydrol.*, 3 (3-4) : 259-266.
- BLOESCH J., 1972. — Bodenfaunistische Untersuchungen in Aare und Rhein. *Schweiz Z. Hydrobiol.*, 39 : 46-48.
- BOURNAUD M., CHAVANON G., TACHET H., 1978. — Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. 5. Colonisation par les macroinvertébrés de substrats artificiels suspendus en pleine eau ou posés sur le fond. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20 : 1 485-1 493.
- BUFFLE J., 1945. — Recherches sur les causes de la pollution des eaux du Rhône en aval de Genève. Services industriels de Genève. Rapport dactylographié, 85 pp.
- CHAVANON G. et BOURNAUD M., 1980. — Une méthode simple de sous-échantillonnage pour les prélèvements de macroinvertébrés dérivants. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 42 (2) : 322-330.
- C.I.P.E.L., 1984. — Le Léman : synthèse 1957-1982. Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution. Lausanne, 650 pp.
- C.T.G.R.E.F., 1976. — Rapport sur les études écologiques et biologiques des sites d'implantation de centrales thermiques sur le Rhône. C.T.G.R.E.F., Paris, 1<sup>o</sup> partie : 49 pp. ; 2<sup>e</sup> partie : 46 pp.
- DETHIER M., (sous presse). — Macroinvertébrés benthiques du Rhône genevois. II. Aspects faunistiques. *Revue suisse Zool.*
- EMMENEGGER C., 1981. — Le réseau des stations fédérales d'observation des eaux. Office fédéral de la protection de l'environnement, Bern (1971-1981) : 88-104.
- HELLAWELL J. M., 1978. — Biological surveillance of rivers. Water Research Centre. Stevenage, 332 pp.
- HOCHREUTINER G., 1896. — Etude sur les Phanérogames aquatiques du Rhône et du port de Genève. *Revue Gen. Bot.*, 8 : 90-110, 158-167, 188-200 et 249-265.
- HOCHREUTINER G., 1897. — Notice sur la répartition des Phanérogames du Rhône et du port de Genève. *Bull. Herb. Boissier*, 5 : 1-14.
- KHALAF G. et TACHET H., 1978. — Un problème d'actualité : Revue de travaux en matière d'utilisation des substrats artificiels pour l'échantillonnage des macroinvertébrés des eaux courantes. *Bull. Ecol.*, 9 (1) : 29-38.
- KHALAF G. et TACHET H., 1980. — Colonization of artificial substrata by macroinvertebrates in a stream and variations according to stone size. *Freshwater Biology*, 10 : 475-482.
- LACHAVANNE J. B., PONGRATZ E. et le groupe de biologie aquatique, 1981. — Etude biologique du Rhône entre Genève et Chancy. Université de Genève. Rapport dactylographié, 103 pp.
- MAUCET D., CELLOT B. et BOURNAUD M., 1984. — Application de l'indice de qualité biologique globale (IQBG) de l'état des eaux courantes aux grandes rivières et à leurs milieux annexes. ARA/ARP, Univ. Lyon 1, 112 pp.
- OFPE, 1983. — L'état des cours d'eau suisses. Office fédéral de la protection de l'environnement. *Les cahiers de l'environnement*, 19.
- PERRER P., 1977. — Zustand des schweizerischen Fließgewässer in den Jahren 1974-1975 (Projekt MAPOS). EAWAG & Eidg. Amt f. Umweltschutz. Bern, 276 pp.
- PERRIN J. F. et ROUX A. L., 1978. — Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. 6. La macrofaune benthique du fleuve. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20 : 1 494-1 502.
- PONGRATZ E., 1962. — Etude biologique du Rhône de sa sortie du Léman jusqu'à Chancy. Institut d'Hygiène, Service d'Hydrobiologie, Rapport dactylographié, 21 pp.
- REVAQUIER R. et DETHIER M., 1986. — Etude écologique du Rhône genevois (1983-1986). *Gaz-Eaux-Eaux usées.*, 66 (11) : 756-765.
- ROUX A. L., 1984. — The impact of emptying and cleaning reservoirs on the downstream Rhône physico-chemical and biological water quality. 2nd Int. Symp. on Regulated Streams, Oslo 8.82 ; « Regulated Rivers » (Lillehammer & Saltven, ed.), Oslo 1984 : 61-70.
- ROUX A. L., TACHET H. et NEYRON M., 1976. — Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. III. Une technique simple et peu onéreuse pour l'étude des macroinvertébrés benthiques des grands fleuves. *Bull. Ecol.*, 7 (4) : 493-496.
- Service Cantonal d'Hydrobiologie, 1981. — Rapport concernant les examens physico-chimiques, bactériologiques et biologiques des eaux du Rhône durant la vidange de la retenue de Verbois du 24 au 29 juin 1981. 18 pp., 2 pl.
- Service Cantonal d'Hydrobiologie, 1983 a. — Projet d'étude biologique du Rhône et de l'impact de la vidange de Verbois sur les macroinvertébrés benthiques. Rapport dactylographié, 13 pp. 9 tabl. 7 fig. Genève, avril 1983.

- Service Cantonal d'Hydrobiologie, 1983 b. — Rapport sur l'influence des rejets de la station d'épuration d'Aire sur l'état sanitaire du Rhône genevois : état des connaissances. Rapport dactylographié, 14 pp. 11 tabl. 5 fig. Genève, novembre 1983.
- Service Cantonal d'Hydrobiologie, 1984 a. — Etat sanitaire du Rhône genevois : physico-chimie, bactériologie et biologie (janvier à septembre 1984). Rapport dactylographié, 54 pp. Genève, novembre 1984.
- Service Cantonal d'Hydrobiologie, 1984 b. — Vidange de la retenue de Verbois du 13 au 17 juin 1984 : rapport concernant les examens physico-chimiques et bactériologiques des eaux du Rhône. Rapport dactylographié, 9 pp. 2 tabl. 2 fig. Genève, novembre 1984.
- Service Cantonal d'Hydrobiologie, 1985 a. — Etat sanitaire du Rhône genevois : physico-chimie, bactériologie et biologie (rapport complémentaire). Rapport dactylographié, 10 pp. 6 tabl. 5 fig. Genève, mars 1985.
- Service Cantonal d'Hydrobiologie, 1985 b. — Vidange et chasse de la retenue de Verbois du 13 au 17 juin 1984 : impact sur les communautés de macroinvertébrés benthiques. Rapport dactylographié, 13 pp. 2 tabl. 2 ann. 6 fig. Genève, novembre 1985.
- Service Cantonal d'Hydrobiologie, 1986. — Physico-chimie, bactériologie et macroinvertébrés benthiques. In « Expertise concernant l'évaluation de l'impact du barrage de régularisation des eaux du Léman et de l'usine hydroélectrique du Seujet sur la biologie du Rhône à Genève ». Rapport dactylographié, 146 pp. EAWAG, Kastanienbaum, 1986.
- TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX Ph. et coll., 1980. — Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). Ass. franç. Limnol., Paris, 155 pp.
- TINCHANT A., 1979. — Effet de la vidange du barrage de Génissiat sur la faune des Macroinvertébrés benthiques. Rapport de D.E.S. Univ. Cl. Bernard, Lyon, 32 pp.
- TUFFERY G. et VERNEAUX J., 1967. — Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. Trav. Sect. Tech. P. et P. C.E.R.A.F.E.R., Paris.
- VERNEAUX J. et FAESSEL B., 1976 a. — Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. C.T.G.R.E.F., Paris, 20 pp.
- VEROLLET G. et TACHET H., 1978. — Un échantillonneur à succion pour le prélèvement du zoobenthos fluvial. *Arch. Hydrobiol.*, 84 (1) : 55-64.
- ZAHNER P., 1984. — Géographie physique. In « Le Léman, synthèse 1957-1982 ». CIPEL, Lausanne : 35-42.
- ZIMMERMANN V. et AMBUHL H., 1970. — Zur methodik der quantitativen biologischen Probenahmen in stark strömenden Flüssen. *Rev. Suisse Hydrobiol.*, 32 (1) : 340-344.

Encart D. Tupinier : La chauve-souris et l'homme, entre les pages 260 et 261.

Le directeur de publication :

Marc TERREAUX

N° d'inscription à la C.P.P.P. : 52 199

Imp. TERREAUX Frères, 157-159 rue Léon-Blum, 69100 Villeurbanne