

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
ETUDES ET RECHERCHES DANS LE BASSIN LEMANIQUE EN 1983	7
1. EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN	11
1. Préambule	11
2. Conditions de prélèvement des échantillons	11
3. La transparence de l'eau	12
4. Le régime thermique des eaux	13
5. Le régime de l'oxygène	15
6. Les composés de l'azote	19
7. Evolution du phosphore	25
8. Le carbone organique total	29
9. La silice	29
10. Les chlorures	29
11. Autres déterminations	30
12. Conclusions	32
2. EVALUATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE OU PRODUCTION ORGANIQUE DANS LE LEMAN	35
1. Introduction	35
2. Présentation des résultats	36
3. Variations saisonnières	37
4. Production annuelle	37
5. Conclusions	38
3. ETUDE DU PHYTOPLANKTON	41
1. Introduction	41
2. Résultats	41
2.1 Fréquence des espèces	41
2.2 Variations qualitatives des principaux groupes	42
2.3 Variations quantitatives (biomasse)	43
3. Conclusions	43
. Liste de référence, fréquences et biovolumes des espèces d'algues	48
4. LES ROTIFERES DU LEMAN	51
1. Variations de l'abondance annuelle des rotifères	51
2. Cycle saisonnier et composition de la biocénose rotatorienne	51
3. Commentaires sur les espèces rencontrées en 1983	53
4. Biomasse des rotifères	53
5. Conclusions	54
6. Liste des espèces rencontrées en 1983	55

5.	EUTROPHISATION DU LEMAN EN 1978 ET EN 1983 EVALUEE A PARTIR DES COMMUNAUTÉS DE VERS	56
1.	Introduction	56
2.	Stations et méthodes	57
3.	Résultats	58
4.	Conclusions	59
6.	RECHERCHE DE METAUX DANS L'EAU DU LEMAN	63
7.	POLLUANTS METALLIQUES DANS LA FAUNE PISCICOLE	69
8.	ETUDE DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS DU LEMAN	77
1.	Introduction	77
2.	Méthode d'analyse	78
3.	Variations des taux de contamination et des sources de pollution	80
4.	Conclusions	95
9.	ETUDE DES AFFLUENTS DU LEMAN ET DE SON EMISSAIRE	97
1.	Généralités	97
2.	Conditions météorologiques et débits des affluents et de l'émissaire	99
3.	Apports annuels et composition de l'eau des affluents	101
4.	Conclusions	118
10.	APPORTS ATMOSPHERIQUES (CAMPAGNE 1982)	121
11.	CONTROLES DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION	131
12.	ETUDE DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS DU RHONE ET DE SES AFFLUENTS PAR LES METAUX LOURDS	161
1.	Introduction	161
2.	Numérotation et provenance	161
3.	Résultats	162
4.	Conclusions	163
13.	ETUDE DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS DE LA VENOGNE PAR LES METAUX LOURDS	175
1.	Introduction	175
2.	Résultats	175
3.	Conclusions	176
14.	ANALYSES COMPARATIVES INTERLABORATOIRES	181

15.	ETUDE DES POLLUTIONS D'ORIGINE DIFFUSE DANS LE BASSIN VERSANT LEMANIQUE	193
1.	Introduction	193
2.	Facteurs influençant des pollutions d'origine diffuse	194
3.	Approche de la Commission internationale	195
3.1	Importance probable des pollutions diffuses dans le bassin versant du Léman	195
3.2	Incidence des précipitations sur les apports en phosphore	196
3.3	Résultats de l'enquête préalable de la Commission du Léman	199
3.4	Modélisation selon BUEHRER et WAGNER	199
3.5	Programme d'étude de la Commission internationale (1983-1985)	201
4.	Conclusions	206
.	ADRESSES DES AUTEURS RESPONSABLES DES RAPPORTS	207

ETUDES ET RECHERCHES DANS LE BASSIN LEMANIQUE

CAMPAGNE 1983

Dans le cadre du troisième programme quinquennal de travaux et de recherches de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution, sont présentés ici treize rapports scientifiques ainsi que deux compte-rendus intéressants directement le même sujet. Les rapports présentés, à quelques exceptions près, portent sur les mêmes thèmes que ceux développés dans le recueil se rapportant à la campagne 1982. Les auteurs sont en général les mêmes.

Huit rapports concernent l'état du lac en 1983. Sauf exception ces rapports sont fondés sur des mesures pratiquées sur une seule verticale située approximativement au milieu du Grand Lac au sud de Lausanne; ils concernent dans l'ordre de présentation :

- . l'évolution physico-chimique des eaux du lac par Monsieur R. MONOD, chimiste, Secrétaire de la Commission internationale,
- . l'évaluation de la production primaire ou production organique dans le Léman par Monsieur J. PELLETIER, biologiste à l'Institut de Limnologie de Thonon-les-Bains,
- . l'étude du phytoplancton par Messieurs J.C. DRUART et R. REVACLIER, biologistes, respectivement à l'Institut de Limnologie de Thonon-les-Bains et l'Institut d'Hygiène de Genève,
- . les rotifères du Léman par Monsieur G. BALVAY, biologiste à l'Institut de Limnologie de Thonon-les-Bains,
- . l'eutrophisation du Léman évaluée à partir des communautés de vers (campagne faisant suite à une campagne conduite en 1978) par Monsieur Cl. LANG et Madame G. CORDEY, zoologistes à la Conservation de la Faune à Saint-Sulpice,
- . la recherche de métaux dans l'eau du Léman par Monsieur Cl. CORVI chimiste au Laboratoire cantonal de Genève,
- . les polluants métalliques dans la faune piscicole par Monsieur Cl. CORVI, chimiste au laboratoire cantonal de Genève,
- . et enfin l'étude de la pollution des sédiments du Léman par un groupe de chercheurs de l'Institut F.A. FOREL à Versoix, cette étude étant la poursuite d'une recherche entreprise en 1978.

Cinq rapports concernent directement ou indirectement les apports des affluents du Léman ainsi que la rivière l'Arve incluse dans le domaine de compétence de la Commission internationale :

- . l'étude des affluents du Léman et de son émissaire par Monsieur P. BURKARD, chimiste au service des eaux des Services Industriels de Genève,
- . les apports atmosphériques directs au Léman (campagne 1982) par Monsieur P. BLANC, chimiste à l'Institut de Limnologie de Thonon-les-Bains,
- . les contrôles des rejets des stations d'épuration par Monsieur L. THELIN, biologiste au Département des Travaux Publics de Genève,
- . l'étude de la pollution par les métaux lourds des sédiments du Rhône et de ses affluents par Messieurs P.Y. MONDAIN-MONVAL et J.P. VERNET, géologues à l'Institut F.A. FOREL à Versoix,
- . et l'étude de la pollution des sédiments de la Venoge par les mêmes chercheurs de l'Institut F.A. FOREL à Versoix.

Les apports atmosphériques directs au Léman dont il a été question ci-dessus font référence à une campagne 1982; le retard dans la publication de ces renseignements est dû au décès du chercheur qui a prêté son concours à la Commission internationale sur ce sujet. Monsieur B. CHASSAING est en effet décédé en janvier 1983 à la douloureuse

surprise du groupe scientifique travaillant dans le cadre de la Commission. Cet événement imprévu n'a pas permis aux rédacteurs des rapports de reprendre en temps opportun en 1983 les derniers travaux de Monsieur B. CHASSAING.

Comme chaque année est ajoutée aux rapports scientifiques constituant le rapport annuel, une note sur les analyses comparatives interlaboratoires; en 1983 les résultats obtenus confirment la bonne qualité des analyses fournies.

Enfin un rapport de présentation de l'étude des pollutions d'origine diffuse dans le bassin versant lémanique est présenté par Monsieur P. BURKARD, animateur d'un groupe de travail responsable d'une étude engagée par la Commission internationale à ce sujet. Monsieur P. BURKARD explique en détail les conditions dans lesquelles six sites sélectionnés ont été aménagés afin d'y effectuer des mesures durant les années 1984 et 1985 pour établir les bilans entrée et sortie des différents nutriments intéressant la qualité des eaux du lac; à ces six sites d'ailleurs vient s'ajouter un site valaisan étudié par le canton lui-même.

CONSIDERATIONS SUR L'ETAT ACTUEL DU LAC

De la lecture attentive des huit rapports traitant de l'état du lac, on retiendra que pour certains auteurs le lac s'améliore lentement, pour d'autres il est dans un état qualifié de mésotrophe à eutrophe depuis environ cinq ans sans évolution significative, et pour d'autres enfin l'état du lac est plus inquiétant à grandes profondeurs (200 à 300 m) que dans ses couches superficielles. Ces différences sont normales puisque les appréciations de chacun sont fondées sur des critères différents liés respectivement aux aspects physico-chimiques, à la production organique, au phytoplancton, aux rotifères et enfin aux communautés de vers.

Pour ce qui est de l'état physico-chimique, l'on retiendra que le stock des orthophosphates dilués dans l'eau du lac atteint 5'800 tonnes en 1983, chiffre en baisse lente mais régulière depuis 1978. Ce stock est important et c'est lui qui est le principal élément déclassant de la qualité de l'eau. C'est donc bien par la lutte contre la pollution par les phosphates que doit se poursuivre l'action menée depuis une vingtaine d'années pour la dépollution du lac.

Lorsque ce combat sera gagné, et si possible sans attendre cette échéance, il sera nécessaire de veiller aux pollutions par l'azote nitrique dont le stock monte régulièrement depuis quatre ou cinq ans ainsi qu'aux pollutions par les chlorures dont les quantités détectées ne sont cependant pas encore une menace pour la qualité du lac.

Il convient de noter ici qu'aucun rapport n'est publié au titre de 1983 sur la présence des micro-polluants organiques. Une seule campagne de mesures a été effectuée en 1983. Les résultats sont peu différents de ceux des années précédentes et l'étude de ces résultats est reportée au rapport scientifique sur ce sujet portant sur l'année 1984.

Deux rapports étudient la présence des métaux lourds dans l'eau du lac et dans la faune piscicole : les teneurs restent faibles. On note une diminution de la teneur en mercure dans la chair des poissons par rapport aux résultats de la campagne 1982. Enfin les chercheurs de l'Institut F.A. FOREL ont conduit en 1983 une campagne d'étude des sédiments prélevés dans le fond du lac, répétant en cela une campagne conduite en 1978. C'est un sujet difficile auquel la Commission internationale doit prêter toute son attention. Il est certain en effet que les dépôts sédimentaires tapissant le fond du lac constituent une réserve potentielle de polluants qui peut être remise dans le circuit biologique à la suite de conditions atmosphériques exceptionnelles telles que celles d'un hiver rigoureux par exemple. Cette crainte est particulièrement justifiée pour ce qui est des nutriments tel le phosphore, principal souci des défenseurs des eaux du lac.

LES APPORTS AU LAC EN PRODUITS POLLUANTS

Cinq rapports traitent de ce problème des apports au lac, fût-ce sous forme potentielle lorsque l'on traite par exemple des sédiments du Rhône valaisan ou des sédiments de la Venoge. Il est rappelé à ce propos que la rivière l'Arve est de la compétence de la Commission internationale et que son cas est donc traité dans les rapports dont il est question ici.

Le bilan des apports et des sorties par l'émissaire montre que le solde en phosphore bien qu'en légère régression en valeur absolue reste toujours positif. C'est ce chiffre

qu'il faut absolument arriver à inverser en toute priorité. L'apport en azote est constant d'une année sur l'autre tandis qu'une légère augmentation des apports en chlorures doit être notée. Notons que l'Arve continue à charrier des traces de chrome.

En ce qui concerne les apports atmosphériques directs, il n'est pas noté de variations significatives (en 1982) par rapport aux précédentes séries de mesures. Il est rappelé à ce sujet que la série suivante d'observations se fera en 1985.

Pour ce qui est des rejets des stations d'épuration, il convient de souligner la mise en service de quatre stations supplémentaires en 1983. Le rendement total d'élimination du phosphore n'est pas excellent puisqu'il ressort globalement au chiffre de 76 %. Il convient donc de poursuivre l'effort de raccordement des particuliers ainsi que l'élimination des eaux claires infiltrées dans les réseaux de collecte, infiltration provoquant une dilution des eaux usées arrivant aux stations, nuisible à un bon rendement de ces dernières.

Enfin je rattache à ces réflexions les résultats des analyses des sédiments des grands cours d'eau affluents du Léman que sont le Rhône amont et la Venoge. L'étude des sédiments faite avec beaucoup de conscience par les chercheurs de l'Institut F.A. FOREL me paraît une excellente méthode pour la détection de l'origine des pollutions aussi bien permanentes qu'accidentelles. Les sédiments mémorisent en effet les pollutions qui ont transité dans le cours d'eau dont ils recouvrent le fond. C'est avec satisfaction par exemple que l'on note l'influence décisive, sur la qualité des eaux de la Venoge, de la mise en service d'un nouveau système d'épuration des eaux générées par la station d'incinération des ordures ménagères de Penthaz.

Outre ces considérations sur les apports au Léman, il convient de rappeler l'étude lancée en 1983 sur les pollutions d'origine diffuse dont les résultats ne seront connus qu'en 1985 ou 1986. C'est sans doute par les progrès que l'on pourra réaliser dans la lutte contre ce type de pollution que seront enfin couronnés de succès les efforts déployés depuis vingt ans pour vaincre la menace d'eutrophisation des eaux du Léman. C'est à cela que la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution s'attache avec compétence et persévérance.

Le Président de la Sous-commission technique :

Jean MAYNADIE

EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN

CAMPAGNE 1983

PAR

RENE MONOD

SECRETAIRE DE LA

COMMISSION INTERNATIONALE LAUSANNE

RESUME

La campagne 1983 montre que le lac évolue sous deux influences différentes : d'une part l'absence de circulation totale des eaux, d'autre part la réduction de l'activité phytoplanctonique.

La transparence de l'eau est meilleure.

Le régime général de l'oxygène reste satisfaisant. Une carence se manifeste toujours au niveau du fond.

Azote et chlorures voient leurs concentrations s'élever.

La concentration du phosphore, encore trop élevée, continue à s'abaisser légèrement.

1. PREAMBULE

La campagne 1983 est la troisième du plan 1981-1985. Comme à l'accoutumée, les données ci-après mentionnées sont pour la plupart effectuées en parallèle par deux laboratoires, eux-mêmes contrôlés par des analyses comparatives interlaboratoires semestrielles. Les résultats indiqués sont donc des moyennes. Lorsqu'il est fait état de moyennes annuelles, il est tenu compte que les prélèvements sont bimensuels neuf mois de l'année et mensuels les autres mois (hiver). Les concentrations ou stocks sont toujours des moyennes pondérées.

Les stocks, ici indiqués pour le Grand Lac, peuvent être extrapolés au Léman pris dans son ensemble en les multipliant par le facteur 1.04. L'erreur commise ce faisant n'est pas significative.

La plupart des graphiques ont été réalisés grâce à des programmes gérés à l'Office fédéral de la protection de l'environnement.

2. CONDITIONS DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Par suite des intempéries, la campagne de février n'a pu avoir lieu. D'autres campagnes ont parfois été retardées de quelques jours sur le programme prévu. D'une manière générale, comme l'an passé, les prélèvements pour analyses physico-chimiques ont lieu au début de la matinée, le reste de la journée étant consacré à d'autres investigations (biologie, production primaire, etc).

L'année 1983 a, en moyenne, été légèrement moins pluvieuse que les quatre années précédentes, comme le montre le tableau suivant :

Station \ Années	1979	1980	1981	1982	1983
Montreux	1'444	1'570	1'519	1'500	1'366
Pully	1'194	1'211	1'171	1'218	1'088
Thonon	1'078	1'156	1'094	1'073	1'052
Changins-Nyon	1'039	1'036	1'199	1'047	1'030
Genève-Cointrin	1'142	976	987	899	1'021
Moyenne	1'179	1'190	1'194	1'147	1'111

Les pluies ont été très irrégulièrement réparties dans l'année. On se souviendra des pluies abondantes d'avril, et surtout de mai (près d'un tiers de la pluviosité annuelle) et de la sécheresse de juin et surtout de juillet avec ses fortes chaleurs. Le 18 juillet, les observateurs notaient une température de l'air de 22°C à 0800 heures du matin déjà. De juillet à septembre, la température de l'air a toujours été supérieure à 18°C entre 0800 heures et 0900 heures du matin.

La nébulosité fut forte d'avril à mai juin, très faible de juillet à septembre, puis à nouveau forte. La moitié des campagnes s'est déroulée sous ciel ensoleillé.

L'atmosphère est rarement parfaitement claire. Il y a presque toujours de la brume, du brouillard en novembre-décembre. Les prélèvements de fin mai et de mi-octobre se sont effectués par la pluie.

Huit fois sur vingt, les prélèvements ont pu se dérouler par calme plat. Les autres fois, on a enregistré des vents de 1 à 2 Beaufort, des secteurs N, NE et E, ou W et NW. Les observateurs ont donc pu travailler généralement par lac paisible, avec au plus des petites vagues, une seule fois, en octobre, avec des vagues plus importantes, mais non déferlantes.

D'une manière générale, la surface de l'eau est propre. Une fois, en avril, il a été noté une surface irisée comme par des hydrocarbures; une autre fois, des branches flottaient au milieu du lac.

Le bleu du lac est toujours absent. Le vert domine, sauf au moment du développement planctonique vernal (fin avril à début juin) où il se mélange au jaune.

3. LA TRANSPARENCE DE L'EAU

Le tableau ci-après donne les mesures de transparence de l'eau effectuées ces cinq dernières années. Pour les mois où il y a deux valeurs, la première se rapporte généralement au début du mois, la seconde au milieu du mois. Sinon, les autres valeurs ont été mesurées au milieu du mois.

Les variations annuelles sont peu importantes. Malgré un hiver doux, la transparence du début de l'an reste élevée. La transparence moyenne est de 8.23 m. Elle est supérieure d'environ 0.7 m à celle de l'année passée. La transparence minimale s'observe, comme très souvent, en mai (3.3 m le 9 mai, 2.3 m le 24 mai). Le reste de l'année, les valeurs sont relativement élevées.

L'amélioration de la transparence est certes en relation avec la baisse de l'activité biologique de 1983.

Transparence de l'eau (m) dans le Grand Lac

Mois	Années				
	1979	1980	1981	1982	1983
Janvier	15.6	13.0	16.0	10.2	12.2
Février	15.7	15.5	13.1	11.0	-
Mars			16.3	12.0	12.6
	11.0	13.1	7.6	14.0	8.6
Avril			2.7	10.6	10.6
	15.0	6.0	5.6	6.0	4.05
Mai			5.0	6.7	3.3
	4.9	4.8	1.6	4.9	2.3
Juin			9.5	6.6	5.8
	7.2	4.9	7.4	5.8	9.2
Juillet			2.7	4.9	6.25
	4.5	6.4	8.1	3.5	7.9
Août			6.1	5.9	5.9
	6.0	8.8	5.7	6.1	7.5
Septembre			6.2	4.0	8.5
	6.7	5.3	5.9	6.9	6.8
Octobre			6.5	4.4	7.0
	13.5	8.0	5.4	5.3	8.3
Novembre			8.6	4.6	8.45
	10.9	8.9	9.1	7.9	6.4
Décembre			-	9.2	9.45
	14.0	11.8			
Moyenne annuelle	10.42	8.88	8.10	7.54	8.23

4. LE REGIME THERMIQUE DES EAUX

Comme le montrent les isothermes de la figure 1 pour 1981 à 1983, pour la deuxième année, l'hiver 1983 a été relativement doux. La circulation totale des eaux a été supérieure à 100 mètres, mais n'a pas atteint 200 mètres. Dans la zone de circulation, en mars, la température de l'eau n'est pas descendue en-dessous de 6°C jusqu'à 50 mètres et 5°C jusqu'à 100 mètres. Par contre, à partir de 200 mètres et jusqu'au fond, elle s'est limitée à 5°C ou 5°C.

Près du fond, la température de l'eau a augmenté au cours de l'année, atteignant 5°C, voire à deux reprises en automne 5°C.

Près de la surface (figure 2) l'été 1983 a été un des plus chauds enregistrés depuis 1973, avec 23°C à mi-juillet et en août.

En moyenne annuelle, la température de l'eau est de 6°C, contre 6°C en 1982 et 6°C en 1981.

Fig.1

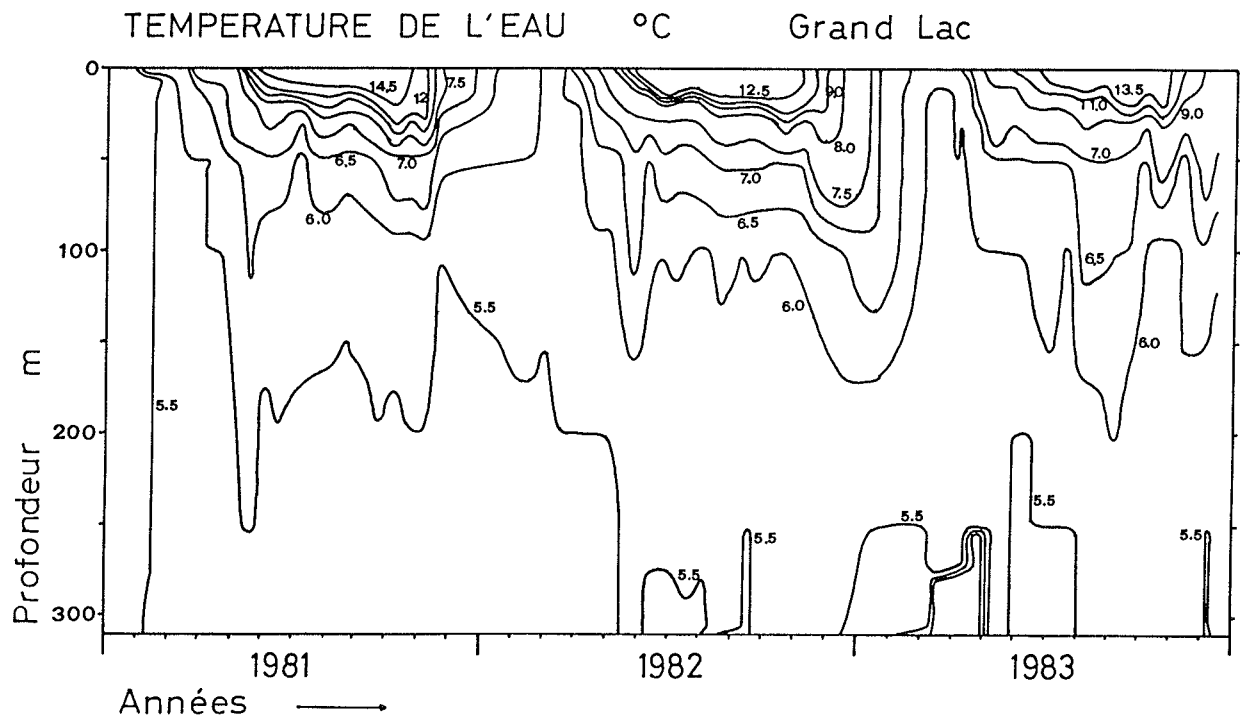
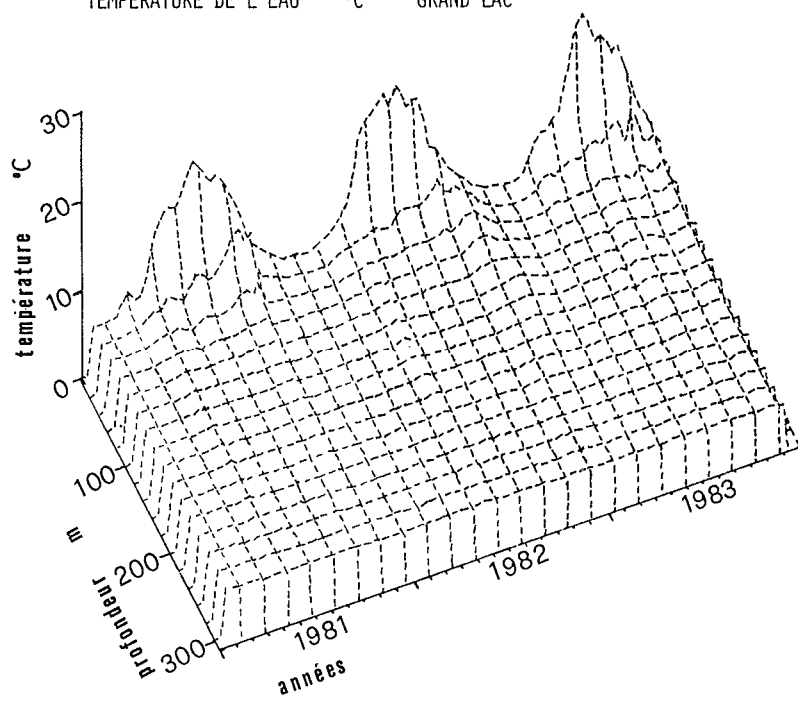


FIG. 2

TEMPERATURE DE L'EAU °C GRAND LAC



Le bilan thermique s'établit comme suit :

Date	Température °C	Gain de l'été ou perte de l'hiver		
		°C	cal/cm ²	kJ/cm ²
1980 mars	5.95	+ 2.46	+ 42'400	+ 177
août	8.41	- 3.00	- 51'700	- 216
1981 mars	5.41	+ 2.39	+ 41'200	+ 172
octobre	7.80	- 2.15	- 37'100	- 155
1982 mars	5.65	+ 1.98	+ 34'100	+ 143
août	7.63	- 1.88	- 32'400	- 136
1983 mars	5.75	+ 2.22	+ 38'300	+ 160
septembre	7.97			

Malgré la forte chaleur de juillet-août, le lac n'a pas emmagasiné plus d'énergie que lors d'un été moyen.

5. LE REGIME DE L'OXYGENE

Sans circulation totale des eaux, l'année 1983 représente en quelque sorte la suite des développements de l'année 1982, la provision d'oxygène près du fond ayant de la peine à se reconstituer.

A la surface de l'eau, on note en 1983 une moyenne annuelle supérieure à celle de l'an passé, avec 11.00 mg/l contre 10.76 en 1982, avec un maximum à 14.32 mg/l en mai et un minimum de 9.22 en octobre. Le taux moyen de saturation en oxygène est de 107.3 en 1983 (contre 105.7 en 1982), avec un maximum à 141.3 % en août et un minimum à 88.5 en novembre (respectivement 139.8 % et 87.5 % en 1982).

Sauf près du fond, la concentration en oxygène reste satisfaisante en 1983.

On note en 1983 :

Profondeur	Oxygène, mg O ₂ /l			Taux de saturation %		
	moyenne	maximum	minimum	moyenne	maximum	minimum
Surface	11.00	14.33	9.22	107.3	141.3	88.5
50 m	10.11	11.05	9.10	85.9	92.4	77.8
100 m	10.02	11.06	9.38	84.2	92.5	78.3
200 m	7.92	9.13	7.34	65.6	75.5	60.7
250 m	6.85	9.33	5.86	56.7	77.2	47.7
275 m	5.96	8.65	5.20	49.3	71.4	43.2
Fond	3.93	5.29	2.62	32.5	43.6	21.6

Les courbes isoplètes de la figure 3 (1981 à 1983) rendent compte des variations de concentrations en oxygène au cours des mois. On constate qu'un apport d'oxygène a été bénéfique jusque plus bas que 250 m au printemps 1983.

Le graphique à trois dimensions (figure 4) rend bien compte des variations tant superficielles que près du fond (1 m du fond).

L'abaissement près du fond est cependant marqué.

Fig. 3

OXYGENE mg/l Grand Lac

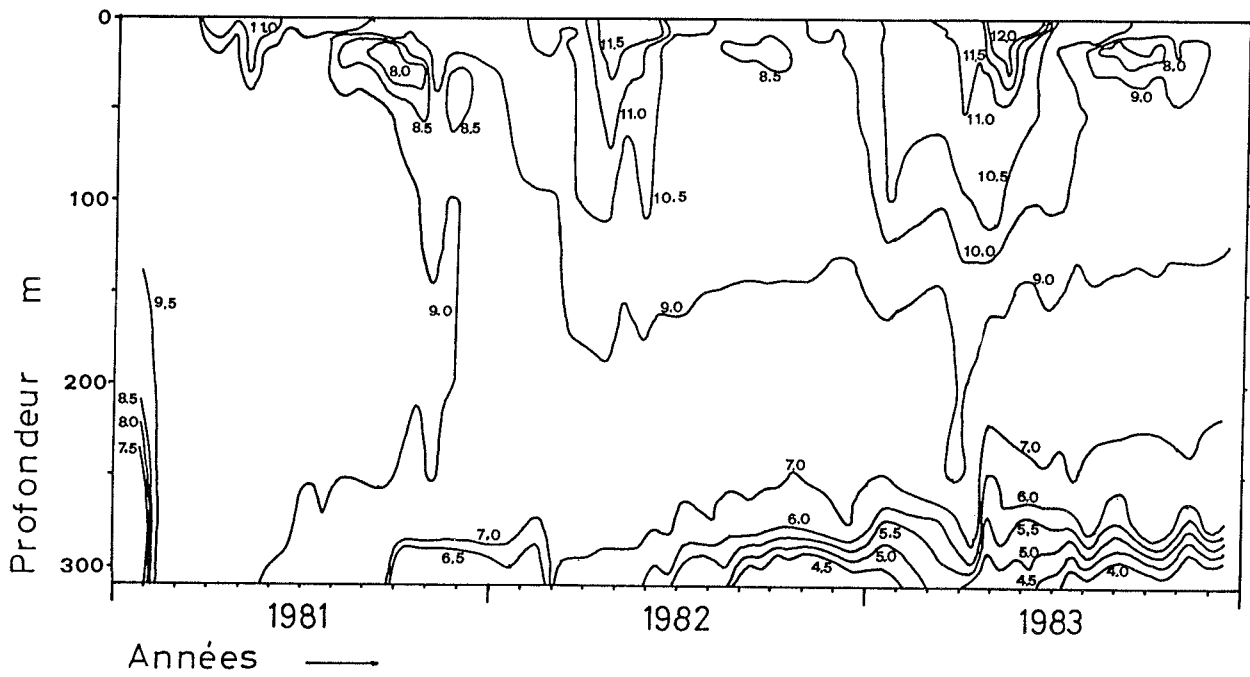
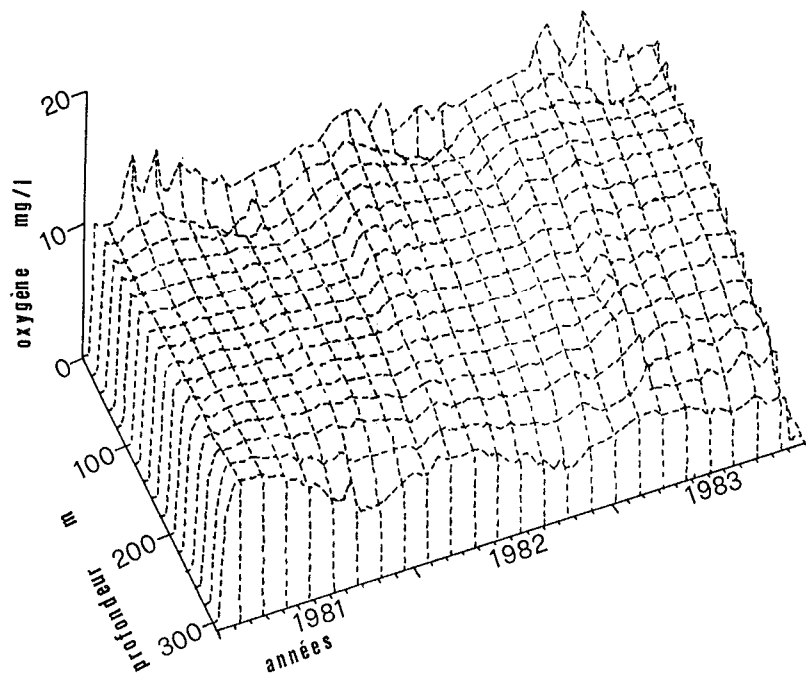


FIG. 4

OXYGENE MG O₂/L GRAND LAC

Rappelons les valeurs mesurées au fond du lac les dix années précédentes :

Année	Oxygène, mg O ₂ /l			Taux de saturation		
	moyenne	maximum	minimum	moyenne	maximum	minimum
1974	3.44	4.64	2.19	28.1	37.8	17.9
1975	2.43	3.42	0.84	19.9	28.0	6.9
1976	1.88	3.53	0.56	15.4	28.9	4.6
1977	1.56	2.94	0.56	12.8	24.2	4.6
1978	1.74	3.94	0.65	14.4	32.5	5.3
1979	4.04	6.62	2.13	33.5	54.7	17.6
1980	4.40	5.63	1.61	36.5	46.7	13.3
1981	7.55	10.13	4.29	62.0	83.4	35.2
1982	4.99	7.09	2.37	41.1	58.2	19.5
1983	3.93	5.29	2.62	32.5	43.6	21.6

La figure 5 indique les variations mensuelles observées au fond du lac et à sa surface depuis une vingtaine d'années. Notons simplement, sans en tirer de conclusion, que le minimum observé en 1983 est légèrement supérieur à celui de 1982, bien que la provision maximale de départ au printemps 1983 soit inférieure à celle de 1982.

Pour le moment tout au moins, la situation au fond du lac reste meilleure que celle d'une dizaine d'années auparavant.

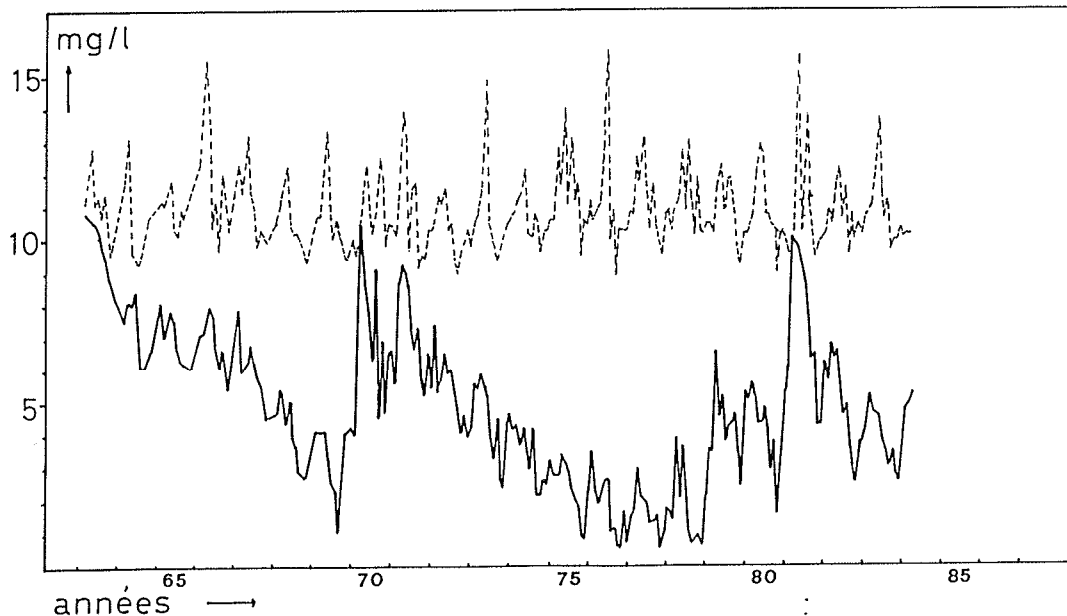
Fig. 5

OXYGENE

surface : ---- fond 309 m : —

GRAND LAC

station SHL2



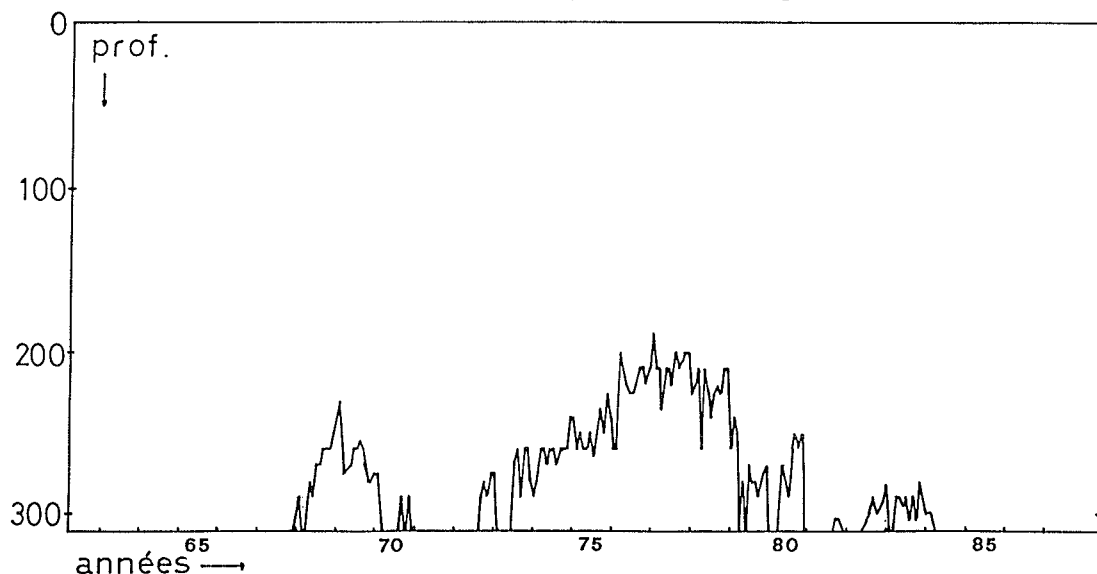
Grâce aux mesures effectuées tous les cinq mètres en-dessous de 275 mètres par l'Institut de Limnologie de Thonon, nous pouvons bâtir le profil de la zone où la concentration en oxygène est inférieure à 5 mg/l, concentration limite pour les salmonidés de fond.

La figure 6 montre que, depuis la circulation totale douce de l'hiver 1981, cette zone se limite pour le moment à 290 m en moyenne, avec une pointe extrême à 280 m.

Fig. 6

OXYGENE

GRAND LAC Limite critique des 5 mg/l



Rappelons, à toutes fins utiles, que, selon HUBAULT, le volume du lac où la concentration en oxygène est inférieure à 5 mg/l est de l'ordre de 1 km³, soit 1.2 % du volume total du Grand Lac, et une surface d'environ 60 km², soit environ 10 % de la surface des sédiments.

Une plongée en mésoscopie effectuée au début de 1984, le 22 mars, a montré qu'à 250 m tout au moins, le Grand Lac était fréquenté par des lottes et des perches.

Globalement, la concentration en oxygène du Grand Lac se trouve en 1983 à 9.19 mg/l, contre 9.24 en 1982 et 9.36 en 1981. Si elle n'est pas significative, cette variation mérite cependant d'être signalée. En termes de taux de saturation, le pourcentage passe de 79.2 % en 1981 à 78.8 % en 1982 et 78.2 en 1983.

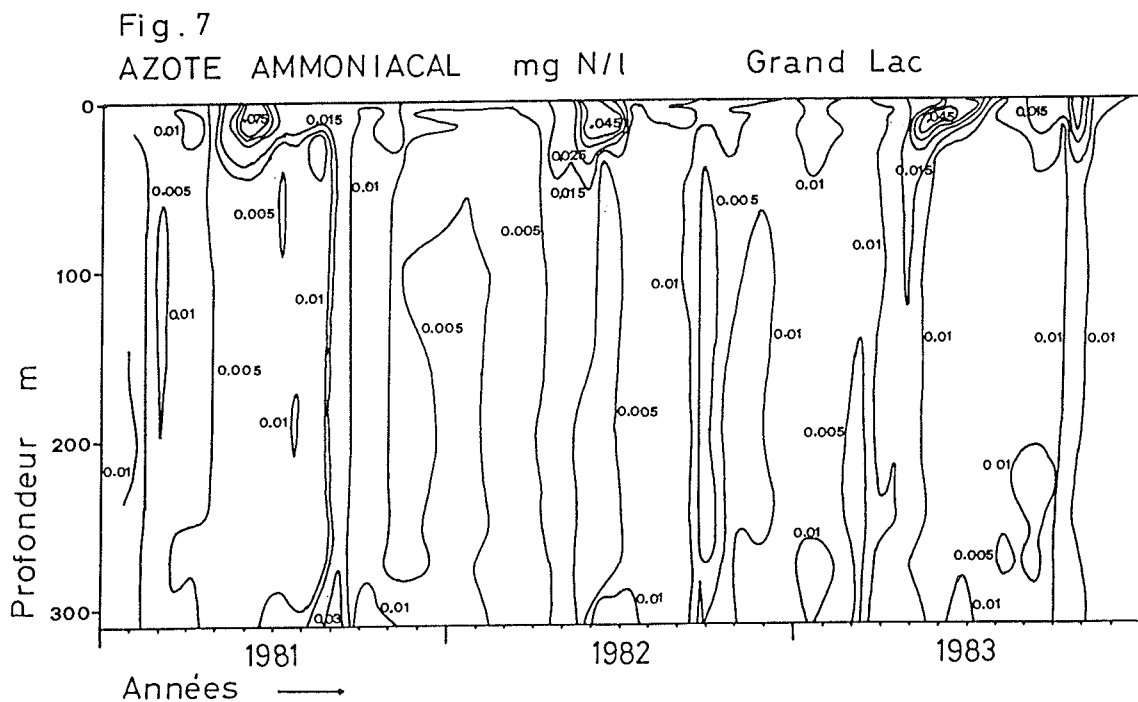
En conséquence, le stock moyen d'oxygène varie, de manière peu significative :

Année	tonnes.10 ³		
	moyenne	maximum	minimum
1981	802	857	746
1982	792	883	745
1983	787	869	732

6. LES COMPOSES DE L'AZOTE

a. AZOTE AMMONIACAL

Nous avons à maintes reprises mentionné que l'apparition de l'azote ammoniacal est intimement liée aux phénomènes de croissance phytoplanctonique. Les courbes isoplètes de la figure 7 montrent l'évolution de l'ammoniaque au cours des trois dernières années. Les concentrations sont plus élevées près de la surface; cela se remarque surtout, pour l'année 1983, en mars et en août.



Le graphique à trois dimensions (figure 8) fait particulièrement bien ressortir, pour l'an 1983 notamment, les maxima de fin avril, début mai, puis celui de début octobre, dont les effets se font sentir jusqu'au fond du lac.

Au Grand Lac, les concentrations moyennes sont un peu plus élevées que l'an passé, déjà dès le printemps (0.005 mg N/l en mars 1983 et 0.003 mg N/l en mars 1982).

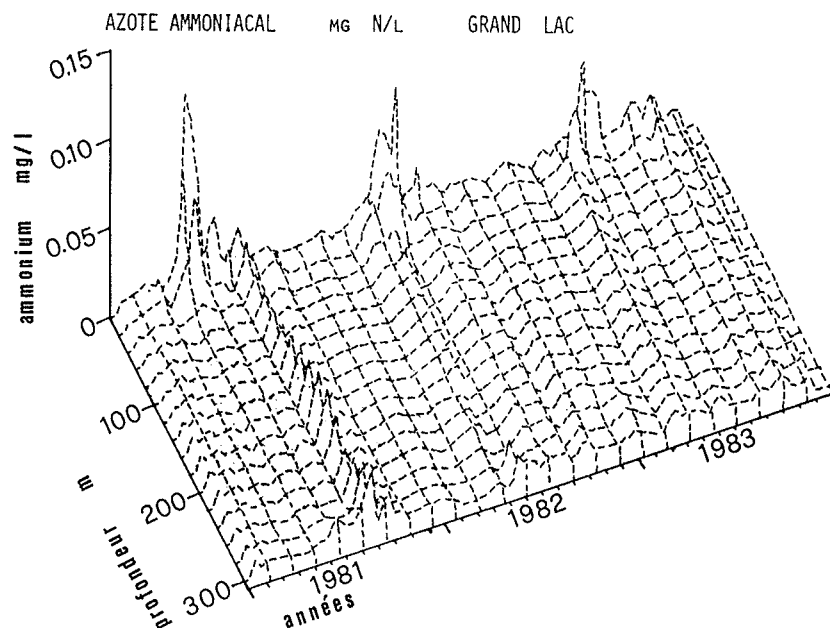
Cependant les concentrations maximales sont notablement inférieures à celles des deux années précédentes. C'est ainsi qu'on a observé

- . 0.116 mg N/l en juin 1981 à la surface de l'eau et à 15 m de profondeur
- . 0.089 mg N/l en juin 1982 à 7.5 m de profondeur
- . 0.066 mg N/l en juin 1983 à 10 m de profondeur

Il faut dire que la productivité planctonique de 1983 est inférieure à celle des années précédentes (voir rapport page 41)

Près du fond, on n'observe guère d'accumulation d'ammoniaque, la concentration maxima de 1983 atteignant 0.021 mg N/l, contre 0.020 en 1982 et 0.033 en 1981.

FIG. 8



La concentration annuelle moyenne passe à 0.010 mg N/l, soit 870 tonnes.

Le résumé de ces trois dernières années figure dans le tableau ci-dessous :

Année	mg N/l			tonnes		
	moyenne	maximum mensuel	minimum mensuel	moyenne	maximum mensuel	minimum mensuel
1981	0.009	0.023	0.005	783	1'942	438
1982	0.008	0.017	0.003	722	1'494	225
1983	0.010	0.017	0.005	870	1'485	429

b. AZOTE NITREUX

Comme toujours les teneurs sont très faibles. Elles peuvent être assez élevées à certains moments, surtout près de la surface, et près du fond.

La figure 9, relative aux années 1982 et 1983, rend compte de ces phénomènes. En surface, les concentrations dites élevées (jusqu'à 0.038 mg N/l en juin 1983) se limitent à environ 20 à 30 m, c'est-à-dire au métalimnion. L'hypolimnion, sauf près du fond, est pratiquement exempt de nitrites. Les pointes du fond (jusqu'à 0.047 mg N/l en juillet 1982 et 0.011 mg N/l en mai et juillet 1983) sont localisées très près de l'interface.

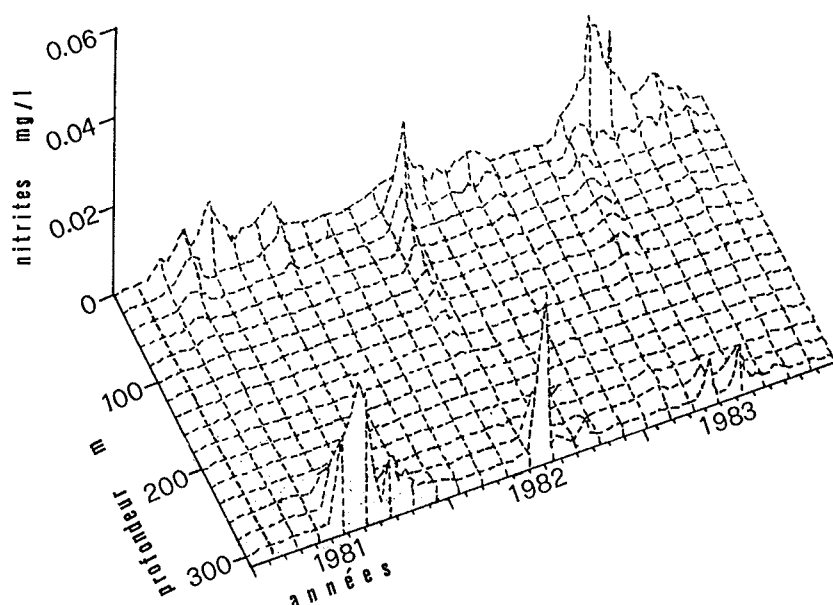
Le résumé de ces trois dernières années figure dans le tableau ci-dessous

Année	mg N/l			tonnes		
	moyenne	maximum	minimum	moyenne	maximum	minimum
1981	0.001	0.003	0.0000	93	223	0
1982	0.001	0.006	0.0002	103	502	20
1983	0.001	0.003	0.0000	105	250	0

Depuis trois années, la concentration des nitrites ne varie guère.

FIG. 9

AZOTE NITREUX MG N/L GRAND LAC



c. AZOTE NITRIQUE

En 1983, ce nutriment a moins été mis à contribution que les années précédentes. En effet, la concentration moyenne annuelle en surface est de 0.35 mg N/l contre 0.30 en 1982. L'azote nitrique ne disparaît pas complètement de la surface en été, le minimum observé étant de 0.05 mg N/l, alors qu'il est de 0.02 mg N/l en 1982 et 1981.

Dans l'hypolimnion, les concentrations sont toujours supérieures à 0.50 mg N/l, atteignant et dépassant parfois, surtout en fin de saison, 0.6 mg N/l.

La figure 10 avec ses courbes isoplètes, fait bien ressortir les variations de concentrations d'une année à l'autre près de la surface et aussi près du fond.

La concentration annuelle moyenne est de 0.55 mg N/l (47'000 tonnes), avec deux maxima, l'un en mars avec 0.57 mg N/l (49'000 tonnes), l'autre en décembre avec 0.60 mg N/l (51'000 tonnes).

L'augmentation de la concentration en azote nitrique est bien visible sur la figure 11, relative aux trois dernières années. Cette augmentation n'est pas redevable seulement à une baisse de la consommation du nutriment. Elle est vraiment effective, ainsi que le montre le tableau suivant sur l'évolution des concentrations et des stocks les trois premières années de ce plan.

Année	Concentration d'azote nitrique mg N/l			Stock d'azote nitrique tonnes		
	moyenne	maximum (mars)	minimum (été)	moyenne	maximum (mars)	minimum (été)
1981	0.50	0.55	0.45	42'600	46'800	38'700
1982	0.52	0.56	0.48	44'400	48'000	40'700
1983	0.55	0.57	0.51	47'000	49'100	43'500

Fig.10

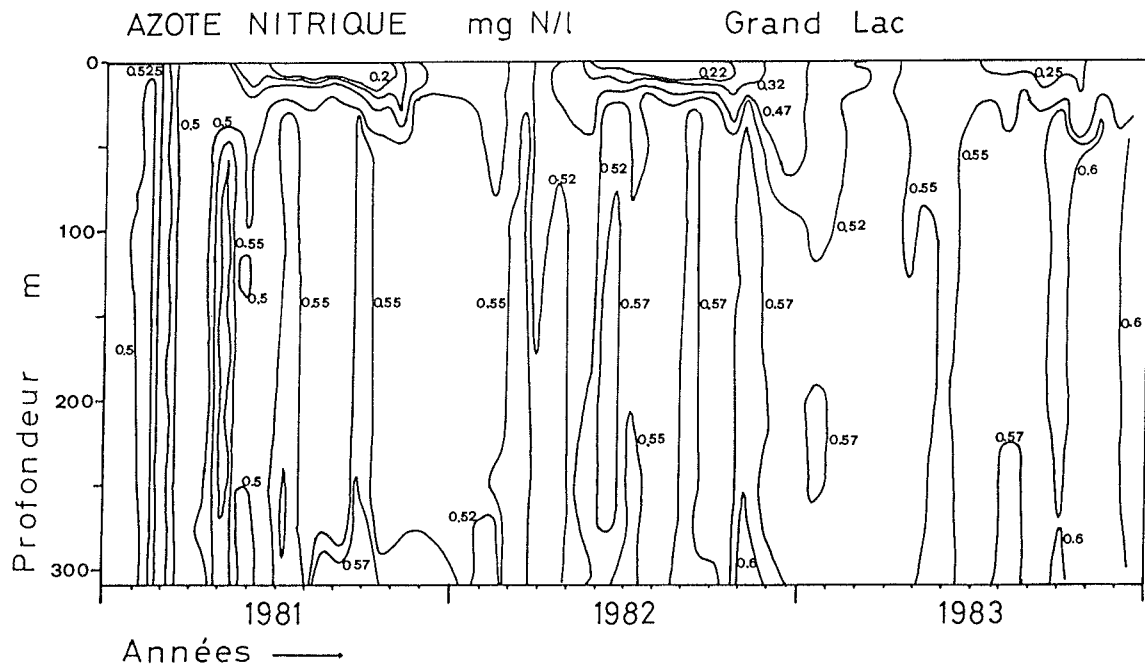
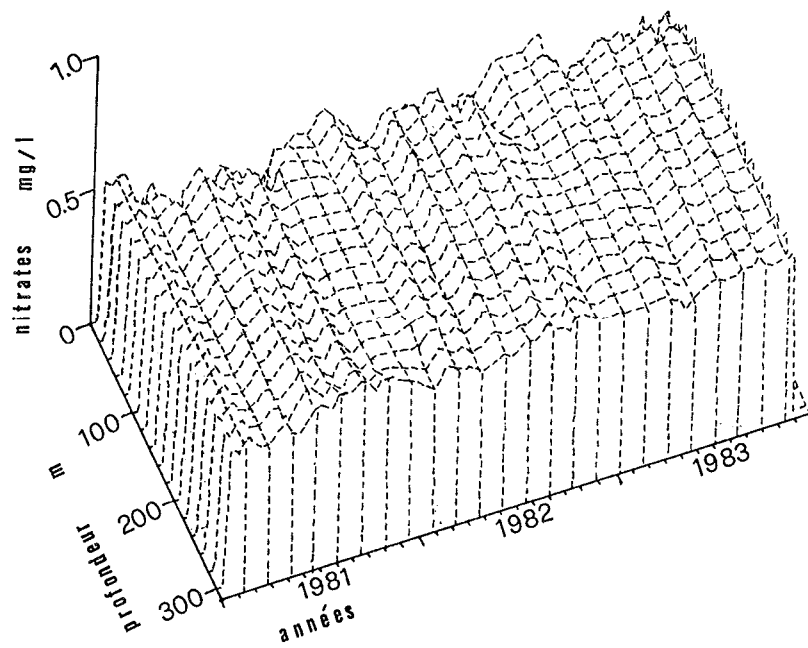


FIG. 11

AZOTE NITRIQUE MG N/L GRAND LAC



d. AZOTE MINERAL TOTAL

Il suit l'évolution des nitrates et, en été, dans une mesure moindre, celle de l'ammoniaque.

Le bilan pour 1983 se présente comme suit :

	mg N/l	tonnes
Azote ammoniacal	0.010	870
Azote nitreux	0.001	105
Azote nitrique	0.549	47'037
Azote minéral total	0.560	48'012

Les concentrations moyennes et les stocks des trois premières années du plan ont évolué de la manière suivante :

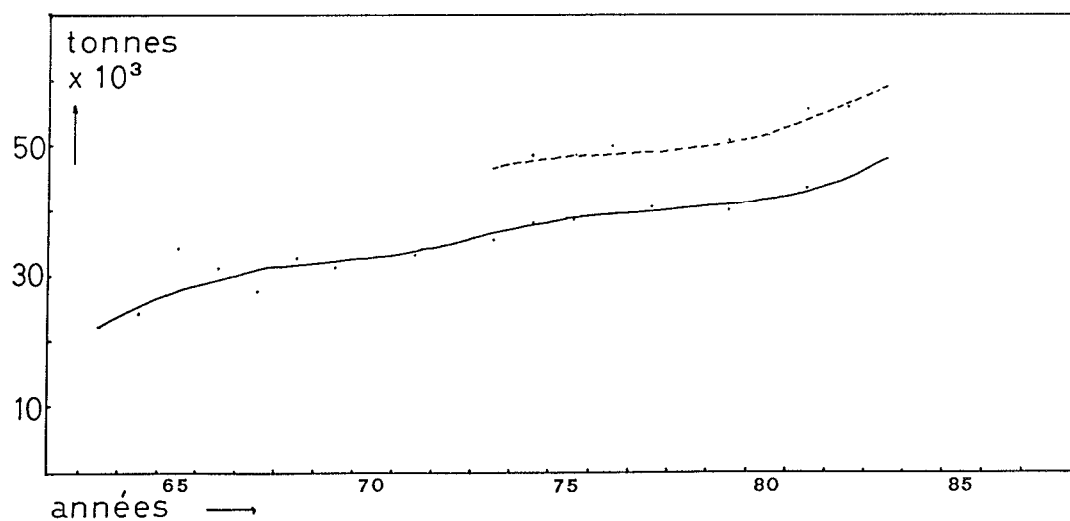
Année	mg N/l			tonnes		
	moyenne	maximum	minimum	moyenne	maximum	minimum
1981	0.508	0.554	0.460	43'500	47'500	39'500
1982	0.528	0.572	0.499	45'300	49'050	42'700
1983	0.560	0.604	0.525	48'000	51'800	45'000

La figure 12 résume l'évolution de l'azote minéral total. Les stocks ont plus que doublé depuis une vingtaine d'années.

Les concentrations et stocks moyens, maximaux et minimaux sont les plus élevés rencontrés à ce jour.

Fig. 12

AZOTE minéral : — total : ----
GRAND LAC



e. AZOTE ORGANIQUE

Une estimation plus correcte a été effectuée, ce qui permet de corriger les valeurs données l'an passé et de mieux apprécier l'évolution du lac dans ce domaine.

Nous obtenons pour les trois dernières années les valeurs suivantes :

Année	Moyenne annuelle	Maximum estival	Minimum
<u>1981</u>			
mg N/l	0.180	0.270	0.108
tonnes	15'477	23'149	9'266
mois	-	juin	mars
<u>1982</u>			
mg N/l	0.147	0.185	0.106
tonnes	12'556	15'849	9'065
mois	-	septembre	novembre
<u>1983</u>			
mg N/l	0.132	0.264	0.078
tonnes	11'346	22'637	6'719
mois	-	mai	décembre

En moyenne annuelle, l'azote organique baisse depuis 1981. Ce phénomène est en accord avec les observations faites par PELLETIER sur l'évolution de la production primaire et de la chlorophylle, qui évoluent parallèlement.

f. AZOTE TOTAL

Le bilan 1983 se présente comme suit :

	mg N/l	tonnes
Azote ammoniacal	0.010	870
Azote nitreux	0.001	105
Azote nitrique	0.549	47'037
Azote minéral total	0.560	48'012
Azote organique	0.133	11'346
Azote total	0.693	59'358

L'évolution de l'azote total pour les trois premières années du plan est la suivante :

Année	concentration en mg N/l			tonnes N		
	moyenne	maximum	minimum	moyenne	maximum	minimum
1981	0.688	0.748	0.642	58'967	64'106	55'054
1982	0.675	0.746	0.636	57'828	63'933	54'520
1983	0.693	0.800	0.652	59'358	68'563	55'857

Nonobstant la baisse de la concentration de l'azote organique, la concentration de l'azote total reste encore très élevée.

7. EVOLUTION DU PHOSPHORE

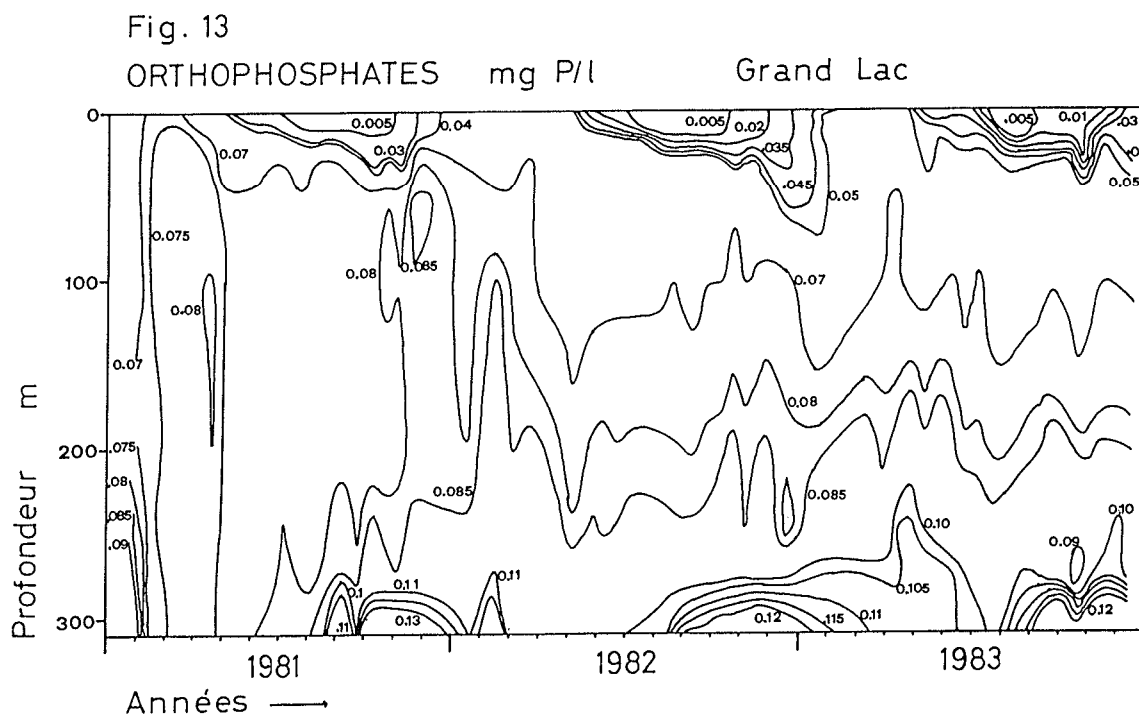
a. LES ORTHOPHOSPHATES

Leur concentration est élevée en début de saison. Mais, la circulation des eaux n'ayant pas été complète, les concentrations ne sont que de l'ordre de 0.06 à 0.07 mg P/l jusqu'à 100 mètres de profondeur, alors qu'à partir de 200 mètres, elles augmentent graduellement de 0.08-0.09 jusqu'à 0.115-0.120 mg P/l près du fond. C'est là la situation précédant le début de la poussée planctonique; la concentration moyenne du Grand Lac est alors à son maximum (0.077 mg P/l, soit 6'600 tonnes). Les orthophosphates représentent alors, cette année 1983, 89 % du phosphore total.

Près de la surface, la concentration en orthophosphates baisse graduellement pour se trouver inférieure à 0.005mg/l à partir de la mi-juillet jusqu'à fin octobre, dans la couche de 0 à 10 mètres.

Comme chaque année, on note un accroissement des concentrations au fur et à mesure que l'on s'approche du fond. La pointe maxima observée à 1 mètre de fond est de 0.152 mg P/l au début d'octobre.

La figure 13 (courbes isoplètes) fait bien ressortir la circulation de l'année 1981, l'appauvrissement des couches superficielles et l'enrichissement à proximité du fond. Les concentrations intermédiaires, entre 100 et 200 mètres de fond, n'évoluent guère.

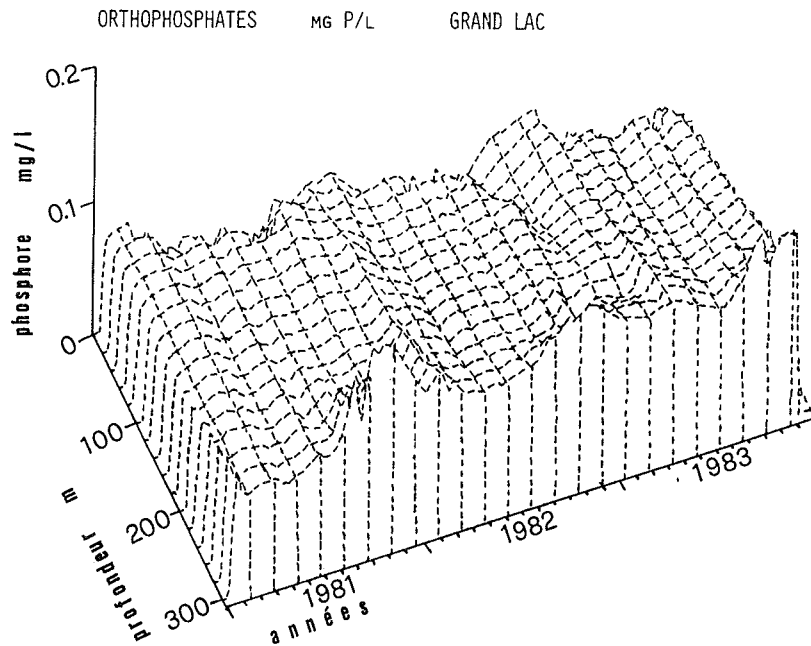


La figure 14, à trois dimensions, met en évidence l'effet généralement localisé de l'enrichissement des couches du fond et le cycle d'enrichissement et d'appauvrissement.

La concentration annuelle moyenne est de 0.067 mg P/l (5'765 tonnes), avec un maximum, comme vu plus haut, à 0.077 mg P/l en avril (6'600 tonnes) et un minimum à 0.055 mg P/l en octobre (4'700 tonnes).

La concentration des orthophosphates est en légère baisse par rapport à 1982 (environ 200 tonnes).

FIG. 14



b. PHOSPHORE ORGANIQUE

Par convention, depuis le début des études en 1957, le phosphore organique est la différence entre le phosphore total dosé et celui représenté par les orthophosphates.

Il est toujours en faible concentration, quasiment identique à celle de l'an passé : la moyenne annuelle est de 0.008 mg P/l, avec un stock de 690 tonnes.

La concentration la plus élevée dans l'épilimnion a atteint 0.065 mg P/l en mai, mois pluvieux certes, mais qui a été le plus productif de l'année, biologiquement parlant.

En moyenne annuelle, le phosphore organique représente le 11 % du phosphore total.

Dans tout l'épilimnion, la concentration reste faible, mais assez constante, la plupart du temps en dessous de 0.01 mg P/l. On note une seule pointe près du fond, en juillet avec 0.020 mg P/l et en décembre, avec 0.022 mg P/l.

c. LE PHOSPHORE TOTAL

La figure 15 rend compte de l'évolution des concentrations tout au long des trois années qui ont suivi la circulation totale. Les variations dans l'épilimnion reflètent la transformation du phosphore minéral en phosphore organique. Les accroissements des concentrations près du fond sont bien visibles.

Le graphique à trois dimensions (figure 16) donne un aspect différent du même phénomène.

Près de la surface, le phosphore total s'abaisse au minimum de 0.010 mg P/l, comme l'an passé. La concentration de départ, en mars, est de 0.078 mg P/l. En décembre, les couches superficielles n'ont encore récupéré qu'une partie du phosphore disparu, avec 0.042 mg P/l.

Fig. 15

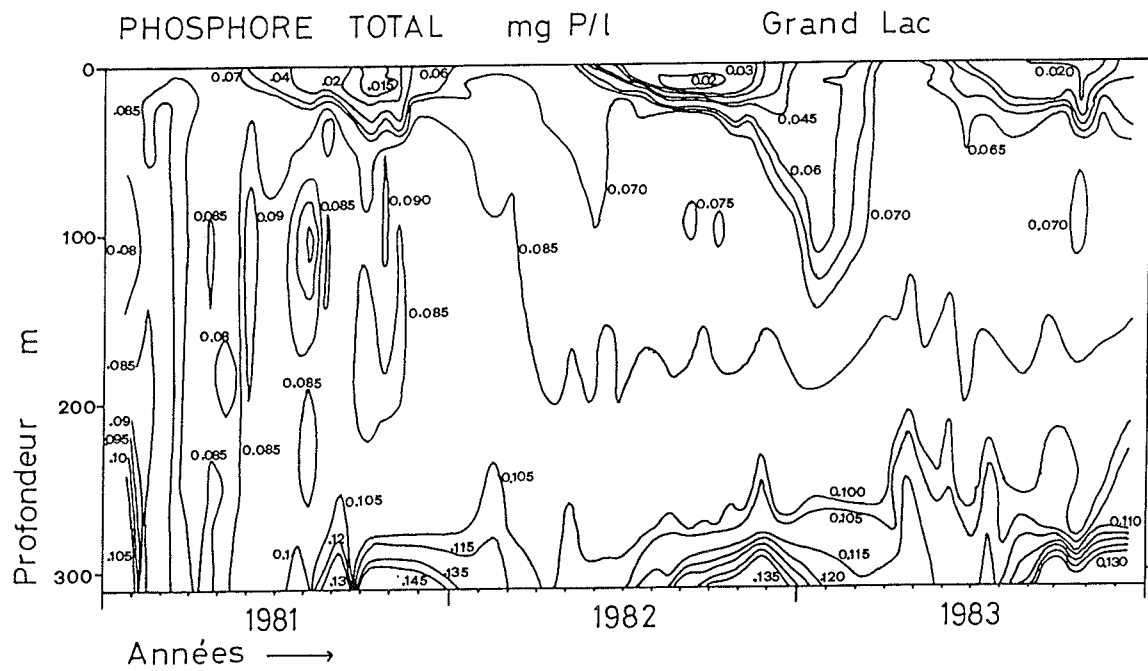
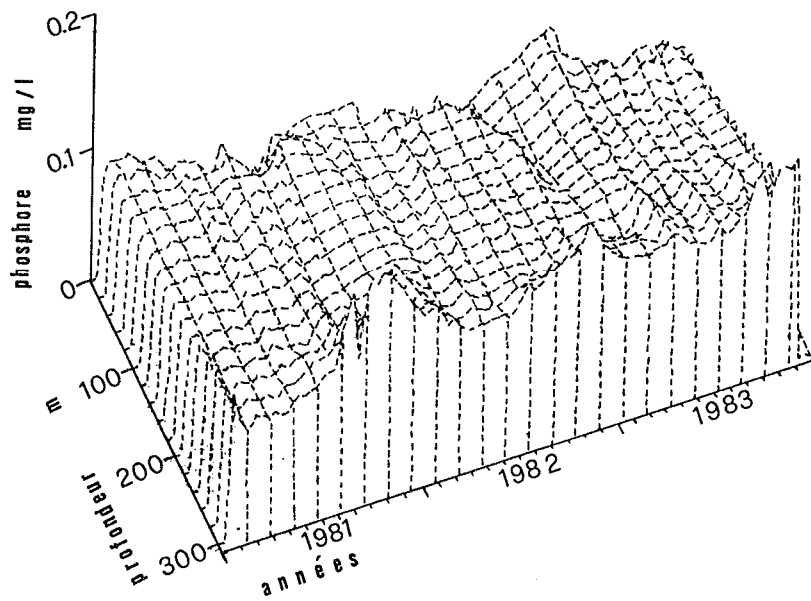


FIG. 16

PHOSPHORE TOTAL MG P/L GRAND LAC



Tout près du fond, la concentration ne descend pas au-dessous de 0.110 mg P/l, en juin, mois qui, avec le décalage surface-fond, représente la fin des phénomènes biologiques de l'année précédente. La concentration maximale est notée en décembre, avec 0.166 mg P/l, presque comme en 1982 (0.164 mg P/l), moins qu'en 1981 avec ses 0.181 mg P/l.

La concentration moyenne du phosphore total est toujours en baisse.

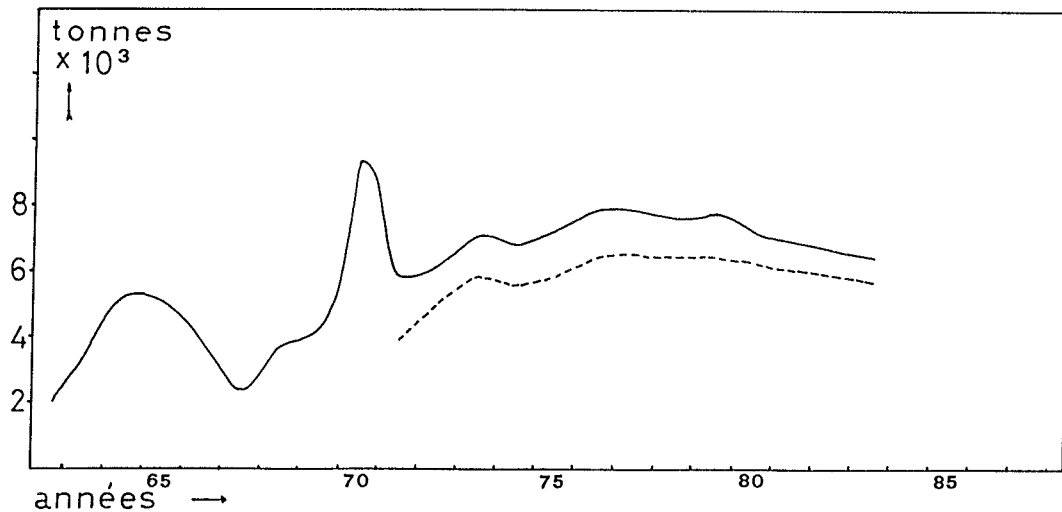
L'évolution des cinq dernières années est la suivante :

Année	mg P/l			tonnes		
	Ortho-phosphates	Phosphore organique	Phosphore total	Ortho-phosphates	Phosphore organique	Phosphore total
1979	0.073	0.009	0.082	6'200	900	7'100
1980	0.076	0.008	0.084	6'500	700	7'200
1981	0.071	0.011	0.082	6'100	950	7'050
1982	0.070	0.008	0.078	5'950	700	6'650
1983	0.067	0.008	0.075	5'750	700	6'450

La figure 17 montre, en courbes lissées, l'évolution des stocks de phosphore depuis une vingtaine d'année, en moyenne annuelle de toutes les stations.

Fig. 17

PHOSPHORE total: — ortho: ----
GRAND LAC



8. LE CARBONE ORGANIQUE TOTAL

En moyenne annuelle, la concentration du carbone organique s'élève quelque peu :

. 1981	0.89 mg C/l	76'700 tonnes
. 1982	0.94 mg C/l	80'800 tonnes
. 1983	0.98 mg C/l	83'800 tonnes

La concentration maxima, mesurée fut de 2.06 mg C/l à la surface de l'eau en octobre (1.91 mg C/l en 1982).

L'hypolimnion est plus riche en carbone organique que les deux années précédentes :

	mg C/l		
	1981	1982	1983
50 m	0.88	0.96	1.00
100 m	0.86	0.94	0.96
200 m	0.87	0.89	0.90
fond - 1 m	0.88	0.86	0.95

La concentration maximale du Grand Lac est mesurée en octobre, avec 1.24 mg C/l (106'000 tonnes), la concentration minimale en février avec 0.68 mg C/l (58'000 tonnes).

9. LA SILICE

La concentration annuelle moyenne de 1983, 2.02 mg SiO₂/l (173'000 tonnes) est plus faible que celle de l'année précédente avec ses 2.18 mg SiO₂ (187'000 tonnes). Ces fluctuations sont dans l'ordre normal de l'évolution du plancton d'une année à l'autre.

Les couches superficielles (0 à 10 m) ont une concentration moyenne de 0.97 mg/l, plus faible que celle de l'an passé (1.30 mg/l). Il faut rappeler que la circulation des eaux n'a pas été complète. C'est la raison pour laquelle la concentration près du fond s'accroît :

. 2.96 mg/l en 1981, 3.66 en 1982 et 3.88 en 1983.

La teneur maximale du lac est de 2.24 mg/l (192'000 tonnes) en mars. La teneur minimale est de 1.73 mg/l (149'000 tonnes) en mai, période de forte activité biologique.

10. LES CHLORURES

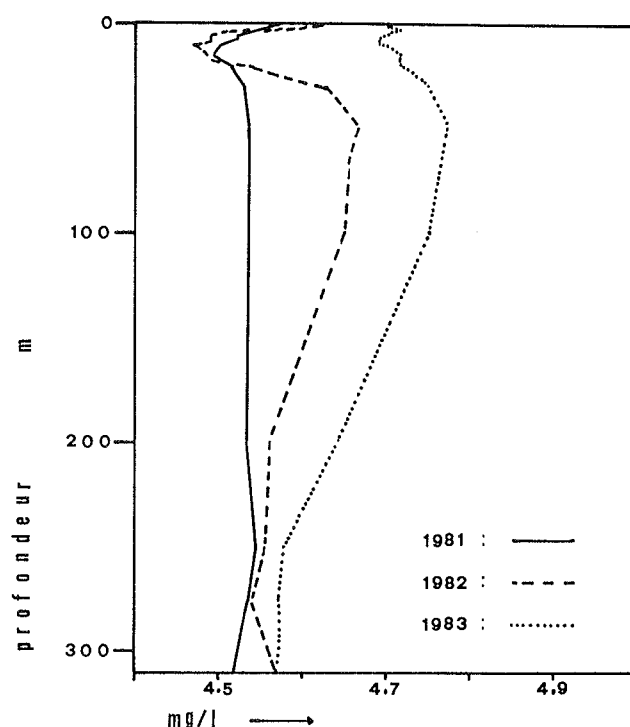
Leur concentration moyenne continue à progresser lentement. Cette augmentation est notoire surtout dans l'épilimnion, et dans les couches qui ont été l'objet d'une circulation annuelle, ainsi que le montre la figure 18 relative aux années 1981 (circulation totale), 1982 et 1983.

Les moyennes annuelles ont été les suivantes :

	1981	1982	1983
mg Cl/l	4.53	4.60	4.70
tonnes	388'000	394'000	403'000

Fig. 18

EVOLUTION DES CHLORURES MG CL/L



11. AUTRES DETERMINATIONS

. pH DE L'EAU (voir figure 19)

Les moyennes indiquées ont été calculées en passant par la concentration des ions H^+ .

En période estivale, le pH ne s'est pas élevé au-dessus de 9.0, comme en 1982. L'activité biologique a été modérée.

Le pH a tendance à baisser près du fond du lac, ainsi qu'en témoigne le tableau suivant :

Profondeur	pH annuel moyen		
	1981	1982	1983
200 m	7.77	7.74	7.68
250 m	7.77	7.70	7.62
275 m	7.75	7.68	7.58
Fond - 1 m	7.67	7.56	7.45

C'est la conséquence du défaut de circulation des eaux en 1982 et 1983.

La figure 19 met bien en évidence les poussées estivales de pH dans l'épilimnion.

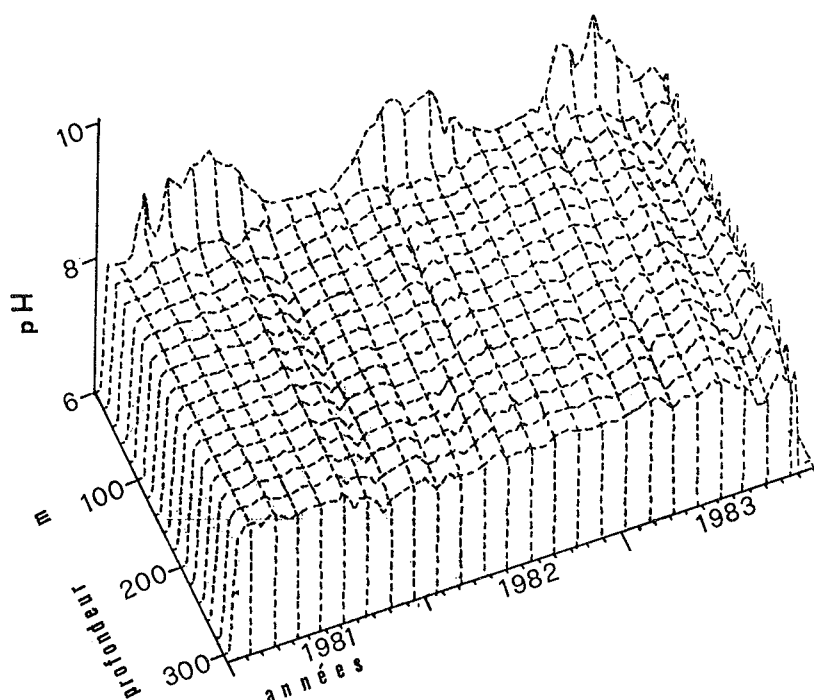
Les pH annuels moyens ont été les suivants :

	Moyenne	Maximum	Minimum
1981	7.30	7.92	7.67
1982	7.80	7.91	7.72
1983	7.76	7.94	7.46

FIG. 19

PH DE L'EAU

GRAND LAC



CONDUCTIVITE DE L'EAU

Elle est, en moyenne annuelle, de $300 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, en hausse non significative sur 1982 (295).

Le minimum observé en 1983 au moment de la déminéralisation estivale est de 244, contre 233 en 1982.

A signaler une augmentation de la conductivité dans les couches profondes. Ainsi, par exemple, à 1 mètre du fond, la conductivité annuelle moyenne a passé de 304 en 1981 à 305 en 1982 et 313 en 1983, avec des pointes respectivement à 316, 309 et 319.

BICARBONATES DE L'EAU

Le titre alcalimétrique complet (TAC) annuel moyen est quasi identique à celui de l'an passé : 1.79 mé/l au lieu de 1.80. Les valeurs estivales les plus faibles près de la surface, au moment de la décalcification de l'eau, ont été de 1.38 en 1981, 1.28 en 1982 et 1.33 en 1983, toutes valeurs enregistrées au mois d'août. Les maxima annuels moyens sont de 1.84 en 1981 et 1982, et 1.83 en 1983.

DURETE TOTALE

Elle ne varie guère : 2.88 mé/l en 1981, 2.85 en 1982, 2.87 en 1983, toujours en moyenne annuelle. Ces variations ne sont pas significatives.

Les valeurs estivales les plus faibles près de la surface ont été de 2.36 en août 1981, 2.19 en août 1982 et 2.24 au début septembre 1983.

Les maxima moyens du printemps furent de 2.94 mé/l en 1981, 2.89 en 1982 et 2.96 en 1983.

. DURETE PERMANENTE

Elle est, en moyenne annuelle, de 1.08 en 1983, contre 1.05 en 1982 et 1.06 en 1981, variations non significatives.

. CALCIUM

Le tableau suivant indique les faits saillants de ces trois dernières années :

	1981	1982	1983
Moyenne annuelle mē/l	2.32	2.31	2.38
mg Ca/l	46.5	46.3	47.6
t.10 ³	3'980	3'968	4'080
Moyenne 0-20 m mē/l	2.18	2.12	2.21
Minimum estival mē/l	1.80	1.70	1.80
mois	septembre	août	septembre
Maximum moyen mē/l	2.35	2.36	2.45
mg Ca/l	47.0	47.3	49.2
t.10 ³	4'030	4'060	4'216
Minimum moyen mē/l	2.20	2.25	2.30
estival			
mg Ca/l	44.2	45.2	46.1
t.10 ³	3'785	3'871	3'954

. MAGNESIUM

Il n'y a pas de variation significative. La concentration annuelle moyenne reste à 0.52 mē/l (6.32 mg Mg/l), soit 541'700 tonnes en stock.

Les variations annuelles vont de 0.49 mē/l en octobre (6.0 mg Mg/l ou 514'000 tonnes) à 0.53 mē/l en mai (6.5 mg Mg/l ou 557'000 tonnes).

12. CONCLUSIONS

La vie physico-chimique du lac en 1983 a été influencée par deux facteurs principaux :

- . la circulation totale des eaux s'est limitée à une couche inférieure à 200 mètres
- . l'activité du phytoplancton a été plus réduite.

La transparence de l'eau, avec une moyenne de 8.23 m, est supérieure de 0.7 m à celle de l'an passé. Le minimum observé s'est abaissé à 2.3 m.

Le régime thermique des eaux a été peu modifié. L'hiver 1983 a été doux, la circulation des eaux n'a pas été totale. En conséquence, la température moyenne de l'eau a passé à 6°71C. L'eau du fond se réchauffe progressivement. L'été chaud (juillet-août) n'a eu qu'un effet localisé à l'épilimnion.

Le régime de l'oxygène reste globalement stationnaire. La provision annuelle est de 787'000 tonnes, soit 5'000 tonnes de moins de l'an passé, différence non significative. La concentration annuelle moyenne est de 9.19 mg/l.

La situation critique près du fond relevée en 1982 se présente à nouveau en 1983, un peu moins bonne du fait que la stagnation des eaux à ces profondeurs n'a pas permis une réoxygénation hivernale convenable. La moyenne annuelle en 1983 est de 3.93 mg/l. La zone critique ne s'est pas étendue.

Le régime de l'azote se modifie peu à peu.

L'azote ammoniacal voit sa concentration passer à 0.01 mg N/l ou 870 tonnes.

La concentration de l'azote nitreux, toujours faible, reste stationnaire à 0.001 mg N/l.

L'azote nitrique voit sa concentration augmenter à 0.55 mg N/l (47'000 tonnes), valeur maximale jamais encore enregistrée.

Il en découle que la concentration de l'azote minéral total culmine à 0.56 mg N/l (48'000 tonnes).

Au contraire, la concentration d'azote organique s'abaisse à 0.13 mg N/l (11'000 tonnes).

En conséquence, le bilan de l'azote total montre une hausse par rapport à l'an passé jusqu'à 0.69 mg N/l (59'000 tonnes).

La concentration des orthophosphates, qui représente en 1983 les 89 % du phosphore total, est en légère baisse par rapport à l'an passé, avec 0.067 mg P/l (environ 5'800 tonnes). La baisse est de 200 tonnes.

Le phosphore organique reste stable à 0.008 mg P/l (690 tonnes).

En conséquence, la concentration annuelle moyenne du phosphore total n'est plus, que de 0.075 mg P/l (6'450 tonnes).

Le carbone organique voit sa concentration s'élever à 0.98 mg C/l, soit 83'800 tonnes. Eu égard aux difficultés de détermination de cet élément, l'évolution n'est pas significative.

La silice voit sa concentration moyenne s'abaisser à 2.02 mg SiO₂ (173'000 tonnes).

La concentration en chlorures continue à s'élever (4.7 mg Cl/l ou 403'000 tonnes).

Le pH de l'eau a tendance à diminuer dans les couches profondes.

Les autres déterminations ne montrent pas d'évolution caractéristique.

Ainsi, l'année 1983 se caractérise par des tendances parfois opposées. La transparence de l'eau est meilleure; le régime global de l'oxygène est encore bon, mais une certaine carence est localisée près du fond; les concentrations en azote et en chlorures s'élèvent; celle du phosphore continue à s'abaisser peu à peu, tout en restant beaucoup trop élevée.

EVALUATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE OU PRODUCTION ORGANIQUE DANS LE LEMAN

CAMPAGNE 1983

PAR

JEAN PELLETIER

INSTITUT DE LIMNOLOGIE (INRA) THONON

RESUME

La biomasse et l'activité photosynthétique du phytoplancton, représentées respectivement par la chlorophylle et la production primaire, suivent en 1983 des variations saisonnières typiques : le minimum estival, très accusé en juin, sépare le pic de printemps, bien marqué en mai, du pic de juillet, plus modeste.

La production primaire annuelle et la concentration moyenne en chlorophylle diminuent sensiblement en 1983 par rapport aux deux années précédentes, observation qui concorde avec un accroissement de la transparence. Cependant cette évolution demande confirmation, car elle s'inscrit dans la gamme des fluctuations interannuelles dues aux variations des conditions climatiques et hydrodynamiques (circulation vernale). Le caractère méso-trophe - eutrophe du Léman se maintient en 1983 bien que la tendance eutrophe se manifeste de façon moins spectaculaire que certaines années.

1. INTRODUCTION

Les méthodes de mesure de la concentration en chlorophylle *a* (spectrophotométrie après extraction des pigments) et de la production primaire (méthode du ^{14}C avec incubation in situ pendant le tiers médian de la période diurne) sont restées les mêmes que les années précédentes. Toutefois les mesures de radioactivité, effectuées jusqu'en 1982 par un compteur Geiger-Müller à fenêtre mince, sont désormais obtenues à l'aide d'un spectromètre à scintillateur liquide. Cet appareil offre l'avantage d'un meilleur rendement de comptage et d'une sensibilité moindre à l'auto-absorption des rayons β peu énergiques du ^{14}C par la couche de plancton déposée sur le filtre; les résultats obtenus sont donc plus fiables.

Afin d'éviter un décalage systématique des résultats, nous avons calibré le nouvel appareil par rapport à des séries de mesures obtenues parallèlement sur l'ancien. Néanmoins le rapport de rendement des deux appareils, conçus selon des principes très différents, varie légèrement en fonction de la composition et l'abondance du phytoplancton des échantillons traités. Nous avons adopté un coefficient moyen qui minimise les écarts à l'échelle de l'année mais laisse persister des différences pouvant atteindre 10 % au niveau des mesures ponctuelles.

Les prélèvements n'ont pu être réalisés en février par suite du mauvais temps. Début juillet, la production primaire n'a pas été déterminée, l'agitation du lac ne permettant pas une incubation in situ correcte. Nous disposons donc de 20 séries de mesures de concentrations en chlorophylle et de 19 séries de mesures de production primaire, chaque série comportant 9 profondeurs depuis la surface jusqu'à 20 mètres.

2. PRESENTATION DES RESULTATS

Comme précédemment, les résultats sont présentés sous forme d'un tableau (tableau 1) récapitulant les valeurs caractéristiques de la production primaire et des paramètres associés, et de deux séries de graphiques : d'une part les profils verticaux de production et de chlorophylle (figure 1), d'autre part les variations saisonnières de ces deux paramètres globalement par unité de surface (figure 2).

TABLEAU 1 - Paramètres de production primaire, concentration en chlorophylle *a* et transparence au point SHL 2 en 1983

Date	ΣA	PP_J	A_{max}	$\Sigma A/A_{max}$	$Chl_{A_{max}}$	Chl_{0-10}	T_{DS}
1983	mg C/m ² . exp.	mg C/m ² .J	mg C/m ³ .exp.		mg/m ³	mg/m ³	m
17.01	63.6	141.2	5.7	11.2	1.1	1.1	12.2
07.03	198.0	439.6	13.6	14.6	1.4	1.3	12.6
28.03	257.6	571.9	20.3	12.7	3.5	3.4	8.6
11.04	86.0	190.9	9.1	9.5	1.4	1.4	10.6
25.04	578.1	1'283.4	90.9	6.4	10.0	11.7	4.1
09.05	1'315.1	2'919.5	231.3	5.7	18.1	16.8	3.3
24.05	746.2	1'656.6	227.3	3.3	16.0	10.6	2.3
07.06	455.1	1'010.3	63.6	7.2	5.1	3.6	5.8
20.06	195.8	434.7	26.6	7.4	1.5	1.0	9.2
04.07	-	-	-	-	-	3.8	6.3
18.07	974.3	2'162.9	152.9	6.4	9.6	8.1	7.9
02.08	618.2	1'372.4	110.3	5.6	10.5	8.0	5.9
22.08	703.9	1'562.7	85.7	8.2	6.5	6.9	7.5
05.09	461.9	1'025.4	54.9	8.4	6.6	6.7	8.0
19.09	447.5	993.5	51.5	8.7	3.8	4.0	6.8
03.10	481.0	1'067.8	51.9	9.3	4.7	3.2	7.0
17.10	273.9	608.1	29.1	9.4	3.2	3.5	8.3
08.11	171.4	380.5	28.5	6.0	5.2	4.2	8.5
30.11	98.9	219.6	10.0	9.9	1.4	1.7	6.4
13.12	50.8	112.8	5.9	8.6	1.1	1.3	9.5

SYMBOLES UTILISES :

- . ΣA : Production intégrale, exprimée en mg de C assimilé par mètre carré pendant la période d'incubation. Cette valeur correspond à l'aire délimitée par le profil vertical et les axes
- . PP_J : Production primaire journalière calculée : $PP_J = 2.22 \Sigma A$
- . A_{max} : Valeur maximale d'assimilation relevée sur un profil, exprimée en mg de C assimilé par mètre cube d'eau pendant la période d'incubation
- . $Chl_{A_{max}}$: Concentration en chlorophylle *a* (mg/m³) au niveau du maximum d'assimilation A_{max}
- . Chl_{0-10} : Concentration moyenne en chlorophylle *a* (mg/m³) dans la couche surface - 10 mètres
- . T_{DS} : Transparence exprimée en mètres, mesurée à l'aide du disque de Secchi.

3. VARIATIONS SAISONNIERES (tableau 1, figures 1 et 2)

La biomasse du phytoplancton estimée par la concentration en chlorophylle *a* et la production primaire exprimant la quantité de matière organique synthétisée présentent en 1983 des variations saisonnières très typées.

Le pic de printemps, le plus élevé de l'année, s'amorce en avril et culmine début mai (2'920 mg C/m² assimilé par jour; 16.8 mg/m³ de chlorophylle dans la couche 0-10 m). Ces valeurs restent toutefois modérées par rapport aux maximums observés occasionnellement les années précédentes. Inversement, la transparence présente en mai les valeurs les plus faibles de l'année (3.3 m et 2.3 m). Au printemps, le développement du phytoplancton est dû essentiellement à la prolifération d'espèces nannoplanctoniques, en particulier de diatomées centriques et de cryptophycées (DRUART et REVACLIER, page 42).

Comme pour la plupart des années précédentes, c'est en juin que l'on observe un effondrement du peuplement phytoplanctonique. Ce phénomène est particulièrement accusé en 1983, puisque le lac, devenu limpide (transparence 9.2 m) ne contient plus que 1 mg/m³ de chlorophylle en moyenne dans les dix premiers mètres superficiels, valeur correspondant à une concentration hivernale. Par voie de conséquence, la production est faible (435 mg C/m²/jour), en dépit des "jours longs". L'abondance des entomostracés (*Daphnia* et *Eudiaptomus* essentiellement) laisse présumer l'importance du broutage, le nannoplancton constituant un aliment de choix pour les organismes filtrateurs du zooplancton.

La deuxième poussée annuelle de phytoplancton se manifeste fin juillet, mais elle est peu marquée (2'160 mg C/m²/jour; 8.1 mg/m³ de chlorophylle). Le phytoplancton est alors dominé par des dinophycées de grande taille (DRUART et REVACLIER, page 42), peu consommées par le zooplancton. Ce peuplement se maintient jusqu'au début de septembre et décroît par la suite.

D'une façon générale, on observe une bonne correspondance entre les variations saisonnières de la chlorophylle et celles de la production primaire. Mais on retrouve cette année encore une divergence entre les variations de la biomasse exprimée d'une part par les concentrations en chlorophylle et d'autre part par les biovolumes. Ces derniers font apparaître un pic automnal plus marqué que le pic vernal (DRUART et REVACLIER, page 43), contrairement à la chlorophylle. La pauvreté en chlorophylle des espèces d'été et d'automne, dominées par les dinophycées, explique les différences observées.

4. PRODUCTION ANNUELLE (tableau 2)

L'intégration en fonction du temps des valeurs journalières de production mesurées au cours de l'année permet de calculer la production annuelle brute. On en déduit la production annuelle nette, directement utilisable par les consommateurs, en opérant un abattement de 40 % correspondant aux pertes de carbone organique par respiration et excrétion.

La production primaire annuelle nette s'établit en 1983 à 190 g C/m²/an, valeur en régression sensible par rapport à 1981 et 1982 (tableau 2). Il faut remonter à 1979 pour trouver une production plus faible. La concentration moyenne en chlorophylle dans les dix premiers mètres accuse aussi une diminution légère puisqu'elle tombe à 4.5 mg/m³. Cette évolution joue probablement un rôle dans l'accroissement de la transparence moyenne (MONOD, page 12).

TABLEAU 2 - Evolution des paramètres globaux de production primaire et de biomasse (chlorophylle *a*) de 1976 à 1983

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Production annuelle nette (g C/m ² /an)	223	174	157	170	205	231	230	190
Chlorophylle <i>a</i> (0-10 m) moyenne ann. (mg/m ³)	7.3	4.7	4.9	4.8	4.7	7.5	5.2	4.5

5. CONCLUSIONS

Les paramètres de biomasse et de production du phytoplancton confirment cette année encore l'état mésotrophe à eutrophe du Léman. La diminution de la production annuelle et de la concentration moyenne en chlorophylle dans la couche supérieure, ainsi que l'absence de poussée algale spectaculaire, atténuent cependant le caractère eutrophe du lac et permettent de nuancer cette conclusion. Néanmoins, les variations mesurées s'inscrivent dans la fourchette des variations interannuelles déjà observées, dépendantes des conditions climatiques et hydrodynamiques. L'évolution favorable qui paraît s'amorcer demande confirmation.

Figure 1 - Profils verticaux de production primaire (trait plein) et de chlorophylle a (tirets) dans le Léman au point SHL 2, campagne 1983. Les données de production correspondent à la période d'incubation

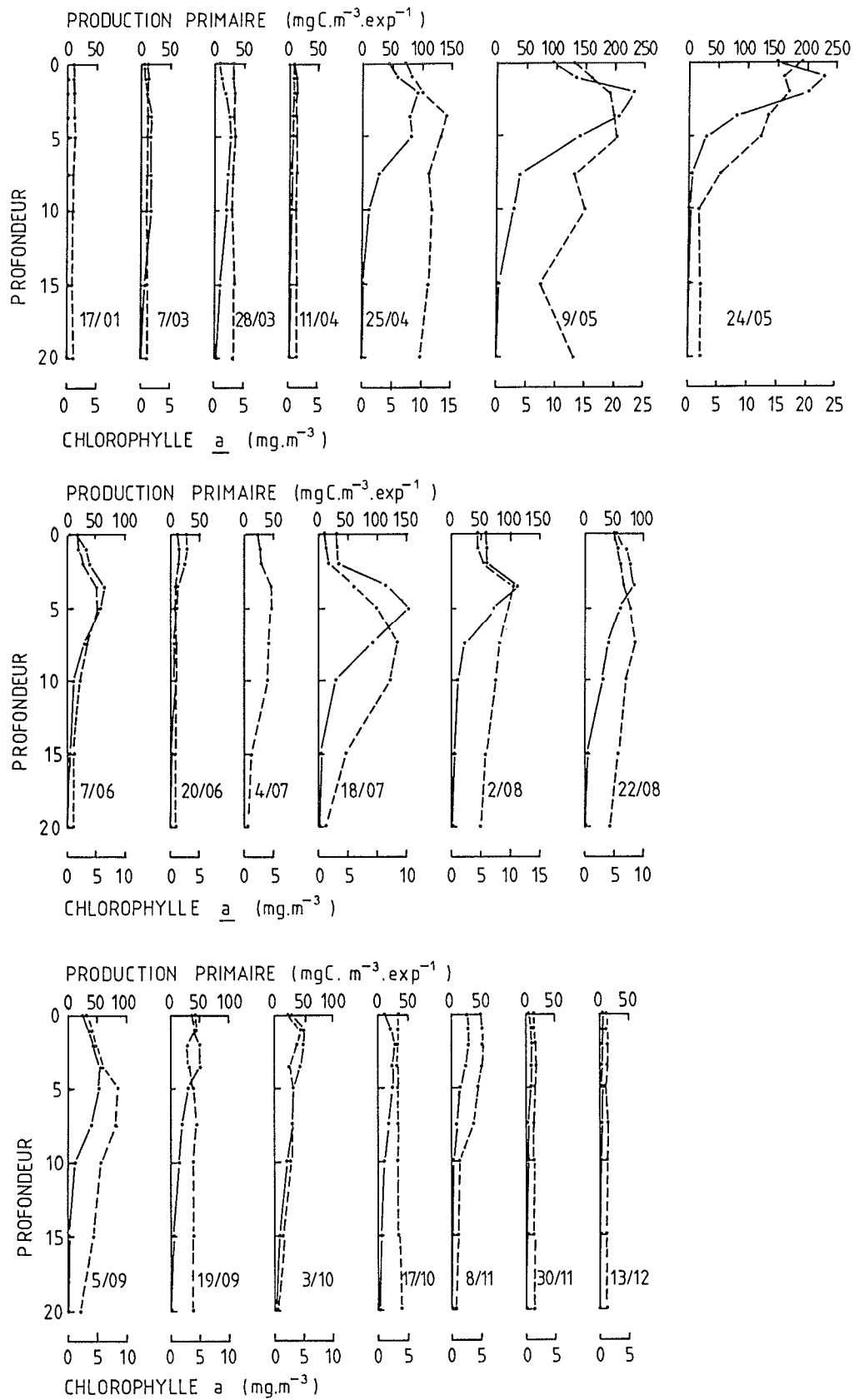
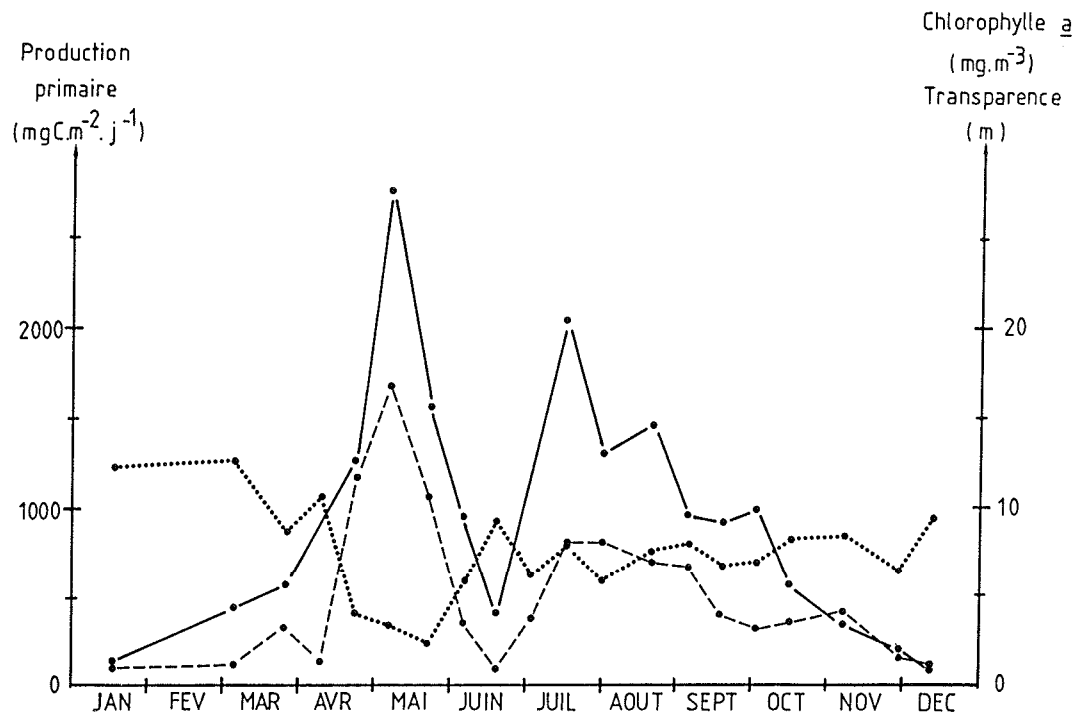


Figure 2 - Variations saisonnières de la production primaire journalière (trait plein), de la teneur en chlorophylle dans les 10 premières mètres (tirets) et de la transparence (pointillés) dans le Léman au point SHL 2, au cours de l'année 1983



ETUDE DU PHYTOPLANKTON

CAMPAGNE 1983

PAR

JEAN-CLAUDE DRUART

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA) THONON

ET

ROGER REVACLIER

SERVICE D'HYDROBIOLOGIE GENEVE

RESUME

En 1983, 133 taxons phytoplanctoniques, répartis dans vingt échantillons d'eau brute, ont été identifiés et dénombrés. 29 ont produit 93 % de la biomasse totale. La biomasse moyenne est de 1.6 mg/l et la biomasse maximale de 5.9 mg/l.

Les espèces nanoplanctoniques sont dominantes au printemps : Cryptophycées et diatomées du genre "Stephanodiscus".

La dinophycée "Ceratium hirundinella", abondante en été, a produit 40 % de la biomasse totale.

Trois espèces nouvelles pour le Léman ont été observées, elles sont restées discrètes.

La composition du phytoplancton et les biomasses produites sont caractéristiques d'un lac mésotrophe à eutrophe.

1. INTRODUCTION

La campagne 1983 a permis de prélever vingt échantillons d'eau brute, dans la couche d'eau comprise entre la surface et dix mètres de profondeur à l'aide d'un appareil intégrateur (PELLETIER et ORAND, INRA 1968) aux dates qui figurent au tableau 1.

Les comptages et identifications ont été réalisés au microscope inversé WILD M 40.

2. RESULTATS

2.1 FREQUENCES DES ESPECES

Les vingt échantillons prélevés rassemblent 133 taxons (genre, espèce, variété ou forme) dont la liste est donnée en fin de rapport. 84 taxons ont une abondance inférieure à 1 unité/ml. 11 espèces sont présentes dans dix-sept échantillons

ou plus (tableau 2). Ce petit groupe constitue une communauté quasi constante où l'abondance de chaque espèce peut varier considérablement d'un échantillon à l'autre. En 1983 ce groupe représente en moyenne 65 % de la biomasse. L'échantillon le plus diversifié compte 73 taxons (3 octobre) parmi lesquels seuls 20 ont une abondance supérieure à 1 unité/ml; les moins diversifiés regroupent 22 taxons (juin), dont 10 d'abondance supérieure à 1 unité.

2.2 VARIATIONS QUALITATIVES DES PRINCIPAUX GROUPES

Cyanophycées

En 1983, les cyanophycées sont moins abondantes qu'en 1982.

En début d'année, *Oscillatoria rubescens* achève sa période de prolifération (maximum début novembre 1983) qui ne reprendra que faiblement en fin d'année (15 fil./ml, soit 2.3 % du maximum de 1982). *Microcystis aeruginosa* végète d'août à décembre et *Aphanizomenon flos aquae* est présente de fin août à mi-novembre.

Dinophycées

Ceratium hirundinella, espèce dominante, est abondant en août. Cette dinophycée maintient une population stable dans le Léman :

. 1981 :	8'000 cel/ml
. 1982 :	8'750 cel/ml
. 1982 :	8'700 cel/ml

Gymnodinium excavatum, espèce nouvelle pour le lac, apparaît en octobre en faible nombre (1 cellule/ml); cet assez gros gymnodinium (biomasse de 9'500 μ^3) est inféodé aux eaux riches en matières organiques (étangs, lacs eutrophes).

Cryptophycées

Espèces de très petite taille, ces algues composent la majeure partie du nanoplancton lémanique.

Elles sont présentes toute l'année.

Chrysophycées

Cette classe d'algues, très diversifiée dans les eaux oligotrophes, reste pauvrement représentée dans le Léman actuel.

Diatomées

En 1983, les diatomées centriques, indicatrices de conditions plutôt eutrophes (*Melosira*, *Stephanodiscus*) sont à nouveau plus abondantes que les pennées. *Stephanodiscus hantzschii* est abondante en mars (1'116 cel/ml). *Stephanodiscus astraea* et sa variété de petite taille, prolifèrent activement début mai (1'250 cel/ml), au détriment de *St. hantzschii* habituellement encore abondante à cette époque de l'année. La prolifération de *St. astraea* + var. est un phénomène nouveau pour le Léman. Notons que cette algue planctonique est considérée comme moins littorale que *St. hantzschii*. Sa croissance, interrompue durant l'été, a repris en novembre.

Chlorophycées

Cette classe, bien diversifiée, est restée assez discrète en 1983. Seules les formes nanoplanctoniques ont occupé une place plus importante : *Chlamydomonas* spp. en juillet et surtout *Chlorella vulgaris* en mai (maximum 16'800 cel/ml). Cette espèce, depuis quelques années, maintient une population relativement stable et pérenne :

. 1981 :	2'100 cel/ml
. 1982 :	1'900 cel/ml
. 1983 :	1'700 cel/ml

Une espèce nouvelle pour le Léman, de la famille des oocystacées, *Chodatella genevensis* (Chod.) Lemm est apparue en mai 1983, très discrète dans le Grand Lac, on a pu compter au maximum 2 à 3 cellules par millilitre dans le Petit Lac; son biovolume est d'environ 480 μ^3 .

Conjuguées

L'abondance des conjuguées, généralement faible, s'accroît en automne avec la filamenteuse *Mougeotia gracillima*, *Staurastrum sebaldoi* var. *ornatum* et *S. mesikomeri*, dont l'abondance tend à augmenter dans le Léman.

Signalons la présence nouvelle d'une grosse desmidiée typiquement planctonique *Cosmarium biretum* Bréb., en décembre (biovolume : 25'000 μ^3).

2.3 VARIATIONS QUANTITATIVES (BIOMASSE)

Comme les années précédentes, les dinophycées sont restées le groupe le plus abondant, suivi par les chryptophycées (tableau 3). Par rapport à 1982, la biomasse produite par les cyanophycées est huit fois moins importante et du même ordre de grandeur (51 ml/m³) qu'en 1981 (45 ml/m³).

Les diatomées ont retrouvé une importance perdue en 1982, mais, nous l'avons vu, il s'agit surtout d'espèces du genre *Stephanodiscus*, indicatrices d'eau eutrophe.

En 1983, la succession des espèces et des classes est très différente de l'année 1982 (figure 1). Après le déclin des cyanophycées (*Oscillatoria rubescens*), d'abord, les diatomées dominent; elles sont ensuite remplacées peu à peu par les cryptophycées qui prennent la première place du mois de mai au début du mois de juillet. De fin juillet à septembre, les dinophycées (*Ceratium hirundinella*) constituent jusqu'à 86 % de la biomasse. Au mois d'octobre la diversité augmente et l'année se termine sur un nouvel accroissement de la biomasse des diatomées. Rappelons qu'en 1982, la fin de l'année, dès octobre, fut dominée par *Oscillatoria rubescens*.

18 espèces ou taxons, sur 133, ont des biomasses relatives, égales ou supérieures à 1 % de la biomasse totale (tableau 4) et représentent 87 % du total. L'augmentation la plus spectaculaire par rapport à 1981 et 1982 est celle de *Stephanodiscus astraia* var. *minutula* qui passe de moins de 0.01 % en 1981 à 6.1 % en 1983.

L'évolution de la biomasse en cours d'année peut varier considérablement d'une année à l'autre (figure 2); en 1983, elle est marquée par deux maximums nets : le premier le 9 mai (3'400 mg/m³) et le second, plus élevé, le 1er août (5'900 mg/m³). Le premier est dû essentiellement à des espèces nannoplanctoniques (espèces non retenues au filet de 64 μ m de vide de maille) : cryptophycées et petites diatomées centriques, le second à *Ceratium hirundinella*.

La dominance des espèces du nannoplancton dans la biomasse du début de l'année (printemps) est une fois encore confirmée ainsi que la chute brutale des biomasses phytoplanctoniques en juin où les valeurs deviennent voisines de celles de l'hiver (figure 2).

La biomasse annuelle moyenne et la biomasse maximale sont les plus faibles de ces trois dernières années (tableau 5) et rejoignent les années précédentes; mais ces valeurs restent caractéristiques de lacs mésotrophes à eutrophes.

3. CONCLUSIONS

Si l'on compare les trois dernières années d'observation du phytoplancton à SHL 2, tant sur le plan qualitatif que quantitatif aucune évolution ne se dessine. Les biomasses fluctuent au gré des conditions climatiques, mais restent élevées et les espèces indicatrices d'eaux plutôt eutrophes continuent à dominer la communauté des algues du Léman.

TABLEAU 1 - Dates de prélèvement du phytoplancton en 1983 et nombre d'espèces par échantillon

Dates	Nombre d'espèces	Dates	Nombre d'espèces
17 janvier	45	1er et 11 août	31 et 53
7 et 18 mars	44 et 40	5 et 19 septembre	55 et 65
11 et 25 avril	33 et 41	3 et 17 octobre	73 et 57
9 mai et 24 mai	40 et 33	8 et 30 novembre	60 et 59
6 et 20 juin	22 et 22	13 décembre	55
4 et 18 juillet	27 et 32		

TABLEAU 2 - Espèces les plus fréquentes

Espèces	Fréquence sur 20 échantillons	Abondance moyenne unité/ml	Biomasse moyenne mg/m ³
<i>Oscillatoria rubescens</i>	18	7.0	22.9
<i>Gymnodinium helveticum</i>	18	1.4	21.1
<i>Peridinium willei</i>	17	0.7	26.2
<i>Ceratium hirundinella</i>	18	8.7	643.3
<i>Cryptomonas</i> spp.	20	70.8	177.0
<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplantica</i>	20	974.5	97.5
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> var. <i>pusillus</i>	17	90.3	9.0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	19	55.1	16.5
<i>Asterionella formosa</i>	20	30.2	6.0
<i>Eudorina elegans</i>	17	3.4	10.1
<i>Staurostrum sebaldei</i> var. <i>ornatum</i>	17	1.1	21.1

TABLEAU 3 - Biomasses moyennes absolues (µg/l) et relatives (%) par classes d'algues de 1981 à 1983

Classes	1981		1982		1983	
	µg/l	%	µg/l	%	µg/l	%
Cyanophycées	45	2.1	422	21.4	51	3.1
Dinophycées	653	30.5	747	37.9	718	43.7
Cryptophycées	465	21.7	244	12.4	332	20.2
Chrysophycées	70	3.2	93	4.7	58	3.5
Diatomées						
. pennées	145	6.8	66	3.3	36	2.2
. centriques	331	15.5	61	3.1	188	11.4
Chlorophycées	121	5.7	253	12.8	152	9.2
Conjuguées	312	14.6	85	4.3	108	6.6

TABLEAU 4 - Biomasse relative (%) des espèces les plus abondantes (1 %) en 1981, 1982 et 1983

Espèces	1981	1982	1983
<u>Cyanophycées</u>			
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0.9	2.3	0.9
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	0.7	4.0	0.7
<i>Oscillatoria rubescens</i>	0.1	12.4	1.4
<i>Pseudanabaena galeata</i>	0.0	2.4	0.0
<u>Dinophycées</u>			
<i>Gymnodinium helveticum</i>	1.6	2.7	1.1
<i>Ceratium hirundinella</i>	27.7	33.3	40.4
<i>Peridinium willet</i>	0.4	0.7	1.6
<u>Cryptophycées</u>			
<i>Cryptomonas</i> spp.	8.6	6.4	11.0
<i>Rhodomonas minuta</i> v. <i>nannoplantica</i>	11.8	5.0	6.0
<i>Rhodomonas minuta</i>	1.2	1.0	3.5
<u>Chrysophycées</u>			
<i>Dinobryon sociale</i>	0.9	3.4	1.7
<i>Erkenia subaequiciliata</i>	1.1	0.6	1.0
<u>Diatomées</u>			
<i>Stephanodiscus binderanus</i>	3.3	1.1	0.6
<i>Stephanodiscus astraea</i>	0.2	1.0	3.0
<i>Stephanodiscus astraea</i> v. <i>minutula</i>	0.0	0.04	6.1
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> v. <i>pusillus</i>	11.9	0.7	0.5
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0.6	1.3	1.0
<i>Asterionella formosa</i>	5.5	1.3	0.4
<u>Chlorophycées</u>			
<i>Chlamydomonas</i> spp	0.0	0.1	1.9
<i>Chlamydomonas conica</i>	1.0	0.9	1.3
<i>Coelastrum reticulatum</i>	0.0	5.0	0.1
<i>Coelastrum cambricum</i>	0.6	1.0	0.6
<i>Chlorella vulgaris</i>	1.5	1.5	1.5
<i>Ulothrix subtilissima</i>	1.1	0.6	0.8
<u>Conjuguées</u>			
<i>Mougeotia gracillima</i>	2.3	0.3	2.2
<i>Closterium aciculare</i>	1.6	0.1	0.3
<i>Staurastrum cingulum</i>	2.4	1.3	0.6
<i>Staurastrum sebaldei</i> v. <i>ornatum</i>	7.7	0.2	1.3
<i>Staurastrum messikommeri</i>	-	0.4	1.0
<i>Cosmarium depressum</i> v. <i>planctonicum</i>	0.6	1.0	0.5
TOTAL	95.3	92.0	93.0

TABLEAU 5 - Biomasse annuelle moyenne et biomasse maximale de 1977 à 1983
à SHL 2

Année	Nombre de campagnes de prélèvements	Biomasse annuelle moyenne (mg/m ³)	Biomasse maximale (mg/m ³)
1977	12	950	3'300 (8)
1978	12	1'800	5'900 (10)
1979	12	880	2'410 (8)
1980	12	1'250	5'160 (9)
1981	20	2'142	6'456 (7)
1982	21	1'971	8'463 (7)
1983	20	1'641	5'941 (7)

Les chiffres entre parenthèse indiquent le No d'ordre du mois correspondant
(p. ex. (8) = août.

Figure 1 - Variations saisonnières de la distribution des classes d'algues en
pourcentage du biovolume total (1983, point SHL 2)

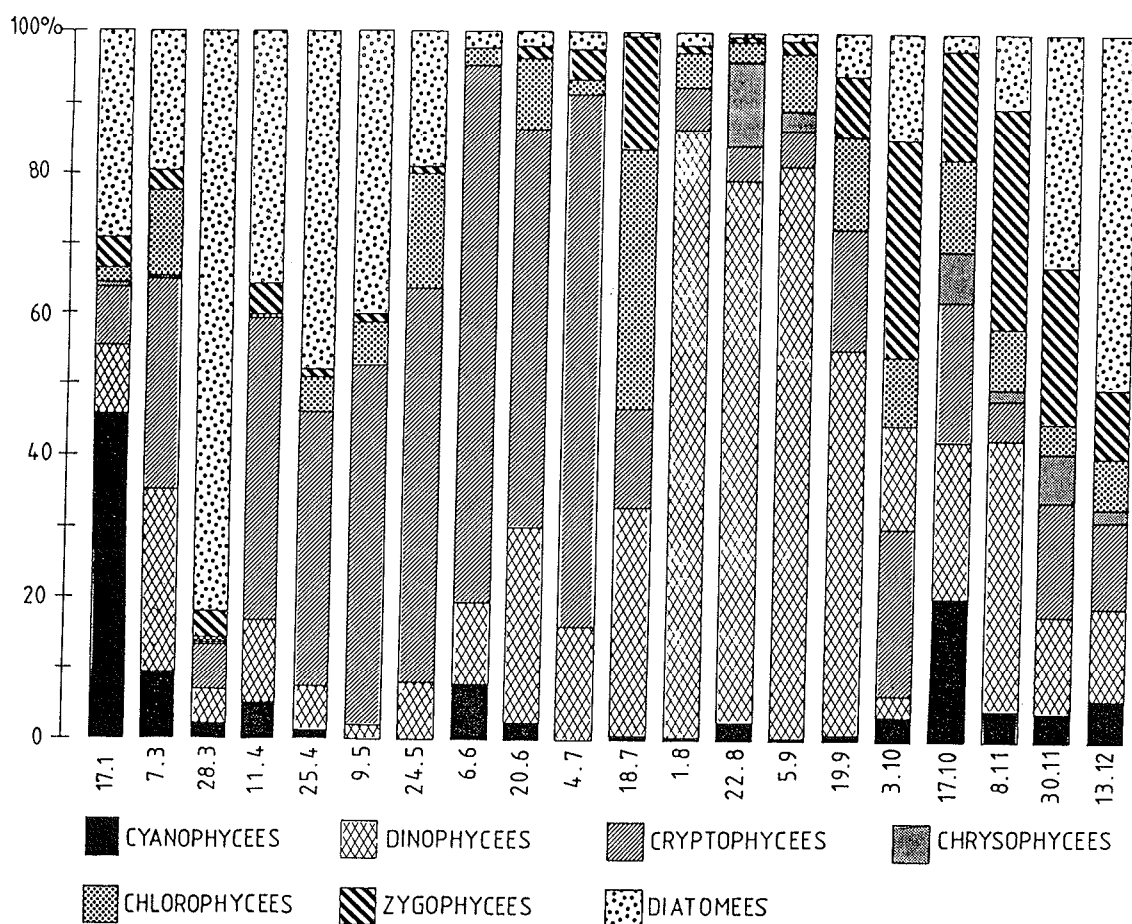
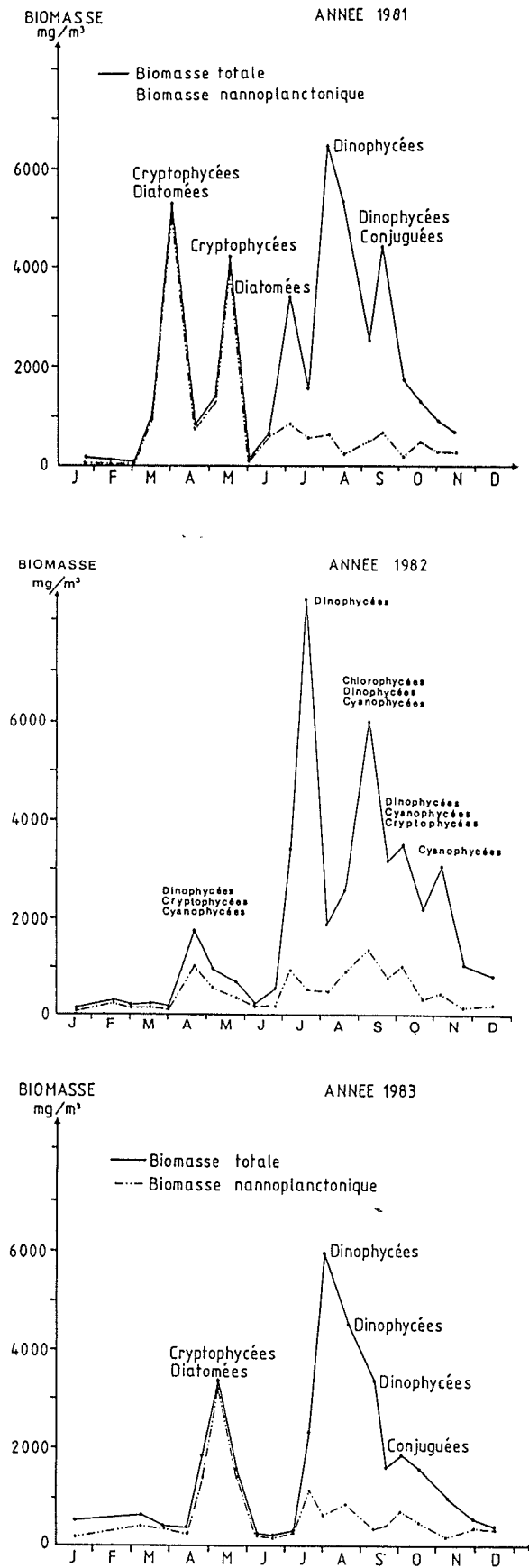


Figure 2 - Evolution de la biomasse en 1981, 1982 et 1983 à SHL 2 et principales classes dominantes



LISTE DE REFERENCE, FRÉQUENCES ET BIOVOLUMES DES ESPECES D'ALGUES RENCONTREES EN 1983
NOMBRE D'ECHANTILLONS : 20

	Fréquence sur 20 échantillons	Biovolume spécifique μ^3
<u>CYANOPHYCEES</u>		
<i>Microcystis aeruginosa</i>	6	200
<i>Microcystis elachista</i> fo <i>conferta</i>	4	100'000
<i>Aphanothece clathrata</i>	1	500
<i>Aphanothece clathrata</i> fo <i>rosea</i>	9	500
<i>Coelosphaerium kutzingianum</i>	4	85'000
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	1	2'000
<i>Gomphosphaeria rosea</i>	1	2'000
<i>Anabaena flos aquae</i>	4	1'500
<i>Anabaena macrospora</i>	3	180
<i>Anabaena flos aquae</i> var. <i>treleasei</i>	4	1'250
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	13	1'450
<i>Oscillatoria</i> sp.	1	3'000
<i>Oscillatoria rubescens</i>	18	3'300
<i>Oscillatoria bourrellyi</i>	1	2'800
<i>Oscillatoria limnetica</i>	1	300
<i>Pseudanabaena galeata</i>	1	570
<u>DINOPHYCEES</u>		
<i>Gymnodinium</i> sp.	2	90'000
<i>Gymnodinium helveticum</i>	18	15'000
<i>Gymnodinium excavatum</i>	4	9'500
<i>Peridinium</i> sp.	16	5'000
<i>Peridinium willei</i>	17	40'000
<i>Goniaulax apiculata</i>	1	35'000
<i>Ceratium hirundinella</i>	18	75'000
<i>Cyste de ceratium</i>	5	50'000
<u>CRYPTOPHYCEES</u>		
<i>Cryptomonas</i> sp.	20	2'500
<i>Cryptomonas rostratiformis</i>	8	5'000
<i>Rhodomonas minuta</i>	15	250
<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplanctica</i>	20	100
<u>CHRYSTOPHYCEES</u>		
<i>Uroglena</i> sp.	3	50'000
<i>Dinobryon cylindricum</i>	2	800
<i>Dinobryon divergens</i>	2	800
<i>Dinobryon sociale</i>	8	800
<i>Dinobryon petiolatum</i>	1	800
<i>Mallomonas acaroides</i>	10	7'000
<i>Desmarella brachycalyx</i>	2	100
<i>Erkenia subaequiciliata</i>	16	50

DIATOMEES

<i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	8	500
<i>Melosira islandica</i> subsp. <i>helvetica</i>	16	2'000
<i>Stephanodiscus binderanus</i>	10	500
<i>Melosira varians</i>	1	2'000
<i>Stephanodiscus astraea</i>	15	7'000
<i>Stephanodiscus astraea</i> var. <i>minutula</i>	16	1'000
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> var. <i>pusillus</i>	17	100
<i>Diatoma elongatum</i>	11	1'000
<i>Diatoma vulgare</i>	9	3'500
<i>Fragilaria crotonensis</i>	19	300
<i>Fragilaria virescens</i>	10	300
<i>Asterionella formosa</i>	20	200
<i>Synedra acus</i>	12	1'000
<i>Synedra ulna</i>	4	2'400
<i>Synedra acus</i> var. <i>radians</i>	8	200
<i>Cocconeis</i> sp.	6	2'000
<i>Achnanthes</i> sp.	1	500
<i>Navicula</i> sp.	13	700
<i>Navicula reinhardtii</i>	5	960
<i>Navicula radiosa</i>	3	4'400
<i>Amphora ovalis</i>	1	500
<i>Cymbella</i> sp.	9	800
<i>Gomphonema</i> sp.	5	800
<i>Gomphonema angur</i>	1	1'750
<i>Nitzschia</i> sp.	3	700
<i>Nitzschia acicularis</i>	10	200
<i>Cymatopleura solea</i>	6	48'000
<i>Cymatopleura elliptica</i>	1	45'000
<i>Cymatopleura solea</i> var. <i>regula</i>	1	48'000
<i>Tabellaria fenestrata</i>	1	2'150
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	1	800
<i>Ceratoneis arcus</i>	1	800

CHLOROPHYCEES

<i>Chlamydomonas</i> sp.	3	1'000
<i>Chlamydomonas globosa</i>	4	100
<i>Chlamydomonas conica</i>	4	1'200
<i>Chlamydomonas zebra</i>	1	1'200
<i>Tetraselmis cordiformis</i>	4	2'000
<i>Phacotus lenticularis</i>	8	250
<i>Eudorina elegans</i>	17	3'000
<i>Gonium pectorale</i>	3	2'000
<i>Pandorina morum</i>	2	3'000
<i>Pseudosphaerocystis lundii</i>	9	5'000
<i>Tetraedron minimum</i>	1	300
<i>Ankyra judayi</i>	13	100
<i>Ankyra inermis</i>	2	100
<i>Ankyra lanceolata</i>	1	500
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	13	5'000
<i>Oocystis lacustris</i>	7	1'200
<i>Oocystis solitaria</i>	7	500
<i>Kirchneriella obesa</i>	6	5'000
<i>Ankistrodesmus lacustris</i>	3	2'000
<i>Monoraphidium contorsum</i>	10	50
<i>Monoraphidium minutum</i>	6	175
<i>Micractinium pusillum</i>	4	1'000
<i>Botryococcus braunii</i>	10	15'000
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	11	3'000
<i>Coelastrum microporum</i>	3	60'000
<i>Coelastrum reticulatum</i>	3	50'000
<i>Coelastrum cambricum</i>	7	50'000
<i>Coelastrum sphaericum</i>	2	3'000
<i>Hofmania lauterbornii</i>	2	2'000
<i>Scenedesmus apiculatus</i>	2	1'000
<i>Scenedesmus</i> sp.	8	800
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	7	1'000
<i>Scenedesmus eicornis</i>	3	1'000
<i>Scenedesmus spinosus</i>	1	1'000
<i>Scenedesmus acutus</i>	3	800
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	1	800
<i>Actinastrum hantzschii</i>	1	1'200

<i>Pediastrum boryanum</i>	7	8'000
<i>Pediastrum duplex</i>	12	8'000
<i>Elakatothrix genevensis</i>	11	2'000
<i>Chlorella vulgaris</i>	15	15
<i>Ulothrix subtilissima</i>	12	2'000
<i>Chodatella genevensis</i>	1	480
<i>Crucigentiella rectangularis</i>	3	500
<i>Tetrachlorella alternans</i>	2	2'000
<i>Paulschulzia pseudovolvox</i>	7	12'500
<i>Coenochloris pyrenoidosa</i>	1	1'400
<i>Willea irregularis</i>	1	3'700

CONJUGUEES

<i>Zygnema</i> sp.	1	1'000
<i>Mougeotia gracillima</i>	12	1'100
<i>Closterium</i> sp.	1	30'000
<i>Closterium aciculare</i>	11	4'000
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	7	450
<i>Closterium nordstedtii</i>	1	2'000
<i>Closterium acutum</i> var. <i>latius</i>	1	2'870
<i>Closterium monoliferum</i>	1	56'250
<i>Closterium erhenbergii</i>	2	438'900
<i>Cosmarium</i> sp.	2	15'000
<i>Cosmarium depressum</i> var. <i>planctonicum</i>	16	30'000
<i>Cosmarium subprotumidum</i>	3	8'500
<i>Cosmarium biretum</i>	1	25'000
<i>Staurastrum cingulum</i>	14	20'000
<i>Staurastrum sebalzii</i> var. <i>ornatum</i>	17	20'000
<i>Staurastrum messikomeri</i> fo <i>planctica</i>	13	20'000
<i>Spirogyra</i> sp.	1	4'000

LES ROTIFERES DU LEMAN

CAMPAGNE 1983

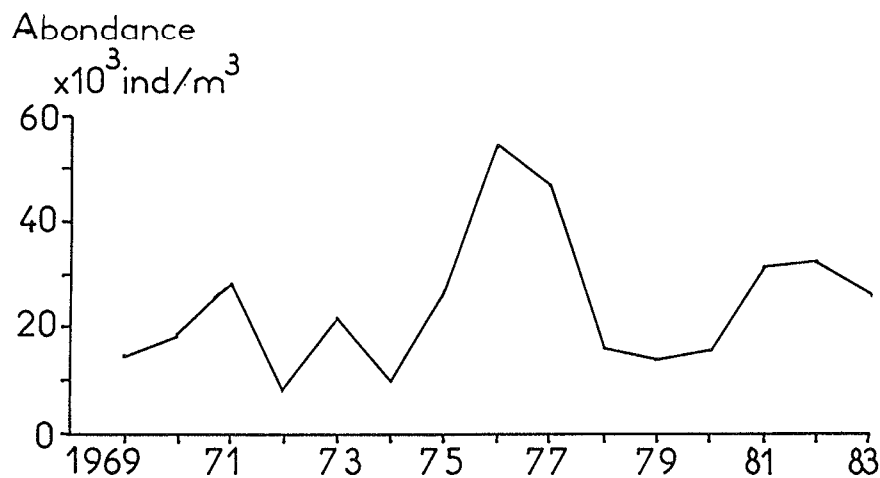
PAR

GERARD BALVAY

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA) THONON

1. VARIATIONS DE L'ABONDANCE ANNUELLE DES ROTIFERES

Les prélèvements effectués en 1983 à la Station SHL 2, au centre du Grand Lac, mettent en évidence une diminution de l'abondance des Rotifères; la densité moyenne de la population est de 26'200 ind/m³ (32'400 ind/m² en 1982) pour une biomasse moyenne, exprimée en poids frais, de 28.7 mg/m³ (36.0 mg/m³ en 1982).

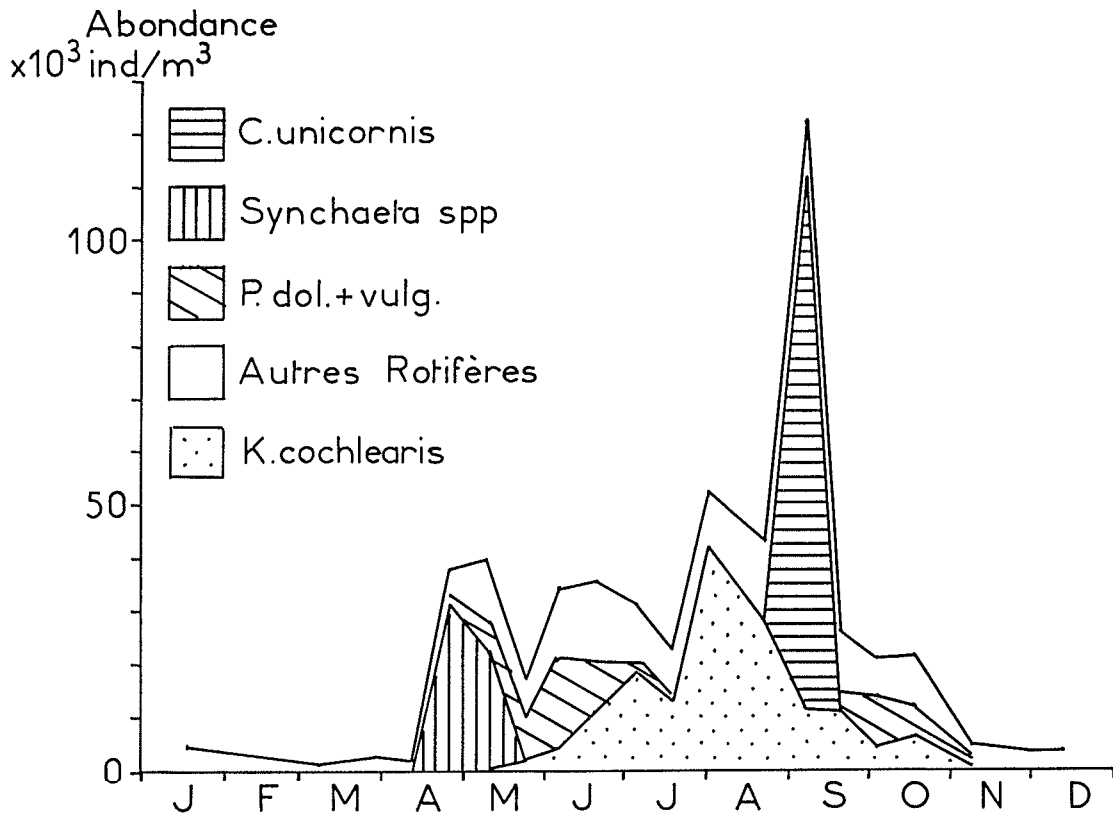


2. CYCLE SAISONNIER ET COMPOSITION DE LA BIOCENOSE ROTATORIENNE

La population hivernale est peu abondante, inférieure à 2'600 ind/m³ en moyenne. Le développement printanier des Rotifères atteint son maximum au début du mois de mai (39'300 ind/m³) et se maintient à un niveau relativement élevé jusqu'en juillet.

Le pic maximal annuel des Rotifères apparaît tardivement, en septembre (122'500 ind/m³); la population régresse ensuite rapidement durant l'automne.

La population hivernale est peu abondante et peu diversifiée (6 espèces), sans dominance marquée d'une espèce particulière.



Le pic printanier est dû au développement de diverses espèces de *Synchaeta*, et en particulier de *S. oblonga*. Les autres espèces de Rotifères augmentent également en importance jusqu'en été, *Keratella cochlearis* atteignant sa densité maximale (41'600 ind/m³) au début du mois d'août. *Keratella cochlearis* var. *hispidula* n'apparaît que de fin août à fin novembre, alors que *Keratella cochlearis* var. *tecta* n'a été observée qu'au début du mois de septembre.

L'année 1983 est caractérisée par le développement intense de *Conochilus unicornis* au début du mois de septembre (99'200 ind/m³), cette espèce représentant environ 80 % du nombre total des Rotifères dénombrés à cette période. Le déclin de cette espèce est aussi rapide que son essor, *Conochilus unicornis* n'apparaissant ensuite en automne que de façon erratique dans le domaine planctonique.

en % du nombre total des individus	1980	1981	1982	1983
<i>Keratella cochlearis</i>	30.8	19.5	39.9	30.3
<i>Conochilus unicornis</i>	2.2	5.1	2.9	19.4
<i>Polyarthra</i> groupe <i>dol-vulg.</i>	42.0	27.6	34.2	14.1
<i>Synchaeta oblonga</i>	3.7	21.8	4.8	10.0
<i>Kellicottia longispina</i>	6.0	1.0	2.9	8.4
<i>Keratella quadrata</i>	3.8	2.5	3.1	5.4
<i>Asplanchna priodonta</i>	1.0	0.9	3.2	3.0

Keratella cochlearis, avec ses deux variétés, est l'espèce dominante en 1983; *Polyarthra dolichoptera* + *vulgaris* est en nette diminution et s'efface devant le développement saisonnier intense de *Conochilus unicornis*. *Kellicottia longispina* est en augmentation par rapport à l'année précédente. L'abondance des autres espèces est dans l'ensemble assez faible.

3. COMMENTAIRES SUR LES ESPECES RENCONTREES EN 1983

Vingt-cinq espèces ont été recensées dans le domaine pélagique en 1983, au lieu de dix-neuf espèces en 1982.

Les espèces apparues en 1983 sont *Notholca caudata*, *Lepadella* sp., *Trichocerca rousseleti*, *Pompholyx complanata*, *Filinia longiseta*, *Filinia terminalis* et *Hexarthra mira*.

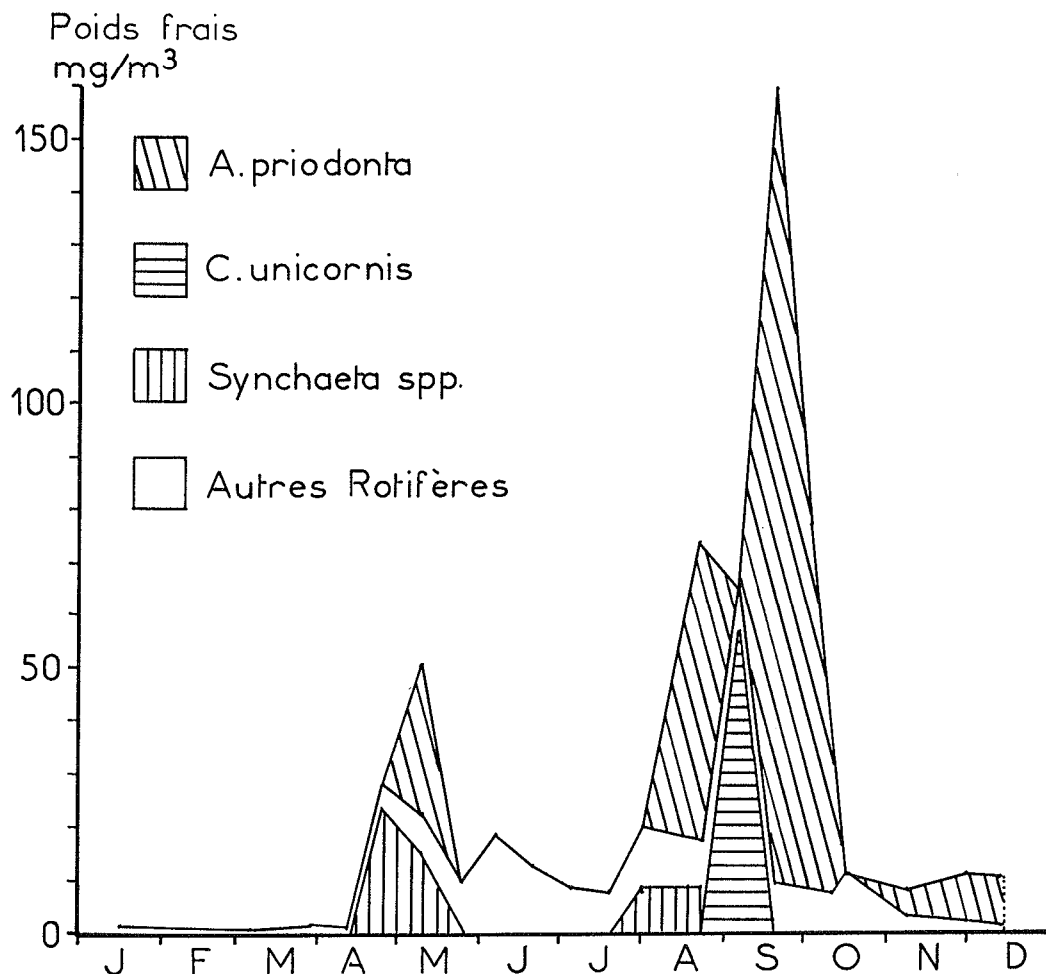
Hexarthra mira est une nouvelle espèce pour la faune lémanique, mais sa présence doit être considérée comme accidentelle dans le lac. Cette espèce n'a été identifiée à la station CRG 24 en avril que par un seul individu qui provenait vraisemblablement des milieux humides annexes de la zone amont du Léman.

Keratella testudo, espèce apparue dans le Léman en 1982, a été retrouvée en 1983 à la station SHL 1.

Trichocerca rousseleti, *Notholca caudata*, *Filinia longiseta* et *Filinia terminalis*, dont aucun spécimen n'avait été récolté en 1982, ont été à nouveau trouvées en 1983.

4. BIOMASSE DES ROTIFERES

Le cycle saisonnier de la biomasse (poids frais) des Rotifères présente deux pics bien marqués, en concordance plus ou moins parfaite avec le développement saisonnier de la population.



Bien que peu abondante dans la biocénose, *Asplanchna priodonta* influence très fortement le cycle saisonnier de la biomasse. Pour une biomasse moyenne annuelle de 28.7 mg/m^3 , *Asplanchna priodonta* représente 16.2 mg/m^3 , soit près de 56 % du poids frais; au début d'octobre, *Asplanchna priodonta* constitue même près de 85 % de la biomasse rotatorienne.

Au printemps (fin avril et début mai), les différentes espèces de *Synchaeta* constituent l'essentiel du poids frais, alors que *Conochilus unicornis* est dominant au début de septembre.

5. CONCLUSIONS

L'année 1983 est marquée par la régression de l'abondance des Rotifères, tant en densité (ind/m^3) qu'en biomasse.

Cet appauvrissement quantitatif de la biocénose rotatorienne s'accompagne d'une augmentation de la diversité spécifique du peuplement et d'un équilibre dans l'abondance relative des différentes espèces.

Les modifications de la composition spécifique du peuplement concernent essentiellement des espèces qui sont à la fois saisonnières et numériquement peu abondantes.

La composition globale de la biocénose rotatorienne du Léman est encore dominée par des espèces indicatrices de milieux mésotrophes.

6. LISTE DES ESPECES RENCONTREES EN 1983

. BRACHIONIDAE

Kellicottia longispina (KEL LICOTT)
Keratella cochlearis (GOSSE)
Keratella cochlearis var. *hispida* LAUTERBORN
Keratella cochlearis var. *tecta* (LAUTERBORN)
Keratella quadrata O.F. MULLER
Keratella testudo (EHRENBERG)
Notholca caudata CARLIN

. COLURELLIDAE

Lepadella sp.

. TRICHOCERCIDAE

Trichocerca capucina WIERZEJSKI et ZACHARIAS
Trichocerca porcellus (GOSSE)
Trichocerca rousseleti (VOIGT)
Trichocerca similis (WIERZEJSKI)

. GASTROPODIDAE

Ascomorpha ovalis (BERGENDAL)
Gastropus stylifer IMHOF

. SYNCHAETIDAE

Ploesoma truncatum (LEVANDER)
Polyarthra dolichoptera IDELSON
Polyarthra vulgaris CARLIN
Synchaeta sp.
Synchaeta oblonga EHRENBERG
Synchaeta pectinata EHRENBERG

. ASPLANCHNIDAE

Asplanchna priodonta GOSSE

. TESTUDINELLIDAE

Pompholyx complanata GOSSE
Pompholyx sulcata (HUDSON)

. CONOCHILIDAE

Conochilus unicornis ROUSSELET

. HEXARTHRIIDAE

Hexarthra mira (HUDSON)

. FILINIIDAE

Filinia longiseta (EHRENBERG)
Filinia terminalis (PLATE)

EUTROPHISATION DU LEMAN EN 1978 ET EN 1983 EVALUEE A PARTIR DES COMMUNAUTES DE VERS

CAMPAGNE 1983

PAR

CLAUDE LANG ET GENEVIEVE CORDEY
LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE
CONSERVATION DE LA FAUNE, SAINT-SULPICE

RESUME

Les communautés de vers ont été étudiées en 1978 et 1983 dans l'ensemble du Grand Lac afin d'évaluer son degré d'eutrophisation. La composition des communautés de vers est restée très semblable au cours de ces deux campagnes. Le nombre moyen de vers oscille entre 17'000 et 18'000 individus par m²; par comparaison, cette valeur est d'environ 1'000 individus par m² dans un lac oligotrophe. Les espèces de vers résistantes, typiques des lacs eutrophes, forment la majeure partie des communautés (75 %), suivies par les espèces mésotrophes (20 %) et les espèces sensibles des lacs oligotrophes (5 %). D'après ces résultats, la faune des sédiments présente en 1978 et 1983 est typique d'un lac méso-eutrophe. L'abondance totale des vers ainsi que celle des espèces eutrophes sont plus élevées dans la région Est que dans la région Ouest du Grand Lac. Cette différence s'explique par l'influence prépondérante des apports organiques du Rhône dans la région Est. Dans l'ensemble du lac, la dominance des espèces eutrophes s'accroît avec la profondeur. Elles constituent plus de 90 % des communautés de vers entre 200 et 300 mètres de fond. Les espèces de vers oligotrophes sont absentes de la plaine centrale à 300 mètres de fond. En 1967, elles constituaient encore 24 % des communautés de vers de cette zone.

1. INTRODUCTION

L'eutrophisation du Léman, provoquée par un excès de substances nutritives, se manifeste par l'augmentation de la production primaire des végétaux planctoniques et benthiques, c'est-à-dire liés au fond du lac. Au niveau des sédiments, il en résulte un apport accru de matière organique qui influence les communautés animales benthiques de deux manières :

1. la nourriture disponible augmente,
2. la concentration en oxygène diminue au niveau de l'interface eau-sédiment.

Pour cette raison, les modifications de la faune benthique reflètent celles du niveau d'eutrophisation du lac.

A cet égard, les vers constituent d'excellents indicateurs biologiques d'eutrophisation. Ils colonisent en effet toutes les régions du lac, même les plus profondes. De plus, la composition et l'abondance des espèces de vers qui forment la communauté changent en fonction de l'intensité de la sédimentation organique. De ce fait, les espèces de vers peuvent être distribuées dans trois groupes distincts qui correspondent chacun à leur résistance particulière vis-à-vis de l'eutrophisation. Nous avons les espèces sensibles des lacs typiquement oligotrophes;

les espèces tolérantes des lacs mésotrophes et les espèces très résistantes des lacs eutrophes. L'importance relative de ces trois groupes d'espèces dans les communautés de vers du Léman permet de déterminer son degré d'eutrophisation en 1978 et en 1983.

L'abondance absolue des vers, c'est-à-dire le nombre d'individus par m², tend à augmenter avec l'eutrophisation en raison de l'accroissement de la nourriture disponible. L'abondance absolue des vers est de l'ordre de 1'000 individus par m² dans un lac oligotrophe. Dans ce type de lac, les espèces oligotrophes constituent plus de 50 % de l'effectif des communautés de vers, en particulier dans les zones les plus profondes. Remarquons que les espèces dites mésotrophes et eutrophes sont également présentes dans les lacs oligotrophes. Pour cette raison, il serait plus correct de les qualifier respectivement d'espèces à large et à très large amplitude écologique.

2. STATIONS ET METHODES

En 1978 et en 1983, les prélèvements de vers ont été effectués dans le cadre de l'étude générale de la pollution des sédiments du Léman par les métaux lourds, réalisée par l'Institut Forel qui a fourni l'appui logistique indispensable. Le plan d'échantillonnage, établi de manière à couvrir uniformément l'ensemble du lac, est basé sur une grille carrée de 1.5 km de côté (figure 2).

Dans chaque station, l'étude des vers s'effectue à partir d'une carotte de sédiment de 15.9 cm² prise à l'intérieur de la benne Shipek. Seules les carottes contenant au moins un ver sont utilisées dans la suite de l'analyse. En 1983, la proportion de carottes ne contenant aucun ver diminue par rapport à 1978 ce qui indique une plus grande efficacité de la benne Shipek que confirme l'aspect moins perturbé des interfaces.

Les vers, séparés du sédiment au moyen d'un tamis, sont comptés. Dans chaque station, un sous-échantillon de 10 à 30 vers est identifié jusqu'au niveau de l'espèce. Puis, les espèces de vers sont réparties dans trois groupes : les espèces oligotrophes, mésotrophes et eutrophes (tableau 1). Chaque station est ainsi définie par le nombre de vers présents appartenant à chacun de ces trois groupes.

TABLEAU 1 - Espèces de vers utilisées comme indicateurs biologiques d'eutrophisation dans le Léman en 1978 et en 1983

Espèces (auteurs)	Indicateur
Bythonomus lemani (GRUBE)	Oligotrophe
Stylodrilus heringianus (CLAPAREDE)	Oligotrophe
Pelosclex velutinus (GRUBE)	Oligotrophe
Potamotheix vejdvskyi (HRABE)	Mésotrophe
Pelosclex ferox (EISEN)	Mésotrophe
Psammoryctides barbatus (GRUBE)	Mésotrophe
Aulodrilus pluriseta (PIGUET)	Mésotrophe
Limnodrilus profundicola (VERILL)	Eutrophe
Limnodrilus hoffmeisteri (CLAPAREDE)	Eutrophe
Potamotheix bedoti (PIGUET)	Eutrophe
Potamotheix heuscheri (BRETSCHER)	Eutrophe
Potamotheix hammoniensis (MICHAELSEN)	Eutrophe
Tubifex tubifex (MULLER)	Eutrophe

L'analyse des résultats se base sur :

1. la fréquence de ces trois groupes d'espèces dans l'ensemble du lac ou dans une région donnée,
2. l'abondance relative de ces groupes d'espèces dans les communautés de vers,
3. la fréquence des communautés de vers "typiques".

La fréquence des espèces est calculée à partir du nombre de stations où un groupe d'espèces est présent sans tenir compte de son abondance. A cette approche, les

résultats dans une station donnée sont exprimés simplement en termes de présence ou d'absence. Une communauté de vers typique d'un milieu oligotrophe ou mésotrophe se caractérise par une abondance relative des espèces oligotrophes ou mésotrophes égale ou supérieure à 50 %. Les communautés de vers typiques des milieux eutrophes ne renferment que des espèces eutrophes. La classification des espèces de vers en fonction de leur résistance à l'eutrophisation ainsi que la définition des communautés typiques sont l'aboutissement d'une série d'études effectuées de 1974 à 1983 par le laboratoire d'hydrobiologie de la Conservation de la faune.

Le Grand Lac, seul étudié en 1978 et en 1983, est divisé en deux zones Est et Ouest sur le plan horizontal pour les besoins de la comparaison (figure 2). De même, trois zones sont définies sur le plan vertical : 10, à 100 m, 101 à 200 m et 201 à 309 m de profondeur. De cette façon, le nombre de stations présentes pour une année donnée dans chacun de ces sous-ensembles est d'au moins 50, ce qui assure une bonne représentativité des résultats.

3. RESULTATS

ABONDANCE TOTALE DES VERS (figure 1)

L'abondance totale des vers, exprimée en nombre d'individus par m², est représentée à la fois par la moyenne arithmétique et par la médiane moins sensible que la moyenne à l'effet de quelques valeurs extrêmes. Dans les deux cas, les limites des intervalles de confiance de 95 % sont figurés sous forme de traits horizontaux.

Les valeurs observées dans l'ensemble du lac en 1978 et en 1983 ne sont pas significativement différentes. L'abondance totale des vers tend à diminuer d'Est en Ouest. Les abondances élevées observées dans la partie Est du Grand Lac sont la conséquence des importants apports organiques du Rhône. La dispersion des valeurs de l'abondance absolue dans cette région est indiquée par l'étendue des intervalles de confiance. Des stations où les vers dépassent 50'000 individus par m² pour atteindre près de 350'000 individus coexistent avec des stations où les vers sont rares. Ces différences frappantes révèlent de grandes différences locales dans la sédimentation des apports organiques du Rhône.

D'après les valeurs de la médiane, l'abondance absolue des vers diminue régulièrement avec la profondeur. Les valeurs de la moyenne arithmétique montrent une grande variabilité entre 10 et 200 m de profondeur, ceci sous l'influence des stations de la région Est où l'abondance des vers est parfois très élevée. Cependant, les chevauchements des intervalles de confiance montrent que les résultats obtenus en 1978 et en 1983 ne sont pas significativement différents.

En conclusion, la valeur moyenne de l'abondance absolue des vers oscille entre 17'000 et 18'000 individus par m² en 1978 et en 1983. Par comparaison avec les valeurs moyennes typiques des lacs oligotrophes (1'000 individus par m²), le Léman se situe dans la catégorie des lacs méso-eutrophes. L'analyse des groupes d'espèces de vers permet d'affiner la comparaison 1978-1983.

LES GROUPES D'ESPECES

La localisation des espèces oligotrophes, mésotrophes et eutrophes dans l'ensemble des stations est présentée en détail sur la figure 2. Les stations où les espèces eutrophes sont seules présentes en 1978 et en 1983 (chiffre 11 de la figure 2) sont les plus fréquentes. Ces stations paraissent proportionnellement plus nombreuses dans la région Est que la région Ouest du Grand Lac. La présence exclusive des espèces eutrophes et des abondances de vers élevées semblent donc associées à de forts apports organiques.

Les stations où aucun ver n'a été récolté en 1978 et en 1983 (00) sont plus fréquentes à grande profondeur (250-309 m) et en particulier au niveau de la plaine centrale (300 à 309 m). Cette localisation particulière peut s'expliquer par trois facteurs dont les effets s'ajoutent

1. l'abondance absolue des vers diminue avec la profondeur (figure 1)
2. il est plus difficile de prendre de bons échantillons de sédiment en profondeur
3. le sédiment devient plus fluide sur la plaine centrale.

Cependant, le nombre des valeurs zéro diminue en 1983 dans l'ensemble du lac ce qui indique que la benne Shipek a mieux fonctionné qu'en 1978.

La comparaison directe entre 1978 et 1983 station par station n'est possible que lorsque des valeurs non nulles sont présentes dans les deux stations à comparer. Dans 53 stations, la situation s'est modifiée en 1983 par rapport à 1978. Dans 36 stations, la situation s'est améliorée en 1983; dans 17 stations, elle s'est aggravée. La différence est significative d'après le test du signe ($\chi^2 = 6.811$; $p = 0.01$). Dans ce contexte, une amélioration de la situation signifie le remplacement des espèces eutrophes par des espèces mésotrophes ou oligotrophes; une aggravation, la séquence inverse.

Cependant, la comparaison 1978-1983 des groupes d'espèces doit porter sur l'ensemble des prélèvements contenant des vers, soit respectivement 159 et 199 stations. Les résultats de cette comparaison sont présentés sur la figure 3. En 1978 comme en 1983, les espèces eutrophes constituent l'essentiel des communautés de vers d'après les trois critères analysés : fréquence relative des groupes d'espèces et des communautés typiques et abondance relative des groupes d'espèces (voir stations et méthodes). Les espèces eutrophes constituent une plus grande part des communautés de vers dans la région Est que dans la région Ouest. De plus, leur dominance s'accroît fortement avec la profondeur. Les espèces eutrophes semblent moins abondantes en 1983 qu'en 1978, cependant les différences observées ne sont statistiquement pas significatives (test de χ^2 et intervalles de confiance de 95 %).

Les espèces mésotrophes sont les plus abondantes dans les communautés de vers après les espèces eutrophes. Contrairement aux espèces eutrophes, les espèces mésotrophes sont plus abondantes dans la région Ouest que la région Est. De plus, elles diminuent fortement avec la profondeur. Entre 10 et 100 m de profondeur, les communautés mésotrophes typiques sont les plus abondantes; alors qu'entre 200 et 300 m, elles sont pratiquement absentes. En 1983, les espèces mésotrophes semblent constituer une part plus importante des communautés qu'en 1978; mais de nouveau, les différences observées ne sont pas significatives.

Les espèces oligotrophes ne constituent qu'une petite fraction des communautés de vers. Comme les espèces mésotrophes, elles sont mieux représentées à l'Ouest qu'à l'Est du Grand Lac. Les espèces oligotrophes semblent plus abondantes entre 100 et 200 m de profondeur que dans les deux autres tranches de profondeur où elles diminuent. En 1983, les espèces oligotrophes sont significativement plus fréquentes dans l'ensemble du lac qu'en 1978. Les autres différences observées en 1983, bien que certaines paraissent spectaculaires, ne sont pas significatives.

D'une manière générale, l'efficacité de la technique de prélèvement plus grande en 1983 permet d'expliquer les quelques tendances observées dans les communautés de vers. Le nombre de vers récoltés tend à augmenter en 1983. De ce fait, la probabilité de capturer les espèces les plus rares, telles que les espèces oligotrophes, augmente elle aussi; d'où l'accroissement de leur fréquence relative en 1983.

4. CONCLUSION

La structure des communautés de vers observée en 1983 reste très semblable à celle de 1978. La dominance des espèces eutrophes, l'abondance des espèces mésotrophes et la rareté des espèces oligotrophes indiquent que le Léman demeure un lac méso-eutrophe. La stabilité des communautés de vers reflète celle des autres composants de l'écosystème. En effet, au cours de la même période, ni la physico-chimie de l'eau ni la production primaire et la biomasse du phytoplancton n'ont présenté de tendance très marquée, soit dans le sens d'une amélioration soit d'une aggravation.

Tout se passe comme si le Léman avait basculé aux environs de 1970, dans un état méso-eutrophe relativement stable, compte tenu des aléas de la météorologie. Les variations de l'abondance relative des espèces de vers oligotrophes à 300 m de fond illustrent cette évolution. Au début du siècle, ces espèces constituaient 60 à 70 % des communautés de vers de cette zone. En 1967, ces espèces formaient encore 24 % des communautés à 300 m alors qu'elles sont absentes en 1978 et en 1983. Le moment de leur disparition doit se situer vers 1970.

Au cours des années à venir, l'évolution de l'eutrophisation du Léman sera suivie en étudiant les communautés de vers, localisées entre 100 et 300 m de profondeur, dans une zone peu influencée par les apports organiques externes. Les prélèvements s'effectueront au moyen d'un carottier afin d'obtenir une meilleure représentation quantitative des communautés de vers.

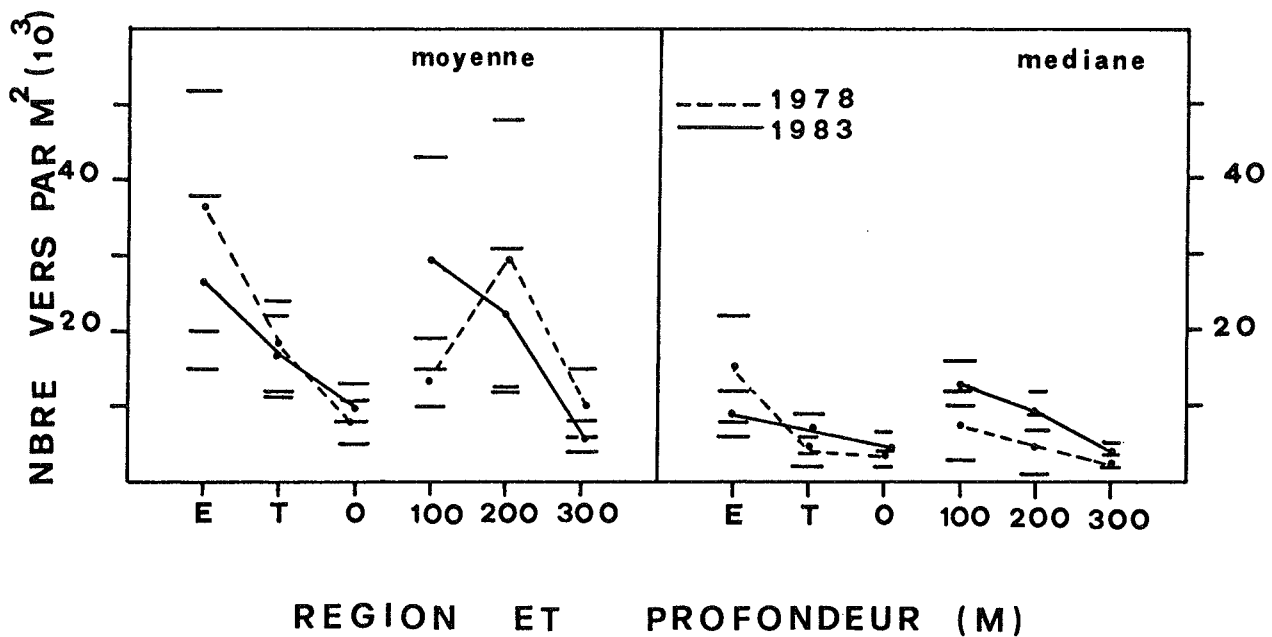


Figure 1 Variations de l'abondance moyenne et médiane des vers en fonction de la région (E, est du lac; T, ensemble du lac; O, ouest du lac) et de la profondeur en 1978 et en 1983 dans le Léman. Les traits horizontaux indiquent les limites minimales et maximales des intervalles de confiance de 95 %. La profondeur 100 m englobe toutes les stations comprises entre 10 et 100 m de fond; la profondeur 200 m, les stations entre 101 et 200 m; la profondeur 300 m, les stations entre 201 et 309 m.

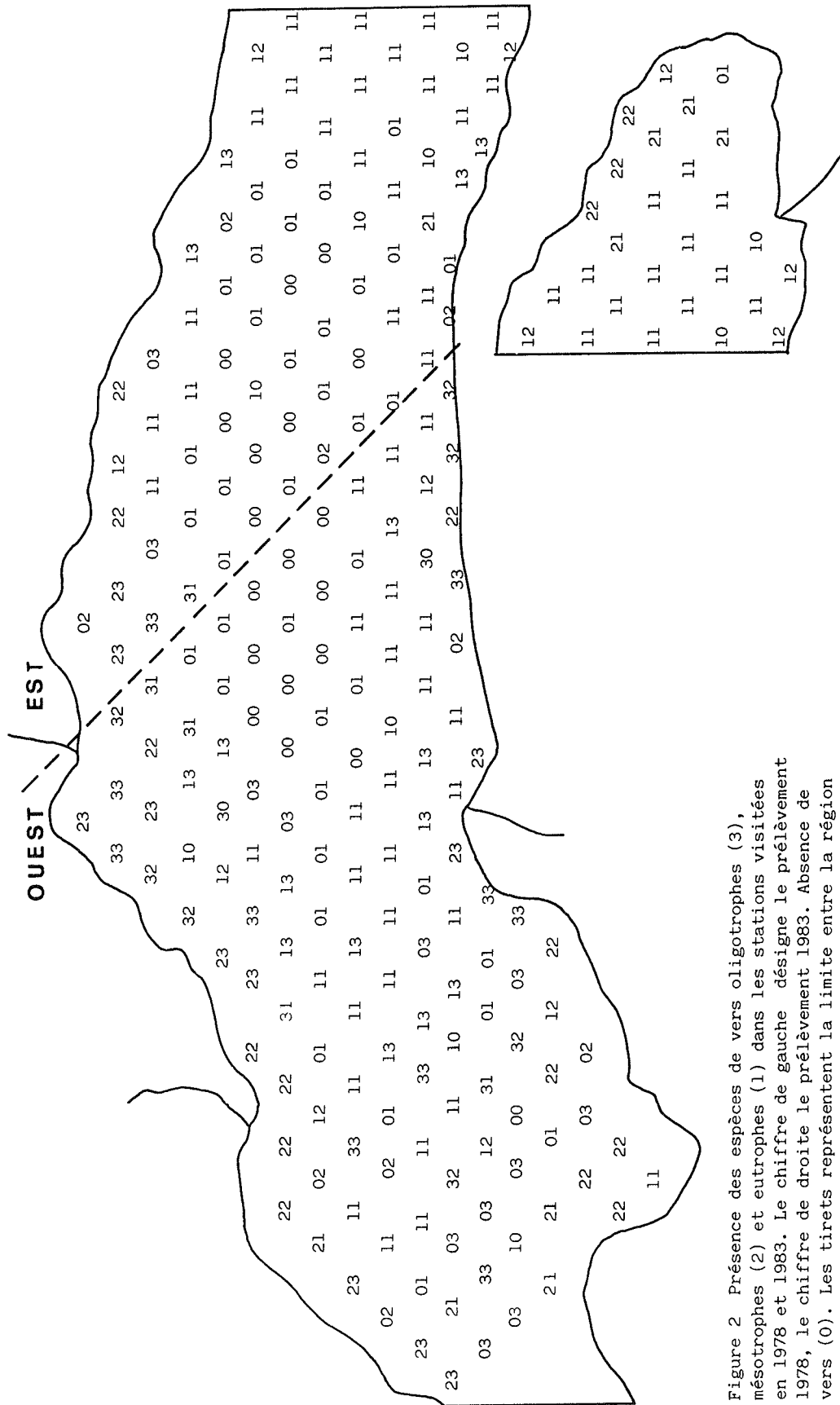


Figure 2 Présence des espèces de vers oligotrophes (3), mésotrophes (2) et eutrophes (1) dans les stations visitées en 1978 et 1983. Le chiffre de gauche désigne le prélèvement 1978, le chiffre de droite le prélèvement 1983. Absence de vers (0). Les tirets représentent la limite entre la région est et la région ouest du Grand Lac.

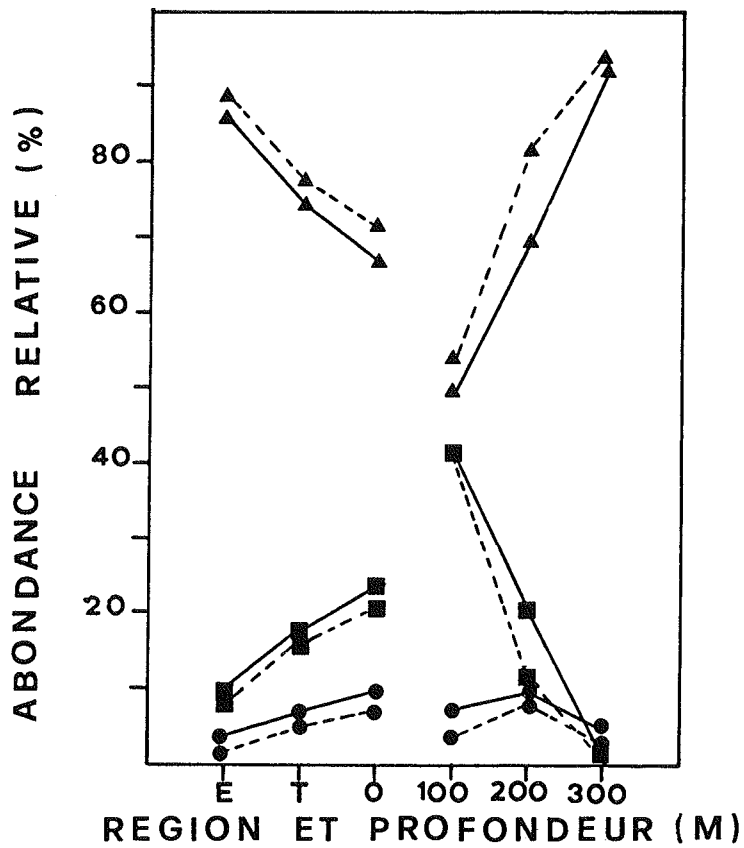
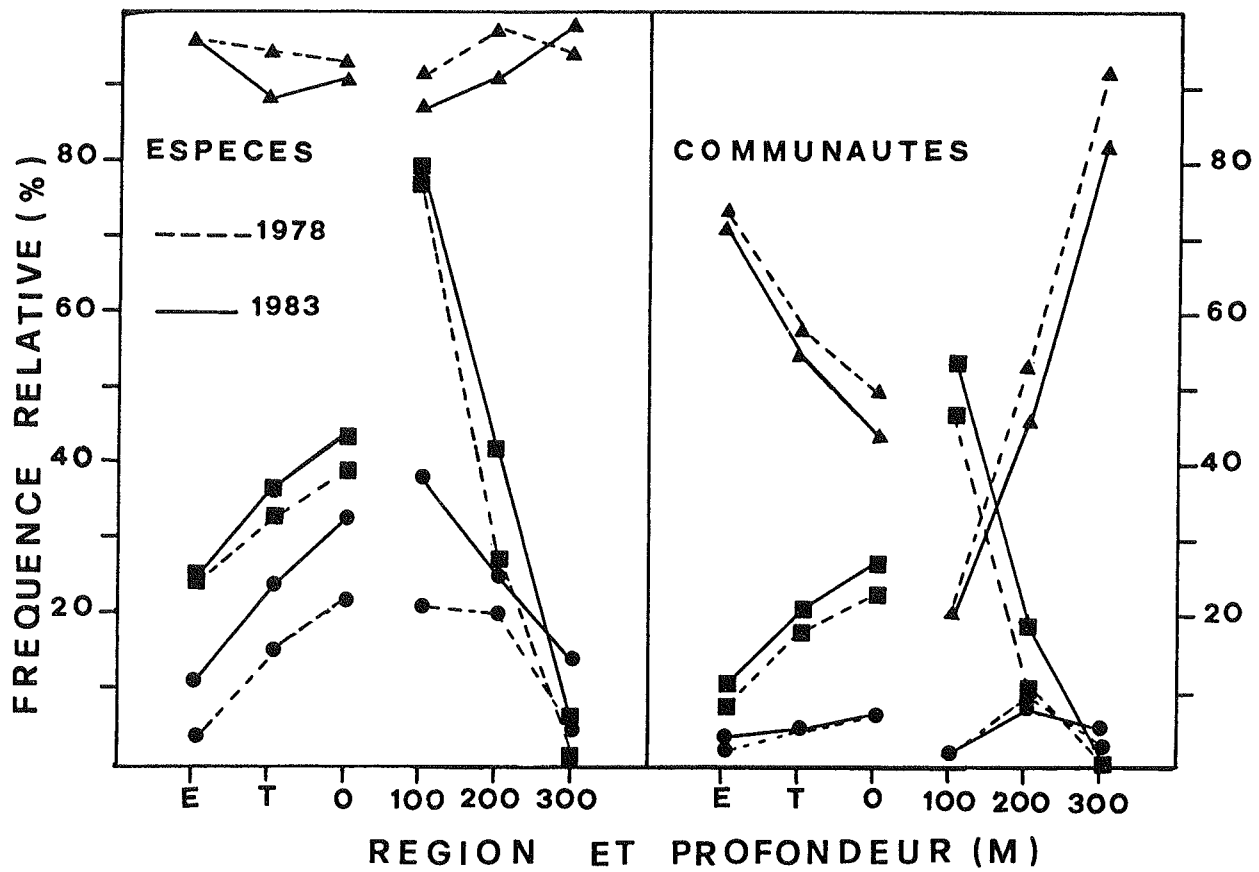


Figure 3 Variations de la fréquence relative des espèces de vers et des communautés de vers typiques ainsi que de l'abondance relative des espèces de vers en fonction de la région (voir figure 1) et de la profondeur en 1978 et en 1983. Espèces oligotrophes ● , mésotrophes ■ et eutrophes ▲

RECHERCHE DE METAUX DANS L'EAU DU LEMAN

CAMPAGNE 1983

PAR

CLAUDE CORVI

LABORATOIRE CANTONAL DE CHIMIE, GENEVE

RESUME

La teneur des divers métaux des eaux du Léman a été déterminée sur des échantillons prélevés à différentes profondeurs à la station SHL 2.

Les concentrations des métaux lourds sont, en général, faibles et inférieures aux normes requises pour les eaux de boisson.

Cependant, durant la stratification thermique, des concentrations élevées de manganèse sont observées au fond du lac.

INTRODUCTION

Le programme quinquennal 1981-1985 de la Commission internationale prévoit la surveillance semestrielle des eaux du Léman. Depuis 1982, l'étude initialement prévue pour quatre profondeurs a été étendue à huit niveaux.

ECHANTILLONNAGE

Deux campagnes de prélèvements sont effectuées au point SHL 2, le 3 octobre et le 13 décembre 1983, c'est-à-dire pendant la période de stratification thermique des eaux et après homogénéisation partielle.

Les prélèvements sont réalisés à 1, 5, 7.5, 10, 30, 100, 200 et 309 m de profondeur.

De fortes variations saisonnières des concentrations en manganèse ayant été mises en évidence lors des campagnes précédentes dans les échantillons du fond du lac (CORVI 1982), nous avons suivi ces évolutions sur les prélèvements mensuels de 275 à 309 m, tous les 5 m au point SHL 2.

METHODES

Les dosages sont effectués sur l'eau brute, acidifiée à raison de 0.2 % à l'aide d'acide nitrique suprapur.

Les recherches de plomb, cadmium, chrome, cuivre, fer, manganèse et aluminium sont réalisées par absorption atomique sans flamme (four graphite), soit directement sur l'échantillon acidifié, soit après préconcentration. Le dosage du mercure, par absorption atomique sans flamme également, est effectué sur les échantillons ayant subi, au préalable, une oxydation à reflux par un mélange acides-oxydants. Calcium et magnésium sont mesurés, par absorption atomique, dans une flamme air-acétylène, après dilution de l'eau brute dans une solution correctrice d'interaction à base de nitrate de lanthane.

RESULTATS

a. CAMPAGNES COMPLETES

Les résultats concernant les deux campagnes principales sont regroupés dans les tableaux 1 et 2.

Les concentrations relativement élevées de plomb et de cuivre mesurées dans les prélèvements d'octobre ne sont pas reportées dans le tableau 1; elles semblent aberrantes et résultent probablement d'une contamination des échantillons. Les teneurs en cadmium, chrome et mercure sont inférieures aux limites de détection des méthodes utilisées, soit respectivement 0.1 µg/l, 2 µg/l et 0.15 µg/l. Pour ces éléments, les concentrations observées antérieurement sont comprises entre 0.01 et 0.15 µg/l pour le cadmium et entre 1.7 et 6.9 µg/l pour le chrome (BLANC J.P. 1978). Elles sont de l'ordre de 0.012 µg/l pour le mercure (DOGAN S. et al. 1976).

La concentration du cuivre est relativement homogène dans toute la colonne d'eau (à l'exception d'une valeur plus élevée en surface). Par contre, pour l'aluminium, nous observons des valeurs plus élevées dans l'épilimnion.

Les teneurs en fer et manganèse ne varient pas de façon significative en fonction de la profondeur, à l'exception des concentrations observées au fond du lac : fortes teneurs en manganèse dans les deux campagnes, et faibles concentrations de fer, surtout en décembre. Nous reviendrons, dans le paragraphe suivant, sur les phénomènes d'oxydo-réduction qui affectent ces éléments à l'interface eau-sédiment.

Lors de ces deux campagnes, nous n'avons pas observé de fortes teneurs en fer dans l'épilimnion comme c'était le cas en 1982.

Si les concentrations de magnésium sont relativement constantes à toutes profondeurs, il n'en est pas de même pour le calcium dont les teneurs augmentent en s'éloignant de la surface, spécialement pendant la période de stratification thermique des eaux. Le mécanisme de cette diminution du calcium, résultant d'une précipitation de calcite suite à l'activité photosynthétique intense dans les couches superficielles a été décrit par BLANC P. et MONOD R. (1984).

b. CAMPAGNES "MANGANESE"

La teneur en manganèse des différentes couches du lac, à l'exception du fond, est assez faible. Par contre, de très fortes concentrations sont observées, pendant certaines périodes de l'année, dans les couches très profondes.

Le tableau 3 regroupe, pour différentes profondeurs, les observations de l'année 1983. La figure 1 illustre, pour les 20 derniers mètres, les variations de concentrations mesurées. Il faut signaler que les jours précédant les prélèvements du 30 novembre, une tempête accompagnée de vents violents est venue perturber l'équilibre du lac. Il est possible que les concentrations désordonnées mesurées le 30 novembre et même celles du 13 décembre soient le résultat de mouvements de fond. Ce phénomène n'a aucun lien avec l'instauration d'un gradient de concentration de manganèse comme nous l'observons avant cette date.

Ces augmentations de teneurs près de l'interface eau-sédiments sont à mettre en relation avec les conditions d'oxydo-réduction qui règnent à ces profondeurs au contact des sédiments. STUMM et MORGAN (1981) montrent que, sous certaines situations, en présence d'oxygène, fer et manganèse ne sont stables que sous formes solides oxydées, MnO_2 ou $FeOOH$, la concentration des formes solubles étant inférieure à 10^{-9} mole/l, c'est-à-dire bien inférieure à 1 µg/l de métal par litre. Par contre, un abaissement du potentiel redox, conséquence d'une diminution de la concentration en oxygène entraîne une augmentation en manganèse et fer solubles Mn^{2+} et Fe^{2+} . Si ce phénomène n'est pas perceptible pour le fer, nous pouvons l'observer pour le manganèse, en période de stratification thermique, lorsque les couches profondes s'appauvrissent en oxygène. La figure 2 illustre l'augmentation des teneurs de manganèse soluble au fond, augmentation consécutive à la chute des concentrations d'oxygène.

Dans un deuxième temps, bien que les teneurs d'oxygène restent faibles (septembre et octobre 1983), celles de manganèse diminuent : il y a précipitation de cet élément au-dessus de l'interface eau-sédiment. Cette précipitation induite par l'action de micro-organismes du genre *Metallogenium* (JAQUET et al. 1982) s'accroît d'elle-même, le manganèse soluble s'adsorbant sur des particules de précipité (CHAPNICK et al. 1982). JAQUET et collaborateurs montrent que d'autres métaux, cadmium et zinc, par exemple, sont également entraînés par adsorption sur ce précipité.

CONCLUSIONS

Les concentrations des métaux lourds étudiés dans l'eau du Léman sont faibles, bien inférieures aux normes internationales admises pour les eaux de boisson. (A l'exception du manganèse dont les teneurs, au fond du lac, dépassent à certaines périodes de l'année les valeurs recommandées. Précisons que pour ce métal, les valeurs recommandées ne le sont pas à titre toxicologique, mais pour des raisons techniques : au-dessus d'une certaine concentration, le manganèse souille les canalisations et le linge, avec risques de dépôts dans les systèmes de distribution d'eau).

BIBLIOGRAPHIE

- BLANC, J.P., (1978) : Méthodes de préconcentrations pour l'analyse panoramique d'éléments traces dans les eaux douces, par activation neutronique. Thèse No 1874 (1978) Faculté des sciences. Genève.
- BLANC, P. et MONOD, R., (1984) : Rapport de synthèse de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Chapitre 3.2.5 : "Equilibres carboniques et paramètres associés". A paraître.
- CHAPNICK, S., MOORE, W. et NEALSON, K., (1982) : "Microbially mediated manganese oxidation in a freshwater lake", *Limnol. Oceanogr.* 27, 1004-1014.
- CORVI, Cl., (1982) : Recherches de métaux dans l'eau du Léman. Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Rapport campagne 1982, pages 61-64.
- DOGAN, S., et HAERDI, W., (1976) : Some applications of separation of mercury on metallic copper to environmental samples and its determination by flameless atomic absorption spectroscopy. *Anal. Chem. Acta*, 84, 89-96.
- JAQUET, J.M., NEMBRINI, G., GARCIA, J. et VERNET, J.P., (1982) : The manganese cycle in lac Léman, Switzerland : the role of *Metallogenium*. *Hydrobiologica*, 91, 323-340.
- STUMM, W. et MORGAN J.J., (1981) : *Aquatic Chemistry*, II edition, 454-456.

TABLEAU 1 - Echantillons du 3 octobre 1983

Profondeur m	Température °C	Calcium mg/l	Magnésium mg/l	Fer µg/l	Manganèse µg/l
1	17.8	39.8	5.9	6.0	0.5
5	17.4	38.2	5.9	4.5	0.8
7.5	15.8	39.2	6.2	6.5	0.5
10	14.3	39.9	5.6	8.0	0.5
30	6.8	46.4	6.3	5.0	0.5
100	6.0	48.9	6.2	9.0	0.5
200	5.7	47.5	6.2	8.0	1.5
Fond	5.6	50.3	6.4	3.5	170

TABLEAU 2 - Echantillons du 13 décembre 1983

Profondeur m	Température °C	Calcium mg/l	Magnésium mg/l	Fer µg/l	Manganèse µg/l	Cuivre µg/l	Aluminium µg/l
1	7.2	42.5	6.2	9.1	0.3	1.7	10.4
5	7.0	40.6	5.8	9.8	0.3	0.4	8.3
7.5	7.0	42.6	5.9	9.1	0.5	0.2	10.4
10	7.0	43.4	6.0	10.0	3.2	0.3	9.2
30	6.7	42.0	5.7	9.8	1.0	0.5	9.8
100	6.0	43.6	6.2	8.2	0.8	0.3	≤ 5
200	5.6	45.3	6.1	12.7	3.9	0.7	≤ 5
Fond	5.5	46.2	6.0	1.8	65.7	0.3	≤ 5

TABLEAU 3 - Concentrations de manganèse dans les couches profondes (µg/l) - SHL 2

Profondeur (m) Date du prélèvement	275	280	285	290	295	300	305	Fond - 1 m
7 mars 1983	6.5	7.0	5.0	10.0	7.5	8.5	7.5	8.5
11 avril 1983	2.5	2.5	4.0	5.0	3.5	3.5	7.0	7.0
25 avril 1983	2.5	4.0	≤ 1	2.5	29.5	21.0	28.0	20.0
24 mai 1983	6.5	9.4	10.3	11.1	29.0	29.0	43.6	37.8
20 juin 1983	5.0	6.7	6.3	7.3	8.4	10.1	55.0	65.1
19 juillet 1983	3.3	4.2	4.0	5.2	13.1	21.8	29.8	174.0
22 août 1983	5.0	6.3	9.4	8.9	23.8	32.5	132.3	245.4
19 septembre 1983	5.8	6.2	7.7	10.9	8.6	8.9	37.3	205.2
3 octobre 1983	-	-	-	-	-	-	-	170
17 octobre 1983	3.5	7.0	4.1	5.2	-	19.0	-	31.4
30 novembre 1983	20.2	34.6	26.4	24.0	28.8	19.0	91.5	88.8
13 décembre 1983	4.0	10.4	12.9	28.5	-	71.7	87.1	88.0
20 février 1984	4.4	5.8	6.9	5.5	4.4	5.0	8.1	8.3

FIGURE 1 : EVOLUTION DES TENEURS EN MANGANESE DES COUCHES PROFONDES

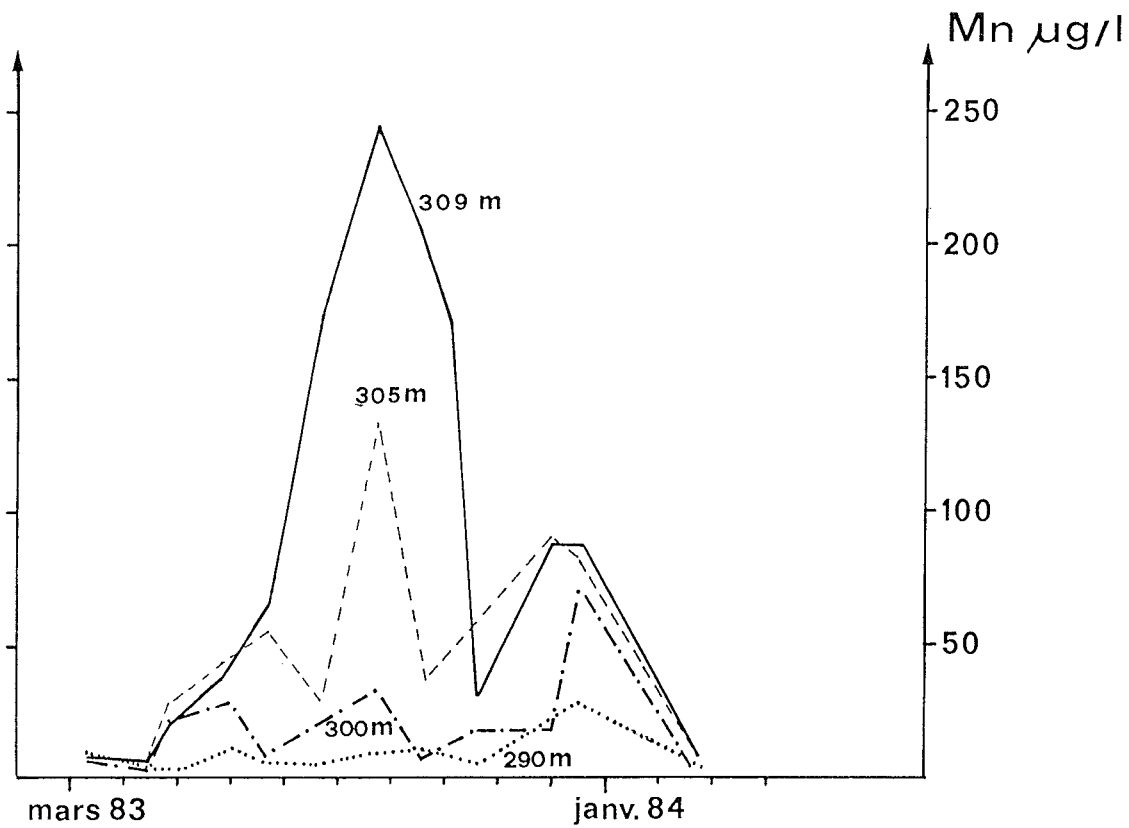
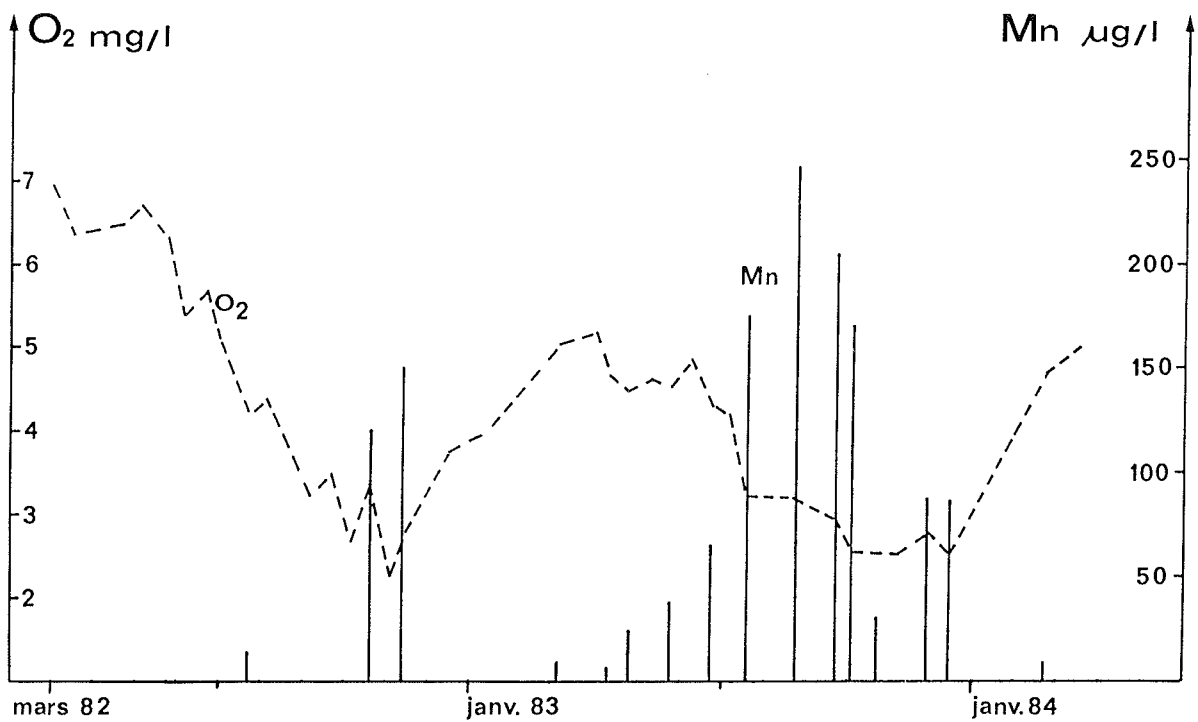


FIGURE 2 : EVOLUTION COMPAREE DES CONCENTRATIONS D'OXYGENE ET DE MANGANESE AU FOND (309 M)



POLLUANTS METALLIQUES DANS LA FAUNE PISCICOLE

CAMPAGNE 1983

PAR

CLAUDE CORVI

LABORATOIRE CANTONAL DE CHIMIE, GENEVE

RESUME

Les résultats des analyses de métaux lourds dans 241 échantillons permettent de confirmer l'amélioration observée lors de la campagne précédente. Les teneurs moyennes des poissons sont faibles, bien inférieures aux recommandations internationales.

INTRODUCTION

Le programme quinquennal 1981-1985 de la Commission internationale prévoit des analyses sur la faune piscicole une année sur deux.

Les laboratoires cantonaux vaudois et genevois ainsi que la Station d'Hydrobiologie Lacustre de Thonon ont participé aux recherches.

METHODES

Les dosages de métaux lourds, mercure, plomb et cadmium sont effectués sur la partie comestible des poissons (filet et peau). Le poids des poissons est déterminé sur les individus non éviscérés. Il n'est pas tenu compte, dans ce rapport, de la répartition géographique des pêches.

Les trois laboratoires utilisent des méthodes analytiques similaires pour le mercure : l'échantillon est minéralisé dans un mélange acides-oxydants et la teneur métallique est déterminée par absorption atomique sans flamme.

Seuls les laboratoires cantonaux ont participé aux analyses de plomb et de cadmium. Ces éléments ont été dosés par absorption atomique, au four graphite.

Les concentrations métalliques sont exprimées en μg de polluant par kilogramme de poisson frais analysé.

Pour l'analyse statistique des résultats, l'écart-type n'est calculé que pour les populations dont l'effectif atteint, au minimum dix individus. Lorsqu'un polluant n'a pas été décelé dans un échantillon, la concentration retenue pour l'analyse statistique des résultats est prise comme égale à 75 % de la limite de détection indiquée.

RESULTATS

L'étude a porté sur 59 lottes, 177 perches et 5 échantillons de plancton, soit 241 analyses.

Pour chaque espèce, nous avons regroupé les échantillons selon leur poids. Les concentrations moyennes calculées pour chaque classe de poids sont reportées dans les tableaux 1 à 4.

Les histogrammes des figures 1 à 4 permettent d'apprécier, pour les classes de poids les plus représentées, l'évolution des contaminations métalliques des lottes et des perches.

. MERCURE (tableau 1; figures 1 et 2)

La contamination mercurielle des populations de perches les plus représentées, perches de 25 à 100 g, semble se stabiliser aux environs d'une valeur voisine de 80 µg/kg.

L'amélioration constatée, pour ce métal, en 1981 se confirme. Les teneurs mesurées pour cette espèce sont voisines de celles observées ces dernières années dans d'autres lacs suisses (FAVARGER, 1982).

Il est certain que les mesures prises pour limiter les sources d'émission de mercure se font sentir sur la faune piscicole. La diminution de la contamination mercurielle observée est l'image de l'amélioration constatée pour les sédiments (MONDAIN-MONVAL et al. 1984).

La contamination de la lotte reste nettement supérieure à celle de la perche, pratiquement deux fois plus élevée, mais l'amélioration est également sensible pour cette espèce (figure 2).

La teneur moyenne de cinq échantillons de zooplancton, pêché au filet de 300 µm entre juin et septembre, est de 50 µg/kg de matière sèche.

. PLOMB (tableau 2 et figure 3)

L'évolution de la contamination saturnine de la faune piscicole est plus difficile à apprécier, les résultats concernant ce métal étant beaucoup plus dispersés que ceux obtenus pour le mercure.

Les concentrations moyennes observées pour les différentes classes de poids sont faibles, voisine de 60 µg/kg. L'augmentation de la contamination des perches ou des lottes par rapport aux deux années précédentes n'est pas, pour ce métal, significative. Elle traduit plutôt une divergence analytique des deux laboratoires ayant procédé aux études.

. CADMIUM (tableau 3 et figure 4)

Bien que ce métal demeure un des principaux polluants du Léman, la teneur en cadmium des poissons reste faible, sans variation significative par rapport aux années précédentes. Ceci s'explique par le manque d'affinité du cadmium pour le tissu musculaire.

CONCLUSIONS

L'amélioration observée en 1981 pour la pollution mercurielle de la faune piscicole est confirmée.

Du fait de l'absence d'accumulation dans la chaîne trophique et de leur manque d'affinité pour le tissu musculaire, le plomb et le cadmium ne semblent pas poser de problème majeur sur le plan piscicole.

Pour le consommateur, la contamination des poissons du Léman par les métaux lourds ne présente pas de danger. Les valeurs moyennes observées actuellement sont bien inférieures aux tolérances ou recommandations internationales : 500 µg/kg pour le plomb, 50 µg/kg pour le cadmium et 500 µg/kg pour le mercure.

BIBLIOGRAPHIE

FAVARGER, P.Y., (1982) : Teneur en mercure des poissons des lacs suisses 1973-1979. *Chimia* 36, 365-372.

MONDAIN-MONVAL, J.Y., DONARD, O., FAVARGER, P.Y., et VERNET, J.P., (1984) : Etude de la pollution des sédiments du Léman. Campagne 1983. Rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution.

TABLEAU 1 - Concentration du mercure dans les poissons ($\mu\text{g/kg}$)

1.a PERCHES

Classe de poids (g)	Nombre de poissons analysés	Poids		Concentration	
		Moyen	Ecart-type	Moyen	Ecart-type
26 - 50	58	43	5	83	45
51 - 75	78	60	7	77	36
76 - 100	15	83	7	84	44
101 - 150	8	113	-	114	-
151 - 500	14	354	116	107	36
501 - 1000	4	711	-	266	-

1.b LOTTES

Classe de poids (g)	Nombre de poissons analysés	Poids		Concentration	
		Moyen	Ecart-type	Moyen	Ecart-type
< 50	1	37	-	154	-
51 - 100	21	80	9	172	60
101 - 150	20	112	12	191	75
151 - 200	5	175	-	240	-
201 - 250	11	215	13	176	54
251 - 500	1	355	-	103	-

TABLEAU 2 - Concentration du plomb dans les poissons ($\mu\text{g/kg}$)

2.a PERCHES

Classe de poids (g)	Nombre de poissons analysés	Concentration moyenne	Ecart-type
26 - 50	54	69	79
51 - 75	52	59	82
76 - 100	13	58	77
101 - 150	6	29	-
151 - 500	14	58	37
501 - 1000	4	67	-

2.b LOTTES

Classe de poids (g)	Nombre de poissons analysés	Concentration moyenne	Ecart-type
101 - 150	5	116	-
151 - 200	5	118	-
201 - 250	11	98	37

TABLEAU 3 - Concentration du Cadmium dans les poissons ($\mu\text{g/kg}$)

3.a PERCHES

Classe de poids (g)	Nombre de poissons analysés	Concentration moyenne	Ecart-type
26 - 50	54	11	13
51 - 75	52	7	8
76 - 100	13	6	5
101 - 150	6	7	-
151 - 500	14	5	3
500 - 1000	4	9	-

3.b LOTTES

Classe de poids (g)	Nombre de poissons analysés	Concentration moyenne	Ecart-type
101 - 150	5	7	-
151 - 200	5	5	-
201 - 250	11	4	3

FIGURE 1 - EVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES DU MERCURE DES PERCHES

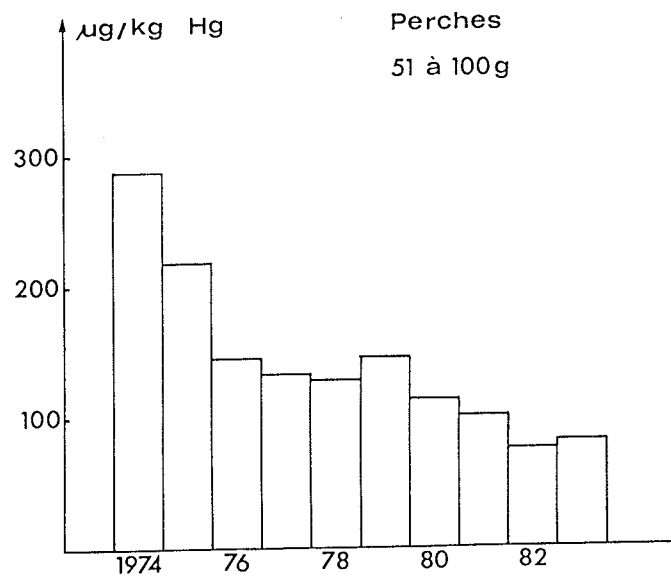


FIGURE 2 - EVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES DU MERCURE DES LOTTES

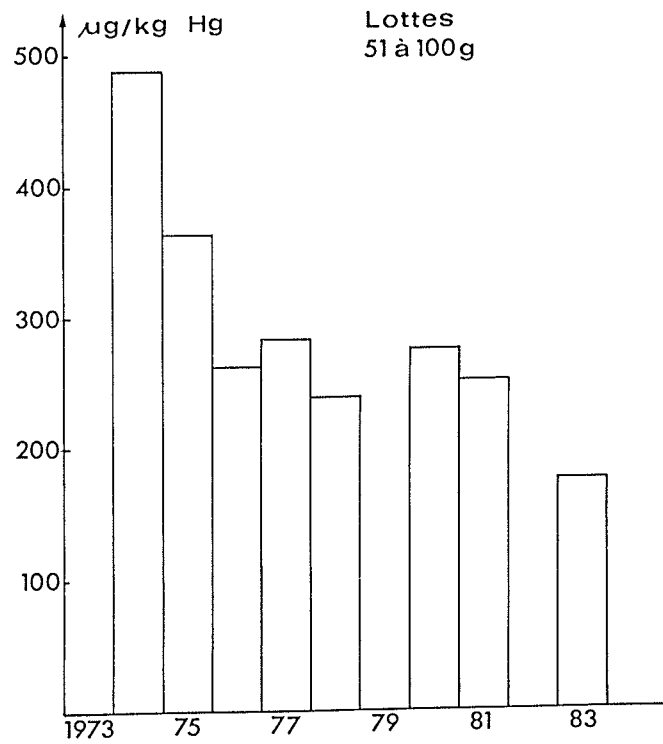


FIGURE 3 - EVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES DU
PLOMB DES PERCHES

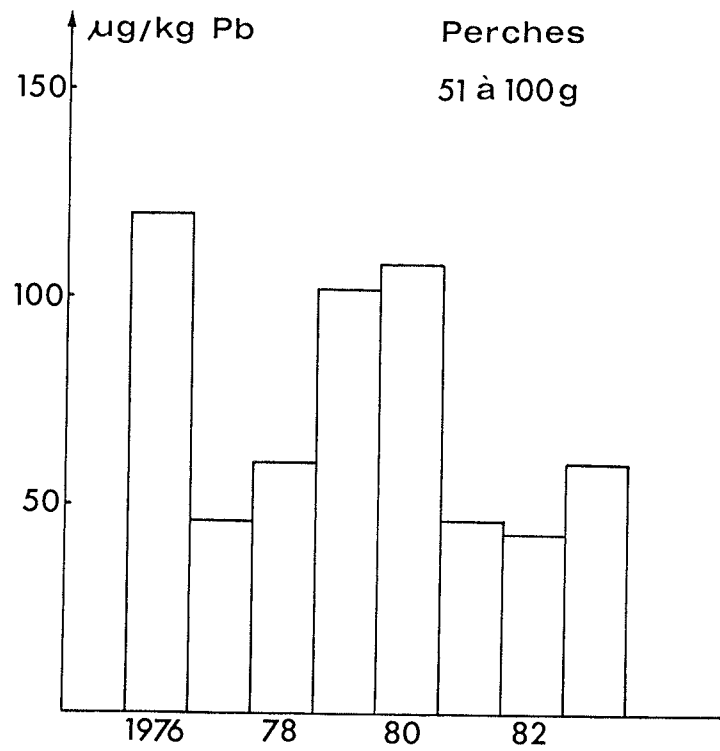
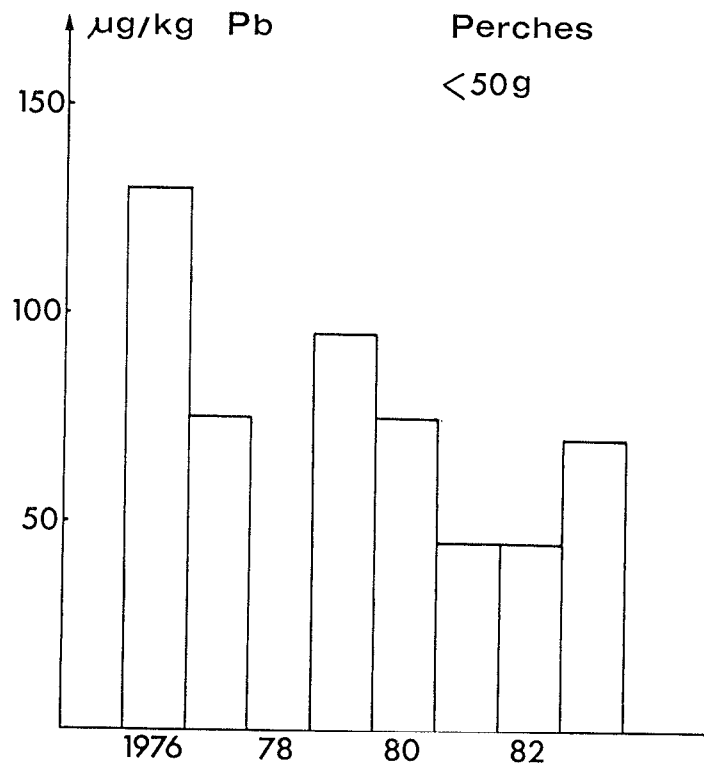
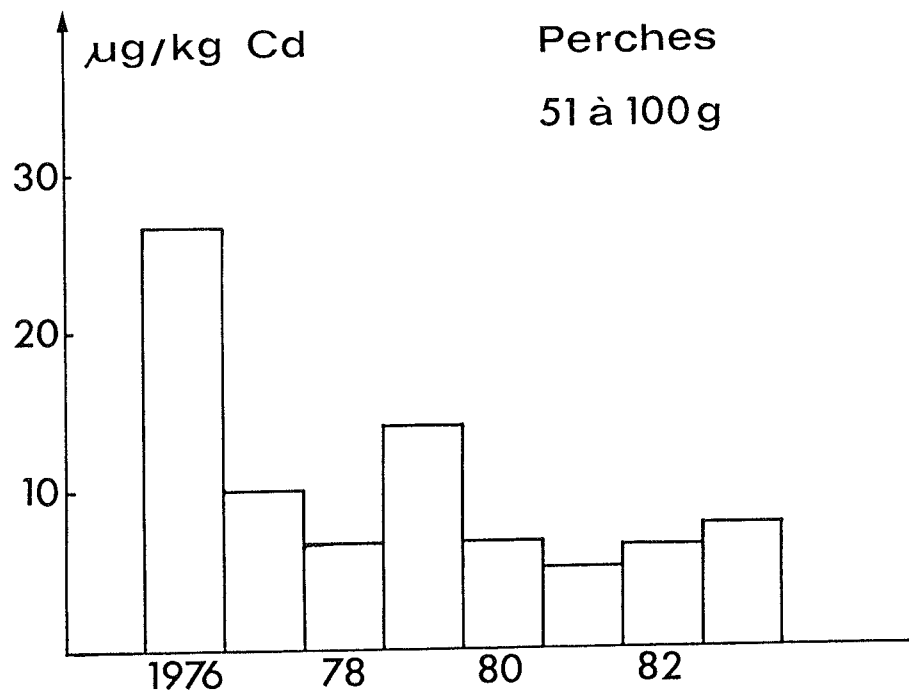


FIGURE 4 - EVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES DU
CADMIUM DES PERCHES



ETUDE DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS DU LEMAN

CAMPAGNE 1983

PAR

JEAN-YVES MONDAIN-MONVAL, OLIVIER DONARD,
PIERRE-YVES FAVARGER ET JEAN-PIERRE VERNET

INSTITUT F.-A. FOREL, VERSOIX

RESUME

Durant l'été 1983, 295 échantillons de sédiments superficiels du Léman ont été récoltés.

Les résultats des analyses effectuées montrent que le mercure et le cadmium sont toujours les contaminants principaux, mais leur concentration moyenne dans les sédiments est en baisse. D'une façon générale, la pollution du lac par les métaux lourds diminue.

Elle augmente cependant pour le zinc et les nutriments, en particulier le phosphore.

1. INTRODUCTION

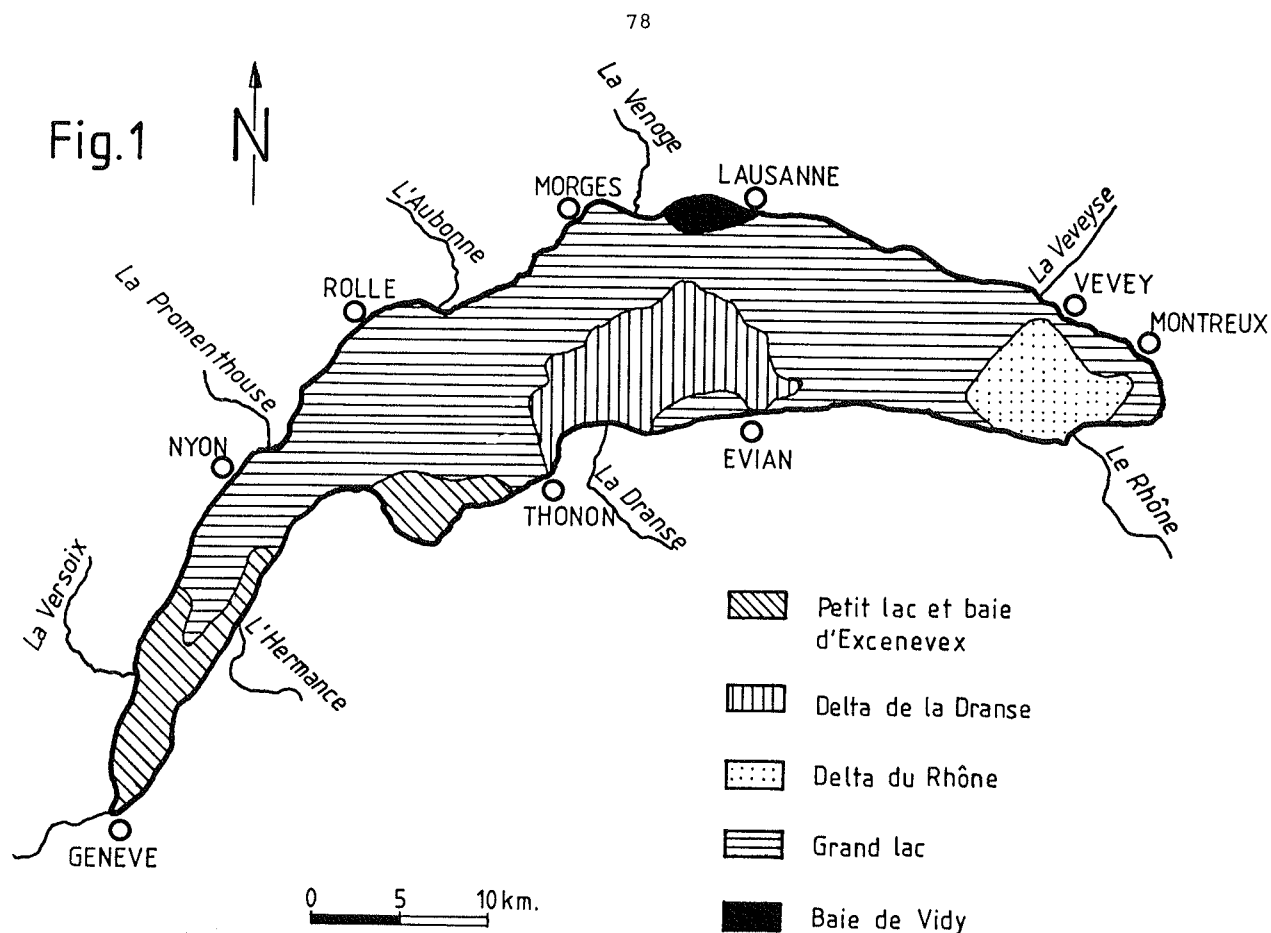
En 1978, les études entreprises sur la contamination des sédiments superficiels du Léman avaient mis en évidence l'importance du mercure et du cadmium comme principaux polluants.

Il est nécessaire de répéter périodiquement cette étude pour suivre l'évolution des pollutions, en particulier pour déterminer les variations des taux de contamination et des stocks de polluants dans les premiers centimètres du sédiment.

Cette surveillance permet de plus de détecter d'éventuelles nouvelles sources de contaminants.

Pour cette raison, 295 échantillons de la couche superficielle de 5 mm ont été prélevés par benne Shipek, selon une grille identique à celle de 1978. Après tamisage, seule la fraction fine, inférieure à 63 μ , a été analysée. Afin de pouvoir mieux comparer les résultats obtenus en 1978 et 1983, ceux-ci sont également présentés par région. La subdivision en entités géographiques est restée la même (figure 1) :

- . Petit Lac
- . région soumise à l'influence de la Dranse
- . Grand Lac
- . baie de Vid'y
- . région soumise à l'influence du Rhône.



2. METHODES D'ANALYSE

Depuis 1981, les analyses de métaux autres que le mercure et le cadmium, précédemment effectuées au BRGM (Orléans), se font à l'Institut Forel par spectrométrie d'émission de plasma à couplage inductif (ICP). L'effet de ce changement d'appareillage signalé dans un précédent rapport (VIEL et VERNET, 1981, page 204) a été évalué. On constate dans certains cas des différences systématiques (table 1), mais l'interprétation des résultats en tient toujours compte.

De même, les limites de détection (LD) sont différentes de celles de 1978 (table 2). Il convient de noter à ce propos que les chiffres donnés pour l'ICP sont des moyennes des limites de détection réelles calculées pour chacune des séries d'analyses (FAVARGER, 1982).

TABLE 1 - Comparaison des résultats BRGM (métaux) ou colorimétriques (phosphore) et ICP

Elément	Effectif	$\frac{\text{BRGM}}{\text{ICP}}$	Ecart-type
Zinc	20	0.79	0.26
Cuivre	20	1.04	0.27
Manganèse	20	1.54	0.52
Cobalt	20	1.12	0.23
Vanadium	20	1.37	0.31
Plomb	20	1.35	0.24
Nickel	20	1.39	0.35
Argent	19	1.17	0.82
		$\frac{\text{Colo.}}{\text{ICP}}$	
Phosphore	24	0.99	0.13

TABLE 2 - Limites de détection par ICP (valeurs moyennes)
et autres méthodes d'analyse. Unité : mg/kg

Elément	BRGM (1978)	Autres méthodes	ICP (1983)	
			Rivières	Léman
Zinc	5		2.4	2.5
Cuivre	3		0.41	0.44
Manganèse	20		1.2	1.3
Cobalt	10		1.4	2.0
Vanadium	5		4.3	3.0
Nickel	5		1.0	1.8
Argent	0.2		0.6	0.7
Soufre	-		130	230
Etain	20		10	12
Antimoine	50		16	19
Bore	10		2.5	2.6
Béryllium	1		0.05	0.04
Strontium	20		1.5	1.3
Arsenic	20		28	32
Baryum	5		0.8	1.0
Chrome	10		0.6	0.8
Plomb	15	5	15 α	18
Cadmium	-	0.05	1.6 α	1.9 α
Mercure	-	0.03	10 α	20 α
Phosphore	-	20	12	16
Carbone	-	4'000 β	-	-
Azote	-	500 γ	-	-

α = valeurs ICP non utilisées en principe

β = 0.4 %

γ = 0.05 %

Autres méthodes : Mercure, cadmium et plomb par absorption atomique
Phosphore par colorimétrie
Carbone organique par oxydabilité au $K_2Cr_2O_7$
Azote par Kjeldahl

3. VARIATIONS DES TAUX DE CONTAMINATION ET DES SOURCES DE POLLUTION

a. GENERALITES

Rappelons que, pour un métal considéré, le taux de contamination correspond au rapport de la teneur analysée sur la teneur naturelle admise. Ces teneurs naturelles admises sont les mêmes qu'en 1978.

Pour certains éléments, les cartes de répartition des valeurs obtenues en 1978 et 1983, ainsi que la carte de répartition du rapport entre ces valeurs sont présentées.

Afin de pouvoir mieux comparer les résultats de 1978 et 1983, les classes de teneurs de 1978 ont été conservées. Du fait que ces classes sont assez larges on peut observer sur les cartes des rapports 1983/1978, une augmentation qui n'apparaît pas sur les cartes des teneurs.

Par exemple, sur les cartes du plomb (figure 5), dans la classe allant de 25 à 50 mg/kg, le rapport entre la plus forte et la plus faible valeur est de 2. Ainsi, sur les cartes de 1978 et 1983, la région peu contaminée de la plaine centrale est représentée par le même figuré. Sur celle des rapports des valeurs individuelles des concentrations 1983/1978, on décèle cependant une augmentation. L'interprétation des cartes de rapports doit donc nécessairement tenir compte des teneurs réelles concernées.

b. METAUX LOURDS (table 3)

Le mercure (figure 2)

Les teneurs moyennes et donc les taux de contamination des sédiments du Léman ont fortement diminué dans toutes les régions du lac, à l'exception de quelques points particuliers.

Cette diminution est moins évidente dans la région du delta de la Dranse, déjà peu contaminée en 1978, en raison de la dilution du polluant par d'importants apports terrigènes.

Elle est par contre très nette dans la région du delta du Rhône, zone à fort taux de sédimentation, où l'échantillonnage des sédiments superficiels ne représente vraisemblablement que des dépôts récents et confirme ainsi la diminution des concentrations en mercure des sédiments du Rhône. Signalons cependant qu'entre l'embouchure du Rhône et celle du Grand Canal, les teneurs sont en augmentation bien que les apports en éléments détritiques grossiers soient très importants (figure 7).

La baie de Vidy reste fortement contaminée, et présente à proximité de la côte une nette augmentation des teneurs.

Dans le Grand Lac, malgré une baisse nette de la concentration moyenne, une région reste cependant assez fortement contaminée. Elle s'étend, dans la partie profonde du lac, au large de la région Vidy-Rolle. Cette situation semble résulter de contaminations antérieures du fait du faible taux de sédimentation caractérisant cette zone. Des apports dans la région de l'embouchure de l'Aubonne et de celle d'Yvoire ne sont cependant pas à exclure.

Dans le Petit Lac, la teneur en mercure diminue généralement, sauf à l'aval de Nyon et au large d'Hermance.

Le cadmium - figure 3

Par rapport à 1978, les taux de contamination régionaux sont tous en diminution. Signalons cependant une certaine augmentation de la pollution dans les régions : embouchure du Rhône/Grand-Canal, Saint-Sulpice/Plaine centrale et Yvoire.

La même situation s'est par contre nettement améliorée le long des côtes suisse, entre Lausanne et Cully, et française, d'Evian à Meillerie.

Dans le delta de la Dranse, le taux de contamination en cadmium est légèrement plus élevé qu'en 1981 (VIEL et VERNET).

Le zinc - figure 4

On constate une très nette augmentation générale de cet élément dans les sédiments du Léman, en particulier dans la région de Vidy-Morges. Cette contamination nouvelle et importante s'étend jusqu'à la Plaine centrale.

Le plomb - figure 5

La situation s'est très sensiblement améliorée : seule la baie de Vidy et ses environs présentent encore une contamination notable.

Le cuivre - figure 6

La situation n'a guère évolué pour cet élément. Les régions les plus contaminées sont toujours la baie de Vidy et au voisinage de Rolle. Les teneurs augmentent au large de Vidy-Morges, entre Thonon et Rolle et dans le Petit Lac.

L'argent - figure 6

Seules les baies de Morges et de Vidy sont réellement contaminées. Les teneurs dans ces régions sont plus élevées qu'en 1978.

Le soufre - figure 6

Cet élément est dosé pour la première fois dans les sédiments du Léman et bien qu'il ne soit pas un métal, il est intéressant d'examiner sa répartition. Elle semble principalement liée à la bathymétrie. Les plus fortes concentrations se rencontrent dans la Plaine centrale et au pied du delta.

Le cobalt, le nickel et le chrome

Les valeurs moyennes des teneurs n'ont guère évolué pour ces éléments. Leur distribution est très semblable à celle de 1978.

Le béryllium - figure 7

Les teneurs en béryllium les plus importantes se rencontrent dans la région du delta du Rhône et le long de la côte suisse du Haut Lac, en particulier près de Montreux. Un rejet doit exister entre Territet et Clarens. C'est la première fois que cet élément est analysé dans le Léman. Les fortes teneurs rencontrées (0.6-3.8 mg/kg) et sa grande toxicité devraient nous amener à nous préoccuper de cet élément. Sa teneur naturelle dans les sédiments du Pacifique est de 1.5 à 2 mg/kg (INOUE et TANAKA, 1979).

Le bore - figure 7

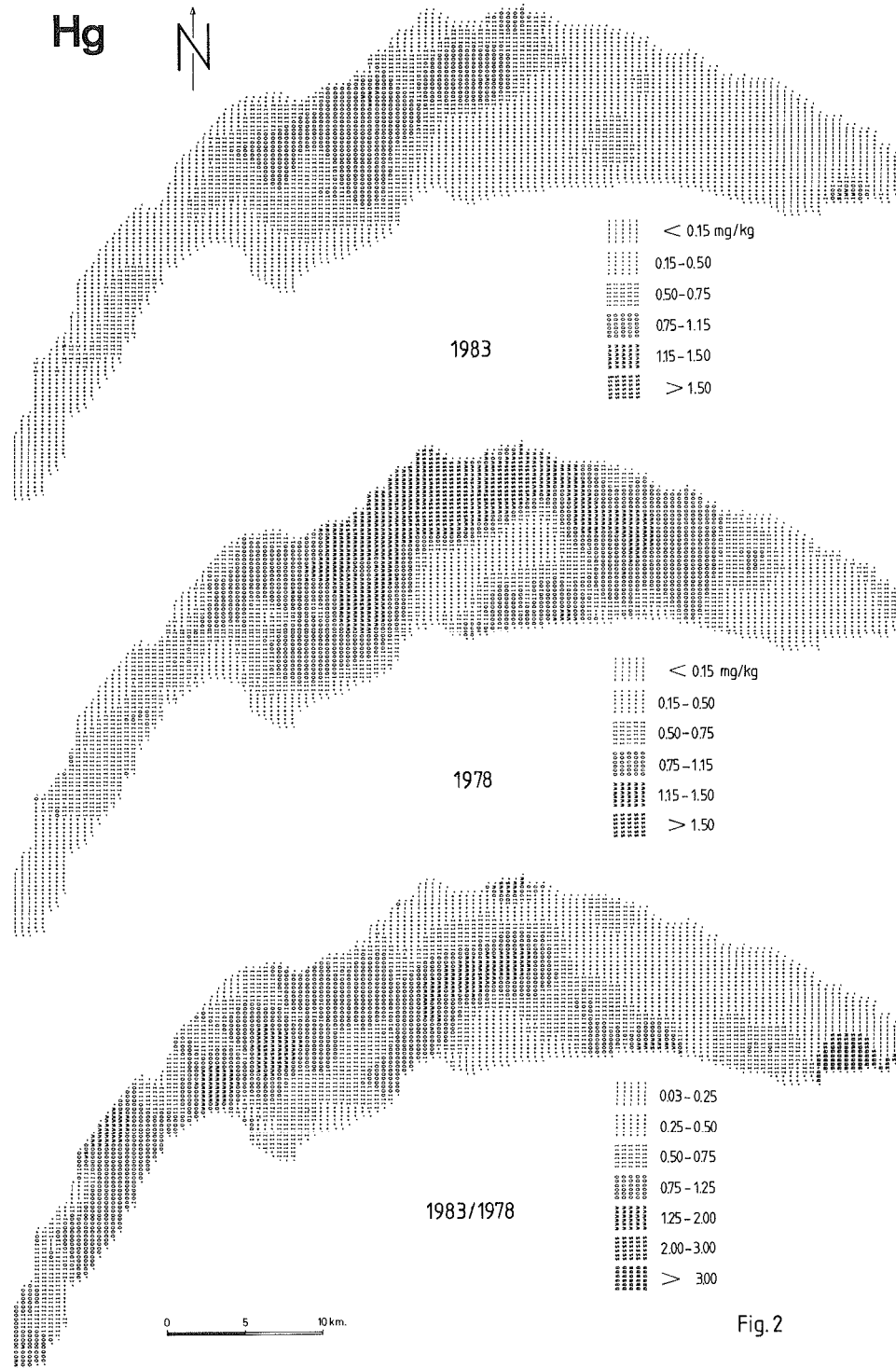
Les concentrations maximales en bore se trouvent dans la Plaine centrale.

TABLE 3 - Evolution des taux de contamination des sédiments du Léman entre 1978 et 1983

Elément	Petit Lac		Grand Lac	
	1978 T.C	1983 T.C	1978 T.C	1983 T.C
Mercure	14.6	9.3	34.3	17.7
Cadmium	5.1	2.3	5.0	3.7
Argent	1.3	1.4	3.0	2.2
Plomb	1.7	0.6	2.0	1.3
Cuivre	1.3	1.4	2.2	2.2
Zinc	1.6	2.0	2.1	3.1
Nickel	1.2	0.9	2.0	1.5
Cobalt	1.1	0.7	1.6	1.4

Elément	Delta de la Dranse		Delta du Rhône	
	1978 T.C	1983 T.C	1978 T.C	1983 T.C
Mercure	18.2	13.7	11.1	6.7
Cadmium	3.9	3.8	2.6	1.7
Argent	1.6	1.8	1.0	1.0
Plomb	1.7	1.1	1.8	1.0
Cuivre	1.5	1.8	2.1	1.2
Zinc	1.6	2.8	1.6	2.2
Nickel	1.4	1.3	1.9	1.6
Cobalt	1.2	1.3	2.2	2.0

Elément	Lac total	
	1978 T.C	1983 T.C
Mercure	26.2	15.3
Cadmium	4.7	3.5
Argent	2.4	2.3
Plomb	2.1	1.2
Cuivre	1.9	2.0
Zinc	1.9	2.9
Nickel	1.7	1.4
Cobalt	1.5	1.4



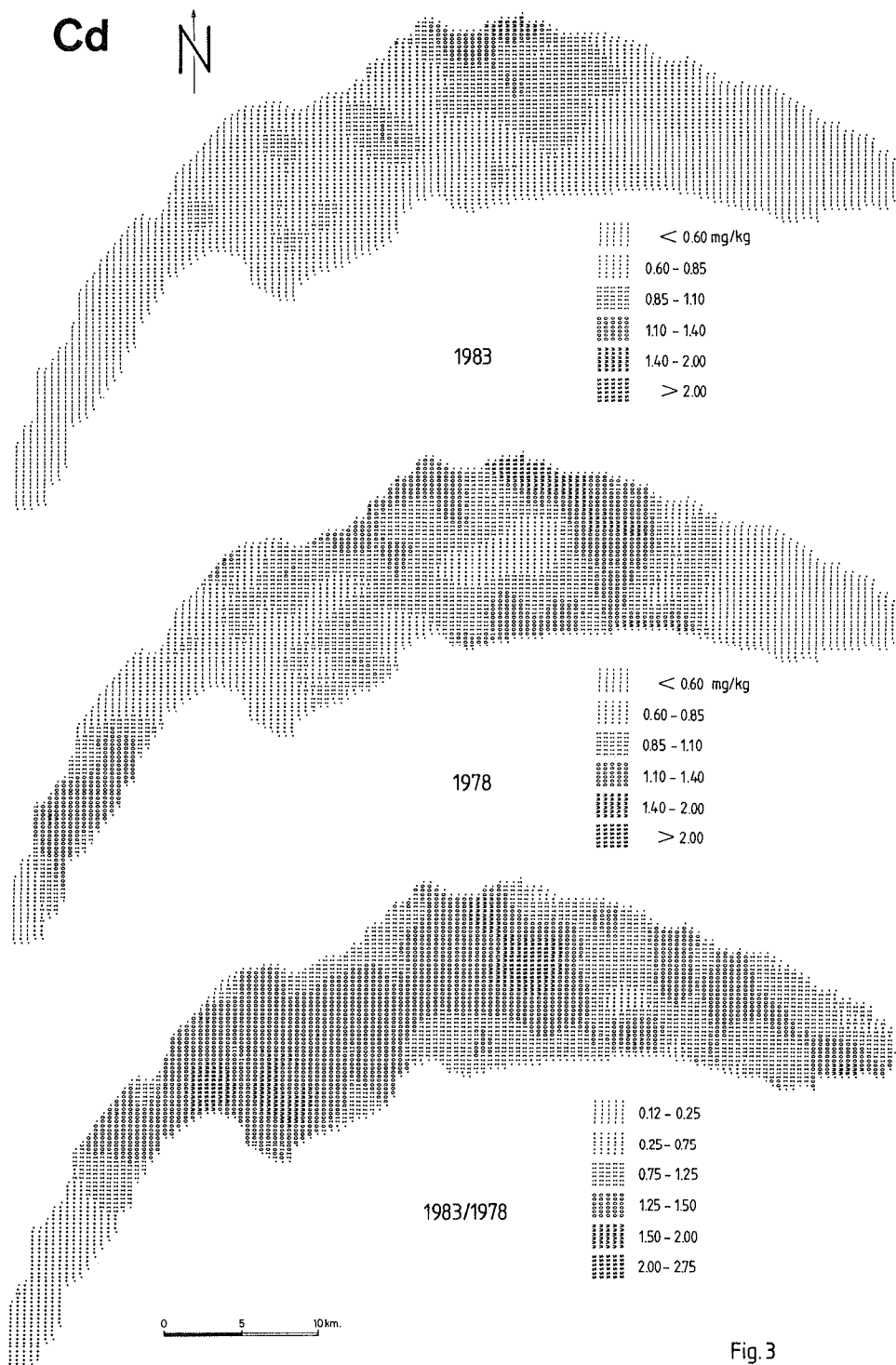


Fig. 3

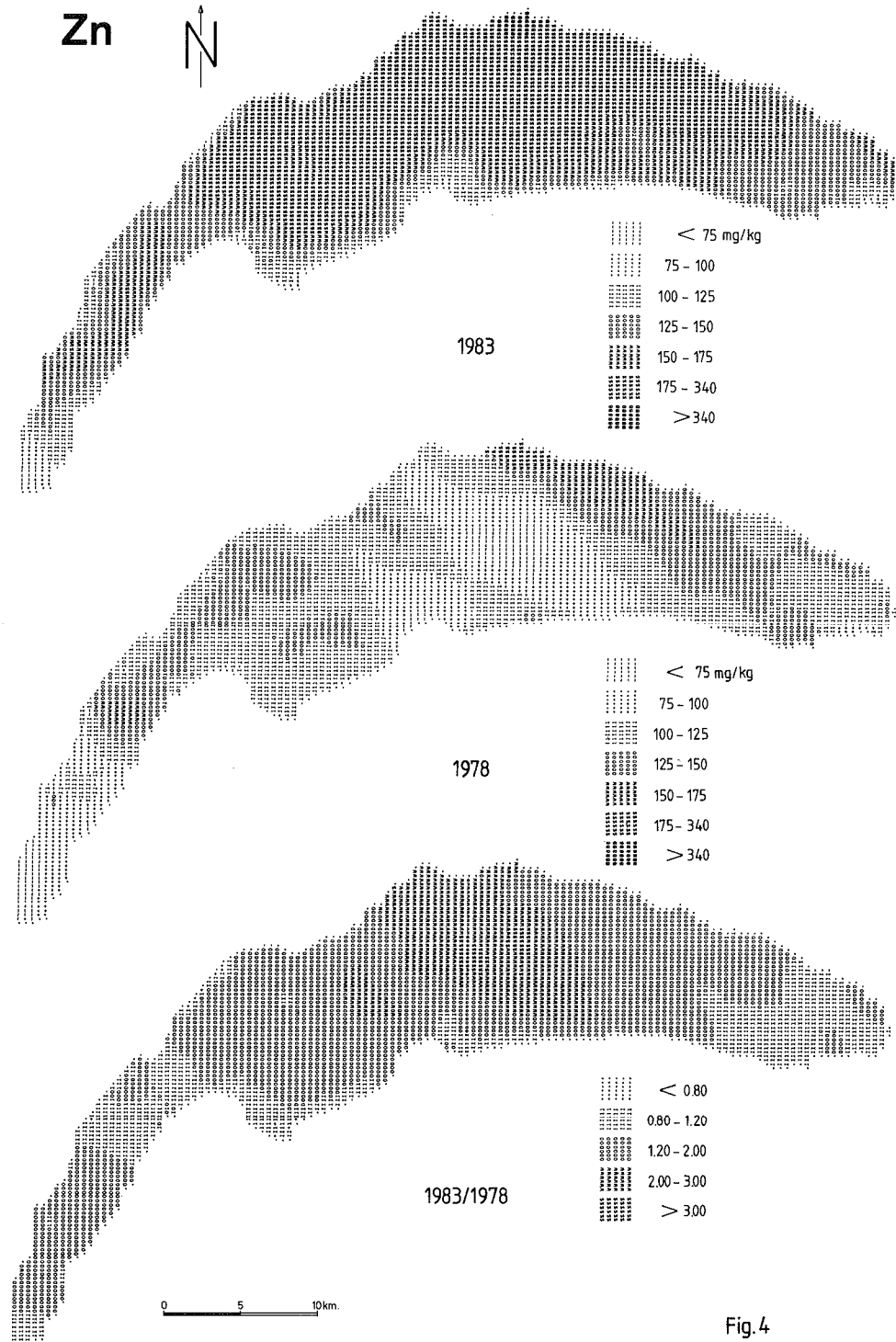


Fig. 4

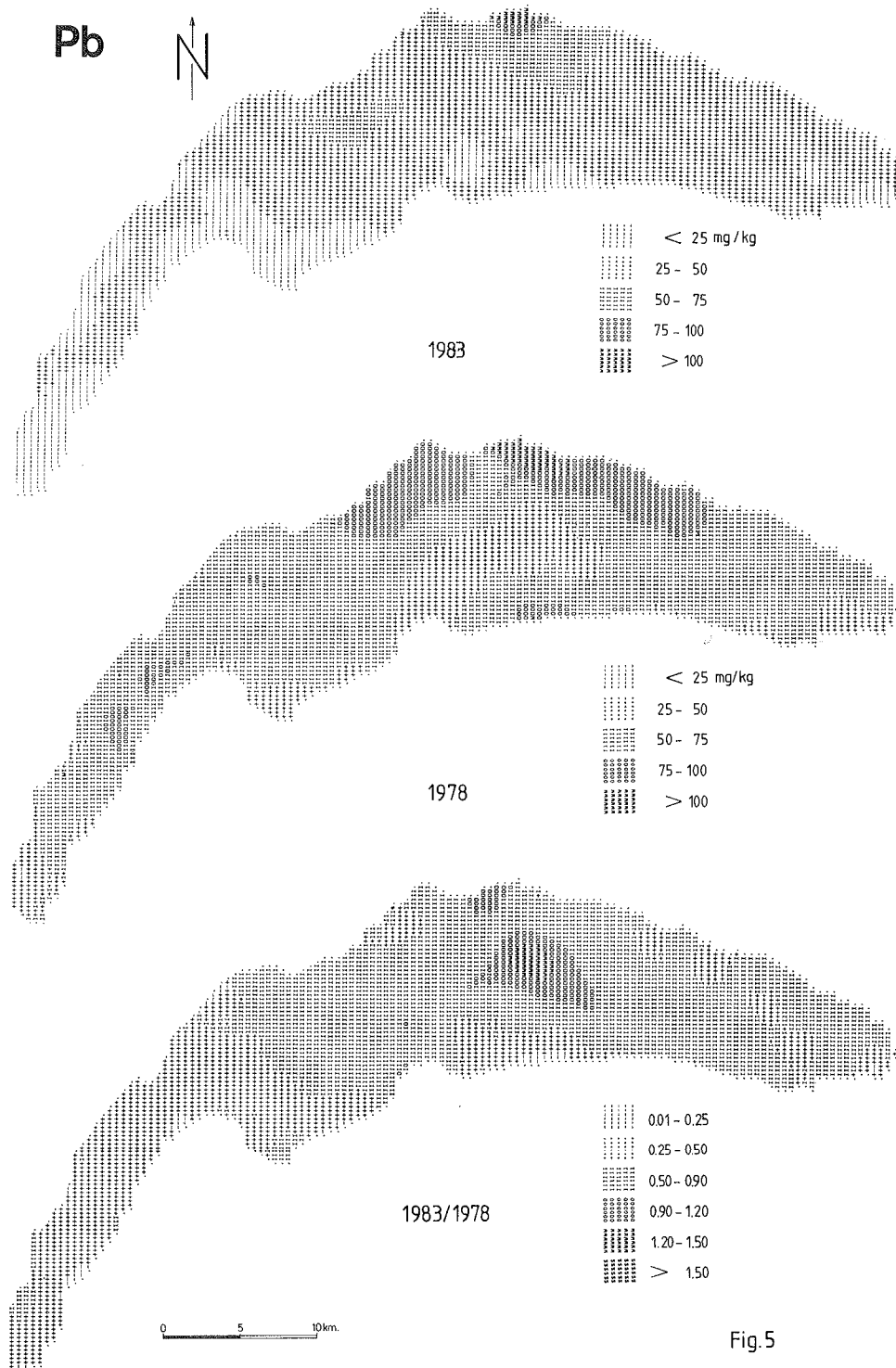


Fig. 5

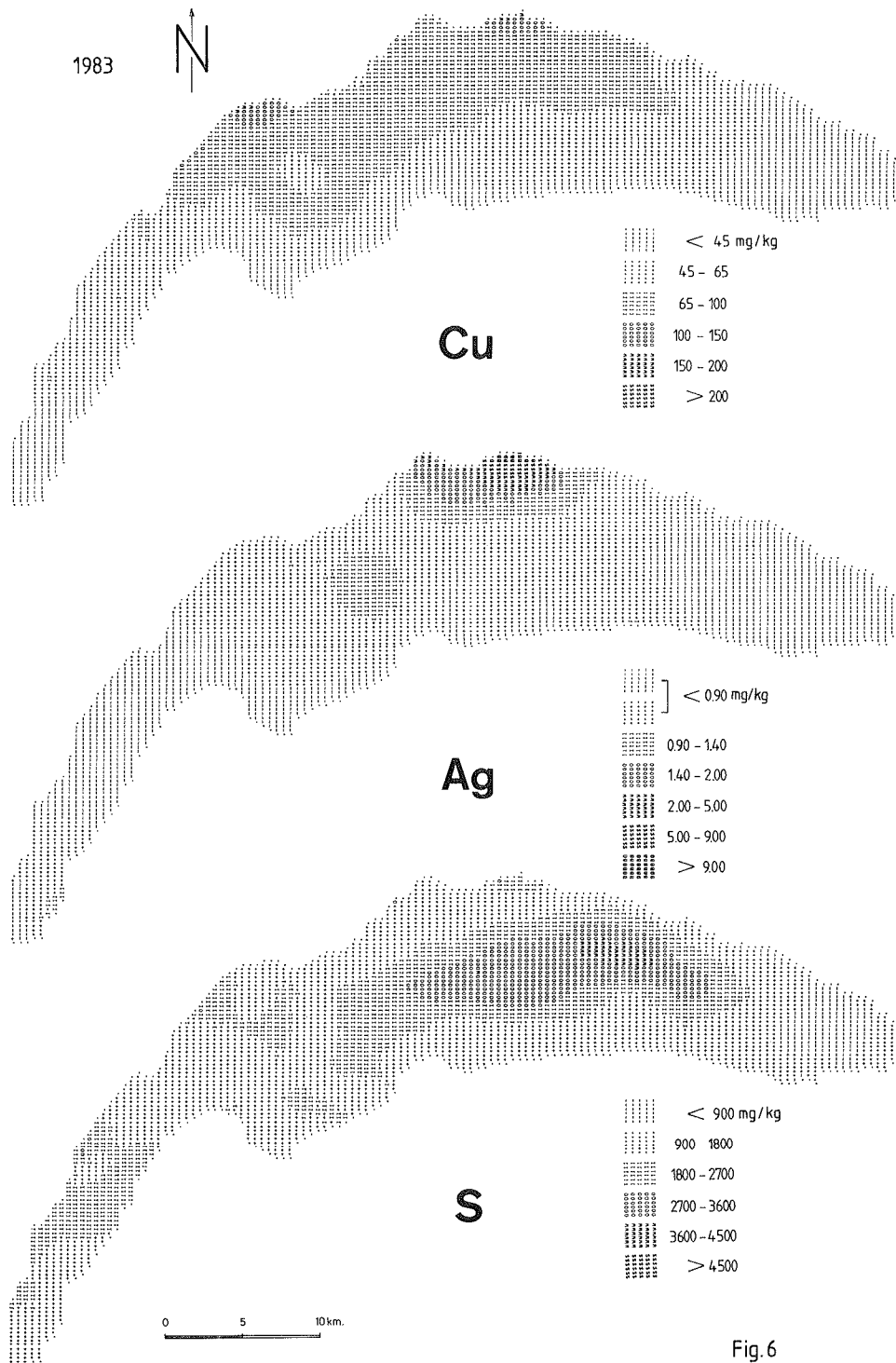
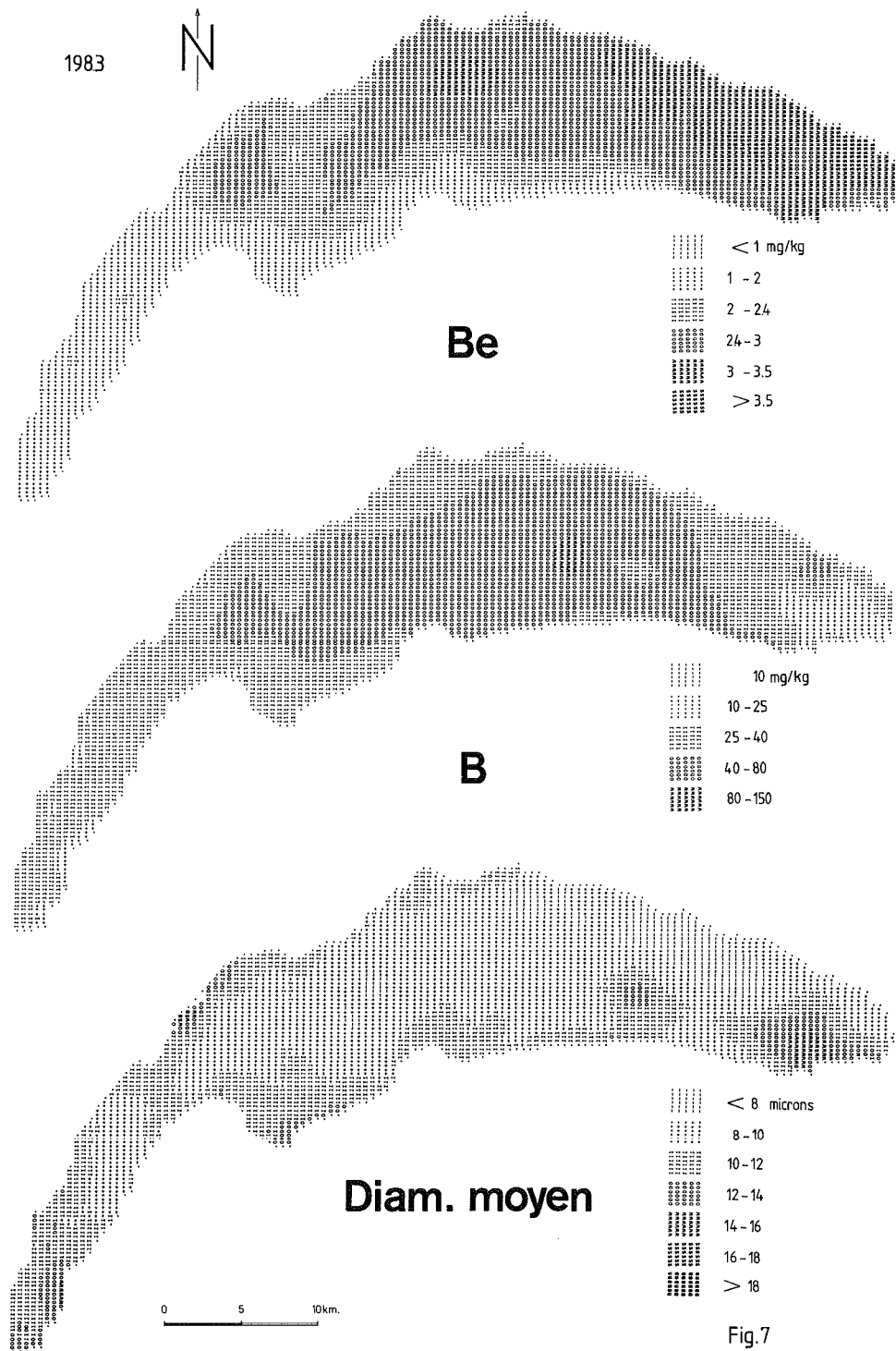


Fig. 6



c. LES NUTRIMENTS

Le phosphore total - figure 8, table 4

Mis à part le Haut Lac, les teneurs en phosphore total sont en augmentation. Il faut toutefois signaler que pour cet élément les concentrations sont soumises à de fortes fluctuations saisonnières dues à la régénération. L'interprétation d'une telle variation dans les sédiments entre 1978 et 1983, bien que difficile, indique à notre point de vue, une nette élévation des concentrations de cet élément dans les sédiments.

L'azote total - figure 9

A l'exception du delta du Rhône, où les valeurs des concentrations ne sont en hausse que dans une zone située à proximité de Villeneuve-Grand Canal, les teneurs en azote total sont plus fortes que celles de 1978. Cette augmentation est particulièrement nette dans la Plaine centrale, entre Thonon et Rolle et dans le Petit Lac.

Le carbone organique - figure 10

La carte de répartition du rapport entre les concentrations de 1983 et de 1978 est très semblable à celle de l'azote. L'augmentation des teneurs est en plus très marquée dans la baie de Vidz et à proximité de Thonon.

TABLE 4 - Evolution de la teneur moyenne en nutriments des sédiments superficiels du Léman entre 1978 et 1983

	Carbone organique %		Azote total %		Phosphore total mg/kg	
	1978	1983	1978	1983	1978	1983
Petit Lac	2.3	2.7	0.32	0.35	694	925
Grand Lac	2.0	2.2	0.23	0.28	723	981
Delta de la Dranse	1.7	2.3	0.21	0.29	679	770
Delta du Rhône	1.2	0.8	0.13	0.10	838	771
Lac total	1.9	2.2	0.24	0.28	726	962

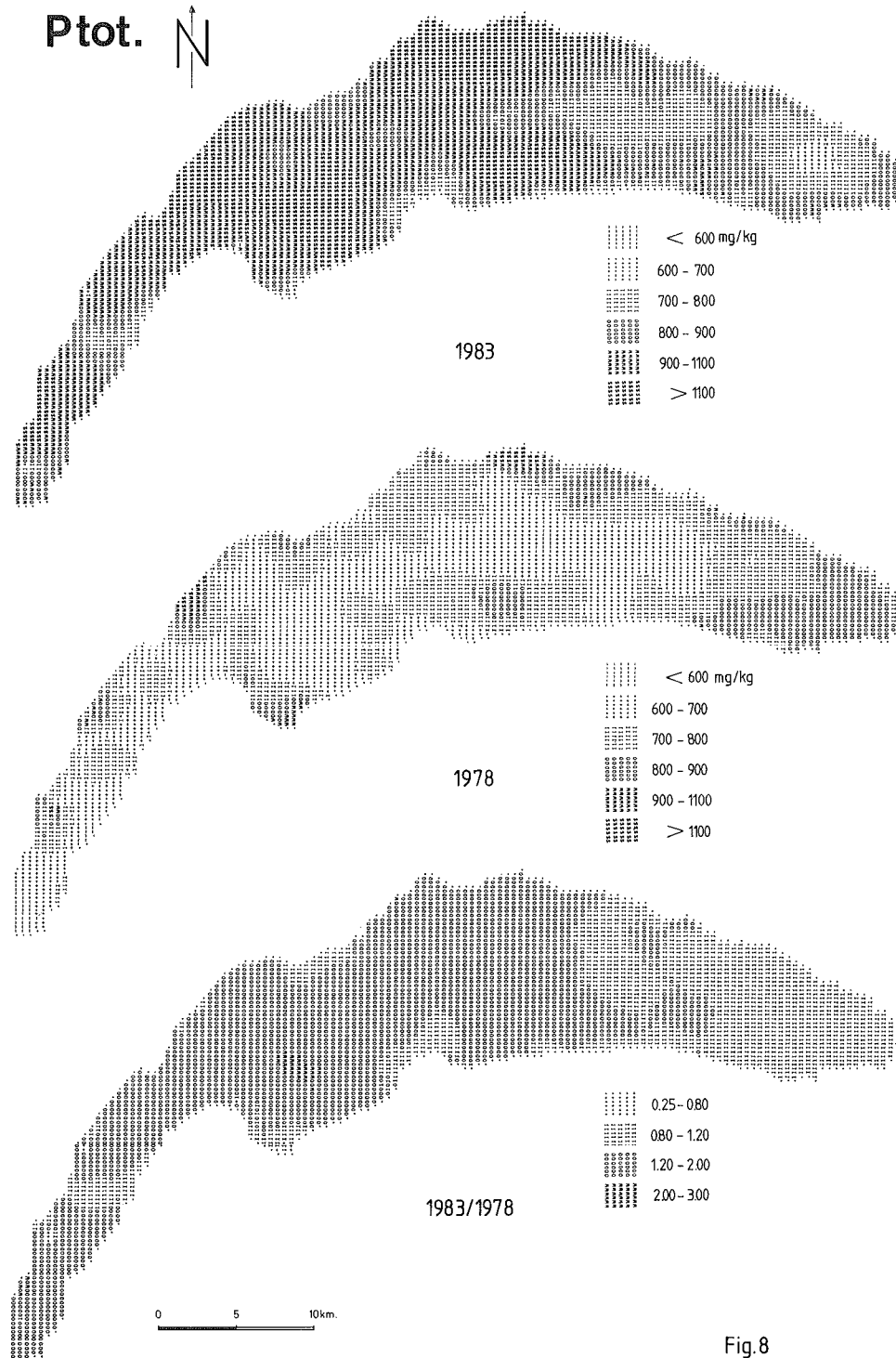


Fig. 8

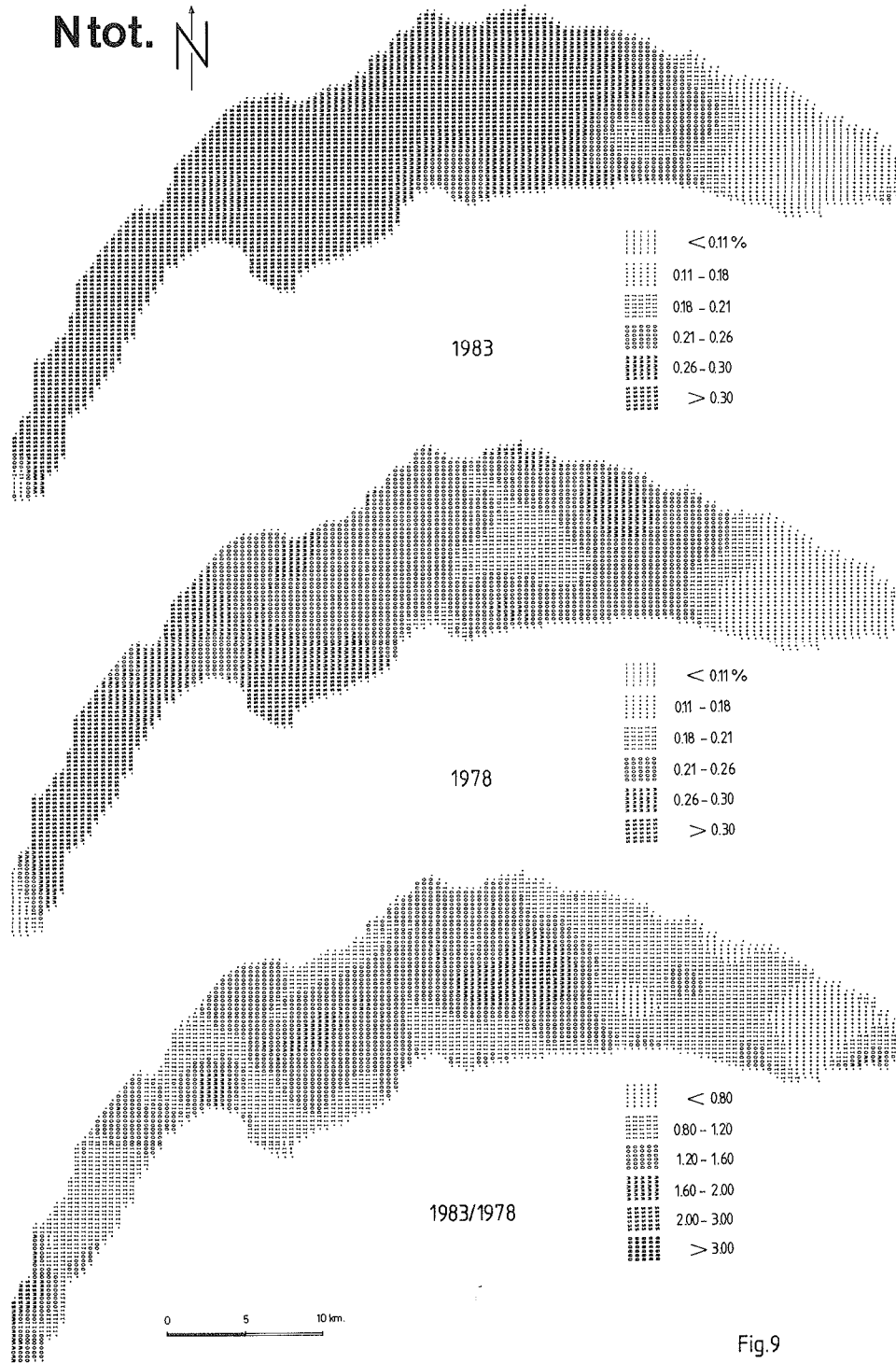


Fig.9

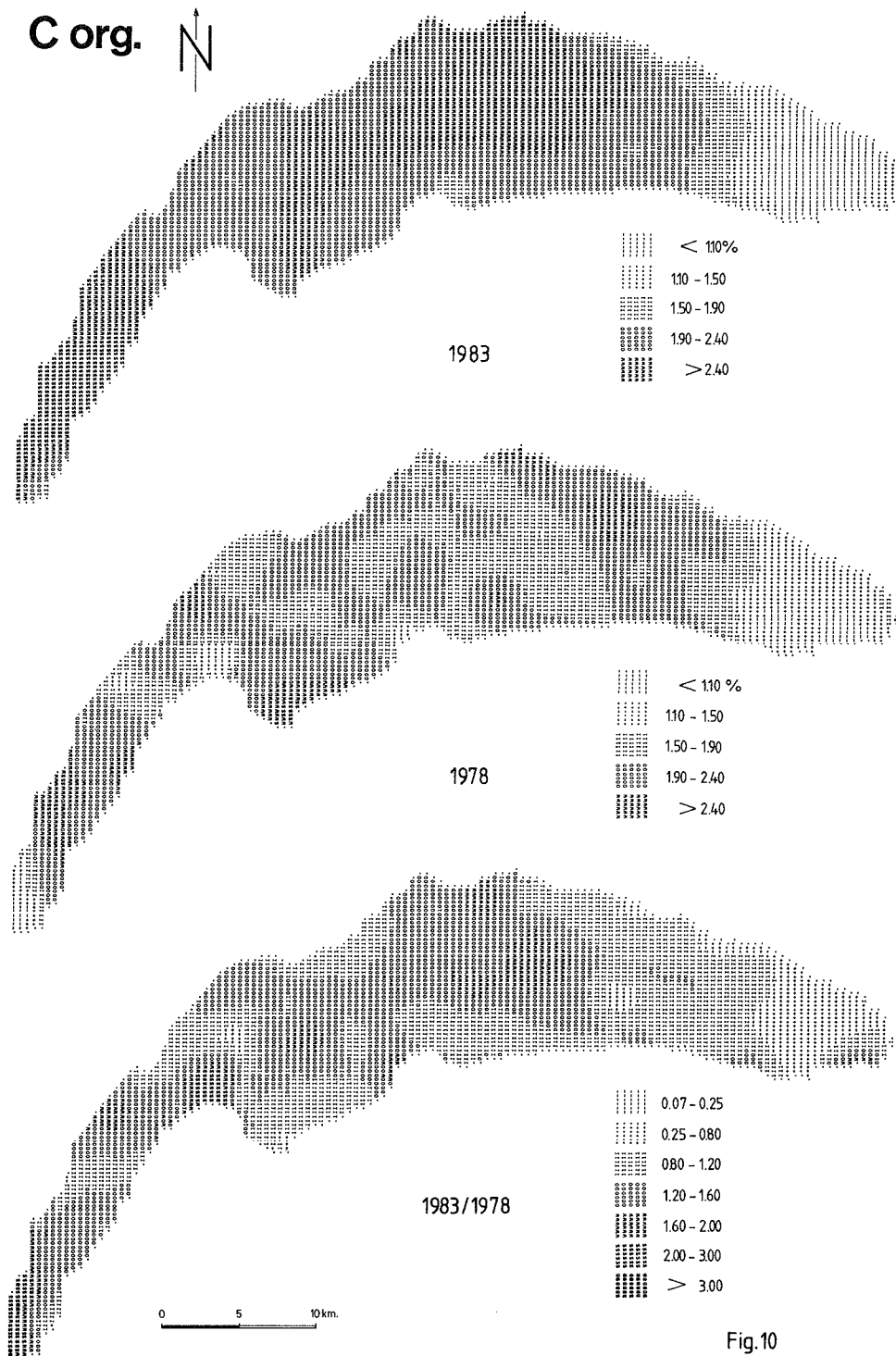


Fig.10

TABLE 5 - Evolution des teneurs et des stocks de métaux lourds
dans les sédiments superficiels du Léman
entre 1978 et 1983

Elément	Teneur naturelle mg/kg	Moyenne sédiment total mg/kg		Tt. dans les 5 cm sup. tonnes		Ta./Tt. %		Maximum <63 microns mg/kg		Minimum <63 microns mg/kg		Moyenne <63 microns mg/kg	
		1978	1983	1978	1983	1978	1983	1978	1983	1978	1983	1978	1983
Mercure	0.03	0.70	0.40	35	20	96	55	2.24	1.77	0.08	0.01	0.79	0.46
Cadmium	0.20	0.78	0.59	39	29	78	58	5.15	2.95	0.23	0.14	0.93	0.69
Argent	0.30	0.62	0.58	31	29	59	55	8.50	23.90	0.20	< 0.20	0.73	0.70
Plomb	30	54	31	2685	1526	53	30	210	191	23	< 10	63	35
Cuivre	30	49	51	2458	2546	49	51	270	202	16	20	58	60
Zinc	60	98	151	4896	7512	48	74	320	927	54	48	115	176
Vanadium	50	78	63	3912	3140	46	37	170	105	26	15	90	73
Nickel	50	76	59	3765	2950	44	34	140	119	29	12	87	69
Cobalt	10	12	12	618	580	32	30	36	45	10	< 2	15	14
Béryllium	-	-	2.1	-	106	-	-	-	3.8	-	0.58	-	2.5

Ta = Tonnage anthropogénique

Tt = Tonnage total

d. EVOLUTION DES STOCKS DE METAUX LOURDS DANS LES SEDIMENTS SUPERFICIELS

Les quantités de métaux traces dans les cinq premiers centimètres des sédiments superficiels du lac ont été évaluées selon la méthode proposée par RAPIN en 1978.

Rappelons la formule utilisée :

$$T = S \times Ep \times Ps \times Tmt \times 0.01$$

où

T	est le poids du métal considéré en tonnes
S	est la surface réelle du lac
Ep	est l'épaisseur du sédiment (5 cm)
Ps	est le poids spécifique moyen du sédiment
Tmt	est la teneur moyenne du sédiment total

Ce dernier paramètre est pondéré en réintroduisant la fraction sableuse comme facteur de dilution et en admettant qu'elle ne fixe pas les métaux lourds.

$$Tmt = \frac{\sum_{i=1}^n Ti \cdot \frac{100-S_i}{100}}{n}$$

où

T_i	=	teneur enregistrée pour le $i^{\text{ème}}$ échantillon
S_i	=	% de sable et gravier dans le $i^{\text{ème}}$ échantillon
n	=	nombre d'échantillons

L'estimation des stocks anthropogéniques s'obtient par la différence entre le tonnage total et le tonnage d'origine "naturelle" (RAPIN, 1978).

La table 5 présente l'évolution des teneurs moyennes et extrêmes du sédiment, et du tonnage des métaux lourds entre 1978 et 1983.

On constate une diminution ou une stabilisation des tonnages dans les sédiments superficiels. Seul le zinc est en nette augmentation.

Les baisses sont particulièrement évidentes pour le mercure et le plomb.

4. CONCLUSIONS

La comparaison des campagnes 1983 et 1978 a permis de mettre en évidence les points suivants :

- . à l'exception du zinc, pour lequel la teneur moyenne est en nette augmentation, les concentrations en métaux lourds dans les sédiments du Léman sont stables (argent, cuivre et cobalt), ou diminuent (mercure, cadmium, plomb et nickel),
- . l'importance du béryllium ne peut être estimée tant que l'on n'a pas déterminé sa teneur naturelle moyenne. Il va sans dire que son évolution est inconnue puisqu'il n'avait pas été analysé en 1978,
- . le mercure et le cadmium sont toujours les polluants principaux, mais la situation s'améliore nettement, notamment en ce qui concerne le mercure,
- . les concentrations en nutriments : phosphore total, carbone organique et azote total sont en hausse,
- . la région la plus polluée du lac reste la baie de Vidy. Elle semble contaminer des zones situées plus en aval. Toutefois, de nouvelles zones de contamination sont apparues :
 - le Haut Lac pour le béryllium, en particulier l'agglomération montreu-sienne,
 - le Grand Lac pour le zinc, contaminé à partir de la baie de Vidy
 - la région entre les embouchures du Rhône et celle du Grand Canal pour des pollutions polymétalliques en particulier le mercure et le cadmium. Dans le cas présent, la cause semble être imputable à des apports par le Rhône, le Grand Canal et éventuellement l'Eau Froide. Il ne faut cependant pas exclure une remobilisation possible de sédiments moins récents et contaminés lors des draguages au large de la zone des Grangettes.

Des mesures doivent donc être prises très rapidement afin de ralentir les apports en phosphore au Léman. Ces mesures sont primordiales pour combattre l'eutrophisation importante du Léman, car le stockage de quantités élevées de cet élément dans les sédiments augmente le danger potentiel de régénération en cas d'anoxie.

L'évolution des teneurs en métaux lourds et la détection de nouveaux points de rejets prouvent la validité de cette étude et la nécessité de sa répétition périodique. Pour éliminer certaines incertitudes dues à des changements d'appareillages et de méthodes, il serait souhaitable de compléter l'étude des sédiments superficiels par l'analyse d'un certain nombre de carottes datées.

BIBLIOGRAPHIE

- FAVARGER, P.-Y., (1982) : Simultaneous Determination of 31 Elements in lacustrine Sediments by ICP. Analytical Techniques in Environmental Chemistry 2 (Pergamon), p. 371-376.
- INOUE, T., TANAKA, S., (1979) : ^{10}Be in marine sediments, earth's environment and cosmic rays. In : Nature, vol. 277 18 janvier 1979.
- JAQUET, J.M., BARDE, B., CACHELIN, M.F., ROCHAT, F., (1979) : Pollution des sédiments par les métaux lourds dans les zones de Nyon, Rolle, Morges, Vidy et du delta du Rhône en 1979. In : Rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, campagne 1979 p. 247-264.
- RAPIN, F., DAVAUD, E., VERNET, J.P. (1978) : Etude générale de la pollution des sédiments du Léman. In : Rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, campagne 1978, p. 294-309.
- VIEL, M., (1981) : Pollution des sédiments du Léman par les métaux lourds dans les zones du delta de la Dranse et au large de Thonon. In : rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, campagne 1980, p. 147-150
- VIEL, M., et VERNET, J.P., (1981) : Le Rhône amont et ses affluents. In : Rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Campagne 1981, p. 203-222.

ETUDE DES AFFLUENTS DU LEMAN ET DE SON EMISSAIRE

CAMPAGNE 1983

PAR

PIERRE BURKARD

SERVICES INDUSTRIELS DE GENEVE

SERVICE DES EAUX LABORATOIRE

RESUME

Depuis 1981, les recherches de la Commission internationale pour la protection du Léman contre la pollution reposent sur l'étude du Rhône amont, de la Dranse, de la Venoge et de l'Aubonne, au titre d'affluents principaux, et du Rhône à Genève, en tant qu'émissaire unique. Ces recherches reposent sur l'analyse des constituants, nutriments en premier lieu, de l'eau des rivières considérées, la mesure de leur débit et le calcul des flux annuels.

Par rapport à ceux de l'année précédente, les résultats de 1983 montrent que si les apports en azote minéral total, estimés à 4'900 tonnes N/an, n'ont pas varié, par contre ceux en azote organique, de l'ordre de 2'100 tonnes, sont en légère augmentation.

Les flux en phosphore total, après un accroissement de quelque 200 tonnes entre 1981 et 1982, fléchissent de 130 tonnes l'année suivante. Ils s'élèvent en 1983 à 880 tonnes, dont 150 sous forme soluble. En tenant compte des exportations par l'émissaire, le solde positif du bilan du phosphore total atteint en 1983 350 tonnes, contre 420 l'année précédente.

Les apports en chlorures augmentent entre 1982 et 1983, passant de 35'000 à 37'300 tonnes Cl/an.

Le rapport fait encore mention de bilans, souvent incomplets, pour le carbone organique, la silice, le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le cuivre, le zinc, le plomb et les sulfates.

1. GENERALITES

Les études effectuées en 1983 sur les affluents du Léman et sur son émissaire sont semblables à celles entreprises en 1981 et 1982; elles découlent du troisième programme quinquennal de travaux et de recherches de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution. Ces études reposent, pour l'évaluation des apports dus aux affluents, sur le contrôle régulier du Rhône à la Porte du Scex, de la Dranse sur la rive sud du lac, de la Venoge et de l'Aubonne sur la rive nord et, pour la connaissance des exportations par l'émissaire, sur l'analyse du Rhône à Genève.

Les quatre affluents énumérés ci-dessus - on emploie souvent pour les désigner le terme d'affluents principaux - sont équipés à leur embouchure de limnigraphes et de systèmes de prélèvement fonctionnant en continu, les périodes de collecte étant généralement de sept jours. Les prélèvements hebdomadaires sont organisés de telle sorte que les échantillons d'eau soumis à l'analyse soient représentatifs de la charge réelle transportée par l'affluent. Cette condition est atteinte :

- dans le cas du Rhône, de la Venoge et de l'Aubonne par l'utilisation d'appareils prélevant automatiquement d'autant plus d'eau que le débit de l'affluent sous contrôle est élevé (asservissement automatique au débit; mise en service : 1975 pour le Rhône, fin 1979 pour la Venoge et l'Aubonne),
- pour la Dranse, par prélèvement à débit constant d'une série importante d'échantillons successifs et confection ultérieure, en laboratoire, au vu des débits moyens correspondants, d'un échantillon représentatif (asservissement manuel au débit; mise en service : 1976).

Les analyses des échantillons obtenus sont effectuées :

- chaque semaine pour la Dranse (Institut de limnologie de Thonon-les-Bains),
- chaque semaine également pour la Venoge et l'Aubonne (Laboratoire de l'Office cantonal de la protection des eaux du canton de Vaud),
- tous les quinze jours pour le Rhône à son embouchure, après mélange, en respectant bien entendu la proportionnalité aux débits, de deux échantillons hebdomadaires consécutifs. Pour certains composés labiles, tel par exemple l'ammoniaque, les analyses sont effectuées chaque semaine (Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux - EAWAG - Dübendorf).

L'émissaire, le Rhône à Genève est échantillonné deux fois par mois, sur la base de prélèvements instantanés (alternativement entrée de la rade, ou début du bras gauche; Service d'Hydrobiologie et de Microbiologie de denrées alimentaires, Genève). Il n'apparaît pas nécessaire de procéder à un échantillonnage en continu de l'émissaire, la composition de ses eaux étant relativement stable.

Le calcul des apports des quatre affluents dits principaux repose d'une part sur les concentrations des échantillons hebdomadaires ou bimensuels et d'autre part sur les débits moyens correspondants :

$$F_{\text{ann.}} = \frac{\sum_{h=1}^n C_h \cdot Q_h}{n} \cdot 31.536$$

$F_{\text{ann.}}$ = flux annuel en t/an

C_h = concentration échantillons moyens hebdomadaires ou bimensuels, en g/m³

Q_h = débit moyen correspondant à C_h , en m³/s

n = nombre d'échantillons moyens par année (52 ± 1 ou 26 ± 1)

L'évaluation des exportations par l'émissaire reste, comme auparavant, fondée sur la moyenne annuelle des concentrations et le débit moyen annuel jaugé. Cette méthode de calcul a été retenue en raison du caractère plus ou moins artificiel du débit du Rhône à Genève. Celui-ci subit en effet des ajustements fréquents, en fonction en particulier des besoins des usines hydro-électriques au fil de l'eau situées à l'aval de Genève. Les exportations sont calculées selon la formule :

$$E_{\text{ann.}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \cdot Q_{\text{moy. ann.}} \cdot 31.536$$

$E_{\text{ann.}}$ = exportations annuelles en t/an

C_i = concentration des échantillons instantanés, en g/m³

$Q_{\text{moy. ann.}}$ = débit moyen annuel jaugé, en m³/s

n = nombre d'échantillons par an (en principe : $n = 24$).

Ce rapport fait encore mention, pour un certain nombre d'éléments, de soldes des bilans annuels. Ces soldes sont obtenus en défalquant les exportations de l'émissaire de la somme des apports annuels des quatre affluents étudiés. Ces bilans ne tiennent donc pas compte des autres apports ou exportations, tels en particulier :

- . apports par les affluents non étudiés (affluents dits secondaires)
- . apports par les précipitations directes sur le lac (apports atmosphériques, voir rapport séparé)
- . apports par les stations d'épuration se déversant directement dans le lac (voir rapport sur le contrôle des rejets des stations d'épuration)
- . apports diffus : érosion et ruissellement sur la partie des sols du bassin versant directement tributaires du lac
- . exportations par les pompages d'eau de boisson
- . exportations par les prélèvements d'eau d'irrigation et d'arrosage
- . apports-exportations par la centrale hydroélectrique de Veytaux (bassin de l'Hongrin).

Les trois dernières sources d'apports ou d'exportations sont négligeables.

2. CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET DEBITS DES AFFLUENTS ET DE L'EMISSAIRE

Comme l'indiquent les histogrammes représentés en figure 1, les hauteurs annuelles des précipitations ont été en 1983 un peu moins marquées que l'année précédente à Morges, Montreux-Clarens et Thonon; elles le sont par contre un peu plus à Genève-Cointrin. Les différences sont cependant faibles et 1983 reste, dans sa totalité, une année humide.

La répartition mensuelle des précipitations laisse apparaître les particularités de 1983 : de janvier à mai, forte pluviosité, surtout au cours des deux derniers mois de cette période; second semestre dans son ensemble chaud, ensoleillé et sec.

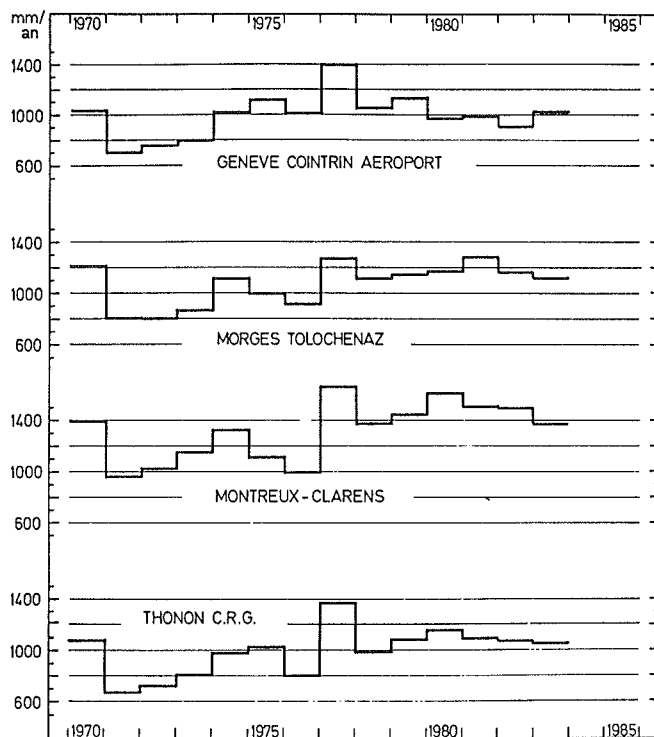


Fig.1: Hauteurs des précipitations annuelles

La somme des débits moyens annuels des quatre affluents étudiés fléchit quelque peu entre 1982 et 1983, puisqu'elle passe de 255 à 240 m³/s. Cette tendance se retrouve au Rhône à son embouchure (de 219 à 206 m³/s), à la Dranse (de 22.7 à 21.7), à la Venoge (de 6.1 à 5.2) et à l'Aubonne (de 7.0 à 6.5) (figure 2).

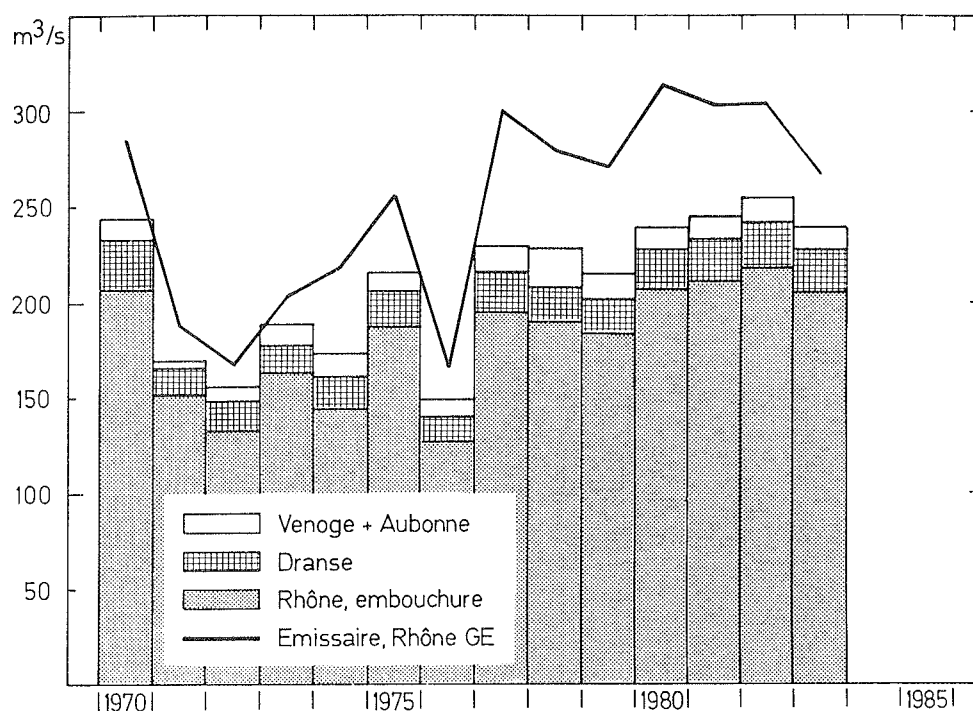


Fig.2: Débits moyens annuels

Entre 1981 et 1983, la répartition des débits des affluents principaux est pratiquement la même :

	Répartition des débits des affluents		
	1981	1982	1983
Rhône, Porte du Scex	86.2 %	85.9 %	86.0 %
Dranse	9.1 %	8.9 %	9.1 %
Venoge	2.1 %	2.4 %	2.2 %
Aubonne	2.6 %	2.8 %	2.7 %

Le débit moyen annuel de l'émissaire, le Rhône à Genève, dépasse le seuil des 300 m³/s en 1981 et 1982, avec respectivement 301 et 304 m³/s (292 en 1980). En 1983, il tombe à 268 m³/s, valeur la plus basse enregistrée entre 1977 et 1983.

Le débit moyen annuel du Rhône à Chancy, soit à la frontière franco-suisse, à l'aval du Léman, s'élève à 366 m³ en 1983. L'augmentation entre Genève et Chancy est en grande partie due aux apports de l'Arve, estimés à quelque 87 m³/s pour cette année.

3. APPORTS ANNUELS ET COMPOSITION DE L'EAU DES AFFLUENTS

3.1 AZOTE MINERAL ET ORGANIQUE

Les apports en azote minéral total n'ont pas varié entre 1982 et 1983; ils s'élèvent durant ces deux années à quelque 4'900 tonnes/an pour les quatre rivières inventoriées. En 1983, le Rhône à la Porte du Scex représente plus des trois quarts des déversements au lac (76.6 %); la part imputable à la Dranse est déjà plus modeste, puisqu'elle n'atteint que 10.7 %; celles de la Venoge et de l'Aubonne, respectivement 6.7 et 6.0 %, le sont encore plus. En parcourant les résultats des cinq dernières années, on constate que ces proportions ne varient pas énormément d'une période à l'autre :

Apports en azote minéral total : répartition entre les affluents					
	Années				
	1979	1980	1981	1982	1983
Apports totaux en azote minéral, t N/an	4'564	4'930	4'439	4'883	4'887
Apports respectifs en % :					
Rhône embouchure	76.0	76.9	69.9	72.7	76.6
Dranse	7.4	8.1	9.9	7.7	6.7
Venoge	9.8	8.7	13.8	13.2	10.7
Aubonne	6.8	6.3	6.4	6.4	6.0

Comme l'indique la figure 3, les apports totaux en azote minéral sont pratiquement constants depuis 1979. En effet, la variation mesurée entre les apports minimums de 1981 (4'400 t N/an) et maximums de 1980 (4'930 t N/an) ne représente que 10.3 % du flux moyen des affluents principaux durant ces cinq dernières années (4'730 t N/an). Entre 1975 et 1978 - il faut faire abstraction des résultats exceptionnels de 1976, en relation avec la faible pluviosité - on pourrait admettre un léger fléchissement. Les résultats antérieurs, qui ne reposent que sur un nombre restreint d'échantillons instantanés, sont d'interprétation hasardeuse.

Les exportations par l'émissaire ont atteint une valeur maximale en 1980 et 1981, avec plus de 4'500 tonnes N/an. Depuis lors elles baissent : 4'150 tonnes N/an en 1982, 3'725 l'année suivante. Conséquence de cette évolution, les soldes des bilans croissent à nouveau, passant de -100 tonnes en 1981 à + 1'160 deux ans plus tard (figure 3).

L'azote minéral total est la somme des formes ammoniacale, nitreuse et nitrique. Les flux en azote ammoniacal des quatre affluents étudiés oscillent depuis trois ans entre 350 et 380 tonnes/an. Ce sont les valeurs les plus faibles enregistrées depuis une quinzaine d'années. Entre 1975 et 1981, la diminution des flux annuels a été de plus de 700 tonnes (1975 : 1'060; 1981 : 350). Les pertes par l'émissaire accusent en 1983 une baisse sensible : elles passent de 500 tonnes en 1982 à environ 300 l'année suivante (figure 4).

Les apports en azote nitreux restent pratiquement constants depuis 1976, oscillant entre 66 tonnes/an en 1981 et 110 en 1979. Ils ne représentent que 1.6 % des flux totaux en azote minéral durant les cinq dernières années (76 t N/an en moyenne). Les exportations par l'émissaire sont moins stables mais restent modestes; en 1983, elles se montent à un peu plus de 60 tonnes N/an (figure 5).

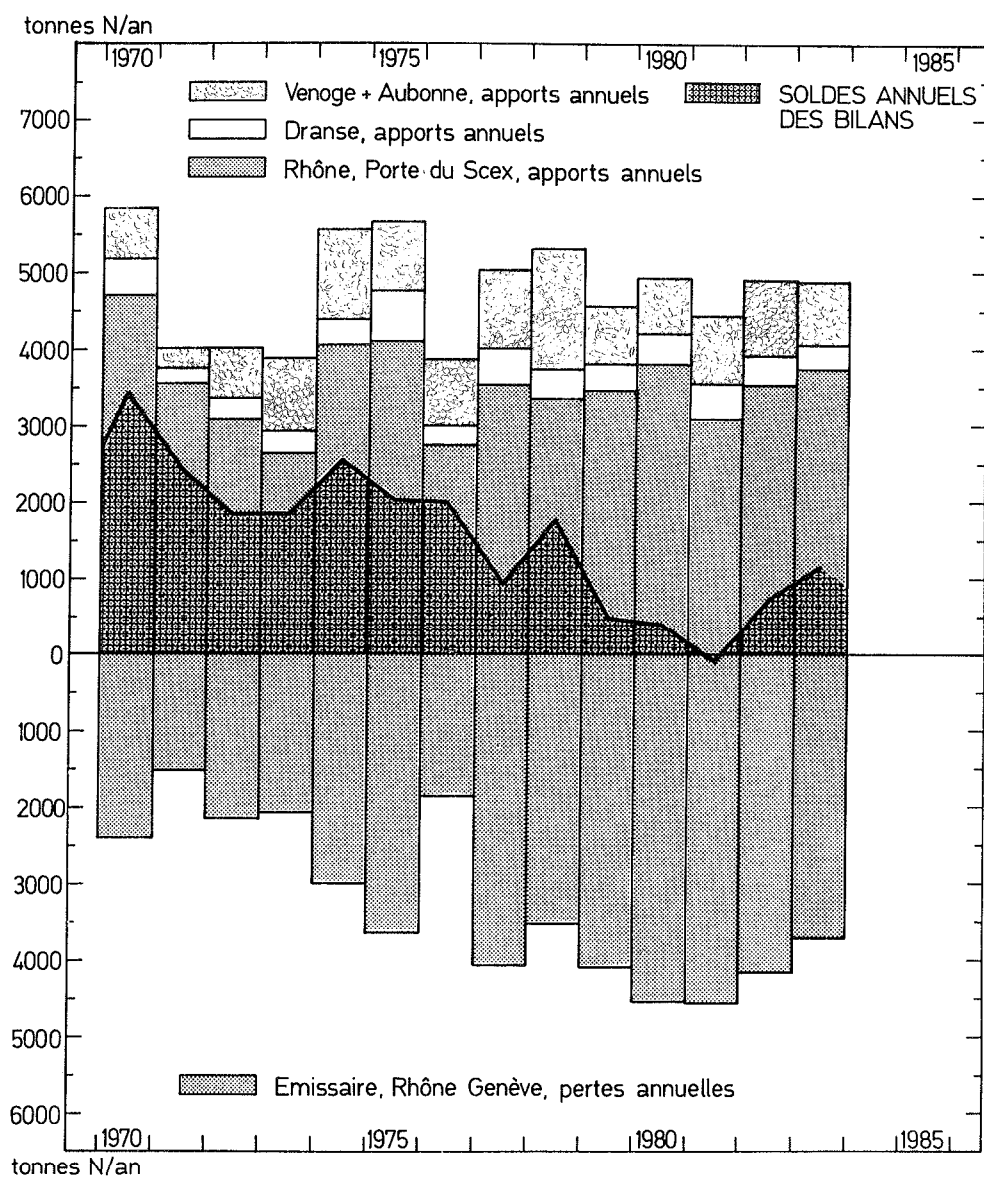


Fig.3 : Apports, pertes, bilans annuels pour l'azote minéral total

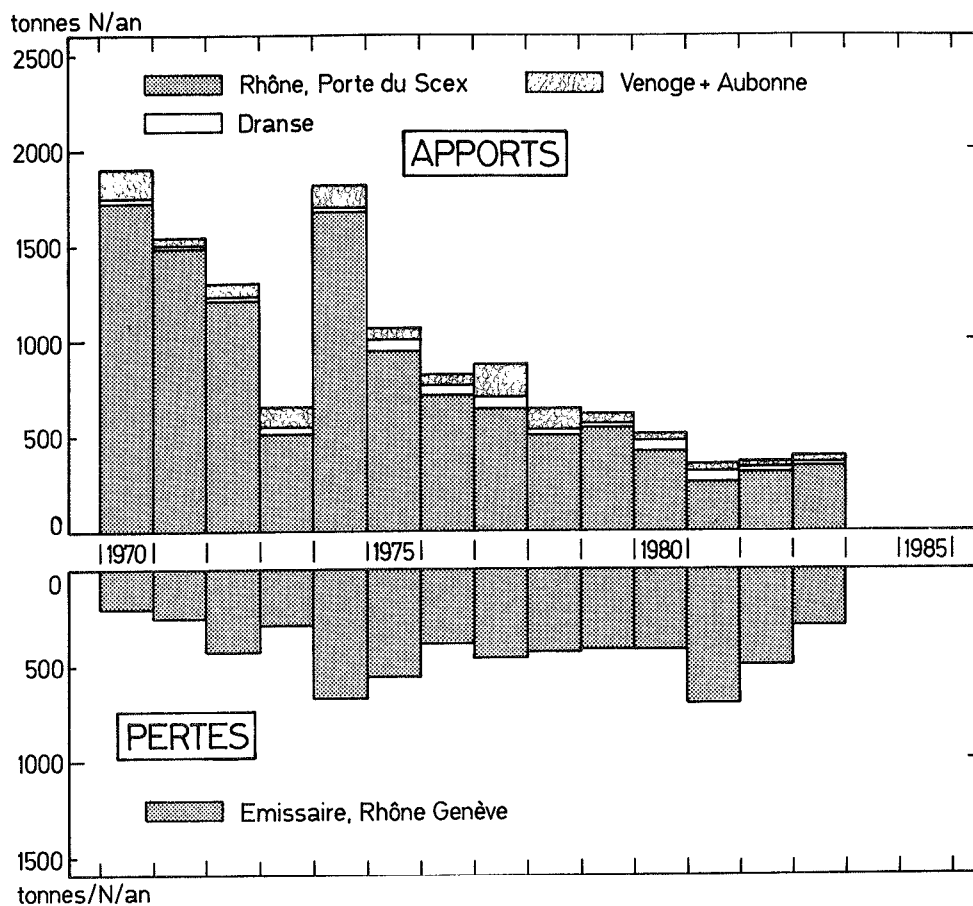


Fig. 4: Apports et pertes en azote ammoniacal

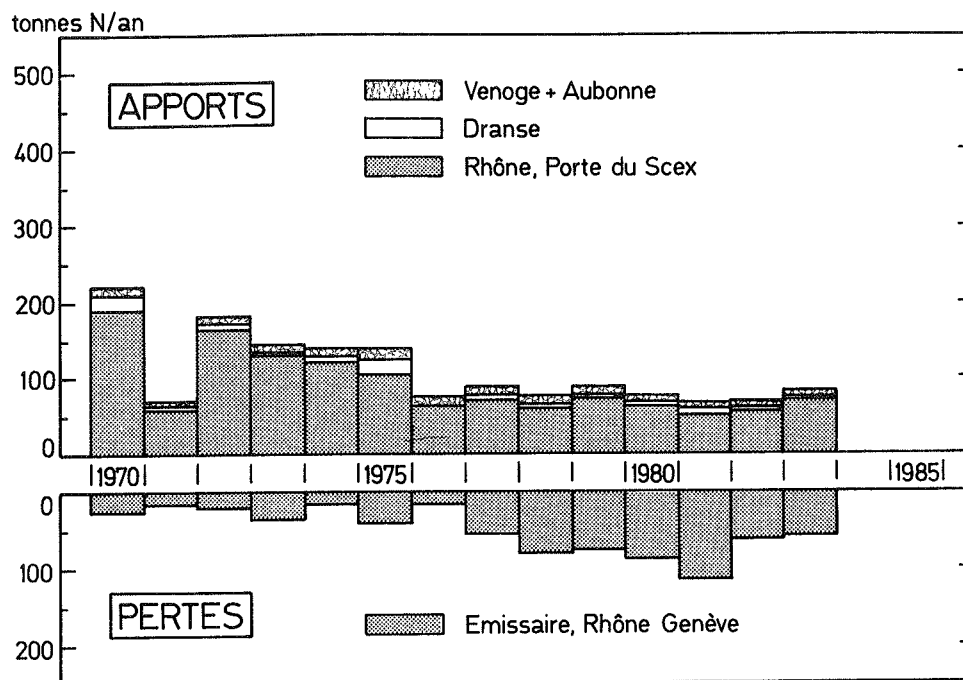


Fig. 5: Apports et pertes en azote nitreux

Sans retenir les résultats de l'année 1976, exceptionnellement sèche, il est à notre avis possible d'admettre que les apports en nitrates des quatre affluents principaux sont pratiquement stables depuis 1975 (figure 6) :

Apports en azote nitrique des affluents principaux		
Année	Apports annuels t N/an	
1975	4'438	Moyenne M : 4'273 t/an Ecart type σ = $\pm$ 256 t/an $\pm$ 6.0 %
1977	4'047	
1978	4'578	
1979	3'864	
1980	4'354	
1981	4'024	
1982	4'453	
1983	4'424	

Au plan des concentrations moyennes annuelles et maximales, les recherches entreprises en 1983 livrent les résultats suivants :

Concentrations en azote ammoniacal, nitreux et nitrique, en mg N/l				
	Rhône	Dranse	Venoge	Aubonne
<u>Azote ammoniacal :</u>				
moyenne annuelle	0.063	0.039	0.243	0.064
maximum annuel	0.257	0.107	0.770	0.280
<u>Azote nitreux :</u>				
moyenne annuelle	0.011	0.008	0.042	0.018
maximum annuel	0.019	0.090	0.090	0.120
<u>Azote nitrique :</u>				
moyenne annuelle	0.58	0.49	3.01	1.65
maximum annuel	1.14	0.74	4.61	3.33
<u>Azote minéral total :</u>				
moyenne annuelle	0.66	0.54	3.30	1.73
maximum annuel	1.23	0.80	5.05	3.69

Par rapport aux résultats des deux années précédentes, on constate, pour l'ammoniaque, des valeurs moyennes annuelles relativement proches pour le Rhône, la Dranse et l'Aubonne en 1982, pour le Rhône, la Venoge et l'Aubonne l'année précédente. Par contre les eaux de la Venoge sont en 1982 moins chargées en ammoniaque (0.148 mg N/l, en moyenne annuelle) et celles de la Dranse le sont plus en 1981 (0.192 mg N/l en moyenne annuelle). Pour les valeurs maximales, on remarque surtout des chiffres plus élevés en 1982 à la Dranse (2.07 mg N/l) et la Venoge (1.18).

Les concentrations moyennes annuelles en nitrites, faibles pour le Rhône, la Dranse et l'Aubonne, varient peu d'une année à l'autre. Les maxima annuels sont moins marqués pour la Dranse en 1982 (0.033 mg N/l) et pour l'Aubonne en 1981 et 1982 (respectivement 0.076 et 0.040). Notons encore la valeur extrême de 0.27 mg N/l dans les eaux de la Venoge en 1981.

Les teneurs moyennes en nitrates restent assez stables entre 1981 et 1982. On enregistre pour la Venoge des maxima plus élevés en 1981 et 1982 (5.76 et 7.15 mg N/l). Pour les autres affluents, les écarts sont généralement de faible amplitude.

L'azote organique n'est déterminé que dans les échantillons prélevés au Rhône à la Porte du Scex et à la Dranse. Il est donc impossible de dresser des bilans du type de ceux proposés pour l'azote minéral total.

Depuis le début en 1975 de l'échantillonnage en continu du Rhône à son embouchure, les concentrations moyennes et maximales de l'année 1983 sont parmi les plus basses. Elles se rapprochent de celles de 1977. Entre ces deux années, on note une brusque augmentation de la teneur moyenne en 1978, puis une baisse relativement constante. Les résultats de la Dranse sont moins réguliers; on retrouve cependant un fléchissement des concentrations moyennes annuelles en 1977 et 1983.

Concentrations en azote organique, mg N/l				
Année	Rhône, Porte du Scex		Dranse	
	Moy. ann.	Max. ann.	Moy. ann.	Max. ann.
1975	0.335	0.700		
1976	0.357	0.550		
1977	0.312	0.700	0.173	0.426
1978	0.512	1.000	0.195	0.753
1979	0.476	0.860	0.222	0.525
1980	0.405	0.800	0.195	0.916
1981	0.331	0.750	0.262	1.102
1982	0.339	0.620	0.216	1.894
1983	0.312	0.540	0.173	0.676

En pondérant les concentrations par les débits correspondants, on constate que les apports en azote organique augmentent quelque peu entre 1982 et 1983 pour le Rhône. Par contre, ils diminuent dans le cas de la Dranse (figure 7) :

Apports en azote organique t N/an		
Année	Rhône	Dranse
1977	1'704	203
1978	3'180	165
1979	2'618	189
1980	2'688	165
1981	2'396	179
1982	1'621	155
1983	1'942	123

Toujours pour le Rhône et la Dranse, les apports en azote total - sommes des formes inorganiques et organiques - passent de 5'390 t N/an en 1982 à 6'130 l'année suivante. Ces résultats sont comparables à ceux de 1977 et guère plus élevés que ceux de 1976, année particulièrement sèche caractérisée par des apports réduits en provenance des affluents (figure 7)

La fraction des apports en azote liée à la matière organique reste relativement constante dans les eaux de la Dranse, à part en 1979. Pour le Rhône, la proportion est plus variable; elle paraît, certaines années, dépendre de l'importance des apports :

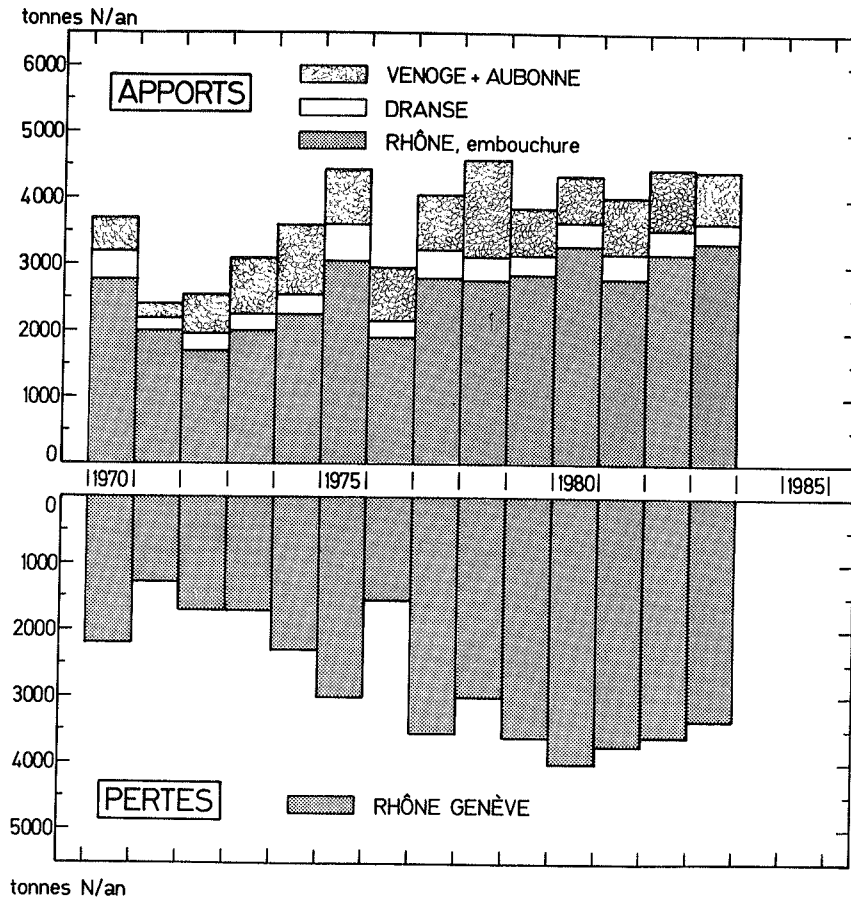


Fig.6: Apports et pertes en azote nitrique

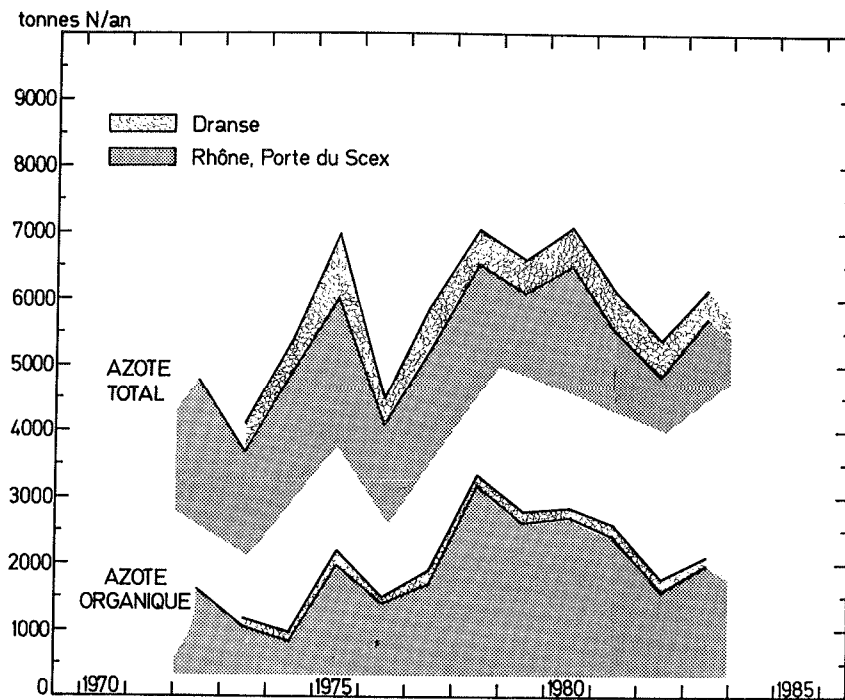


Fig.7: Apports en azote organique et total pour le Rhône et la Dranse

Apports en azote total; proportion d'azote organique					
Année	Apports totaux en azote total t N/an	Rhône, Porte du Scex		Dranse	
		Azote total apports t N/an	Azote organique %	Azote total apports t N/an	Azote organique %
1977	5'886	5'228	32.6	658	30.9
1978	7'058	6'522	48.8	536	30.8
1979	6'607	6'086	43.0	521	36.3
1980	7'072	6'503	41.3	569	29.0
1981	6'102	5'500	43.6	602	29.8
1982	5'390	4'868	33.3	522	29.7
1983	6'130	5'688	34.1	442	27.8

3.2 PHOSPHORE SOLUBLE ET PHOSPHORE TOTAL

Nous avons jusqu'à présent utilisé indifféremment les termes d'orthophosphates, de phosphore soluble, parfois de phosphore minéral pour désigner la fraction du phosphore présent dans les eaux, directement dosable par la méthode colorimétrique couramment appliquée (dosage direct sans prétraitement). Si cette fraction est bien en majeure partie constituée d'orthophosphates, elle peut cependant comprendre encore d'autres formes. Par analogie avec la silice dosée sans prétraitement des échantillons, on pourrait employer le terme de phosphore réactif. Dans ce cas cependant il peut, à notre avis, avoir confusion avec le phosphore directement assimilable par les végétaux. En conséquence, il apparaît que la dénomination "phosphore soluble" est assez représentative, étant entendu qu'elle couvre toutes les formes de cet élément présentes dans les eaux et directement dosables par colorimétrie.

Le terme de phosphore total ne devrait pas prêter à confusion puisqu'il représente bien la fraction dosée après minéralisation des échantillons.

La différence entre phosphore total et phosphore soluble est souvent notée : "phosphore organique". Ce terme est trop restrictif puisque cette fraction comprend également du phosphore minéral particulaire non directement dosable. Pour éviter cette imprécision, nous parlerons dorénavant de "phosphore organique et particulaire" pour désigner la fraction obtenue par différence entre le résultat du dosage après minéralisation et celui du dosage direct.

En 1982, nous avons déploré l'augmentation des apports en phosphore total pour les quatre affluents étudiés, augmentation survenue après quatre années de légère récession. En 1980, les flux en phosphore total s'élevaient à 914 t P/an, valeur pratiquement identique à celle des deux années précédentes; en 1982, ils dépassaient 1'000 t P/an, progressant ainsi de près de 200 tonnes en un an. En 1983 enfin, ils retombent à 882 t P/an (figure 8).

En étudiant de plus près les résultats, on constate que la diminution entre 1982 et 1983, évaluée à quelque 130 tonnes, est imputable au Rhône (100 tonnes environ) et à la Venoge (30 tonnes). Les flux de la Dranse et de l'Aubonne quant à eux n'ont pratiquement pas varié :

Bilans du phosphore total, t P/an				
	1980	1981	1982	1983
Apports :				
Rhône, Porte du Scex	653.7	611.4	812.6	713.4
Dranse	175.4	146.1	114.3	118.0
Venoge	53.9	46.4	63.3	33.8
Aubonne	30.7	16.8	24.1	17.3
Apports totaux	913.7	820.7	1'014.3	882.5
Exportations émissaire	631.6	627.3	593.6	526.2
Soldes bilans "affluents"	282.1	193.4	420.7	356.3

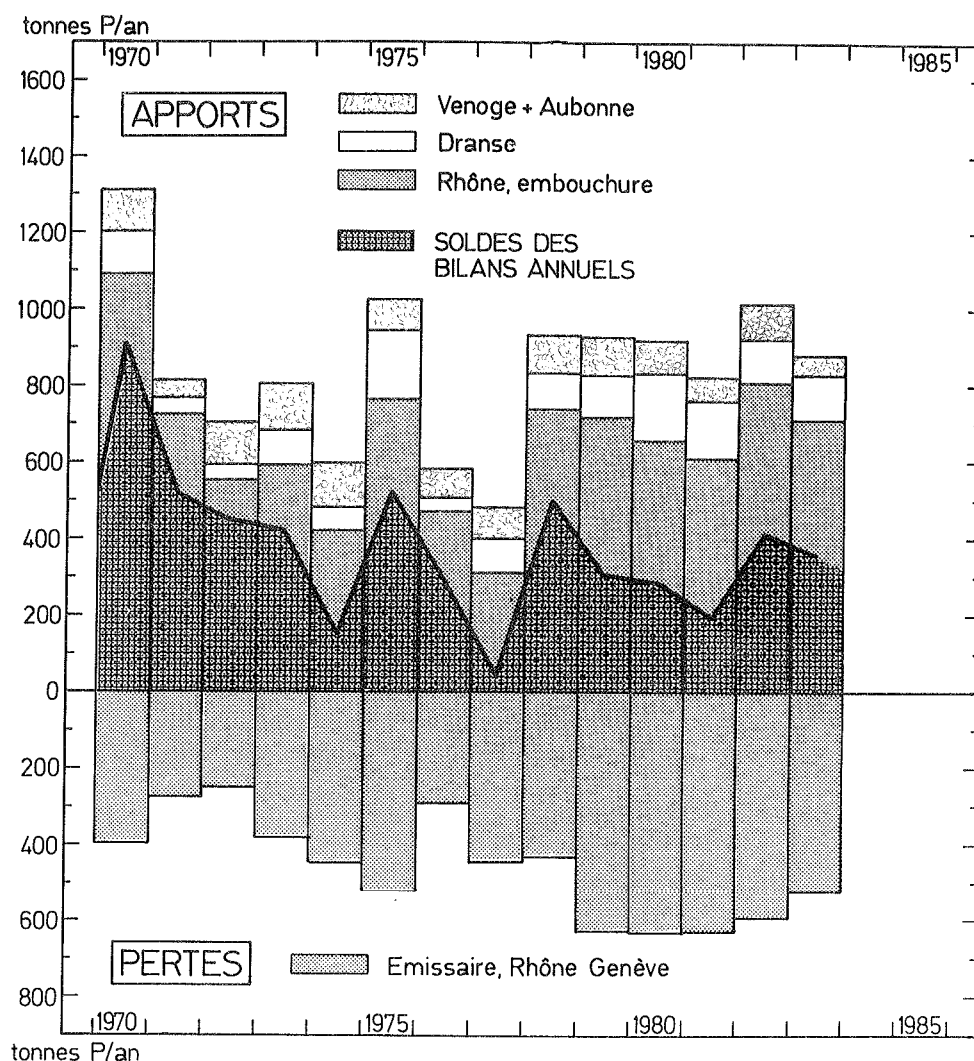


Fig.8 : Apports, pertes, bilans annuels pour le phosphore total

En tenant compte des exportations par l'émissaire, le solde positif du bilan "affluents" s'élève en 1983 à quelque 350 tonnes, en diminution de 65 tonnes par rapport aux résultats de l'année précédente. Le fléchissement entre 1982 et 1983 des pertes dues au Rhône à Genève est en relation uniquement avec la diminution des débits; les concentrations moyennes annuelles sont en effet, avec 0.062 mg P/l, identiques.

Les concentrations moyennes annuelles et les valeurs maximales sont les suivantes pour 1983 :

Concentrations en phosphore total, mg P/l (1983)		
	Moyenne annuelle	Maximum annuel
Rhône, Porte du Scex	0.094	0.221
Dranse	0.171	0.610
Venoge	0.239	0.510
Aubonne	0.086	0.240
Rhône émissaire	0.062	0.127
Rhône Chancy	0.128	0.188

Entre 1982 et 1983, les concentrations moyennes annuelles restent pratiquement les mêmes pour l'Aubonne; elles diminuent quelque peu dans les eaux du Rhône et de la Venoge mais augmentent dans celles de la Dranse (de 0.145 à 0.171 mg P/l). En 1983, les concentrations maximales sont moins marquées pour la Dranse (0.61 contre 1.05 mg P/l en 1982), la Venoge (0.510 contre 1.000) et l'Aubonne (0.240 contre 0.440). Il n'apparaît pas d'écart important dans le cas du Rhône à son embouchure (0.211 en 1983; 0.205 en 1982).

L'apport principal en phosphore total - 713 tonnes P en 1983 - est issu du bassin versant du Rhône amont. En considérant plus en détail les charges spécifiques correspondant à chaque période de prélèvement (14 jours) on constate qu'il est possible de les séparer en trois classes distinctes :

- a. du 27.12.82 au 15.05.83, les charges par période sont comprises entre 6.8 et 12.3 g/s, soit entre 8.3 et 14.8 tonnes de phosphore total par tranche de 14 jours. Le flux total pour cette première phase est de 112 tonnes,
- b. dès le 15.05.83, la charge spécifique augmente. Cette phase dure jusqu'au 19.09.83. Les charges par tranche de 14 jours oscillent entre 21.7 et 105.2 g/s de phosphore total, soit de 26.2 à 127.2 tonnes. Le flux total pour cette période de 126 jours est estimé à 507 tonnes,
- c. du 19.09.83 au 26.12.83, les charges spécifiques pour 14 jours sont à nouveau basses, comprises entre 5.8 et 13.9 g/s (7.1 à 16.8 tonnes), sauf pendant la quinzaine s'étendant du 14 au 28.11.83 où elles atteignent 26.0 g/s (31.5 tonnes), sans augmentation appréciable du débit. La charge totale pour cette dernière phase se monte à environ 94 tonnes de phosphore total.

En partant des résultats de l'échantillonnage bihebdomadaire, on constate que les charges spécifiques du Rhône en phosphore total cadrent, à trois exceptions près, relativement bien avec les débits moyens correspondants :

Rhône, Porte du Scex :		
Correspondance entre débits et flux en phosphore total		
Débit moyen par tranche de 14 jours m ³ /s	Flux en phosphore total par tranche de 14 jours * g/s	Exceptions
< 200 m ³ /s (89 à 196 m ³ /s)	16 (+1) périodes 5.83 - 12.26 (26.06)	26.06 g/s du 14 au 28.11.83 pour un débit de 135 m ³ /s
200 - 300 m ³ /s (238 à 278 m ³ /s)	3 périodes 29.75 - 32.25 g/s	
300 - 350 m ³ /s (314 et 317 m ³ /s)	1 (+1) période 41.21 (21.66) g/s	21.66 g/s du 13 au 27.06.83 pour un débit de 314 m ³ /s
350 - 400 m ³ /s (370 et 390 m ³ /s)	1 (+1) période 61.79 (27.30) g/s	27.30 g/s du 27.06 au 11.07.83 pour un débit de 390 m ³ /s
> 400 m ³ /s (401 et 476 m ³ /s)	2 périodes 68.20 et 105.20 g/s	
* les périodes estimées exceptionnelles sont notées entre parenthèses		

Remarquons encore que, pour le Rhône à son embouchure, les 17 périodes de 14 jours réparties au début et en fin d'année ont entraîné au lac en 238 jours 205.9 tonnes de phosphore total, soit 28.7 % de la charge totale annuelle. Parallèlement les trois périodes les plus riches (> 60 g/s P tot) sont caractérisées par un flux total réparti sur 42 jours, de 284.9 tonnes, soit 40 % de la charge annuelle.

Pour les trois autres affluents, les charges maximales hebdomadaires en phosphore total sont les suivantes :

. Dranse	30.24 g/s	soit	18.4 tonnes en 7 jours
. Venoge	7.30 g/s	soit	4.4 tonnes en 7 jours
. Aubonne	3.52 g/s	soit	2.1 tonnes en 7 jours

Les apports en phosphore soluble des quatre affluents principaux restent inférieurs à 200 tonnes P/an depuis 1977. En 1983, ils s'élèvent à 146 tonnes, soit 16.5 % du phosphore total. Les exportations par l'émissaire sont, en 1983, de l'ordre de 420 tonnes, soit un peu moins que les quatre années précédentes mais nettement plus qu'avant 1979 (figure 9).

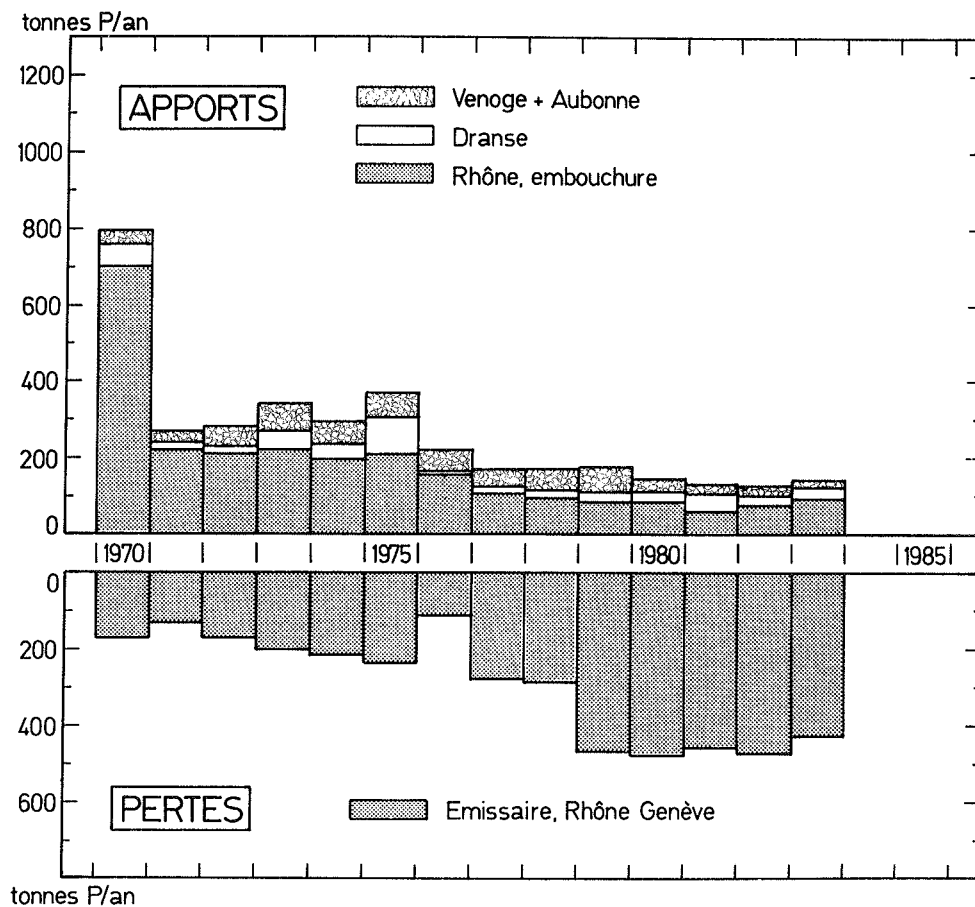


Fig.9: Apports et pertes en ortho-phosphates

Les flux en phosphore organique et particulaire suivent pratiquement l'évolution des apports en phosphore total, dont ils représentent 83.5 % en 1983. Les exportations par l'émissaire - 100 tonnes pour l'année faisant l'objet de ce rapport - laissent apparaître au contraire la prédominance du phosphore soluble. En effet, elles ne s'élèvent qu'à 19 % des pertes totales en phosphore (figure 10).

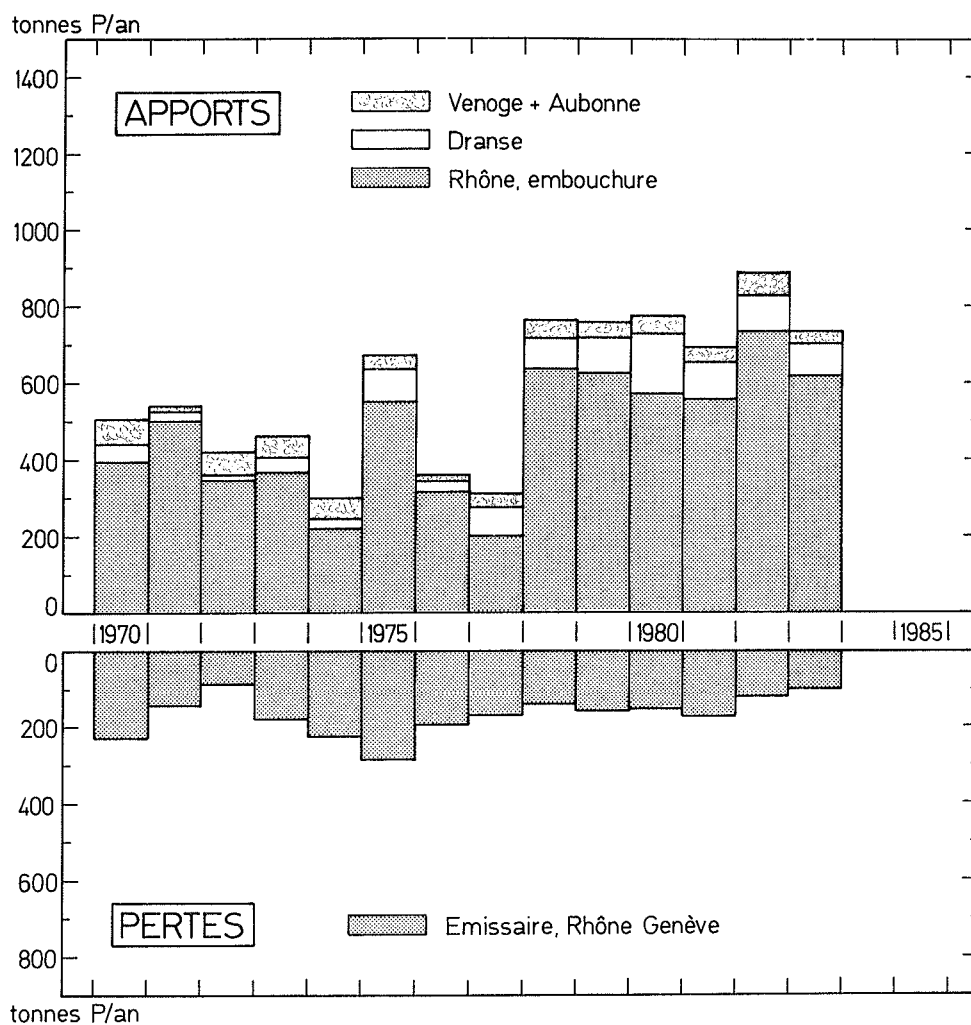


Fig.10: Apports et pertes en phosphore organique et particulaire

3.3 CHLORURES

On enregistre en 1983 une légère augmentation des apports en chlorures pour l'ensemble des affluents étudiés. Ils atteignent 37'300 tonnes, alors qu'ils s'élevaient à 34'900 en 1982 et 32'600 en 1981. Cet accroissement est dû au Rhône (+ 2'650 tonnes, soit 8.8 %), à la Dranse (+ 75, soit 5.2 %) et à l'Aubonne (+ 36, soit 4.3 %). Par contre les flux de la Venoge diminuent sensiblement (-345 tonnes, soit 13.8 %) (figure 11).

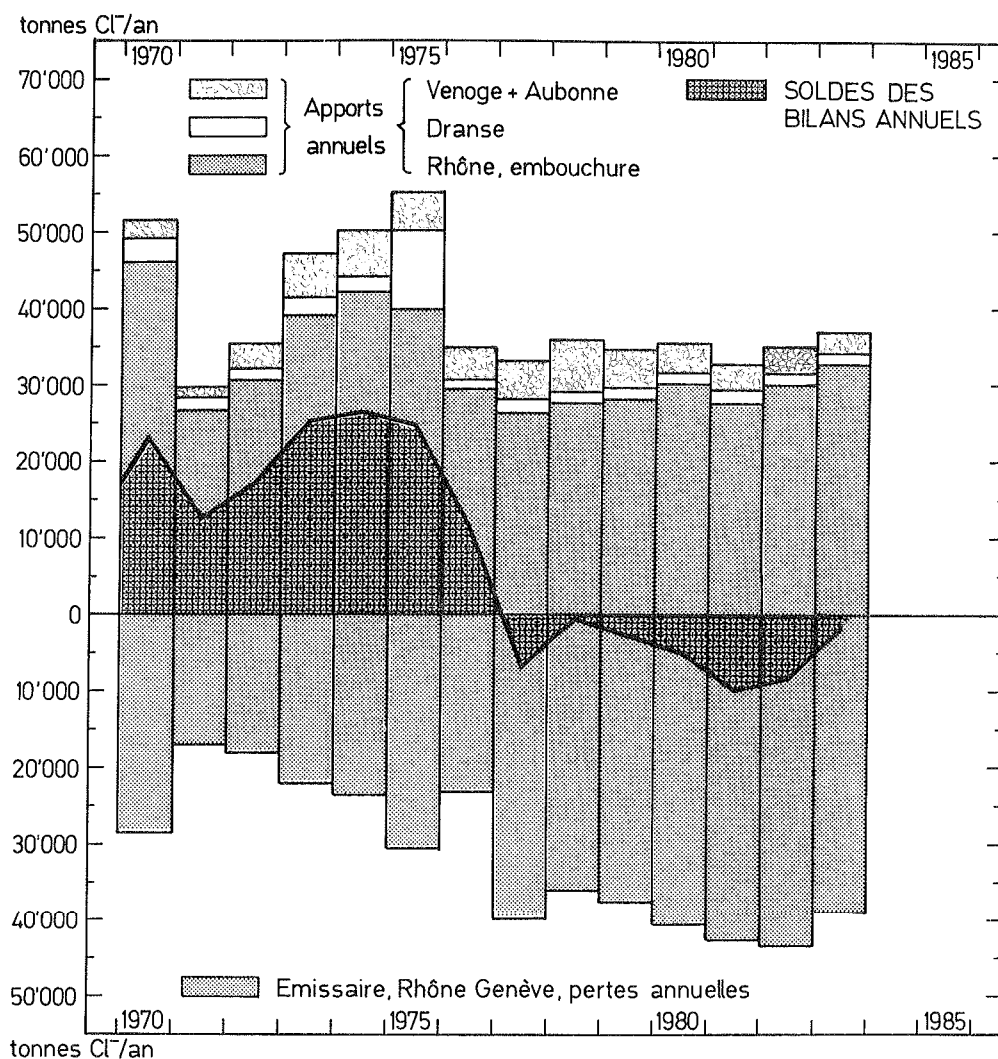


Fig.11 : Chlorures:
apports, pertes et bilans annuels

Etant donné d'une part l'augmentation des apports et d'autre part le fléchissement des exportations par l'émissaire, le solde des bilans "affluents" passe de -8'600 tonnes en 1982 à -1'800 tonnes en 1983 (figure 11).

Les concentrations en chlorures restent encore modestes pour le Rhône, la Dranse et l'Aubonne; elles sont plus marquées pour les eaux de la Venoge. Pour les trois années, leur évolution est brièvement la suivante :

Concentrations en chlorures, $\text{mg Cl}^-/\text{l}$						
	1981		1982		1983	
	Moy. ann.	Max. ann.	Moy. ann.	Max. ann.	Moy. ann.	Max. ann.
Rhône, embouchure	4.9	8.0	5.5	8.6	6.0	13.4
Dranse	3.3	10.0	2.2	5.8	2.7	8.5
Venoge	16.9	34.9	15.0	25.7	16.9	28.9
Aubonne	5.7	14.6	4.2	11.0	5.7	18.9
Rhône émissaire	4.5	4.8	4.5	5.9	4.6	4.9

3.4 POTASSIUM

La concentration moyenne annuelle en potassium du Rhône amont n'a pas varié entre 1982 et 1983; elle atteint 1.15 mg K/l. Pour le jeu de la pondération par les débits, les apports de cet affluent sont en légère baisse : 7'530 tonnes en 1982, 7'110 l'année suivante (figure 12).

Les apports de la Dranse diminuent également : 750 tonnes en 1981, 633 l'année suivante, et 615 en 1983 avec des concentrations moyennes annuelles respectivement de 1.36, 0.94 et 1.03 mg K/l.

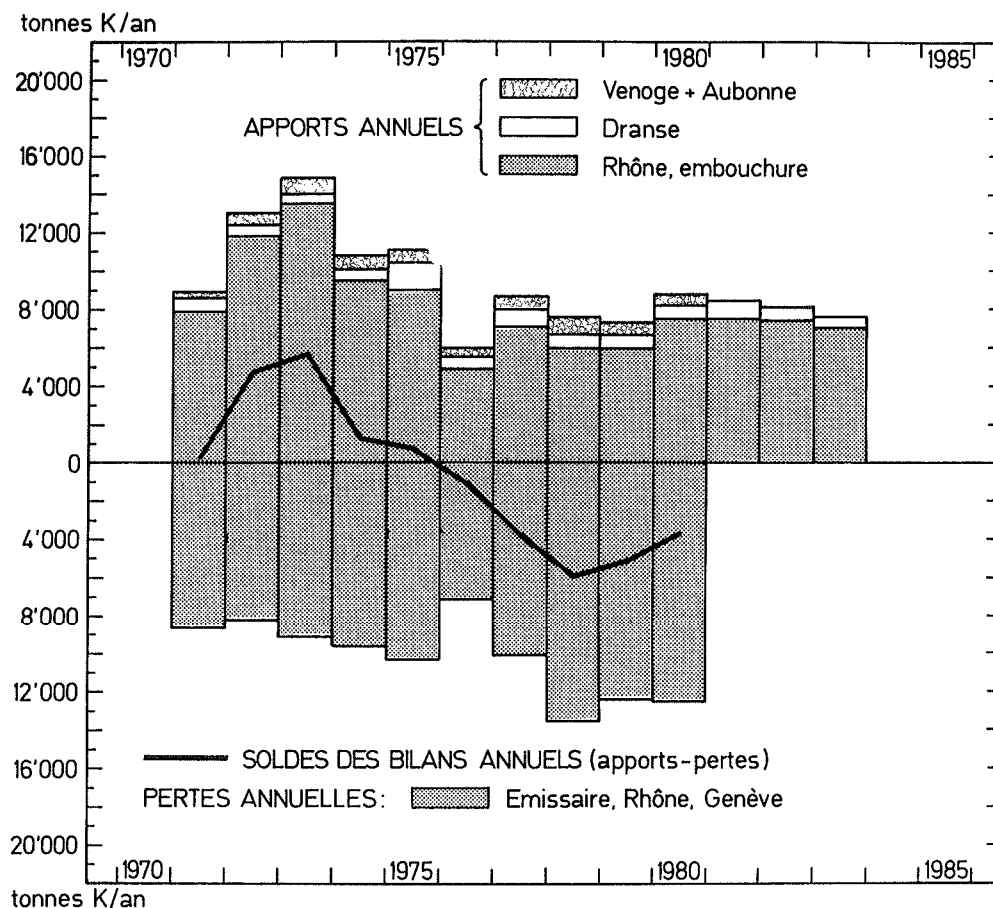


Fig.12: Potassium:
apports, pertes et bilans annuels

3.5 CARBONE ORGANIQUE

Le carbone organique total a été déterminé sur l'ensemble des échantillons prélevés au Rhône, à la Dranse et à l'émissaire. Pour la Venoge et l'Aubonne par contre, les séries sont très incomplètes et ne peuvent être exploitées.

Comme les années précédentes, le carbone organique dissous, c'est-à-dire dosé après filtration des échantillons sur membrane de 0.45 µm de porosité, est analysé dans le cas du Rhône amont. Il l'avait également été en 1981 et 1982 à la Venoge et l'Aubonne.

Les concentrations en carbone organique total et dissous rencontrées en 1983 sont, en comparaison des résultats de l'année précédente, les suivantes :

Concentrations en carbone organique, mg C/l				
	1982		1983	
	Moy. ann.	Max. ann.	Moy. ann.	Max. ann.
<u>Carbone organique dissous :</u>				
Rhône amont	1.14	2.50	1.02	2.60
Venoge	4.12	8.00	-	-
Aubonne	3.97	7.00	-	-
<u>Carbone organique total :</u>				
Rhône amont	- (2.36) ¹	- (8.60) ¹	2.73	5.80
Dranse	1.13	2.25	1.21	4.14
Venoge	8.27	39.00	-	-
Aubonne	5.07	12.00	-	-
Rhône émissaire	1.72 ²	5.14 ²	1.59	2.79
¹ = résultats année 1981 ² = dans les rapports des années 1981 et 1982, ces résultats ont été par erreur portés sous carbone organique dissous.				

Depuis 1978, les apports et les exportations en carbone organique dissous et total se répartissent de la façon suivante :

Apports en carbone organique, t C/an						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983
<u>Carbone organique dissous :</u>						
<u>Apports :</u>						
Rhône amont	5'050	5'400	6'870	6'520	7'780	6'800
Dranse	-	-	-	-	-	-
Venoge	-	-	-	750	680	-
Aubonne	-	-	-	920	870	-
Total	-	-	-	8'190	9'330	-
<u>Carbone organique total :</u>						
<u>Apports :</u>						
Rhône amont	12'600	13'900	17'800	17'300	-	18'650
Dranse	-	-	-	1'585	878	830
Venoge	-	-	-	1'690	1'518	-
Aubonne	-	-	-	1'255	1'203	-
Total	-	-	-	21'830	-	-
<u>Exportations :</u>						
émissaire	15'500	18'000	13'000	15'700	16'530	13'500

Les apports du Rhône à la Porte du Scex en carbone organique dissous sont un peu plus faibles en 1983 - 6'800 tonnes - que l'année précédente - 7'800 tonnes -. On retrouve les niveaux de 1980 et 1981.

Les flux en carbone organique total sont, entre 1982 et 1983, pratiquement identiques à la Dranse (880 et 830 t C/an). Par rapport aux résultats de 1981, ceux du Rhône amont augmentent quelque peu, passant de 17'300 tonnes C/an à 18'650.

Les exportations par l'émissaire diminuent par rapport aux résultats des deux dernières années.

Il paraît impossible de vouloir actuellement interpréter les différences constatées au niveau des apports. Par ailleurs, compte tenu de la productivité du lac, il serait faux de dresser un parallèle entre flux total dû aux affluents et exportations par l'émissaire.

3.6 SILICE

Entre 1982 et 1983, les concentrations moyennes annuelles varient relativement peu pour le Rhône amont, la Dranse, la Venoge et l'Aubonne. Les écarts au niveau des valeurs maximales et minimales sont déjà plus marquées. Pour l'émissaire enfin, on note des valeurs encore plus éloignées les unes des autres :

Concentrations en silice, mg SiO ₂ /l						
	1982			1983		
	Moy. ann.	Min. ann.	Max. ann.	Moy. ann.	Min. ann.	Max. ann.
Rhône amont	3.24	2.19	4.38	3.23	2.13	4.56
Dranse	3.63	2.55	4.69	3.85	1.23	4.87
Venoge	4.72	0.07	7.20	4.38	2.14	6.62
Aubonne	3.25	1.51	5.31	3.25	1.32	6.55
Rhône émissaire	1.27	0.12	2.24	0.88	0.04	1.85

Les apports du Rhône à la Porte du Scex sont stables depuis quatre ans; précédemment, pendant deux années, ils étaient un peu plus faibles. Les flux en provenance de la Dranse varient peu d'une année à l'autre. Les apports de la Venoge et de l'Aubonne présentent, entre 1981 et 1983, des écarts proportionnellement assez grands. Les exportations de l'émissaire, stables en 1981 et 1982, chutent l'année suivante suite à une diminution des concentrations et du débit moyen annuel :

Apports annuels en silice, tonnes SiO ₂ /an						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Rhône amont	18'820	17'130	21'250	21'000	20'640	20'260
Dranse	2'670	2'530	2'600	2'230	2'620	2'440
Venoge	-	-	-	800	900	640
Aubonne	-	-	-	680	700	520
Total affluents	(21'490)	(19'660)	(23'850)	24'710	24'860	23'860
Emissaire	-	-	-	12'070	12'220	7'480

3.7 SULFATES

Les sulfates ne sont déterminés que dans les échantillons d'eau prélevés au Rhône à la Porte du Scex et à la Dranse. Les apports de l'affluent principal sont stables depuis 1980 et se situent entre 304'000 et 324'000 tonnes par an. En 1978 et 1979, ils se situaient à un niveau un peu inférieur. Les flux dûs à la Dranse - un peu plus du 1/10ème de ceux du Rhône - restent par contre stables tout au long des six dernières années, exception faite du fléchissement de 1981. On retrouve un comportement, dans ses grandes lignes, identique à celui décrit pour les apports en silice.

Apports en sulfates, tonnes SO ₄ /an						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Rhône amont	258'500	275'400	323'800	303'700	314'800	308'500
Dranse	34'000	34'600	34'600	30'200	34'000	35'400

Les concentrations moyennes, minimales et maximales annuelles correspondantes sont transcrites dans le tableau suivant. La composition de l'eau du Rhône se rapproche de celle de l'eau du lac. Les teneurs en sulfates dans la Dranse sont nettement plus élevées.

Concentrations en sulfates, mg SO ₄ /l			
	Moy. ann.	Min. ann.	Max. ann.
<u>Rhône, Porte du Scex :</u>			
1978	51.1	26.0	72.0
1979	54.0	28.0	78.0
1980	55.8	27.0	88.0
1981	51.3	30.0	77.0
1982	52.8	28.0	82.2
1983	55.0	28.0	92.0
<u>Dranse :</u>			
1978	75.7	22.4	202.0
1979	77.6	11.5	187.0
1980	65.8	22.0	151.0
1981	75.9	19.0	163.0
1982	65.8	22.0	174.0
1983	79.4	22.0	158.0

3.8 CALCIUM

Par rapport à 1982, les apports en calcium du Rhône et de la Dranse sont en légère régression en 1983. Ils correspondent à des concentrations moyennes annuelles respectivement de 2.02 (1.26 à 2.84) et 4.01 mg/l (2.50 à 5.75), soit 40.5 (25.3 à 56.9) et 80.4 mg Ca/l (50.1 à 115.2).

Apports en calcium, tonnes Ca/an						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Rhône amont	221'000	228'000	277'000	281'000	271'000	240'000
Dranse	47'000	47'000	50'000	45'000	51'000	46'000

Les exportations par l'émissaire ne sont plus déterminées. Entre 1977 et 1980, elles ont oscillé entre 388'000 et 414'000 tonnes Ca/an.

3.9 MAGNESIUM

Les concentrations moyennes annuelles des eaux du Rhône amont et de la Dranse s'élèvent respectivement à 0.41 et 0.83 mg/l soit, en mg Mg/l, 5.0 et 10.1. Les extrêmes passent de 2.9 à 5.5 mg Mg/l pour le Rhône et de 7.3 à 15.4 mg Mg/l pour la Dranse.

Les flux correspondants sont du même ordre de grandeur que ceux déterminés les années précédentes. Ils ne couvrent pas les exportations connues de l'émissaire, le Rhône à Genève.

Apports en magnésium, tonnes Mg/an						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Rhône amont	30'000	27'500	34'400	30'700	30'900	28'600
Dranse	6'100	5'700	6'100	5'300	6'100	5'600
Emissaire	54'200	53'600	57'900	-	-	-

3.10 SODIUM

Le sodium n'est dosé que dans les eaux du Rhône amont et de la Dranse. En 1983, les concentrations moyennes annuelles s'élèvent à 4.37 mg Na/l (2.00-9.30) pour le premier et à 2.46 mg Na/l (1.00-4.45) pour la seconde. Ces concentrations déterminent, en tenant compte des débits, des apports respectivement de 24'100 et 1'340 tonnes Na/an. Ces flux sont comparables à ceux des années précédentes :

Apports en sodium, tonnes Na/an						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Rhône amont	21'400	22'000	24'200	21'400	22'600	24'100
Dranse	1'500	1'400	1'600	1'500	1'480	1'340

3.11 CUIVRE, ZINC, PLOMB

Par rapport aux résultats des années précédentes, on constate une légère diminution des teneurs moyennes en cuivre des eaux du Rhône à la Porte du Scex, une augmentation des concentrations en zinc et pratiquement pas de modification au plan du plomb :

Concentrations en cuivre, zinc et plomb; Rhône Porte du Scex						
	Cuivre, mg Cu/l		Zinc, mg Zn/l		Plomb, mg Pb/l	
	Moy. ann.	Max. ann.	Moy. ann.	Max. ann.	Moy. ann.	Max. ann.
1978	0.003	0.009	0.013	0.051	0.001	0.008
1979	0.004	0.017	0.016	0.090	0.002	0.011
1980	0.003	0.014	0.016	0.099	0.002	0.013
1981	0.004	0.009	0.012	0.022	0.003	0.010
1982	0.005	0.011	0.022	0.193	0.002	0.006
1983	0.003	0.007	0.026	0.079	0.002	0.007

En comparant les résultats de 1983 par rapport à ceux de 1982, on enregistre une diminution des apports du Rhône amont en cuivre et en plomb et une augmentation de ceux en zinc.

Apports en cuivre, zinc et plomb, tonnes/an			
	Cuivre	Zinc	Plomb
1978	17.0	77.6	9.8
1979	27.7	97.9	15.2
1980	23.6	126.0	23.4
1981	28.6	85.0	22.8
1982	39.5	142.3	19.0
1983	24.5	182.5	14.6

Rappelons que seul le Rhône à la Porte du Scex est analysé sous le rapport de la concentration en cuivre, zinc et plomb.

4. CONCLUSIONS

L'étude des affluents du Léman a porté en 1983 sur le Rhône amont (Porte du Scex), la Dranse, la Venoge, l'Aubonne et sur l'émissaire, le Rhône à Genève.

La somme des débits moyens annuels des quatre affluents étudiés atteint 240 m³/s, soit un chiffre comparativement assez élevé, bien qu'inférieur aux 255 m³/s de 1982. La répartition des débits donne 86 % pour le Rhône, 9.1 % pour la Dranse, 2.2 % pour la Venoge et 2.7 % pour l'Aubonne. En se référant aux hauteurs annuelles des précipitations sur le bassin versant du Léman, 1983 a été, dans son ensemble, une année humide. En réalité, il y a eu de fortes pluies jusqu'à fin mai, puis une période sèche et chaude.

Selon les résultats des études antérieures de la Commission internationale pour la protection du Léman contre la pollution, les quatre cours d'eau étudiés représentent en moyenne multiannuelle, un peu moins de 90 % de la somme des débits de l'ensemble des affluents du Léman.

L'étude repose comme toujours sur la détermination de la composition de l'eau des affluents, la mesure des débits et le calcul soit des apports annuels soit, dans le cas de l'émissaire, des exportations.

Les apports en azote minéral total, de l'ordre de 4'900 tonnes sont restés au même niveau que l'année précédente. Ils sont en majeure partie constitués de nitrates, l'ammoniaque et les nitrites ne représentant respectivement que 7.8 et 1.7 % des flux annuels totaux. Pour le Rhône et la Dranse, les apports en azote organique atteignent au total près de 2'100 tonnes en 1983, en augmentation de quelque 300 tonnes par rapport aux résultats de l'année précédente.

En 1982, les apports en phosphore total atteignaient, toujours pour les quatre affluents considérés, plus de 1'000 tonnes, en augmentation de pratiquement 200 tonnes sur les résultats de l'année précédente. En 1983, ils diminuent jusqu'au seuil de 880 tonnes. En tenant compte des exportations par l'émissaire, le solde positif du bilan affluents s'élève à quelque 350 tonnes; l'année précédente il avait atteint 420 tonnes, mais seulement 190 en 1981.

Les apports en chlorures augmentent entre 1982 et 1983, passant de 34'900 à 37'300 tonnes/an.

Les autres déterminations livrent, en 1983, les résultats suivants quant aux apports par les affluents étudiés :

. Potassium	: Rhône + Dranse	7'700 t K/an
. Carbone organique total	: Rhône + Dranse	19'500 t C/an
. Carbone organique dissous	: Rhône	6'800 t C/an
. Silice	: ensemble des quatre affluents	24'000 t SiO ₂ /an
	exportation par l'émissaire	7'500 t SiO ₂ /an

. Sulfates	: Rhône 308'500, Dranse 35'400 t SO ₄ /an
. Calcium	: Rhône 240'000, Dranse 46'000 t Ca/an
. Magnésium	: Rhône 28'600, Dranse 5'600 t Mg/an
. Sodium	: Rhône 24'100, Dranse 1'340 t Na/an
. Cuivre	: Rhône 24.5 t Cu/an
. Zinc	: Rhône 182.5 t Zn/an
. Plomb	: Rhône 14.6 t Pb/an

En comparaison des résultats de 1982 on note, pour ces éléments, les différences suivantes : diminution légère des apports en potassium, carbone organique dissous, calcium, magnésium, cuivre et plomb; augmentation peu marquée du carbone organique total, du sodium et du zinc; enfin situation inchangée pour la silice et les sulfates.

APPORTS ATMOSPHERIQUES DIRECTS AU LEMAN

CAMPAGNE 1982

PAR

PAUL BLANC

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA) THONON

Au cours du troisième plan quinquennal (1981-1985) l'étude des apports atmosphériques est prévue pour les années 1982 et 1985. Le présent rapport traite des mesures effectuées en 1982 par les laboratoires suivants :

- . Service de Toxicologie Industrielle, d'analyse de l'air et de protection contre le bruit de l'Institut d'Hygiène de Genève,
- . Office cantonal de la protection des eaux du canton de Vaud à Lausanne,
- . Centre de Recherches Géodynamiques, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI) de Thonon-les-Bains.

Les prélèvements ont été effectués à l'aide de jauges en polyéthylène installées à Pully sur la rive vaudoise et Chessel dans la basse plaine du Rhône, au Centre de Recherches Géodynamiques à Thonon pour la rive française et en trois points du territoire genevois (Hôtel de Ville - Bellevue et Anières). Pour ne pas donner trop de poids aux points genevois, la moyenne des résultats de ces trois points est traitée comme un seul point représentatif de la région de Genève.

Les analyses ont été effectuées sur des échantillons mensuels après filtration sur filtre de porosité de 0.45 μm . Les tableaux 1 à 6 donnent pour chaque station la pluviométrie, le pH mesuré et les apports mensuels en azote, phosphore et sulfates exprimés en mg/m^2 . Dans le tableau 7, sont répartis les apports annuels de chacune des stations vaudoises et française, de la moyenne des apports des trois stations genevoises ainsi que leurs moyennes générales. L'absence des mesures des sulfates aux stations vaudoises ne nous autorise pas à calculer les apports en sulfates sur l'ensemble du Léman. L'azote organique n'ayant été analysé qu'à Genève, il ne nous est pas non plus possible d'en donner les apports au Léman.

Le tableau 8 récapitule les apports atmosphériques évalués depuis le début des études en 1976. Pour ces calculs les apports moyens en mg/m^2 sont appliqués à la surface totale du Léman, soit 582 km^2 .

Ces résultats montrent :

1. Une légère baisse des apports en azote ammoniacal
2. Une charge relativement stable de l'azote nitrique
3. Une légère baisse de l'azote minéral total
4. Une charge stable des orthophosphates et une baisse du phosphore total
5. A Genève, l'azote organique représente 15 % de l'azote total.

En conclusion on ne peut dire que, comme les années précédentes, la région de Thonon est la moins touchée par la pollution atmosphérique, par l'azote minéral et le phosphore. Les retombées de sulfates à Thonon et Genève sont sensiblement égales. La région vaudoise semble par contre beaucoup plus touchée par la pollution atmosphérique.

Globalement les apports atmosphériques en azote et phosphore sont relativement constants ces dernières années.

TABLEAU 1 - Année 1982 - Station : Pully

Mois	Pluviométrie mm	pH	Apports en mg.m ⁻²							
			NH ₄ en N	NO ₃ en N	NO ₂ en N	N minéral	N organique	P ortho	P total	SO ₄
Janvier	89.5	6.5	17	41		58		7.2	15.2	
Février	49.0	6.5	43	14		57		2.4	5.4	
Mars	75.0	6.3	24	15		39		1.5	3.0	
Avril	33.5	6.4	33	23		56		1.7	1.7	
Mai	107.8 *		170 *	40 *		210 *		8.2 *	15.6 *	
Juin	198.0	6.4	548	97		645		32.0	67.3	
Juillet	187.0	6.4	443	99		542		15.0	20.6	
Août	122.5	6.9	184	47		231		6.1	12.3	
Septembre	84.5	7.2	228	14		242		6.8	11.8	
Octobre	156.5	6.4	146	31		177		3.1	9.4	
Novembre	82.5	6.4	36	18		54		5.8	9.1	
Décembre	107.8 *		170 *	40 *		210 *		8.2 *	15.6 *	
Total annuel	1'293.6		2'042	479		2'521		98.0	187.0	

* données manquantes remplacées par la moyenne des autres données

TABLEAU 2 - Année 1982 - Station : Chessel

Mois	Pluviométrie mm	pH	Apports en mg.m ⁻²							
			NH ₄ en N	NO ₃ en N	NO ₂ en N	N minéral	N organique	P ortho	P total	SO ₄
Janvier	114.0	6.35	18	16		34		4.6	9.1	
Février	31.5	7.50	27	13		40		0.0	2.8	
Mars	113.0	6.40	47	19		66		0.0	8.0	
Avril	40.5	6.35	61	26		87		7.7	10.0	
Mai	68.4	6.45	88**	47		135**		0.6	8.2	
Juin	159.1	5.80	123	38		161		4.8	13.0	
Juillet	99.0	6.60	95	45		140		3.0	3.0	
Août	128.0	7.00	110	45		155		1.3	12.0	
Septembre	70.8	7.20	139	11		150		1.4	5.7	
Octobre	159.5	6.50	239	37		276		1.6	8.0	
Novembre	42.5	6.70	18	8		26		0.4	6.8	
Décembre	93.3 *		88 *	28 *		116 *		2.3 *	7.9 *	
Total annuel	1'119.6		1'053	333		1'386		27.7	94.5	

** données aberrantes remplacées par la moyenne des autres données

* données manquantes remplacées par la moyenne des autres données

TABLEAU 3 - Année 1982 - Station : Thonon CRG

Mois	Pluviométrie mm	pH	Apports en mg.m ⁻²							
			NH ₄ en N	NO ₃ en N	NO ₂ en N	N minéral	N organique	P ortho	P total	SO ₄
Janvier	65	6.60	5.7	15.0	1.00	21.7		2.40	0.61 *	300
Février	29	5.80	11.6	16.0	0.29	27.9		0.00	0.06	235
Mars	76	5.80	20.0	31.6	0.38	52.0		0.08	0.08	274
Avril	10	6.80	45.0	14.0	0.13	59.0		0.53 *	0.61 *	136
Mai	63	6.40	18.0	22.7	0.32	41.0		0.25	0.50	347
Juin	181	4.95	30.0	19.9	0.18	50.1		0.36	0.54	648
Juillet	72	5.80	26.6	23.0	2.00	51.6		0.58	1.22	458
Août	98	6.90	6.6	17.6	0.20	24.4		0.39	0.88	438
Septembre	91	6.20	0.8	18.2	1.37	20.4		0.55	0.91	247
Octobre	152	4.85	10.9	4.6	0.00	15.5		0.00	0.46	359
Novembre	74	6.00	18.7	11.1	0.52	30.3		0.22	0.30	214
Décembre	163	5.30	17.3	11.4	0.16	28.9		0.98	1.14	437
Total annuel	1'074		211.2	205.1	6.55	422.8		6.34	7.31	4'093

* valeurs aberrantes remplacées par la moyenne des autres données

TABLEAU 4 - Année 1982 : Station : Genève Hôtel-de-Ville

Mois	Pluviométrie mm	pH	Apports en mg.m ⁻²							
			NH ₄ en N	NO ₃ en N	NO ₂ en N	N minéral	N organique	P ortho	P total	SO ₄
Janvier	51.8		11.3	26.1	+ inclus dans NO ₃	37.4	14.9	0.51	0.83	329.9
Février	17.0		16.6	32.9		49.5	15.1	0.34	0.37	232.6
Mars	59.2		37.3	48.6		85.9	20.9	0.89	0.89	296.3
Avril	2.9		3.4	3.1		6.5	3.1	0.84 *	1.34 *	49.8
Mai	63.5		3.2	43.2		46.4	12.1	1.65	1.65	460.8
Juin	150.0		7.5	52.3		59.8	10.5	0.75	0.90	390.0
Juillet	54.1		2.7	2.2		4.9	13.4	2.38	2.60	327.0
Août	58.4		3.0	2.3		5.3	2.0	0.84 *	1.34 *	248.9
Septembre	82.4		4.1	11.4		15.5	11.5 *	0.41	1.81	309.8
Octobre	152.7		11.6	42.7		54.3	9.8	0.31	1.83	530.8
Novembre	80.2		22.9	35.2		58.1	5.9	0.48	1.52	370.0
Décembre	129.7		21.1	19.4		40.5	19.1	0.65	1.04	457.5
Total annuel	901.9		144.7	319.4		464.1	138.3	10.05	16.12	4'003.4

* données manquantes remplacées par la moyenne des autres données

TABLEAU 5 - Année : 1982 - Station : Anières

Mois	Pluviométrie mm	pH	Apports en mg.m ⁻²							
			NH ₄ en N	NO ₃ en N	NO ₂ en N	N minéral	N organique	P ortho	P total	SO ₄
Janvier	87.5		8.9	32.2	inclus dans NO ₃	41.1	21.3	0.35	1.92	168.8
Février	30.3		20.6	37.3		57.9	19.6	0.21	0.36	154.1
Mars	89.8		36.9	47.4		84.3	12.6	1.08	1.08	292.4
Avril	5.5		6.6	13.1		19.7	3.0	0.61 *	1.04 *	70.8
Mai	53.0		2.6	19.1		21.7	19.3	1.11	2.06	243.4
Juin	150.0		7.0	56.2		63.2	0.0	0.75	1.04 *	345.0
Juillet	58.4		2.9	4.3		7.2	9.3	0.70	0.87	293.8
Août	84.4		6.0	29.8		35.8	6.9	0.61 *	1.04 *	390.5
Septembre	100.8		5.0	16.8		21.8	11.1 *	0.50	0.50	308.3
Octobre	193.5		9.7	46.4		56.1	0.0	0.39	1.16	523.8
Novembre	121.2		25.9	38.8		64.7	8.0	0.24	0.24	356.1
Décembre	150.7		14.0	18.1		32.1	22.1	0.75	1.20	418.5
Total annuel	1'125.1		146.1	359.5		505.6	133.2	7.30	12.51	3'565.5

* données manquantes remplacées par la moyenne des autres données

TABLEAU 6 - Année 1982 - Station : Bellevue

Mois	Pluviométrie mm	pH	Apports en mg.m ⁻²							
			NH ₄ en N	NO ₃ en N	NO ₂ en N	N minéral	N organique	P ortho	P total	SO ₄
Janvier	77.9		4.8	28.6	inclus dans NO ₃	33.4	16.1	0.86	1.01	190.7
Février	23.1		6.5 *	7.5 *		14.0 *	6.9 *	1.30 *	2.24 *	340.4
Mars	69.8		6.5 *	7.5 *		14.0 *	6.9 *	1.30 *	2.24 *	675.3
Avril	4.1		14.4	8.0		22.4	0.0	1.30 *	2.24 *	49.3
Mai	51.3		2.6	10.6		13.2	0.0	0.72	0.97	259.7
Juin	150.0		7.5	6.0		13.5	21.8	2.10	4.35	571.5
Juillet	48.7		2.4	1.9		4.3	1.6	1.70	2.34	342.8
Août	71.7		3.6	2.9		6.5	0.0	1.30 *	2.24 *	305.7
Septembre	73.9		3.7	0.2		3.9	0.0	1.48	2.88	323.5
Octobre	157.8		7.9	0.4		8.3	12.2	1.26	3.18	548.5
Novembre	109.9		5.5	0.3		5.8	7.4	1.65	1.65	415.1
Décembre	150.7		12.8	16.6		29.4	9.7	0.60	1.50	418.5
Total annuel	988.9		78.2	90.5		168.7	82.6	15.57	26.84	4'441.0

* données manquantes remplacées par la moyenne des autres données

TABLEAU 7 - Apports annuels en mg.m^{-2} sur le pourtour du Léman en 1982

Station	Pluviométrie mm	NH ₄ en N	NO ₃ en N	NO ₂ en N	N minéral	N organique	P ortho	P total	SO ₄
Pully	1'294	2'042	479		2'521		98.0	187.0	-
Chessel	1'120	1'053	333		1'386		27.7	94.5	
Thonon	1'074	211	205	5.6	423		6.3	7.3	4'093
Genève *	1'006	123	256		379	118	11.0	18.5	4'003
Moyenne	1'123	857	318		1'177		35.8	76.8	
Ecart-type	123	894	119		1'009		42	83	
Coefficient de variation %	11	104	37		86		119	108	

* moyenne sur trois stations

TABLEAU 8 - Apports atmosphériques au Léman de 1976 à 1982

Année	Pluviométrie moyenne mm	NH ₄ en N tonnes	NO ₃ en N tonnes	NO ₂ en N tonnes	N minéral tonnes	N organique tonnes	P ortho tonnes	P total tonnes	SO ₄ tonnes
1976 A	851	1'333	265	41	1'638		61	106	5'241
1977 B	1'206	223	67	5	296		7	20	3'740
1978 C	1'014	226	83	30	338		24	44	6'070
1979 C	1'054	592	195	17	804		34	65	5'280
1980 C	1'250	538	200	33	771		24	70	6'535
1982 C	1'123	499	185		685		22	45	

A = moyennes Genève Hôtel-de-Ville, Pully, Chessel, Thonon-CRG

B = moyennes Genève Hôtel-de-Ville, Thonon-CRG

C = moyennes Canton de Genève (Hôtel-de-Ville, Bellevue, Anières), Pully, Chessel, Thonon-CRG

CONTROLES DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION

CAMPAGNE 1983

PAR

LUC THELIN

CHEF DU SERVICE DES CONTROLES DE POLLUTION

DEPARTEMENT DES TRAVAUX PUBLICS - GENEVE

En 1983, à la suite de la mise en service de quatre nouvelles stations d'épuration (3 en Valais et 1 à Genève), il y avait 171 stations d'épuration dans le bassin du Rhône jusqu'à la frontière franco-suisse à Chancy (2'564'970 capacité habitant). Dans le bassin lémanique proprement dit, 125 stations sont en service (1'813'045 capacité habitants).

1. NOMBRE ET FREQUENCE DES CONTROLES

Les résultats de 1983 sont presque identiques à ceux de 1982 puisque 85 stations, représentant 85 % de la capacité, ont été contrôlées selon les recommandations de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution; 70 stations (12 % de la capacité) ne sont pas suffisamment contrôlées et 16 (3 % de la capacité) n'ont pas du tout été surveillées.

TABLEAU 1 - Fréquence des contrôles effectués en 1983 sur les stations d'épuration

	Stations d'épuration en service		1 à 3 contrôles sur 24 h et contrôles instantanés		Contrôlées sur 24 h 4 fois et plus		Non contrôlées	
	Nombre	Capacité	Nombre	Capacité	Nombre	Capacité	Nombre	Capacité
HAUTE-SAVOIE	34 100 %	321'700 100 %	33 97 %	206'700 64 %	1 3 %	115'000 36 %	- -	- -
VAUD	60 100 %	688'185 100 %	17 28 %	26'385 4 %	43 72 %	661'800 96 %	- -	- -
VALAIS	51 100 %	954'960 100 %	16 31 %	40'035 4 %	27 53 %	867'325 91 %	8 16 %	47'600 5 %
GENEVE	16 100 %	543'225 100 %	2 12 %	575 0.1 %	14 88 %	542'650 99.9 %	- -	- -
AIN	10 100 %	56'900 100 %	2 20 %	29'000 51 %	- -	- -	8 80 %	27'900 49 %
TOTAL	171 100 %	2'564'970 100 %	70 41 %	302'695 12 %	85 50 %	2'186'775 85 %	16 9 %	75'500 3 %

2. RESPECT DES NORMES DE REJETS ET RENDEMENT D'EPURATION

- a. Les normes d'épuration en concentration pour la pollution organique (demande biochimique : DBO, demande chimique en oxygène : DCO) sont atteintes dans la plupart des stations.

Par contre, et souvent à cause de la trop grande dilution des eaux, les rendements n'atteignent pas les 85 % désirés.

- b. Pour l'élimination du phosphore, les différences entre stations sont toujours très importantes. La plupart respectent très bien la norme de sortie de 1 mg/P/l, montrant pas là que les possibilités techniques permettraient même de l'abaisser.

Par contre, d'autres ne déphosphatent toujours pas ou rejettent des eaux beaucoup trop chargées.

3. FLUX DE POLLUTION ET APPORTS AU LEMAN

Ces flux de pollution ont, comme à l'accoutumée, été calculés lorsqu'une mesure des débits est à disposition. Cela a été le cas pour 110 stations tributaires du Léman.

Il faut remarquer une faible diminution (probablement non significative) de la charge à l'entrée des stations, aussi bien pour la DBO₅ (- 3 %) que pour le phosphore (- 4 %).

3.1 DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE

Le tableau 2 donne les apports en DBO₅. Ils sont légèrement inférieurs à ceux de 1982 (2'029 tonnes au lieu de 2'140), cependant cette diminution provient essentiellement d'une diminution de la charge à l'entrée des stations, les rendements d'épuration n'ayant pas varié sensiblement.

TABLEAU 2 - Apports en DBO₅ des stations d'épuration du bassin du Léman

	Nombre de stations	kg/j			Tonnes/an		
		E	s	éliminé	E	S	éliminé
Haute-Savoie	3	3712	1248	2464	1355	456	899
Vaud	57	19701	2503	17198	7191	914	6277
Valais	43	37989	1598	36391	13866	583	13283
Genève	3	371	30	341	135	11	124
Ain	2	518	178	340	189	65	124
	108	62291	5557	56734	22736	2029	20707

Rendement d'élimination total : 91.1 %

Note : Les stations de Daillens et Bettens ne figurent pas dans le décompte

3.2 PHOSPHORE TOTAL

Le tableau 3 donne les apports en phosphore total des stations d'épuration du bassin du Léman.

L'évolution des tonnages annuels est la suivante :

	Tonnages à l'entrée	Tonnages au rejet	Tonnages éliminés
. 1981	911	224	687
. 1982	900	186	714
. 1983	862	206	656

TABLEAU 3 - Apports en phosphore total des stations d'épuration du bassin du Léman

	Nombre de stations	kg/j			Tonnes/an		
		E	S	éliminé	E	S	éliminé
Haute-Savoie	3	150	72	78	55	26	29
Vaud	59	1280	221	1059	467	81	386
Valais	43	841	220	621	307	80	227
Genève	3	29	5	24	10	2	8
Ain	2	64	47	17	23	17	6
	110	2364	565	1799	862	206	656

Rendement d'élimination total : 76.1 %

La diminution de la charge entrante, bien que peu significative, pourrait provenir soit des mesures d'économies prises à la source, soit des conditions météorologiques de 1983, favorisant les déversements lors des grandes pluies de mai. Il est cependant regrettable que la charge rejetée ait augmenté de 20 tonnes. Ceci est à mettre au compte de quelques stations d'épuration ayant eu de très mauvais résultats en 1983, en particulier celle de Nyon, de construction ancienne, mais dont l'agrandissement est projeté.

3.3 APPORTS DIRECTS AU LAC DES SIX PRINCIPALES STATIONS D'EPURATION

Comme en 1981 et 1982, selon le programme quinquennal, les apports des six grandes stations ont été calculés séparément. Le tableau 4 en donne les résultats détaillés.

La comparaison avec les années précédentes permet de constater une amélioration généralisée dans la qualité des rejets et une diminution des tonnages, spécialement pour le phosphore total qui ont passé de 67 tonnes en 1981 à 50 tonnes en 1982 et 33 tonnes en 1983.

4. CHARGE QUOTIDIENNE PAR HABITANT

Les charges quotidiennes par habitant, calculées lorsque le nombre des habitants raccordés est connu, présentent les mêmes défauts que les années précédentes.

Les charges hydrauliques sont toujours très fortes, de 200 l par jour et par habitant raccordé; très souvent autour de 800 l/j et dans les cas extrêmes de 2 m³ par jour par habitant. Ceci démontre, une fois de plus, la nécessité d'améliorer la qualité des réseaux de canalisations en opérant la séparation des eaux de pluie et en éliminant les eaux claires parasites. Cette remarque est spécialement valable, comme les années précédentes, pour les stations d'épuration suisses.

Les charges quotidiennes pour la pollution organique DBO₅ sont, elles, plus faibles que normalement. Il n'est pas rare de rencontrer dans les zones rurales des valeurs inférieures à 50 g par habitant. Cependant les grandes stations montrent des charges importantes de 100 g par habitant ou plus.

La charge en phosphore est, elle aussi, trop faible et n'atteint généralement pas les 4 g/habitant considérés comme normaux.

TABLEAU 4 - Apports directs au lac

	Lausanne Bio + Hydro	Vevey	Montreux	Morges	Pully	Thonon
TOC Tonnes C/an	-	49 *	100 *	-	-	181 *
Phosphore total tonnes P/an	11.8	2.3	2.5	3.7	0.8	11.8
PO ₄ ³⁻ Tonnes P/an	7.9	0.8	1.9	1.8	0.29	3.3
NH ₄ ⁺ Tonnes N/an	444	58	63	55	47	102
NO ₂ ⁻ Tonnes N/an	7.3	2.9	2.2	1.3	0.4	2.3
NO ₃ ⁻ Tonnes N/an	17.0	3.4	13.2	7.5	0.6	14.9
DCO Tonnes O ₂ /an	1806	198	242	183	104	1171
DBO ₅ Tonnes O ₂ /an	252	46	61	28	15	446 **
Cl ⁻ Tonnes Cl/an	3145	216	310	352	196	349
Débit m ³ /jour	124'556	11'840	18'100	12'885	8'165	21'694

* = une seule analyse

** = calculé sur quatre analyses

DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

BASSIN DU LEMAN

- . Thonon-les-Bains
- Bons-en-Chablais +
- Vacheresse +
- Veigy-Foncenex
- Cervens +
- Saint-Paul-en-Chablais +
- Le Biot +

- + stations sans déphosphatation

BASSIN DU RHÔNE

- . Annemasse
- La Roche-sur-Foron
- Samoens
- Bonneville
- Bonne-sur-Menoge
- Les Gets
- Saint-Julien-en-Genevois
- Flaine
- Sallanches
- Taninges
- Bellecombe
- Neydens
- Le Thy
- Collonges-sous-Salève
- Le Grand-Bornand
- Combloux
- Taninges-Praz de Lys
- Les Houches
- Saint-Pierre-en-Faucigny
- Onnion
- Araches-les-Carroz
- Cordon
- Valleiry
- Boège
- Magland
- Le Reposoir
- Etrembières

Voir tableaux 5 à 7

TABLEAU 5 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983

HAUTE-SAVOIE

(Bassin du Léman)

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l		Mat. susp. mg/l		DOO mg/l		Phosphore total mg/l		% élimination
				E	S	E	S	E	S	E	S	
Thonon-les-Bains	115'000	4 E + 4 S 8 S	24 h	161	54	323	100	542	197	6.3	3.0	53
Contrôles effectués par le gestionnaire		120					65		156		1.7	
Bons-en-Chablais	2'700	1 E + 1 S	24 h	211	43	349	55	590	162	5.8	1.6	73
Vacheresse	2'500	3 S	instantané	97	59	147	38	339	80	11.2	9.0	20
Veigy-Foncenex	2'500	1 E + 1 S	24 h	90	13	120	12	280	27	11.1	1.8	84
		5 S	instantané								1.3	
Cervens	1'800	4 S	instantané		25		39		109		7.0	
St-Paul-en-Chablais	1'500	3 S	instantané		80		125		195			
Le Bilot	500	2 S	instantané		44		30		130		-	

TABLEAU 5 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
(suite)

HAUTE-SAVOIE

(Bassin du Rhône)

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅			Mat. susp.			DCO			Phosphore total			élimination %
				E	S	%	E	S	%	E	S	%	E	S	%	
Annenasse	60'000	1 E + 1 S	24 h	202	11	95	116	19	84	419	51	88	-	-	-	-
La Roche s/Foron	17'000	2 E + 2 S	24 h	347	120	65	312	171	45	812	220	73	-	-	-	-
Bonneville	15'000	1 E + 1 S	24 h	275	19	93	352	24	93	665	85	87	-	-	-	-
Samoens	15'000	4 S	instantané		20			25			74					
Bonne s/Menoge	7'700	3 S	instantané		42			31			56					
Les Gets	7'500	4 S	instantané		4			6			27					
St-Julien en Genevois	7'400	4 S	instantané		39			14			81				0.4	
Flaine	7'000	5 S	instantané		22			11			27					
Sallanches	7'000	4 S	instantané		44			22			121					
Taninges	6'500	3 S	instantané		36			44			102					
Bellecombe	5'700	4 S	instantané		13			11			36					
Neydens	5'400	3 S	instantané		15			30			80					
Le Thy	5'300	4 S	instantané		75			118			130					
	5'400	1 E + 1 S	24 h	112	4	96	119	4	97	263	31	88				
Collonges s/Salève	4'000	4 S	instantané		14			7			64					
Le Grand-Bornand	3'400	4 S	instantané		4			14			21					
		3 S	instantané		152			249			351					

TABLEAU 5 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
(suite)

HAUTE-SAVOIE

(Bassin du Rhône)

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l		Mat. susp. mg/l		DCO mg/l		Phosphore total mg/l	
				E	S	E	S	E	S	E	S
Combloux	3'000	3 S	instantané		126		137		262		
Taninges (Praz-de-Lys)	3'000	3 S	instantané		196		162		442		
Les Houches	2'500	3 S	instantané		22		12		77		
St-Pierre-en- Faucigny	2'500	1 E + 1 S	24 h	215	20	250	25	525	75		
Onnion	2'000	3 S	instantané		15		9		65		
		1 E + 1 S	24 h	180	20	140	15	280	45		
Arache-les-Carroz	1'800	3 S	instantané		75		65		110		
Cordon	1'800	3 E + 3 S	instantané			332	129		278		
Valleiry	1'700	3 S	instantané		219		206		514		
Boège	1'500	4 S	instantané		4		6		26		
Magland	1'500	4 S	instantané		58		27		103		
Le Reposoir	1'000	2 S	instantané		7		15		41		
Etrembières	500	2 S	instantané		500		71		865		
		2 S	instantané		44		30		130		

TABLEAU 6 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
estimation de la charge quotidienne

HAUTE-SAVOIE

Stations	Débit m ³ /j	DBO ₅			Mat. sèches			Phosphore total		
		entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé
Thonon-les-Bains	22'650	3646	1223	2423	7315	2265	5050	142	68	74
Contrôles par le gestionnaire	21'074	4446	906	3540	7354	1159	6195	122	34	88
Bons-en-Chablais	339	33	20	13	49	13	36	3.8	3.0	0.8
Veigy-Foncenex	375	33	5	28	45	5	40	4.1	0.7	3.4
Annemasse	16'385	3309	180	3129	1900	311	1589	-	-	-
Bonneville	1'640	451	31	420	577	39	538	-	-	-
Onnion	190	34	4	30	26	2	24	-	-	-
La Roche s/Foron	2'240	777	268	509	698	383	315	-	-	-
St-Pierre-en-Faucigny	373	80	8	72	93	9	84	-	-	-
Le Thy	1'067	119	4	115	126	4	122	-	-	-

TABLEAU 7 - Estimation de la charge quotidienne par habitant en 1983

HAUTE-SAVOIE

	Capacité habitant	Habitants raccordés	Charge DBO ₅ g/hab/jour	Charge hydraulique l/hab/jour	Charge phosphore total g/hab/jour
Thonon-les-Bains	115'000	88'000	41	257	1.6
Bons-en-Chablais	2'700	1'650	20	205	2.3
Veigy-Foncenex	2'500	1'120	29	334	3.0
Annemasse	60'000	50'000	66	327	-
La Roche s/Foron	17'000	7'000	111	320	-
Bonneville	15'000	5'000	90	328	-
Le Thy	5'400	2'100	56	508	-
St-Pierre-en-Faucigny	2'500	1'575	50	236	-
Onnion	2'000	1'170	29	162	-

CANTON DE VAUD

BASSIN DU RHONE AMONT

Aigle
 Leysin
 Lavey-St-Maurice
 Ormont-Dessous
 Gryon
 Ormont-Dessus

BASSIN DU LEMAN

Lausanne }
 Vevey }
 Montreux }
 Morges }
 Pully }
 Gland }
 Cully }
 Nyon }
 Lutry }
 Rolle + }
 Villeneuve }
 Saint-Prex }
 Prangins }
 Coppet }
 Founex }
 Mies-Tannay }
 Crans }
 Allaman }
 Buchillon + }

stations dont l'effluent se rejette directement
 au lac ou à proximité immédiate

Penthaz }
 Bussigny }
 Bière }
 La Sarraz }
 Aubonne }
 Eclépens + }
 Chavannes-de- }
 Bogis }
 La Claise-aux- }
 Moines }
 Gimel }
 Gingins }
 Montricher + }
 Sullens }
 Cugy + }
 L'Isle }
 Crassier/ }
 La Rippe + }
 Ollon }
 Roche }
 Yverne }
 Rennaz }
 Lully }
 Saint-George + }
 Colombier + }
 Gilly }
 Mont-la-Ville + }
 Apples }
 Senarclens }
 Vullierens + }
 Reverolle }
 Moiry + }
 Chavannes-des- }
 Bois }
 Burtigny }
 Dizy + }
 Marchissy + }
 Daillens + }
 Bettens + }

stations dont l'effluent se rejette dans un
 cours d'eau

+ = stations d'épuration non équipées de déphosphatation

Voir tableaux 8 à 10

TABLEAU 8 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983

VAUD

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l		Mat. susp. mg/l		DCO mg/l		Phosphore total mg/l		
				E	S	E	S	E	S	E	S	%
Lausanne class.	220'000	10 E + 10 S	24 h	89	6		4	219	40	5.0	0.3	94
Lausanne Hydro	110'000	9 E + 9 S	24 h	89	6		4	213	44	3.5	0.2	96
Vevey	60'000	10 E + 10 S	24 h	100	11		9	222	46	6.7	0.6	91
Montreux	45'000	10 E + 10 S	24 h	56	9		10	140	39	4.8	0.4	92
Morges	36'150	8 E + 8 S	24 h	74	6		10	198	40	5.6	0.8	86
Pully	30'000	10 E + 10 S	24 h	78	5		6	189	37	6.4	0.3	95
Aigle	15'000	4 E + 4 S	24 h	108	10		9	209	40	4.7	0.4	91
Gland	14'000	6 E + 6 S	24 h	30	6		6	100	34	5.1	1.0	80
Nyon	12'000	5 E + 5 S	24 h	117	70		131	296	209	7.9	7.3	8
Lutry	12'000	6 E + 6 S	24 h	53	19		9	108	23	3.6	0.7	81
Ollon	11'000	6 E + 6 S	24 h	40	4		10	123	23	3.9	0.6	81
Leysin	10'000	5 E + 5 S	24 h	37	3		6	102	19	2.9	0.4	86
Penthaz	8'500	5 E + 5 S	24 h	50	5		6	110	21	3.3	0.5	85
Lavey-St-Maurice	8'000	6 E + 6 S	24 h	50	5		4	123	21	3.9	0.4	90
Bussigny	8'000	5 E + 5 S	24 h	98	10		13	224	56	5.0	0.3	94
Ormont-Dessous	7'770	4 E + 4 S	24 h	47	3		8	140	25	3.8	0.2	95
Rolle	7'500	5 E + 5 S	24 h	84	21		19	169	62	3.8	2.1	45
Villeneuve	6'100	6 E + 6 S	24 h	142	9		18	234	51	6.8	0.7	90

TABLEAU 8 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
(suite)

VAUD

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l		Mat. susp. mg/l		DCO mg/l		Phosphore total mg/l		
				E	S	E	S	E	S	E	S	% élimination
Gryon	5'000	2 E + 2 S	24 h	17	4		11	60	23	1.9	1.4	26
Cully	5'000	4 E + 4 S	24 h	77	7		7	155	45	4.5	0.4	91
Bière	4'900	3 E + 3 S	24 h	156	5		5	299	30	8.7	0.2	98
La Sarraz	4'000	3 E + 3 S	24 h	64	85		125	137	137	7.1	5.4	24
Aubonne	3'800	18 E + 18 S	24 h	42	6		11	117	29	4.5	1.0	78
Ormont-Dessus	3'500	3 E + 3 S	24 h	27	2		12	75	17	2.3	0.5	78
Saint-Prex	3'500	6 E + 6 S	24 h	42	14		10	109	46	3.7	0.5	86
Prangins	3'000	4 E + 4 S	24 h	49	5		11	148	35	5.3	0.8	85
Coppet	3'000	5 E + 5 S	24 h	43	6		7	112	37	5.3	1.0	81
Founex	2'300	4 E + 4 S	24 h	29	10		15	91	34	4.1	2.9	29
Mies-Tannay	2'200	4 E + 4 S	24 h	51	6		15	149	50	6.6	1.6	76
Eclépens	1'600	4 E + 4 S	24 h	23	6		9	49	29	2.5	2.5	0
Chavannes-de-Bogis	1'600	4 E + 4 S	24 h	23	4		10	94	30	2.3	0.2	91
La Claille-aux-Moines	1'500	5 E + 5 S	24 h	56	9		17	148	39	5.1	1.2	76
Roche	1'500	4 E + 4 S	24 h	89	6		23	177	82	4.9	0.4	92
Gimel	1'500	4 E + 4 S	24 h	78	21		20	170	63	4.8	3.7	23
Yverne	1'300	4 E + 4 S	24 h	138	11		20	335	51	6.0	1.1	82
Gingins	1'300	4 E + 4 S	24 h	39	6		22	134	41	4.9	1.2	76

TABLEAU 8 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
(suite)

VAUD

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l			Mat. susp. mg/l			DCO mg/l			Phosphore total mg/l			Élimination %		
				E	S	%	E	S	%	E	S	%	E	S	%	E	S	%
Montricher	1'135	4 E + 4 S	24 h	68	15	78		9		124	41	67	4.2	3.4	19			
Sullens	1'000	3 E + 3 S	24 h	29	6	79		15		72	30	58	2.7	0.5	81			
Cugy	1'000	1 E + 1 S	24 h	17	21	-		13		40	45	-	1.4	1.7	-			
L'Isle	970	4 E + 4 S	24 h	147	5	97		14		306	22	93	7.6	0.5	93			
Crassier-La-Rippe	920	4 E + 4 S	24 h	27	4	85		12		124	33	73	2.9	1.2	59			
Lully	900	2 E + 2 S	24 h	72	12	83		12		152	41	73	5.7	0.3	95			
Saint-George	860	3 E + 3 S	24 h	25	9	64		16		69	38	45	3.0	2.8	7			
Colombier	850	3 E + 3 S	24 h	43	16	63		21		95	57	40	2.8	2.5	11			
Gilly	825	4 E + 4 S	24 h	62	9	85		12		154	45	71	3.3	0.4	88			
Mont-la-Ville	800	4 E + 4 S	24 h	16	5	69		9		56	29	48	3.5	3.4	3			
Apples	800	3 E + 3 S	24 h	113	8	93		14		215	29	87	5.8	0.6	90			
Crans	750	3 E + 3 S	24 h	56	19	66		16		134	66	51	5.3	2.3	57			
Senarclens	715	2 E + 2 S	24 h	22	8	64		16		61	32	48	2.5	0.6	76			
Vullierens	630	3 E + 3 S	24 h	13	6	54		7		37	17	54	0.9	0.9	0			
Rennaz	600	4 E + 4 S	24 h	103	7	93		11		244	46	81	8.2	0.4	95			
Reverolle	580	2 E + 2 S	24 h	37	6	84		16		110	32	71	7.5	1.7	77			
Moiry	580	4 E + 4 S	24 h	16	6	63		8		41	23	44	2.0	1.8	10			
Chavannes-des-Bois	500	15 E + 15 S	24 h	143	10	93		19		276	52	81	10.5	6.3	40			

TABLEAU 8 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
(suite)VAUD

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l		Mat. susp. mg/l		DCO mg/l		Phosphore total mg/l	
				E	S	E	S	E	S	E	S
Allaman	500	1 E + 1 S	24 h	26	25		28	111	100	3.6	4.0
Daillens	500	52 E + 52 S	24 h	59	*		18	141	44	7.0	4.2
Burtigny	400	4 E + 4 S	24 h	74	26		23	165	74	6.5	2.3
Dizy	315	2 E + 2 S	24 h	91	40		33	173	83	3.7	2.7
Marchissy	200	4 E + 4 S	24 h	12	2		6	34	10	1.5	1.3
Bettens	250	52 E + 52 S	24 h	52	*		36	136	75	6.7	4.8
Buchillon	85	2 S	24 h	-	8		15	-	56	-	9.4
											-

* = Résultats faussés par la présence d'algues

TABLEAU 9 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
estimation de la charge quotidienne

VAUD

Stations	Débit m ³ /j	DBO ₅			Mat. sèches			Phosphore total		
		kg/j			kg/j			kg/j		
		entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé
Lausanne class.	94'133	8439	532	7907		376		475.4	27.4	448.0
Lausanne Hydro	30'423	1839	159	1680		121		107.6	5.1	102.5
Vevey	11'840	1185	127	1058		106		77.7	6.4	71.3
Montreux	18'100	953	167	786		181		82.2	7.0	75.2
Morges	12'885	907	79	828		128		70.0	10.2	59.8
Pully	8'165	583	42	541		49		49.7	2.2	47.5
Aigle	4'784	471	47	424		43		20.2	1.7	18.5
Gland	6'742	183	37	146		40		31.2	7.4	23.8
Nyon	8'448	963	681	282		*1106		66.9	*72.3	-
Lutry	4'267	183	48	135		38		12.7	2.1	10.6
Ollon	5'635	221	24	197		56		21.9	3.1	18.8
Leysin	3'588	130	9	121		21		10.0	1.2	8.8
Penthaz	5'167	239	23	216		31		15.4	2.7	12.7
Lavey-St-Maurice	5'301	256	25	231		21		19.3	2.2	17.1
Bussigny	5'477	380	44	336		71		19.7	1.1	18.6
Ormont-Dessous	422	19	1	18		3		1.5	0.1	1.4
Rolle	5'920	369	105	264		112		17.8	13.1	4.7
Villeneuve	1'639	221	13	208		29		10.6	1.2	9.4
Gryon	4'931	75	13	62		54		7.2	4.7	2.5
Cully	1'810	115	16	99		12		7.7	0.7	7.0
Bière	2'333	357	13	344		11		19.7	0.4	19.3
La Sarraz	1'770	27	5	22		221		3.6	0.6	3.0
Aubonne	2'286	89	13	76		25		9.8	2.2	7.6
Ormont-Dessus	2'588	72	5	67		31		6.2	1.1	5.1
Saint-Prex	2'936	123	22	101		29		9.5	1.4	8.1
Prangins	821	39	4	35		9		4.2	0.6	3.6
Coppet	1'638	64	10	54		11		7.7	1.5	6.2
Founex	2'630	60	18	42		39		8.1	6.4	1.7
Mies-Tannay	628	32	4	28		9		4.1	1.0	3.1
Eclépens	2'082	18	7	11		18		3.0	2.3	0.7
Chavannes-de-Bogis	789	18	3	15		8		2.2	0.3	1.9
La Claise-aux-Moines	438	23	4	19		7		1.9	0.5	1.4
Roche	1'148	102	7	95		26		5.6	0.4	5.2
Gimel	1'285	93	28	65		25		5.7	4.6	1.1
Yverne	755	99	6	93		15		4.0	0.8	3.2
Gingins	1'848	64	11	53		40		8.1	2.1	6.0
Montricher	1'392	80	19	61		12		4.5	3.9	0.6
Sullens	1'135	23	6	17		17		2.2	0.6	1.6
Cugy	1'512	26	* 32	-		20		2.1	* 2.6	-
L'Isle	1'199	210	5	205		17		11.2	0.5	10.7
Crassier/La Rippe	594	14	3	11		7		1.9	0.9	1.0
Lully	642	31	5	26		8		2.7	0.1	2.6
Saint-George	706	11	4	7		11		1.1	1.1	0
Colombier	979	34	13	21		20		1.7	1.4	0.3
Gilly	212	9	2	7		3		0.6	0.1	0.5

* = Valeur aberrante due à des pertes de boues lors d'un contrôle

TABLEAU 9 (suite) - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
estimation de la charge quotidienne

VAUD

Stations	Débit m ³ /j	DBO ₅			Mat. sèches			Phosphore total		
		kg/j			kg/j			kg/j		
		entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé
Mont-la-Ville	723	11	3	8		7		1.9	1.8	0.1
Apples	671	66	4	62		9		3.1	0.4	2.7
Crans	691	41	13	28		11		3.8	1.5	2.3
Senarclens	745	19	7	12		12		2.5	0.6	1.9
Vullierens	849	10	4	6		6		0.6	0.5	0.1
Rennaz	331	23	3	20		4		1.9	0.1	1.8
Reverolle	249	9	1	8		4		1.6	0.3	1.3
Moiry	627	7	2	5		5		0.9	0.8	0.1
Chavannes-des-Bois	102	11	1	10		2		0.8	0.7	0.1
Allaman	410	11	10	1		11		1.5	* 1.6	-
Daillens	245	11	**	-		5		1.3	0.9	0.4
Burtigny	367	28	9	19		8		2.4	0.8	1.6
Dizy	141	13	5	8		5		0.5	0.4	0.1
Marchissy	266	3	0	3		2		0.4	0.3	0.1
Bettens	117	7	**	-		4		0.8	0.6	0.2

* = valeur aberrante due à des pertes de boues lors d'un contrôle
 ** = résultats faussés par la présence d'algues

TABLEAU 10 - Estimation de la charge quotidienne par habitant en 1983

VAUD

Stations	Capacité habitant	Habitants raccordés	Charge DBO ₅ g/hab/jour	Charge hydraulique l/hab/jour	Charge phosphore total g/hab/jour
Lausanne + Hydro	330'000	191'205	54	651	3.0
Vevey	60'000	28'786	41	411	2.7
Montreux	45'000	23'164	41	781	3.5
Morges	36'150	21'951	41	587	3.2
Pully	30'000	16'045	36	509	3.1
Aigle	15'000	5'989	79	799	3.4
Gland	14'000	5'423	34	1243	5.7
Nyon	12'000	12'940	74	653	5.2
Lutry	12'000	5'500	33	776	2.3
Ollon	11'000	3'850	57	1464	5.7
Leysin	10'000	2'080	63	1725	4.8
Penthaz	8'500	4'440	54	1164	3.5
Lavey-St-Maurice	8'000	3'919	65	1353	4.9
Bussigny	8'000	6'600	58	830	3.0
Ormont-Dessous	7'770	200	96	2109	7.5
Rolle	7'500	4'600	80	1287	3.9
Villeneuve	6'100	3'000	74	546	3.5
Gryon	5'000	790	96	6242	9.1

TABLEAU 10 (suite) - Estimation de la charge quotidienne par habitant en 1983

VAUD

Stations	Capacité habitant	Habitants raccordés	Charge DBO ₅ g/hab/jour	Charge hydraulique l/hab/jour	Charge Phosphore total g/hab/jour
Cully	5'000	2'866	40	631	2.7
Bière	4'900	1'227	291	1902	16.0
La Sarraz	4'000	1'583	17	1118	2.2
Aubonne	3'800	2'602	34	679	3.8
Ormont-Dessus	3'500	800	90	3235	7.8
Saint-Prex	3'500	3'796	33	773	2.5
Prangins	3'000	1'624	24	506	2.6
Coppet	3'000	3'125	20	524	2.5
Founex	2'300	1'516	40	1735	5.4
Mies-Tannay	2'200	1'599	20	393	2.5
Eclépens	1'600	640	29	3254	4.7
Chavannes-de-Bogis	1'600	419	44	1883	5.3
La Claise-aux-Moines	1'500	600	38	730	3.2
Roche	1'500	727	140	1578	7.8
Gimel	1'500	1'024	91	1255	5.6
Yvorne	1'300	914	108	826	4.5
Gingins	1'300	1'079	60	1713	7.5
Montricher	1'135	581	137	2396	7.7
Sullens	1'000	800	29	1418	2.7
Cugy	1'000	1'405	18	1076	1.5
L'Isle	970	585	359	2049	19.1
Crassier/La Rippe	920	877	16	677	2.1
Lully	900	685	46	936	3.9
Saint-George	860	300	36	2352	3.7
Colombier	850	513	66	1909	3.2
Gilly	825	575	16	366	1.0
Mont-la-Ville	800	324	34	2231	5.8
Apples	800	711	93	944	4.4
Crans	750	1'213	33	570	3.1
Senarclens	715	418	47	1762	6.0
Vullierens	630	286	34	2970	2.0
Rennaz	600	180	130	1839	10.3
Reverolle	580	285	30	874	5.5
Moiry	580	290	25	2163	3.2
Chavannes-des-Bois	500	223	48	456	3.9
Allaman	500	292	27	1404	5.0
Daillens	500	400	28	613	2.3
Burtigny	400	230	120	1597	10.2
Dizy	315	96	134	1464	5.5
Marchissy	200	168	16	1713	2.3
Bettens	250	220	30	532	3.6
Buchillon	85	34	-	-	-

CANTON DU VALAIS

Stations d'épuration contrôlées

- . Viège-Lonza
- Monthey-Ciba
- Chateauneuf
- Chandoline
- Martigny
- Granges
- Zermatt
- Nendaz
- Verbier
- Fiesch
- Leukerbad
- Collombey
- Vétroz
- Chamoson
- Randa
- Saxon
- Riddes
- Bouveret
- Leytron
- Saint-Léonard
- Saint-Martin
- Uvrier
- Charrat
- Saint-Gingolph
- Icogne
- Sierre +
- Torgon +
- Isérables +
- Vouvry +
- Champéry +
- Riederalp +
- Siviez +
- Erde +
- Goppisbergeralp +
- Unterbach +
- Aproz +
- Guttet +
- Hohtenn +
- Chemin +
- Daviaz +
- Goppisberg +
- Greich +
- Bister +

Stations d'épuration non contrôlées

- | | | |
|---------------------|------------------|--------------------------------------|
| . Brigue | 44'000 habitants | (mise en service partielle fin 1983) |
| Varen | 1'000 habitants | (mise en service fin 1983) |
| Mase + | 600 habitants | |
| Anzère + | 700 habitants | |
| Grand Saint-Bernard | 400 habitants | |
| Rosswald | 350 habitants | |
| Mex | 300 habitants | |
| Illarsaz | 250 habitants | |

+ = stations non équipées de déphosphatation

Les effluents des stations valaisannes se jettent dans le Rhône ou ses affluents, sauf les stations du Bouveret (Port Valais) et de Saint-Gingolph qui se jettent dans le lac.

Voir tableaux 11 à 13

TABLEAU 11 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983

VALAIS

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅			Mat. susp.			DOO			Phosphore total		
				E	S	%	E	S	%	E	S	%	E	S	%
Viège)	311'073	10	48 h	97	22	77	-	71	-	-	-	-	8.0	0.7	91
Ionza)				1798	22	99	-	71	-	-	-	-	5.6	0.7	88
Monthey)	280'000	10	48 h	120	21	83	-	54	-	-	-	-	6.2	1.9	69
Ciba)				1199	21	98	-	54	-	-	-	-	8.9	1.9	79
Châteauneuf	50'000	6	24 h	181	13	93	-	9	-	402	55	86	10.0	1.3	87
Sierre	50'000	6	24 h	58	8	86	-	6	-	166	45	73	4.6	3.7	20
Chandoline	26'000	36	24 h	148	6	96	-	8	-	306	31	90	7.6	0.6	92
Martigny	24'000	3	24 h	158	8	85	-	23	-	282	75	73	7.9	1.6	80
Granges	22'000	6	24 h	63	8	87	-	8	-	157	34	78	4.5	0.7	84
Zermatt	22'000	5	24 h	115	8	93	-	6	-	230	40	83	5.3	0.5	91
Nendaz	20'000	6	24 h	67	7	89	-	7	-	162	45	72	4.1	1.3	69
Verbier	15'000	6	24 h	62	7	89	-	8	-	176	43	76	3.7	0.9	76
Fiesch	14'100	6	24 h	155	11	93	-	10	-	312	52	83	9.7	1.0	90
Leukerbad	11'000	6	24 h	34	6	82	-	12	-	110	43	61	5.7	1.6	72
Collombey	6'500	4	24 h	78	7	91	-	8	-	200	41	80	5.4	0.5	91
Vétroz	6'500	4	24 h	121	7	94	-	6	-	249	43	83	6.0	0.7	88
Chamoson	4'000	3	24 h	77	21	73	-	42	-	180	64	64	3.4	0.9	74
Randa	4'000	4	24 h	78	7	91	-	8	-	154	38	75	4.5	0.6	87
Saxon	3'500	4	24 h	52	7	87	-	6	-	142	30	79	2.7	0.7	74

TABLEAU 11 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
(suite)

VALAIS

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l		% élimination		Mat. susp. mg/l		% élimination		DOC mg/l		% élimination		Phosphore total mg/l		% élimination	
				E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Vouvry	3'500	4	24 h	49	18	63	-	-	14	-	-	196	73	63	-	4.0	2.2	45	-
Champéry	3'000	4	24 h	48	8	83	-	-	7	-	-	140	38	73	-	3.0	2.6	13	-
Riddes	2'800	4	24 h	303	10	97	-	-	17	-	-	486	60	88	-	9.0	0.7	92	-
Bouveret	2'500	4	24 h	90	25	72	-	-	26	-	-	222	86	61	-	5.7	3.0	47	-
Leytron	2'250	4	24 h	192	15	92	-	-	15	-	-	396	52	87	-	7.1	0.7	90	-
Riederalp	2'250	3	24 h	106	24	77	-	-	19	-	-	-	-	-	-	6.2	3.8	39	-
Saint-Léonard	2'000	4	24 h	247	17	93	-	-	9	-	-	402	51	87	-	8.9	1.0	89	-
Torgon	2'000	4	24 h	88	8	91	-	-	7	-	-	221	55	75	-	6.6	2.9	56	-
Isérables	2'000	3	24 h	103	36	65	-	-	30	-	-	204	99	51	-	5.0	4.1	18	-
Silvies	2'000	3	24 h	121	99	18	-	-	71	-	-	231	198	14	-	8.0	5.4	33	-
Saint-Martin	1'800	4	24 h	160	4	98	-	-	4	-	-	328	28	91	-	10.6	0.6	94	-
Charrat	1'700	4	24 h	98	5	95	-	-	15	-	-	235	38	84	-	5.1	0.6	88	-
Erde	1'600	4	24 h	63	4	94	-	-	3	-	-	200	28	86	-	3.6	1.1	69	-
Uvrier	1'500	5	24 h	113	6	95	-	-	6	-	-	308	35	89	-	7.8	1.5	81	-
Goppisbergeralp	1'350	3	24 h	197	26	87	-	-	30	-	-	417	134	68	-	10.0	9.4	6	-
Saint-Gingolph	1'000	4	24 h	42	5	88	-	-	6	-	-	114	31	73	-	3.0	0.7	77	-
Unterbach	1'000	2	24 h	35	17	51	-	-	31	-	-	133	95	29	-	4.4	4.2	5	-
Icoigne	850	1	24 h	15	4	73	-	-	4	-	-	98	27	72	-	1.2	0.4	67	-

TABLEAU 11 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
(suite)VALAIS

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l		% élimination		Mat. susp. mg/l		% élimination		DCO mg/l		% élimination		Phosphore total mg/l		% élimination	
				E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Aproz	850	2	24 h	123	27	78		-	29	-		332	77	77		9.2	7.8	15	
Guttet	570	1	24 h	160	125	22		-	94	-		290	250	14		9.1	7.8	14	
Hohstett	350	1	instantané	57	40	30		-	47	-		190	121	36		6.3	1.6	75	
Chenin	250	1	24 h	58	47	19		-	65	-		206	144	30		3.8	4.8	-	
Daviaz	150	1	24 h	45	37	18		-	30	-		215	158	27		4.5	3.6	20	
Goppisberg	140	2	instantané	213	37	83		-	66	-		760	114	85		7.9	5.1	35	
Greich	140	1	instantané	190	35	82		-	28	-		255	80	69		10.6	3.6	66	
Bister	135	1	24 h	37	4	89		-	4	-		76	27	64		2.4	1.7	29	

TABLEAU 12 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
estimation de la charge quotidienne

VALAIS

Stations	Débit m ³ /j	DBO ₅ kg/j			DCO kg/j			Phosphore total kg/j		
		entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé
Viège)	3'555	304	80	224	-	-	-	22.1	2.4	19.7
Lonza)	7'549	13483	165	13318	-	-	-	42.8	5.5	37.3
Monthey)	7'364	879	136	743	-	-	-	44.8	12.5	32.3
Ciba)	10'265	12292	219	12073	-	-	-	91.3	19.4	71.9
Châteauneuf	20'047	3807	250	3557	8414	1080	7334	209.8	26.3	183.5
Sierre	24'767	1421	195	1226	3960	1120	2840	111.7	92.9	18.8
Chandoline	4'787	656	27	629	1338	135	1203	34.4	2.8	31.6
Martigny	6'017	957	50	907	1701	448	1253	47.6	9.3	38.3
Granges	8'254	531	62	469	1292	277	1015	37.1	5.5	31.6
Zematt	6'442	753	47	706	1509	258	1251	35.0	2.9	32.1
Nendaz	2'878	184	20	164	438	130	308	10.9	3.7	7.2
Verbiez	3'440	210	25	185	578	150	428	12.1	3.0	9.1
Fiesch	1'702	268	19	249	540	87	453	16.2	1.8	14.4
Leukerbad	3'146	105	19	86	350	131	219	16.5	4.3	12.2
Collombey	2'175	133	19	114	354	78	276	8.2	1.2	7.0
Vétroz	3'921	463	27	436	956	166	790	22.7	2.7	20.0
Chamoson	1'731	137	33	104	329	100	229	5.8	1.4	4.4
Randa	1'323	99	10	89	196	49	147	5.5	0.8	4.7
Saxon	2'551	125	19	106	343	79	264	7.2	1.8	5.4
Vouvry	701	34	12	22	137	51	86	2.8	1.6	1.2
Champéry	962	42	7	35	125	37	88	2.2	1.8	0.4
Riddes	751	209	7	202	347	43	304	6.5	0.5	6.0
Bouveret	490	38	10	28	94	37	57	2.6	1.3	1.3
Leytron	998	182	13	169	381	49	332	6.8	0.7	6.1
Riederalp	304	30	7	23	72	28	44	1.7	1.1	0.6
Saint-Léonard	796	168	10	158	265	35	230	6.6	0.7	5.9
Torgon	135	16	1	15	37	8	29	1.2	0.4	0.8
Isérables	467	50	18	32	98	48	50	2.3	1.8	0.5
Siviez	188	30	24	6	54	46	8	1.6	1.5	0.1
Saint-Martin	464	79	2	77	159	13	146	5.3	0.3	5.0
Charrat	774	73	5	68	163	30	133	3.6	0.5	3.1
Erde	719	46	3	43	146	20	126	2.6	0.7	1.9
Uvrier	407	40	2	38	116	13	103	3.0	0.6	2.4
Goppisbergeralp	50	7	1	6	16	6	10	0.4	0.3	0.1
Saint-Gingolph	648	23	3	20	64	19	45	1.5	0.3	1.2
Unterbach	233	8	4	4	31	22	9	1.0	0.9	0.1
Icogne	1'405	21	6	15	138	38	100	1.6	0.6	1.0
Aproz	301	34	8	26	94	24	70	2.6	2.0	0.6
Guttet	202	32	25	7	59	50	9	1.8	1.6	0.2
Hohtenn	52	3	2	1	10	6	4	0.3	0.1	0.2
Chemin	50	3	2	1	10	7	3	0.2	0.2	0.0
Daviaz	52	3	2	1	11	8	3	0.2	0.2	0.0
Goppisberg	24	5	1	4	18	3	15	0.2	0.1	0.1
Greich	24	5	1	4	6	2	4	0.3	0.1	0.2
Bister	35	1	0	1	3	1	2	0.1	0.1	0.0

TABLEAU 13 - Estimation de la charge quotidienne par habitant

VALAIS

	Capacité habitant	Habitants raccordés	Charge DBO ₅ g/hab/jour	Charge hydraulique l/hab/jour	Charge phosphore total g/hab/jour
Viège)	311'073	11'510	26	309	1.9
Lonza)		179'800	75	42	0.2
Monthey)	280'000	11'650	75	632	3.8
Ciba)		163'900	75	63	0.6
Châteauneuf	50'000	34'020	112	589	6.2
Sierre	50'000	51'040	28	485	2.2
Chandoline	26'000	14'510	45	330	2.4
Martigny	24'000	18'550	52	324	2.6
Granges	22'000	13'380	40	617	2.8
Zematt	22'000	15'230	49	423	2.3
Nendaz	20'000	12'620	15	228	0.9
Verbier	15'000	15'040	14	229	0.8
Fiesch	14'100	10'460	26	163	1.6
Leukerbad	11'000	9'020	12	349	1.8
Collombey	6'500	4'370	31	498	1.9
Vétroz	6'500	8'480	55	462	2.7
Chamoson	4'000	3'570	38	485	1.6
Randa	4'000	2'820	35	469	1.9
Saxon	3'500	2'970	42	859	2.4
Vouvry	3'500	2'390	14	293	1.2
Champéry	3'000	4'870	9	198	0.5
Riddes	2'800	2'210	95	340	2.9
Bouveret	2'500	1'850	21	265	1.4
Leytron	2'250	1'800	101	554	3.8
Riederalp	2'250	1'460	20	208	1.2
Saint-Léonard	2'000	1'580	106	504	4.2
Torgon	2'000	1'960	8	69	0.6
Isérables	2'000	1'140	44	410	2.0
Siviez	2'000	640	47	294	2.5
Saint-Martin	1'800	1'690	47	274	3.1
Charrat	1'700	1'220	60	635	3.0
Erde	1'600	1'190	38	604	2.2
Uvrier	1'500	1'210	33	336	2.5
Goppisbergeralp	1'350	770	10	65	0.5
Saint-Gingolph	1'000	1'390	17	466	1.1
Unterbach	1'000	1'760	5	133	0.6
Icogne	850	610	35	2303	2.7
Aproz	850	510	67	590	5.0
Guttet	570	690	47	292	2.7
Hohtenn	350	280	11	187	1.2
Chemin	250	170	17	297	1.1
Daviaz	150	100	24	524	2.4
Goppisberg	140	100	51	242	1.9
Greich	140	140	33	173	1.8
Bister	135	160	8	221	0.5

CANTON DE GENEVE

BASSIN DU LEMAN

- | | |
|------------------|------------------------------|
| . Grand-Saconnex | Effluent dans le Vengeron |
| Nant d'Aisy | Effluent dans le Nant d'Aisy |
| Hermance | Effluent dans l'Hermance |

Ces stations sont équipées de déphosphatation

BASSIN DU RHÔNE

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| . Aïre | Effluent dans le Rhône |
| Villette | Effluent dans l'Arve |
| Nant d'Avril | Effluent dans le Rhône |
| Plaine de l'Aire | Effluent dans l'Aire |
| Chancy | Effluent dans le Rhône |
| Avully Gennecy | Effluent dans le Rhône |
| Laconnex | Effluent dans l'Eaumorte |
| Soral | Effluent dans l'Eaumorte |
| Dardagny | Effluent dans le Rhône |
| Camping Allondon | Effluent dans l'Allondon |
| La Louvière | Effluent dans le Foron (Arve) |
| La Plaine Firmenich | Effluent dans le Rhône |
| Vernier-Ouest Givaudan | Effluent dans le Rhône |

Ces stations ne pratiquent pas la déphosphatation

Voir tableaux 14 à 16

TABLEAU 14 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983

GENEVE

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅			Mat. susp.			DOC			Phosphore total		
				E	S	% élimination	E	S	% élimination	E	S	% élimination	E	S	% élimination
Aire	400'000	56 E + 56 S	24 h	141	20	86	101	16	84	232	67	71	-	-	-
Villette	50'000	14 E + 14 S	24 h	91	6	93	75	15	80	188	43	77	-	-	-
Nant d'Avril	30'000	19 E + 19 S	24 h	180	8	96	188	18	90	357	80	78	-	-	-
Nant d'Aisy	6'000	23 E + 23 S	24 h	39	4	90	51	6	88	99	22	78	3.6	0.8	78
Plaine de l'Aire	5'000	9 E + 9 S	24 h	79	18	77	113	35	69	210	82	61	-	-	-
Chancy	5'000	6 E + 6 S	24 h	123	7	94	109	13	88	228	154	32	-	-	-
Grand-Saconnex	3'500	7 E + 7 S	24 h	99	8	92	76	15	80	179	33	82	5.9	0.8	86
Avully Gernécy	1'800	7 E + 7 S	24 h	208	16	92	138	27	80	376	71	81	-	-	-
Hernance	800	11 E + 11 S	24 h	120	3	98	87	9	90	219	34	84	6.9	0.6	91
Lacornex	600	6 E + 6 S	24 h	53	5	91	41	8	80	114	32	72	-	-	-
Soral	500	7 E + 7 S	24 h	35	10	71	56	24	57	124	49	60	-	-	-
Dardagny	450	6 E + 6 S	24 h	124	22	82	73	24	67	188	99	47	-	-	-
Camping Allondon	500	2 E + 2 S	24 h	121	15	88	48	14	71	251	162	35	-	-	-
La Louvière	75	2 E + 2 S	24 h	50	14	72	47	35	26	147	72	51	-	-	-
La Plaine	1'500 + 13'000 é.h	4 E + 4 S	24 h	530	6	99	85	30	65	625	51	92	-	-	-
Vernier-Ouest	4'500 + 20'000 é.h	4 E + 4 S	24 h	297	13	96	107	87	19	1770	185	90	-	-	-

TABLEAU 15 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
estimation de la charge quotidienne

GENEVE

Stations	Débit m ³ /j	DBO ₅			Mat. susp.			Phosphore total		
		kg/j			kg/j			kg/j		
		entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé
Aïre	211'500	29800	4230	25570	21400	3380	18020	-	-	-
Villette	19'108	1739	115	1624	1433	286	1147	-	-	-
Nant d'Avril	12'558	2260	100	2160	2361	226	2135	-	-	-
Nant d'Aisy	3'684	144	15	129	188	22	166	13.2	2.9	10.3
Plaine de l'Aire	2'775	219	50	169	314	98	216	-	-	-
Chancy	511	63	3	60	56	7	49	-	-	-
Grand-Saconnex	1'954	158	13	145	121	24	97	11.5	1.6	9.9
Avully Gennecy	274	57	4	53	38	7	31	-	-	-
Hermance	578	69	2	67	50	5	45	3.9	0.3	3.6
Laconnex	274	14	1	13	11	2	9	-	-	-
Dardagny	195	24	4	20	14	5	9	-	-	-
La Plaine	1'297	687	7	680	110	39	71	-	-	-
Vernier-Ouest	3'458	1027	45	982	370	300	70	-	-	-

TABLEAU 16 - Estimation de la charge quotidienne par habitant en 1983

GENEVE

Stations	Capacité habitant	Habitants raccordés	Charge DBO ₅ g/hab/jour	Charge hydraulique l/hab/jour	Charge phosphore total g/hab/jour
Aïre	400'000	272'181	109	777	-
Villette	50'000	36'077	48	529	-
Nant d'Avril	30'000	21'234	106	591	-
Nant d'Aisy	6'000	3'890	37	947	3.4
Plaine de l'Aire	5'000	7'166	30	387	-
Chancy	4'500	1'144	55	446	-
Grand-Saconnex	3'500	2'600	60	751	4.4
Avully Gennecy	1'800	1'586	36	172	-
Hermance	800	586	117	986	6.6
Laconnex	600	423	33	647	-
Dardagny	450	330	72	590	-

DEPARTEMENT DE L'AIN

BASSIN DU LEMAN

- . Stations d'épuration contrôlées
Divonne-les-Bains
Ferney-Voltaire
- . Stations d'épuration non contrôlées
Sauverny-Versonnex
Vesancy

BASSIN DU RHONE

- , Stations d'épuration contrôlées
Néant
- . Stations d'épuration non contrôlées
Saint-Genis
Chalex
Farges
Peron
Pougny
Saint-Jean-de-Gonville

Voir tableaux 17 et 18

TABLEAU 17 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983

AIN

Stations	Capacité habitants	Nombre de prélèvements entrée-sortie	Durée prélèvement	DBO ₅ mg/l		% élimination		Mat. susp. mg/l		% élimination		DCO mg/l		% élimination		Phosphore total mg/l		% élimination
				E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Divonne-les-Bains	15'000	2 E + 2 S	24 h	22	11	50		25	15	40		61	28	54		3.7	2.8	24
		10 E + 10 S	2 h	35	9	74		50	8	84		93	28	70		2.3	1.1	52
Ferney-Voltaire	14'000	2 E + 2 S	24 h	80	24	70		78	12	85		190	42	78		8.9	6.6	26
		10 E + 10 S	2 h	102	23	77		141	16	89		225	36	84		7.9	2.9	63

TABLEAU 18 - Contrôles effectués sur les stations d'épuration en 1983
estimation de la charge quotidienne

AIN

Stations	Débit m ³ /j	DBO ₅ kg/j			Mat. sèches kg/j			Phosphore total kg/j		
		entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé	entrée	sortie	éliminé
Divonne-les-Bains	5'175	113	57	56	129	77	52	19	14	5
Ferney-Voltaire	5'067	405	121	284	395	60	335	45	33	12

ETUDE DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS DU RHONE ET DE SES AFFLUENTS PAR LES METAUX LOURDS

CAMPAGNE 1983

PAR

JEAN-YVES MONDAIN-MONVAL ET JEAN-PIERRE VERNET

INSTITUT F.-A. FOREL, VERSOIX

RESUME

La surveillance exercée sur le Rhône et ses affluents s'est poursuivie en 1983.

La pollution des sédiments du Rhône par le mercure diminue : les teneurs enregistrées dans les zones auparavant très contaminées baissent environ de moitié par rapport à celles de 1982.

La pollution par les métaux lourds des canaux au voisinage des stations d'épuration et des complexes industriels est encore très forte.

1. INTRODUCTION

Afin de mieux prendre en considération les changements de concentration dus aux effets de dilution provoqués par les variations du débit, les sédiments du Rhône et du canal de Turtig ont été prélevés à quatre reprises en 1983 :

- . en période de crues : mai et août
- . en période de basses eaux : février et octobre.

Les échantillons des autres canaux et affluents ont été prélevés lors de la campagne d'automne.

L'analyse porte sur la fraction fine (0-63 μ) de l'échantillon obtenue par tamisage humide.

2. NUMEROTATION ET PROVENANCE

En 1983, 52 points du Rhône ont été étudiés, comprenant tous les points prélevés en 1982; afin d'obtenir une idée plus juste de la teneur naturelle du Rhône avant sa contamination par l'homme, quelques points ont été échantillonnés en amont de Brigue (points 402 à 412). La position géographique des points prélevés sur les canaux et les affluents est identique à celle des années précédentes. Pour éviter toute confusion, les anciens numéros d'ordre sont supprimés, les numéros reportés sur les figures et les tables correspondent à ceux des plans de situation (figures 1a et 1b).

3. RESULTATS

Les teneurs naturelles retenues en 1983 sont identiques à celles fixées en 1976 sauf dans les cas suivantes : zinc, cuivre et argent. Par suite de l'introduction de l'ICP comme méthode d'analyse, rappelons que les limites de détection ont été augmentées pour certains éléments (argent) et abaissées pour d'autres (zinc et cuivre) - table 5.

a. LE RHÔNE (figures 1a, 2, 3, 4 et tables 1, 2 et 3)

Les nouveaux points situés en amont de Brigue ont tous une teneur en mercure inférieure ou égale à 0.05 mg/kg. Le choix de cette teneur naturelle se justifie donc parfaitement pour les sédiments du Rhône.

A part le point 78 situé immédiatement à la sortie du canal d'Evionnaz et qui présente une teneur élevée en cadmium, les sédiments du Rhône ne sont contaminés que par le mercure.

Le schéma de la figure 2, représentant l'évolution de la teneur moyenne en mercure de tous les échantillons prélevés pendant la campagne d'automne au cours de ces huit dernières années, montre clairement que la phase de diminution de la pollution mercurielle s'intensifie.

Avec une teneur moyenne de 0.37 mg/kg de mercure par kilo de sédiment, l'année 1983 se place en dessous de la valeur obtenue en 1978, début de l'augmentation de la pollution, et n'est plus que deux fois supérieure à celle de l'année "minimum" 1977.

La pollution des sédiments du Rhône par le mercure est encore principalement liée au canal de Turtig : seuls les deux points situés immédiatement en aval de la confluence du Rhône et de ce canal présentent des teneurs en mercure supérieures à 1 mg/kg.

Cependant la teneur en mercure des sédiments au point 13 est beaucoup moins élevée en 1983 qu'en 1982 (figures 3 et 4).

Les zones fortement contaminées l'an passé et les années précédentes se remarquent toujours mais les concentrations ont fortement diminué (figure 3). Seules les zones suivantes, situées la plupart en aval des stations d'épuration, présentent encore des teneurs moyennes supérieures à 0.5 mg/kg :

- . point 65 : aval des laminoirs de Chippis
- . point 67 : aval de la STEP de Sierre
- . point 68 : aval des STEP de Granges et Uvrier/St-Léonard
- . point 71 : aval de la STEP de Sion
- . point 22 : région de Fully
- . point 36 : aval d'Aigle.

b. LES AFFLUENTS ET CANAUX (figures 1b, 5, 6 et table 4)

Dans l'ensemble la situation des canaux et affluents n'a pas beaucoup évolué par rapport à l'an passé.

- la Navisence, le Torrent de Montana, la Borgne et la Drance sont exempts de toute contamination
- la Viège est de nouveau contaminée par le mercure (0.7 mg/kg), comme en 1981
- bien que toujours très élevée (16 mg/kg) la teneur moyenne des sédiments du canal de Turtig est sensiblement plus basse que les années précédentes (figure 5), pour le mercure bien entendu
- le canal de Rarogne est encore contaminé par le mercure et le zinc mais on note une très nette amélioration en ce qui concerne le cadmium
- le canal d'Ardon est toujours pollué par le mercure, le cadmium, le plomb, le zinc, le cuivre et l'argent
- le canal d'Evionnaz présente encore une forte pollution polymétallique; on constate au niveau des moyennes, une augmentation en mercure et une diminution en cadmium

- les sédiments du canal de Stockalper sont fortement pollués par le mercure et surtout le cadmium
- les échantillons des canaux recevant les eaux des stations d'épuration de Sierre (point 90), Sion (157), Conthey (110), Collombey-Muraz (85 et 35), et Vouvry (130) montrent encore une importante pollution polymétallique. De plus, pour la plupart des métaux traces, les teneurs sont en augmentation par rapport à l'an passé.

4. CONCLUSIONS

- . La pollution par le mercure des sédiments du Rhône diminue encore fortement pendant l'année 1983.

Celle-ci est principalement liée aux fortes teneurs du canal de Turtig, malgré une amélioration de la situation dans ce canal.

- . L'état des canaux reste stationnaire, à part de rares exceptions. Le canal d'Evionnaz connaît une forte pollution polymétallique; un point du Rhône situé en aval de sa confluence est contaminé par le cadmium. Peut-être faudrait-il envisager le curage de ce canal de faible débit, ceci pour éliminer une fois pour toutes une cause de contamination probablement ancienne.

- . Les teneurs en métaux lourds des sédiments des canaux recevant les eaux de stations d'épuration sont souvent en augmentation.

Ceci peut résulter, soit d'une augmentation des rejets, soit de l'effet cumulatif dû à la fixation par les sédiments des contaminants déversés. Dans un cas comme dans l'autre la nécessité d'une surveillance s'impose.

BIBLIOGRAPHIE

- BURRUS, D. et VERNET, J.P. (1983) : Etude de la pollution du Rhône amont et de ses affluents par des métaux lourds. In : rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Campagne 1982, p. 92-104.
- RAPIN, F., et VERNET, J.P. (1980) : Le Rhône amont et ses affluents. In : rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Campagne 1979, p. 234-246.
- RAPIN, F. et VERNET, J.P. (1981) : Le Rhône amont et ses affluents. In : rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Campagne 1980, p. 131-142.
- VIEL, M. et VERNET, J.P. (1981) : Le Rhône amont et ses affluents. In : rapport Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Campagne 1981, p. 203-222.

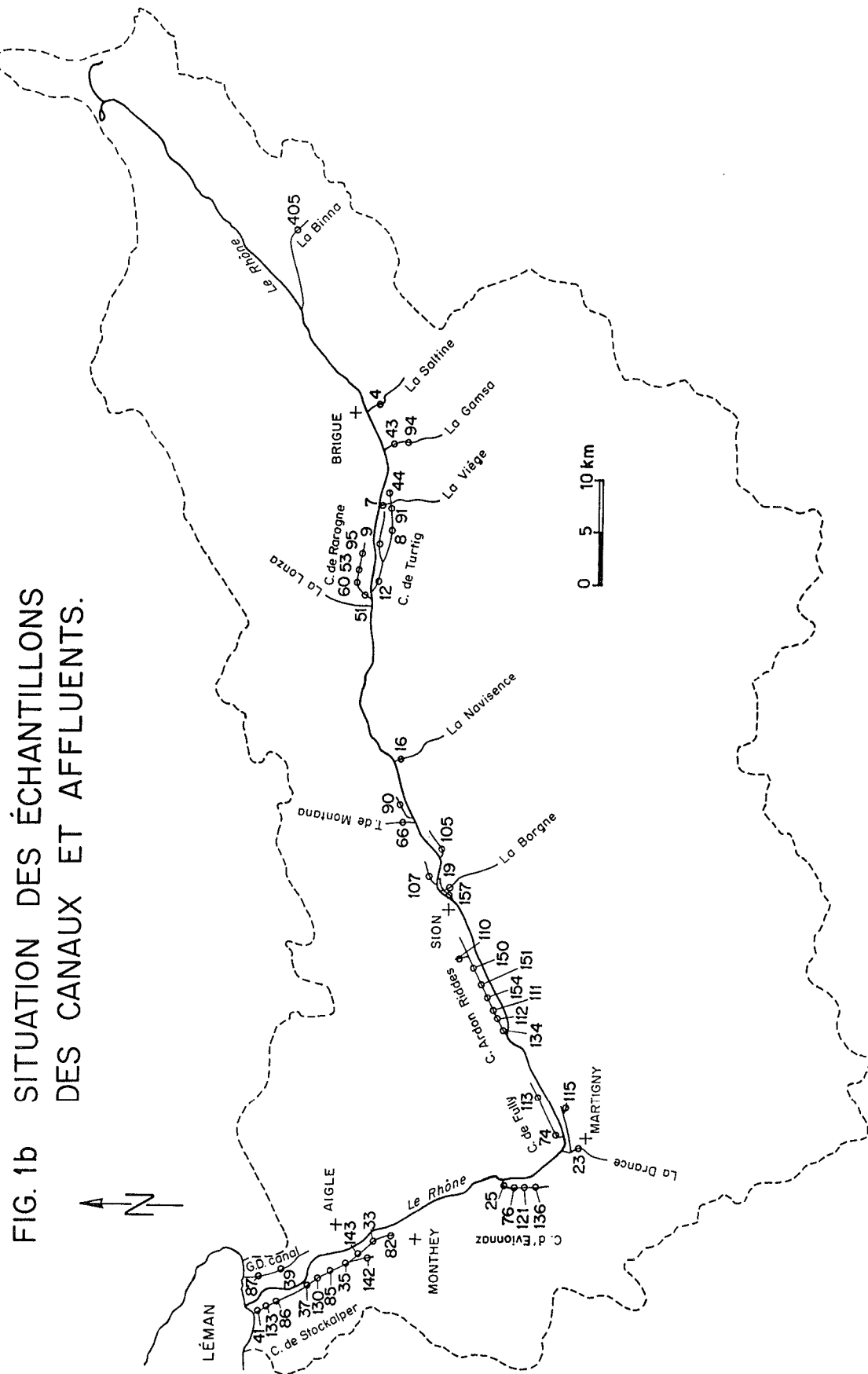


FIG 2

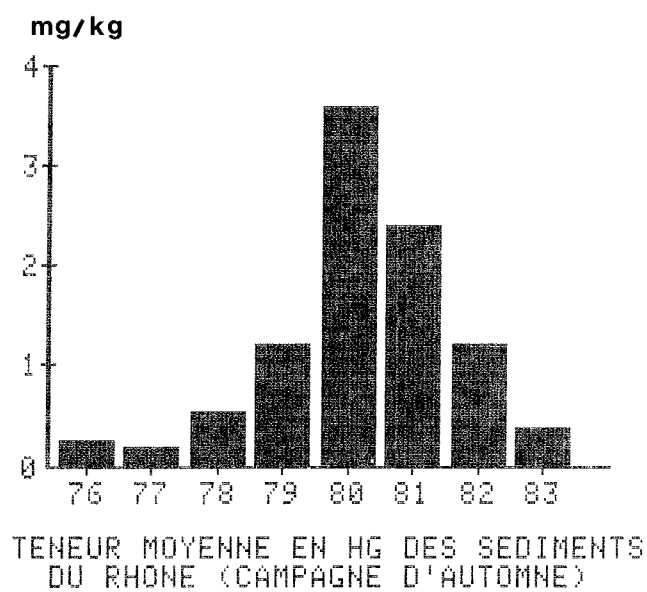


FIG 3

EVOLUTION DE LA TENEUR EN MERCURE DES SEDIMENTS DU RHONE EN 82 ET 83.
(MOYENNE DE 4 PRELEVEMENTS PAR ANNEE)

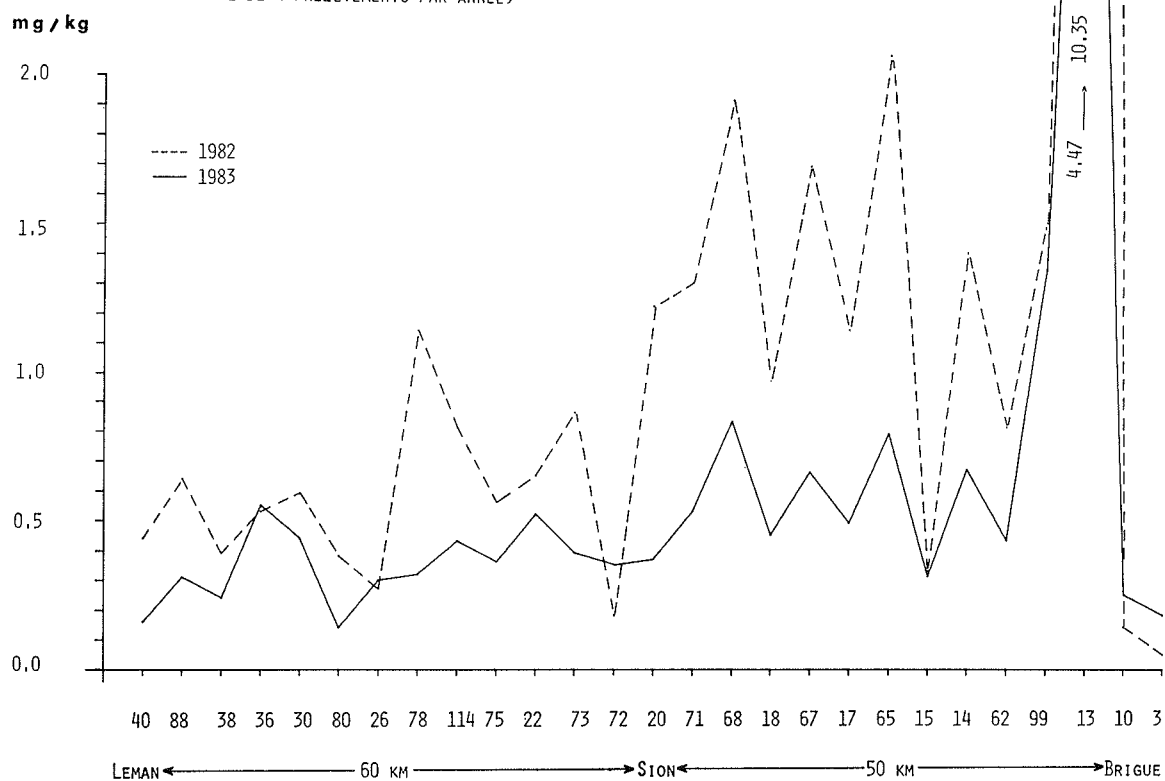
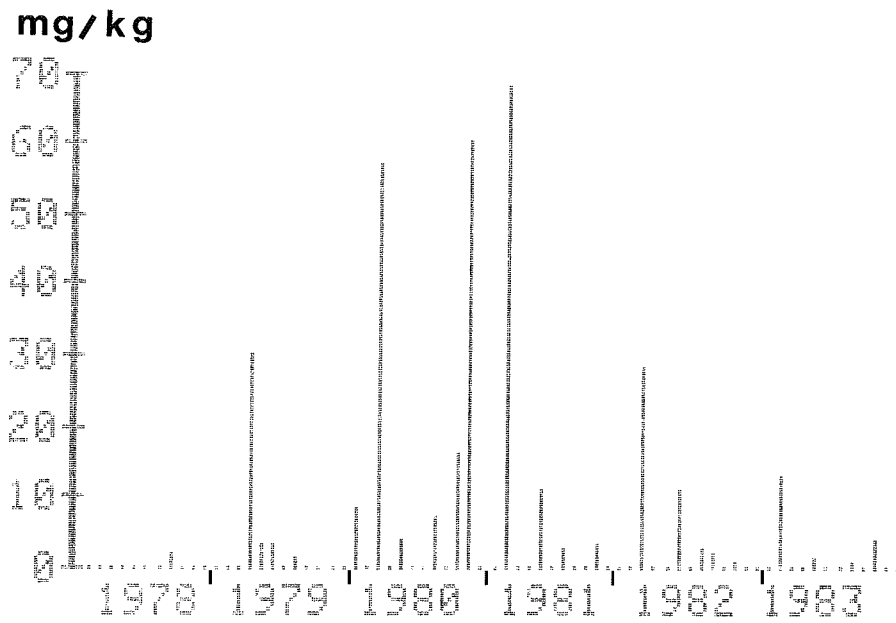
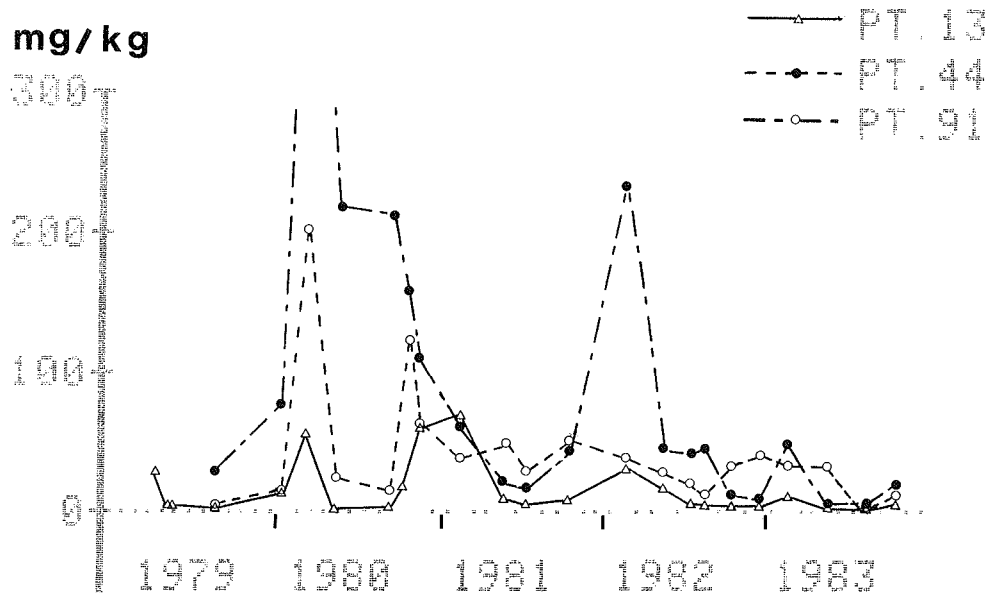


FIG 4



EVOLUTION DE LA TENEUR EN MERCURE DES
SEDIMENTS DU RHONE (POINT 13)

FIG 5



EVOLUTION DE LA TENEUR EN MERCURE
DES SEDIMENTS DU RHONE (PT. 13) ET
DU CANAL DE TURTIG (PT. 91 ET 44)

FIG. 6 AFFLUENTS DU RHÔNE
TENEUR EN MERCURE, CADMIUM, PLOMB ET ZINC.

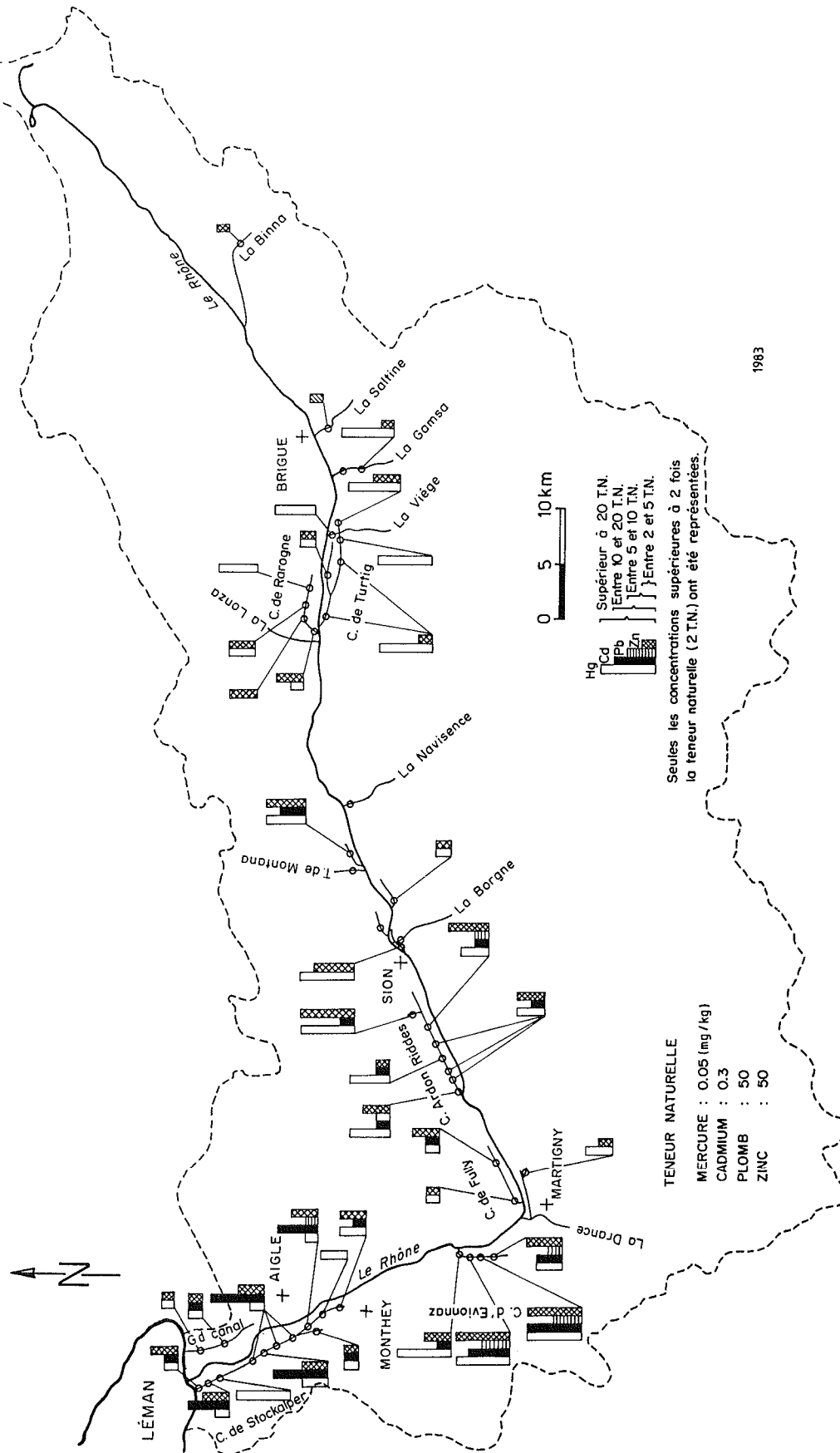


TABLE 1 - Evolution de la teneur en mercure des sédiments du Rhône (en mg/kg)

Situation	No	1976	1977	1978	1979*	1980**	1981*	1982*	1983*
Le Bouveret	40	0.18	0.19	0.47	0.36	0.52	0.42	0.44	0.16
Noville	88	0.46	0.18	0.54	0.79	1.33	0.80	0.64	0.31
Porte du Scex	38	0.24		0.22	0.55	1.23	0.84	0.39	0.24
Illarsaz	36	0.18	0.16	0.30	0.63	1.26	0.81	0.53	0.55
Monthey	30	0.16		0.38	0.82	1.69	0.96	0.59	0.44
Aval St-Maurice	80	0.66	0.30	0.33	0.54	1.42	1.09	0.38	0.14
Lavey-les-Bains	26	0.07	0.44	0.17	0.41	0.63	0.38	0.27	0.30
Evionnaz	78	0.29	0.21	0.31	0.73	1.07	0.91	1.14	0.32
Les Follatères	114		0.06	0.32	0.89	1.53	0.91	0.81	0.43
Branson	75	0.13	0.12	0.18	0.67	1.48	1.34	0.56	0.36
Fully	22	0.26	0.11	0.55	0.67	2.51	1.17	0.65	0.52
Saillon	73	0.18	0.11	0.27	0.71	1.58	1.86	0.86	0.39
Ardon	72	0.20	0.05	0.51	0.61	2.53	1.10	0.18	0.35
Aproz	20	0.17	0.16	1.30	0.99	5.18	2.24	1.22	0.37
Aval de Sion	71	0.24	0.06	1.38	0.56	2.30	2.07	1.30	0.53
Bramois	68	0.74	0.09	0.84	1.23	4.82	2.20	1.91	0.83
St-Léonard	18	0.19	0.10	0.86	0.88	5.03	1.55	0.97	0.45
Granges	67	0.18	0.09	0.73	1.71	5.55	3.41	1.69	0.66
Chalais	17	0.17	0.05	0.60	1.20	2.25	2.14	1.14	0.49
Laminoir Chippis	65	0.15	0.17	0.68	1.11	7.74	3.37	2.06	0.79
Finges	15	0.16	0.39	0.62	0.68	1.44	0.25	0.33	0.31
La Souste	14	0.27	0.25	0.30	1.54	2.89	2.27	1.40	0.67
Gampinen	62	0.16	0.31	0.72	2.48	9.38	2.87	0.81	0.43
Niedergampel	99		0.19	0.43	3.57	2.14	8.14	1.50	1.34
Gampel	13	0.37	0.28	1.17	7.92	25.30	21.21	10.35	4.47
St-Germain	10	0.03	0.12	0.05	0.21	0.18	0.20	0.14	0.25
Brigue	3	0.03	0.05	0.02	0.04	0.07	0.07	0.05	0.18

* = moyenne 4 prélèvements

** = moyenne 6 prélèvements

TABLE 2 - Evolution de la teneur en mercure des sédiments du Rhône et du canal de Turtig en 1983 (en mg/kg)

Situation	No	11.02	17.05	02.08	20.10	Moyenne
Le Bouveret	40	0.27	0.15	0.07	0.13	0.16
Noville	88	0.47	0.15	0.18	0.45	0.31
Porte du Scex	38	0.35	0.24	0.18	0.18	0.24
Barge (Vouvry)	84				0.15	0.15
Illarsaz	36	1.48	0.21	0.13	0.36	0.55
Les Iles	126				0.32	0.32
Satom (Monthey)	146				0.34	0.34
Collombey	32				0.16	0.16
Monthey	30	0.57	0.27	0.08	0.83	0.44
Massongex	28				0.24	0.24
Aval St-Maurice	80	0.18	0.21	0.07	0.14	0.15
St-Maurice (RG)	124				0.56	0.56
STEP St-Maurice	123				0.21	0.21
Lavey-les-Bains	26	0.36	0.27	0.26		0.33
Evionnaz	78	0.70	0.18	0.11	0.30	0.32
Collonges	77				0.25	0.25
Dorénaz	24				0.59	0.59
Les Follatères	114	0.56	0.23		0.50	0.43
Branson	75	0.50	0.54	0.10	0.30	0.36
Fully	22	1.16	0.36	0.12	0.45	0.52
Saillon	73	0.19	0.88	0.12	0.38	0.39
Riddes	21				0.34	0.34
Ardon	72	0.61	0.37	0.15	0.28	0.35
Aproz	20	0.83	0.37	0.11	0.16	0.37
Aval de Sion	71	1.00	0.57	0.33	0.21	0.53
	155				0.21	0.21
	156				0.41	0.41
Sion	109				0.25	0.25
Bramois	68	1.80	0.59	0.11	0.35	0.71
St-Léonard	18	1.06	0.49	0.07	0.17	0.45
Granges	67	1.71	0.51	0.08	0.34	0.66
Chalais	17	1.00	0.58	0.10	0.29	0.49
Laminoir Chippis	65	1.15	1.34	0.33	0.33	0.79
Chippis	64				0.23	0.23
Finges	15	0.10	0.80	0.09	0.23	0.31
La Souste	14	1.35	0.75	0.13	0.44	0.67
Gampinen (RG)	62	0.73	0.60	0.11	0.27	0.43
Niedergampel	99	3.90	0.76	0.12	0.59	1.34
Gampel (RG)	13	12.90	1.05	0.44	3.48	4.47
Niedergesteln	11				0.20	0.20
St-Germain	10	0.47	0.16	0.30	0.07	0.25
Brigbad	6				0.18	0.18
	5				0.18	0.18
Brigue	3	0.50	0.02	0.15	0.03	0.18
Oberwatt	1		*	0.03	0.02	0.02
Morel	402		*	*	*	*
Betten	403		0.03	*	*	(0.03)
Grensiols	404		*	0.03	*	(0.03)
Aval Ausserbinn	409		0.03			(0.03)
Ernen	410		0.05	*		(0.05)
Oberwald aval	411		0.05			(0.05)
Oberwald amont	412		0.03	*		(0.03)
Canal Turtig	91	13.50	18.50	3.27	16.60	13.00
	44	47.90	6.87	5.19	21.10	20.30

* = inférieur à la limite de détection

TABLE 3 - Teneurs en métaux lourds et en carbone organique des sédiments
du Rhône (1983) en mg/kg

Situation	No	Cadmium	Plomb	Zinc	Cuivre	Etain	Argent	C. org.
Le Bouveret	40	0.16	18	86	29	- 9	-0.18	0.65
Noville	88	0.23	20	86	32	13	-0.66	0.66
Porte du Scex	38	0.16	19	74	28	-10	-0.69	0.51
Barge (Vouvry)	84	-0.16	-17	-80	-27	- *	-0.41	-0.75
Illarsaz	36	0.21	24	82	30	*	-0.18	0.49
Les Iles	126	-0.16	-23	-83	-31	- *	-*	-0.66
Satom (Monthey)	146	-0.26	-26	-81	-30	- *	-*	-0.84
Collombey	32	-0.12	-24	-56	-25	- *	-*	-0.32
Monthey	30	0.19	23	81	31	*	-0.49	0.60
Massongex	28	-0.16	-24	-62	-31	-13	-*	-0.73
Aval St-Maurice	80	0.14	22	58	25	-10	*	0.43
St-Maurice (RG)	124	-0.20	-26	-65	-28	- *	-*	-0.90
STEP St-Maurice	123	-0.16	-26	-67	-26	- *	-*	-0.73
Lavey-les-Bains	26	0.43	19	102	41	*	-0.70	0.76
Evionnaz	78	0.71	54	103	33	*	-0.16	0.83
Collonges	77	-0.27	-19	-47	-27	-13	-*	-0.30
Dorénaz	24	-0.28	-29	-63	-31	- *	-*	-0.35
Les Follatères	114	0.17	22	65	28	*	*	0.39
Branson	75	0.20	22	75	28	-13	*	0.36
Fully	22	0.17	22	81	29	13	*	0.44
Saillon	73	0.20	22	69	26	-16	*	0.54
Riddes	21	-0.15	-23	-72	-27	-10	-*	-0.52
Ardon	72	0.28	25	77	27	15	*	0.62
Aproz	20	0.21	21	67	29	17	*	0.38
Aval de Sion	71	0.19	23	70	29	15	*	0.45
	155	-0.15	-14	-86	-27	- 8	-*	-0.34
	156	-0.17	-23	-75	-33	- *	-1.10	-0.41
Sion	109	-0.11	-14	-75	-28	- *	-*	-0.45
Bramois	68	0.15	21	67	29	14	*	0.41
St-Léonard	18	0.13	21	66	25	- 9	*	0.41
Granges	67	0.15	20	71	30	-19	*	0.46
Chalais	17	0.15	19	73	29	-16	*	0.48
Laminoir Chippis	65	0.13	23	79	36	-11	-0.90	0.45
Chippis	64	-0.31	-33	-94	-32	-18	-*	-0.88
Finges	15	0.11	17	70	23	-13	*	0.54
La Souste	14	0.22	15	101	39	-19	-1.00	0.84
Gampinen (RG)	62	0.17	11	67	38	20	-0.60	1.49
Niedergampel	99	0.18	15	81	38	-17	*	0.41
Gampel (RG)	13	0.17	19	67	35	-13	*	0.64
Niedergesteln	11	-0.09	- 8	-64	-31	-14	-*	-0.24
St-Germain	10	0.17	19	92	39	-15	*	0.56
Brigbad	6	-0.90	-16	-70	-34	-15	-*	-0.57
	5	-0.22	-23	-98	-41	- *	-1.40	-0.49
Brigue	3	0.28	83	95	36	-11	-0.80	0.72
Oberwatt	1	0.21	22	83	32	*	0.90	0.61
Morel	402	0.22	15	82	33	*	0.80	0.65
Betten	403	0.20	16	80	30	-10	0.61	0.45
Grengiols	404	0.18	19	89	35	-11	-0.18	0.46
Aval Ausserbinn	409	-0.23	-21	-91	-34	- *	-*	-0.59
Ernen	410	0.15	14	60	17	*	-0.87	0.35
Oberwald aval	411	-0.21	-16	-75	-24	-17	-1.00	-0.56
Oberwald amont	412	0.13	11	52	14	*	-0.79	0.43

* = inférieur à la limite de détection

Les valeurs précédées du signe - correspondent à des valeurs individuelles et les autres sont des moyennes de 2 à 4 échantillons

TABLE 4 - Teneurs en métaux lourds et en carbone organique des affluents du Rhône

Situation	No	Mercur	Cadmium	Plomb	Zinc	Cuivre	Etain	Argent	C. org.
Binna	405	0.05	0.48	27	142	60.7	*	0.80	1.06
Saltina	4	0.02	0.20	12	129	52.9	*	0.80	0.16
La Gamsa	43	0.09	0.07	19	48	21.8	*	*	1.20
	94	1.89	0.25	45	148	45.4	*	*	2.10
La Viège	7	0.80	0.06	6	69	43.8	*	*	1.46
Canal de Turtig	12	13.70	0.11	10	120	50.6	*	*	1.20
	8	17.70	0.13	10	100	45.0	*	*	1.04
	91	13.00	0.19	17	82	35.8	*	*	0.81
	44	20.30	0.23	17	431	198.0	39	4.00	0.82
Affluent C.Turtig	9	0.11	0.20	14	109	45.0	*	*	2.65
Canal de Rarogne	51	0.17	0.39	9	306	63.0	12	*	2.37
	60	0.06	0.43	5	308	58.2	15	*	1.85
	53	0.32	0.25	16	283	61.1	*	0.70	2.84
	95	0.58	0.08	12	53	16.6	13	*	0.37
La Navisence	16	0.01	0.07	5	75	24.9	*	*	1.82
STEP Sierre	90	0.86	1.66	96	639	350.0	20	7.30	8.12
Torrent Montana	66	0.07	0.43	44	91	33.4	12	*	2.42
STEP Granges	105	0.16	0.30	11	217	87.2	*	2.20	3.23
STEP Uvrier	107	0.03	0.13	16	83	22.5	11	*	0.75
La Borgne	19	0.03	0.07	11	75	24.5	*	*	0.63
STEP Sion Vissigen	157	1.77	0.46	33	618	88.8	*	8.80	3.82
STEP Conthey	110	1.09	2.34	74	1450	700.0	117	14.20	16.04
C. Ardon Riddes	134	0.81	1.06	114	370	170.0	26	4.90	3.75
	112	0.45	1.06	76	385	240.0	27	4.90	8.39
	111	0.33	1.09	74	309	175.0	24	3.40	4.51
	154	0.54	1.04	86	229	154.0	23	5.90	3.57
	151	0.39	1.02	72	297	148.0	22	2.90	3.09
	150	0.41	1.19	133	530	300.0	46	3.70	6.71
Canal de Fully	74	0.19	0.58	47	235	107.0	13	*	3.08
	113	0.21	0.64	57	257	131.0	18	*	3.39
STEP Martigny	115	0.44	0.17	27	120	48.0	14	*	7.75
La Drance	23	0.07	0.19	24	77	33.9	19	*	0.60
Canal Evionnaz	25	1.34	1.02	45	362	57.6	13	*	3.85
	76	3.67	3.57	313	1506	287.4	745	1.35	5.71
	121	12.20	66.80	368	2623	271.7	648	1.60	7.06
	136	0.31	2.04	200	765	169.3	12	*	4.83
Canal Massongex	143	0.17	3.69	112	380	38.1	*	*	1.17
Collombey	33	0.25	0.27	32	97	32.1	9	*	1.04
	82	0.40	1.17	92	250	69.3	13	*	6.15
Canal Stockalper	41	0.22	0.75	40	359	46.8	13	0.53	2.06
	133	0.18	3.18	24	260	41.9	9	*	1.75
	86	1.64	0.12	20	96	45.6	*	*	1.68
	37	0.22	6.52	74	407	54.3	*	*	2.80
STEP Vouvy	130	0.32	6.60	80	496	64.6	*	*	3.10
	85	0.15	6.52	48	353	40.5	11	*	3.26
	35	0.12	14.30	63	426	3.7	*	*	1.34
	142	0.23	0.71	99	218	46.2	11	*	3.51
Grand Canal	87	0.11	0.39	36	145	72.5	*	*	4.14
	39	0.17	0.67	64	203	159.0	*	*	5.36

* = inférieur à la limite de détection

TABLE 5 - Teneurs naturelles et limites de détection pour les
sédiments du Rhône (en mg/kg)

Elément	Teneur naturelle	Limite de détection
Mercure	0.05	0.03
Cadmium	0.30	0.05
Plomb	50	5
Zinc	50	2.7 *
Cuivre	50	0.47 *
Etain	10	10 *
Argent	1	0.6 *

* = valeurs moyennes

ETUDE DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS DE LA VENOGÉ PAR LES METAUX LOURDS

CAMPAGNE 1983

PAR

JEAN-YVES MONDAIN-MONVAL ET JEAN-PIERRE VERNET

INSTITUT F.-A. FOREL, VERSOIX

RESUME

La surveillance de la pollution des sédiments de la Venoge en 1983 a mis en évidence une forte diminution de la contamination par les métaux lourds au niveau de l'usine d'incinération de Penthaz. En aval de celle-ci la baisse des concentrations est beaucoup moins nette. Alors qu'en amont, la situation ne s'est pas améliorée.

1. INTRODUCTION

Les sédiments de la Venoge ont été échantillonnés en août, période d'étiage, et en décembre, période de crue. L'objectif principal était d'examiner l'évolution de leurs teneurs en métaux lourds au voisinage de l'usine d'incinération des déchets de Penthaz. Afin de tester l'efficacité du nouveau système d'épuration mis en service en été 1983, la situation des points de prélèvements aux alentours de l'usine est identique à celle de 1982.

2. RESULTATS (voir tableaux et figure)

En aval de La Sarraz et d'Eclépens (point 562), les sédiments de la Venoge sont déjà assez fortement contaminés par le mercure.

Aux environs de Cossonay (point 560), ainsi qu'à l'aval des rejets de la station d'épuration de Penthaz (points 1000 et 968), les teneurs en métaux lourds sont en légère augmentation par rapport à l'an passé, sauf pour le mercure et le cadmium dont les teneurs triplent au point 968.

La situation s'est améliorée de façon spectaculaire à la sortie des rejets de l'usine d'incinération (points 557 et 556). Le mercure, le cadmium, le plomb, le zinc et le cuivre restent les polluants principaux. Les suspensions noirâtres qui caractérisaient cette zone tendent à disparaître. Bien qu'encore très élevées, les teneurs moyennes en métaux lourds ont fortement diminué directement à l'aval des rejets (point 557) :

- . en mercure, d'environ 4 fois
- . en cadmium et en plomb, d'environ 15 fois
- . en zinc, d'environ 5 fois
- . en cuivre, d'environ 3 fois.

Les points échantillonnés entre Vufflens-la-Ville et Bussigny présentent une forte contamination par le cadmium et dans une moindre mesure par le plomb, le mercure et le cuivre.

3. CONCLUSIONS

Malgré une nette diminution de la pollution due à la mise en route d'un nouveau système d'épuration à l'usine de Penthaz, les sédiments de la Venoge sont encore assez fortement contaminés par les métaux lourds.

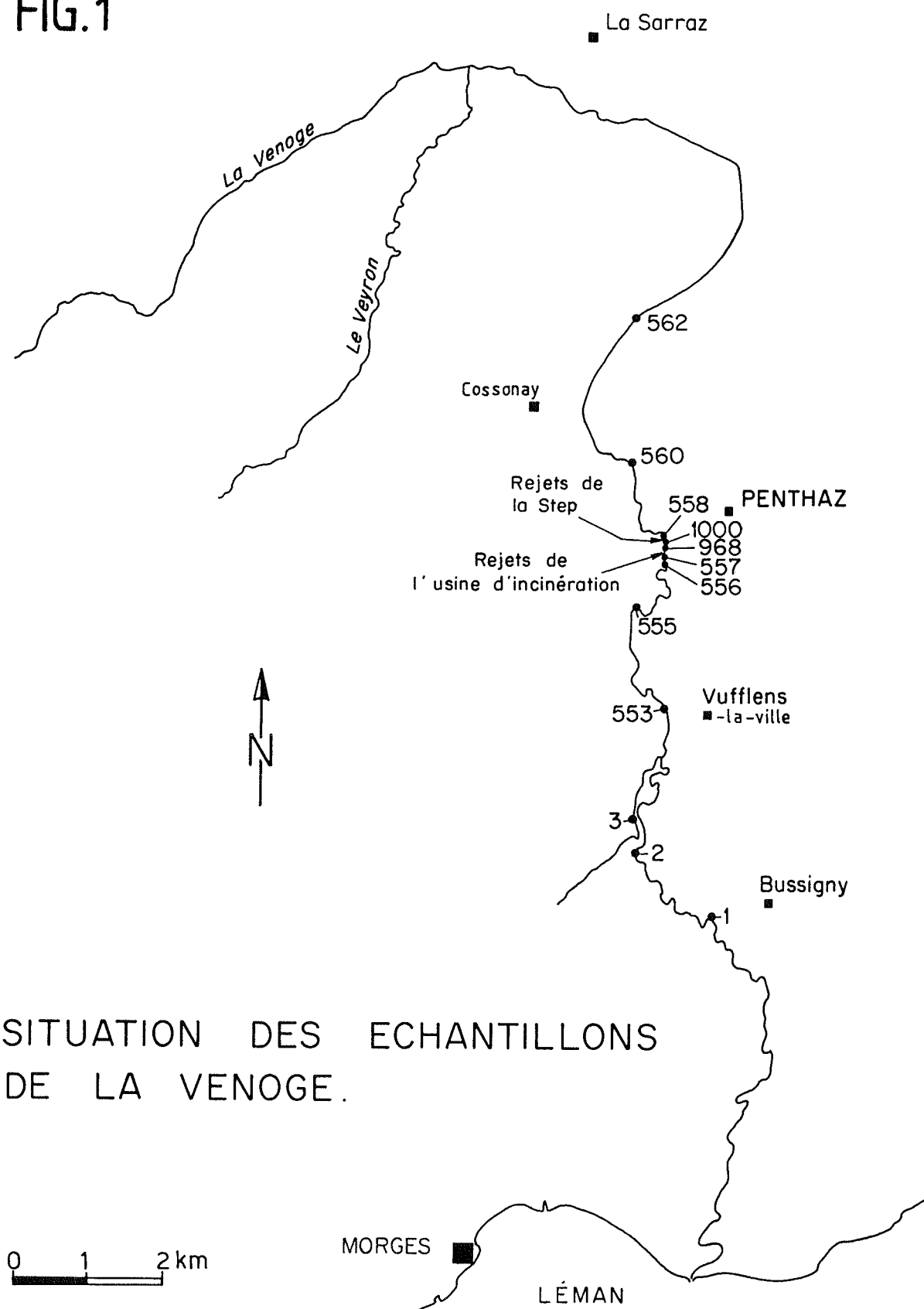
La diminution des rejets à la hauteur de Penthaz va se répercuter à l'aval et, lorsque les crues auront entraîné tous les sédiments anciennement contaminés, des sources secondaires apparaîtront certainement.

De plus, une pollution par le mercure et le zinc existe en amont du point le plus au nord de notre échantillonnage.

BIBLIOGRAPHIE

VIEL, M., et VERNET, J.P., (1982) : Contamination par les métaux lourds des sédiments des affluents suisses du Léman et des rivières du canton de Genève. Rapport Commission internationale pour la protection du Léman, campagne 1982, p. 111-133.

FIG.1



SITUATION DES ECHANTILLONS
DE LA VENOGÉ.

Teneur en mercure des sédiments de la Venoge en 1982 et 1983 (en mg/kg)

Numéros	1982					1983		
	01.03	10.05	25.06	03.12	Moyenne	04.08	07.12	Moyenne
562						0.32	0.30	0.31
560	0.12	0.19	0.26	0.15	0.18	0.32	0.20	0.26
558	0.14	0.22	0.22	0.18	0.19	0.10	0.15	0.13
1000							0.16	0.16
968	0.34			0.27	0.30	0.87	1.11	0.99
557	21.95	7.80	3.50	15.30	12.14	3.95	3.26	3.60
556	3.80	1.30	0.96	1.10	1.79	1.13	0.77	0.95
555	0.34	0.40	0.53	0.30	0.39	0.85	0.30	0.57
553						0.36	0.43	0.39
3						0.31	0.42	0.36
2						0.25	0.17	0.21
1						0.22	0.12	0.17

Teneur en cadmium des sédiments de la Venoge en 1982 et 1983 (en mg/kg)

Numéros	1982					1983		
	01.03	10.05	25.06	03.12	Moyenne	04.08	07.12	Moyenne
562						0.51	0.29	0.40
560	1.45	0.70	0.93	0.70	0.94	2.25	0.43	1.34
558	0.81	0.90	1.06	0.62	0.85	0.67	0.52	0.59
1000							0.51	0.51
968	1.62			0.83	1.22	2.07	5.11	3.59
557	102.40	36.30	34.40	150.00	80.70	6.30	4.59	5.44
556	21.00	7.90	8.30	9.86	11.76	10.87	3.30	7.08
555	1.88	1.60	2.04	2.11	1.91	0.93	1.04	0.98
553						4.52	3.89	4.20
3						3.88	4.46	4.17
2						3.29	1.37	2.33
1						2.92	1.19	2.05

Teneur en plomb des sédiments de la Venoge en 1982 et 1983 (en mg/kg)

Numéros	1982					1983		
	01.03	10.05	25.06	03.12	Moyenne	04.08	07.12	Moyenne
562						72	34	53
560	120	61	83	81	86	106	42	74
558	83	61	88	84	79	69	42	55
1000							41	41
968	180				180	158	250	204
557	4700	2180	1550	5343	3443	240	195	217
556	860	450	400	398	527	299	184	241
555	130	70	110	144	114	71	71	71
553						144	120	132
3						135	133	134
2						89	67	78
1						72	59	65

Teneur en zinc des sédiments de la Venoge en 1982 et 1983 (en mg/kg)

Numéros	1982				Moyenne	1983		
	01.03	10.05	25.06	03.12		04.08	07.12	Moyenne
562						228	194	211
560	193	185	266	195	210	284	183	233
558	162	174	216	233	196	141	166	154
1000							172	172
968	276			337	307	405	608	506
557	14500	6830	3770	18000	10775	2600	1830	2215
556	3060	1320	1260	1317	1739	518	544	531
555	314	339	261	475	347	211	193	202
553						410	390	400
3						708	489	598
2						338	192	265
1						313	193	253

Teneur en cuivre des sédiments de la Venoge en 1982 et 1983 (en mg/kg)

Numéros	1982				Moyenne	1983		
	01.03	10.05	25.06	03.12		04.08	07.12	Moyenne
562						37	52	44
560	385	138	104	128	189	660	127	393
558	159	188	131	103	145	150	120	135
1000							112	112
968	368			107	237	430	357	393
557	2510	1200	834	1770	1578	500	480	490
556	640	236	186	217	320	74	119	96
555	190	216	281	162	212	194	135	164
553						262	150	206
3						227	228	227
2						110	114	112
1						119	118	118

ANALYSES COMPARATIVES INTERLABORATOIRES

CAMPAGNE 1983

PAR

PAUL BLANC

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA) THONON

RESUME

Au cours de l'année 1983, deux analyses interlaboratoires ont été effectuées par sept laboratoires travaillant au sein de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Les résultats obtenus confirment la bonne qualité des analyses fournies par les laboratoires. L'incertitude relevée les années passées concernant le dosage de l'azote nitrique a été levée et les laboratoires donnent maintenant des résultats tout à fait concordants.

LABORATOIRES AYANT PARTICIPE AUX ANALYSES CIRCULAIRES

- . Laboratoire des Services industriels de Genève
- . Laboratoire du service cantonal de la protection de l'environnement, Sion
- . Institut d'Hygiène, service d'hydrobiologie, Genève
- . Office cantonal pour la protection des eaux (OCPE), Epalinges (VD),
- . Laboratoire cantonal de chimie, Sion (VS),
- . Centre de Recherches Géodynamiques, Thonon
- . Station d'Hydrobiologie Lacustre (INRA), Thonon.

Comme en 1981 et 1982, la participation de laboratoires non engagés dans le programme d'auscultation du Léman et l'étude des apports par les rivières a été motivée par la nécessité de disposer d'un nombre suffisant de laboratoires pour l'interprétation statistique des résultats.

DEROULEMENT DES ANALYSES

ECHANTILLONS

Chaque série d'analyses a porté sur des échantillons d'eau du Léman prélevés au pompage de la Station d'Hydrobiologie Lacustre de l'INRA, Thonon.

La prise d'eau se situe à une profondeur de 38 m. Les laboratoires ont reçu pour chaque série trois flacons de deux litres d'eau prélevés le matin même du jour de la distribution.

ANALYSES

Elles ont débuté le jour même ou le lendemain de la distribution des échantillons et ont porté sur les éléments et composés consignés dans les tableaux 1 et 2.

RESULTATS

Les laboratoires ont donné chaque fois trois valeurs pour chaque élément dosé.

Les figures 1 à 16 donnent une représentation graphique de l'ensemble de résultats :

- . valeurs extrêmes et moyennes de chaque laboratoire,
- . médiane $\bar{m}$ et moyenne $\bar{M}$ générales.

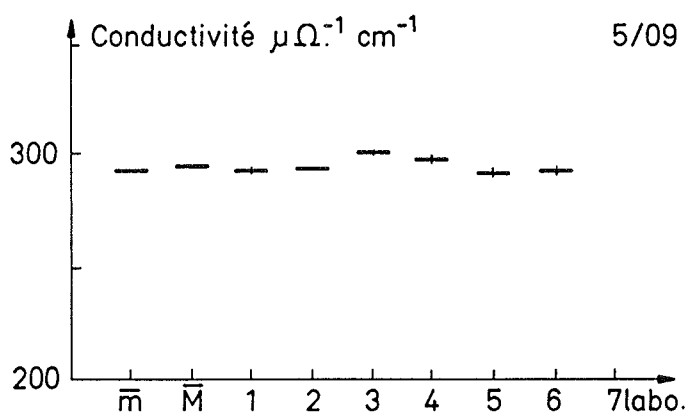
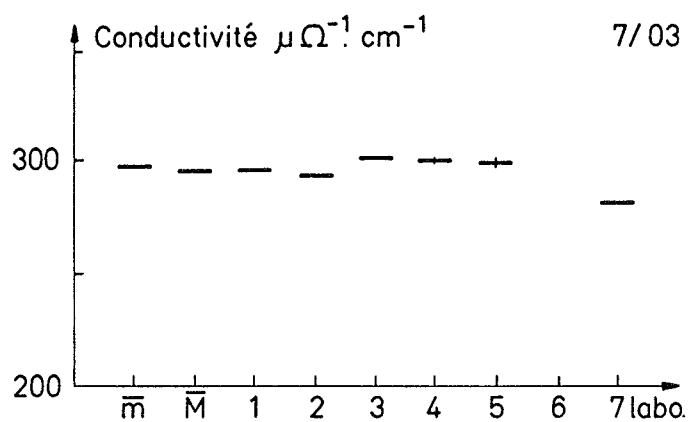
Les tableaux 1 et 2 donnent pour chaque élément les résultats de l'exploitation statistique des moyennes de tous les laboratoires.

INTERPRETATION DES RESULTATS

L'examen des figures et tableaux permet pour chaque détermination de faire les observations suivantes :

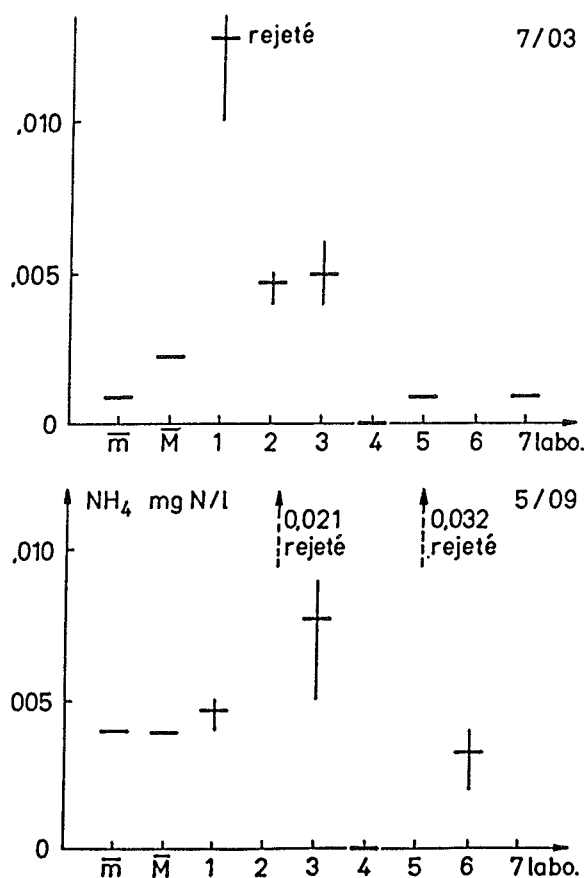
- . CONDUCTIVITE (figure 1)

La concordance entre les laboratoires est bonne.



AZOTE AMMONIACAL (figure 2)

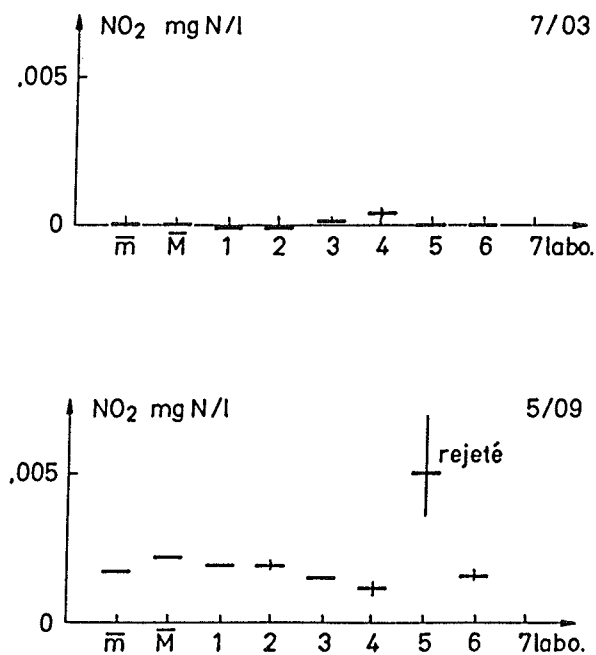
Comme lors des analyses antérieures, les écarts sont très sensibles mais explicables par le fait que nous sommes près des limites de détection des méthodes.



AZOTE NITREUX (figure 3)

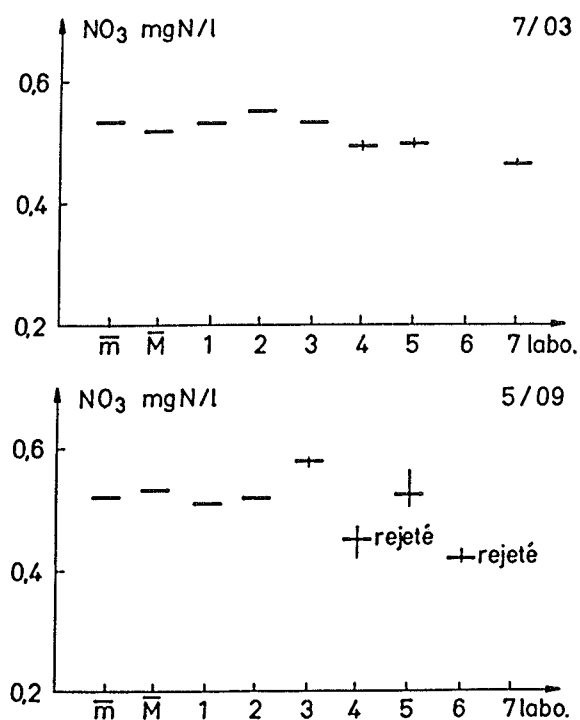
Lors de l'analyse du 7 mars 1983, les teneurs étaient nulles ou voisines de la limite de détection de la méthode, ce qui explique le coefficient de variation de 130 % observé alors que tous les chiffres se situent entre 0.000 et 0.001 mg N/l.

Dès que les teneurs s'élèvent un peu, ce qui est le cas de l'analyse du 5 septembre, la précision s'améliore très nettement.



AZOTE NITRIQUE (figure 4)

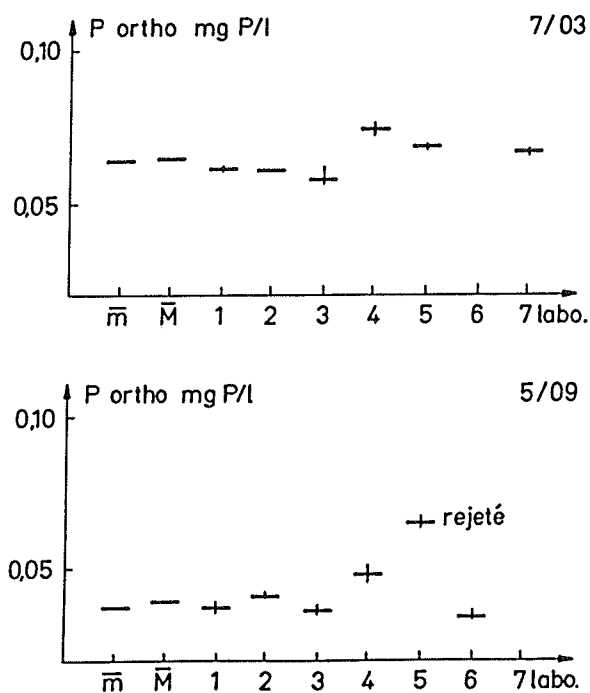
Les résultats sont en nette amélioration sur les années précédentes. Le coefficient de variation a été divisé par deux, ce qui montre que les laboratoires ont su tirer les conséquences des résultats des analyses antérieures effectuées sur solutions étalons.



FORMES DU PHOSPHORE

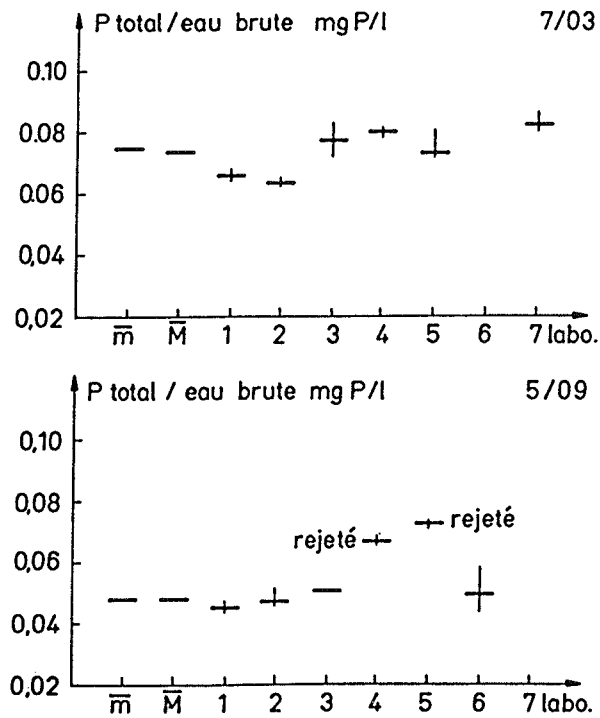
- Orthophosphates (figure 5)

Les coefficients de variations restent voisins de 10 % et devraient être améliorés en veillant impérativement à la propreté de la verrerie utilisée. En effet les valeurs les plus divergentes sont en général plus fortes ce qui est peut-être dû à des phénomènes de contaminations.



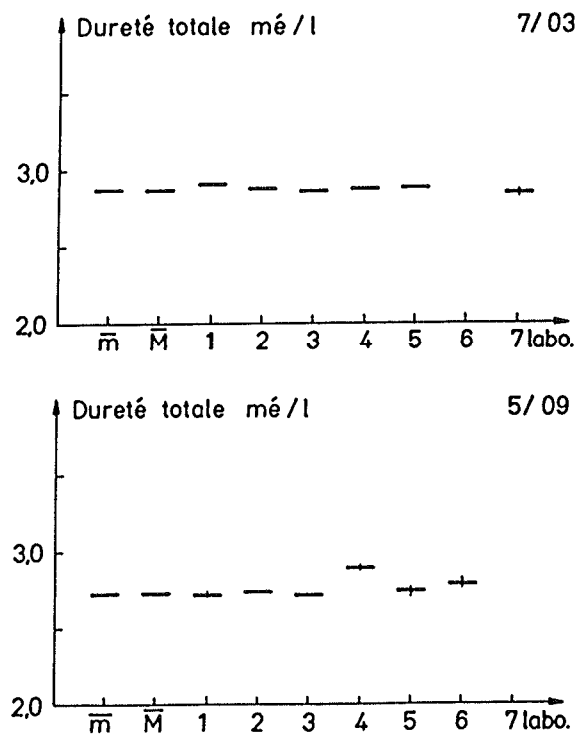
- Phosphore total sur eau brute (figure 6)

La remarque faite au sujet des orthophosphates s'applique au phosphore total.



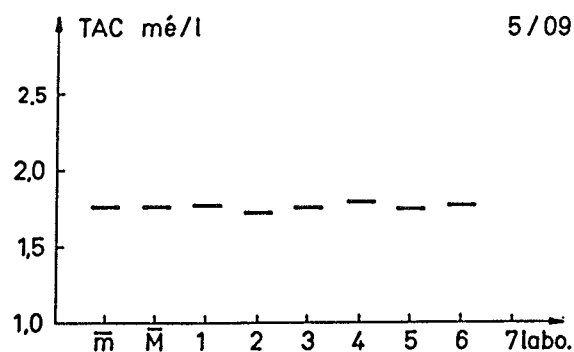
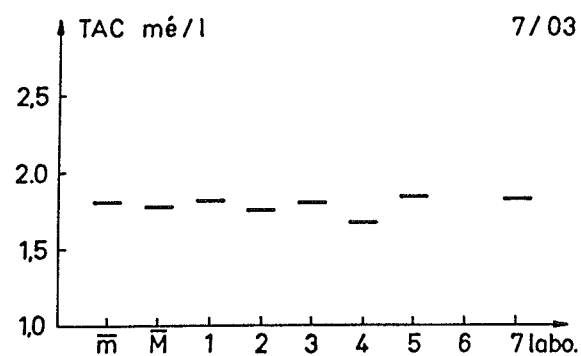
DURETE TOTALE (figure 7)

Les résultats sont excellents le 7 mars et très bons le 5 septembre.



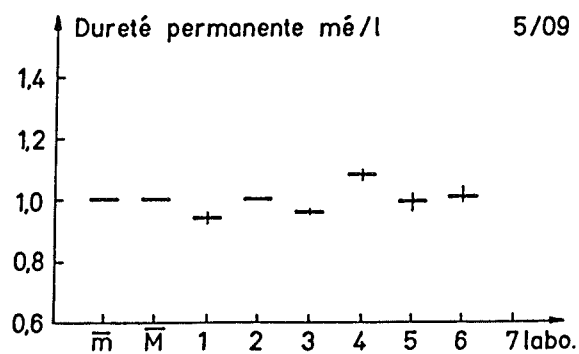
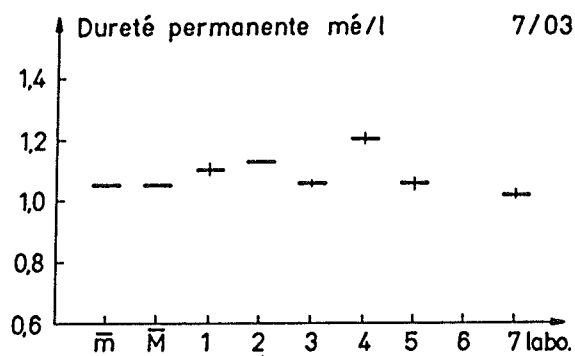
ALCALINITE (TAC) (figure 8)

Résultats très bons.



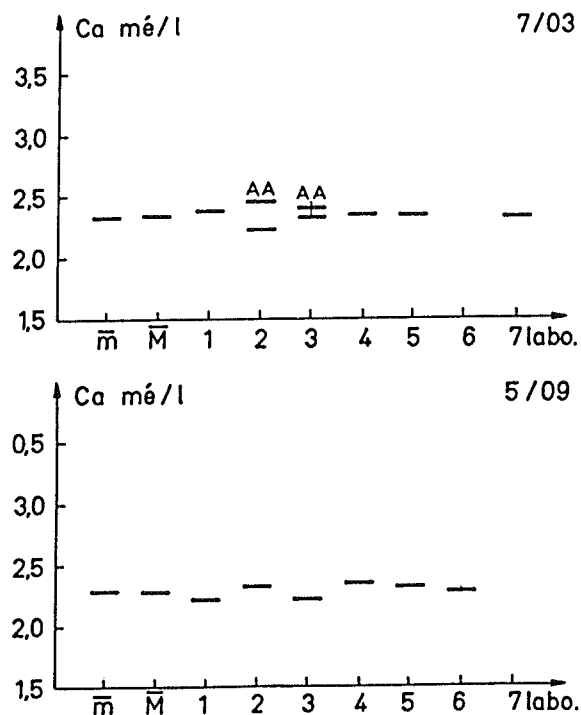
DURETE PERMANENTE (figure 9)

Ce paramètre étant obtenu par différence entre la dureté totale et l'alcalinité, il subit les fluctuations de ces deux derniers et les coefficients de variation s'en trouvent amplifiés.



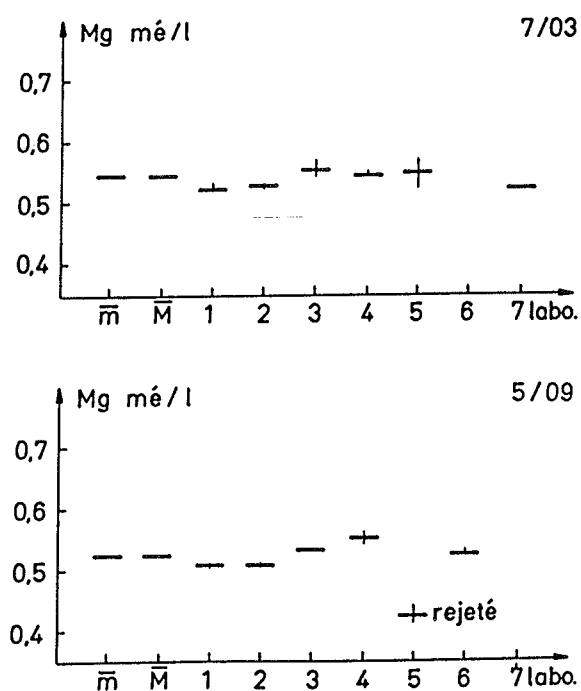
CALCIUM (figure 10)

Résultats excellents.



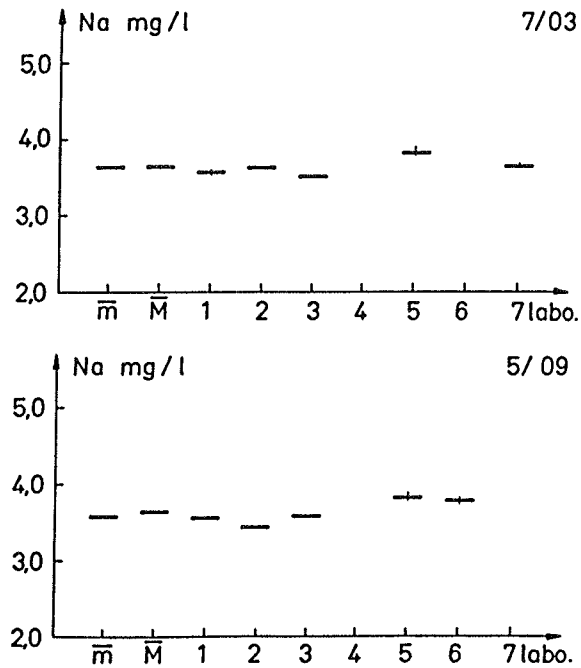
MAGNESIUM (figure 11)

Résultats tout-à-fait convenables si l'on excepte le résultat trop faible d'un laboratoire le 5 septembre.



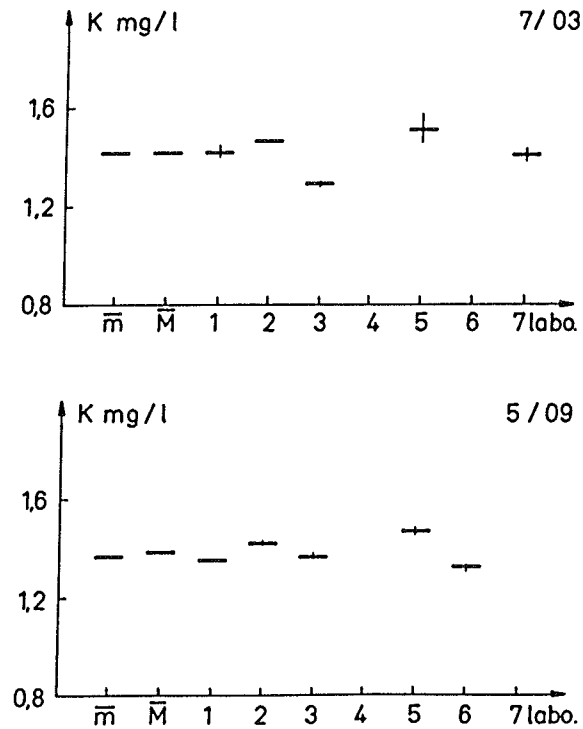
SODIUM (figure 12)

Comme pour les nitrates, les analyses sur étalon des années précédentes ont permis aux laboratoires de corriger leurs erreurs systématiques. On arrive cette année à des résultats excellents pour le niveau de concentrations rencontrées dans le Léman.



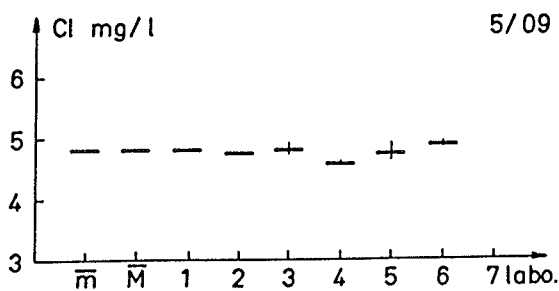
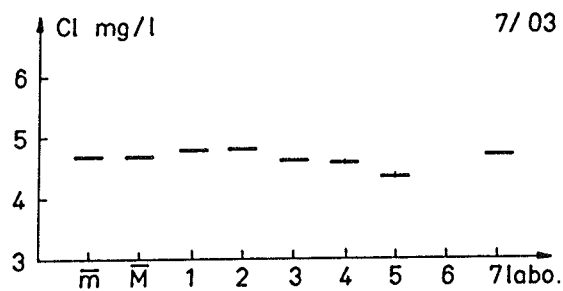
POTASSIUM (figure 13)

Les résultats sont très bons, compte tenu des faibles teneurs analysées.



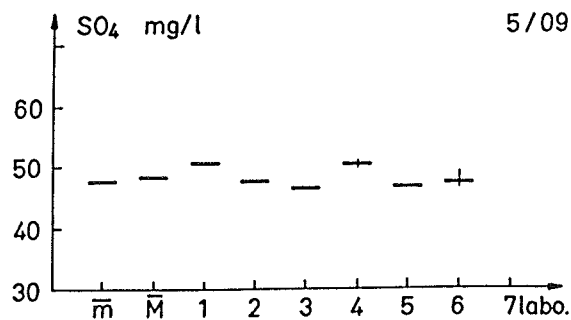
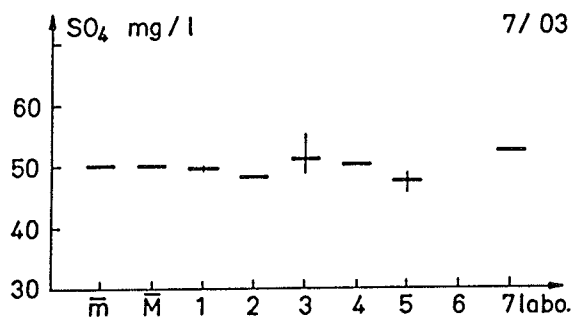
CHLORURES (figure 14)

Ici aussi les analyses sur étalons des années passées ont permis de corriger quelques imperfections et les résultats obtenus cette année sont très bons.



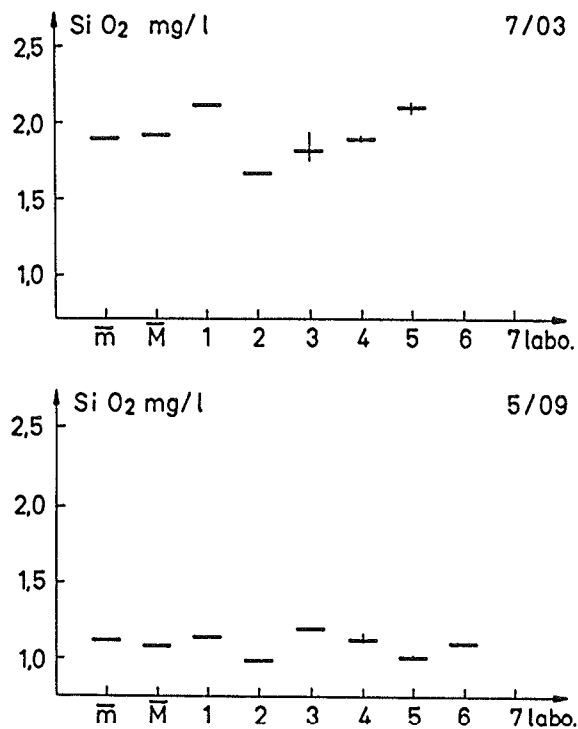
SULFATES (figure 15)

Les résultats sont bons.



SILICE (figure 16)

Les résultats sont moins bons qu'en 1982 notamment ceux de l'analyse du 7 mars.



CONCLUSIONS

Les analyses comparatives interlaboratoires effectuées cette année confirment la validité des résultats analytiques donnés par les laboratoires travaillant au sein de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman.

Les difficultés de dosage de l'azote nitrique semblent avoir été surmontées par les différents laboratoires.

Cependant il convient de rester vigilant et de poursuivre ce type de confrontation en vue de maintenir et si possible d'améliorer la qualité des analyses notamment celles relatives aux différentes formes des nutriments phosphore et azote.

Les quelques résultats rejetés proviennent de laboratoires ne participant pas aux programmes de la Commission.

TABLEAU 1 - Analyses du 7 mars 1983
Exploitation des moyennes des laboratoires

Paramètres analysés	Nombre de laboratoires n	Médiane $\bar{m}$	Moyenne $\bar{M}$	Ecart-type estimé $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{M})^2}{n - 1}}$	Coefficient de variation $\frac{100 \sigma}{\bar{M}} \%$
Conductivité $\mu\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ à 25°C	6	297.0	294.7	7.2	2.4
NH_4^+ mg N/l	6 (5)	0.0029 (0.0010)	0.0041 (0.0023)	0.0047 (0.0023)	116 (99)
NO_2^- mg N/l	6	0.0001	0.00013	0.00017	130
NO_3^- mg N/l	7	0.53	0.515	0.032	6.2
P ortho mg P/l	6	0.064	0.065	0.0058	8.9
P total/eau brute mg P/l	6	0.0745	0.0735	0.0077	10.4
Dureté totale mē/l	6	2.87	2.87	0.026	0.9
Alcalinité TAC mē/l	6	1.81	1.78	0.060	3.4
Dureté permanente mē/l	6	1.07	1.09	0.066	6.1
Ca^{++} mē/l	8	2.33	2.33	0.076	3.2
Mg^{++} mē/l	7	0.543	0.542	0.022	4.1
Na^+ mg/l	5	3.62	3.635	0.11	3.1
K^+ mg/l	5	1.417	1.417	0.082	5.8
Cl^- mg/l	7	4.70	4.67	0.178	3.8
SO_4^{--} mg/l	6	49.9	49.8	1.89	3.8
SiO_2 mg/l	5	1.90	1.92	0.188	9.8

Les chiffres entre parenthèses sont ceux obtenus après élimination des résultats aberrants suivant le test de FISHER pour une probabilité de 95 %.

TABLEAU 2 - Analyses du 5 septembre 1983
Exploitation des moyennes des laboratoires

Paramètres analysés	Nombre de laboratoires n	Médiane $\bar{m}$	Moyenne $\bar{M}$	Ecart-type estimé $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{M})^2}{n - 1}}$	Coefficient de variation $\frac{100 \sigma}{\bar{M}} \%$
Conductivité $\mu\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ à 25°C	6	293.0	294.7	3.91	1.33
NH_4^+ mg N/l	6 (4)	0.0062 (0.0040)	0.0115 (0.0039)	0.0124 (0.0032)	108 (81)
NO_2^- mg N/l	6 (5)	0.0018 (0.0016)	0.0022 (0.0017)	0.0014 (0.0003)	63 (19)
NO_3^- mg N/l	6 (4)	0.515 (0.522)	0.500 (0.533)	0.057 (0.032)	11.4 (5.7)
P ortho mg P/l	6 (5)	0.039 (0.037)	0.0437 (0.0394)	0.012 (0.0055)	26.5 (14.0)
P total eau brute mg P/l	6 (4)	0.050 (0.048)	0.055 (0.048)	0.011 (0.0025)	20.8 (5.1)
Dureté totale mē/l	6	2.73	2.76	0.064	2.3
Alcalinité TAC mē/l	6	1.76	1.76	0.026	1.5
Dureté permanente mē/l	6	1.00	1.00	0.052	5.2
Ca^{++} mē/l	6	2.28	2.27	0.053	2.3
Mg^{++} mē/l	6 (5)	0.515 (0.523)	0.507 (0.523)	0.044 (0.018)	8.7 (3.4)
Na^+ mg/l	5	3.56	3.63	0.167	4.6
K^+ mg/l	5	1.37	1.385	0.060	4.3
Cl^- mg/l	6	4.78	4.76	0.104	2.2
SO_4^{--} mg/l	6	47.4	48.2	1.88	3.9
SiO_2 mg/l	6	1.11	1.09	0.079	7.3

Les chiffres entre parenthèses sont ceux obtenus après élimination des résultats aberrants suivant le test de FISHER pour une probabilité de 95 %.

ETUDE DES POLLUTIONS D'ORIGINE DIFFUSE DANS LE BASSIN VERSANT LEMANIQUE

LE PROGRAMME DE LA COMMISSION INTERNATIONALE
(1983 - 1985)

PAR

PIERRE BURKARD

SERVICES INDUSTRIELS DE GENEVE

SERVICE DES EAUX LABORATOIRE

RESUME

La Commission internationale pour la protection du Léman, au vu des résultats d'une enquête préliminaire et de quelques études de portée plus restreinte, a décidé à fin 1982 un programme spécial de recherches sur les pollutions dites d'origine diffuse dans le bassin versant du Léman. Ces pollutions représentent l'ensemble des apports par ruissellement, érosion et percolation en provenance des sols non cultivés, des terrains agricoles et des zones construites.

Le rapport mentionne les résultats de l'enquête et des études préliminaires et décrit le programme de recherches de la Commission internationale, programme fondé pour l'essentiel sur l'établissement pour un certain nombre de sites spécialement choisis, de bilans entrées-sorties pour l'azote, le phosphore, le potassium et, accessoirement, les chlorures.

Les sites retenus, au nombre de sept en tenant compte d'un projet financé entièrement par le canton du Valais, sont représentatifs de types caractéristiques d'occupation des sols : zones naturelles des Préalpes et des Alpes, (apports naturels), polycultures en pente faible à moyenne, vignes et arboriculture en pente faible, vignes à forte pente sur des terrains sensibles à l'érosion, vignes non irriguées sur terrains en pente peu sensibles à l'érosion, enfin arboriculture en plaine.

L'établissement des bilans entrées-sorties repose, pour chaque site, sur la détermination précise des importations (fumure, nutriments contenus dans les précipitations) et des exportations (flux entraînés par les eaux superficielles quittant le site, récoltes). Ces études sont complétées par des analyses de sols destinées à connaître d'une part leurs réserves totales ou biodisponibles en éléments nutritifs et d'autre part leur résistance à l'érosion.

L'étude est programmée sur trois ans : 1983-1985. La première année est consacrée à la mise en place de l'infrastructure nécessaire à ce type de recherches (pluviographes, collecteurs d'eau de pluie, limnigraphes, préleveurs d'échantillons d'eau superficielle, etc); les deux suivantes aux analyses proprement dites.

1. INTRODUCTION 1/

Les apports déversés dans un lac, qu'ils l'atteignent directement ou par l'intermédiaire du réseau hydrographique de son bassin, ont pour principales origines :

- . les effluents des stations d'épuration
- . les déversements ponctuels non raccordés

1/ Le texte de ce rapport s'inspire largement d'un exposé fait dans le cadre de la journée technique organisée par l'Association Romande pour la Protection des Eaux et de l'Air (ARPEA), sur la responsabilité de l'agriculture à l'eutrophisation des lacs (4.11.1983). Nous remercions la rédaction du Bulletin de l'ARPEA de nous en avoir autorisé la reproduction de larges extraits (BURKARD, 1984).

- . les déversoirs d'orage installés sur les réseaux de collecte d'eaux usées ou au niveau des stations d'épuration
- . les précipitations directes à la surface du lac (apports atmosphériques)
- . les pollutions d'origine diffuse
- . la navigation et le tourisme
- . pour certains éléments, en particulier le phosphore, les phénomènes de re-largage, de diffusion et de migration à l'interface eau-sédiments.

L'évolution de la qualité des eaux d'une nappe superficielle dépend également des exportations. Celles-ci s'opèrent en premier lieu par :

- . le ou les émissaires (Léman : le Rhône à Genève)
- . la sédimentation pour certains éléments
- . les prélèvements à des fins diverses, telles production d'eau de boisson, pompage d'eau à usage industriel, alimentation de réseaux d'arrosage ou d'irrigation.

Les recherches entreprises jusqu'à présent par la Commission internationale permettent de connaître l'évolution de la qualité des eaux du lac et de quantifier les apports dus aux affluents, aux précipitations et aux stations d'épuration. Les pertes par l'émissaire sont également connues. Les conclusions de ces recherches montrent surtout que les apports en phosphore sont encore trop élevés pour le Léman, ceci en dépit de l'efficacité réelle des installations d'épuration et des mesures de protection prises jusqu'ici. Il est donc indispensable de poursuivre l'action entreprise et d'agir sur tous les fronts, à savoir :

- . traiter les sources ponctuelles de pollution non raccordées. Celles-ci représentent encore 25 % de la population totale du bassin versant du Léman
- . atteindre un rendement optimum dans toutes les installations d'épuration et de déphosphatation
- . réduire les pertes par déversoirs d'orage, en limitant les eaux parasites claires dans les réseaux de collecte d'eaux usées
- . agir à la source, lorsqu'il est possible de le faire : suppression des phosphates dans les lessives et les produits de lavage, de rinçage et de nettoyage
- . limiter les pertes dues aux pollutions dites d'origine diffuse.

Les pollutions dites d'origine diffuse sont essentiellement dues :

- . au ruissellement en zones construites
- . au ruissellement et à l'érosion sur sols non cultivés (sols "naturels") ou sur terrains agricoles
- . dans une proportion moindre, à la percolation des eaux de pluie et de surface au travers des terrains.

Le programme de la Commission internationale ne touche pas les apports par ruissellement en zone urbaine. Il s'attache à l'étude des phénomènes soit dans des bassins naturels, soit en zone rurale, en portant l'accent sur les apports en phosphore. Cet élément en effet, le fait a souvent été relevé, joue un rôle déterminant dans l'eutrophisation alarmante des eaux du Léman (facteur limitant de la croissance algale).

2. FACTEURS INFLUENÇANT LES POLLUTIONS D'ORIGINE DIFFUSE

Les pollutions diffuses représentent la somme des pertes des sols en nutriments, pertes collectées par le réseau hydrographique superficiel et au niveau de l'aquifère. Ces pertes sont soit d'origine naturelle lorsqu'elles proviennent de sols non influencés par l'homme, soit en rapport avec la mise en valeur des terres, en particulier leur exploitation agricole. Les fertilisants non utilisés par les plantes peuvent gagner :

- . les eaux souterraines par infiltration (percolation); cette voie est caractéristique des nitrates
- . les eaux de surface par ruissellement et érosion. Ces processus conduisent à l'entraînement de particules fines enrichies en phosphore suite à l'adsorption à leur surface de divers composés de cet élément.

Les principaux facteurs influençant la charge diffuse sont brièvement les suivants :

. Les précipitations :

Il est clair qu'il existe une relation directe entre intensité et durée des précipitations et taux de ruissellement. Par ailleurs, les pluies contiennent, en quantités variables mais souvent importantes, des éléments nutritifs dont les apports ne peuvent être négligés.

. Les sols :

La nature des sols, leur composition chimique et minéralogique, leur degré de saturation en eau préalablement aux précipitations ainsi que leur pente interviennent dans les phénomènes de transport en surface et par infiltration; les transferts s'opèrent par dissolution ou entraînement mécanique.

. Les modes d'utilisation des sols, (MUS) :

Ils jouent un rôle certainement prépondérant; les pertes diffuses en fertilisants dépendent en effet du type de culture mis en oeuvre et des pratiques culturales appliquées.

. Les apports en fumures :

Ils proviennent des engrais de ferme, des engrais du commerce, des boues d'épuration, des composts d'ordures ménagères et des engrais verts.

L'étude des divers facteurs déterminant dans une zone donnée la charge diffuse intéresse des disciplines aussi variées que la climatologie, l'hydrologie de surface, l'hydrogéologie, la pédologie et l'agronomie.

3. APPROCHES DE LA COMMISSION INTERNATIONALE

L'impact probable - sinon certain - des pollutions d'origine diffuse sur le Léman préoccupe la Commission internationale depuis de nombreuses années. Ses démarches dans ce domaine peuvent chronologiquement se scinder en trois temps, à savoir :

- . une enquête préalable
- . un essai d'application de modélisation aux apports en phosphore, azote et chlorures des affluents principaux (Rhône, Dranse, Venoge et Aubonne)
- . l'étude et le lancement d'un programme de recherche en plusieurs sites du bassin versant du Léman, en vue de connaître les apports diffus d'une part de zones non influencées par l'homme et d'autre part de certains types de culture tels vignobles, polycultures intensives, arboriculture.

Avant d'aborder plus en détail ces trois étapes, il nous semble utile de préciser, sur la base de quelques exemples :

- . l'importance probable des pollutions d'origine diffuse sur le bassin versant lémanique et
- . l'incidence des précipitations sur les apports en phosphore.

3.1 IMPORTANCE PROBABLE DES POLLUTIONS DIFFUSES SUR LE BASSIN VERSANT DU LEMAN

On estime actuellement que les pollutions diffuses d'origine rurale jouent un rôle souvent important dans l'enrichissement des eaux superficielles en nutriments, phosphore principalement.

Dans le cas du Léman, il existe plusieurs approches tentant, pour l'ensemble du bassin versant ou pour un seul affluent, d'évaluer les apports diffus en phosphore. Ces estimations reposent soit sur l'extrapolation à l'ensemble du bassin de valeurs de charge par unité de surface, soit sur des bilans relativement simples :

Evaluation de la charge diffuse en phosphore du bassin versant :

Dans une étude récente, LA COMMISSION FEDERALE DE LA PROTECTION DES EAUX (1983) a admis, sur la base d'études et de mesures sur le terrain et en tenant compte des conditions topographiques, des charges en phosphore total pouvant varier de 30 à 60 kg de phosphore par km² et par an. Pour le lac de Sempach, on atteint 80 kg en raison de l'occupation des sols du bassin versant (élevage intensif gros bétail et porcs).

Considérant le développement dans le bassin lémanique de cultures caractérisées par des pertes importantes en phosphore (vignes par exemple), l'étude précitée a retenu pour le Léman la valeur de 60 kg de phosphore par km² et par an. En tenant compte de la surface totale du bassin versant du lac - 7'400 km² en chiffres ronds - les apports diffus en phosphore s'élèvent à quelque 450 tonnes par an, soit, en 1980, 40 % des apports totaux calculés :

- Apports totaux en phosphore	1'109	t/an P	100.0 %
- Phosphore dans matières fécales	243	t/an P	21.9 %
- Phosphore dans produits de lavage	378	t/an P	34.1 %
- Agriculture et érosion (apports diffus)	444	t/an P	40.0 %
- Précipitations	44	t/an P	4.0 %

Répartition en 1980 des apports du Rhône amont en phosphore total :

Les chiffres cités ci-dessous sont tirés des analyses et des mesures effectuées en 1980 dans le cadre des travaux scientifiques de la Commission internationale :

- Apports totaux du Rhône à la Porte du Scex, année 1980	655 t/an P
- Apports par les stations d'épuration (< 2'500 éq/hab.), selon contrôle (échantillons moyens sur 24 heures)	95 t/an P
- Eaux usées non raccordées (100'000 éq/hab.), estimation (3 g/j/h)	110 t/an P
- Pollution d'origine diffuse, par différence	450 t/an/P

Le bassin du Rhône amont - 5'220 km² - représente un peu plus de 70 % de la surface du bassin du lac. En extrapolant à l'ensemble du Léman les résultats du bilan esquissé pour cet affluent, les apports diffus totaux pourraient être estimés à quelque 640 tonnes de phosphore en 1980.

Les deux approches livrent donc des résultats - 450 et 640 tonnes de phosphore par an pour les apports diffus sur l'ensemble du bassin versant - assez éloignés l'un de l'autre. Malgré cette divergence, elles prouvent à notre avis que les apports au Léman dus à l'érosion et à l'agriculture sont élevés et qu'une étude plus poussée des pollutions diffuses est justifiée.

3.2 INCIDENCE DES PRECIPITATIONS SUR LES APPORTS EN PHOSPHORE

Le transport du phosphore étant lié essentiellement au ruissellement et à l'érosion, il est logique de supposer que les précipitations sur le bassin jouent un rôle déterminant sur l'amplitude du transfert, en particulier lors d'épisodes de crue. Les quelques exemples suivants le confirment :

Comparaison des bilans des années 1976 et 1978-1980 pour le Rhône amont [Porte du Scex] :

L'année 1976 a été exceptionnellement sèche; en 1978 et 1980 au contraire, le climat a été humide, favorisant les apports diffus, comme le montrent les bilans suivants (CANTON DU VALAIS, SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, 1982) :

	1976	1978-1980
- Apports totaux en P total, selon études Commission du Léman, t/an P	437	694
- Répartition des apports (estimation) :		
. population sédentaire *	66 %	24 %
. industrie *	10 %	6 %
. tourisme *	10 %	4 %
. déversoirs d'orage (600 heures/an)	4 %	4 %
. apports diffus, par différence	10 %	62 %
soit, en t/an P	44	430

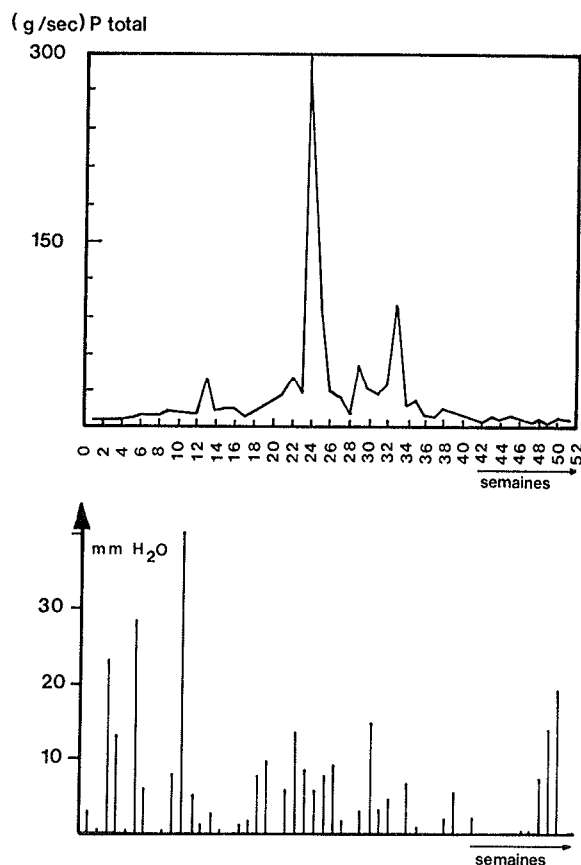
* en tenant compte de l'élimination dans les stations d'épuration et les installations de déphosphatation et du taux de raccordement.

Il est évident que la part imputable aux pollutions diffuses augmentera en regard de la progression des stations d'épuration dotées du stade de déphosphatation et de la diminution, voire de la suppression, des phosphates dans les produits de lessive.

Flux hebdomadaire de phosphore total dans le Rhône amont, en liaison avec les précipitations :

Comme l'indique la figure 1, on constate pendant les périodes tempérées et chaudes de l'année, c'est-à-dire lorsque les précipitations tombent avant tout sous forme de pluies, des apports en phosphore total accrus après une pluviosité importante. Ce phénomène qui peut apparaître avec un certain décalage dans le temps, est certainement lié au ruissellement et à l'érosion (CANTON DU VALAIS, SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, 1982).

Figure 1 - Flux hebdomadaire de phosphore total dans le Rhône à la Porte du Scex, en liaison avec les précipitations (année 1978)

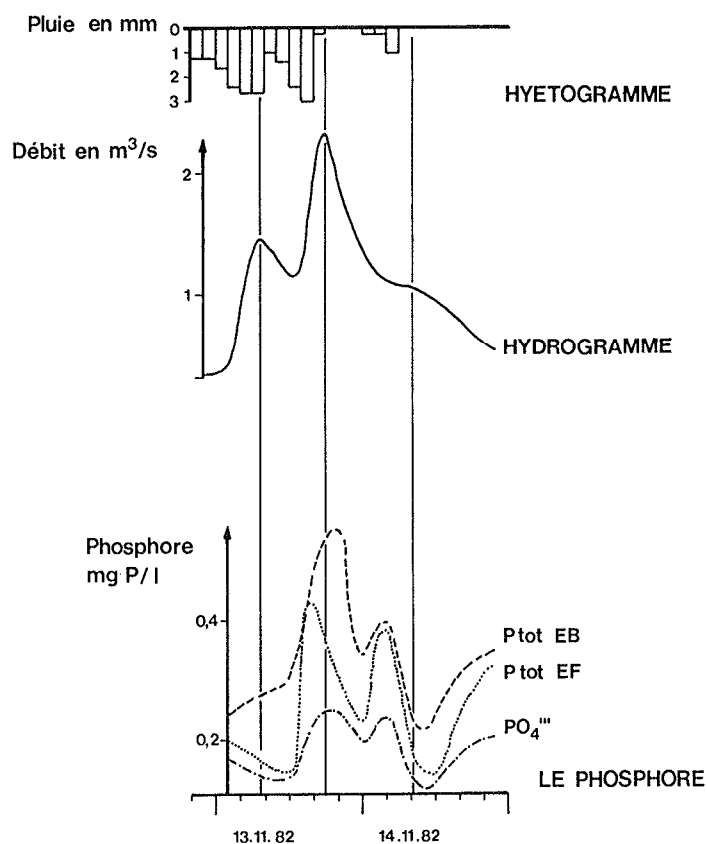


En 1978, le flux hebdomadaire maximal en phosphore total s'élève donc à 300 g/sec pour le Rhône à son embouchure dans le Léman, soit quelque 180 tonnes en une seule semaine. Ce chiffre correspond à 25 % des apports totaux annuels, apports estimés à 735 tonnes cette même année (CIPEL, 1978).

Le Redon : étude détaillée d'une crue de novembre 1982 :

Le Redon est un affluent de la rive sud du lac, drainant un bassin de quelque 33 km² de superficie. La crue des 13 et 14 novembre 1982 a été étudiée en détail par PILLEBOUE (1983). Les résultats obtenus mettent en évidence non seulement l'influence des débits sur les flux en phosphore mais aussi l'intervention de phénomènes encore inexpliqués, conditionnant l'apparition de pointes non corrélées avec le débit et le décalage plus ou moins grand existant entre les différentes formes du phosphore (figure 2)

Figure 2 - Le Redon : crue des 13 et 14 novembre 1982 : précipitations, débit et formes du phosphore



L'étude d'autres crues a par ailleurs démontré que l'augmentation des concentrations en phosphore total n'était pas seulement fonction du débit atteint mais surtout du temps écoulé entre deux crues. Cette constatation suggère qu'il y a un effet de "vidange" du phosphore accumulé dans le réseau hydrographique, effet probablement d'autant plus marqué que la période d'étiage a été plus longue (DORIOZ et PILLEBOUE, 1984).

3.3 RESULTATS DE L'ENQUETE PREALABLE DE LA COMMISSION DU LEMAN

Avant d'adopter un programme étendu de recherches sur les pollutions diffuses, la Commission internationale a, dans un premier temps, fait établir un inventaire des données à disposition. Ce travail, considérable, mené à bien par RUEGG (1980) a montré que les chiffres cités dans la littérature ne pouvaient sans autre être extrapolés à la totalité du bassin versant du Léman.

Les conclusions de ce rapport sont que le problème des pollutions diffuses existe réellement au Léman et qu'il faudrait connaître avec plus d'exactitude les pertes en provenance des modes d'utilisation des sols suivants :

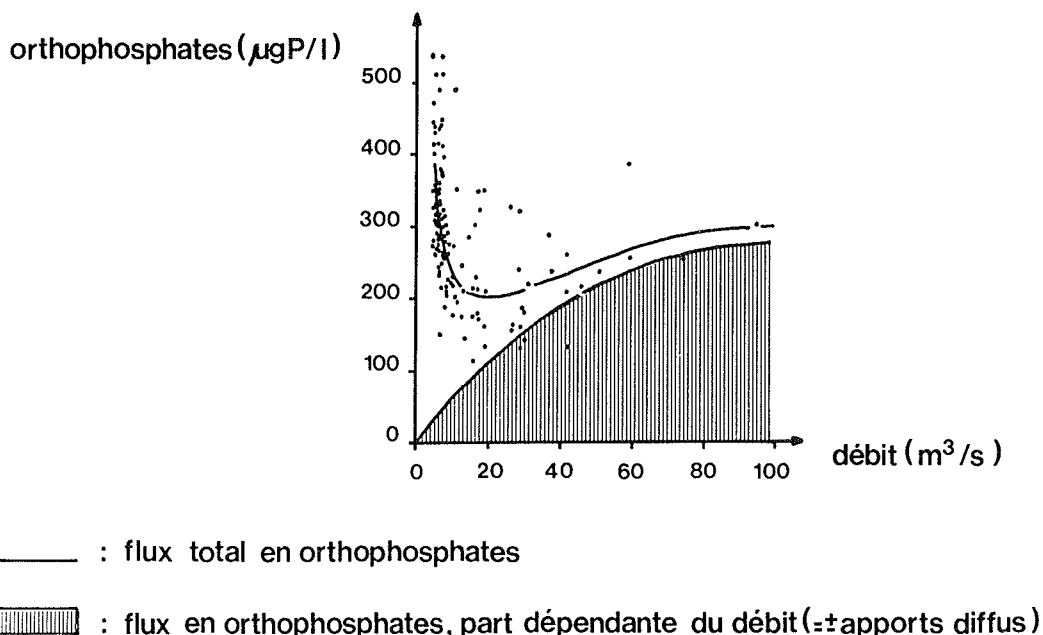
- . vignobles du Valais
- . plaine arboricole et maraîchère du Valais central
- . vignobles de Lavaux
- . zones de grande culture : régions de Genève, de La Côte, du bassin de la Venoge, de la basse plaine du Rhône.

3.4 MODELISATION SELON BUEHRER ET WAGNER

Après l'enquête préalable, la Commission internationale a décidé l'application de la modélisation selon BUEHRER et WAGNER (1982), modélisation utilisée dans l'étude des apports au lac de Constance.

Le modèle employé admet que les apports en phosphore (azote, chlorures...) peuvent être différenciés en une part indépendante du débit et une autre dépendante de celui-ci. La première est imputable aux pollutions ponctuelles; elle est donc plus ou moins constante avec le temps et sa relation avec le débit de la rivière s'inscrit selon une courbe traduisant simplement la dilution des apports. La seconde, assimilable aux pollutions diffuses, croît avec le débit, ceci dans certaines limites (figure 3).

Figure 3 - Modélisation selon BUEHRER et WAGNER :
relation entre débit et concentration en orthophosphates



L'expression mathématique du modèle appliqué est la suivante :

$$C = \frac{A_w}{Q} + \frac{K_1 Q}{\exp\left(\frac{K_2}{Q} + K_3 Q\right)}$$

C = concentration en g/m³
 Q = débit en m³/sec
 A_w = part de la charge indépendante du débit, en g/sec
 K₁, K₂, K₃ = coefficients d'itération

Ce type de modélisation a été appliqué par FAHRNI et BUEHRER (1982) aux quatre affluents principaux du Léman, le Rhône amont, la Dranse, la Venoge et l'Aubonne. Cette étude repose sur les résultats d'analyses effectuées sur des échantillons hebdomadaires moyens, représentatifs des débits réels. Les systèmes automatiques de prélèvement correspondants existent depuis 1975 sur le Rhône, 1977 sur la Dranse et 1980 sur la Venoge et l'Aubonne. Les résultats résumés de cette étude figurent au tableau 1.

TABLEAU 1 - Répartition des charges dépendantes des débits dans les affluents principaux du Léman (pollutions diffuses)

Rivière + année	Elément	Flux moyen g/sec	Part dépendante du débit (= ± apports diffus)		Qualité de la corrélation
			g/sec	%	
Venoge	1980 P total	1,55	0,86	55 %	élevée
	1980 P - PO4	0,64	0,12	19 %	moyenne à élevée
	1980 Chlorures	83,7	50,3	60 %	élevée
	1980 Ammonium	0,49	0,13	26 %	moyenne
Aubonne	1980 P - PO4	0,217	0,119	55 %	moyenne
Dranse	1980 P - total filtrée	0,95	0,55	58 %	élevée
	1977 P - PO4	0,579	0,279	49 %	élevée
	1979 P - PO4	0,648	0,348	54 %	élevée
	1980 P - PO4	0,856	0,544	63 %	moyenne à élevée
Rhône	1977 Chlorures	954	263	28 %	faible

Pour l'affluent principal, le Rhône à la Porte du Scex, le modèle exponentiel ne donne de résultats que pour les chlorures et ceci en 1977 seulement. Dans le cas du phosphore, aucune corrélation n'a pu être établie, du fait certainement de l'influence prépondérante des activités humaines sur le débit du fleuve.

Pour la Dranse, on enregistre de 1977 à 1980 une augmentation régulière de la charge en phosphore dépendante du débit, alors que la part imputable aux déversements ponctuels reste, en valeur absolue, constante.

Pour l'Aubonne en 1980, la moitié de la charge en phosphates est d'origine diffuse. Pour la Venoge, pendant la même année, 55 % des déversements en phosphore total ont la même origine.

3.5 PROGRAMME D'ETUDE DE LA COMMISSION INTERNATIONALE (1983-1985)

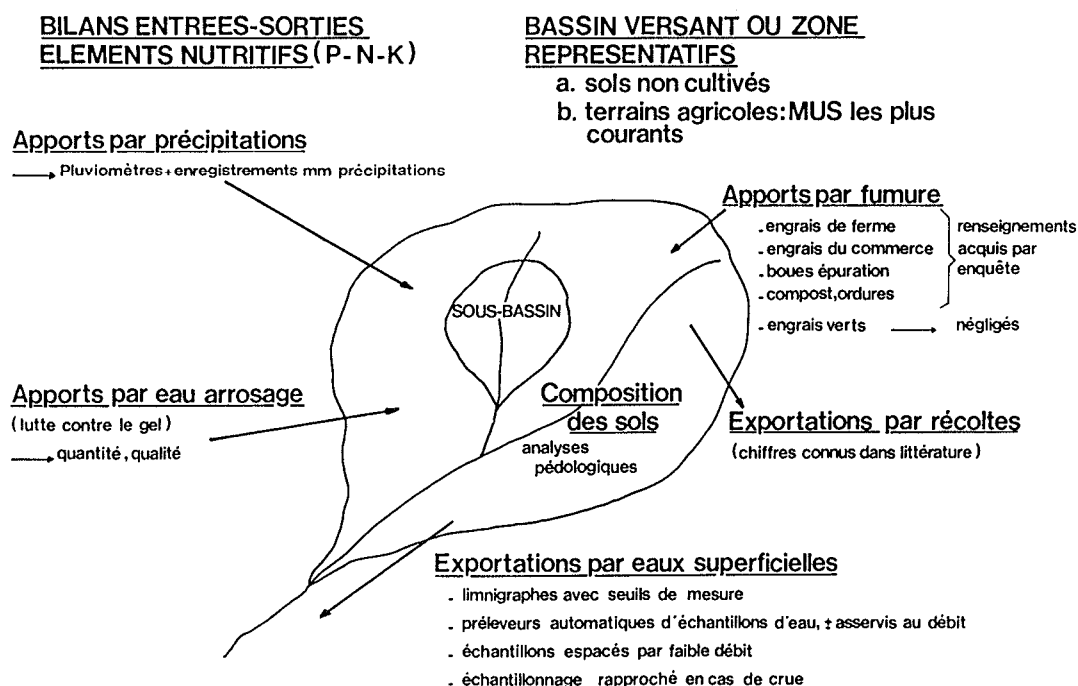
Les recherches prévues par la Commission internationale pour déterminer l'importance réelle des pollutions d'origine diffuse sur le bassin versant lémanique s'inspirent largement des conclusions de l'enquête préliminaire de RUEGG (1980) et s'appuient sur la méthodologie décrite par BALLAND (1983). Elle repose sur l'étude exhaustive d'un certain nombre de sites privilégiés, assimilés à des bassins versants expérimentaux représentatifs.

Initialement le programme établi par un groupe de travail de la Sous-commission technique de la Commission internationale, comprenait douze sites et devait s'étendre sur trois ans. Pour des raisons financières, ce programme a été réduit à six objets et deux ans d'études. Il débute en 1983 et prendra vraisemblablement fin en 1985.

Les études projetées doivent permettre d'établir des bilans complets pour les principaux nutriments au niveau de bassins versants ou de zones estimés représentatifs des modes d'utilisation des sols les plus répandus.

Le cadre général de l'étude de la Commission internationale peut être schématisé comme indiqué à la figure 4.

Figure 4 - Cadre de l'étude de la Commission internationale sur les pollutions d'origine diffuse



L'étude proprement dite, comme l'esquisse le schéma ci-dessous, comprend la description détaillée des sites, l'inventaire des divers apports en nutriments, l'évaluation des exportations, l'analyse des modes d'utilisation des sols et le contrôle de leur composition chimique et minéralogique.

A. Inventaire des apports en nutriments

. *PRECIPITATIONS :*

Chaque site est équipé d'un ou de deux pluviomètres et, si une station officielle de mesure n'existe pas à proximité, d'un ou de deux pluviographes. Partant d'analyses chimiques mensuelles des eaux de pluie récoltées et des hauteurs de précipitations correspondantes, il est aisé de calculer les apports d'origine atmosphérique sur la surface totale du site.

. *FUMURES*

Les apports annuels sont déterminés par enquête auprès des agriculteurs. Ces enquêtes portent sur les engrais de ferme, du commerce, l'utilisation des boues d'épuration et de compost d'ordures ménagères. La part due aux engrais verts est négligée.

. *EAU D'ARROSAGE*

Ce cas n'intervient que pour les parcelles protégées par ce moyen contre le gel (Les Praz-Pourris, Valais) : enregistrement des volumes d'eau déversés et connaissance de la composition chimique des eaux utilisées.

B. Inventaire des exportations

. *RECOLTES*

Il est apparu inutile de procéder à des analyses, les renseignements à disposition étant largement suffisants.

. *RESEAU HYDROGRAPHIQUE SUPERFICIEL*

Le principe retenu est de mesurer les charges en nutriments exportées par le réseau hydrographique de chaque site. Pour obtenir des résultats exploitables, compte-tenu surtout de l'importance des événements survenant en temps de crue, il ne pouvait être question de se contenter d'échantillons instantanés et de mesures simultanées des débits. En conséquence, le groupe de travail a estimé indispensable d'équiper chaque site d'appareils autonomes, en prévoyant une surveillance accrue lors des crues. L'équipement de chaque site comprend au niveau de l'exutoire :

- une mesure en continu des débits (limnigraphes)
- un système automatique de prélèvement d'échantillons représentatifs. Cette condition n'est remplie qu'avec un échantillonnage pratiquement proportionnel au débit de l'exutoire. Dans le cadre de l'étude de la Commission internationale, deux types différents d'installation ont été retenus :
 - . mise en place de deux appareils automatiques de prélèvement équipés de plusieurs flacons. Le premier fonctionne en permanence et échantillonne l'eau de la rivière sous contrôle pendant 8 heures pour chaque flacon (une prise unitaire d'eau toutes les 20 minutes; 21 flacons par semaine). Le second est asservi au débit de la rivière et ne s'enclenche que lorsqu'un seuil préfixé est atteint (seuil dit de crue); l'appareil pouvant être réglé pour confectionner un échantillon moyen de par exemple 2 ou 4 heures. Au laboratoire, avant analyse, on reconstitue un échantillon hebdomadaire moyen avec les prélèvements du premier appareil, en tenant compte de l'hydrogramme. Les échantillons de temps de crue sont analysés séparément,
 - . installation d'un système comportant quatre pompes péristaltiques de prélèvement. Chaque pompe fonctionne séparément dès qu'une tranche donnée de débit est atteinte. Par ailleurs la fréquence et la vitesse de prélèvement sont réglées de manière à obtenir un échantillon proportionnel au débit du cours d'eau, ou plus exactement proportionnel au débit moyen de la tranche considérée.

C. Composition des sols

Afin de pouvoir apprécier la sensibilité des sols à l'érosion et leur pouvoir d'infiltration, le programme d'étude prévoit une analyse préalable granulométrique et minéralogique (type argiles) en un nombre relativement faible de points sur chaque site retenu.

Le programme comprend d'autre part des analyses chimiques semestrielles des sols pour chaque site, analyses axées principalement sur la détermination des éléments fertilisants directement assimilables. Il est prévu d'intervenir en début d'année avant fumure puis en cours de végétation. Ces analyses comprendront de plus la détermination du phosphore total.

D. Description des sites retenus

Un certain nombre de renseignements plus généraux font également partie des dossiers établis pour chaque site. Il est prévu d'en porter le plus possible sur des cartes tracées à plus ou moins grande échelle. Il s'agit en particulier :

- . des limites du bassin versant ou de la zone étudiée, avec mention du réseau hydrographique,
- . des emplacements des pollutions ponctuelles,
- . des infrastructures indispensables à l'étude (pluviomètres, limnigraphes, échantillonneurs, etc),
- . de la configuration (pente) et de l'occupation des sols,
- . de données pédologiques à disposition.

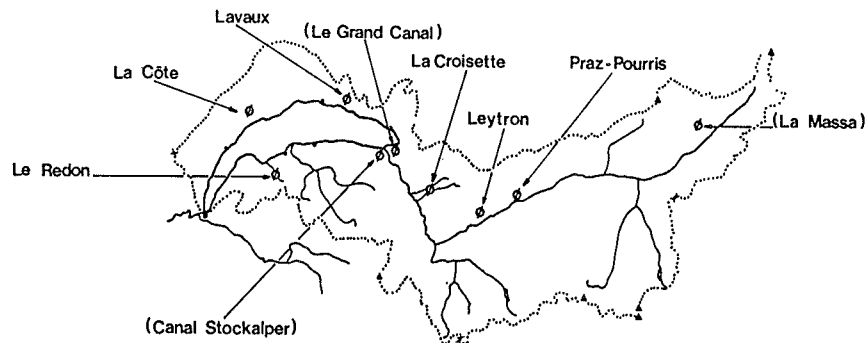
Comme déjà mentionné, le programme de la Commission internationale comprend six sites, d'une superficie de 12 ha à 33 km². Il est prévu, à charge du canton du Valais, l'étude d'un site supplémentaire, celui de la Massa. Il est possible que le bassin du canal Stockalper puisse également être étudié, mais dans ce cas pendant une période courte. Ces divers bassins versants et zones sont brièvement décrits ci-dessous :

TABLEAU 2 - Sites retenus dans l'étude de la Commission internationale
(le bassin du Grand Canal ne sera probablement pas exploité, celui du Canal Stockalper, éventuellement).

Sites du programme CIPEL Sites supplémentaires éventuels, à charge des Etats	- Bassin du Redon	France	33 km ²	Polycultures en pente faible à moyenne (haut du bassin = zone naturelle)
	- Ruisseau de Lavaux	Vaud	40 ha.	Vignes à forte pente ; terrains sensibles à l'érosion
	- Ruisseau de la Côte	Vaud	2.6 km ²	Vignes à pente faible + arboriculture
	- Bassin de la Croisette	Vaud	2 km ²	Forêts des Préalpes en forte pente, terrains pratiquement non exploités
	- Zone de Leytron	Valais	60 ha.	Vignes non irriguées sur terrains en pente peu sensible à l'érosion (roches siliceuses)
	- Parcelle des Praz-Pourris	Valais	12 ha.	Arboriculture en terrain plat, lutte contre le gel par arrosage
	- Le Grand Canal	Vaud	30.5 km ²	Grandes cultures diversifiées sur sols pratiquement plats
	- Canal Stockalper	Valais	35 km ²	Grandes cultures diversifiées sur sols pratiquement plats
	- La Massa	Valais	200 km ²	Bassin naturel du Haut-Valais (Aletsch)

L'emplacement des sites retenus dans le bassin versant lémanique est schématisé en figure 5.

Figure 5 - localisation des sites d'étude de pollution diffuse, bassin versant du Léman

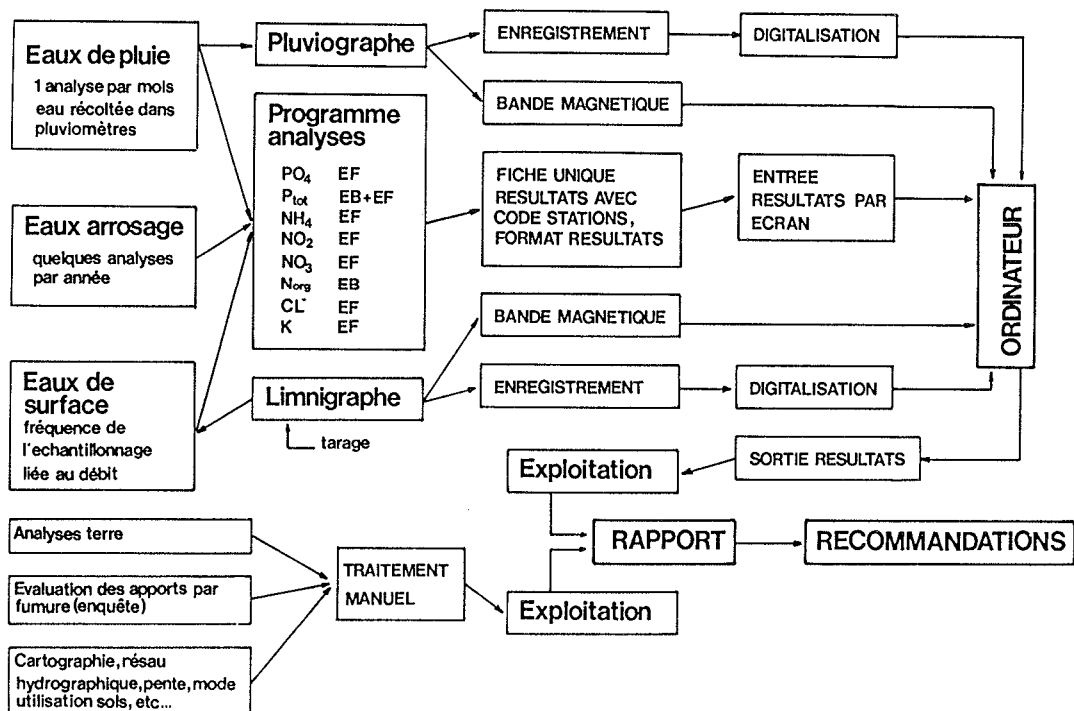


E. Interprétation des résultats

Une étude des pollutions d'origine diffuse du type de celle adoptée par la Commission internationale est très lourde quant à la somme de données qu'il faut archiver, traiter et interpréter avant de pouvoir espérer arriver à une vision correcte des phénomènes. Il faut en effet tenir compte des mesures limnimétriques instantanées, des hauteurs journalières, éventuellement horaires, des précipitations, des résultats des analyses chimiques des échantillons d'eau, sans parler des résultats des analyses de terre, des renseignements acquis par enquête auprès des milieux agricoles, etc.

Face à ce problème, le groupe de travail chargé de l'élaboration du projet a estimé qu'il était indispensable de faire appel à une gestion informatique unique pour l'ensemble des sites d'études. Le schéma en est donné au tableau 3, document qui comprend également le programme d'analyse des eaux (EB : eau brute; EF : eau filtrée en laboratoire). Suivant les limnigraphes et les pluviographes utilisés, la liaison avec l'ordinateur se fait soit directement au moyen de bandes magnétiques, soit par digitalisation en laboratoire des courbes enregistrées par les appareils.

TABEAU 3 - Programme d'étude des pollutions diffuses : liste des analyses et schéma d'exploitation des données (Commission internationale protection du Léman)



F. Budget de l'étude des pollutions diffuses

Le déroulement du programme, tel qu'il est prévu à l'heure actuelle peut se scinder en quatre phases principales :

- mise en place, dans la première moitié de 1983, de toutes les infrastructures nécessaires à l'étude; limnigraphes avec seuils de mesure, pluviomètres et pluviographes, échantillonneurs automatiques; cartographie des sites,
- au cours du second semestre de 1983, début des analyses avec contrôle des circuits d'acheminement pour les résultats d'analyses, les données limnimétriques et pluviométriques, les résultats des enquêtes,
- déroulement du programme proprement dit sur deux ans, soit 1984 et 1985,
- interprétation des résultats, rédaction du rapport et, si possible, formulation de recommandations en vue d'appliquer des mesures destinées à limiter les pollutions d'origine diffuse.

Le budget total s'élève à F.S. 626'000.-- pour les six sites officiels, (tableau 4).

TABLEAU 4 - Budget de l'étude de la Commission internationale sur les pollutions diffuses (en milliers de francs suisses)

1983 = mise en place des infrastructures, début des analyses (phase de rodage)
1984 - 1985 = étude proprement dite

	Investis- sements 1	Dossiers enquête 2	Frais initiaux analyse + tarage 3	total 1+2+3	Frais an- nuels entretien exploit. 4	Frais annuels analyses 5	total frais annuel	Frais annuels pour 2½ ans	total général
Le Redon	44	10	8	62	13	15,05	28,05	70,125	132,125
Ruisseau de Lavaux	18,4	3	5	26,4	4,5	12,05	16,55	41,375	67,775
Ruisseau de la Côte	18,9	6	5	29,9	4,5	12,05	16,55	41,375	71,275
La Croisette	27,4	-	5,625	33,025	4,5	10,8	15,3	38,25	71,275
(Gd. Canal)	(22,4)	(8)	-	(30,4)	(13,8)	(3,6)	(17,4)	(43,5)	(73,9)
(Canal Stockalper)	(22,4)	(8)	-	(30,4)	(13,8)	(3,6)	(17,4)	(43,5)	(73,9)
Leytron	32,5	-	8	40,5	9	23,3	32,3	80,75	121,250
Les Praz Pourris	10	-	1,2	11,2	1	7,55	8,55	21,375	32,575
(La Massa)	-	-	-	-	(1,8)	(8,1)	(9,9)	(24,75)	(24,75)
Total sites retenus par CIPEL	151,2	19	32,825	203,025	36,5	80,8	117,3	293,250	496,275
RECAPITULATION :									
	investissements		203,025						
	analyses + ex- ploitation 2½ ans		293,250						
	trait. données		130,000						
			626,275						

Les frais d'investissement pour la mise en place des infrastructures, l'établissement des dossiers d'enquête et les frais initiaux d'analyses (terres) et de tarage (limnigraphes) se montent à F.S. 203'000.--. Les frais d'analyses pour une période d'exploitation de deux ans et demi atteignent près de F.S. 300'000.--. Le traitement des données enfin a été estimé à quelque F.S. 130'000.--.

Ces quelques chiffres montrent l'importance du projet de recherches de la Commission internationale. Ils montrent aussi qu'une étude de pollution diffuse, si elle se veut complète et précise, entraîne des frais d'investissement considérables et des frais annuels d'exploitation relativement lourds (entretien du matériel, vérification des courbes de tarage, etc...).

4. CONCLUSIONS

Le programme de recherche de la Commission internationale sur les pollutions dites d'origine diffuse est en cours d'exécution; il ne peut donc être question de faire déjà état de résultats.

Ce programme devrait permettre de connaître les pertes réelles en nutriments pour des sites dont les modes d'utilisation des sols jouent probablement un rôle important dans l'eutrophisation des eaux superficielles du bassin lémanique.

BIBLIOGRAPHIE

- BURKARD, P., (1984) : Evaluation des pollutions diffuses dans le bassin lémanique : le programme de recherches de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution (CIPEL). Bull. ARPEA 121, p. 20-38.
- COMMISSION FEDERALE DE LA PROTECTION DES EAUX (1983) : Phosphates dans les lessives. Rapport sur la charge des lacs en phosphore et sur les conséquences de l'abandon des phosphates pour l'écologie et pour le lavage du linge. Cahier de l'environnement No 14, publié par l'Office fédéral de la protection de l'environnement. Berne.
- CANTON DU VALAIS, SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (1982) : Détermination des provenances des rejets de phosphore dans le Rhône en Valais. Rapport.
- COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LEMAN CONTRE LA POLLUTION (1978) : Rapports sur les études et recherches entreprises dans le bassin lémanique, campagne 1978.
- PILLEBOUE, E., (1983) : Le problème des pollutions diffuses dans le bassin versant du Léman. Rapport, Institut de Limnologie, Thonon.
- DORIOZ, J.M., et PILLEBOUE, E., (1984) : Bilan au terme d'une année d'étude sur le Redon. Rapport, Institut de Limnologie, Thonon.
- RUEGG, E., (1980) : Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution : Pollutions diffuses. Etude préliminaire. Rapport.
- BUEHRER, H., et WAGNER, G., (1982) : Die Belastung des Bodensees mit Phosphor- und Stickstoffverbindungen und organischem Kohlenstoff im Abflussjahr 1978/1979. Commission internationale pour la protection des eaux du lac de Constance, Rapport No 28.
- FAHRNI, H.-P., et BUEHRER, H., (1982) : Versuche zur Modellierung von Fracht-Abflussmengenbeziehungen an Genferseezuflüssen. Rapport, Office fédéral de la protection de l'environnement, Berne.
- BALLAND, P., (1983) : Méthodologie d'approche des apports diffus. Journée technique sur la responsabilité de l'agriculture à l'eutrophisation des lacs. ARPEA, 4.11.1983.