

Chimia 46 (1992) 164–169
© Schweiz. Chemiker-Verband; ISSN 0009–4293

Etude physico-chimique, bactériologique et biologique d'une rivière franco-suisse: La Drize

Roger Revaclier, Michel Dethier, Antoine Balikungeri* et Jean-Claude Landry

Abstract. Drize is a highly polluted river, the pollution being essentially due to the disposal of water from a waste water treatment plant situated in Collonges-sous-Salève. In addition, water run off from agricultural land and accidental introduction of chemicals contribute to this pollution. The benthic macrofauna of its basin is found to be very poor. The Collonges-sous-Salève waste water treatment plant has been linked to the Geneva water treatment network since november 1990. Although some decrease in pollution of the river Drize has been observed, it still belongs to the highly polluted class of water.

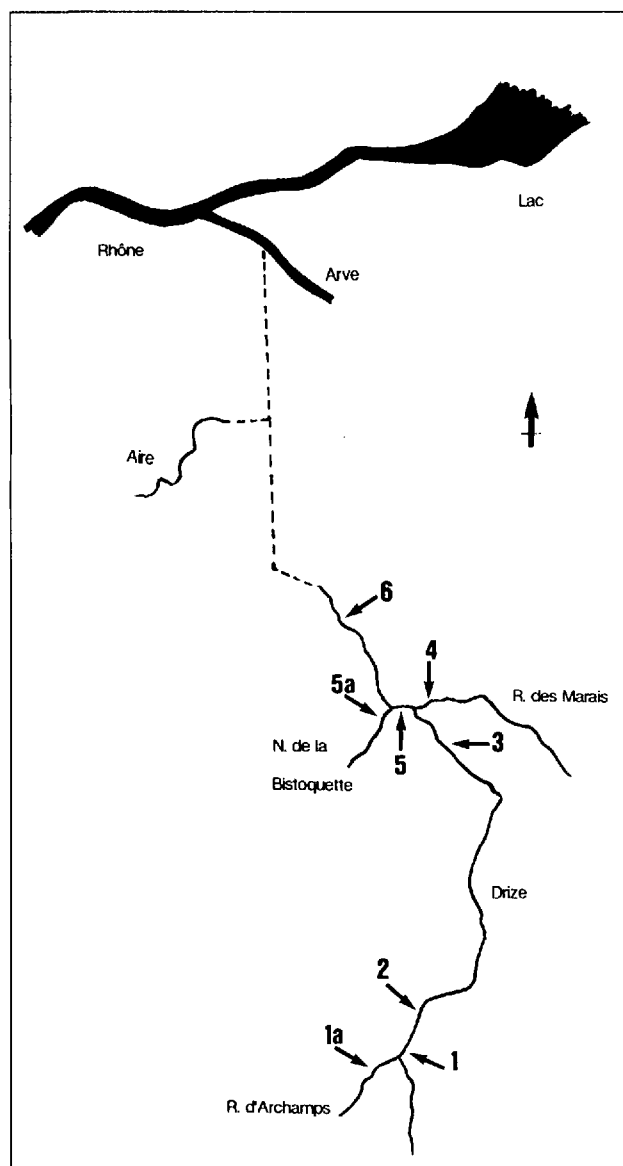


Fig. 1. Stations d'échantillonnage de la Drize et ses affluents. 1a: Ruisseau d'Archamps. 1: Amont STEP. 2: Evordes. 3: Troinex. 4: Ruisseau des Marais. 5: Route de Drize. 5a: Nant de la Bistoquette. 6: Grange Collomb.

1. Introduction

La Drize est une rivière appartenant au bassin de l'Arve. Elle prend sa source au pied du mont Salève et coule sur des couches de marne claire. La longueur totale de la Drize est de 8 km et sa dénivellation, depuis la frontière franco-suisse jusqu'à l'embouchure, est de 90 m (480 à 390 m). Son principal affluent est le ruisseau des Marais, qui prend sa source dans une plaine maraîchère de la commune de Veyrier et rejoint la Drize sur la commune de Troinex. Il est long de 1345 m et sa dénivellation est de seulement 10 m. Le ruisseau d'Archamps prend également sa source au pied du mont Salève et se jette dans la Drize près de Croix-de-Rozon, à la frontière. Les deux autres affluents sont beaucoup moins importants au point de vue débit et sont d'ailleurs en partie sous tuyaux. Il s'agit du nant de la Bistoquette situé sur la commune de Plan-Les-Ouates et du nant de Sac, situé sur celle de Troinex. De plus amples informations sur les caractéristiques du bassin versant de la Drize peuvent être trouvées dans un récent rapport de l'Association Genevoise pour la Protection de la Nature (AGPN) [1].

La section d'hydrobiologie, du service de l'écotoxicologie cantonal, procède depuis 1965 à des contrôles de la qualité chimique et bactériologique des eaux de la Drize et, depuis 1984, à des estimations de la qualité biologique. Dans ce travail, nous prendrons en compte les résultats des campagnes relativement récentes: 1977, 1985, 1989, 1990 et 1991.

La Drize souffre d'une pollution chronique entraînée principalement par les rejets de la station d'épuration de Collonges-sous-Salève jusqu'en novembre 1990. Depuis lors, elle est raccordée au réseau d'assainissement genevois. De toute manière, cette STEP n'assurait l'épuration que d'une partie des eaux usées d'Archamps et de Collonges-sous-Salève. De plus, des pollutions diffuses essentiellement d'origine agricole et des pollutions aiguës accidentelles viennent aggraver l'état de la Drize, petite rivière dont le débit moyen annuel est de 170 l/s avec un maximum de 440 l/s et un minimum de 15 l/s (relevés de 1991). Son état actuel est fortement préoccupant.

*Correspondance: Dr A. Balikungeri
Service de l'écotoxicologie cantonal
Case postale 78
CH-1211 Genève 8

2. Stations et méthodologie

Afin d'évaluer l'impact du raccordement de la station d'épuration de Collonges-sous-Salève au réseau genevois, nous avons prélevé des échantillons dans une station en amont du rejet (station 1), dans 4 stations situées en aval (stations 2, 3, 5 et 6) ainsi qu'au ruisseau des Marais (station 4). La macrofaune benthique a également fait l'objet de prélèvements dans le ruisseau d'Archamps (station 1A) et le nant de la Bistoquette (station 5A). La fig. 1 situe les stations étudiées.

Les analyses chimiques ont été effectuées selon les méthodes classiques d'analyse des eaux [2-4]. Depuis 1989, les ions chlorure, nitrate et sulfate sont dosés par chromatographie ionique au moyen d'un chromatographe Waters ILC-1 tandis que la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO_5) est déterminée au moyen d'un DBO_5 -mètre WTW 620T.

Les analyses bactériologiques (germes totaux et coliformes) ont été effectuées selon les techniques décrites dans le manuel suisse des denrées alimentaires [5].

Les analyses biologiques ont porté sur la faune d'invertébrés peuplant le fond des cours d'eau (larves d'insectes, vers, mollusques, etc.). Ces animaux passent une grande partie de leur vie, sinon la totalité, dans l'eau, et de ce fait, leurs communautés intègrent et reflètent tous les impacts polluants auxquels est soumis le cours d'eau. Divers indices ont été proposés pour rendre compte de l'état de ces communautés. Dans ce travail, nous utilisons l'indice de qualité biologique globale (IQBG) défini par Verneaux et Faessel [6]. Cet indice varie de 1 (communautés extrêmement perturbées) à 20 (communautés de rivières parfaitement naturelles). Hellowell [7] fournit toutes les indications concernant les récoltes et les analyses biologiques.

3. Résultats et discussion

3.1. Physico-chimie

Nous présentons ici essentiellement les valeurs des paramètres servant de critère d'appréciation de la qualité chimique des eaux selon les recommandations de l'office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) dont nous utiliserons par ailleurs la classification. Cette dernière repose sur les valeurs moyennes de 4 paramètres chimiques qui permettent de définir 4 catégories de qualité d'eaux [8].

La fig. 2 présente les valeurs moyennes annuelles de DBO_5 de 1977 à 1991. En 1985, la valeur moyenne de DBO_5 , directement en aval de la STEP (station 2),

situait encore la Drize dans la catégorie 'eau nettement polluée' avec parfois des pointes allant jusqu'à 8,8 mg/l classant la station dans la catégorie 'eau fortement polluée'. Depuis 1989 à aujourd'hui, ce paramètre situe cette station dans la catégorie 'eau fortement polluée'. On observe néanmoins une tendance à une diminution de la DBO_5 , la moyenne annuelle passant

de 17,8 mg/l en 1990 à 7,0 mg/l en 1991. Si en 1991, la DBO_5 n'a dépassé que 4 fois sur 11 la valeur de 5 mg/l, (limite inférieure de la catégorie 'eau fortement polluée') allant jusqu'à 26,0 mg/l le 11.2.1991, elle a dépassé systématiquement la valeur limite en 1990, atteignant jusqu'à 63,0 mg/l le 17.9.1990. Si les stations en aval de la station 2 présentent des valeurs moyennes

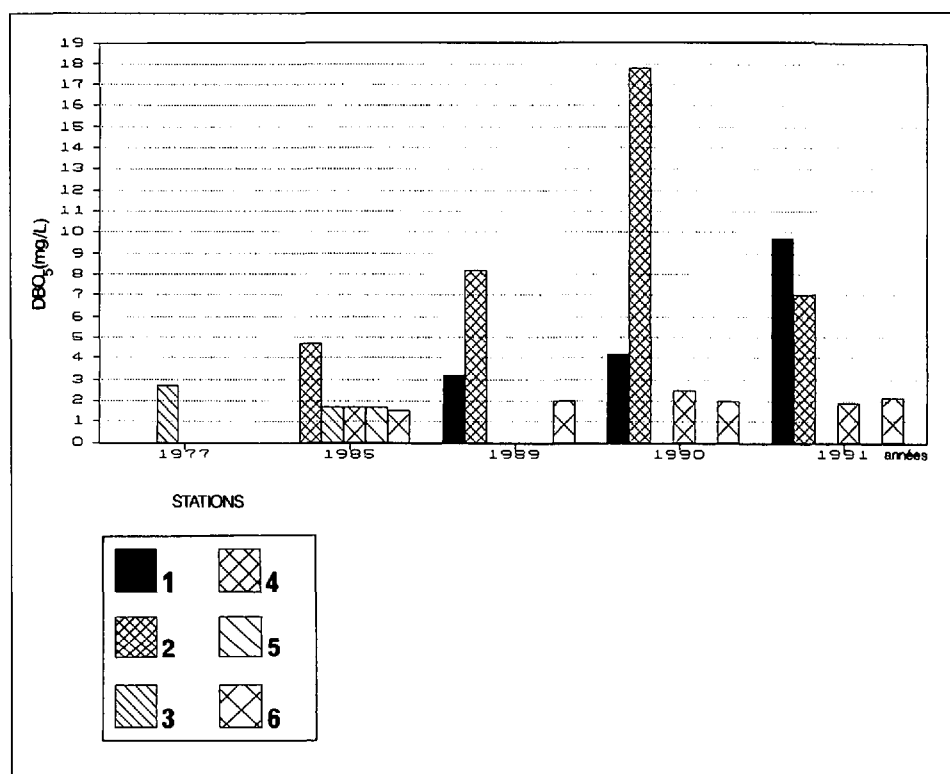


Fig. 2. Concentrations moyennes annuelles de la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO_5); < 1,8 mg O_2/l : non polluée; 1,8 à 3,0: faiblement polluée; 3,0 à 5,0: nettement polluée; > 5,0: fortement polluée

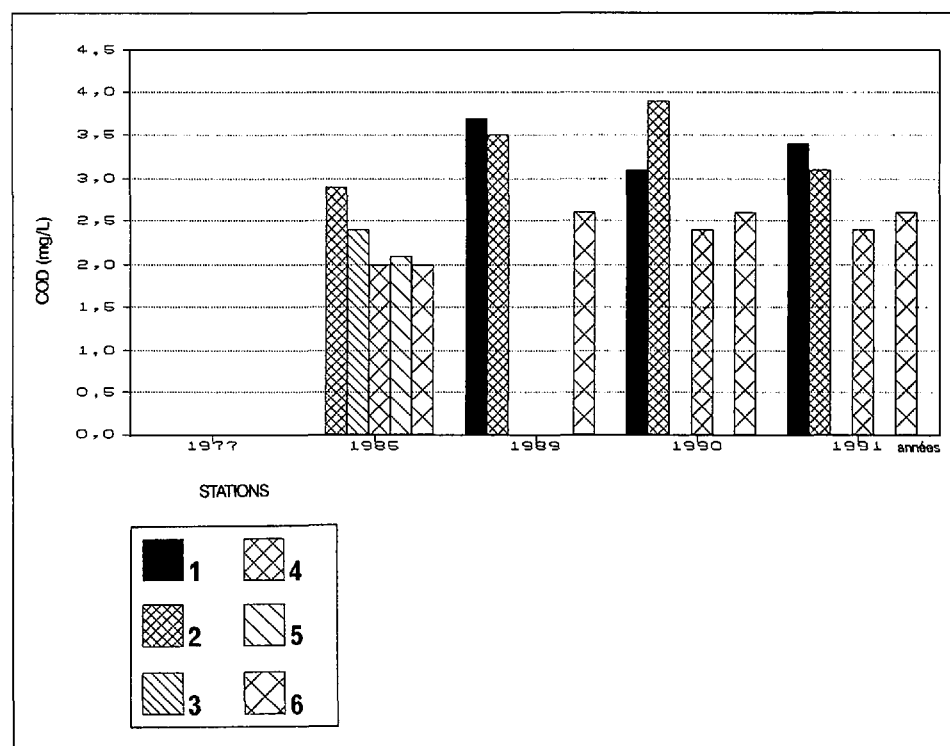


Fig. 3. Concentrations moyennes annuelles du carbone organique dissous (COD): < 1,3 mg C/l: non polluée; 1,3 à 2,0: faiblement polluée; 2,0 à 3,5: nettement polluée; > 3,5: fortement polluée

de l'ordre de 2 mg/l, il n'en va pas de même de la station 1, dont la DBO moyenne n'a fait qu'augmenter au cours de ces 3 dernières années (fig. 2) passant de 3,2 mg/l en 1989 à 9,7 mg/l en 1991.

Les concentrations moyennes annuelles de carbone organique dissous (COD) sont présentées à la fig. 3. Dans toutes les stations, ces valeurs se situent entre 2 et 4 mg/l, classant ainsi la Drize dans la catégorie 'eau nettement à fortement polluée'. Relevons que ces moyennes sont globalement plus élevées aux stations 1 et 2 qu'en aval de celles-ci.

Sur la fig. 4, nous avons regroupé les valeurs moyennes des concentrations d'azote ammoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$). Il appert que la station 2, située immédiatement en aval de la STEP, se classe en 1985, 1989 et 1990 dans la catégorie 'eau fortement polluée'. En 1990, la moyenne s'établissait à 5,3 mg/l avec une pointe de 21,1 mg/l le 17.9.1990. En 1991, après raccordement, la moyenne annuelle s'abaisse à 0,25 mg/l classant cette station dans la catégorie 'eau nettement polluée'. On observe qu'en amont de la STEP, (station 1), la valeur moyenne, faible en 1989, augmente sensiblement en 1990 et surtout en 1991. En 3 ans, elle passe de 0,09 à 1,75 mg/l. Les stations du cours inférieur (stations 3 à 6) se situent dans les catégories 'eau faiblement à nettement polluée' sauf la station 4, où en 1990, la moyenne annuelle atteint 0,82 mg/l, classant ainsi le ruisseau des Marais dans la catégorie 'eau fortement polluée'.

La fig. 5 regroupe les concentrations moyennes annuelles de l'ortho-phosphate, ou phosphore soluble. Une fois de plus, la station 2 présente les moyennes les plus élevées allant, en 1989, jusqu'à pratiquement 10 fois la valeur limite de la catégorie 'eau fortement polluée'. Le raccordement de la STEP entraîne une nette diminution du phosphore soluble sans pour autant amener la station 2 dans une catégorie inférieure de classification. La station 1, située en amont du rejet, se situe toujours dans la catégorie 'eau fortement polluée'. Après raccordement, les valeurs moyennes des stations 1 et 2 en 1991 (fig. 5) sont pratiquement identiques. Les stations du cours inférieur se situent toutes et toujours dans les catégories 'eau nettement à fortement polluée'.

En 1990, outre l'ion nitrate systématiquement dosé, nous avons également procédé à la détermination du sodium et du potassium. Le traitement des données ne fait ressortir aucune relation entre le sodium et les anions régulièrement dosés (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}). Par contre, dans le cas du potassium et du nitrate, de la régression linéaire, on dégage les équations ci-dessous :

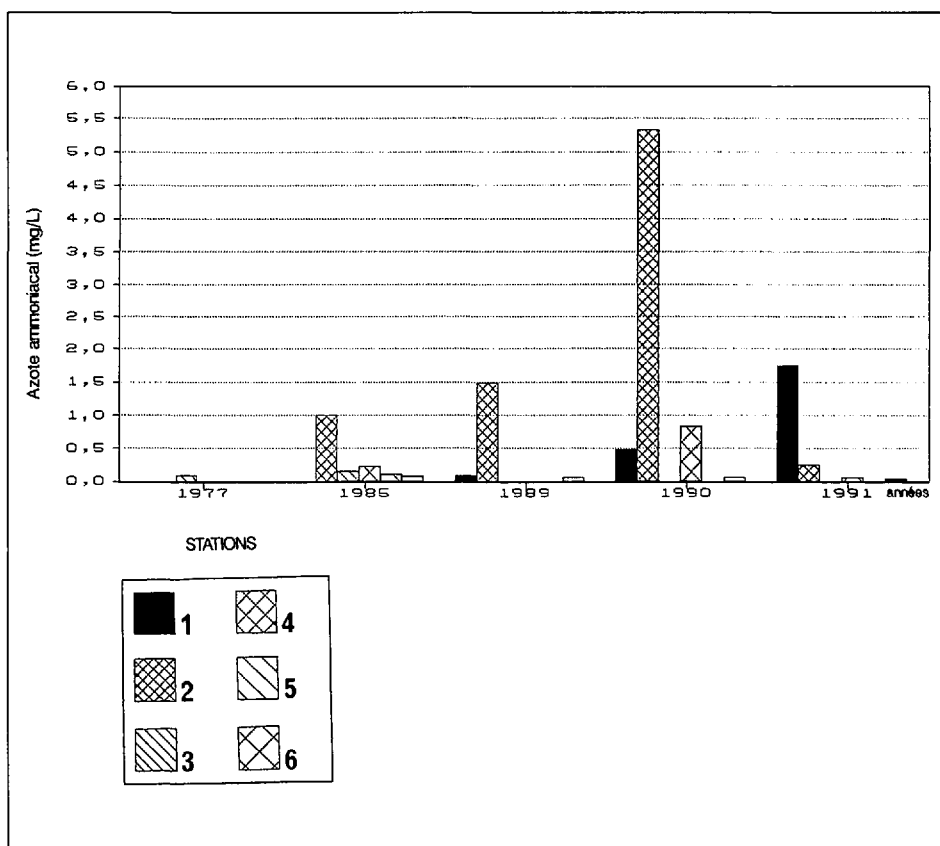


Fig. 4. Concentrations moyennes annuelles de l'azote ammoniacal ($[\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+]$); < 0,04 mg N/l: non polluée; 0,04 à 0,15: faiblement polluée; 0,15 à 0,4: nettement polluée; > 0,4: fortement polluée

$[\text{K}^+] = -0,73$	$[\text{NO}_3^-] + 7,73$	$r = -0,266$	station 1
$[\text{K}^+] = -1,24$	$[\text{NO}_3^-] + 11,12$	$r = 0,516$	station 2
$[\text{K}^+] = 1,43$	$[\text{NO}_3^-] - 3,85$	$r = 0,992$	station 4
$[\text{K}^+] = 1,14$	$[\text{NO}_3^-] - 1,15$	$r = 0,975$	station 6

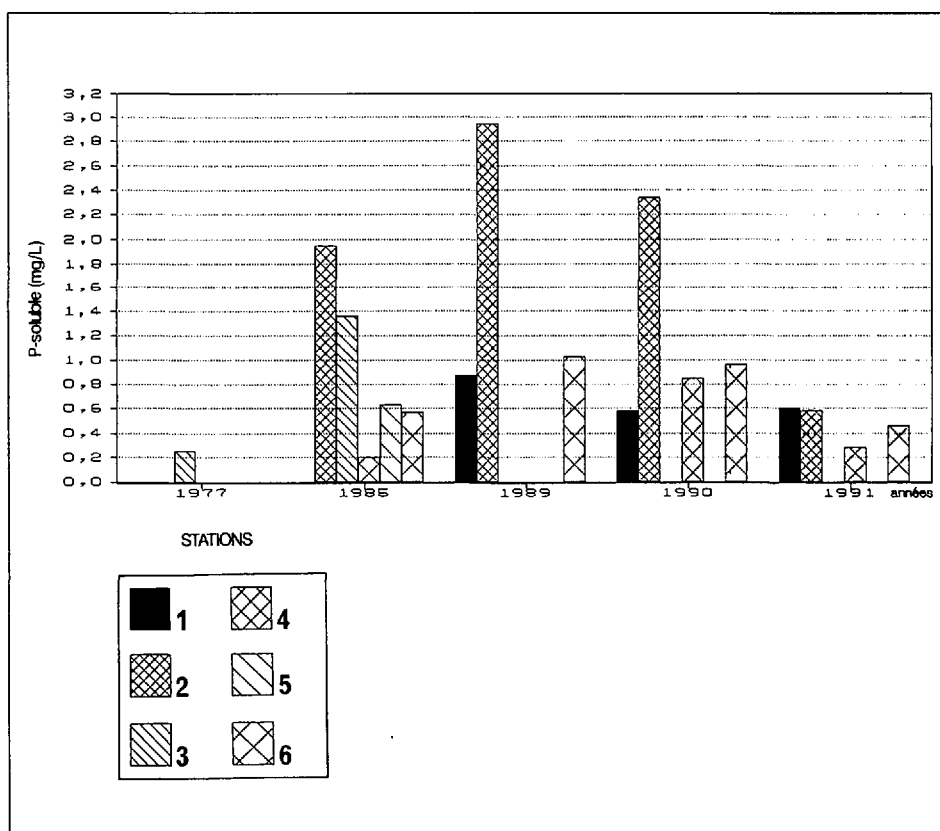


Fig. 5. Concentrations moyennes annuelles du phosphore soluble (o-phosphate); < 0,03 mg P/l: non polluée; 0,03 à 0,1: faiblement polluée; 0,01 à 0,3: nettement polluée; > 0,3: fortement polluée

On n'observe aucune relation entre ces deux paramètres dans le cours supérieur de la Drize (stations 1 et 2). Une étroite corrélation entre le potassium et le nitrate se dégage dans la Drize en aval (station 6) et surtout dans son affluent, le ruisseau des Marais (station 4). Ce ruisseau draine en effet une région agricole et maraîchère, ce qui laisse penser que ces deux espèces, si bien corrélées et relativement abondantes dans le ruisseau des Marais, ont pour origine les engrais chimiques. Les objectifs en matière de qualité pour les eaux courantes et les retenues fixent la teneur en nitrate à 25 mg NO₃/l [9], soit 5,6 mg N/l. Cet objectif est largement dépassé dans le cas du ruisseau des Marais où cette valeur atteint un maximum de 98 mg NO₃/l entraînant une situation comparable à Grange Collomb (station 6) où le maximum atteint 73 mg NO₃/l.

Bien que le chlorure ne soit pas pris en compte dans la grille d'appréciation de l'OFEFP, l'objectif de l'ordonnance fédérale [9] fixe la teneur en chlorure à 100 mg/l. Au cours de l'hiver 1990, la teneur en chlorure dans toutes les stations échantillonnées était 3 à 4 fois supérieure à cet objectif (350 à 430 mg/l). En 1985 et en 1991, les pointes hivernales, tout en restant en dessous de l'objectif, s'en approchaient sensiblement (66 à 86 mg/l).

L'effet positif du raccordement de la STEP de Collonges-sous-Salève au réseau genevois est évident (figs. 2-5). Cet

effet est particulièrement marqué à la station 2, en aval immédiat du rejet de la STEP. Dans ce cas, on observe, en comparant les concentrations moyennes annuelles de l'année 1990 à celles de l'année 1991, une diminution d'un facteur 2,5 pour la DBO, d'un facteur 4,0 pour le phosphore soluble et d'un facteur 21,5 pour l'azote ammoniacal. Ce résultat positif est encore confirmé par les teneurs en métaux lourds dans les sédiments. En effet, dans les échantillons prélevés le 30.4.1990, on observait des teneurs en Hg et Cu de 2,63 et 142 mg/kg respectivement alors que celles-ci ne s'élevaient plus qu'à 0,88 et 87 mg/kg dans ceux du 13.2.1991 [10].

3.2. Bactériologie

La Drize est très fortement contaminée par les coliformes ou coli: groupe de bactéries dont la majorité provient de l'intestin des animaux à sang chaud et de l'homme en particulier. Ce sont des indicateurs de pollution fécale. Dans sa partie amont, on dénombre en moyenne 9 000 coli/ml à la station 1 et 6 000 coli/ml à la station 2 pour 1991. Cette contamination est moins importante dans le cours inférieur de la Drize et de son principal affluent, le ruisseau des Marais (station 4). On observe une moyenne annuelle de 300 coli/ml à la station 4, et de 390 coli/ml à la station 6. A titre de comparaison, signalons que dans le Rhône, à sa sortie du Léman, la moyen-

ne en 1991 était de 4 coli/ml et que la norme de baignade est de 100 coli/ml [11].

La comparaison entre les résultats des analyses antérieures et postérieures au raccordement de la STEP ne permet pas de conclure à un changement en ce qui concerne la contamination fécale. En 1991, après raccordement, on note même une augmentation des concentrations en coliformes dans les stations 1 et 2.

Les bactéries aérobies ou germes totaux, reflètent la teneur de l'eau en matière organique biodégradable [12]. Dans leur cas, on observe une très grande dispersion des résultats. En 1991, à la station 1, les concentrations varient entre 22 000 et 16 000 germes/ml, à la station 2 entre 4 000 et 238 000, à la station 4 entre 1 300 et 91 000, à la station 6 entre 3 500 et 60 000 germes/ml. Notons que ces concentrations varient entre 20 et 1 300 dans le Rhône à sa sortie du Léman au cours de la même période.

A la station 2, particulièrement exposée à l'influence des rejets de la STEP, sur 11 échantillons analysés en 1990, la concentration en germes totaux était supérieure à 100 000 germes/ml dans 6 cas tandis que cette concentration n'était dépassée qu'une seule fois en 1991, après raccordement de la STEP.

3.3. Biologie

Deux campagnes principales de prélèvements biologiques ont été effectuées dans la Drize et ses affluents: 1984-1985 (stations 2, 3, 4, 5 et 6) et 1990-1991 (stations 1A, 1, 2, 3, 4, 5, 5A et 6). En outre, les stations 2 et 6 sont échantillonnées deux fois par an (printemps-été) depuis 1986. Nos résultats reposent donc sur 62 échantillons de faune benthique.

Seuls les trois premiers échantillons prélevés dans la station 2 en 1984-1985 présentent des valeurs indicielles satisfaisantes (fig. 6). Mais dès l'été 1985, on note un net fléchissement de la qualité biologique qui s'accroît encore l'année suivante. L'IQBG s'établit alors à 6 et reste longtemps fort stable, avec néanmoins, depuis l'été 1989, des abaissements estivaux significatifs (IQBG = 1 en été 1990, fig. 6). Cette évolution à la baisse des indices biologiques traduit une nette dégradation des communautés benthiques qui se simplifient et se banalisent fortement. Tous les organismes polluo-sensibles disparaissent, seuls subsistent les plus tolérants. L'état biologique de la Drize ne s'améliore guère dans la station 6 (fig. 6), où la plus haute valeur indicielle enregistrée est de 6 et où elle s'abaisse souvent à 3, voire même à 1. On ne constate donc aucune amélioration d'amont en aval de la macrofaune benthique dans cette rivière.

La comparaison, station par station,

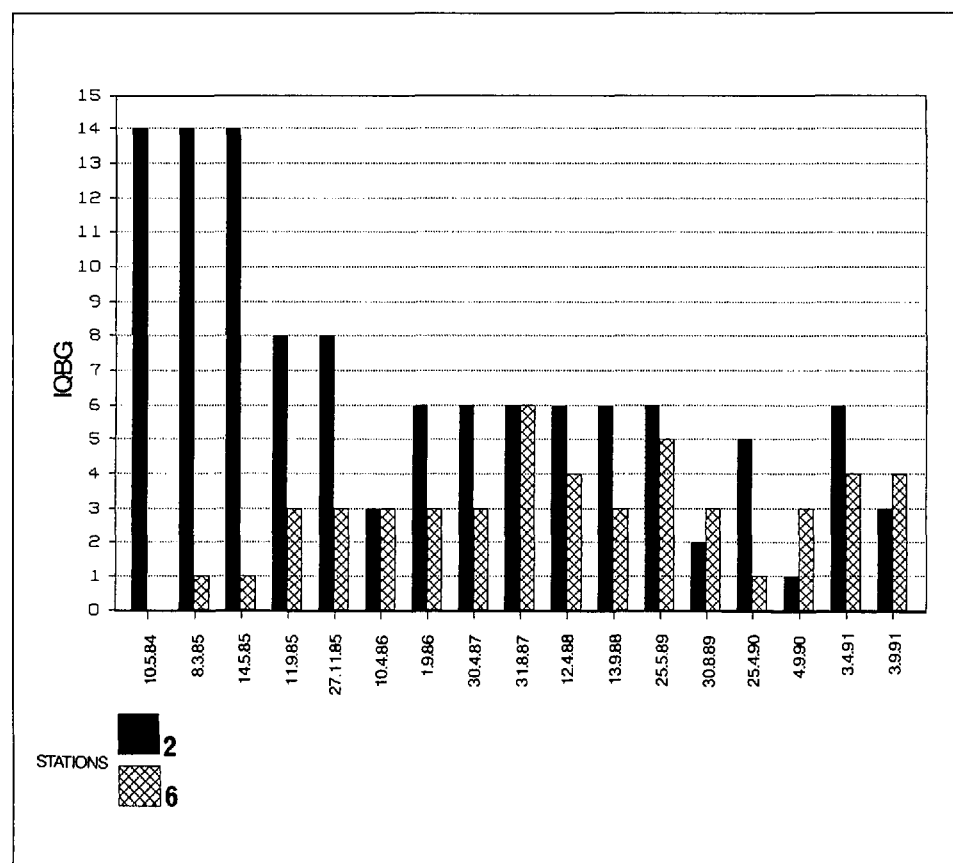


Fig. 6. Evolution de l'indice de qualité biologique globale (IQBG) au cours du temps

Tableau. Faune benthique de la Drize – Etat global et évolution (1984–1991)

Unités taxonomiques		S	1A	1	2	3	4	5	5A	6	E
Plécoptères											
Taeniopterygidae	<i>Brachyptera risi</i> MORT.	S		(x)							?
	<i>Nemoura cinerea</i> RETZ.	S				(x)					?
Ephéméroptères											
Heptageniidae	<i>Ecdyonurus venosus</i> (F.)	TS			(x)						d
	<i>Rhithrogena iridina</i> (KOL.)	TS			(x)	(x)					d
Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia lauta</i> EATON	S		(x)	(x)	(x)					–
Baetidae	<i>Baetis rhodani</i> (PICT.)	R	o	x	x	x		(x)	x		–
Trichoptères											
Limnephilidae	<i>Gen. sp.</i>	S	(x)	(x)		–	–				–
Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i> SCOP.	S			–	–					d
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>	R			x	(x)					–
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila sp.</i>	R				(x)					–
Polycentropodidae	<i>Gen. sp.</i>	R			(x)						?
Hétéroptères											
Hydrometridae	<i>Hydrometra stagnorum</i> (L.)	R								x	=
Coleoptères											
Dytiscidae	<i>Gen. sp.</i>	R	(x)			(x)		–			?
Elmidae	<i>Limnius perrisi</i> DUF.	S			(x)						d?
Hydraenidae	<i>Hydraena gracilis</i> GERM.	S		(x)							d?
Diptères											
Chironomidae		TR	•	•	•	•	•	•	•	•	+
Simuliidae	<i>Simulium ornatum</i> (MEIG.)	R	x	x	(x)	x	–	–		x	=
Ceratopogonidae		R	(x)		(x)	x					+
Psychodidae		TR		(x)	(x)	o		(x)		(x)	+
Empididae		R	–								?
Tipulidae		R				(x)	(x)	(x)		(x)	=
Culicidae		R					(x)				?
Crustacés											
Gammaridae	<i>Gammarus gr. pulex</i>	R	x	(x)	o	x	–			(x)	–
Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i> (L.)	TR								(x)	?
Mollusques											
Planorbidae	<i>Gyraulus sp.</i>	R			(x)			–			?
Lymnaeidae	<i>Lymnaea peregra</i> (MÜLL.)	R	(x)	x	x	(x)	x	(x)	x	x	+
Physidae	<i>Physa fontinalis</i> (L.)	R					x	(x)		x	+
Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i> MÜLL.	R			x	(x)	–	(x)		–	–
Sphaeriidae	<i>Pisidium sp.</i>	R	–	(x)	(x)	–	x	x	x	(x)	+
Hirudinées											
Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i> (L.)	TR	(x)		(x)	(x)	(x)	(x)			=
Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)	TR			(x)					(x)	=
	<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	TR		o	(x)					(x)	=
Plathelminthes											
Dugesidae	<i>Dugesia sp.</i>	R			(x)						–
Oligochètes											
Div. familles		TR	•	•	•	•	•	•	•	•	+

Sensibilité (S):

- TS = très sensible
- S = assez sensible
- R = assez résistant
- TR = très résistant

Abondance globale/station:

- = traces (fourreaux, ...)
- (x) = sporadique
- x = quelques individus
- o = quelques dizaines
- = une centaine et plus (par échantillon)

Evolution (E):

- d = disparu
- = en régression
- +
- = = status quo

des valeurs indicielles moyennes annuelles (fig. 7) met en évidence les points suivants:

- On constate à nouveau, en particulier dans la station 2, l'effondrement des IQBG entre 1985 (moyenne 11) et 1990–1991 (respectivement 3 et 4,5).

– En amont du rejet de la STEP (station 1 et 1A), les indices biologiques sont déjà médiocres en 1990–1991. Nous ne disposons pas de résultats antérieurs à 1990.

- Les affluents échantillonnés ne valent guère mieux. La qualité biologique du

ruisseau d'Archamps (station 1A) est médiocre, celle du ruisseau des Marais (station 4) et du nant de la Bistoquette (station 5A), franchement mauvaise.

- Le raccordement de la STEP de Colonges-sous-Salève au réseau genevois en novembre 1990 semble avoir per-

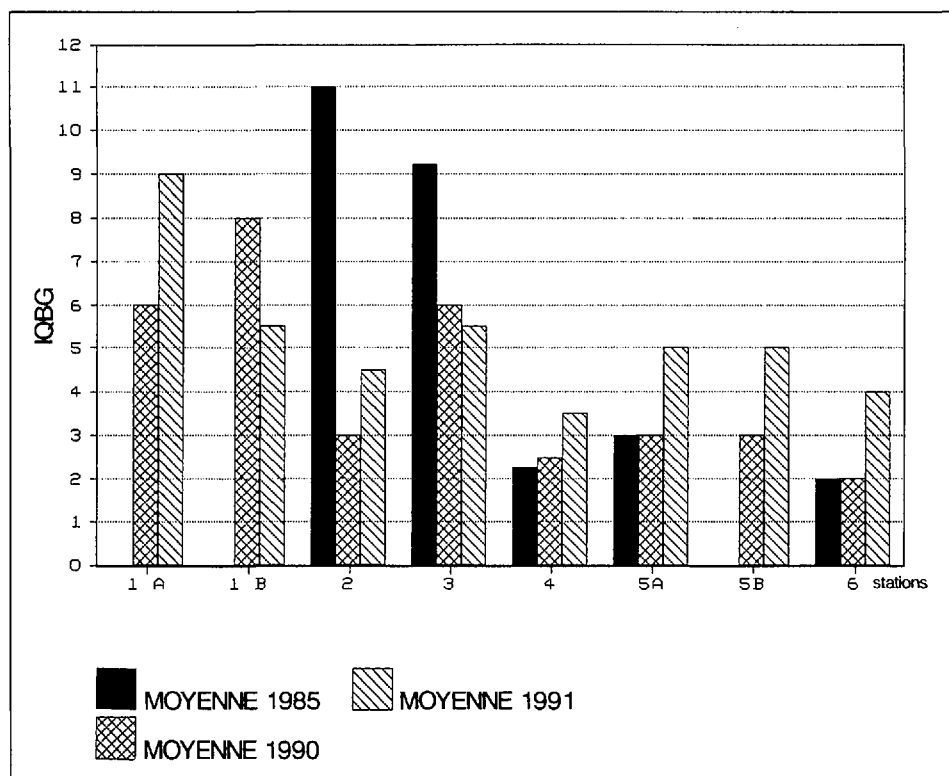


Fig. 7. Moyennes annuelles des valeurs indicielles

mis une très légère restauration de la qualité biologique en 1991. Mais il est encore trop tôt pour s'en réjouir et de toute manière, le mauvais état des communautés de macroinvertébrés benthiques dès l'amont du rejet et dans les affluents ne laisse guère espérer une remontée sensible des indices. En effet, le bassin versant de la Drize ne semble plus abriter beaucoup d'organismes susceptibles de recoloniser par dérive le cours inférieur de la rivière, contrairement à ce qui se passe dans l'Allondon dont certains affluents abritent encore une faune très diversifiée [13–15].

Quelques espoirs subsistent néanmoins, concrétisés par des captures relativement récentes de Plécoptères (*Brachyptera*, *Nemoura*) et d'Ephémères (*Habrophlebia*) dans le cours supérieur. Mais, ainsi que le montre le tableau, il est à craindre que les organismes les plus sensibles, tels que les Ephémères *Ecdyonurus venosus* (FAB.) et *Rhithrogena iridina* (KOL.), ainsi que le Trichoptère *Odontocerum albicorne* SCOP. aient définitivement disparus de cette rivière. Les deux Ephémères ont été recueillies en très petit nombre en 1984–1985 et n'ont jamais été retrouvées depuis, tandis qu'on a récolté que des fourreaux vides du Trichoptère.

D'autres espèces semblent également très menacées: les Trichoptères *Hydropsyche* et *Rhyacophila* ainsi que les Coléoptères *Limnius perrisi* DUF. et *Hydraena gracilis* GERM. sont extrêmement rares dans la Drize. Le Crustacé Amphidode *Gammarus pulex* L. remplace même peu à peu l'espèce voisine *G. fossarum* KOCH, légèrement polluo-sensible. Une réintroduction de ces espèces pourrait être envisagée pour autant que la qualité chimique des eaux montre une amélioration sensible et durable.

Il semble donc que nos premiers prélèvements biologiques dans la station 2 ont eu lieu à un moment où les populations d'organismes polluo-sensibles étaient déjà excessivement réduites. Un étiage marqué ou une pollution aiguë a sans doute suffi à les éliminer.

4. Conclusions

La pollution chimique et bactériologique de la Drize n'est pas un phénomène nouveau: ces dernières années, les paramètres normatifs ont bien souvent dépassé les seuils caractérisant les eaux fortement polluées. Dès le début de 1985, la qualité biologique a traduit elle aussi le très mauvais état de la rivière.

Si, fin 1990, le raccordement de la STEP de Collonges-sous-Salève (une des sources de la pollution de la Drize) a entraîné l'année suivante une diminution des concentrations de certains paramètres chimiques et bactériologiques, les autres sources de pollution n'en continuent pas moins à agir. L'état fort médiocre de la faune de tout le bassin versant ne permet pas d'espérer une remontée sensible et rapide des indices biologiques.

Nous exprimons nos remerciements à nos collègues de la section d'hydrobiologie pour leur appui logistique dans la réalisation de ce travail, en particulier, Mme C. Molander, MM J.-Cl. Gardey, M. Hurni et J. De Sousa.

Reçu le 23 janvier 1992

- [1] C. Meissner, Etude de la Drize, Rapport, Association Genevoise pour la protection de la nature (AGPN), novembre 1990.
- [2] J. Rodier, Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 6e éd., Dunod, Paris, 1978.
- [3] 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater', 16th edn., American Public Health Association, 1985.
- [4] Directives concernant l'analyse des eaux usées et des eaux de surface. Département fédéral de l'intérieur, Berne, 1983.
- [5] Manuel suisse des denrées alimentaires, 5e éd., Berne, 1988.
- [6] J. Verneaux, B. Faessel, C.T.G.R.E.F., Paris, 1976.
- [7] J. M. Hellawell, 'Biological Surveillance of Rivers', Water Research Centre, Stevenage, 1978.
- [8] Office fédéral de la protection de l'environnement (actuellement office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage), Berne, 1982, 1983.
- [9] Ordonnance sur le déversement des eaux usées, Berne, 8 décembre 1975.
- [10] P.-Y. Favager, D. Span, J.-P. Vernet, CIP-EL, Rapports sur les études et recherches entreprises dans le bassin lémanique, campagne 1990–1991, p. 164.
- [11] Journal officiel des communautés européennes du 5.2.1975.
- [12] G. Amberger, J.-P. Bergier, P. Géroudet, R. Monod, J.-J. Pittard, R. Revaclier, M.-R. Sauter, le Léman, un lac à découvrir, 2e éd., Office du livre, Fribourg, 1976.
- [13] M. Dethier, R. Revaclier, A. Wisard, *Arch. Sc. Genève* 1985, 38, 109.
- [14] J. De Sousa, Travail de diplôme, Université de Genève, 1990.
- [15] C. Molander, Travail de diplôme, Université de Genève, 1990.