

S O M M A I R E

PRESENTATION	p. 7
I. PREMIERE PARTIE, RESUMES ET RAPPORTS SUCCINCTS	9
1.1. EVOLUTION PHYSICOCHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN	11
Conclusions de l'étude	11
1. Préambule	57
2. Conditions de prélèvement des échantillons Méthodologie	59
3. La transparence de l'eau	62
4. La thermique du lac	64
5. Le pH de l'eau	68
6. La conductivité de l'eau	70
7. L'oxygène dissous dans l'eau et son taux de saturation	71
8. Evolution de l'azote	79
8.1. L'azote ammoniacal	79
8.2. L'azote nitreux	81
8.3. L'azote nitrique	82
8.4. L'azote organique	85
8.5. L'azote total	86
9. Evolution du phosphore	89
9.1. Les orthophosphates	89
9.2. Le phosphore organique	92
9.3. Le phosphore total	94
10. Autres déterminations	99
10.1. Les chlorures	99
11. Tableaux généraux	102
1.2. EXAMENS BIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN	
ETUDE DU PHYTOPLANCTON DENOMBRE SUR ECHANTILLONS D'EAU BRUTE	15
1. Introduction	15
2. Méthodologie	16
3. Résultats	17
4. Discussion	18
5. Conclusions	19
6. Tableaux récapitulatifs	121
1.3. LES ROTIFERES DU LAC LEMAN	21

1.4.	EVALUATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE	23
1.	Introduction	23
2.	Méthodologie	23
3.	Résultats	24
4.	Discussion	25
5.	Conclusions	26
6.	Graphiques	157
1.5.	EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN	27
	Résumé et conclusions	27
1.	Introduction	161
2.	Germes totaux	167
3.	Germes d'origine fécale	171
4.	Résumé et conclusions	176
5.	Tableaux	178
2.	ETUDE DES APPORTS ATMOSPHERIQUES	29
	Tableaux récapitulatifs	183
3.	ETUDE DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN ET DU RHONE ENTRE GENEVE ET CHANCY	31
	Conclusions	31
	Rapport détaillé	189
1.	Généralités	189
1.1.	Programme de recherches	189
1.2.	Surestimation des teneurs et des apports en nitrates en 1974 et 1975	191
1.3.	Conditions météorologiques	191
1.4.	Débit des affluents	192
2.	Affluents principaux : comparaison des résultats issus de l'analyse des prélèvements en continu et des prélèvements instantanés	193
2.1.	Rhône embouchure, Porte du Scex	193
2.2.	La Drance, embouchure	196
3.	Résultats des analyses. Etude des apports des affluents du lac Léman	199
3.1.	Oxygène dissous, demande biologique en oxygène	199
3.2.	Azote minéral et organique	201
3.3.	Orthophosphates, phosphore organique et phosphore total	204
3.4.	Détergents	205
3.5.	Chlorures	208
3.6.	Potassium	206
3.7.	Calcium et magnésium	207
4.	Conclusions	208
5.	Apports de la station d'épuration de Thonon	209
6.	Tableaux récapitulatifs	210

4.	RECHERCHE DU MERCURE ET DES AUTRES METAUX LOURDS DANS LA FAUNE PISCICOLE	
1.	Mission	p. 33
2.	Résultats	33
2.1.	Mercure	33
2.2.	Plomb et cadmium	35
2.3.	Chrome	35
3.	Tableaux récapitulatifs	231
5.	ETUDE DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS DU LEMAN ET DU BASSIN DU RHONE	37
	Conclusions	37
	Rapport détaillé	247
1.	Avant-propos	248
2.	Introduction générale	248
3.	Méthodes de prélèvement	249
4.	Méthodes analytiques	249
5.	Principes de base	251
<u>Partie Aa:</u>		
	RECHERCHE DES METAUX LOURDS DANS LES SEDIMENTS DES AFFLUENTS DU LEMAN ET LEUR RESEAU HYDROGRAPHIQUE	254
Aa1	Les affluents du Léman	254
1.	Introduction	254
2.	Estimation des teneurs naturelles et estimation globale du degré de contamination des rivières	257
3.	Etude des associations géotechniques	259
4.	Localisation géographique des contaminations	261
5.	Conclusions	262
6.	Carte de répartition	263
Aa2	Le Rhône amont et ses affluents	271
1.	Introduction	271
2.	Numérotation et provenance	271
3.	Résultats	271
4.	Evolution des teneurs en mercure des sédiments du Rhône	278
5.	Conclusions	279
<u>Partie B:</u>		
	POLLUTION DES ZONES COTIERES DU LEMAN PAR LES METAUX LOURDS	283
1.	Introduction	283
2.	Teneurs naturelles et anormales pour l'ensemble des STEP	284
3.	Taux de contamination et index de pollution	284
4.	Contamination dans la zone d'influence des STEP	287
5.	Relations statistiques entre paramètres	305

6.	Evaluation des principaux contaminants et points de rejet	p.	306
7.	Conclusions		306

Partie D:

	CHRONOLOGIE RECENTE DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS		312
1.	Introduction		312
2.	Paramètres analyses		312
3.	Taux de sédimentation		315
4.	Evolution des teneurs en mercure et cadmium		315
5.	Autres métaux lourds		318
6.	Eutrophisation		318
7.	Conclusions		321
6.	ETUDE DES REJETS EVENTUELS DE MERCURE DANS LE BASSIN VERSANT FRANCAIS DU LAC LEMAN		45
1.	Méthodologie retenue		46
2.	Résultats synthétiques		48
7.	ETUDE DE L'INTERFACE EAU-SEDIMENT		
	Résumé		51
1.	Introduction		323
2.	Méthodes de prélèvements		324
3.	Méthodes d'analyses chimiques		324
4.	Résultats		324
5.	Interprétation des résultats		325
6.	Conclusions		328
7.	Tableaux récapitulatifs		329
8.	CONTROLE DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION		
1.	Introduction		53
2.	Nombre et fréquence des contrôles		54
3.	Rendement des stations d'épuration		54
4.	Tableaux récapitulatifs		333
9.	ADRESSES DES AUTEURS DES RAPPORTS		341

## PRESENTATION

Le présent rapport, qui se réfère aux travaux effectués en 1976 sous l'autorité de la Commission internationale, marque le début du programme 1976 - 1980.

Ce nouveau programme présente des différences importantes par rapport aux investigations antérieures. D'une part, le nombre des stations de prélèvements sur le lac a été fortement réduit, la densité actuelle n'étant plus que de 1 station par 50 km<sup>2</sup> environ; le nombre des critères d'appréciation est limité dans la plupart des stations. D'autre part, des études nouvelles ont vu le jour, notamment quant à la biologie - par exemple production primaire - et à une nouvelle source de pollution, les métaux lourds, parmi lesquels il faut distinguer le mercure.

L'expérience de ces dernières années ayant été concluantes, le présent rapport est présenté à nouveau en deux parties.

La première partie contient l'essentiel des conclusions des rapports admis par la Sous-commission technique de la Commission internationale. Dans certains cas, notamment pour des études qui se déroulent sur plusieurs années, le rapport entier, succinct, figure en première partie.

La seconde partie, la plus importante en volume, contient les textes complets des rapports et les graphiques, figures et tableaux y afférents. Il faut noter que les rapports ne font pas état de toutes les données acquises par les divers laboratoires, mais n'en font qu'une synthèse. Les résultats détaillés des analyses sont déposés au Secrétariat de la Commission pour y être mis à disposition des chercheurs intéressés.

Les rapports du présent volume concernent les objets suivants :

### 1. Etude sanitaire du Léman

Il y a un rapport physico-chimique, distinguant entre Grand Lac et Petit Lac; un rapport commun, de synthèse, sur la biologie du lac ( plancton ); un rapport sur l'état bactériologique. Le rapport biologique est accompagné d'une note, hors programme, sur les rotifères.

### 2. Evaluation de la production primaire

Un rapport succinct, qui devra être développé ces prochaines années, fait le point sur la production organique en 1976.

### 3. Etude des apports atmosphériques au Léman

Il s'agit de la phase 1976 des investigations qui ont débuté en 1972.

#### 4. Etude des affluents du lac Léman et du Rhône entre Genève et Chancy

Il s'agit du bilan des apports des affluents. A noter que les deux affluents principaux du Léman, le Rhône et la Drance, font l'objet de prélèvements, et, partiellement, d'analyses automatiques; le premier depuis fin 1974, le second depuis juin 1976.

#### 5. Etude du mercure et des métaux lourds dans la faune piscicole

Les investigations systématiques décidées par la Commission internationale continuent et se développent. Le rapport décrit la situation de 1976.

#### 6. Recherche des métaux lourds et du mercure rejetés dans les eaux du bassin lémanique et du Rhône

Cette étude est complexe. Une partie est prise en charge par les Etats, chacun dans son territoire. Il s'agit de la recherche des métaux lourds dans les affluents.

Côté suisse, cette recherche est effectuée sur les sédiments récents, dont la propriété est, comme chacun le sait, de concentrer les métaux lourds.

Côté français, une enquête a été opérée auprès des industries.

Une autre partie du programme, prise en charge par la Commission internationale elle-même, concerne le lac proprement dit. Il s'agit, en l'occurrence, de l'étude des zones côtières du Léman, notamment à proximité des lieux de rejet des stations d'épuration. Par ailleurs, l'étude de carottes permet d'établir la chronologie récente de la pollution des sédiments.

#### 7. Interface eau - sédiments

Ce travail cherche à mettre en évidence certains aspects des échanges entre les sédiments et l'eau.

#### 8. Contrôles des rejets des stations d'épuration

Il s'agit de quelques considérations sur le contrôle de l'efficacité de stations d'épuration.

Dr R. Monod

Secrétaire de la  
Commission internationale

# EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1976

## CONCLUSIONS

par R. Monod  
Secrétaire de la  
Commission internationale  
Lausanne

D'une manière générale, le Léman a évolué, en 1976, dans le sens prévu dans les rapports précédents. Les observations faites peuvent être résumées de la manière suivante :

1. L'année est caractérisée par un été chaud et un début et fin d'année relativement frais. On a noté une valeur maxima de 35 °C le 19 juillet à 1330 h par temps clair et vent d'ouest de force 2 à la station SHL 1, sise au large de Thonon.
2. La transparence de l'eau s'est légèrement améliorée, d'environ 1 dm, aussi bien dans le Grand Lac que dans le Petit. En fait, elle a été meilleure en hiver, médiocre, et même mauvaise en été, aux périodes de forte poussée planctonique.
3. Pour la première fois depuis 1971, le lac s'est refroidi à nouveau, malgré un réchauffement estival des couches superficielles. La température annuelle moyenne du Grand Lac a passé de 6°77 en 1975 à 6°58 en 1976. Cependant, le bilan des cinq dernières années reste positif, et le lac continue à être trop chaud, ayant absorbé par an 1000 calories au cm<sup>2</sup> de plus qu'il n'en a perdu. Quant au Petit Lac, dont le volume est faible, d'où sa sensibilité aux facteurs extérieurs, il continue à se réchauffer, ayant une température moyenne de 8°86 en 1976, contre 7°65 en 1973.

4. L'évolution du pH en 1976, sur tout le lac, est caractérisée par une forte élévation dans les couches superficielles pendant la période estivale. Cette élévation est due à la modification de l'équilibre physico-chimique, perturbé par une intense activité phytoplanctonique. En corollaire, on observe un abaissement du pH dans les couches profondes du Grand Lac, dû à la production d'anhydride carbonique. Le déséquilibre surface/fond s'accroît.
5. La conductivité de l'eau a tendance à s'abaisser dans les couches superficielles de l'eau et à s'élever dans les couches profondes. Cette modification de la composition ionique de l'eau ne s'opère que lentement, et ne peut être décelée que par des observations systématiques, répétées sur plusieurs années.
6. A considérer le lac pris dans son ensemble, la conductivité, donc la quantité d'électrolyte, a tendance à augmenter. La moyenne annuelle pondérée, de 298 mmS/cm, est la plus forte enregistrée depuis le début des mesures.
7. Pour ce qui concerne l'oxygène, l'ensemble du lac a vu sa situation se détériorer en 1976. Cet effet est particulièrement sensible dans le Grand Lac, qui perd de l'oxygène en tout lieu, en tout temps et à toute profondeur.
8. La concentration moyenne n'est plus, en 1976, que de 8.13 mg O<sub>2</sub>/l, alors que l'année 1975, déjà déficitaire, avait une concentration moyenne de 8.65 mg/l, toutes choses égales par ailleurs.
9. Les conditions hivernales 1975 - 1976 n'ont pas permis un renouvellement normal de la provision d'oxygène. La consommation biologique l'emportant sur la diffusion à partir de la surface, le fond du lac s'est trouvé quasi exempt d'oxygène en fin de saison.
10. La provision annuelle moyenne n'est plus que de 696'000 tonnes en 1976, contre 747'000 tonnes en 1975 et 824'000 tonnes en 1971. La perte de 1975 - 1976 ( 51'000 tonnes ) est une perte record.
11. Le taux de saturation moyen, pour toute la masse du Grand Lac, est descendu pour la première fois en dessous de 70 %. Il n'est plus, au fond du lac, que de 15.6 % avec un minimum de 4.6 % en novembre. ( minimum absolu : 2.6 % en octobre au centre du lac ).
12. Dans le Petit Lac, qui ne contient que 4.5 % de l'oxygène du Léman pris dans son ensemble, la baisse de concentration est effective. Toutefois, en égard aux conditions géographiques, elle n'a pas le caractère catastrophique du Grand Lac, où la vie des fonds tend nettement vers une anaérobiose.
13. Du point de vue de l'azote, la situation peut être caractérisée comme suit : L'azote ammoniacal est en baisse légère dans le Grand Lac, mais plus forte dans le Petit Lac qui a une concentration en ammoniacque plus élevée que le Grand Lac, respectivement 0.035 mg N/l ( 112 tonnes ) et 0.012 mg N/l ( 1'059 tonnes ).

14. Il s'est produit aussi une baisse de concentration de nitrites depuis l'an passé. Le tonnage passe de 155 tonnes en 1975 dans le Grand Lac à 133 tonnes en 1976. Dans le Petit Lac, l'état est stationnaire.
15. On signale dans le Grand Lac une faible régression des nitrates en 1976, de l'ordre de 2 %, avec une concentration de 0.44 mg N/l ( 37'900 tonnes ), inférieure à celle de 1975 ( 0.45 mg N/l, 38'600 tonnes ), mais supérieure à celles des années 1974 et antérieures.  
  
Une régression de même ordre est enregistrée dans le Petit Lac : 0.41 mg N/l et 1'300 tonnes en 1976 contre 0.42 mg N/l et 1'350 tonnes en 1975. Là aussi, la concentration 1976 est supérieure à celles des années 1974 et antérieures.
16. L'azote organique contenu dans le Grand Lac a légèrement augmenté en 1976 et se situe aux environs de 10'700 tonnes.
17. Le stock moyen d'azote sous toutes ses formes dosées est approximativement de 50'000 à 52'000 tonnes pour l'ensemble du lac.
18. Une relation très étroite existe dans le fond du lac entre la disparition de l'oxygène, l'apparition de fortes concentrations d'ammoniaque et la réduction des nitrates.
19. L'évolution du phosphore en 1976 présente les caractéristiques suivantes : La teneur en orthophosphates du Grand Lac continue à croître, ceci en tout lieu, à toute profondeur et en tout temps. Elle atteint le maximum de 0.075 mg N/l ( 6'400 tonnes ).
20. Du phosphore minéral s'accumule en grandes quantités au fond du lac, constituant une réserve susceptible d'être remise en circulation et de provoquer un nouvel accroissement de la pollution secondaire.
21. Le Petit Lac s'est enrichi en orthophosphates en 1976, mais sa concentration reste du même ordre de grandeur que celle des années 1973 et 1974 ( 0.047 mg P/l soit 150 tonnes ).
22. Le stock en orthophosphates du lac tout entier se situe à 6'550 tonnes, le Petit Lac ne représentant que le 2.3 % de l'ensemble.
23. La concentration du phosphore organique du Grand Lac a tendance à augmenter. Cette augmentation consiste essentiellement en un enrichissement des couches profondes.
24. Le Petit Lac a dépassé en concentration de phosphore organique le Grand Lac. Il contient 0.033 mg P/l ( 105 tonnes ).

25. Le Léman contient donc environ 1'550 tonnes de phosphore organique.
26. Pour le phosphore total, le Grand Lac a, en 1976, la provision la plus élevée enregistrée jusqu'à maintenant ( 0.092 mg P/l ou 7'850 tonnes ). Seule fait exception l'année 1970, où du phosphore avait été relargué à partir des sédiments, au gré d'un hiver froid.
27. Le Petit Lac, qui a une concentration moyenne en phosphore total plus faible que le Grand Lac ( 0.079 mg/l ou 256 tonnes ) voit en 1976 la concentration la plus élevée observée depuis vingt ans. Le phosphore se concentre au fond des fosses qui constituent le Petit Lac.
28. En 1976, la provision totale du Léman en phosphore est de 8'100 tonnes.
29. En l'espace de 5 ans, la concentration des chlorures a augmenté de 41 % en moyenne, de 50 % environ dans les zones superficielles, et de 15 à 11 % à, respectivement 250 et 300 m de profondeur. De 234'000 tonnes en 1971, le lac a emmagasiné 88'500 tonnes supplémentaires, soit en moyenne entre 17'000 et 18'000 tonnes par an. Ce résultat est à mettre en relation avec le bilan des chlorures établi par Burkard dans le présent volume ( étude des affluents ).

---

Le rapport détaillé débute en page 57 .

EXAMENS BIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

ETUDE DU PHYTOPLANCTON DENOMBRE  
SUR ECHANTILLONS D'EAU BRUTE

Campagne 1976

par MM.

J. Pelletier

Station d'Hydrobiologie lacustre  
Thonon

C. Lang et G. Matthey  
Laboratoire d'Hydrobiologie  
Lausanne

R. Revaclier et Ed. Pongratz  
Service d'Hydrobiologie  
Genève

TABLEAUX RECAPITULATIFS

---

Tableau No 1  
 LEVAN, 1976 : PHYTOPLANKTON DENOMBRE SUR ECHANTILLONS INTEGRÉS D'EAU BRUTE  
 ( 0-15 m) prélevés aux points SHL 1, SHL 2, SHL 6. ( Variations  
 saisonnières du nombre moyen de cellules ou colonies/ml ).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CYANOPHYCEES</b>												
<i>Microcystis</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	-	-	-
- <i>elachista</i>	-	-	-	-	-	0.3	-	-	1.3	-	-	-
<i>Gomphos. rosea</i>	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	1.9	-	-
<i>Anabaena</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>macrospora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>flos aq. var.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.3	35.9	0.3	-	-
<i>Aphanizo. fl. aq.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.3	22.1	3.2	2.2	-
<i>Oscillat. bour.</i>	-	0.6	-	-	-	-	-	1.9	470.5	1.3	0.6	3.2
- <i>acutissima</i>	0.6	-	-	-	-	-	-	3.5	17.7	0.6	-	-
<i>Pseudanab. gal.</i>	-	1.3	2.5	3.2	-	-	-	103.4	51.7	135.6	28.4	5.0
<b>DINOPHYCEES</b>												
<i>Gymnodinium</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>helveticum</i>	1.3	-	1.3	7.3	0.6	1.9	-	1.6	1.3	0.3	1.6	0.3
<i>Peridinium</i> sp	-	0.6	2.5	10.4	0.6	-	-	15.5	-	1.3	0.3	-
- <i>cinctum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>willei</i>	0.3	-	-	0.6	2.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium hir.</i>	0.6	-	0.9	4.1	5.0	32.5	320.4	59.0	-	1.6	-	-
<i>Cyste Ceratium</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	-	-
<b>CRYPTOPHYCEES</b>												
<i>Cryptomonas</i> sp	7.6	0.9	7.6	36.9	24.3	131.8	6.6	18.3	37.2	10.4	17.3	8.8
<i>Rhodomonas</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>miruta</i>	66.2	23.3	223.3	51.7	7.9	3.5	-	-	-	-	10.1	7.9
- <i>miruta</i> var.	144.7	105.6	378.4	232.7	98.2	946.0	505.2	691.2	99.0	512.1	138.7	41.9

Tableau No 1 suite

	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D
<b>CHRYSOPHYCEES</b>													
<i>Uroglena</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-
<i>Dinobryon</i> div.	-	-	-	-	-	-	-	-	6.3	-	-	18.9	-
- <i>sociata</i>	-	-	-	-	-	-	498.2	-	-	-	-	0.6	-
<i>Mallomonas</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-
- <i>acaroides</i>	-	0.3	0.3	0.9	-	-	-	-	-	0.6	1.3	-	-
<i>Salpingoeca</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	0.6	-	-	-
<i>Bicoeca</i> campan.	-	-	-	-	21.4	-	-	-	0.9	-	-	-	-
- <i>cristallina</i>	-	-	-	-	0.3	-	-	3.8	-	-	-	-	-
<i>Desmarella</i> br.	-	-	-	-	-	-	-	1.6	-	-	2.5	-	-
<i>Codonosiga</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	0.3	-
<i>Erkenia</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>XANTHOPHYCEES</b>													
<i>Tribonema</i> aff.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>DIATOMEEES</b>													
<i>Melosira</i> gran.	-	4.7	-	-	-	-	-	101.9	31.5	-	0.6	-	1.9
- <i>islandica</i>	10.1	8.2	86.1	43.2	-	-	-	-	-	-	-	0.3	1.6
- <i>binderana</i>	0.6	-	-	-	-	855.2	-	23.3	82.0	56.4	98.1	19.9	-
- <i>varians</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i> op.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
<i>Stephanod.</i> ast.	3.8	5.4	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>hantzschii</i>	5.0	30.6	1366.0	4377.0	1224.8	1550.5	-	58.0	436.4	1.9	24.0	1.3	0.6
<i>Diatoma</i> elong.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104.4	35.3
- <i>vulgare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria</i> cap.	-	-	-	-	-	10.4	-	-	-	-	-	-	-
- <i>crotonensis</i>	-	-	67.8	284.1	-	293.6	-	71.0	35.6	583.4	255.4	49.5	44.1
- <i>virescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124.9	-	-



Tableau No 1 suite

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CHLOROPHYCEES</b>												
<i>Chlamydom. sp</i>	-	-	-	-	4.7	-	-	0.9	0.6	-	-	-
- <i>probosc.</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetrasel. cord.</i>	-	-	0.9	46.4	18.9	213.8	-	1.3	0.6	5.0	-	-
<i>Phacotus lent.</i>	0.3	0.3	0.3	0.9	-	-	-	0.9	2.5	3.5	-	-
<i>Eudorina eleg.</i>	-	-	-	1.6	25.5	-	2.2	0.6	3.2	7.6	-	-
<i>Gonium pector.</i>	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pandorina mor.</i>	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-
<i>Pseudosphaer. l.</i>	-	-	0.6	0.6	2.8	-	-	-	-	1.6	-	-
<i>Ankyra judayi</i>	-	-	-	-	-	-	27.4	7.9	7.6	5.0	0.3	-
<i>Sphaeroc. schr.</i>	-	-	-	-	-	0.9	-	-	-	3.8	-	-
<i>Oocystis lacus.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>solitaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-
<i>Selenastrum sp</i>	-	-	-	-	1.6	-	-	-	2.5	-	-	-
<i>Ankistrodes. sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>falcatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monoraph. cont.</i>	7.9	4.7	16.7	53.6	75.4	7.6	0.3	0.6	1.9	1.3	7.6	7.3
<i>Microactinium p.</i>	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	3.8	-	-
<i>Dictyosph. pul.</i>	-	-	-	-	-	1.9	15.8	0.3	0.6	0.3	0.9	-
<i>Paradoxia mul.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-
<i>Coelastrum mic.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-
- <i>reticulatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetrastrum sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>triangulare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-
<i>Hofmania laut.</i>	-	-	-	-	-	-	3.5	3.2	1.3	0.6	-	-





Tableau No 2 suite

	J	F	M	A	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D
<b>CHRYSOPHYCEES</b>															
<i>Uroglena</i> sp				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinobryon</i> div.				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>sociale</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Mallomonas</i> sp				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>acaroides</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salpingoeca</i> sp				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bicoeca</i> campan.				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>cristallina</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Desmarella</i> br.				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Codonosiga</i> sp				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erkenia</i> sp				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>XANTHOPHYCEES</b>															
<i>Tribonema</i> aff.				-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	-
<b>DIATOMÉES</b>															
<i>Melosira</i> gran.				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>islandica</i>				38.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>binderana</i>				0.6	-	-	2008.9	-	-	-	-	-	29.6	17.6	0.6
- <i>varians</i>				1.2	-	-	-	-	-	-	-	14.8	-	-	-
<i>Cyclotella</i> op.				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanod.</i> ast.				0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>hantzschii</i>				610.8	74.7	1128.3	-	265.0	190.0	-	-	-	-	-	-
<i>Diatoma</i> elong.				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>vulgare</i>				0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.9
<i>Fragilaria</i> cap.				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>crotonensis</i>				166.9	-	111.7	-	36.3	-	-	-	-	-	-	-
- <i>virescens</i>				1.2	0.8	121.3	-	-	-	-	-	186.3	196.1	16.6	10.8



Tableau No 2 suite

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CHLOROPHYCEES</b>												
<i>Chlamydom. sp</i>					28.3							
- <i>probosc.</i>												
<i>Tetrasel. cord.</i>					60.5					2.3		
<i>Phacotus lent.</i>		41.7				64.5						
<i>Eudorina eleg.</i>				0.4	17.5				0.2			
<i>Gonium pector.</i>				0.1			0.1			2.4		
<i>Pandorina mor.</i>				0.6	3.0		0.1			0.1		
<i>Pseudosphaer. l.</i>				1.6	1.3			0.3				
<i>Ankyra judayi</i>				0.2								
<i>Sphaeroc. schr.</i>												
<i>Oocystis lacus.</i>												
- <i>solitaria</i>												
<i>Selenastrum sp</i>												
<i>Ankistrodes. sp</i>												
- <i>falcatus</i>					0.1		0.1			0.0		
<i>Monoraph. cont.</i>				0.1								
<i>Microactinium p.</i>		55.8			7.3				1.6	5.1	4.1	1.8
<i>Dictyosph. pul.</i>												
<i>Paradoxia mul.</i>				0.0								
<i>Coelastrum mic.</i>												
- <i>reticulatum</i>												
<i>Tetrastrum sp</i>					0.1							
- <i>triangulare</i>								0.9				
<i>Hofmania laut.</i>								0.3	1.7	0.4	0.1	

Tableau No 2 suite

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>CHLOROPHYCEES ( suite )</i>												
<i>Scenedesmus sp</i>				-	-	-	-	-	0.2	0.0	0.0	-
- <i>quadricauda</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>acutus</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>spinosus</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinastrum h.</i>				-	-	-	-	-	0.2	-	0.0	-
<i>Pediastrum bor.</i>				-	-	-	-	-	0.0	-	0.0	-
- <i>duplex</i>				-	-	0.0	-	-	-	-	-	-
<i>Elakatothrix g.</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chlororm. subt.</i>				-	-	3.5	-	6.7	10.6	-	0.9	-
<i>Treubaria set.</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ulothrix sp</i>				-	-	-	-	-	2.1	-	-	-

Tableau No 3  
 LEMAN, 1976 : PHYTOPLANKTON DENOMBRE SUR ECHANTILLONS INTEGRES D'EAU BRUTE  
 ( 0-10 m ) prélevés aux points GE 3, GE 4. ( Variations sai-  
 sonnières du nombre moyen de cellules ou colonies/ml ).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CYANOPHYCEES</b>												
<i>Microcystis</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-
- <i>aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>elachista</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-
<i>Gomphos. rosea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anabaena</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>macrospora</i>	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-
- <i>flos aq. var.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.4	4.1	0.0	-	-
<i>Aphanizo. fl. aq.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.3	12.3	0.4	0.8	0.1
<i>Oscillat. bowi.</i>	-	-	-	-	-	-	-	11.0	690.3	-	-	-
- <i>acutissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudanab. gal.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.1	26.3	0.4
<b>DIIANOPHYCEES</b>												
<i>Gymnodinium</i> sp	0.5	0.2	0.2	4.6	-	0.0	0.0	-	-	0.0	0.8	0.2
- <i>helveticum</i>	-	-	3.8	4.8	-	0.0	0.1	-	-	0.0	0.8	0.0
<i>Peridinium</i> sp	-	-	-	8.4	-	-	-	5.6	-	-	-	-
- <i>cinctum</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>willei</i>	-	0.1	0.2	0.4	2.1	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium hir.</i>	0.0	0.5	3.5	3.1	3.3	75.5	89.3	11.9	0.7	1.2	0.2	0.0
<i>Cyste Ceratium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CRYPTOPHYCEES</b>												
<i>Cryptomonas</i> sp	3.7	1.8	7.8	30.3	20.4	29.0	3.0	22.3	31.1	7.6	26.4	4.7
<i>Rhodomonas</i>	178.0	107.5	304.2	243.3	182.5	235.0	73.8	295.5	80.4	317.2	107.2	56.5
- <i>minuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>minuta</i> var	-	132.5	612.7	217.3	499.7	293.3	60.8	58.7	186.7	315.0	312.8	43.5

Tableau No 3 suite

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CHRUSOPHYCEES</b>												
<i>Uroglena</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-
<i>Dinobryon</i> div.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>sociule</i>	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	2.1	-	-
<i>Multomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	1.6	-
- <i>acutoides</i>	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sulpingoeca</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bicoeca campan.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>cristallina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Desmarella</i> br.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Codonosiga</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erkenia</i> sp	78.2	33.7	69.1	0.0	113.0	158.6	100.0	37.6	60.8	1312.2	78.2	0.0
<b>XANTHOPHYCEES</b>												
<i>Tribonema</i> aff.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>DIATOMEES</b>												
<i>Melosira gran.</i>	-	-	-	-	-	4.8	-	0.0	-	-	-	-
- <i>islandica</i>	4.4	131.4	205.0	39.4	-	-	5.7	193.0	-	-	-	-
- <i>binderana</i>	-	-	-	-	-	697.3	-	-	3.8	342.0	12.4	1.9
- <i>varians</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanod. ast.</i>	0.7	0.0	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-
- <i>hantzschii</i>	126.0	120.9	684.3	3804.0	5778.8	769.1	-	40.6	0.0	84.7	-	4.3
<i>Diatoma elong.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.0	16.9
- <i>vulgare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria cap.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>crotonensis</i>	1.5	8.8	96.6	656.9	0.0	235.0	58.0	137.1	631.3	295.3	63.8	52.1
- <i>virescens</i>	-	-	-	-	-	50.5	-	-	-	-	-	-







Tableau No 4

## LEMAN, 1976 : PHYTOPLANKTON DENOMBRE SUR ECHANTILLONS INTEGRÉS D'EAU BRUTE

Moyenne calculée sur l'ensemble des points de prélèvement.

( Variations saisonnières du nombre moyen de cellules ou colonies/ml )

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CYANOPHYCEES</b>												
<i>Microcystis</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	0.02	-
- <i>aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.63	-	-	-
- <i>elachista</i>	-	-	-	-	-	0.11	-	-	0.42	0.63	-	-
<i>Gomphos. rosea</i>	-	-	-	-	-	0.21	-	-	-	-	-	-
<i>Anabaena</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	0.22	-	-	-	-
- <i>macrospora</i>	-	-	-	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-
- <i>flos</i> aq. var.	-	-	-	-	-	-	-	0.24	15.00	0.11	-	-
<i>Aphanizo. fl.</i> aq.	-	-	-	-	-	-	-	0.20	11.86	1.40	1.17	0.10
<i>Oscillat. bour.</i>	-	0.32	-	-	-	-	-	4.28	483.24	0.42	0.54	1.38
- <i>acutissima</i>	0.32	-	-	-	-	-	-	1.16	5.89	0.21	-	-
<i>Pseudanab. gal.</i>	-	0.63	1.26	1.05	-	-	-	34.48	68.24	184.79	42.78	3.13
<b>DINOPHYCEES</b>												
<i>Gymnodinium</i> sp	0.25	0.08	0.12	1.53	-	0.00	0.00	-	-	0.00	0.26	0.05
- <i>helveticum</i>	0.63	-	2.55	5.17	0.39	0.74	0.04	0.53	0.64	0.17	1.31	0.15
<i>Peridinium</i> sp	-	0.32	1.26	18.43	0.21	0.02	-	19.93	-	0.44	0.13	-
- <i>cinctum</i>	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>willei</i>	0.16	0.03	0.09	0.41	2.47	0.11	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium hir.</i>	0.34	0.25	2.22	2.91	4.05	89.92	181.83	40.37	0.25	1.74	0.07	0.01
<i>Cyste Ceratium</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.55	-	-	-	-
<b>CRYPTOPHYCEES</b>												
<i>Cryptomonas</i> sp	5.63	1.37	7.68	22.64	17.07	59.23	4.02	15.63	26.17	6.94	17.29	5.21
<i>Rhodomonas</i>	89.08	53.75	152.08	85.05	63.81	79.71	27.08	98.48	26.80	105.73	35.72	18.83
- <i>minuta</i>	33.11	11.67	111.63	17.24	2.63	1.16	-	0.33	-	-	3.36	2.63
- <i>minuta</i> var.	72.37	119.08	495.53	149.99	199.28	413.10	188.64	249.96	95.23	275.70	150.52	28.46

Tableau No 4 suite

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CHRYSOPHYCEES</b>												
<i>Uroglena</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-
<i>Dinobryon</i> div.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	-	-
- <i>sociale</i>	-	-	-	-	-	166.10	-	2.10	-	0.68	6.31	-
<i>Mallomonas</i> sp	-	-	-	-	-	-	0.11	-	-	-	0.21	-
- <i>acaroides</i>	-	0.23	0.23	0.32	-	-	-	-	0.21	0.62	0.53	-
<i>Salpingoeca</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	0.32	-	-	-	-
<i>Bicoeca</i> campan.	-	-	-	-	7.15	-	-	0.32	-	-	-	-
- <i>cristallina</i>	-	-	-	-	0.11	-	1.26	-	-	-	-	-
<i>Desmarella</i> br.	-	-	-	-	-	-	0.53	-	-	0.84	-	-
<i>Codonosiga</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.53	0.11	-
<i>Erkenia</i> sp	39.11	16.84	34.56	0.00	37.66	52.87	33.34	12.54	20.28	437.40	26.07	0.00
<b>XANTHOPHYCEES</b>												
<i>Tribonema</i> aff.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.02	-
<b>DIATOMÉES</b>												
<i>Melosira</i> gran.	-	2.37	-	-	-	1.60	33.95	10.51	-	0.21	-	0.63
- <i>islandica</i>	7.25	69.79	145.53	40.33	-	-	-	-	-	-	0.11	0.53
- <i>binderana</i>	0.32	-	-	0.20	-	1187.12	9.69	91.68	25.02	156.54	16.62	0.83
- <i>varians</i>	-	-	-	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i> op.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11
<i>Stephanod.</i> ast.	2.24	2.69	-	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>hantzschii</i>	65.52	75.73	1025.17	2930.60	2359.42	1149.29	107.67	222.33	0.63	36.23	0.42	1.66
<i>Diatoma</i> elong.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71.45	20.36
- <i>vulgare</i>	-	-	-	0.12	0.09	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria</i> cap.	-	-	-	-	-	3.47	-	-	-	-	-	-
- <i>crotonensis</i>	0.75	4.39	82.21	369.31	0.00	213.41	55.08	57.59	466.97	248.94	43.27	35.68
- <i>virescens</i>	-	-	-	0.39	0.28	57.28	-	-	-	41.62	-	-

Tableau No 4 suite

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>DIATOMÉES ( suite )</i>												
<i>Asterionella f.</i>	2.99	43.93	1226.36	2154.55	-	-	-	1.04	5.89	118.05	11.72	4.82
<i>Synedra sp</i>	-	-	0.16	0.02	-	-	-	-	-	-	0.31	0.16
- <i>acus</i>	-	-	-	0.82	-	-	-	5.15	0.04	0.00	0.74	0.42
- <i>ulna</i>	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis sp</i>	-	-	-	-	0.11	0.21	0.11	-	-	-	-	-
<i>Navicula sp</i>	-	-	-	0.68	0.55	-	1.37	-	0.04	-	-	0.32
<i>Amphora ovalis</i>	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella sp</i>	-	-	-	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema sp</i>	-	-	-	-	0.21	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sp</i>	-	-	-	0.61	-	1.37	1.47	7.99	0.93	1.99	0.06	-
- <i>acicularis</i>	-	-	0.47	0.21	-	-	0.32	31.22	4.04	36.25	1.25	0.11
- <i>holsatica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.63	-
<i>Cymatopl. solea</i>	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>CONJUGÉES</i>												
<i>Mougeotia grac.</i>	-	-	-	-	-	-	18.57	37.72	57.89	147.14	242.05	101.84
<i>Closterium sp</i>	-	-	-	-	-	-	0.11	-	1.17	0.12	0.16	-
- <i>aciculare</i>	-	-	0.00	-	-	-	-	0.07	12.43	5.47	-	0.00
- <i>acutum var</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.29	0.21
<i>Cosmarium sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-
- <i>depressum</i>	0.47	0.16	0.33	1.00	0.73	0.12	0.20	0.11	0.21	0.15	0.01	-
<i>Staurastr. cing.</i>	0.00	0.01	-	0.01	-	-	0.00	0.22	0.66	0.19	0.07	-
- <i>sebaldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.42	0.21	-	0.21	-
- <i>pingue</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.21	-	-	0.01	-
<i>Spirogyra sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-



Tableau No 4 suite

	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D
<i>CHLOROPHYCEES ( suite )</i>													
<i>Scenedesmus sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.29	0.01	0.01	-
- <i>quadricauda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.21	-	-	-
- <i>acutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-
- <i>spinosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-
<i>Actinastrum h.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.07	-	0.01	-
<i>Pediastrum bor.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.11	0.01	-
- <i>duplex</i>	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	0.00	-	-
<i>Elakatothrix g.</i>	-	-	0.16	-	0.74	-	-	0.11	0.11	0.63	0.11	-	-
<i>Chlorohorm. subbt.</i>	-	-	-	-	-	1.18	20.20	81.83	10.21	15.38	3.09	-	-
<i>Treubarria set.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	-	-	-	-
<i>Ullothrix sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.71	-	-	-	-	-

Tableau No 5 LEMAN, 1976 : ABONDANCE ANNUELLE MOYENNE DU PHYTOPLANKTON DENOMBRE  
 sur échantillons intégrés d'eau brute aux différentes stations.  
 ( Nombre moyen de cellules ou colonies/ml )

	SHL 1	SHL 2	SHL 6	VD 2	VD 4	VD 5	GE 3	GE 4
<b>CYANOPHYCEES</b>								
<i>Microcystis</i> sp	-	-	-	-	-	0.0	-	0.0
- <i>aeruginosa</i>	-	-	0.5	-	-	-	-	-
- <i>elachista</i>	0.1	0.5	0.3	-	-	-	0.0	0.0
<i>Gomphos. rosea</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Anabaena</i> sp	-	-	-	-	-	0.3	-	-
- <i>macrospora</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.3
- <i>flos aq. var.</i>	3.9	1.7	3.5	1.1	0.3	0.5	0.5	0.3
<i>Aphanizo. fl. aq.</i>	3.3	1.8	1.8	0.2	0.3	0.5	1.4	1.0
<i>Oscillat. bour.</i>	55.8	27.4	36.3	22.1	24.7	61.9	73.9	49.2
- <i>acutissima</i>	1.2	1.8	2.6	-	-	-	-	-
<i>Pseudanab. gal.</i>	20.7	38.9	23.2	136.0	65.3	32.1	6.1	7.1
<b>DINOPHYCEES</b>								
<i>Gymnodinium</i> sp	-	-	-	-	-	-	0.0	1.0
- <i>helveticum</i>	1.2	1.5	1.7	1.0	0.7	0.9	1.7	-
<i>Peridinium</i> sp	3.5	1.7	2.7	17.4	7.7	4.5	0.7	1.7
- <i>cinctum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.0
- <i>willei</i>	0.5	0.4	0.1	0.8	0.2	0.2	0.2	0.3
<i>Ceratium hir.</i>	28.1	35.8	42.1	56.2	34.1	11.8	20.7	12.5
<i>Cyste Ceratium</i>	0.2	-	0.1	-	0.0	0.3	-	-
<b>CRYPTOPHYCEES</b>								
<i>Cryptomonas</i> sp	20.7	29.4	26.8	9.1	4.7	7.0	16.9	15.6
<i>Rhodomonas</i>	-	-	-	4.5	3.8	2.1	-	348.7
- <i>minuta</i>	27.9	37.1	33.5	-	-	0.4	-	-
- <i>minuta var.</i>	243.9	386.0	343.6	-	-	-	496.9	-

Tableau No 5 suite

	SHL 1	SHL 2	SHL 6	VD 2	VD 4	VD 5	GE 3	GE 4
<b>CHRYSOPHYCEES</b>								
<i>Uroglena</i> sp	0.1	-	-	-	-	-	0.0	0.0
<i>Dinobryon</i> div.	-	-	-	0.1	0.1	0.0	-	-
- <i>sociale</i>	88.3	18.9	23.7	-	-	-	0.1	0.3
<i>Mallomonas</i> sp.	-	0.2	-	-	-	-	-	-
- <i>acaroides</i>	-	0.4	0.5	-	-	-	0.2	0.2
<i>Salpingoeca</i> sp	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Bicoeca</i> campan.	0.9	2.5	2.2	-	-	-	-	-
- <i>crystallina</i>	0.4	-	0.6	-	-	-	-	-
<i>Desmarella</i> br.	0.3	0.4	0.3	-	-	-	-	-
<i>Codonosiga</i> sp	0.3	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Erkenia</i> sp	-	-	-	-	-	-	200.0	150.4
<b>XANTHOPHYCEES</b>								
<i>Tribonema</i> aff.	-	-	-	-	-	0.1	-	-
<b>DIATOMEES</b>								
<i>Melosira</i> gran.	10.4	9.5	15.2	-	-	-	0.0	0.8
- <i>islandica</i>	12.5	13.4	11.5	4.1	5.8	4.3	53.4	14.1
- <i>binderana</i>	85.5	58.6	139.8	287.3	293.4	195.5	79.5	136.5
- <i>varians</i>	-	-	-	0.5	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i> op.	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanod.</i> ast.	0.3	0.9	1.1	-	0.2	0.2	0.0	0.1
- <i>hantzschii</i>	762.9	747.6	758.6	443.6	180.8	193.0	1111.0	873.2
<i>Diatoma</i> elong.	9.8	12.4	12.8	3.5	5.0	3.3	9.2	8.4
- <i>vulgare</i>	-	-	-	-	0.1	0.2	-	-
<i>Fragilaria</i> cap.	-	-	2.6	-	-	-	-	-
- <i>crotonensis</i>	128.2	84.3	208.7	89.0	53.3	123.5	186.6	201.6
- <i>virescens</i>	-	31.2	-	0.5	28.3	14.0	3.4	5.3

Tableau No 5 suite

	SHL 1	SHL 2	SHL 6	VD 2	VD 4	VD 5	GE 3	GE 4
<i>DIATOMÉES ( suite )</i>								
<i>Asterionella f.</i>	487.7	352.9	526.8	198.3	59.8	79.1	385.5	189.8
<i>Synedra sp</i>	0.5	0.5	0.8	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
- <i>acus</i>	2.3	1.0	1.9	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
- <i>ulna</i>	-	-	-	-	-	0.0	-	-
<i>Cocconeis sp</i>	-	0.1	0.2	-	-	-	-	-
<i>Navicula sp</i>	0.3	1.2	0.5	0.2	0.1	0.1	-	-
<i>Anphora ovalis</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Cymbella sp</i>	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema sp</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sp</i>	2.2	4.7	2.0	0.8	1.2	0.8	-	-
- <i>acicularis</i>	9.4	23.7	5.0	-	0.7	-	8.3	3.5
- <i>holsatica</i>	-	0.5	-	-	-	-	-	-
<i>Cymatopl. solea</i>	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-
<i>CONJUGUÉES</i>								
<i>Mougeotia grac.</i>	60.0	59.3	55.5	98.7	72.6	59.5	42.2	45.0
<i>Closterium sp</i>	0.1	-	-	0.4	0.1	1.2	-	-
- <i>acicularare</i>	0.8	4.0	5.0	-	-	-	1.6	1.0
- <i>acutum var.</i>	0.1	-	-	-	-	-	0.1	0.1
<i>Cosmarium sp</i>	-	-	-	-	0.0	-	-	-
- <i>depressum</i>	0.5	0.6	0.6	0.4	0.2	0.3	0.0	0.0
<i>Staurastr. cing.</i>	-	-	-	1.0	0.1	0.1	0.1	0.0
- <i>sebaldii</i>	0.2	-	0.4	-	-	-	-	-
- <i>pingue</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Spirogyra sp</i>	-	-	-	-	0.0	-	-	-

Tableau No 5 suite

	SHL 1	SHL 2	SHL 6	VD 2	VD 4	VD 5	GE 3	GE 4
<b>CHLOROPHYCEES</b>								
<i>Chlamydom. sp</i>	0.3	1.2	0.9	-	4.4	5.6	14.3	27.3
- <i>proboosc.</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Tetrasel. cord.</i>	28.9	20.7	23.1	31.1	30.2	3.2	4.5	12.8
<i>Phacotus lent.</i>	0.7	0.5	1.0	0.0	0.0	-	1.1	2.8
<i>Eudorina eleg.</i>	4.0	3.5	2.7	2.0	2.1	3.5	5.6	3.1
<i>Gonium pector.</i>	-	-	0.1	0.1	-	0.1	-	-
<i>Pandorina mor.</i>	-	0.1	-	0.9	0.2	0.5	-	-
<i>Pseudosphaer. l.</i>	0.6	0.5	0.4	0.7	0.2	0.4	0.0	0.1
<i>Ankyra judayi</i>	4.7	3.8	3.6	-	0.1	0.0	2.2	1.3
<i>Sphaeroc. schr.</i>	-	0.9	0.3	-	-	-	0.0	0.0
<i>Oocystis lacus.</i>	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0
- <i>solitaria</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Selenastrum sp</i>	0.6	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Ankistrodes. sp</i>	-	-	-	0.0	0.1	-	-	-
- <i>falcatus</i>	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-
<i>Monoraph. cont.</i>	17.2	12.4	16.6	21.4	5.0	3.9	16.4	5.1
<i>Micractinium p.</i>	0.2	0.6	0.4	-	-	-	0.0	0.0
<i>Dictyosph. pul.</i>	1.3	1.7	2.0	-	-	0.0	0.2	0.2
<i>Paradoxia mul.</i>	-	-	0.2	-	-	-	0.0	-
<i>Coelastrum mic.</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
- <i>reticulatum</i>	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0
<i>Tetrastrum sp</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	-
- <i>triangulare</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hofmania laut.</i>	1.0	0.2	0.9	0.3	0.4	0.2	-	-

Tableau No 5 suite

	SHL 1	SHL 2	SHL 6	VD 2	VD 4	VD 5	GE 3	GE 4
	<i>CHLOROPHYCEES ( Suite )</i>							
<i>Scenedesmus sp</i>	-	-	0.2	0.0	0.1	0.0	-	-
- <i>quadriricauda</i>	-	0.2	0.1	-	-	-	-	-
- <i>acutus</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
- <i>spinosus</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Actinastrum h.</i>	-	-	-	0.0	0.1	-	-	0.0
<i>Pediastrum bor.</i>	-	-	0.1	-	0.0	-	0.0	0.0
- <i>duplex</i>	-	-	-	-	0.0	-	0.0	0.0
<i>Elakatothrix g.</i>	0.6	0.3	0.5	-	-	-	-	-
<i>Chlorohorm. subt.</i>	8.4	13.6	58.7	2.3	4.6	1.0	2.8	6.0
<i>Treubarria set.</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Ulothrix sp</i>	-	-	-	0.9	-	-	-	-

Tableau No 6

LEMAN , 1976 : MOYENNES DE L'ABONDANCE ANNUELLE  
DU PHYTOPLANCTON CALCULEES POUR LES DIFFERENTES  
REGIONS ET POUR L'ENSEMBLE DU LAC  
( Nombre moyen de cellules ou colonies/ml )

	SHL	VD	GE	LEMEN
<b>CYANOPHYCEES</b>				
<i>Microcystis sp</i>	-	0.01	0.01	0.01
- <i>aeruginosa</i>	0.16	-	-	0.05
- <i>elachista</i>	0.29	-	0.00	0.10
<i>Gomphos. rosea</i>	0.05	-	-	0.02
<i>Anabaena sp</i>	-	0.08	-	0.03
- <i>macrospora</i>	-	-	0.17	0.06
- <i>flos aq. var.</i>	3.05	0.65	0.40	1.36
<i>Aphanizo. fl. aq.</i>	2.31	0.31	1.21	1.28
<i>Oscillat. bowr.</i>	39.84	36.23	61.51	45.86
- <i>acutissima</i>	1.87	-	-	0.62
<i>Pseudanab. gal.</i>	27.59	77.82	6.57	37.33
<b>DINOPHYCEES</b>				
<i>Gymnodinium sp</i>	-	-	0.51	0.17
- <i>helveticum</i>	1.45	0.87	0.87	1.06
<i>Peridinium sp</i>	2.60	9.84	1.19	4.54
- <i>cinctum</i>	-	-	0.00	0.00
- <i>willei</i>	0.32	0.39	0.25	0.32
<i>Ceratium hir.</i>	35.34	34.06	16.64	28.68
<i>Cyste Ceratium</i>	0.08	0.09	-	0.06
<b>CRYPTOPHYCEES</b>				
<i>Cryptomonas sp</i>	25.65	6.92	16.21	16.26
<i>Rhodomonas</i>	-	3.45	174.33	59.26
- <i>minuta</i>	32.82	0.13	-	10.98
- <i>minuta var.</i>	324.49	-	248.43	190.97
<b>CHRYSOPHYCEES</b>				
<i>Uroglena sp</i>	0.03	-	0.00	0.01
<i>Dinobryon div.</i>	-	0.05	-	0.02
- <i>sociale</i>	43.62	-	0.18	14.60
<i>Mallomonas sp</i>	0.08	-	-	0.03
- <i>acaroides</i>	0.29	-	0.22	0.17
<i>Salpingoeca sp</i>	0.13	-	-	0.04
<i>Bicoeca campan.</i>	1.87	-	-	0.62
- <i>cristallina</i>	0.34	-	-	0.11
<i>Desmarella br.</i>	0.34	-	-	0.11
<i>Codonosiga sp</i>	0.16	-	-	0.05
<i>Erkenia sp</i>	-	-	175.19	58.40
<b>XANTHOPHYCEES</b>				
<i>Tribonema aff.</i>	-	0.02	-	0.01

Tableau No 6 ( suite )

	SHL	VD	GE	LEMAN
<i>DIATOMÉES</i>				
<i>Melosira gran.</i>	11.72	-	0.40	4.04
- <i>islandica</i>	12.46	4.73	33.72	16.97
- <i>binderana</i>	94.63	258.73	107.99	153.78
- <i>varians</i>	-	0.17	-	0.06
<i>Cyclotella op.</i>	0.03	-	-	0.01
<i>Stephanod. ast.</i>	0.79	0.10	0.03	0.31
- <i>hantzschii</i>	756.34	272.47	992.10	673.64
<i>Diatoma elong.</i>	11.64	3.92	8.79	8.12
- <i>vulgare</i>	-	0.08	-	0.03
<i>Fragilaria cap.</i>	0.87	-	-	0.29
- <i>crotonensis</i>	140.38	88.60	194.07	141.01
- <i>virescens</i>	10.41	14.26	4.35	9.67
<i>Asterionella f.</i>	455.80	112.39	274.14	280.78
<i>Synedra sp</i>	0.58	0.06	0.07	0.24
- <i>acus</i>	1.73	0.09	0.00	0.61
- <i>ulna</i>	-	0.01	-	0.00
<i>Cocconeis sp</i>	0.11	-	-	0.04
<i>Navicula sp</i>	0.66	0.13	-	0.26
<i>Amphora ovalis</i>	-	0.02	-	0.01
<i>Cymbella sp</i>	0.05	-	-	0.02
<i>Gomphonema sp</i>	0.05	-	-	0.02
<i>Nitzschia sp</i>	2.97	0.94	-	1.30
- <i>acicularis</i>	12.69	0.23	5.91	6.28
- <i>holsatica</i>	0.16	-	-	0.05
<i>Cymatopl. solea</i>	-	0.01	-	0.00
<i>CONJUGUÉES</i>				
<i>Mougeotia grac.</i>	58.26	76.96	43.58	59.60
<i>Closterium sp</i>	0.03	0.56	-	0.19
- <i>aciculare</i>	3.26	-	1.30	1.52
- <i>acutum var.</i>	0.03	-	0.10	0.04
<i>Cosmarium sp</i>	-	0.01	-	0.00
- <i>depressum</i>	0.58	0.28	0.00	0.29
<i>Staurastr. cing.</i>	-	0.40	0.05	0.15
- <i>sebaldii</i>	0.21	-	-	0.07
- <i>pingue</i>	0.05	-	-	0.02
<i>Spirogyra sp</i>	-	0.00	-	0.00
<i>CHLOROPHYCEES</i>				
<i>Chlamydom. sp</i>	0.81	3.35	20.79	8.32
- <i>probosc.</i>	0.05	-	-	0.02
<i>Tetrasel. cord.</i>	24.23	21.49	8.66	18.12
<i>Phacotus lent.</i>	0.74	0.02	1.91	0.89
<i>Eudorina eleg.</i>	3.39	2.54	4.31	3.41

Tableau No 6 ( fin )

	SHL	VD	GE	LEMAN
<i>CHLOROPHYCEES suite</i>				
<i>Gonium pector.</i>	0.03	0.04	-	0.02
<i>Pandorina mor.</i>	0.03	0.51	-	0.18
<i>Pseudosphaer. l.</i>	0.47	0.43	0.03	0.31
<i>Ankyra judayi</i>	4.02	0.03	1.72	1.92
<i>Sphaeroc. schr.</i>	0.39	-	0.00	0.13
<i>Oocystis lacus.</i>	-	-	0.00	0.00
- <i>solitaria</i>	0.03	-	-	0.01
<i>Selenastrum sp</i>	0.34	-	-	0.11
<i>Ankistrodes. sp</i>	-	0.03	-	0.01
- <i>falcatus</i>	-	0.01	-	0.00
<i>Monoraph. cont.</i>	15.40	10.08	10.74	12.08
<i>Micractinium p.</i>	0.39	-	0.00	0.13
<i>Dictyosph. pul.</i>	1.66	0.00	0.19	0.62
<i>Paradoxia mul.</i>	0.05	-	0.00	0.02
<i>Coelastrum mic.</i>	0.03	-	-	0.01
- <i>reticulatum</i>	-	-	0.00	0.00
<i>Tetrastrum sp</i>	-	0.14	-	0.05
- <i>triangulare</i>	0.03	-	-	0.01
<i>Hofmania laut.</i>	0.71	0.31	-	0.34
<i>Scenedesmus sp</i>	0.05	0.04	-	0.03
- <i>quadricauda</i>	0.08	-	-	0.03
- <i>acutus</i>	0.03	-	-	0.01
- <i>spinosus</i>	0.03	-	-	0.01
<i>Actinastrum h.</i>	-	0.03	0.00	0.01
<i>Pediastrum bor.</i>	0.03	0.01	0.00	0.01
- <i>duplex</i>	-	0.00	0.00	0.00
<i>Elakatothrix g.</i>	0.45	-	-	0.15
<i>Chlorhorm. subt.</i>	26.91	2.62	4.37	11.30
<i>Treubaria set.</i>	0.05	-	-	0.02
<i>Ulothrix sp</i>	-	0.30	-	0.10

Tableau No 7 LEMAN, 1976 : ABONDANCE RELATIVE ( EN % ) DES CLASSES D'ALGUES PLANCTONIQUES DANS LES DIFFERENTES REGIONS DU LAC

	POINT	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY.
CYANOPHYCEES	SHL	0.25	0.81	0.07	0.04	0.00	0.00	0.08	6.47	34.43	8.74	4.62	2.34	3.41
	VD	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	55.48	42.19	16.32	9.28	10.98
	GE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	1.28	41.09	1.63	2.94	0.16	2.88
DINOPHYCEES	SHL	0.87	0.27	0.13	0.25	0.60	0.75	25.86	4.55	0.07	0.19	0.28	0.09	1.81
	VD	-	-	-	2.42	3.13	4.48	29.83	29.33	0.08	0.30	0.36	0.18	4.32
	GE	0.15	0.12	0.26	0.30	0.08	2.96	19.96	1.92	0.04	0.04	0.19	0.08	0.80
CRYPTOPHYCEES	SHL	85.79	55.60	17.01	3.59	8.56	23.75	41.32	41.96	7.80	31.96	24.61	16.72	17.39
	VD	-	-	-	0.73	7.15	0.58	2.20	2.40	1.26	0.32	1.76	3.84	1.00
	GE	46.08	41.79	30.46	6.96	10.07	21.85	30.68	41.49	17.34	21.01	48.51	36.38	18.12
CHRYSOPHYCEES	SHL	0.00	0.13	0.01	0.01	1.43	10.94	0.46	0.50	0.07	0.33	2.94	0.00	2.13
	VD	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01
	GE	19.82	5.85	2.28	0.00	1.62	6.22	22.32	4.15	3.54	43.18	8.67	0.00	7.25
DIATOMEES	SHL	9.51	40.89	82.21	94.93	80.66	59.62	21.84	42.64	38.22	44.14	29.66	27.29	68.77
	VD	-	-	-	90.93	35.05	93.04	66.19	62.32	25.70	36.88	15.78	42.44	72.23
	GE	33.94	52.23	66.40	91.39	82.83	68.88	14.23	40.87	36.98	28.71	18.11	26.89	66.92
CHLOROPHYCEES	SHL	3.22	2.16	0.55	1.15	8.62	4.92	7.08	1.27	14.88	4.87	2.60	2.07	3.65
	VD	-	-	-	5.85	54.53	1.89	1.65	2.68	2.09	1.18	1.13	3.21	4.00
	GE	0.00	0.00	0.60	1.35	5.40	0.09	9.15	3.34	0.16	1.10	0.70	0.86	2.18
CONJUGUEES	SHL	0.37	0.13	0.02	0.02	0.12	0.00	3.36	2.59	4.52	9.78	35.30	51.50	2.83
	VD	-	-	-	0.07	0.14	0.01	0.13	3.05	15.38	19.07	64.63	41.05	7.46
	GE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.21	6.95	0.85	4.33	20.86	35.64	1.86

Tableau No 8 LEMAN, 1976 : ABONDANCE RELATIVE ( EN % ) DES CLASSES D'ALGUES PLANCTONIQUES DANS L'ENSEMBLE DU LAC

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
CYANOPHYCEES	0.10	0.23	0.04	0.02	0.00	0.00	0.14	4.19	41.09	10.12	6.49	1.99	4.59
DINOPHYCEES	0.43	0.17	0.19	0.48	0.25	2.54	25.47	6.34	0.06	0.13	0.26	0.09	1.84
CRYPTOPHYCEES	61.66	45.77	23.18	4.66	9.73	15.47	30.78	37.64	10.40	20.96	30.18	23.82	14.67
CHRYSTOPHYCEES	12.04	4.20	1.05	0.01	1.55	6.12	4.93	1.59	1.45	23.76	4.85	0.00	3.92
DIATOMEES	24.36	48.97	74.96	93.13	81.27	73.11	29.67	44.16	35.35	34.54	21.38	28.35	68.62
CHLOROPHYCEES	1.26	0.62	0.57	1.69	7.18	2.75	6.36	2.07	6.54	2.22	1.42	1.66	3.09
CONJUGUEES	0.15	0.04	0.01	0.02	0.03	0.00	2.64	4.00	5.10	8.26	35.42	44.09	3.27

Tableau No 9

LISTE DE REFERENCE ET FREQUENCE ( SUR 83 ECHANTILLONS )  
DES ESPECES D'ALGUES RENCONTREES EN 1976

Classe	Genre et espèce	Code	Fréquence sur 83 éch.
CYANOPHYCEES	<i>Microcystis sp</i>	1020	2
	- <i>aeruginosa</i>	1021	1
	- <i>elachista</i>	1022	8
	<i>Composphaeria rosea</i>	1062	1
	<i>Anabaena sp</i>	1070	1
	- <i>macrospora</i>	1074	1
	- <i>flos aquae var. treleasii</i>	1075	14
	<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	1081	31
	<i>Oscillatoria bowrelyi</i>	1092	19
	- <i>acutissima</i>	1093	9
	<i>Pseudanabaena galeata</i>	1101	38
	DINOPHYCEES	<i>Gymnodinium sp</i>	2010
- <i>helveticum</i>		2012	43
<i>Peridinium sp</i>		2020	28
- <i>cinctum</i>		2021	1
- <i>willei</i>		2024	23
<i>Ceratium hirundinella</i>		2041	60
Cyste de <i>Ceratium</i>		2049	3
CRYPTOPHYCEES	<i>Cryptomonas sp</i>	3010	81
	<i>Rhodomonas</i>	3020	22
	- <i>minuta</i>	3021	23
	- <i>minuta var. nannoplanct.</i>	3022	47
CHRYSOPHYCEES	<i>Uroglena sp</i>	5020	3
	<i>Dinobryon divergens</i>	5033	3
	- <i>sociale</i>	5035	10
	<i>Mallomonas sp</i>	5050	2
	- <i>acaroides</i>	5051	13
	<i>Salpingoeca sp</i>	5060	2
	<i>Bicoceca campanulata</i>	5091	4
	- <i>cristallina</i>	5092	3
	<i>Desmarella brachycalyx</i>	5100	5
	<i>Codonosica sp</i>	5110	3
<i>Erkenia sp</i>	5120	22	
XANTHOPHYCEES	<i>Tribonema affine</i>	6011	2

Tableau No 9 suite

Classe	Genre et espèce	Code	Fréquence sur 83 éch.	
DIATOMÉES	<i>Melosira granulata</i>	7011	10	
	- <i>islandica</i>	7012	23	
	- <i>binderana</i>	7013	46	
	- <i>varians</i>	7014	1	
	<i>Cyclotella operculata</i>	7021	1	
	<i>Stephanodiscus astraea</i>	7031	12	
	- <i>hantzschii</i>	7032	63	
	<i>Diatoma elongatum</i>	7041	15	
	- <i>vulgare</i>	7042	3	
	<i>Fragilaria capucina</i>	7061	1	
	- <i>crotonensis</i>	7062	65	
	- <i>virescens</i>	7063	7	
	<i>Asterionella formosa</i>	7071	50	
	<i>Synedra</i> sp	7080	15	
	- <i>acus</i>	7081	18	
	- <i>ulna</i>	7082	1	
	<i>Cocconeis</i> sp	7100	3	
	<i>Navicula</i> sp	7140	15	
	<i>Amphora ovalis</i>	7161	1	
	<i>Cymbella</i> sp	7170	2	
	<i>Gomphonema</i> sp	7180	1	
	<i>Nitzschia</i> sp	7190	19	
	- <i>acicularis</i>	7191	24	
	- <i>holsatica</i>	7192	1	
	<i>Cymatopleura solea</i>	7201	2	
	CHLOROPHYCEES	<i>Chlamydomonas</i> sp	8010	13
		- <i>proboscigeras</i>	8011	1
		<i>Tetraselmis cordiformis</i>	8021	37
<i>Phacotus lenticularis</i>		8031	19	
<i>Eudorina elegans</i>		8041	31	
<i>Gonium pectorale</i>		8051	4	
<i>Pandorina morum</i>		8061	9	
<i>Pseudosphaerocystis lundii</i>		8071	14	
<i>Ankyra judayi</i>		8091	25	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>		8111	5	
<i>Oocystis lacustris</i>		8121	2	
- <i>solitaria</i>		8122	1	
<i>Selenastrum</i> sp		8150	2	
<i>Ankistrodesmus</i> sp		8160	5	
- <i>falcatus</i>		8161	2	
<i>Monoraphidium contorsum</i>		8171	59	
<i>Micractinium pusillum</i>		8181	8	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		8201	23	
<i>Paradoxia multiseta</i>		8211	2	

Tableau No 9 suite

Classe	Genre et espèce	Code	Fréquence sur 83 éch.
CHLOROPHYCEES suite	<i>Coelastrum microporum</i>	8221	1
	- <i>reticulatum</i>	8222	2
	<i>Tetrastrum sp</i>	8230	2
	- <i>triangulare</i>	8232	1
	<i>Hofmania lauterbornii</i>	8241	12
	<i>Scenedesmus sp</i>	8250	6
	- <i>quadricauda</i>	8251	2
	- <i>acutus</i>	8253	1
	- <i>spinosus</i>	8254	1
	<i>Actinastrum hantzschii</i>	8261	4
	<i>Pediastrum boryanum</i>	8271	5
	- <i>duplex</i>	8272	3
	<i>Elakatothrix genevensis</i>	8281	10
	<i>Chlorhormidium subtile</i>	8291	19
	<i>Treubaria setigera</i>	8301	1
	<i>Ulothrix sp</i>	8400	1
CONJUGUEES	<i>Mougeotia gracillima</i>	9021	42
	<i>Closterium sp</i>	9030	9
	- <i>aciculare</i>	9031	13
	- <i>acutum variable</i>	9032	8
	<i>Cosmarium sp</i>	9040	1
	- <i>depressum</i>	9041	28
	<i>Staurastrum cingulum</i>	9060	19
	- <i>sebaldii</i>	9061	4
	- <i>pingue</i>	9062	1
	<i>Spirogyra sp</i>	9070	1

Tableau No 10 EVOLUTION MENSUELLE DES ESPECES LES PLUS ABONDANTES DU PHYTOPLANCTON DU PETIT-LAC DURANT 1976

Espèces planctoniques	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CYANOPHYCEES</b>												
<i>Microcystis</i> sp.								1	1			
<i>Anabaena</i> sp.								2	5	1		
<i>Oscillatoria bourellyi</i>												
<b>DINOPHYCEES</b>												
<i>Melosira islandica</i>	4	5	2	2								
- <i>binderana</i>						1	1	3		3		
<i>Stephanodiscus handzschii</i>					+++++							
<i>Fragilaria crotonensis</i>	1	1	1	2	1			3	1	3	2	2
<i>Diatoma tenue elongat.</i>											3	3
<i>Asterionella formosa</i>	2	2	5	4						3		1
<b>HETEROKONTEES</b>												
<i>Tribonema affine</i>								1				
<b>CHLOROPHYCEES</b>												
<i>Closterium aciculare</i>									1	3		
<i>Staurastrum</i>								2				
<i>Chlamydomonas</i> sp.												
<i>Eudorina elegans</i>								1		1		
<i>Mougeotia gracillima</i>	1						1	2		1	4	4

N.B. Ce tableau ne se réfère qu'aux espèces du Net-plancton

Tableau No 11 VOLUME DE NET-PLANCTON DANS LE PETIT-LAC EN 1976  
ml/m<sup>3</sup>

Date Station	Microplancton			Macroplancton		
	GE 2	GE 3	GE 4	GE 2	GE 3	GE 4
14.01	0.73	0.73	0.73	1.15	1.35	1.15
17.02	1.65	1.65	1.25	2.50	2.30	1.65
15.03	3.74	3.54	3.32	4.15	4.15	3.74
12.04	4.15	4.15	4.15	2.92	3.12	3.12
17.05	2.08	3.50	3.50	5.20	5.00	5.00
14.06	5.20	9.20	7.30	9.40	11.50	10.50
20.07	3.12	2.08	2.08	3.74	3.74	3.74
17.08	-	5.85	3.74	-	9.40	5.20
13.09	3.10	3.00	3.00	4.20	4.10	4.10
11.10	1.75	1.75	1.87	2.30	2.30	3.10
17.11	5.40	6.30	5.80	2.30	5.20	2.10
13.12	-	2.50	2.60	-	7.00	7.50
Moyenne	3.09	3.69	3.28	3.79	4.93	4.24

EVALUATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE  
OU PRODUCTION ORGANIQUE

Campagne 1976

par J. Pelletier

Station d'Hydrobiologie lacustre  
INRA  
Thonon

GRAPHIQUES

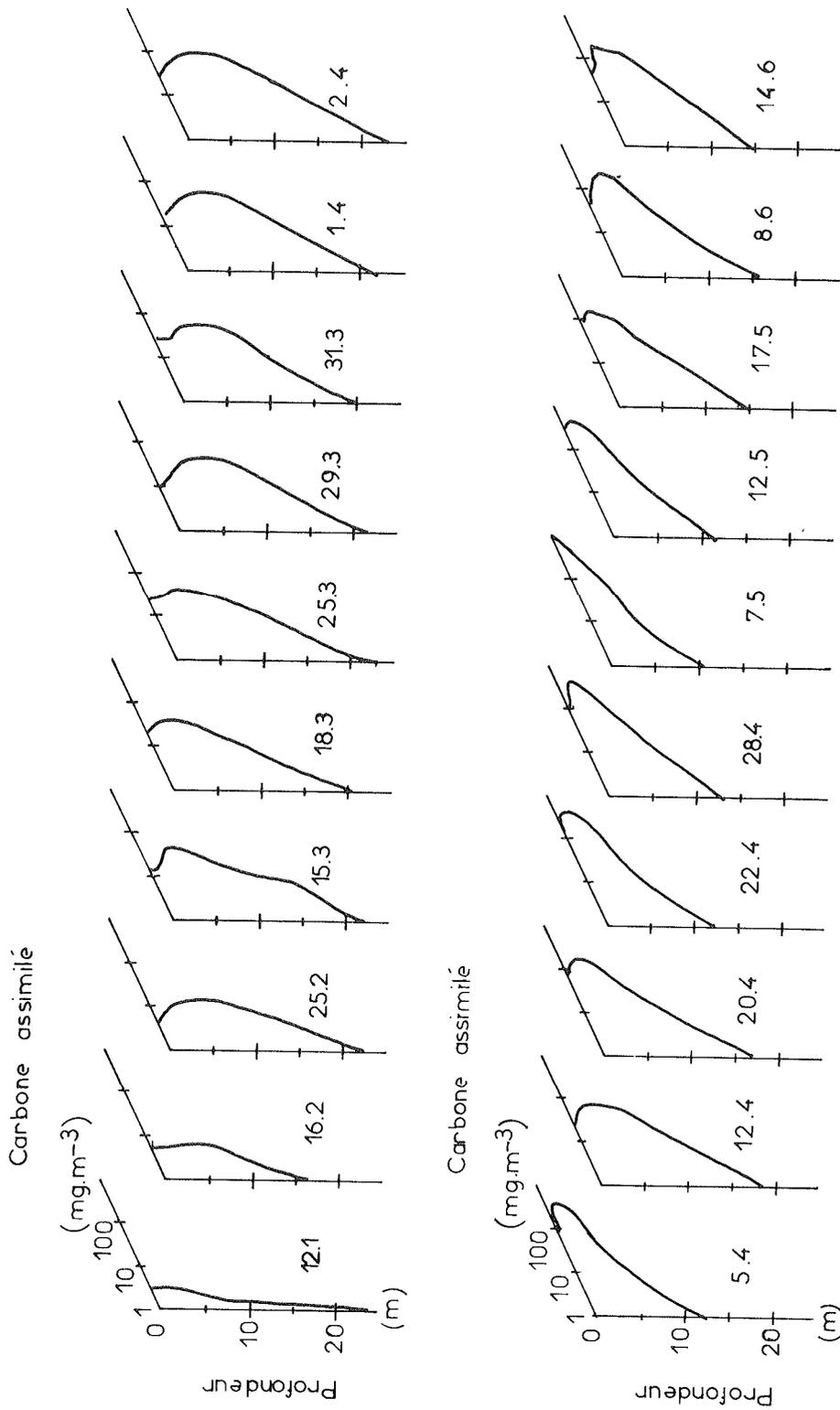


Figure 1 - LEMAN, point SHL 1, Janvier à Juin 1976 : Profils verticaux de production primaire exprimée en mg de carbone assimilé pendant le tiers médian de la période diurne.

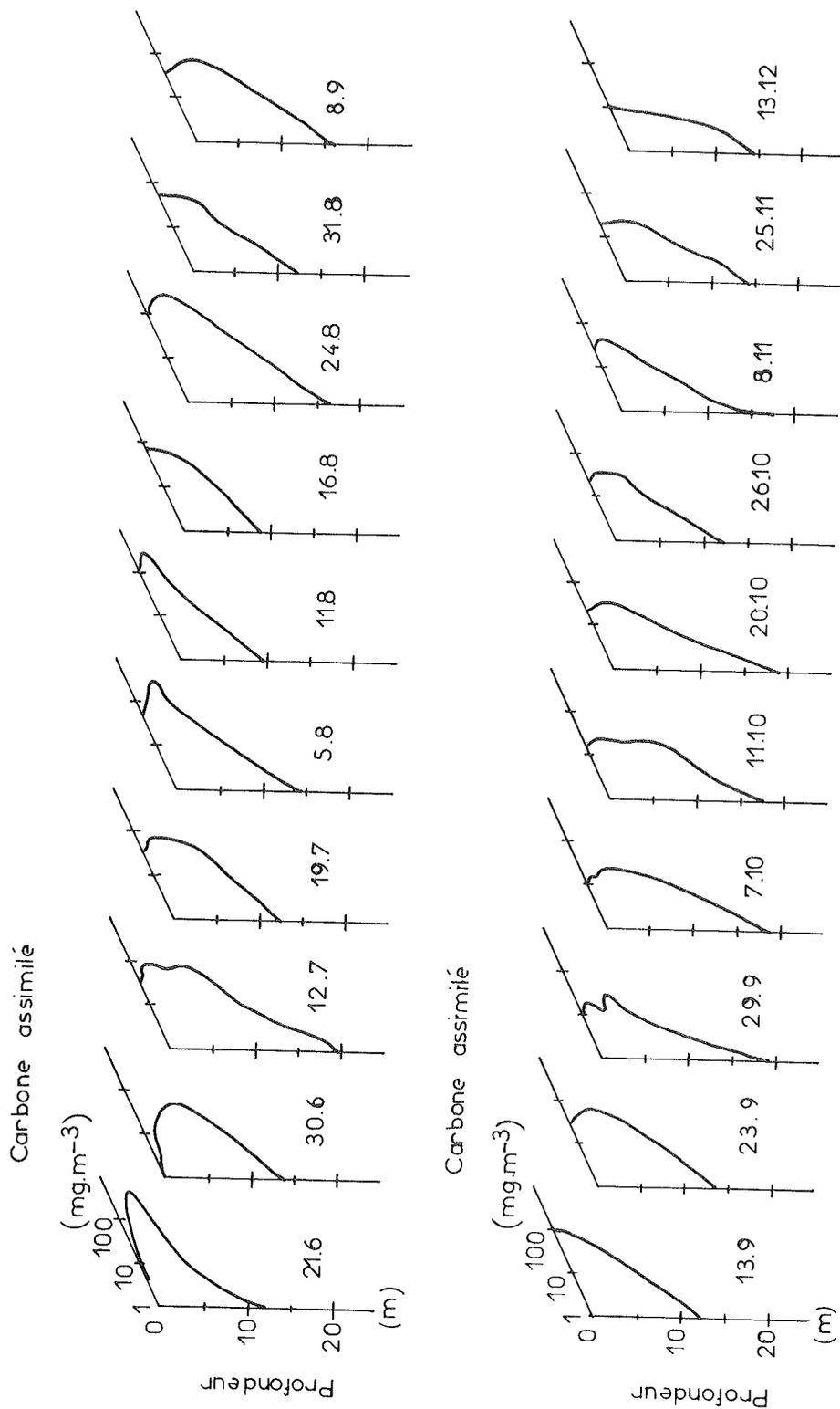


Figure 2 - LEMAN, point SHL I, Juin à Décembre 1976 : Profils verticaux de production primaire exprimée en mg de carbone assimilé pendant le tiers médian de la période diurne.

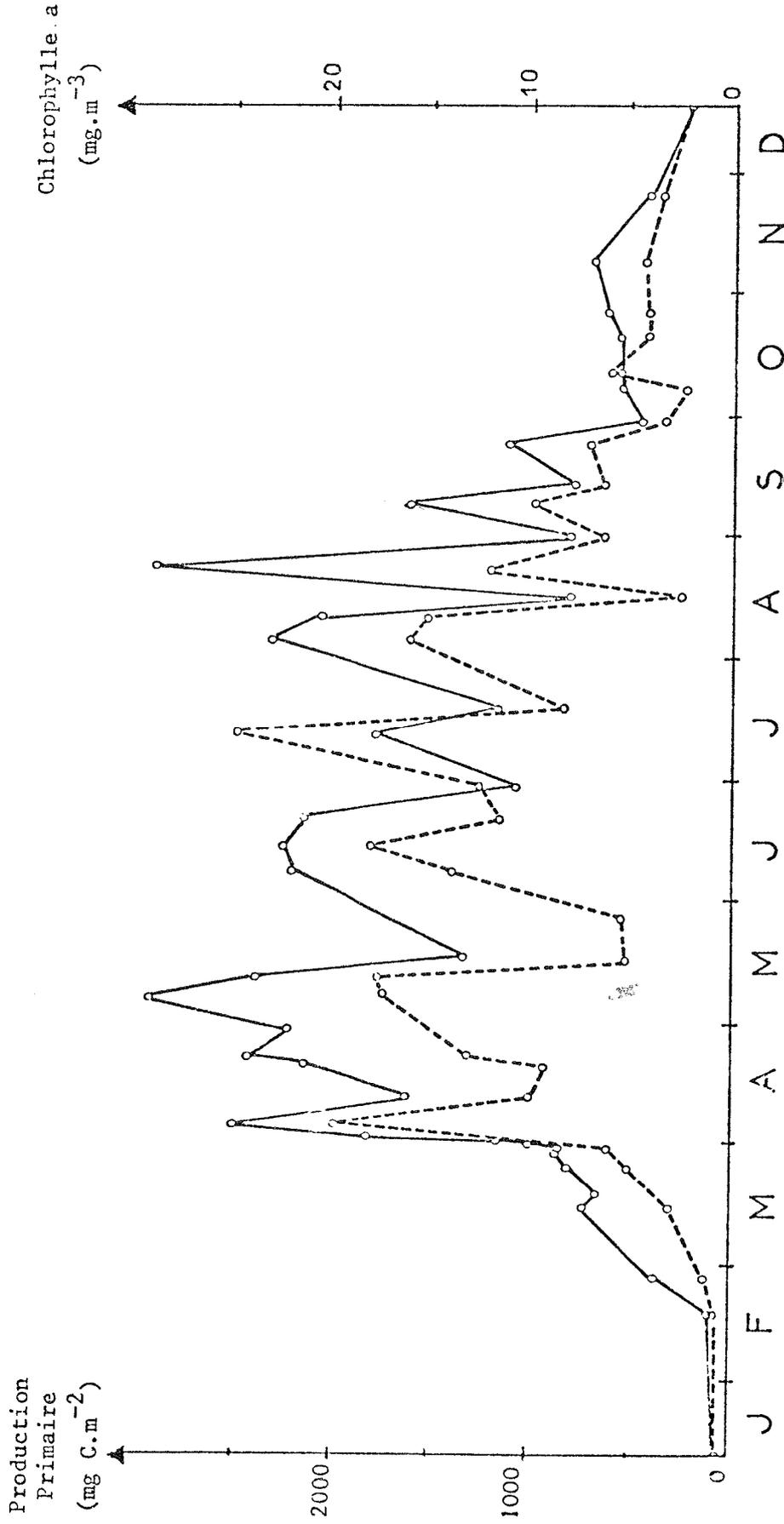


Figure 3 - LEMAN, 1976 : Variations saisonnières de la production primaire journalière (trait plein) et de la teneur en chlorophylle a (tirets) dans la zone trophogène. (Point SHL 1).

# EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1976

par Roger Revaclier

Service d'hydrobiologie du  
canton de Genève

## 1. INTRODUCTION

Le nouveau programme quinquennal et son impact sur l'étude de la pollution bactérienne du Léman.

### 1.1 Principales modifications du programme d'étude

L'année 1976 a inauguré un nouveau programme quinquennal profondément remanié par rapport au précédent (1971-1975); dans le tableau ci-dessous ont été regroupés les principaux éléments du nouveau programme permettant d'apprécier le travail prévu en bactériologie et les différentes stations de prélèvements retenues.

La consultation du tableau ci-après montre qu'un certain nombre de stations ont été abandonnées : VS 2, VS 3, VD 1, VD 3, GE 2 et les pompages VD P2, VD P3 et VD P5; soit 31 échantillon mensuels, sur 88, abandonnés dans le Grand-Lac (35 %) et 7 échantillons sur 25 dans le Petit-Lac (28 %).

Points de prélèv.	Nombre de niveaux	Nombre de prélèv. en 1976	Germes recherchés				
			G.t.	Coli.	Ent.	Clos.	Bph.
VS 4	7	84	+	+			
VD 2	7	83	+	+			
VD 4	7	84	+	+	+	+	+
VD 5	7	84	+	+			
VD P1	1	12	+	+	+	+	+
SHL 1	9	95	+	+			
SHL 2	12	132	+	+	+	+	+
SHL 6	7	77	+	+			
GE 1	1	12	+	+	+	+	
GE 3	8	96	+	+			
GE 4	8	96	+	+	+	+	+
GE P1	1	12	+	+	+	+	

G.t.	=	Germes totaux
Coli.	=	Coliformes
Ent.	=	Entérocoques
Clos.	=	Clostridium
Bph.	=	Bactériophages

Si les germes totaux et les coliformes continuent à être recherchés dans tous les échantillons, les entérocoques et les clostridium sulfito-réducteurs ne font l'objet d'analyse qu'en 3 stations dans le Grand Lac (à VD 4, VD P1 et SHL 2) et en trois autres points dans le Petit Lac (à GE 4, GE 1 et GE P1).

Les bactériophages ne sont plus recherchés qu'aux points GE 4, VD 4, VD P1 et SHL 2; leur recherche a été centralisée au Service d'hydrobiologie de Genève.

A la fréquence d'une campagne par mois, l'ensemble des prélèvements représente au maximum 900 échantillons par an, donnant lieu à 2520 analyses bactériologiques et 1344 recherches de bactériophages (4 souches différentes). En 1976, le nombre d'échantillons prélevés fût de 867, dont 651 dans le Grand Lac et 216 dans le Petit Lac.

Les méthodes utilisées sont restées inchangées par rapport au programme précédent.

## 1.2 Effets des modifications du programme sur l'évaluation globale de la pollution microbienne

Les changements de programme d'analyse, résumés au paragraphe précédent, ont eu pour conséquence principale de modifier les éléments entrant dans le calcul des moyennes globales mensuelles et annuelles.

Nous examinerons sommairement d'abord la nature de ces changements, et ensuite leur impact réel sur les moyennes annuelles en germes totaux et en coliformes.

1.2.1. Les principaux changements intervenus, considérés non plus ponctuellement, mais globalement, sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Nombre et type de prélèvements dans le plan 71-75 (1) et 76-80 (2)

	Nombre de prélèvements mensuels	Nombre de prélèvements entre 0 et 50 m. de profondeur	Nombre de prélèvements dits "pélagiques"
1	Grand Lac 88 (100 %)	81 (92 %)	21 (24 %)
	Petit Lac 25 (100 %)	23 (92 %)	16 (64 %)
	Léman 113 (100 %)	104 (92 %)	37 (33 %)
2	Grand Lac 57 (100 %)	50 (88 %)	21 (37 %)
	Petit Lac 18 (100 %)	16 (89 %)	16 (89 %)
	Léman 75 (100 %)	66 (88 %)	37 (49 %)

Dans le programme 1971-1975, 92 % des prélèvements étaient dans les 50 premiers mètres de profondeur - seuls 9 prélèvements se trouvaient au-delà, et jusqu'à 300 m. - dans le nouveau programme, la proportion change légèrement en faveur des prélèvements profonds : 88 % entre 0 et 50 m. et donc 12 % au-delà.

Rappelons que la tranche d'eau comprise entre les cotes 0 et 50 m. représente environ 30 % du volume lacustre total. Il peut donc sembler paradoxal de concentrer ici 88 % des échantillons, mais comme de nombreuses observations et certains travaux l'ont montré, la dynamique des eaux, aux différentes profondeurs, varie considérablement. Par exemple, le temps de renouvellement de la tranche d'eau des 50 premiers mètres est d'environ 5 ans, alors que celui des couches sous-jacentes est de 10 à 20 ans environ pour la plus profonde. D'autre part, les couches superficielles (jusqu'à 20 - 25 m.) sont beaucoup plus exposées aux influences de l'atmosphère, des affluents, des courants, des processus biologiques, etc ..., toutes choses qui peuvent, de façon très empirique il est vrai, expliquer la répartition des prélèvements.

1.2.2. Si l'on considère non plus la répartition verticale mais horizontale, géographique, des échantillons, on s'aperçoit que la proportion entre ceux qui sont prélevés loin des côtes, donc à l'abri de leur influence directe, au-dessus des plus grandes profondeurs - échantillons dits "pélagiques" - et les autres, cette proportion est nettement en faveur de ces derniers (67 % pour l'ensemble du Léman) -. Le nouveau programme a eu pour effet de modifier légèrement ce rapport en faveur des points pélagiques, dont la part passe de 24 % à 37 % dans le Grand Lac, et de 64 % à 89 % dans le Petit Lac.

1.2.3. Un troisième point important est la modification, modeste il est vrai, de la proportion Grand Lac-Petit Lac dans le calcul des moyennes globales pour le Léman : la part du Petit Lac passe de 22 % à 24 % dans le nouveau programme. Rappelons que le volume du Petit Lac représente environ le 4 % seulement du volume total, sa surface le 14 %, et que son temps de renouvellement théorique est inférieur à une année.

1.2.4. Pour tenter d'estimer l'effet de ces diverses modifications sur les moyennes annuelles ( $\bar{M}'$ )\*, elles ont été recalculées ( $\bar{M}^2$ ) sur la base des seuls points conservés au nouveau programme, pour les germes totaux et les coliformes (voir tableau No 1).

Pour faciliter la comparaison, nous avons calculé pour chaque année à partir des moyennes obtenues selon le nouveau plan ( $\bar{M}^2$ ), proportionnellement aux moyennes de l'ancien plan ( $\bar{M}'$ ), fixées arbitrairement à 1000, une nouvelle valeur ( $m^2$ ), selon l'équation ci-dessous :

$$\frac{\bar{M}^2}{\bar{M}'} \times 1000 = m^2$$

(\*) une analyse semblable pourrait être faite sur les moyennes mensuelles.

La valeur (m2) est donc simplement la moyenne ( $\bar{M}2$ ) exprimée en ‰ de la moyenne ( $\bar{M}'$ ), ce qui facilite la comparaison étant donné la grande variation possible des valeurs absolues.

Germes	Grand Lac		Petit Lac		Léman	
Année	m2		m2		m2	
1971	1000	962	1000	970	1000	962
1972	1000	1088	1000	909	1000	1141
1973	1000	905	1000	912	1000	903
1974	1000	945	1000	712	1000	925
1975	1000	928	1000	896	1000	924
1976	-	-	1000	1079	-	-
Moyenne	1000	966	1000	913	1000	971
Coliformes						
Année	m2		m2		m2	
1971	1000	611	1000	986	1000	632
1972	1000	1449	1000	584	1000	1413
1973	1000	1117	1000	971	1000	1096
1974	1000	1121	1000	922	1000	1112
1975	1000	862	1000	782	1000	853
1976	-	-	1000	870	-	-
Moyenne	1000	1032	1000	853	1000	1021

Si la qualité bactériologique des eaux du Grand Lac, du Petit Lac ou du Léman avait varié, année après année, toujours selon les mêmes proportions entre chaque points, le rapport pourrait être une constante. Or, en consultant le tableau ci-dessus, on s'aperçoit aisément qu'il n'en est rien.

Dans le Grand Lac, le nouveau programme conduit, en moyenne sur 5 ans, à sous-évaluer légèrement le nombre de germes totaux (966 pour 1000) avec un minimum de 905 en 1973. Pour les coliformes, les différences sont à la fois plus marquées et, semble-t-il, plus aléatoires, puisque l'on passe de 611/1000 (1971) à 1449/1000 (en 1972).

Le cas du Petit Lac paraît plus clair : le nouveau plan conduit à une sous-estimation du nombre de germes dans 5 cas sur 6 (minimum en 1974 : 712/1000) et une sous-estimation générale des coliformes (853/1000 en moyenne) avec

pour minimum 584/1000 en 1972. Ces constatations peuvent s'expliquer par la suppression du point GE 2, plus proche des rives et plus soumis à leur influence que les deux autres points situés en amont.

1.2.5. Pour estimer l'importance de l'incertitude introduite, on peut comparer le rapport entre la moyenne annuelle la plus forte et la plus faible de ces 5 ou 6 dernières années et le rapport le plus grand entre les deux modes de calcul d'une moyenne annuelle.

	$\frac{\text{Maximum}}{\text{minimum}}$	$\frac{\bar{M}'}{\bar{M}^2}$
		(1971)
Grand Lac	10956	2372
(coliformes)	$\frac{\quad}{557} = 19,7$	$\frac{\quad}{1450} = 1,6$
		(1974)
Petit Lac	901	1004
(coliformes)	$\frac{\quad}{251} = 3,6$	$\frac{\quad}{586} = 1,7$

On voit donc que le nouveau programme introduit une grande incertitude sur les moyennes du Petit Lac : le rapport  $\bar{M}'/\bar{M}^2$  peut valoir jusqu'à la moitié du rapport des plus grandes variations annuelles; dans le Grand Lac, l'incertitude introduite est beaucoup plus faible : les variations annuelles observées sont 12 fois plus grandes que le rapport  $\bar{M}'/\bar{M}^2$  le plus grand.

1.2.6. En conclusion, il apparaît à travers cette analyse, obligatoirement sommaire, que le nouveau programme appliqué à la bactériologie accroît - logiquement, puisque ce programme est en diminution par rapport au précédent - l'incertitude sur la valeur des moyennes, et cela plus particulièrement pour le Petit Lac, où les nouvelles moyennes amputées de GE 2 ne représentent plus la pollution fécale moyenne de l'ensemble de cette région, mais seulement celle de la partie amont. L'étude de l'évolution bactériologique, et plus particulièrement de la contamination fécale, en chaque point de prélèvement pris pour lui-même, reste valable, mais toute conclusion portant sur l'évolution d'ensemble du Léman à partir de moyennes annuelles ou mensuelles, devrait rester très prudente et devrait même être écartée dans le cas du Petit Lac.

## 2. LES GERMES TOTAUX

La numération de germes totaux, après culture sur gélose nutritive à 20°C pendant 10 jours, est effectuée en chaque station et à tous les niveaux de prélèvements. En 1976, 867 échantillons d'eau ont été analysés.

### 2.1 Répartition selon les concentrations en chaque station.

Les concentrations en germes totaux de chaque station importante ont été distribuées en trois classes de concentrations croissantes : de 0 à 400 germes/ml, de 401 à 1000 germes/ml et supérieure à 1000 germes/ml.

Germes totaux

Points	Classes de concentrations		
	0 400	400 1000	> 1000
VS 4	41,2	30,0	28,8
VD 2	20,5	25,6	54,2
VD 4	71,4	13,1	15,5
VD 5	79,8	14,2	6,0
SHL 1	29,5	40,0	30,5
SHL 2	59,8	23,5	16,7
SHL 6	28,6	28,5	42,9
GE 3	59,4	22,9	17,7
GE 4	50,0	14,6	35,4
Grand-Lac	48,2	25,0	26,8
Petit-Lac	54,7	19,3	26,0
Léman	49,7	23,6	26,7

2.1.1. Dans le Grand Lac, 48,2 % des échantillons contenaient moins de 400 germes/ml et 26,8 % dépassaient 1000 germes/ml.

Les stations où la fréquence des échantillons supérieurs à 1000 fût la plus grande, sont : VD 2 (large de Vevey) 54,2 %, SHL 6 (large d'Evian) 42,9 %.

Au point VD 5 (large de Rolle), les concentrations en germes totaux n'ont dépassé 400 germes/ml que dans 20 % des cas, 29 % à VD 4 (Ouchy).



2.1.2 Dans le Petit Lac, 54,7 % des échantillons contenaient moins de 400 germes/ml. Au point GE 4, 35,4 % des prélèvements étaient supérieurs à 1000 germes/ml en concentration.

2.2 Evolution de la répartition selon les concentrations de 1972 à 1976.

Une distribution identique à celle du paragraphe 2.1 a été faite pour chaque année et chaque station importante depuis 1972. Ces différentes fréquences ont servi à tracer les graphiques de la figure No 1 qui permettent de suivre l'évolution de la richesse bactérienne des eaux, sur cinq ans.

Dans le Grand Lac, VD 2 est la seule station où la dégradation a été importante en 1976 : 70 % des échantillons contenaient moins de 400 germes/ml en 1975, et seulement 20,5 % en 1976; de plus, le nombre d'échantillons de concentrations supérieures à 1000 a doublé et se retrouve proche de la valeur de 1974 : 1974, 52 %, 1975, 24 %, 1976, 54 %.

Aux autres stations, la richesse bactérienne n'a que peu évolué, avec cependant une légère tendance à un enrichissement bactérien par rapport à l'année 1975.

Dans le Petit Lac l'enrichissement des eaux en germes est particulièrement net, surtout au point GE 4, où l'on passe d'une fréquence de 3,4 % pour les concentrations de plus de 1000 germes/ml à une fréquence de 35,4 %. La dégradation est plus importante au point GE 4 qu'au point GE 3.

2.3 Cartographie du nombre de germes

La cartographie du nombre de germes dans le Léman, telle qu'elle fût faite pour certains rapports antérieurs (voir rapport 1975 p. ex.) n'est plus possible : le nombre de stations (déjà faible autrefois) a par trop diminué. Nous nous sommes donc borné à représenter graphiquement la répartition des fréquences selon quatre axes privilégiés (figure No 2) :

Rive nord : Rolle VD 5, Ouchy VD 4, Vevey VD 2

Rive sud : Thonon SHL 1, Evian SHL 6, St.-Gingolph VS 4

Axe nord-sud: Ouchy VD 4, Centre-lac SHL 2, Evian SHL 6

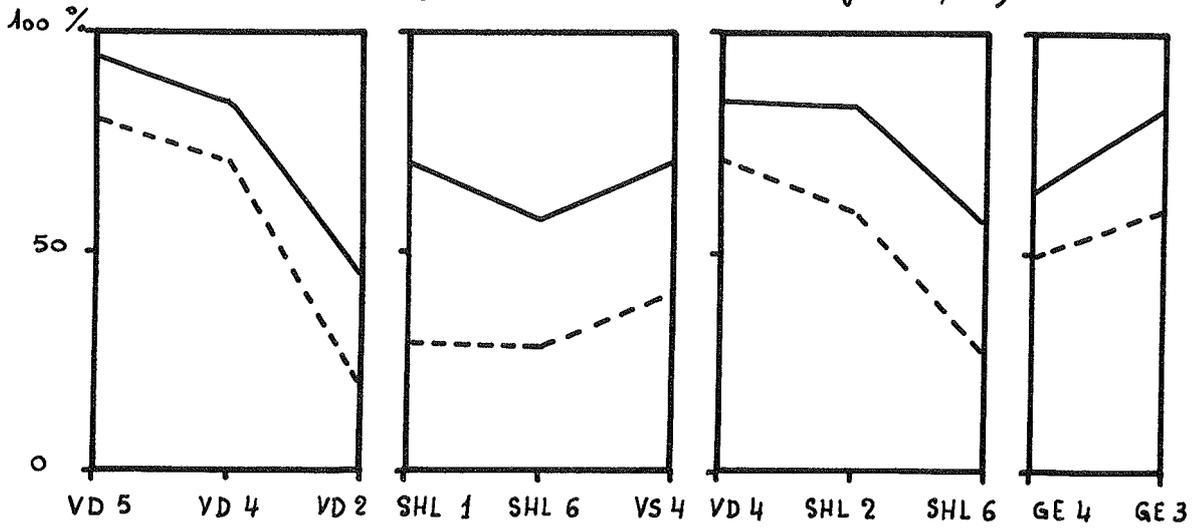
Petit Lac : Nyon GE 4, Chevrens GE 3

Les quatre graphiques montrent que, dans le Grand Lac, la richesse en germes est, grosso modo, croissante d'ouest en est, et du nord au sud, et que, dans le Petit Lac, elle croît de GE 3 vers GE 4 (et sans doute aussi de GE 3 vers GE 2, station abandonnée dans le nouveau programme).

Fig. 2

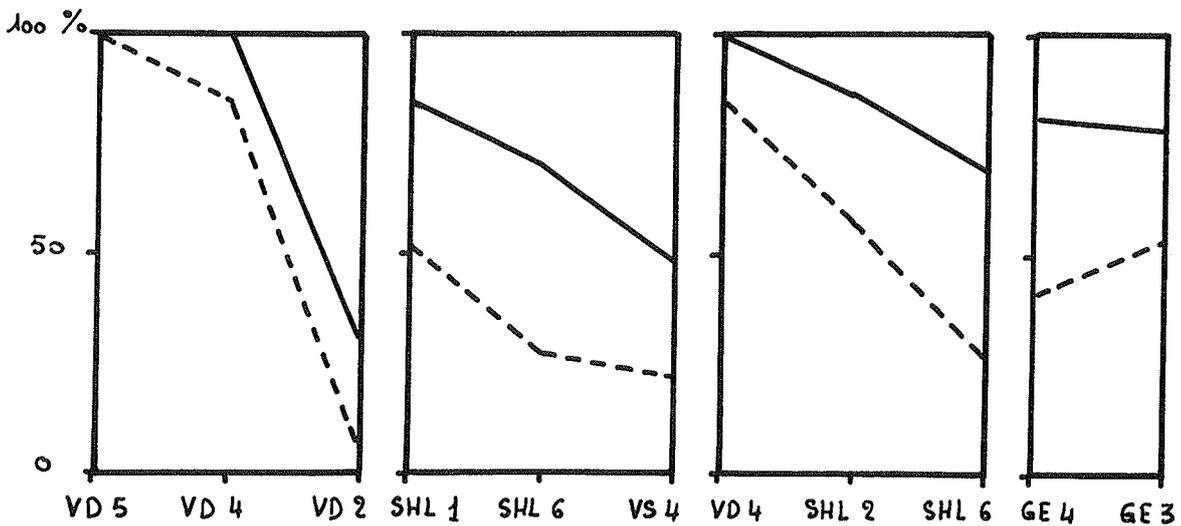
A. REPARTITION DES FREQUENCES (%) DES CONCENTRATIONS DES GERMES  
TOTAUX SUIVANT QUATRE AXES EN 1976

(--- = 0-400 germes/ml. — < 1000 germes/ml)



B. REPARTITION DES FREQUENCES (%) DES CONCENTRATIONS EN  
COLIFORMES SUIVANT QUATRE AXES EN 1976

(---- = 0-200 coli/L — < 1000 coli/L)



### 3. GERMES D'ORIGINE FECALE

#### 3.1 Les coliformes

La numération des coliformes (abrégé en "coli"), bactéries fécales, après filtration sur membrane et culture sur milieu d'endo, est effectuée en chaque station et à tous les niveaux de prélèvements. En 1976, 867 échantillons ont été analysés.

##### 3.1.1. Répartition selon les concentrations en chaque station.

Les concentrations en coli pour chaque station ont été distribuées en trois classes, de concentration croissante : 0 à 200 coli/l., 201 à 1000 coli/l. et supérieure à 1000 coli/l.

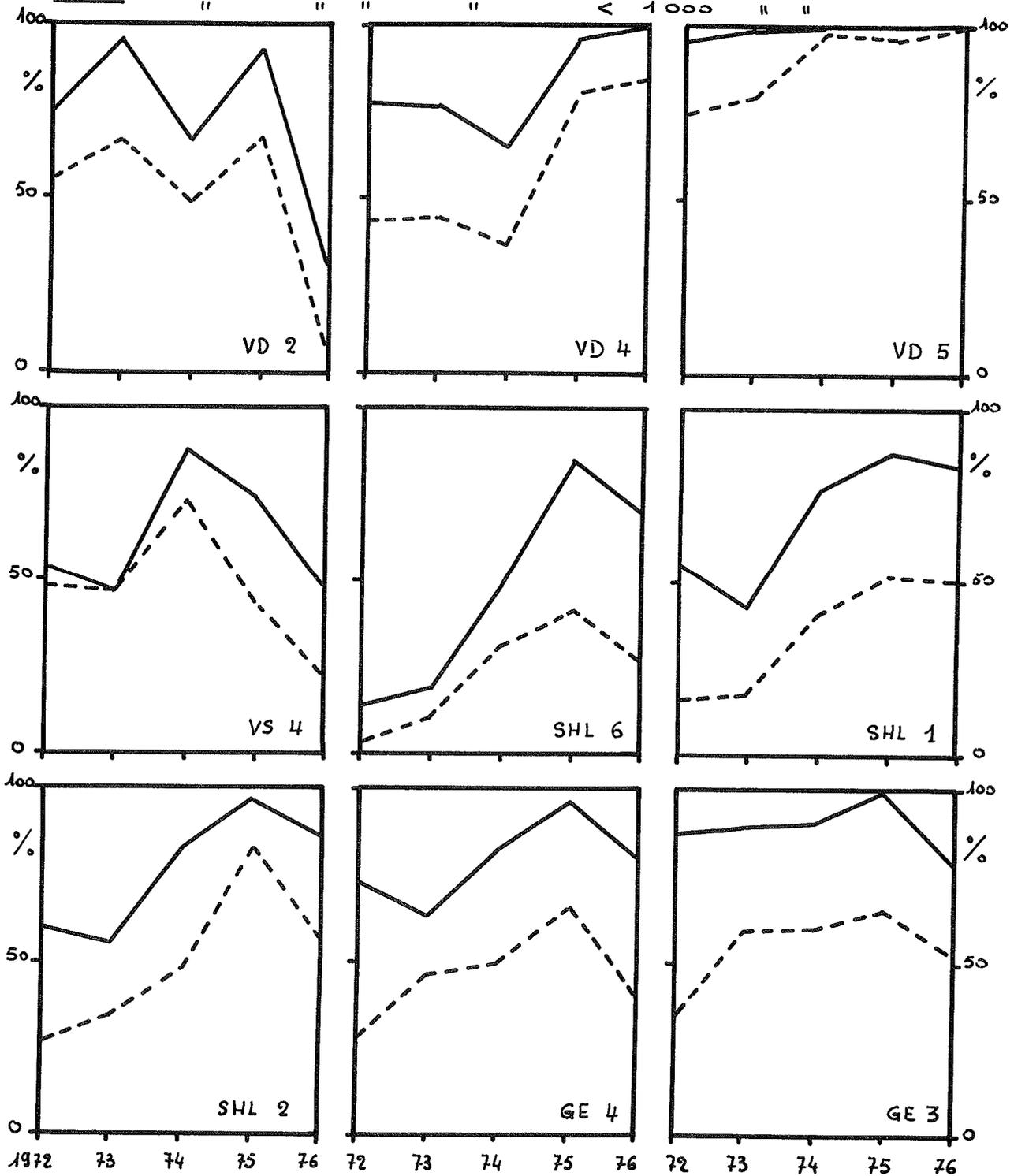
Coliformes : fréquence (%) de trois classes de concentration et moyennes annuelles 1975, 1976 et concentration maximum en 1976						
Points	Classes de concentrations			Moyenne 1975	Moyenne 1976	Max 1976
	0 200	200 1000	> 1000			
VS 4	22,6	26,2	51,2	1085	4250	60000
VD 2	7,1	24,2	68,7	468	3726	50000
VD 4	84,5	15,5	0,0	1021	103	1500
VD 5	100,0	0,0	0,0	28	31	180
SHL 1	50,5	32,7	16,8	543	497	1800
SHL 2	57,6	29,5	12,9	200	420	3000
SHL 6	27,3	42,8	29,9	829	811	6000
GE 3	53,1	26,1	20,8	256	684	4500
GE 4	41,2	40,0	18,8	312	599	6000
VD P1	-	-	-	300	78	350
GE 1	-	-	-	311	992	2900
GE P1	-	-	-	123	108	720
Grand Lac	50,9	24,7	24,4	557	1296	
Petit Lac	47,4	32,8	19,8	251	625	
Léman	50,1	26,6	23,3	492	1143	

Fig. 3

COLIFORMES

EVOLUTION DE LA REPARTITION SELON LES CONCENTRATIONS DE 1972 à 1976

----- FREQUENCES (%) DES ECHANTILLONS DE 0-200 coli/L.  
 \_\_\_\_\_ " " " " " "  
 < 1000 " "



Dans le Grand Lac, 50,9 % des échantillons contenaient moins de 200 coli/l. et 24,4 % dépassaient 1000 coli/l.

Deux stations paraissent nettement plus polluées que les autres : VS 4 (St.-Gingolph) et VD 2 (Vevey) avec respectivement 51,2 % et 68,7 % des échantillons de concentration supérieure à 1000 coli/l.

Deux autres stations paraissent, par comparaison, peu contaminées : VD 4 Ouchy (84,5 % des concentrations inférieures à 200 coli/l.) et, surtout, VD 5 Rolle, où la concentration la plus forte décelée en 1976 fût de 180 coli/l. et la moyenne annuelle de 31 coli/l. !

Dans le Petit Lac, le nombre d'échantillons compris entre 0 et 200 coli/l. est plus faible que dans le Grand Lac (47,4 %), mais la fréquence des échantillons de concentrations supérieures à 1000 coli/l. est, elle aussi, plus faible : 19,8 %. La concentration moyenne des eaux en coli reste inférieure à celle du Grand Lac.

### 3.1.2. Evolution de la répartition selon les concentrations de 1972 à 1976

Une distribution des concentrations en coliformes, identique à celle du paragraphe 3.1. a été faite pour chaque année et chacune des stations importantes depuis 1972. Les différentes fréquences (%) obtenues ont servi à tracer les graphiques de la figure No 3. Ces graphiques permettent de suivre, pour chaque station, l'évolution annuelle de la pollution fécale des eaux, depuis cinq ans.

Au point VD 2, dans le Grand Lac, la détérioration de la qualité des eaux apparaît clairement. Les fréquences observées n'avaient plus été si mauvaises depuis 1972 : la fréquence d'échantillons supérieurs à 1000 coli/l. a plus que doublé par rapport à 1974 (68,7 % contre 33,8 %).

Les autres stations où la qualité des eaux a diminué sont : VS 4, où la dégradation amorcée en 1975 s'est poursuivie en 1976 : environ deux fois plus d'échantillons riches en coliformes (51,2 % contre 26,2 %) et SHL 6, où la fréquence des concentrations de plus de 1000 coli/l. double aussi (15,4 % en 1975 et 29,9 % en 1976).

L'amélioration constatée en 1975 au point objectif SHL 2 "centre lac", a régressé en 1976 : le pourcentage des échantillons les plus pauvres en coli (0-200) est passé de 83,3 à 57,6 %, interrompant l'amélioration amorcée dès 1973.

Dans le Petit Lac, un phénomène un peu semblable à celui enregistré à SHL 2 "centre lac" s'est produit : on retrouve les fréquences déjà enregistrées avant 1975 ; l'amélioration lente amorcée en 1973 a donc presque complètement été annulée.

### 3.1.3. Cartographie du nombre de coliformes

Comme pour les germes totaux, nous avons dû renoncer à la cartographie des coliformes, le nombre de stations étant devenu insuffisant. Nous nous sommes donc limités, dans ce cas aussi, à représenter graphiquement la répartition des fréquences selon les quatre axes décrits au paragraphe 2.3 (figure No 2).

Les trois graphiques des axes principaux du Grand Lac montrent que la pollution fécale est croissante d'ouest en est, et du nord au sud d'Ouchy à Evian.

### 3.2 Les entérocoques

Les entérocoques (Streptocoques fécaux du groupe D de Lancefield) sont des bactéries d'origine fécale, et à ce titre, indicatrices de pollution.

Dans le Léman, on les retrouve en toutes stations et à tous les niveaux de façon variable au cours de l'année. Leur fréquence et leur nombre a tendance à diminuer au cours de la saison chaude (de mai à août) - (tableau No 3, p.

Le tableau ci-dessous permet de comparer la fréquence (%) des échantillons de 100 ml positifs en chaque point étudié depuis 1972.

Stations	1972	1973	1974	1975	1976
VD 4	80,7	93,5	93,5	88,3	89,3
SHL 2	25,0	31,9	38,9	39,6	47,7
GE 4	38,5	39,6	25,0	42,1	40,6

Aux points VD 4 et GE 4, la fréquence a peu varié, contrairement à la station SHL 2 où elle augmente régulièrement depuis 1973, passant de 25 % en 1972 à près de 48 % en 1976.

En valeur absolue, les concentrations moyennes n'ont presque pas changé par rapport aux années précédentes.

### 3.3 Les Clostridiums sulfito-réducteurs

Les spores de Clostridiums sulfito-réducteurs, germes anaérobies qui peuvent être considérés comme tests de pollution fécale, sont souvent mixés en évidence dans les échantillons d'eau du lac (volume analysé 100 ml. (voir tableau No 4).

Clostridium sulfito-réducteurs : fréquence (%) des échantillons positifs (100 ml.)

Stations	1972	1973	1974	1975	1976
VD 4	97,6	92,2	97,4	96,1	92,9
SHL 2	34,7	22,2	28,5	25,0	19,7
GE 4	41,7	21,6	41,7	17,4	26,0

Leur fréquence est grande au large d'Ouchy (VD 4) : supérieure à 90 %. Au point SHL 2 centre lac, elle varie suivant les années entre 20 % et 35 %, et à GE 4 dans le Petit Lac, l'amplitude des variations est plus grande et varie de 17 à 42 %.

En valeur absolue, le point VD 4 est le plus riche des points étudiés, suivi du pompage VD Pl. Quant à l'ensemble des moyennes de l'année 1976, il se situe au niveau des années précédentes.

#### 3.4 Les bactériophages fécaux

Les fréquences des moyennes annuelles (%) des quatre types de bactériophages recherchés sont réunies dans le tableau No 5.

L'origine de ces virus est à rechercher dans les eaux usées où il est possible d'identifier différentes espèces de bactéries pathogènes (Salmonelles, Pseudomonas) (voir A. Masson dans le Bulletin de l'ARPEA de janvier-février 1977).

##### 3.4.1. Phage de coli 36

Le phage d'Escherichia coli 36 est de loin le plus abondant, abondance qui doit bien entendu être mise en relation avec la richesse en coliformes des eaux du Léman.

Les fréquences de l'année 1976 restent dans la moyenne des années précédentes, sauf à GE 4, où l'on note une certaine diminution.

##### 3.4.2. Phage de Shigella paradysenteriae

Le phage de Shigella paradysenteriae paraît en diminution de fréquence dans le Léman aux stations étudiées - SHL 2 et GE 4 en particulier -.

##### 3.4.3. Phage de Salmonella paratyphi B

Ce phage n'a pas été décelé aux stations étudiées en 1976.

##### 3.4.4. Phage de Salmonella typhi

Le phage de Salmonella typhi, Salmonelle agent de la fièvre typhoïde, n'a été trouvé en 1976 qu'à VD 4, dans 3 échantillons de 20 ml. sur les 84 prélevés durant l'année.

#### 4. RESUME ET CONCLUSIONS

4.1 Le nouveau programme quinquennal, commencé en 1976, ne retenant qu'un nombre restreint de stations de prélèvements, a eu pour conséquence principale d'accroître l'incertitude sur la valeur absolue des moyennes annuelles et mensuelles en germes totaux et en coliformes du Grand Lac, du Petit Lac et du Léman pris dans leur ensemble. Juger globalement l'évolution du Léman ou de ses diverses parties au plan bactériologique devient donc difficile. Seul un jugement ponctuel des différentes stations étudiées demeure pleinement valable, à condition que le nombre de prélèvements annuels reste suffisamment grand.

4.2 Il ressort des 3600 analyses effectuées en 1976, que l'amélioration de la qualité bactériologique, amorcée en 1973, ne s'est pas poursuivie, et qu'une évolution défavorable s'est même amorcée en certains points : VD 2 et VS 4 surtout, mais aussi SHL 6, SHL 2 et GE 4.

La concentration moyenne en coliformes a doublé, aussi bien dans le Grand Lac que dans le Petit Lac.

Les fréquences des entérocoques, des Clostridiums et du bactériophage coli 36 se maintiennent au niveau des années antérieures, sans montrer de tendance nette dans une direction ou une autre.

Nous ne pouvons donc que répéter : la pollution fécale reste importante dans tout le Léman - importante pour un lac réputé, dans le passé, pour la pureté bactériologique de ses eaux -.

4.3 Je pense utile de rappeler ici que les analyses effectuées pour la Commission internationale ne donnent qu'une vision partielle de la pollution bactérienne du Léman, laissant complètement de côté l'étude sanitaire des rives; en règle générale, la pollution croît en fonction directe de la proximité des rives où des concentrations de 10.000 à 100.000 coli/l. ne sont pas rares. En voici trois exemples : 38 % des prélèvements d'eau des plages genevoises - à quelques mètres de la grève - en 1976, avaient des concentrations comprises entre 10.000 et 100.000 coli/l. et 40 % de ces mêmes prélèvements contenaient plus de 100 entérocoques par litre. A la Pointe à la Bise, on a compté en moyenne, de mars à octobre 1976, 400.000 à 500.000 coli/l. et 10.000 germes/ml. - inutile de préciser que la baignade y est déconseillée - et, un peu plus en aval, au niveau de Ruth (rive droite), pour la même période, 3.000 à 4.000 coli/l. et 3400 germes/ml. C'est dire combien l'état sanitaire des eaux riveraines peut varier d'une station à l'autre, et combien il diffère de la situation qui prévaut un peu plus au large.

Le grand public juge généralement l'état du lac à partir de ce qu'il peut constater le long des rives, et souvent ce qu'il observe l'inquiète : cette inquiétude est justifiée, car c'est bien là que la situation est la plus critique et que l'eutrophisation - ce concept parfois un peu abstrait - se fait le plus directement sentir par la prolifération excessive des plantes aquatiques et des algues benthiques, ainsi que par l'envasement qui en est la conséquence.

---

Tableau No 1 - Moyennes annuelles de 1971 à 1976

<u>Germes totaux/ml.</u>						
	Grand Lac		Petit Lac		Léman	
Année	1	2	1	2	1	2
1971	2459	2331	834	650	2026	1955
1972	10765	11713	530	482	8035	9167
1973	6803	6160	773	705	5413	4890
1974	2675	2529	785	559	2252	2082
1975	1153	1070	432	387	1001	925
1976	-	-	682	736	-	-

<u>Coliformes/l.</u>						
	Grand Lac		Petit Lac		Léman	
Année	1	2	1	2	1	2
1971	2372	1450	497	490	1954	1235
1972	7562	10956	1004	586	6089	8605
1973	1776	1983	928	901	1580	1731
1974	6146	6888	575	530	4897	5447
1975	646	557	321	251	577	492
1976	-	-	759	660	-	-

(1) moyennes calculées sur la base des prélèvements du plan 1971-1975

(2) moyennes calculées sur la base des prélèvements du plan 1976-1980

Tableau No 2 - Moyennes annuelles de 1972 à 1976

Germes totaux par ml.

Points	1972	1973	1974	1975	1976	Moyenne 72-76
VS 4	1250	3330	1247	1071	1417	1663
VD 2	13090	10808	3155	1657	1946	6131
VD 4	3092	4486	2592	1021	459	2330
VD 5	13053	9385	1181	224	257	4820
VD P1	1169	1364	2768	162	60	1105
SHL 1	14260	7475	3328	1322	1338	5585
SHL 2	2901	3860	1744	815	777	4343
SHL 6	40785	7044	4337	1634	1250	11010
GE 1	503	1265	1220	526	867	876
GE 3	352	470	456	450	580	462
GE 4	688	908	600	367	1154	743
GE P1	285	267	358	290	448	330
Grand Lac	11713	6160	2529	1070	1025	4499
Petit Lac	482	705	559	387	736	574
Léman	9167	4890	2082	925	927	3598

Tableau No 3

Entérocoques par litre

Points :	VD 4	VD P1	SHL 2	GE 1	GE 4	GE P1
Mois						
janvier	86	190	72	80	21	54
février	263	900	37	30	28	140
mars	6186	380	5	0	3	6
avril	110	40	16	0	1	0
mai	24	10	0	0	0	0
juin	50	10	3	0	0	0
juillet	110	20	3	20	0	0
août	183	20	13	0	1	2
septembre	266	150	-	90	9	12
octobre	2860	10	2	0	5	0
novembre	470	10	16	60	54	300
décembre	1350	220	119	180	109	480
moyenne						
1976	996	163	26	38	19	83
1975	1371	135	12	28	13	116
moyenne						
72-76	740	259	23	25	14	75

Tableau No 4

## Clostridium sulfito-réducteurs par litre

Points :	VD 4	VD P1	SHL 2	GE 1	GE 4	GE P1
Mois						
janvier	37	30	3	10	4	2
février	67	210	4	0	5	2
mars	613	60	6	0	1	0
avril	101	90	3	0	4	6
mai	71	30	2	0	1	8
juin	7	10	1	0	1	6
juillet	143	30	2	10	3	2
août	107	10	2	0	1	0
septembre	17	10	-	0	3	0
octobre	216	50	1	10	4	0
novembre	124	50	3	0	5	38
décembre	200	100	2	0	9	0
moyenne						
1976	142	57	3	3	3	5
1975	183	48	2	2	4	6

Tableau No 5

BactériophagesPourcentage des échantillons de 20 ml. positifs

Points	Coli 36			Shigella paradysenteriae		
	moyenne multian.	moyennes		moyenne multian.	moyennes	
		1975	1976		1975	1976
VD 4	40,7	12,9	44,6	11,5	5,7	5,4
VD P1	24,8	0	12,5	7,6	0	0
SHL 2	17,8	22,9	22,7	8,3	2,8	0
GE 4	22,1	26,1	14,6	8,6	1,1	1,0

Points	Salmonella paratyphi B			Salmonella typhi		
	moyenne multian.	moyennes		moyenne multian.	moyennes	
		1975	1976		1975	1976
VD 4	7,0	4,3	0	3,9	0	3,6
VD P1	2,8	0	0	2,8	0	0
SHL 2	2,1	2,1	0	-	-	0
GE 4	2,2	4,6	0	-	-	0

EXAMENS BIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

ETUDE DU PHYTOPLANCTON DENOMBRE  
SUR ECHANTILLONS D'EAU BRUTE

Campagne 1976

par MM.

J. Pelletier

Station d'Hydrobiologie lacustre  
Thonon

C. Lang et G. Matthey

Laboratoire d'Hydrobiologie  
Lausanne

R. Revaclier et Ed. Pongratz

Service d'Hydrobiologie  
Genève

1. INTRODUCTION

L'étude du phytoplancton a été présentée jusqu'ici sous forme de trois rapports distincts, chaque laboratoire exploitant ses propres données. Dans la perspective du traitement ultérieur des données par ordinateur, il est indispensable de présenter l'ensemble des résultats sous une forme homogène.

Après codification des espèces, les données ont été enregistrées sur cassette magnétique et triées sur calculatrice programmable. Les résultats ( listes classées, moyennes, pourcentages ) imprimés sur bande ont été rassemblés en tableaux par juxtaposition et collage, et représentent pour les seules données brutes de comptage 83 listes de plus de 100 espèces. Seuls figurent dans le présent rapport les tableaux de moyennes, les données brutes étant déposées au Secrétariat de la Commission internationale.

## 2. METHODOLOGIE

### 2.1. Prélèvements

Comme précédemment, les prélèvements d'eau brute ont été effectués aux points GE et VD de la surface à 10 mètres à l'aide d'un tuyau et aux points SHL de la surface à 15 mètres en utilisant un appareil à prélèvement intégrateur. Après sédimentation des échantillons fixés au lugol, on a procédé au comptage des algues au microscope inversé.

### 2.2. Codification des espèces et liste de référence

Préalable indispensable à tout traitement informatique, à chaque espèce a été attribué un numéro de code. Celui-ci, composé de 4 chiffres, contient un maximum d'informations sur la position de l'espèce considérée dans la systématique algale.

Le premier chiffre à partir de la gauche indique la classe :

- 1 : Cyanophycées
- 2 : Dinophycées
- 3 : Cryptophycées
- 4 : Euglenophycées
- 5 : Chrysophycées
- 6 : Xanthophycées
- 7 : Diatomées
- 8 : Chlorophycées
- 9 : Conjuguées

Les deuxième et troisième chiffres correspondent aux genres.

Le dernier chiffre précise l'espèce ( et éventuellement la variété ) lorsque celle-ci est définie. Dans le cas contraire figure un zéro.

Une telle codification donne une grande souplesse d'utilisation : l'insertion d'espèces nouvelles dans la liste d'ensemble s'opère automatiquement en fonction du code qui définit la position systématique. On obtient ainsi pour un ensemble donné d'échantillons une liste de référence ou liste pilote constituée d'espèces classées ( tableau No 9 ). Une telle liste détermine l'ordre d'accès aux données stockées sur ruban magnétique et l'impression des résultats suivant l'ordre systématique.

### 2.3. Mode d'expression des données

Les effectifs de populations, exprimés après comptage en nombre de cellules par litre d'eau, sont introduits sur support magnétique sous cette forme.

Toutefois, par suite de l'utilisation de coefficients volumétriques, les trois derniers chiffres ne sont guère significatifs. Aussi, afin de ne pas surcharger les tableaux, les résultats bruts sont exprimés sur les listes en nombre d'organismes par millilitre, sans chiffre après la virgule. Toutefois, les moyennes bénéficient de la précision initiale des données et comportent 1 ou 2 chiffres après la virgule, selon le nombre d'échantillons pris en compte, de façon à faire apparaître les faibles valeurs. Un tiret indique l'absence totale de l'espèce correspondante.

Dans le cas des algues se présentant sous forme de cellules isolées ou sous forme de colonies dans lesquelles les cellules sont nettement discernables, les comptages portent sur les cellules. Les algues citées ci-dessous sont dénombrées selon des critères différents.

Les *Cyanophycées* sont comptées sous forme de colonies ou de filaments, sauf dans le cas d'*Anabaena solitaria* où les cellules sont dénombrées individuellement. Les filaments d'*Oscillatoria* et de *Pseudanabaena* qui peuvent atteindre des longueurs considérables, sont comptés par longueurs unitaires de 100 microns.

Parmi les *Chlorophycées*, les dénombrements portent sur les colonies dans le cas des genres coloniaux, le nombre de cellules étant le plus souvent constant à l'intérieur d'une colonie.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Fréquence des espèces

Au cours de l'établissement de la liste de référence, opération nécessitant le recensement des espèces observées, on a procédé au calcul de la fréquence de chaque espèce. On désigne ainsi le nombre d'échantillons dans lesquels l'espèce considérée est représentée. Les fréquences, exprimées par rapport aux 83 échantillons examinés, complètent la liste des espèces ( tableau No 9 ). Ci-dessous figurent les fréquences, exprimées en pourcentage, des algues présentes dans plus de la moitié des échantillons.

Code	Espèce	Fréquence
3010	<i>Cryptomonas sp</i>	98 %
3020	<i>Rhodomonas minuta</i>	83 %
7062	<i>Fragilaria crotonensis</i>	78 %
7032	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	76 %
2041	<i>Ceratium hirundinella</i>	72 %
8171	<i>Monoraphidium contorsum</i>	71 %
7071	<i>Asterionella formosa</i>	60 %
7073	<i>Melosira binderana</i>	55 %
2012	<i>Gymnodinium helveticum</i>	52 %
9021	<i>Mougeotia gracillima</i>	51 %

On remarque que les algues les plus fréquentes sont des Cryptophycées ( code 3... ) et des Diatomées ( code 7... ).

### 3.2. Abondance

Les tableaux 1, 2, 3 et 4 présentent les variations saisonnières des effectifs moyens de chaque espèce, respectivement aux points SHL, VD, GE, et dans l'ensemble des points de prélèvements. Dans les tableaux 5 et 6 sont portées les moyennes annuelles qu'il faut considérer comme une combinaison entre l'abondance et la fréquence des organismes apparus au cours de l'année.

### 3.3. Abondance relative et dominance

Nous avons calculé pour chaque échantillon l'abondance relative de chaque classe d'algues, exprimée en pourcentage par rapport au nombre total d'organismes dénombrés. Cette présentation met en évidence les classes dominantes et l'importance relative des populations au cours des saisons ( tableaux 7 et 8 ).

## 4. DISCUSSION

D'après les tableaux d'abondance et de dominance des espèces, les successions de population s'effectuent au cours de l'année suivant les mêmes modalités et de façon simultanée dans les diverses régions du lac.

Les *Cyanophycées* apparaissent en nombre important à partir du mois d'août pour atteindre leur maximum en septembre où elles dominent alors dans l'ensemble du lac. Elles régressent ensuite lentement jusqu'à la fin de l'année. *Oscillatoria bouvrellyi* culmine en septembre. *Pseudanabaena galeata*, particulièrement abondante en octobre, prend une importance inhabituelle. *Oscillatoria rubescens* n'est toujours pas réapparue.

Signalons par ailleurs la formation entre les prélèvements de septembre et d'octobre d'une fleur d'eau à *Anabaena flos-aquae* var. *treleasii*. Un tel développement n'aurait pas été décelé si l'on s'en était tenu aux seuls prélèvements programmés par la Commission, ce qui souligne à nouveau la nette insuffisance de la fréquence des prélèvements.

Les *Dinophycées* se développent plus tôt que l'année précédente et deviennent particulièrement abondantes de juin à août, période à laquelle prolifère *Ceratium hirundinella*. Ce développement hâtif semble lié aux conditions météorologiques particulières de l'été 1976, caractérisé par un ensoleillement important entraînant une grande stabilité de la stratification thermique.

Rappelons que *Ceratium hirundinella* colore l'eau en brun-rouge lorsqu'il est abondant. Cette espèce tend à devenir permanente, sa fréquence atteignant 72 %. Bien que les populations restent modestes en effectif, la biomasse correspondante est considérable, du fait de l'importance du volume cellulaire de cette algue.

Les *Cryptophycées* peuvent être considérées comme des organismes permanents, caractéristiques du Léman, bien que cette classe soit représentée seulement par deux genres. *Cryptomonas*, présent dans 98 % des échantillons, occupe le premier rang en fréquence. Cet organisme est accompagné de l'espèce nannoplanctonique *Rhodomonas minuta*, dont la fréquence atteint 83 %.

Les *Chrysophycées* autrefois communes dans les eaux du Léman, ne s'y rencontrent plus que sporadiquement. *Dinobryon sociale* n'apparaît qu'en période de forte diminution des sels nutritifs ( et notamment des phosphates ) dans l'épilimnion, ce qui confirme la tendance observée les années précédentes.

Les *Diatomées*, représentées par de nombreuses espèces, restent dominantes. La grande abondance et la fréquence élevée de *Fragilaria crotonensis* ( 78 % ) *Stephanodiscus hantzschii* ( 76 % ) *Asterionella formosa* ( 60 % ) et *Melosira binderana* ( 55 % ) font de la classe des Diatomées le groupe le plus caractéristique du Léman.

Ces algues silicieuses prolifèrent au printemps : elles représentent plus de 90 % des organismes phytoplanctoniques en avril. On observe à la suite de cette poussée vernale un épuisement temporaire de la silice dans l'épilimnion.

Les *Chlorophycées* sont représentées par un grand nombre d'espèces ( soit 35 sur 104 recensées en 1976 ) dont la plupart restent cependant discrètes. Signalons le développement en mai d'*Eurodina elegans*, particulièrement important dans le Petit Lac. *Monoraphidium*, présent dans 71 % des prélèvements, est devenu une espèce commune.

Le fait le plus marquant est sans doute l'apparition en mars d'une fleur d'eau à *Tetraselmis cordiformis* ( dénommé antérieurement *Carteria* ) accompagné de *Chlamydomonas proboscigera*, colorant en vert la couche d'eau superficielle. Sous l'effet des courants dus au vent, ces organismes s'accumulent au niveau de certaines régions côtières. C'est ainsi que la transparence est tombée temporairement à moins de 50 cm dans le port de la station de Thonon. Cette "floraison" de courte durée n'apparaît pas dans les relevés mensuels.

Les *Conjuguées* sont représentées surtout par *Mougeotia*, algue présente dans la moitié des échantillons. Leur développement reste essentiellement limité à la deuxième partie de l'année où elles dominent en novembre et décembre.

## 5. CONCLUSION

---

Ce bref aperçu des successions de populations permet de constater que le phytoplancton du Léman n'a pas présenté de modifications qualitatives depuis l'année précédente. Les observations faites en 1976 confirment dans leurs grandes lignes les conclusions tirées de la campagne 1975. L'apparition hâtive de certaines espèces résulte probablement des conditions météorologiques qui caractérisent l'été 1976, particulièrement ensoleillé.

Bien que fugaces, les fleurs d'eau à *Tetraselmis cordiformis* et à *Anabaena flos-aquae*, observées respectivement en mars et octobre, sont les seuls faits marquants, mais non exceptionnels, qui méritent une attention particulière.

Sur le plan méthodologique, on constate à nouveau que la fréquence mensuelle des prélèvements de phytoplancton ne permet pas de saisir toutes les variations des populations, ni de rendre compte de l'apparition de certaines fleurs d'eau très temporaires.

Par ailleurs, du fait de la masse de résultats accumulés au cours d'une campagne annuelle ( près d'un millier pour le seul phytoplancton dénombré sur eau brute ), il s'avère indispensable de traiter les données par ordinateur dès le stade de gestion simple ( listes de données brutes, moyennes, abondance relative de chaque classe ..... etc. )

A l'avenir, le calcul des indices de diversité spécifique permettra de préciser de façon synthétique la structure des populations, tandis que l'évaluation des biomasses ( faisant intervenir les volumes cellulaires ) fournira de précieuses indications sur le stock de matière organique.

Enfin, les études de corrélations entre les données biologiques et les paramètres météorologiques et physico-chimiques constitueront les éléments indispensables pour aborder la phase explicative, étape la plus fructueuse du travail entrepris, à la fois sur le plan scientifique et sur le plan pratique.

Nous remercions M. BOURRELLY qui a bien voulu préciser et confirmer la détermination d'un grand nombre d'espèces.

---

Les tableaux récapitulatifs se trouvent en pages 121 et suivantes.

# LES ROTIFERES DU LAC LEMAN

Campagne 1976

par G. Balvay

collaboration technique

de Mme M. Laurent

Station d'Hydrobiologie lacustre

Thonon

## 1. VARIATIONS ANNUELLES DE L'ABONDANCE DES ROTIFERES

La population des Rotifères présente toujours des fluctuations annuelles très importantes. Après l'augmentation de population signalée en 1975, la densité des Rotifères s'est encore accrue en 1976 à une valeur maximale jamais atteinte jusqu'à présent.

Année	Moyenne annuelle ind/m <sup>3</sup>
1969	13'700
1970	19'300
1971	28'000
1972	8'400
1973	22'100
1974	9'400
1975	26'000
1976	53'800

## 2. CYCLE SAISONNIER DES ROTIFERES EN 1976

Toujours faiblement représentés en hiver, ( 1'100 ind/m<sup>3</sup> en février ), les Rotifères se développent en avril et atteignent leur densité maximale de mai ( 155'600 ind/m<sup>3</sup> ) à juillet ( 173'200 ind/m<sup>3</sup> ) et régressent ensuite régulièrement jusqu'à la fin de l'année.

La population de Rotifères a présenté en 1976 une seule période de prolifération continue de plus de cinq mois, sans pic saisonnier nettement individualisé.

### 3. COMPOSITION DE LA BIOCEÑOSE

Toutes les espèces d'importance prépondérante dans la biocénose sont en nette progression numérique par rapport à 1975, le plus fort développement se remarquant chez *Keratella quadrata* ( x 5,6 ), *Synchaeta sp.* ( *S. pectinata* + *S. oblonga* ) ( x 2,7 ), *Keratella cochlearis* ( x 2,3 ) et *Notholca caudata* ( x 2,0 ).

*Polyarthra sp.* et *Asplanchna priodonta* ont peu varié numériquement entre 1975 et 1976, mais leur importance relative s'en est trouvée réduite en raison du plus fort développement des espèces précédentes.

La biocénose rotatorienne du lac Léman reste caractérisée par la dominante très nette de *Keratella cochlearis*, *Polyarthra sp.* et *Synchaeta sp.* ( *S. oblonga* + *S. pectinata* ), accompagnées de *Keratella quadrata* et *Notholca caudata*.

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
<i>Keratella cochlearis</i>	22.0	<u>43.2</u>	<u>51.8</u>	<u>40.6</u>	<u>56.9</u>	27.9	<u>40.5</u>	<u>45.7</u>
<i>Polyarthra sp.</i>	<u>35.7</u>	20.8	15.1	19.1	12.3	<u>32.7</u>	23.6	13.4
<i>Synchaeta sp.</i>	12.9	10.3	10.4	7.3	8.8	15.2	10.3	13.4
<i>Keratella quadrata</i>	3.5	3.6	4.7	8.2	8.3	3.8	3.3	8.8
<i>Asplanchna priodonta</i>	1.4	3.8	1.5	4.7	2.0	6.0	5.0	2.6
<i>Notholca caudata</i>	3.6	1.6	0.7	0.4	0.1	0.3	6.8	6.7
<i>Kellicotia longispina</i>	2.4	3.7	4.4	5.8	2.0	4.0	1.7	2.0

Parmi les 12 espèces de moindre importance rencontrées en 1976, *Pompholyx sulcata* ( 1,6 % ), *Trichocerca capucina* ( 1,4 % ) et *T. birostris* ( 1,2 % ) sont un peu mieux représentées que les 9 autres qui constituent chacune moins de 1 % de la biocénose des Rotifères.

ETUDE DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN  
ET DU RHONE ENTRE GENEVE ET CHANCY

Campagne 1976

par Pierre Burkard  
Services Industriels de Genève  
Service des Eaux  
Laboratoire

1. GENERALITES

1.1. Programme de recherches :

L'année 1976 marque le début du second plan quinquennal de la Commission internationale pour la protection du lac Léman contre la pollution. Dans le contexte de l'étude des affluents, ce second plan présente de sensibles différences par rapport aux recherches des années précédentes.

- Le programme officiel international prévoit d'attacher une importance toute particulière aux quatre affluents principaux du Léman, à savoir le Rhône à la Porte du Scex, la Drance, la Venoge et l'Aubonne, étant donné qu'ils représentent environ le 90 % du débit en eau de l'ensemble des affluents inventoriés au précédent plan. Pour augmenter la précision de l'évaluation des apports de ces affluents, ils sont - ou doivent être prochainement - équipés de systèmes de prélèvements automatiques en continu, si possible proportionnels au débit et les eaux recueillies doivent faire l'objet de déterminations hebdomadaires. L'équipement correspondant a été installé sur le Rhône en novembre 1974; sur la Drance, en juin 1976. Pour les deux affluents vaudois, il sera probablement fonctionnel en 1977.

Pour établir les bilans "entrées-sorties", il est évidemment nécessaire de connaître la composition de l'émissaire. Dans cette optique, le programme officiel prévoit le contrôle bimensuel du Rhône à Genève, sur la base de prélèvements instantanés. Cette étude est complétée par la surveillance - mensuellement sur des échantillons instantanés - du Rhône à Chancy et de l'Arve, à la frontière franco-suisse.

Afin de pouvoir comparer les résultats précédemment acquis par la Sous-Commission technique, il est prévu d'effectuer, pendant une année au moins, parallèlement aux contrôles en continu, un échantillonnage bimensuel sur le Rhône et sur la Drance à leur embouchure.

- Par ailleurs la Suisse s'est engagée à poursuivre l'étude des affluents secondaires précédemment contrôlés, à savoir :

- sur territoire valaisan : Le Canal Stockalper  
La Bouverette  
La Morge de St-Gingolph

- sur territoire vaudois : Le Grand Canal  
L'Eau Froide  
La Veveyse  
Le Forestay  
La Lutrive  
La Paudèze  
Le Flon  
La Chamberonne  
La Morges ( de Morges )  
La Dullive  
La Promenthouse

- sur territoire genevois  
affluents du Léman : La Versoix  
Le Vengeron  
L'Hermance  
Le Nant d'Aisy

- sur territoire genevois,  
affluents du Rhône  
émissaire : L'Arve, frontière suisse  
L'Arve, Jonction  
L'Allondon, La Plaine

Du fait des modifications apportées au programme de recherches de la Sous-Commission technique, la présentation du présent rapport a dû être quelque peu remaniée par rapport à ce qui a été publié ces dernières années. Une première partie sera plus spécialement consacrée aux affluents principaux, en portant l'accent sur la comparaison des apports calculés d'une part d'après les résultats des analyses hebdomadaires effectuées sur les échantillons prélevés en continu et d'autre part au vu des données fournies par l'échantillonnage bimensuel instantané.

La seconde partie sera plus classique, puisqu'elle comprendra l'étude, à dessein très brève, de l'ensemble des résultats fournis à la Sous-commission technique et des bilans "entrées-sorties" pour un certain nombre d'éléments majeurs.

Au risque de nous répéter, il nous semble important de rappeler que les apports calculés dont il est fait mention dans le présent rapport doivent être considérés comme des valeurs minimales. En effet, l'ensemble des affluents au Léman d'une part n'est pas contrôlé et un certain nombre d'effluents de stations d'épuration d'autre part échappe à l'inventaire de la Sous-commission technique, puisqu'ils se déversent directement au lac et que l'étude de ces stations est encore à l'heure actuelle trop lacunaire pour que les résultats puissent en être quantitativement exploités.

## 1.2. Surestimation des teneurs et des apports en nitrates en 1974 et 1975

Lors des analyses comparatives interlaboratoires effectuées dernièrement, il est apparu, pour un des laboratoires travaillant au sein de la Sous-commission technique, des différences sensibles dans les résultats des dosages de l'azote nitrique. Cette erreur, qu'il a été facile de chiffrer, concerne les affluents genevois et s'est produite dès le début de l'année 1974. De ce fait, les résultats de 1974 et 1975, dont il est fait mention dans les rapports correspondants sont partiellement inexacts, dans le sens que les apports au lac par les affluents genevois et les tonnages soustraits au lac par l'émissaire ont été surestimés. Il est bien entendu que cette erreur a été corrigée.

## 1.3. Conditions météorologiques

L'année 1976 laisse le souvenir d'une année sèche. On se souvient des nombreuses restrictions dans la consommation d'eau de boisson que les autorités ont été, devant la diminution des ressources, contraintes de promulguer. Cependant, en considérant les hauteurs annuelles des précipitations au niveau de quelques stations réparties le long de la rive droite du Léman, on s'aperçoit tout d'abord que la sécheresse n'a pas été aussi marquée et surtout que la répartition des précipitations a été différente de celle des années précédentes. D'habitude on constate, comme le montrent les chiffres transcrits du tableau de la page suivante, une progression, plus ou moins régulière, des hauteurs des précipitations d'ouest en est. En 1976 par contre, on enregistre une certaine uniformisation pour l'ensemble des stations qui livrent des chiffres compris en chiffres ronds entre 900 et 1'000 mm.

Par rapport aux moyennes multiannuelles 1901-1970, les stations de Nyon, Morges, Lausanne, Montreux accusent un déficit compris entre 8 et 10 %. Le point de contrôle de l'aéroport de Cointrin par contre a été plus humide (+ 12 %).

Les périodes de faible pluviosité ont été prépondérantes à la fin du printemps et en été.

## Hauteurs des précipitations annuelles, en mm

Années	Genève Aéroport	Nyon	Morges	Lausanne Clarens	Montreux
1964	747	816	758	810	981
1965	1'270	1'485	1'454	1'373	1'633
1966	1'068	1'079	1'103	1'123	1'307
1967	992	1'078	1'059	1'113	1'206
1968	1'269	1'258	1'252	1'374	1'421
1969	931	821	845	977	1'000
1970	1'039	1'201	1'211	1'240	1'398
1971	703	715	810	831	957
1972	761	745	805	789	1'026
1973	799	770	874	912	1'158
1974	1'021	1'046	1'125	1'152	1'331
1975	1'119	1'055	1'002	1'064	1'151
1976	1'011	943	920	982	997
1901-1970	901	1'029	1'009	1'070	1'160

## 1.4. Débit des affluents ( voir tableau No 1 )

Le débit jaugé moyen annuel de l'émissaire s'est, en 1976, élevé à 159 m<sup>3</sup>/s. Ce résultat est, avec celui de 1972 - 157 m<sup>3</sup>/s - le plus faible enregistré depuis le début, en 1964, de l'enquête de la Sous-commission technique. Pour compenser cette perte, l'ensemble des affluents étudiés a fourni un flux liquide total de l'ordre de 160,2 m<sup>3</sup>/s en moyenne annuelle, contre 227,2 en moyenne pluriannuelle 1964 - 1975. Les précipitations atmosphériques relativement faibles de l'année considérée ont donc eu une influence directe sur les apports liquides au lac.

La concordance entre débit total des affluents étudiés et débit de l'émissaire est très bonne, puisque l'erreur globale, calculée en ne tenant compte ni des apports atmosphériques, ni de l'évaporation, ni des prélèvements d'eau destinés à la fourniture d'eau de boisson ou d'eau industrielle, se monte à environ 0,6 %. En réalité, cette erreur doit être reportée uniquement sur les affluents secondaires, compte tenu du fait que, pour caractériser le Rhône à son embouchure et la Drance, nous préférons utiliser les débits moyens annuels déterminés à partir des valeurs enregistrées en continu. En reportant l'erreur constatée sur les apports des affluents secondaires, on trouve que ces derniers ont été, en 1976, surestimés d'environ 4 %, ce qui nous semble pouvoir être négligé.

Les affluents secondaires - y compris la Venoge et l'Aubonne - ont accusé en 1976 un débit moyen total annuel de l'ordre de 28.6 m<sup>3</sup>/s, ce qui représente environ le 18 % du flux total déversé au Léman. Sans tenir compte de ces deux cours d'eau, cette proportion tombe à 12.5 %.

Pour l'émissaire, les apports de l'Arve ( 46.4 m<sup>3</sup>/s, moyenne des débits jaugés ) et de l'Allondon principalement ( 2.47 m<sup>3</sup>/s, moyenne des débits instantanés ) font passer le débit du Rhône de 159 m<sup>3</sup>/s à la sortie du lac à 210 m<sup>3</sup>/s à la frontière franco-suisse.

## 2. AFFLUENTS PRINCIPAUX : COMPARAISON DES RESULTATS

---

### ISSUS DE L'ANALYSE DES PRELEVEMENTS EN CONTINU ET

---

#### DES PRELEVEMENTS INSTANTANES

---

##### 2.1. Rhône embouchure, Porte du Scex :

---

L'appareil destiné au prélèvement automatique en fonction du débit de l'eau du Rhône à son embouchure est situé sur la rive droite de ce fleuve, à la Porte du Scex. Les échantillons, représentant le cumul des prises successives pendant une période d'une semaine, sont analysés par la section de chimie de l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux des Ecoles polytechniques fédérales ( EAWAG ). Cette installation est complétée par des sondes permettant de mesurer et d'enregistrer en continu la température, la conductivité, le pH, la teneur en oxygène dissous et le débit.

En 1975 et 1976 le Laboratoire cantonal du Valais à Sion a effectué un certain nombre de prélèvements instantanés - 12 en 1975 et 24 l'année suivante - devant permettre de comparer les résultats fournis par les deux méthodes d'investigation.

Comme le montrent les chiffres transcrits ( voir tableau No 2 ), le mode de prélèvement ne joue pratiquement pas de rôle sur les valeurs des moyennes annuelles des teneurs en éléments majeurs de l'eau du Rhône à son embouchure. Les concentrations en calcium, magnésium, potassium et chlorures sont sensiblement les mêmes, que l'on considère les moyennes annuelles établies à partir des 52 déterminations hebdomadaires sur les échantillons prélevés en continu ou que l'on retienne les moyennes annuelles calculées à partir de 12 ( 1975 ) ou de 24 échantillons instantanés ( 1976, exception : potassium, uniquement 12 déterminations ). Ceci à notre avis prouve que, pour les corps mentionnés, les résultats de la Sous-commission technique précédemment acquis sont parfaitement valables.

Pour les composés de l'azote et du phosphore par contre, on constate de très sensibles différences dans le sens que les moyennes annuelles calculées sur la base des résultats des analyses sur échantillons instantanés sont significativement plus élevées pour les paramètres totaux :

	Echantillonnage en continu Moyennes annuelles	Prélèvements instantanés Moyennes annuelles
Azote total, mg/l N		
- Année 1975	0.919	1.222 ( + 33 % )
- Année 1976	1.011	1.216 ( + 20 % )
Phosphore total, mg/l P		
- Année 1975	0.122	0.151 ( + 24 % )
- Année 1976	0.122	0.191 ( + 57 % )

En considérant plus en détail les différents termes de l'azote total, on constate que l'azote ammoniacal et l'azote nitreux sont systématiquement, en moyennes annuelles pour 1975 et 1976, plus élevés dans les prélèvements instantanés. Pour expliquer cette différence par rapport à l'échantillonnage en continu, plusieurs hypothèses viennent à l'esprit :

- Tout d'abord il convient de remarquer que les résultats ne sont pas exprimés - ceci est aussi valable pour le phosphore - avec le même nombre de chiffres caractéristiques : 0.01 mg/l N pour l'EAWAG; 0.001 mg/l N pour les résultats de la Sous-commission technique.
- Il est possible que, dans le cas des prélèvements en continu, les termes réduits de l'azote minéral soient, malgré les précautions prises, en partie oxydés en nitrates lors du stockage. Les résultats de 1975 - 0.55 mg/l N pour l'EAWAG et 0.45 mg/l N pour le Laboratoire de Sion - semblent corroborer cette hypothèse. Par contre ceux de 1976 - respectivement 0.45 et 0.47 mg/l N - l'infirmement.
- Il est enfin plausible d'admettre que les prélèvements instantanés correspondent à des eaux plus chargées, puisqu'ils sont effectués dans le courant de la journée, alors que l'échantillonnage en continu représente, du fait de l'appareillage utilisé, réellement la composition moyenne des eaux sous contrôle.

L'azote organique est, en moyenne annuelle, plus élevé en 1975 pour les prélèvements instantanés ( 0.171 - 0.211 mg/l N ). L'année suivante, on constate une tendance inverse ( 0.357 - 0.308 mg/l N ).

Pour le phosphore, la fraction organique ne présente, pour les deux méthodes de prélèvement, pas de différence très marquée. Les ortho-phosphates par contre accusent des teneurs nettement plus élevées dans les échantillons instantanés.

Le tableau No 3 annexé au présent rapport a trait aux apports annuels du Rhône à son embouchure, apports calculés selon les trois méthodes suivantes :

- Méthode A : En tenant compte des teneurs moyennes en composés des échantillons prélevés en continu pendant une semaine et du débit moyen correspondant.

- Méthode B : En partant des concentrations moyennes annuelles calculées à partir des résultats des analyses des échantillons instantanés et en tenant compte du débit moyen annuel obtenu par jaugeage en continu. Cette méthode de calcul est appliquée depuis de nombreuses années pour les rapports de la Sous-commission technique sur les affluents dans le cas du Rhône à la Porte du Scex, de la Drance à son embouchure, de l'émissaire, de l'Arve et du Rhône à Chancy.
- Méthode C : En calculant, pour chaque échantillon instantané, les apports en fonction du débit mesuré simultanément au moment des prélèvements et en convertissant ensuite la moyenne annuelle des apports instantanés en flux annuel. Cette méthode de calcul a été, les toutes premières années de l'enquête de la Sous-Commission technique, utilisée pour le Rhône et la Drance. Elle est encore employée - c'est du reste la seule envisageable dans ce cas - pour déterminer les apports des affluents secondaires.

La dernière méthode de calcul, comme le montrent les résultats transcrits dans le tableau No 3, ne livre pas des informations précises. En effet, pour des composés dont les teneurs varient relativement peu, tels le calcium, le magnésium, etc, les tonnages obtenus diffèrent passablement de ceux fournis par la première méthode qui, de toute évidence, est la plus précise.

Les méthodes A et B donnent des résultats assez concordants pour les éléments majeurs. Cette constatation permet d'affirmer que, pour ces composés, les résultats précédemment obtenus sont relativement précis. ( calcium, magnésium, potassium et chlorures ).

L'échantillonnage en continu par contre laisse apparaître des apports un peu plus faibles en azote et phosphore que les prélèvements instantanés. Cette constatation est logique puisque les concentrations moyennes annuelles varient dans le même sens, comme nous l'avons précédemment mentionné, et que l'importance des débits est la même pour les deux méthodes de calcul.

		Echantillonnage en continu	Prélèvements instantanés	Différence
		t/an	t/an	%
Azote total	1975	5'115	7'549	+ 48 %
	1976	3'942	4'691	+ 19 %
Phosphore total	1975	761	934	+ 23 %
	1976	455	735	+ 62 %

Si nous admettons que les apports calculés à partir des analyses des échantillons prélevés en continu correspondent à la réalité - ce qui paraît logique, en tant que le stockage de l'eau n'entraîne pas de modification de sa composition initiale - force nous est de constater que les apports en azote total et en phosphore total, déterminés selon la méthode employée jusqu'ici ( méthode B ) sont surestimés. Pour 1975, cette surestimation est de 48 % pour l'azote et 23 % pour le phosphore; en 1976, 19 % pour le premier et 62 % pour le second. Si l'on désire corriger les valeurs des apports précédemment transcrites dans les rapports de la Sous-commission technique et que l'on estime possible d'extrapoler les résultats de 1975 et 1976 aux années précédentes - nous ne sommes personnellement pas convaincus que cela soit réaliste - il faudrait réduire les tonnages en azote et en phosphore d'environ 20 à 30 % pour les années 1964 - 1975.

Les résultats des recherches entreprises par l'EAWAG montrent encore, tout au moins dans le cas du Rhône, que la charge totale annuelle entraînée au lac dépend des débits dans une assez grande proportion.

En assignant aux résultats de 1975 la valeur de 100 %, les apports de l'année suivante se montent à :

	<u>Année 1975</u>	<u>Année 1976</u>
Débit	100 %	61.9 %
Calcium	100 %	58.4 %
Magnésium	100 %	50.0 %
Potassium	100 %	48.0 %
Azote total	100 %	77.1 %
Phosphore total	100 %	59.8 %
Carbone organique total	100 %	71.1 %
Chlorures	100 %	53.0 %

L'évolution, entre 1975 et 1976, des apports en calcium et en phosphore total est directement proportionnelle à celle des débits. Pour le magnésium, le potassium et le carbone organique total, la diminution des apports est plus sensible que la baisse des débits. Par contre, l'azote total et les chlorures sont caractérisés par une tendance inverse.

## 2.2. La Drance, embouchure :

La station de prélèvement automatique en continu de l'eau de la Drance est installée sur la rive droite de cette rivière, en aval du Pont de Vongy. Pour obtenir des échantillons moyens représentatifs du flux liquide de la Drance, on utilise les relevés de débits effectués en continu à Bioge par l'Electricité de France. La station de prélèvement est relevée périodiquement par les soins de la Station d'Hydrobiologie lacustre ( INRA ) de Thonon, qui en assure l'entretien et l'analyse des échantillons.

Ce poste de contrôle permanent a été mis en service le 21 juin 1976.

Comme nous l'avons déjà précédemment mentionné, la récolte des échantillons moyens prélevés en continu sur le Rhône à la Porte du Scex ont toujours été effectués après des périodes d'exploitation d'une semaine. Sur la Drance, par contre, les durées des prélèvements, ou plus exactement les temps s'étant écoulés entre deux contrôles de l'appareillage, ont été fort variables : de 8 à 294 heures. Du 21 juin 1976 au 3 janvier 1977, on compte 37 périodes de prélèvement en continu, dont 28 ont, pour des raisons diverses, pu faire l'objet de déterminations analytiques (prélèvements défectueux, inexploitable, suite en particulier à l'obstruction toute ou partielle des tuyauteries). Les résultats sont donc un peu moins rigoureux dans le cas de la Drance.

Il était prévu de faire parallèlement, tous les quinze jours, des prélèvements instantanés, afin de pouvoir comparer les deux méthodes d'investigation. Ce travail n'a débuté que le 2 août 1976, avec des prélèvements hebdomadaires. Nous n'avons donc à disposition pour la Drance des résultats que pour le second semestre de l'année 1976. C'est à notre avis fort regrettable, en particulier pour l'établissement des bilans des apports totaux au lac.

Comme l'indique le tableau No 4, les moyennes des teneurs en éléments majeurs - calcium, magnésium, potassium, sodium, silice, chlorures et sulfates - sont presque les mêmes, que l'on parte des échantillons prélevés en continu ou des contrôles instantanés. Les différences constatées sont inférieures à 10 %, ce qui prouve que, dans le cas de la Drance et pour la période considérée, les deux méthodes de prélèvement sont valables.

Pour l'azote et le phosphore total dosés sur eau brute, l'échantillonnage en continu livre, contrairement à ce que nous avons relevé pour le Rhône à son embouchure, des chiffres un peu plus élevés que les prélèvements instantanés :

	Echantillonnage en continu moyennes	Prélèvements instantanés moyennes	Différence (par rapport à valeur de l'échant. en continu )  %
Azote total, EB, mg/l N	0.938	0.810	- 13.6 %
Phosphore total, EB, mg/l P	0.085	0.067	- 21.2 %

Pour l'azote total, la différence provient essentiellement de l'ammoniaque qui passe de 0.122 g/l N en moyenne pour l'échantillonnage en continu à 0.039 mg/l N en moyenne pour les prélèvements instantanés.

Pour le phosphore total, l'écart est dû à la fraction organique ( 0.058 - 0.041 mg/l P ). Remarquons encore que le phosphore total dosé après filtration est pratiquement le même, quelle que soit la méthode de prélèvement utilisée.

Pour le calcul des apports, nous avons utilisé les trois méthodes déjà décrites lors de l'étude du Rhône à la Porte du Scex, en extrapolant les résultats obtenus à l'année entière. Cette façon de procéder, critiquable du point de vue strictement scientifique, a cependant dû être appliquée pour tenir compte du fait que les chiffres à disposition ne couvrent pas tous le même laps de temps et qu'il fallait bien avoir un dénominateur commun unique pour établir des comparaisons.

Comme le montrent les chiffres transcrits dans le tableau No 5, les apports, calculés selon les trois méthodes choisies, sont comparables. Cette concordance provient d'une part de la similitude assez grande des concentrations déterminées soit sur les échantillons moyens soit sur les échantillons instantanés ( méthodes A et B ) et d'autre part du fait que, par hasard, les débits mesurés lors des prélèvements instantanés pendant un semestre présentent des valeurs proches de celles du débit moyen annuel jaugé ( méthode C ).

En tant que les résultats de 1976 soient confirmés lors des prochaines campagnes de recherches, l'introduction de l'échantillonnage en continu dans le cas de la Drance ne semble pas offrir une précision beaucoup plus grande pour le calcul des apports au regard de la méthode précédemment utilisée ( méthode B ). Il convient évidemment de préciser que le point de prélèvement est situé en amont des principaux déversements de l'agglomération de Thonon et que, de ce fait, la composition de l'eau de la Drance est probablement relativement constante quant à sa charge polluante totale. La situation serait peut-être différente si le point de contrôle était situé à l'embouchure même. On retrouverait alors éventuellement les mêmes variations que celles constatées, pour l'azote et le phosphore, au Rhône et à son embouchure.

### 2.3. La Venoge et l'Aubonne

Comme nous l'avons déjà mentionné, les appareils de prélèvements en continu ne sont pas encore installés sur la Venoge et l'Aubonne.

Pour caractériser ces cours d'eau nous avons, comme précédemment, à disposition les résultats des contrôles mensuels effectués sur des prélèvements instantanés.

### 3. RESULTATS DES ANALYSES, ETUDE DES APPORTS

---

#### DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN

---

Nous avons, dans le cas du Rhône à la Porte du Scex et de la Drance, utilisé, lorsque des chiffres étaient à disposition, les résultats des contrôles effectués en continu. En cas d'absence de données - oxygène dissous, demande biologique en oxygène par exemple - nous avons employé les résultats fournis par l'analyse des échantillons instantanés.

Pour la Drance, comme nous l'avons déjà indiqué, force nous a été, pour établir des bilans sur une base commune, d'extrapoler les résultats du second semestre à l'année entière.

Pour le calcul des apports, les procédés suivants ont été appliqués :

- Rhône, Porte du Scex : Calcul à partir des teneurs des échantillons hebdomadaires prélevés en continu et des débits moyens correspondants. Pour autant que la composition des eaux prélevées ne se modifie pas pendant le temps de stockage, les apports calculés selon ce procédé sont les plus exacts.
- Drance, Pont de Vongy : Pratiquement même méthode mais extrapolation des résultats partiels à disposition à l'année entière.
- Rhône émissaire ( contrôles bimensuels ), Arve et Rhône à Chancy ( contrôles mensuels ) : Utilisation des concentrations moyennes et du débit moyen annuel jaugé en continu. Cette méthode, tout au moins pour les éléments dont les teneurs n'accusent pas de fortes fluctuations quotidiennes, livre des résultats parfaitement valables, comme le prouvent les comparaisons effectuées sur le Rhône à son embouchure. ( voir alinéa 2.1. du présent rapport ).
- Affluents secondaires : Nous n'avons dans ce cas à disposition que la composition de 12 échantillons annuels instantanés et les débits, également instantanés, mesurés parallèlement aux prélèvements d'eau. Les apports calculés à partir de ces deux données sont évidemment peu précis. Cependant, étant donné que cette méthode n'est appliquée que dans le cas d'affluents caractérisés par des apports proportionnellement relativement peu importants, l'imprécision engendrée n'a qu'une influence assez réduite sur les bilans.

Les tableaux récapitulatifs faisant état des divers résultats ont été, pour faciliter la lecture du présent rapport, groupés à la fin de celui-ci.

#### 3.1. Oxygène dissous, demande biologique en oxygène ( voir tableaux No 6 et 7 )

---

L'ensemble des affluents étudiés a, en 1976, entraîné au Léman 55'265 tonnes d'oxygène. C'est la valeur la plus basse rencontrée depuis 1964. Elle est en rapport direct avec les débits faibles. L'émissaire, le Rhône à Genève, a soustrait au lac 57'962 tonnes au lac. Le solde négatif, se monte à - 2'697 tonnes. Ce chiffre représente un résultat moyen.

Pour compléter le bilan général de l'oxygène, il faut naturellement encore tenir compte des consommations dues à la demande biologique en oxygène de l'eau des affluents. En 1976, le lac a dû fournir près de 22'000 tonnes d'oxygène pour minéraliser les apports des cours d'eau qui s'y déversent.

En tenant compte du solde négatif du bilan de l'oxygène, on arrive à des pertes totales de l'ordre de 24'690 tonnes. Ce résultat classe l'année 1976 parmi les exercices les plus favorables sous ce rapport, comme le montrent les chiffres suivants :

#### BILAN GENERAL DE L'OXYGENE

Années	Apports dus aux affluents tonnes/an	Pertes dues à l'émissaire tonnes/an	Soldes bilan de l'oxygène dissous tonnes/an	Pertes dues à la DBO des affluents tonnes/an	Soldes bilan général tonnes/an
1964	81'135	58'400	+ 22'735	22'178	+ 557
1965	90'375	87'421	+ 2'954	23'682	- 20'728
1966	94'248	91'865	+ 2'383	26'887	- 24'504
1967	90'699	85'268	+ 5'431	28'868	- 23'437
1968	84'720	82'435	+ 2'285	25'718	- 23'433
1969	82'390	83'092	- 702	35'221	- 35'923
1970	108'935	104'532	+ 4'403	45'340	- 40'937
1971	58'900	71'282	- 12'382	27'409	- 39'791
1972	61'010	56'587	+ 4'423	27'838	- 23'415
1973	73'912	70'739	+ 3'173	32'543	- 29'370
1974	68'487	75'983	- 7'496	27'392	- 34'888
1975	86'757	87'397	- 640	47'966	- 48'606
1976*	55'265	57'962	- 2'697	21'997	- 24'694
1964-1976*	74'612	77'010	- 2'398	29'268	- 31'666

Remarque : \* = chiffres ne tenant plus compte des affluents dont l'étude a été abandonnée : Maladaire, Nant de Riond, Nant de Pry, Nant du Brassu, Doye.

De Genève à Chancy, le tonnage en oxygène dissous de l'eau du Rhône passe, en 1976 de 57'962 à 76'529 tonnes, soit une augmentation de quelque 18'567 tonnes. Ce gain est dû, en particulier, aux apports de l'Arve ( 17'651 ) et de l'Allondon ( 927 ). Le bilan présente donc une précision remarquable pour ce paramètre.

Sur le même parcours, on enregistre une augmentation de la demande biologique en oxygène de l'ordre de 15'100 tonnes en oxygène ( de 12'819 à Genève à 27'923 à la frontière franco-suisse ), augmentation due aux apports minéralisables des affluents du Rhône ( Arve = 7'713 tonnes; Allondon = 206 tonnes ) et de l'effluent de la station d'épuration d'Aire.

### 3.2. Azote minéral et organique ( voir tableaux No 8 à 13 )

Les apports des différentes formes de l'azote s'élèvent, pour 1976 et pour l'ensemble des affluents étudiés, à :

Azote ammoniacal	1'464.21 tonnes/an N	
Azote nitreux	97.79	"
Azote nitrique	3'655.08	"
Azote organique *	( 1'472.57 )	"
Azote minéral total	5'217.08	"
Azote total *	( 4'420.99 )	"

\* Uniquement Rhône Porte du Scex, Drance, Canal Stockalper et Bouverette.

Ces chiffres, en prenant en particulier l'azote minéral total comme base de comparaison, placent l'année 1976 dans une position médiane et laissent apparaître une nette amélioration par rapport aux résultats de 1975, 1974, 1972 et 1970.

En considérant le bilan général de l'azote minéral, donc en prenant en considération également les pertes dues à l'émissaire, on constate que l'enrichissement du lac est en nette régression en 1976 par rapport aux années précédentes.

#### BILAN DE L'AZOTE MINERAL TOTAL

Années	Apports totaux tonnes/an N	Pertes dues à l'émissaire tonnes/an N	Soldes calculés tonnes/an N
1964	4'889.26	2'236.46	+ 2'652.80
1965	3'982.77	3'188.96	+ 793.81
1966	2'135.54	3'323.97	- 1'188.43
1967	3'810.56	3'014.97	+ 795.59
1968	5'505.50	2'480.62	+ 3'024.88
1969	5'806.27	1'889.75	+ 3'916.52
1970	7'291.85	2'404.94	+ 4'886.91
1971	5'548.27	1'578.95	+ 3'969.32
1972	9'196.58	2'023.30	+ 7'173.28
1973	5'887.29	1'921.18	+ 3'966.11
1974	7'518.14	2'817.82	+ 4'700.32
1975	9'253.49	3'393.16	+ 5'860.33
1976*	5'217.08	1'864.39	+ 3'352.69
1964-1976*	6'259.80	2'341.69	+ 3'918.11

Remarque : \* = chiffres ne tenant plus compte des affluents dont l'étude a été abandonnée : Maladaire, Nant de Riond, Nant de Pry, Nant du Brassu, Doye.

Cette amélioration est, à notre avis, due principalement aux facteurs suivants :

- La diminution générale des débits ne correspond pas à une augmentation proportionnelle des teneurs en azote minéral total. On constate certes un certain accroissement des concentrations moyennes pour la plupart des affluents, mais, en 1976, cette tendance ne compense pas la diminution générale des débits.
- La mise en place sur le Rhône d'un poste d'échantillonnage en continu conduit, comme nous l'avons vu précédemment, à une diminution des apports calculés en azote ammoniacal et azote nitreux au regard des apports déterminés à partir des teneurs des échantillons instantanés.
- Il convient encore de relever qu'un certain nombre de déversements, précédemment inclus dans l'inventaire de la Sous-commission technique n'apparaissent plus actuellement dans les bilans, soit à la suite du déplacement du point de prélèvement ( cas de la Drance ), soit par modification du lieu de déversement ( cas de la Morges, de la Lutrive en particulier ).

L'azote total n'est déterminé que pour 4 affluents : le Rhône, la Drance, le Canal de Stockalper et la Bouverette. Pour ces cours d'eau, la diminution des apports en azote organique est minime :

APPORTS EN AZOTE TOTAL POUR LE RHONE, LA DRANSE, LE CANAL STOCKALPER ET LA BOUVERETTE

Années	Apports en azote minéral total	Apports en azote organique	Apports en azote
	tonnes/an N	tonnes/an N	tonnes/an N
1972	7'044.80	1'740.01	8'784.81
1973	3'375.46	1'154.24	4'529.70
1974	4'564.00	998.27	5'562.27
1975	7'118.73	1'607.54	8'726.27
1976	2'948.42	1'472.57	4'420.99

On prétend souvent que seuls les affluents principaux - le Rhône et la Drance - contribuent, par leurs apports, à l'enrichissement de l'eau du lac en composés nutritifs et que les cours d'eau secondaires n'ont qu'une influence négligeable. C'est, pensons-nous, juger uniquement en fonction des débits et non d'après les apports réels. Les quelques résultats de 1976 transcrits à la page suivante le prouvent :

<u>Affluents</u>	Apports en azote minéral total	
	Année 1976	
	tonnes/an N	%
Rhône, Porte du Scex	2'584.90	49.5
Drance	217.62	4.2
Le Flon, Lausanne	505.54	9.7
La Venoge	694.48	13.3
L'Aubonne	164.58	3.2
La Promenthouse	189.40	3.6
La Versoix	147.31	2.8
Ensemble des 12 affluents de la rive droite du Grand Lac	1'808.54	34.7

L'évolution des tonnages en azote minéral total sur le cours du Rhône en aval du Léman a été la suivante en 1976 :

Rhône, émissaire	1'864.39 tonnes/an N min. tot.
Rhône, Chancy	6'455.40
Augmentation	4'591.01
Apports de l'Arve	1'881.30
Apports de l'Allondon	160.82
Apports non inventoriés	2'548.89
	=====

Les apports non inventoriés comprennent l'effluent de la station d'épuration d'Aire. En 1975 cet effluent avait représenté environ 1'200 tonnes/an d'azote minéral total.

Les affluents directement influencés par les effluents des stations d'épuration, le Flon à Lausanne, le Vengeron, l'Hermance et le Nant d'Aisy en particulier, sont caractérisés par des eaux très riches en azote minéral.

Azote minéral total, année 1976 mg/l N

	Moyennes annuelles	Maxima annuels
Le Flon, Lausanne	14.229	22.260
Le Vengeron	13.699	24.450
L'Hermance	6.960	18.230
Le Nant d'Aisy	12.366	16.560

### 3.3. Orthophosphates, phosphore organique et phosphore total

( voir tableaux No 14 à 16 )

De 1964 à 1971, les apports en phosphore total ont été, d'une façon générale, en augmentation, passant d'environ 500 à 1'500 tonnes/an. De 1971 à 1974 on enregistre, en faisant abstraction des résultats de l'année 1972, nettement influencés par une surestimation des apports de la Drance, un fléchissement constant aboutissant à des apports de quelque 800 tonnes en 1974. En 1975, on constate à nouveau un net accroissement, permettant de rejoindre les résultats de 1971 ( 1'450 tonnes/an ). En 1976, du fait de la diminution générale des débits et de la prise en considération pour le Rhône des résultats d'analyses sur échantillons prélevés en continu, du fait probablement aussi de l'introduction progressive du troisième stade dans l'épuration des eaux, on enregistre une baisse appréciable des apports qui n'atteignent plus que 758 tonnes.

En tenant compte des pertes dues à l'émissaire, le solde positif du bilan général s'élève, pour l'année faisant l'objet de ce rapport, à quelque 480 tonnes P.

Comme le montrent les résultats transcrits dans le tableau annexé, ce solde positif place l'année 1976 dans le groupe des années favorables sous le rapport de l'enrichissement des eaux du lac en phosphore.

Les apports principaux sont évidemment le fait du Rhône à son embouchure, qui, avec 455 tonnes en 1976, représente le 60 % du tonnage total. La Drance, du fait du déplacement en amont du point de prélèvement, ne revêt plus qu'une importance minime ( 24.36 tonnes P, soit le 3.2 % des apports totaux ). Le Flon à Lausanne qui, en pratique, est constitué par l'effluent de la station d'épuration de Vidy, station dotée du troisième stade, déverse au lac 55.67 tonnes de phosphore en 1976, soit le 7.3 % du flux total.

#### BILAN DU PHOSPHORE TOTAL

Années	Apports totaux tonnes/an P	Pertes dues à l'émissaire tonnes/an P	Soldes calculés tonnes/an P
1964	416.74	264.00	152.74
1965	602.80	254.07	348.73
1966	1'279.13	178.26	1'100.87
1967	1'079.54	184.77	894.77
1968	838.12	247.87	590.25
1969	682.62	285.64	396.98
1970	1'570.57	396.60	1'173.97
1971	1'453.43	284.23	1'169.20
1972	(2'555.77)	235.72	(2'320.05)
1973	1'105.59	362.29	743.30
1974	847.61	419.29	428.32
1975	1'454.97	487.83	967.17
1976*	758.40	280.34	478.06
1964-1976*	1'282.40	321.87	960.53

Remarque : \* = chiffres ne tenant plus compte des affluents dont l'étude n'est plus poursuivie : Maladaire, Nant de Riond, Nant de Pry, Nant du Brassu, Doye.

La Venoge est caractérisée par un tonnage de l'ordre de 62 tonnes; elle concourt à l'enrichissement du lac à raison de 8.2 %. Les autres affluents entraînent au Léman moins de 20 tonnes de phosphore total, exception faite du Canal Stockalper et du Vengeron, avec respectivement 27.49 et 26.39 tonnes P en 1976.

Malgré les résultats globaux réjouissants de l'année traitée dans ce rapport, il convient de signaler que les concentrations restent souvent élevées, comme le prouvent les quelques chiffres mentionnés ci-dessous :

Affluents	Orthophosphates, mg/l P		Phosphore total, mg/l P	
	Moyennes annuelles	Maxima annuels	Moyennes annuelles	Maxima annuels
Le Forestay	0.576	1.350	0.760	1.820
La Paudèze	0.499	1.440	0.752	2.320
Le Flon	1.121	4.060	1.567	5.290
La Venoge	0.503	1.235	0.647	1.735
Le Vengeron	3.745	7.150	5.239	9.100
L'Hermance	0.520	0.960	0.825	1.280
Le Nant d'Aisy	2.886	4.500	4.390	6.400

#### 3.4. Détergents ( voir tableau No 17 )

En ne conservant que les chiffres qui semblent correspondre à la réalité ( 1969 : pas de résultats pour le Rhône, Porte du Scex; 1971 - 1972 : apports de la Drance surestimés ), l'évolution des apports en détergents de l'ensemble des cours d'eau étudiés est la suivante de 1965 à 1976 :

#### Apports en détergents

<u>Années</u>	<u>Apports totaux en t/an</u>
1965	145.78
1966	83.81
1967	188.25
1968	177.02
1970	232.82
1973	224.17
1974	190.64
1975	261.28
1976	191.76

Les résultats de 1976 font donc apparaître un certain fléchissement par rapport à ceux de l'année précédente. Ils sont comparables à ceux de 1967, 1968 et 1974.

Les apports de deux affluents dépassent, en 1976, 10 tonnes. Ce sont le Rhône - 117.09 tonnes, soit 61 % des apports totaux - et le Flon - 28.41 tonnes, soit 15 %.

### 3.5. Chlorures ( voir tableau No 18 )

Dans notre précédent rapport ( année 1975 ), nous avons relevé une tendance très nette à l'augmentation des apports en chlorures de 1965 à 1975. En schématisant cette évolution, on constate que de 25'000 tonnes/an en 1965, les apports en chlorures ont atteint 60'000 tonnes en 1975. En défalquant les pertes dues à l'émissaire, on peut estimer, toujours en schématisant l'évolution mise en évidence, que le solde positif contribuant à l'enrichissement des eaux du lac a passé d'environ 6'000 tonnes en 1965 à quelque 34'000 tonnes 11 ans plus tard.

Les apports de l'année 1976 accusent un net fléchissement avec 41'387 tonnes, contre 55'000 à 62'000 tonnes entre 1972 et 1975. Le solde positif diminue aussi dans de fortes proportions : alors qu'il oscillait entre 34'000 et 38'000 tonnes/an entre 1972 et 1975, il n'atteint plus actuellement que 19'231 tonnes.

### 3.6. Potassium ( voir tableau No 19 )

Les apports en potassium accusent un fléchissement marqué en 1976 :

#### BILAN DES APPORTS EN POTASSIUM

Années	Apports totaux par affluents tonnes/an K	Pertes dues à l'émissaire tonnes/an K	Soldes calculés tonnes/an K
1971	10'433.4	8'960.1	1'473.3
1972	16'994.0	7'674.3	9'319.7
1973	16'437.3	8'638.3	7'799.0
1974	12'814.6	9'080.9	3'733.7
1975	15'746.5	9'080.9	6'075.8
1976	6'905.6	6'777.6	128.0

La diminution des apports totaux en potassium en 1976 par rapport à l'année précédente est due aux facteurs principaux suivants :

- Baisse des apports du Rhône à la Porte du Scex suite à la diminution des débits ( 197.8 à 122.4 m<sup>3</sup>/s ) et à un léger fléchissement des teneurs ( 2.17 - 2.02 mg/l K ). Ces apports passent de 9'013 tonnes la première année à 4'323 la seconde.
- Diminution du débit de la Drance ( de 19.3 à 9.6 m<sup>3</sup>/s ) entraînant une baisse importante des apports ( de 1'305 à 396 t/an ) conditionnée de plus par une diminution des teneurs ( 2.26 mg/l K en 1975 contre 1.30 mg/l K en 1976 ). Cette dernière évolution est probablement partiellement en rapport avec le déplacement du point de prélèvement.
- Fléchissement enfin des apports d'un certain nombre d'affluents secondaires, en particulier le Canal de Stockalper ( 993/471 t/an K ), le Grand Canal ( 234/111 t/an K ), la Venoge ( 604/455 t/an K ).

### 3.7. Calcium et magnésium ( voir tableaux No 20 et 21 )

Du fait de la diminution générale du débit des affluents, on constate un fléchissement très net des apports totaux en calcium et magnésium de 1975 à 1976. En fait, cette tendance est surtout sensible pour le Rhône à son embouchure, la Drance et le Grand Canal. Pour les autres affluents, on constate des valeurs comparables, voire des apports plus élevés la seconde année.

#### Apports en calcium, en tonnes/an Ca

	1975	1976
Ensemble des affluents	341'380.1	292'560.2
Rhône, Porte du Scex	261'465.5	149'387.1
Drance	49'434.4	27'359.6
Affluents secondaires, rive droite Grand Lac	65'553.8	77'991.0
Affluents secondaires Petit Lac	14'360.8	19'112.4

#### Apports en magnésium, en tonnes/an Mg

	1975	1976
Ensemble des affluents	63'194.2	35'200.5
Rhône, Porte du Scex	43'217.9	19'399.3
Drance	6'352.6	3'729.5
Affluents secondaires rive droite Grand Lac	6'633.6	6'232.3
Affluents secondaires Petit Lac	1'248.5	1'558.4

#### 4. CONCLUSIONS

Les résultats des recherches entreprises en 1976 par la Sous-commission technique sur les affluents du Léman sont exceptionnels, dans le sens qu'ils démontrent un fléchissement général, souvent important, des apports au lac, et, par voie de conséquence, des soldes des bilans établis en tenant compte de l'émissaire, le Rhône à Genève.

Les faits saillants de cette évolution sont les suivants :

- Les apports en oxygène dissous ont été les plus faibles enregistrés depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique en 1964 - 55'300 tonnes contre 74'600 en moyenne pluriannuelle -. Etant donné que les pertes dues à l'émissaire - 57'960 tonnes - furent également faibles, le solde du bilan est loin d'être catastrophique. Il s'élève à une perte de l'ordre de 2'700 tonnes, valeur très proche de la moyenne pluriannuelle - 2'400 tonnes en solde négatif -.
- Le lac a dû fournir en 1976 près de 22'000 tonnes d'oxygène pour minéraliser les apports de ses affluents. En tenant compte du solde négatif du bilan précédemment mentionné, on arrive à une perte totale de l'ordre de 24'700 tonnes d'oxygène. Ce résultat classe 1976 parmi les années les plus favorables, la moyenne pluriannuelle s'élevant à - 31'700 tonnes .
- Les apports totaux en azote minéral total se sont, en 1976, élevés à 5'200 tonnes. Ce résultat est le plus favorable depuis 1968. En comptabilisant les pertes dues à l'émissaire, on obtient un solde positif de 3'350 tonnes d'azote, chiffre le plus bas depuis 1968 également. Pour les affluents où ce critère est analysé - le Rhône, la Drance, le Canal de Stockalper et la Bouverette - les apports en azote organique - près de 1'500 tonnes en 1976 - semblent être relativement stables depuis 1972.
- Les apports en phosphore total de l'ensemble des affluents étudiés ont atteint en 1976 la valeur de 760 tonnes, contre 1'450 en 1975, 850 en 1974, 1'100 en 1973, 2'550 en 1972 ( chiffre trop élevé du fait de la surestimation des apports de la Drance ), 1'450 en 1971, 1'570 en 1970. Le solde positif du bilan du phosphore total, établi en défalquant les pertes dues à l'émissaire, s'est élevé à 480 tonnes en 1976. On constate une nette amélioration par rapport aux résultats de 1975 ( 970 tonnes ), 1973 ( 740 ), 1972 ( 2'300, chiffre surestimé ), 1971 et 1970 ( 1'170 ) et une similitude avec ceux de 1974 ( 430 tonnes ).
- Les apports en détergents - 192 tonnes en 1976 - sont également en baisse par rapport à ceux de l'année précédente - 260 tonnes - et ceux des années 1970 et 1973 ( environ 230 tonnes ). Ils sont comparables à ceux de 1974, 1968 et 1967.
- Le solde positif du bilan des chlorures a oscillé, entre 1972 et 1975, de 34'000 à 38'000 tonnes. Il n'atteint plus en 1976 que 19'200 tonnes.

- Les apports en potassium enfin accusent également en 1976 un fléchissement marqué : 7'000 tonnes contre 13'000 à 17'000 entre 1972 et 1975.

Ces diverses améliorations sont certainement en rapport avec la diminution générale des débits constatée en 1976, consécutive aux faibles précipitations.

Nous pensons qu'il convient d'attendre les résultats d'autres campagnes de recherches pour savoir si les résultats de 1976 s'inscrivent dans un contexte général d'amélioration de la situation dans le cadre des apports des affluents au Léman ou si, au contraire, l'année faisant l'objet du présent rapport n'est qu'une exception, ce qui serait évidemment fort préoccupant pour l'avenir de la santé du lac.

Par ailleurs, l'étude comparative des apports calculés, dans le cas du Rhône et de la Drance, d'une part à partir d'échantillons prélevés en continu et d'autre part sur la base de prélèvements instantanés a montré que, pour les éléments majeurs - calcium, magnésium, potassium, chlorures - les différences constatées sont minimes. Par contre, pour l'azote et le phosphore, la première méthode, certainement plus exacte pour autant que le stockage des échantillons pendant une semaine n'entraîne pas de modification de leur composition, conduit à des résultats plus faibles dans le cas du Rhône, et légèrement plus élevés pour la Drance. Il conviendra de comparer encore pendant un certain temps les résultats fournis par les deux méthodes de prélèvement, avant de pouvoir se prononcer d'une façon définitive sur la validité des bilans des apports des affluents précédemment établis par la Sous-commission technique.

---

## APPORTS DE LA STATION D'EPURATION DE THONON

## DANS LA DRANCE A L'AVAL DU PONT DE VONGY

Les apports de la Drance mentionnés précédemment concernent la Drance au Pont de Vongy. A l'aval de ce pont, la Drance reçoit l'effluent de la Station d'épuration de Thonon. L'apport de la Drance au lac est donc la somme des apports de la Drance au pont de Vongy et des apports de la Station d'épuration.

L'apport de la Station d'épuration a été évalué par des analyses effectuées sur des échantillons moyens prélevés automatiquement à raison de 50 ml toutes les 20 minutes dans un flacon de 2 litres, et de 1 flacon toutes les 12 heures de 8 h à 20 h et de 20 h à 8 h, tranches pendant lesquelles les débits varient peu, les variations étant relativement rapides aux environs de 8 h et de 20 h. A l'aide des 14 flacons prélevés ainsi chaque semaine et de la courbe des débits enregistrée à la sortie de la Station, il a été constitué chaque semaine un échantillon moyen sur lequel ont été déterminés : la conductivité, la DCO, l'azote ammoniacal, l'azote total, les orthophosphates, le phosphore total et les chlorures.

D'autre part, la DCO, la DBO<sub>5</sub> et les matières en suspension ( MeST ) ont été déterminées sur des échantillons ponctuels prélevés à des jours et des heures variés, et les corrélations  $DBO = f( DCO )$  et  $MeST = f( DCO )$  ont été établies, ce qui a permis d'évaluer une DBO moyenne et les MeST moyennes. Les analyses ont débuté le 2 août 1976. Les débits pour la période de janvier à juillet inclus étant en moyenne égaux aux débits relevés pendant la période des analyses et les paramètres de fonctionnement de la Station ayant été constants pendant toute l'année 1976, l'évaluation des apports de la station a été effectuée par simple règle de trois.

On trouvera dans le tableau du haut de la page suivante les chiffres obtenus.

Le second tableau indique les apports réels de la Drance au Léman, exprimés en tonnes/an. Le débit de l'effluent de la station d'épuration est faible par rapport au débit total ( 1,5 % ), mais les autres apports de la STEP sont relativement importants :

DBO <sub>5</sub>	19 %
Azote ammoniacal	60 %
Azote total	21 %
Orthophosphates	63 %
Phosphore organique	23 %
Phosphore total	44 %
Chlorures	24 %

		Valeurs mesurées Apports pour la période du 02/8/76 au 03/01/77 Tonnes	Apports estimés Tonnes	Valeurs moyennes pondérées mg/l
Volume passé	m <sup>3</sup>	1'914'000	4'593'600	-
Conductivité à 25°C (valeur moyenne pondérée)	μS.cm <sup>-1</sup>	-	-	1'032
DCO	O <sub>2</sub>	561	1'346	293
DBO <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	86	206	45
MeST		63	151	33
Azote ammoniacal	N	17,4	41,8	9,11
Azote total	N	32,3	77,5	16,9
Orthophosphates	P	6,05	14,5	3,16
Phosphore total	P	8,04	19,3	4,20
Chlorures	Cl	112	269	58,8

		DRANCE Pont de Vongy	STEP	DRANCE embouchure
DBO <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	885,2	206	1'091,2
Azote ammoniacal	N	28,34	41,8	70,14
Azote total	N	285,61	77,5	363,11
Orthophosphates	P	8,38	14,5	22,88
Phosphore organique	P	15,98	4,8	20,78
Phosphore total	P	24,36	19,3	43,66
Chlorures	Cl	846,9	269	1'115,9
Débits	m <sup>3</sup> /s	9,600	0,146	9,746

Tableau No 1

DEBIT DES AFFLUENTS

exprimé en mètres cube par seconde

AFFLUENTS	NORMES 1963-75	ANNEE 1976			NORMES 1963-76
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	2,166	1,366	2,630	0,630	2,094
L'Eau froide	1,285	1,414	6,850	0,200	1,297
La Maladaire	0,047	-	-	-	0,047
La Veveyse	2,301	4,104	15,210	0,440	2,463
Le Forestay	0,351	0,235	0,320	0,062	0,341
La Lutrive	0,130	0,104	0,505	0,004	0,128
La Paudèze	0,239	0,129	0,314	0,007	0,229
Le Flon	1,209	1,127	1,220	0,790	1,200
La Chamberonne	0,678	0,380	0,600	0,057	0,651
La Venoge	4,731	5,776	16,950	0,470	4,825
La Morges	0,505	0,265	0,990	0,004	0,483
L'Aubonne	4,616	2,899	10,640	0,261	4,461
La Dullive	0,408	0,449	1,630	0,100	0,414
Somme	18,666	18,248	-	-	18,633
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	5,072	4,907	6,782	4,014	5,775
La Bouverette	0,595	0,665	1,323	0,265	0,602
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	17,468	9,600*	26,800	3,720	16,499
Somme	23,935	15,172	-	-	22,876
Le Rhône, embouchure	178,236	122,000*	288,000	46,300	172,658
<u>Ensemble</u> Grand Lac	Somme 220,887	155,420	-	-	214,167
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,724	1,962	6,700	0,070	1,746
La Versoix	3,515	2,448	4,430	0,410	3,418
Le Vengeron	0,192	0,168	0,650	0,040	0,190
L'Hermance	0,326	0,147	0,446	0,015	0,310
Le Nant d'Aisy	0,100	0,078	0,160	0,020	0,098
Somme	6,337	4,803	-	-	5,762
<u>Ensemble</u> Lac Léman	Somme 227,224	160,223	-	-	219,929
Le Rhône, émissaire	223,083	159,000*	477,000	53,000	218,154
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	2,833	2,465	5,880	0,470	2,706
L'Arve à la Jonction	72,766	46,400*	332,000	15,100	64,924
Le Rhône à Chancy	303,000	210,000*	908,000	88,000	293,667

\* moyennes annuelles des débits jaugés en continu.

Tableau No 2 RHONE PORTE DU SCEX : COMPOSITION MOYENNE DE L'EAU

Comparaison des résultats fournis par l'échantillonnage en continu et les prélèvements instantanés.

DETERMINATIONS	Année 1975			Année 1976		
	Echantillonnage en continu		Prélève. instant.	Echantillonnage en continu		Prélève. instant.
	Moy. arith. 52 analyses	Moy. pond. 52 analyses	Moy. arith. 52 analyses	Moy. arith. 52 analyses	Moy. pond. 52 analyses	Moy. arith. 52 analyses
Température °C	-	-	7,27	-	-	8,88
Conductivité 25°C $\mu\text{S.cm}^{-1}$	273	252	326	-	-	280
pH	7,98	8,00	7,82	-	-	7,74
Dureté totale mé/l	2,69	2,56	2,69	2,46	2,34	2,46
Titre alcalimétrique mé/l	1,43	1,39	1,55	1,29	1,24	1,30
Calcium mé/l	2,17	2,04	2,11	2,02	1,93	1,97
Calcium mg/l Ca	43,5	41,0	42,3	40,5	38,7	39,5
Magnésium mé/l	0,52	0,51	0,58	0,44	0,41	0,49
Magnésium mg/l Mg	6,35	6,22	7,05	5,33	5,01	5,96
Potassium mg/l K	1,40	1,44	1,86	1,26	1,12	2,62*
Azote ammoniacal mg/l N	0,180	0,151	0,484	0,188	0,179	0,404
Azote nitreux mg/l N	0,018	0,017	0,077	0,016	0,016	0,034
Azote nitrique mg/l N	0,55	0,49	0,45	0,45	0,47	0,47
Azote minéral total mg/l N	0,748	0,658	1,011	0,654	0,665	0,908
Azote organique mg/l N	0,171	0,162	0,211	0,357	0,352	0,308
Azote total mg/l N	0,919	0,820	1,222	1,011	1,017	1,216
Orthophosphates mg/l P	0,041	0,034	0,076	0,047	0,039	0,101
Phosphore organique mg/l P	0,081	0,088	0,075	0,075	0,078	0,090
Phosphore total mg/l P	0,122	0,122	0,151	0,122	0,117	0,191
Chlorures mg/l Cl	7,85	6,37	6,20	7,78	7,32	7,90
Sodium mg/l Na	-	-	-	5,73	5,31	-
Silice $\text{H}_4\text{SiO}_4$ mg/l	-	-	-	5,7	5,4	-
Carbone organique dissous	-	-	-	0,88	0,88	-
Carbone organique total mg/l C	2,15	2,32	-	1,93	1,99	-
Zinc mg/l Zn	-	-	-	13	14	-
Cuivre mg/l Cu	-	-	-	3,7	4,4	-
Plomb mg/l Pb	-	-	-	2,3	2,9	-
Sulfates mg/l $\text{SO}_4$	-	-	-	46,3	43,8	-
Débit moyen annuel $\text{m}^3/\text{S}$	197,8	-	143,7	122,4	-	105,3

\* série incomplète ( 12 résultats au lieu de 24

Tableau No 3 RHONE PORTE DU SCEX : APPORTS ANNUELS

Comparaisons des résultats fournis par l'échantillonnage en continu et les prélèvements instantanés.

DETERMINATIONS	Année 1975			Année 1976		
	Échantil. en continu Méthode A t/an	Prélèvements instantanés		Échantil. en continu Méthode A t/an	Prélèvements instantanés	
		Méthode B t/an	Méthode C t/an		Méthode B t/an	Méthode C t/an
Calcium Ca	255'874,4	261'465,5	171'800,7	149'387,1	151'789,9	126'041,6
Magnésium Mg	38'764,5	43'217,9	26'102,6	19'399,3	23'148,1	19'052,0
Potassium K	9'013,1	11'517,4	11'465,1	4'323,3	10'096,2*	8'982,6*
Azote ammoniacal N	939,34	2'993,18	1'588,42	689,29	1'555,63	1'166,00
Azote nitreux N	104,14	473,37	277,45	65,07	129,05	128,35
Azote nitrique N	3'062,08	2'776,32	1'736,50	1'830,54	1'821,10	1'553,11
Azote minéral total N	4'105,56	6'242,87	3'602,37	2'584,90	3'505,78	2'847,46
Azote organique N	1'099,77	1'306,45	808,88	1'356,90	1'185,16	943,31
Azote total N	5'115,33	7'549,32	4'411,25	3'941,80	4'690,94	3'790,77
Orthophosphates P	211,09	472,34	337,10	149,61	387,25	332,10
Phosphore organique P	550,29	462,54	381,37	305,80	347,94	300,38
Phosphore total P	761,38	934,88	718,47	455,41	735,19	632,48
Chlorures Cl	39'747,7	38'425,6	23'869,1	28'260,1	30'444,6	25'915,6
Sodium Na	-	-	-	20'497,3	-	-
Silice H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	-	-	-	20'844,7	-	-
Carbone organique dissous C	-	-	-	3'319,7	-	-
Carbone organique total C	14'478,6	-	-	7'681,7	-	-
Zinc Zn	-	-	-	54,04	-	-
Cuivre Cu	-	-	-	16,98	-	-
Plomb Pb	-	-	-	11,19	-	-
Sulfates SO <sub>4</sub>	-	-	-	169'142,1	-	-
Débit moyen annuel m <sup>3</sup> /s	197,8	196,0	143,7	122,4	122,0	105,2

\* série incomplète.

MÉTHODES DE CALCUL DES APPORTS ANNUELS :

Méthode A : à partir des teneurs des échantillons hebdomadaires et du débit moyen correspondant à la période de prélèvement.

Méthode B : à partir des concentrations moyennes annuelles et du débit moyen jaugé ( méthode utilisée jusqu'ici pour le Rhône, Porte du Scex ).

Méthode C : à partir des concentrations et des débits mesurés en parallèle, pour chaque prélèvement instantané.

Tableau No 4 LA DRANSE : COMPOSITION MOYENNE DE L'EAU

Comparaison des résultats fournis par l'échantillonnage en continu et les prélèvements instantanés.

DETERMINATIONS	Année 1976	
	Echantillonnage en continu 21.06.1976-3.01.1977 Moyennes "annuelles"	Prélèv. instantanés hebdomadaires 2.08.1976-27.12.1976 Moyennes "annuelles"
Température °C	-	7,61
Conductivité 25°C, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	510	505
pH	8,24	8,30
Dureté total mé/l	5,60	5,57
Titre alcal. compl. mé/l	3,39	3,39
Calcium mé/l Ca	4,57	4,55
Magnésium mé/l Mg	1,03	1,02
Potassium mg/l K	1,30	1,18
Azote ammoniacal mg/l N	0,122	0,039
Azote nitreux mg/l N	-	0,006
Azote nitrique mg/l N	0,60	0,56
Azote minéral total mg/l N	(0,722)	0,605
Azote organique mg/l N	0,216	0,205
Azote total EB mg/l N	0,938	0,810
Azote total EF mg/l N	0,852	0,741
Orthophosphates mg/l P	0,027	0,026
Phosphore organique mg/l P	0,058	0,041
Phosphore total EB mg/l P	0,085	0,067
Phosphore total EF mg/l P	0,038	0,039
Chlorures mg/l $\text{Cl}^-$	2,8	2,7
Sodium mg/l Na	2,86	2,61
Silice mg/l $\text{SiO}_2$	3,99	3,76
Sulfates mg/l $\text{SO}_4^{--}$	112,0	103
Débit moyen $\text{m}^3/\text{s}$	8,96	9,30

Remarques : EB = eau brute  
EF = eau filtrée sur membrane filtrante 0,45  $\mu$

Tableau No 5 LA DRANSE : APPORTS ANNUELS

Comparaison des résultats fournis par l'échantillonnage en continu et les prélèvements instantanés

Composants		Année 1976		
		Echantil. en continu	Prélèvements instantanés	
			Méthode A t/an	Méthode B t/an
Calcium	Ca	27'359,6	27'613,2	25'010,9
Magnésium	Mg	3'729,5	3'755,0	3'316,8
Potassium	K	396,4	356,4	347,9
Azote ammoniacal	N	28,34	11,78	13,21
Azote nitreux	N	-	1,69	1,78
Azote nitrique	N	189,28	169,12	176,30
Azote minéral total	N	(217,62)	182,59	191,29
Azote organique	N	67,99	62,49	56,99
Azote total EB	N	285,61	245,08	248,28
Azote total EF	N	260,27	224,33	-
Orthophosphates	P	8,38	7,79	7,59
Phosphore organique	P	15,98	13,38	11,74
Phosphore total EB	P	24,36	20,17	19,33
Phosphore total EF	P	12,12	11,81	-
Chlorures	Cl	846,9	811,9	857,3
Sodium	Na	856,0	790,2	-
Silice	SiO <sub>2</sub>	1'044,4	1'138,3	-
Sulfates	SO <sub>4</sub>	32'278,9	31'182,8	-
Débit moyen	m <sup>3</sup> /s	8,96	9,60	9,30

Remarques : EB = Eau brute - EF = Eau filtrée sur membrane filtrante.

Calculs des apports :

Méthode A : à partir des teneurs des échantillons moyens et du volume total d'eau correspondant. Extrapolation pour une année.

Méthode B : à partir des concentrations moyennes pour l'ensemble des prélèvements instantanés et du débit moyen annuel jaugé. Extrapolation pour une année.

Méthode C : à partir des concentrations et des débits mesurés en parallèle, pour chaque prélèvement instantané. Extrapolation pour une année.

Tableau No 6

## APPORTS EN OXYGENE DISSOUS

exprimés en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	387,7	229,3	373,4
L'Eau Froide	377,6	394,6	379,0
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	864,6	1'546,1	926,1
Le Forestay	129,3	81,2	125,0
La Lutrive	46,7	39,6	46,1
La Paudèze	90,8	49,9	87,0
Le Flon	75,9	76,6	76,0
La Chamberonne	186,2	130,9	181,1
La Venoge	1'688,3	2'176,1	1'732,4
La Morges	174,1	95,9	167,0
L'Aubonne	1'678,7	1'061,2	1'622,9
La Dullive	146,5	148,9	146,8
Totaux	5'846,4	6'030,3	5'862,8
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1'719,0	1'576,5	1'704,6
La Bouverette	210,7	245,5	214,1
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	6'147,3	3'495,6*	5'238,1
Totaux	8'077,0	5'317,6	7'156,8
Le Rhône, embouchure	63'342,3	42'188,3**	59'496,1
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	77'265,7	53'536,2	72'515,7
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	614,1	698,1	621,8
La Versoix	1'311,2	912,5	1'274,9
Le Vengeron	60,6	47,0	59,4
L'Hermance	115,5	50,8	109,7
Le Nant d'Aisy	31,2	20,6	30,2
Totaux	2'132,6	1'729,0	2'096,0
Ensemble Lac Léman	79'398,3	55'265,2	74'611,7
Rhône, émissaire	79'218,5	57'962,3	77'010,1
SOLDES	179,8	- 2'697,1	- 2'398,4
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	1'121,3	926,5	1'080,3
L'Arve à la Jonction	26'682,9	17'650,7	25'801,7
Le Rhône à Chancy	107'329,5	76'529,0	104'040,1

\* Apports calculés à partir des teneurs des prélèvements instantanés, du 2.08. au 27.12.1976, et du débit moyen annuel jaugé.

\*\* Apports calculés à partir de la concentration moyenne des 24 prélèvements instantanés et du débit moyen annuel jaugé.

Tableau No 7

## DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE

exprimée en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	293,4	285,7	292,7
L'Eau Froide	260,5	238,2	258,5
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	304,5	543,0	326,0
Le Forestay	108,2	79,0	103,0
La Lutrive	32,7	16,7	31,2
La Paudèze	68,8	32,1	65,5
Le Flon	1'085,6	908,4	1'066,3
La Chamberonne	619,1	133,7	574,7
La Venoge	801,6	1'107,0	829,2
La Morges	182,1	74,5	172,4
L'Aubonne	513,1	280,3	492,1
La Dullive	91,8	138,7	98,7
Totaux	4'361,4	3'837,3	4'310,3
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	560,4	606,3	565,1
La Bouverette	79,2	91,8	80,5
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	2'554,5	885,2*	1'884,6
Totaux	3'194,1	1'583,3	2'530,2
Le Rhône, embouchure	23'165,5	16'040,4**	21'839,9
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	30'721,0	21'461,0	28'680,4
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	202,7	238,5	206,0
La Versoix	283,6	221,6	278,4
Le Vengeron	50,2	45,2	49,8
L'Hermance	30,1	14,5	28,8
Le Nant d'Aisy	25,8	16,5	25,0
Totaux	592,4	536,3	588,0
Ensemble Lac Léman	31'313,4	21'997,3	29'268,4
Rhône, émissaire	14'465,6	12'819,0	14'300,2
SOLDES	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	329,9	205,5	305,5
L'Arve à la Jonction	8'648,0	7'712,8	8'562,9
Le Rhône à Chancy	31'978,5	27'922,5	31'572,9

\* Apports calculés à partir des teneurs des prélèvements instantanés, du 2.08. au 27.12.1976, et du débit moyen jaugé.

\*\* Apports calculés à partir de la concentration moyenne des 24 prélèvements instantanés et du débit moyen annuel jaugé.

Tableau No 8

AZOTE AMMONIACAL exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	19,39	20,16	19,46
L'Eau Froide	15,60	42,13	17,99
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	14,11	21,96	14,82
Le Forestay	4,26	4,15	4,24
La Lutrive	1,84	0,42	1,72
La Paudèze	5,42	2,70	5,17
Le Flon	432,20	486,52	438,12
La Chamberonne	39,10	6,97	36,18
La Venoge	47,26	52,45	47,72
La Morges	9,30	1,60	8,60
L'Aubonne	24,10	8,47	22,69
La Dullive	6,41	5,79	6,32
Totaux	618,99	653,32	623,03
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	29,06	36,92	29,86
La Bouverette	2,05	2,24	2,07
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	529,53	28,34*	472,67
Totaux	560,64	67,50	504,60
Le Rhône, embouchure	1'256,54	689,29**	1'199,81
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	2'436,17	1'410,11	2'327,44
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	7,33	6,39	7,24
La Versoix	8,07	6,32	7,92
Le Vengeron	18,55	20,94	18,75
L'Hermance	3,51	3,05	3,47
Le Nant d'Aisy	13,33	17,40	13,71
Totaux	50,79	54,10	51,09
Ensemble Lac Léman	2'486,96	1'464,21	2'378,53
Rhône, émissaire	332,95	367,56	336,40
SOLDES	2'154,01	1'096,65	2'042,13
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	5,55	5,12	5,46
L'Arve à la Jonction	433,26	404,13	430,64
Le Rhône à Chancy	2'215,91	1'176,60	2'104,91

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 9

AZOTE NITREUX exprimé en N

Apport en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	2,52	1,89	2,47
L'Eau Froide	0,63	2,12	0,76
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	1,38	1,27	1,37
Le Forestay	0,92	0,75	0,91
La Lutrive	0,34	0,07	0,32
La Paudèze	0,50	0,20	0,47
Le Flon	5,23	4,36	5,13
La Chamberonne	2,97	1,19	2,81
La Venoge	8,40	9,47	8,50
La Morges	1,38	0,32	1,28
L'Aubonne	2,93	1,24	2,78
La Dullive	1,26	1,43	1,29
Totaux	28,46	24,31	28,09
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	5,37	4,09	5,24
La Bouverette	0,51	0,21	0,48
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	10,06	- *	10,06
Totaux	15,94	4,30	15,78
Le Rhône, embouchure	168,05	65,07**	157,75
Ensemble Grand Lac Totaux	212,45	93,68	201,62
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	1,13	1,28	1,14
La Versoix	0,95	0,97	0,95
Le Vengeron	0,71	1,06	0,74
L'Hermance	0,19	0,23	0,19
Le Nant d'Aisy	0,52	0,57	0,52
Totaux	3,50	4,11	3,54
Ensemble Lac Léman	215,95	97,79	205,16
Rhône, émissaire	25,70	14,36	24,61
SOLDES	190,25	83,43	180,55
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	0,70	0,60	0,68
L'Arve à la Jonction	33,28	43,17	34,10
Le Rhône à Chancy	80,65	212,03	93,53

\* pas de résultats à disposition sur l'échantillonnage en continu.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 10

AZOTE NITRIQUE exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	70,37	40,92	67,72
L'Eau Froide	18,00	29,88	19,07
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	43,50	81,07	46,89
Le Forestay	23,34	15,51	22,76
La Lutrive	7,19	5,52	7,04
La Paudèze	10,53	5,39	10,06
Le Flon	15,01	14,66	14,97
La Chamberonne	55,19	38,53	53,75
La Venoge	407,59	632,56	427,89
La Morges	67,91	47,38	66,04
L'Aubonne	134,81	154,87	136,62
La Dullive	47,03	64,62	49,61
Totaux	900,47	1'130,91	922,42
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	95,34	91,53	94,96
La Bouverette	7,23	10,91	7,60
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	389,03	189,28*	366,42
Totaux	491,60	291,72	468,98
Le Rhône, embouchure	2'007,48	1'830,54**	1'989,79
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	3'399,55	3'253,17	3'381,19
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	91,31	181,73	99,47
La Versoix	117,14	140,02	119,06
Le Vengeron	23,17	37,73	24,39
L'Hermance	33,08	30,70	32,88
Le Nant d'Aisy	19,89	11,73	19,12
Totaux	284,59	401,91	294,92
Ensemble Lac Léman	3'684,14	3'655,08	3'676,11
Rhône, émissaire	2'035,77	1'482,47	1'980,68
SOLDES	1'648,37	2'172,61	1'695,43
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	152,01	155,10	152,63
L'Arve à la Jonction	1'484,08	1'434,00	1'479,57
Le Rhône à Chancy	4'944,53	5'066,77	4'957,58

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 11

AZOTE MINERAL TOTAL exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	92,28	62,97	89,65
L'Eau Froide	34,23	74,13	37,82
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	58,99	104,30	63,08
Le Forestay	28,52	20,41	27,91
La Lutrive	9,37	6,01	9,08
La Paudèze	16,45	8,29	15,70
Le Flon	452,44	505,54	458,22
La Chamberonne	97,26	46,69	92,74
La Venoge	463,25	694,48	484,11
La Morges	78,59	49,30	75,92
L'Aubonne	161,84	164,58	162,09
La Dullive	54,70	71,84	57,22
Totaux	1'547,92	1'808,54	1'573,54
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	129,77	132,54	130,06
La Bouverette	9,79	13,36	10,15
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	928,62	217,62*	849,15
Totaux	1'068,18	363,52	989,36
Le Rhône, embouchure	3'432,07	2'584,90**	3'347,35
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	6'048,17	4'756,96	5'910,25
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	99,77	189,40	107,85
La Versoix	126,16	147,31	127,93
Le Vengeron	42,43	59,73	43,88
L'Hermance	36,78	33,98	36,54
Le Nant d'Aisy	33,74	29,70	33,35
Totaux	338,88	460,12	349,55
Ensemble Lac Léman	6'387,05	5'217,08	6'259,80
Rhône, émissaire	2'394,42	1'864,39	2'341,69
SOLDES	3'992,63	3'352,69	3'918,11
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	158,26	160,82	158,77
L'Arve à la Jonction	1'950,62	1'881,30	1'944,31
Le Rhône à Chancy	724,11	6'455,40	7'156,02

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No. 12

AZOTE ORGANIQUE exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	---	---	---
L'Eau Froide	---	---	---
La Maladaire	---	---	---
La Veveyse	---	---	---
Le Forestay	---	---	---
La Lutrive	---	---	---
La Paudèze	---	---	---
Le Flon	---	---	---
La Chamberonne	---	---	---
La Venoge	---	---	---
La Morges	---	---	---
L'Aubonne	---	---	---
La Dullive	---	---	---
Totaux			
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	45,15	43,84	44,84
La Bouverette	3,60	3,84	3,66
La Morge de St Gingolph			
La Dranse	181,21	67,99*	154,30
Totaux	229,96	115,67	202,80
Le Rhône, embouchure	1'120,37	1'356,90**	1'177,14
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	( 1'350,33 )	( 1'472,57 )	( 1'379,94 )
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	---	---	---
La Versoix	---	---	---
Le Vengeron	---	---	---
L'Hermance	---	---	---
Le Nant d'Aisy	---	---	---
Totaux			
Ensemble Lac Léman			
Rhône, émissaire			
SOLDES			
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	---	---	---
L'Arve à la Jonction	---	---	---
Le Rhône à Chancy	---	---	---

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 13

AZOTE TOTAL exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	-	-	-
L'Eau Froide	-	-	-
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	-	-	-
Le Forestay	-	-	-
La Lutrive	-	-	-
La Paudèze	-	-	-
Le Flon	-	-	-
La Chamberonne	-	-	-
La Venoge	-	-	-
La Morges	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-
La Dullive	-	-	-
Totaux			
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	174,92	176,38	174,90
La Bouverette	13,39	17,20	13,81
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'109,83	285,61*	1'003,45
Totaux	1'298,14	479,19	1'192,16
Le Rhône, embouchure	4'552,44	3'941,80**	4'524,49
<u>Ensemble Grand Lac</u> Totaux	( 5'850,58 )	( 4'420,99 )	( 5'716,65 )
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	-	-	-
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	-	-	-
Ensemble Lac Léman	-	-	-
Rhône, émissaire	-	-	-
SOLDES	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 14

## ORTHOPHOSPHATES ( PHOSPHORE SOLUBLE )

Apports en tonnes par an, exprimés en P

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	3,57	6,45	3,83
L'Eau Froide	3,01	2,58	2,97
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	4,58	9,00	4,98
Le Forestay	2,36	3,46	2,46
La Lutrive	1,71	0,58	1,61
La Paudèze	3,14	1,26	2,98
Le Flon	38,33	39,77	38,48
La Chamberonne	11,86	4,15	11,16
La Venoge	33,00	46,85	34,25
La Morges	6,42	2,22	6,04
L'Aubonne	9,59	8,18	9,47
La Dullive	3,51	3,80	3,56
Totaux	121,08	128,30	121,79
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	8,31	14,68	8,96
La Bouverette	1,59	2,20	1,65
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	239,64	8,38*	208,80
Totaux	249,54	25,26	219,41
Le Rhône, embouchure	254,85	149,61**	244,24
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	625,47	303,17	585,44
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	4,36	6,88	4,59
La Versoix	7,02	8,38	7,13
Le Vengeron	7,75	18,69	8,66
L'Hermance	1,37	4,01	1,59
Le Nant d'Aisy	3,67	8,36	4,11
Totaux	24,17	46,32	26,08
Ensemble Lac Léman	649,64	349,49	611,52
Rhône, émissaire	145,60	103,55	141,41
SOLDES	504,04	245,94	470,11
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	4,55	9,54	5,53
L'Arve à la Jonction	200,25	202,20	200,42
Le Rhône à Chancy	768,14	725,80	763,62

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 15

PHOSPHORE ORGANIQUE exprimé en P

## Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	10,90	1,95	10,08
L'Eau Froide	7,07	1,09	6,52
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	21,36	5,36	19,89
Le Forestay	5,08	1,19	4,72
La Lutrive	1,80	0,21	1,65
La Paudèze	4,29	0,46	3,93
Le Flon	78,81	15,90	71,77
La Chamberonne	26,60	1,55	24,26
La Venoge	33,58	15,66	31,95
La Morges	7,30	0,50	6,67
L'Aubonne	29,70	5,06	27,41
La Dullive	3,54	0,91	3,14
Totaux	230,03	49,84	211,99
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	15,49	12,81	15,22
La Bouverette	1,29	2,08	1,37
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	135,48	15,98*	120,07
Totaux	152,26	30,87	136,66
Le Rhône, embouchure	302,47	305,80**	302,80
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	684,76	386,51	651,45
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	6,23	2,53	5,89
La Versoix	4,69	7,32	4,92
Le Vengeron	4,46	7,70	4,74
L'Hermance	1,75	1,29	1,71
Le Nant d'Aisy	2,00	3,56	2,17
Totaux	19,13	22,40	19,43
Ensemble Lac Léman	703,89	408,91	670,88
Rhône, émissaire	180,66	176,79	180,46
SOLDES	523,23	232,12	490,42
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	3,02	3,47	3,11
L'Arve à la Jonction	156,78	76,89	149,58
Le Rhône à Chancy	485,30	442,01	480,67

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu

Tableau No 16

PHOSPHORE TOTAL exprimé en P

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	14,47	8,40	13,91
L'Eau Froide	10,08	3,67	9,49
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	25,94	14,36	24,87
Le Forestay	7,44	4,65	7,18
La Lutrive	3,51	0,79	3,26
La Paudèze	7,43	1,72	6,91
Le Flon	117,14	55,67	110,25
La Chamberonne	38,46	5,70	35,42
La Venoge	66,58	62,51	66,20
La Morges	13,72	2,72	12,71
L'Aubonne	32,29	13,24	36,88
La Dullive	7,05	4,71	6,70
Totaux	344,11	178,14	333,78
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	23,80	27,49	24,18
La Bouverette	2,88	4,28	3,02
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	375,12	24,36	328,87
Totaux	401,80	56,13	356,07
Le Rhône, embouchure	557,32	455,41	547,04
Ensemble Grand Lac Totaux	1'303,23	689,68	1'236,89
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	10,59	9,41	10,48
La Versoix	11,71	15,70	12,05
Le Vengeron	12,21	26,39	13,40
L'Hermance	3,12	5,30	3,30
Le Nant d'Aisy	5,67	11,92	6,28
Totaux	43,30	68,72	45,51
Ensemble Lac Léman	1'346,53	758,40	1'282,40
Rhône, émissaire	326,26	280,34	321,87
SOLDES	1'020,27	478,06	960,53
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	7,57	13,01	8,64
L'Arve à la Jonction	357,03	279,09	350,00
Le Rhône à Chancy	1'253,44	1'167,81	1'244,29

Tableau No 17

## . DETERGENTS

. Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	4,86	2,53	4,63
L'Eau Froide	2,65	1,78	2,57
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	4,14	6,02	4,32
Le Forestay	1,07	1,01	1,06
La Lutrive	0,41	0,28	0,40
La Paudèze	0,78	0,36	0,74
Le Flon	32,56	28,41	31,94
La Chamberonne	7,05	2,14	6,58
La Venoge	9,15	9,03	9,14
La Morges	2,63	0,36	2,41
L'Aubonne	6,58	3,39	6,27
La Dullive	1,02	2,28	1,22
Totaux	72,90	57,59	71,28
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,58	5,67	2,94
La Bouverette	0,30	0,78	0,36
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	94,03	6,05*	80,23
Totaux	96,91	12,50	83,53
Le Rhône, embouchure	90,80	117,09*	96,30
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	260,61	187,18	251,11
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	2,32	2,90	2,38
La Versoix	2,10	0	1,92
Le Vengeron	2,03	0,32	1,88
L'Hermance	0,26	0,04	0,24
Le Nant d'Aisy	0,58	1,32	0,65
Totaux	7,29	4,58	7,07
Ensemble Lac Léman	267,90	191,76	258,18
Rhône, émissaire	0	0	0
SOLDES	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	0,08	0	0,06
L'Arve à la Jonction	38,89	0	35,38
Le Rhône à Chancy	142,84	0	127,12

\* Apports calculés d'après les résultats des analyses des prélèvements instantanés, en tenant compte du débit moyen annuel jaugé.

Tableau No 18

## CHLORURES

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	775,1	605,8	759,9
L'Eau Froide	191,8	149,3	188,0
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	274,6	540,3	300,9
Le Forestay	126,6	141,1	127,9
La Lutrive	59,0	69,6	60,0
La Paudèze	131,9	83,0	127,5
Le Flon	2'173,0	2'235,1	2'179,9
La Chamberonne	739,8	346,9	704,1
La Venoge	2'564,8	3'620,9	2'660,1
La Morges	377,5	193,7	360,8
L'Aubonne	591,6	550,6	587,9
La Dullive	284,4	262,5	281,2
Totaux	8'290,1	8'798,8	8'338,2
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1'640,9	1'878,5	1'666,2
La Bouverette	51,8	86,5	55,4
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	3'073,3	846,9*	2'813,9
Totaux	4'766,0	2'811,9	4'535,5
Le Rhône, embouchure	30'857,4	28'260,1**	30'581,6
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	43'913,5	39'870,8	43'455,3
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	413,0	679,6	437,1
La Versoix	578,8	447,8	567,7
Le Vengeron	152,3	203,6	156,6
L'Hermance	140,7	99,5	137,2
Le Nant d'Aisy	96,9	86,0	95,9
Totaux	1'381,7	1'516,5	1'394,5
Ensemble Lac Léman	45'295,2	41'387,3	44'849,8
Rhône, émissaire	21'244,9	22'156,6	21'310,3
SOLDES	24'050,3	19'230,7	23'539,5
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	573,1	524,1	563,2
L'Arve à la Jonction	8'988,4	7'202,5	8'901,1
Le Rhône à Chancy	39'033,0	33'150,6	38'444,8

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 19

## POTASSIUM

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	178,4	111,1	172,3
L'Eau Froide	71,3	53,9	69,8
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	138,7	173,8	141,8
Le Forestay	40,7	29,0	39,7
La Lutrive	16,3	9,6	15,7
La Paudèze	27,2	13,2	25,9
Le Flon	398,5	359,7	394,2
La Chamberonne	133,9	54,0	126,5
La Venoge	428,1	454,6	430,5
La Morges	86,1	30,2	80,9
L'Aubonne	162,9	82,3	155,5
La Dullive	39,5	41,4	39,8
Totaux	1'721,6	1'412,8	1'692,6
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	514,2	470,7	509,6
La Bouverette	33,8	43,7	34,9
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'317,0	396,4*	1'182,3
Totaux	1'865,0	910,8	1'726,8
Le Rhône, embouchure	10'546,6	4'323,3**	9'361,2
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	14'133,2	6'646,9	12'780,6
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	78,2	98,1	80,1
La Versoix	76,4	73,3	75,4
Le Vengeron	33,3	42,9	36,3
L'Hermance	38,0	24,1	33,7
Le Nant d'Aisy	13,6	20,3	15,7
Totaux	239,5	258,7	241,2
Ensemble Lac Léman	14'372,7	6'905,6	13'021,8
Rhône, émissaire	9'001,8	6'777,6	8'483,6
SOLDES	5'370,9	128,0	4'538,2
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	101,4	106,5	103,0
L'Arve à la Jonction	3'757,6	2'704,6	3'449,4
Le Rhône à Chancy	14'328,0	10'244,5	13'102,9

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 20

## CALCIUM

Apport en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	13'804,0	11'183,5	13'720,2
L'Eau Froide	2'865,4	1'767,6	2'830,3
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	4'810,9	11'828,4	5'035,5
Le Forestay	1'031,2	769,5	1'022,0
La Lutrive	327,2	648,9	337,5
La Paudèze	556,9	449,4	553,4
Le Flon	2'879,7	2'952,6	2'882,6
La Chamberonne	2'157,9	1'434,9	2'134,6
La Venoge	14'318,2	30'432,2	14'833,9
La Morges	1'695,9	1'480,6	1'689,0
L'Aubonne	9'841,7	11'993,1	9'910,5
La Dullive	1'348,6	3'050,3	1'440,6
Totaux	55'637,6	77'991,0	56'390,1
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	16'907,9	15'508,1	16'759,2
La Bouverette	2'443,1	3'202,0	2'522,9
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	41'974,6	27'359,6*	39'521,8
Totaux	61'325,6	46'069,7	58'803,9
Le Rhône, embouchure	225'890,3	149'387,1**	217'766,1
<u>Ensemble Grand Lac</u> Totaux	342'853,5	273'447,8	332'960,1
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	4'490,3	11'733,0	4'722,0
La Versoix	7'734,8	6'087,0	7'577,2
Le Vengeron	598,8	528,4	592,2
L'Hermance	838,2	512,6	807,6
Le Nant d'Aisy	367,0	251,4	356,2
Totaux	14'029,1	19'112,4	14'055,2
Ensemble Lac Léman	356'882,6	292'560,2	347'015,3
Rhône, émissaire	312'102,2	216'042,9	304'844,4
SOLDES	44'780,4	76'517,3	42'170,9
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	6'620,7	6'000,7	6'494,4
L'Arve à la Jonction	140'489,8	85'039,4	134'567,9
Le Rhône à Chancy	485'943,4	340'851,1	470'448,1

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

Tableau No 21

## MAGNESIUM

Apport en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1975	Année 1976	NORMES 1963-1976
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1'928,3	1'460,9	1'913,3
L'Eau Froide	277,6	140,3	273,2
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	549,2	720,6	554,7
Le Forestay	116,7	56,8	114,8
La Lutrive	36,5	63,9	37,4
La Paudèze	61,7	30,7	60,7
Le Flon	379,3	252,3	374,2
La Chamberonne	203,6	96,2	200,2
La Venoge	1'269,6	2'321,8	1'303,2
La Morges	173,4	108,8	171,4
L'Aubonne	916,2	757,7	911,1
La Dullive	139,6	222,3	144,0
Totaux	6'051,7	6'232,3	6'058,2
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	4'790,4	3'777,2	4'682,8
La Bouverette	587,8	503,8	579,0
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	5'969,8	3'729,5	5'591,2
Totaux	11'348,0	8'010,5	10'853,0
Le Rhône, embouchure	38'518,8	19'399,3	36'488,4
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	55'918,5	33'642,1	53'399,6
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	439,1	732,4	448,4
La Versoix	718,6	646,2	711,6
Le Vengeron	79,6	83,7	80,0
L'Hermance	78,7	65,7	77,5
Le Nant d'Aisy	42,3	30,4	41,2
Totaux	1'358,3	1'558,4	1'358,7
Ensemble Lac Léman	57'276,8	35'200,5	54'758,3
Rhône, émissaire	41'295,7	46'805,7	41'712,0
SOLDES	15'981,1	- 11'605,2	13'046,3
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	605,3	777,8	640,4
L'Arve à la Jonction	15'340,8	20'672,7	15'910,3
Le Rhône à Chancy	56'633,9	53'748,2	56'325,8

\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu, du 21.06.1976 au 03.01.1977.

\*\* Apports calculés à partir de l'échantillonnage en continu.

RECHERCHE DU MERCURE ET DES AUTRES METAUX LOURDS  
DANS LA FAUNE PISCICOLE

Campagne 1976

par Ch. Berner

Ancien chimiste cantonal  
Président du groupe de travail  
Mercure et autres métaux lourds

Genève

TABLEAUX RECAPITULATIFS

Légende des abréviations citées dans les tableaux :

LCG = Laboratoire cantonal de Genève

LCL = Laboratoire cantonal de Lausanne

SHL = Station d'hydrobiologie lacustre, INRA, de Thonon.

Tableau No 1 TENEUR EN MERCURE DES PERCHES ( ppb )

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac		Grand Lac		Haut Lac		LAC	
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes						
25	LCG								
	LCL	2	36	1	23			3	32
	SHL								
26-50	LCL	4	71	14	63			18	65
	SHL			7	88	6	95	13	91
51-75	LCG	17	228	23	134	7	70	47	158
	LCL	4	100	11	53			15	66
	SHL	6	162			2	180	8	166
76-100	LCG	6	171			1	100	7	141
	LCL	1	150					1	150
	SHL	1	380					1	380
101-125	LCG	10	215	8	185	5	222	23	206
	LCL	4	190					4	190
126-150	LCG	7	127	2	175			9	138
	LCL	2	170	2	165			4	167
151-200	LCG	2	130			1	200	3	153
	LCL	1	170	4	185			5	182
201-250	LCG	1	120					1	120
	LCL	1	150	2	135			3	140
251-300	LCL	1	130	2	130			3	130
301-350	LCL	1	160					1	160
351	LCG	1	600	1	1000			2	800
	LCL			1	150			1	150
Totaux et moyennes		72	179	78	132	22	127	172	148

Tableau No 2 TENEUR EN MERCURE DES GARDONS ( Vengerons ) ppb

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac		Grand Lac		Haut Lac		LAC	
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes						
76-100	LCG	2	330	6	193	5	200	13	217
	LCL	2	210					2	210
101-125	LCG	4	457	8	199			12	285
126-150	LCG			2	225			2	225
151-200	LCG	1	400					1	400
201-250	LCG			1	220			1	220
251-300	LCG	1	330					1	330
	LCL			1	300			1	300
301-350	LCG	1	300					1	300
	LCL			2	255			2	255
351-500	LCL			1	280			1	280
500-1000	LCG	1	470					1	470
	LCL			1	380			1	380
Totaux et moyennes		12	367	22	222	5	200	39	263

Tableau No 3

## TENEUR EN MERCURE DES LOTTES ( ppb )

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac		Grand Lac		Haut Lac		LAC	
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes						
25	LCL	1	230					1	230
26- 50	LCG	1	330			1	200	2	265
51- 75	LCG	5	230			5	160	10	195
	LCL			2	75			2	75
	SHL	4	310					4	310
76-100	LCG	7	260	2	440	1	190	10	289
	LCL	5	180	7	147			12	161
	SHL	5	280					5	280
101-125	LCG	1	250	4	270	3	330	8	290
	LCL	5	250	5	150			10	200
	SHL	4	260					4	260
126-150	LCG			1	270	3	310	4	300
	LCL	1	160	6	135			7	138
	SHL	1	390					1	390
151-200	LCG	2	460					2	460
	LCL	1	380					1	380
Totaux et moyennes		43	267	27	184	13	239	83	235

Tableau No 4

TENEURS EN MERCURE D'AUTRES ESPECES DE POISSONS  
ET DIVERS ( ppb )

Brochets	4	poissons (3 à 10 kg)	concentrations moyennes	862
Ombles	7	"	" "	531
Ablettes	2	"	" "	145
Corégones	9	"	" "	138
Brèmes	2	"	" "	290
Truites (Lac)	14	" (0.9 à 6 kg)	" "	469
Tanches	2	"	" "	475
Ombre	1	"	" "	100
Totaux et moyennes :	41	"	" "	412
Plancton	8	échantillons	Concentrations moyennes sur substance sèche	101
Boues de stations d'épuration				
	2	boues fraîches	Concentrations sur substance sèche	2'015
	2	boues digérées	Concentrations sur substance	9'400

Tableau No 5 TENEUR EN PLOMB DES PERCHES ( ppb )

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac		Grand Lac		Haut Lac		LAC	
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes						
25	LCL	1	132	1	241			2	186
26-50	LCL			14	119			14	119
51-75	LCG	5	640			2	175	7	507
	LCL	2	70	12	135			14	119
76-100	LCG	4	100	7	200	1	520	12	251
	LCL	1	36					1	36
101-125	LCG	1	100	5	188	5	692	11	409
	LCL	4	38					4	38
126-150	LCG	4	240					4	240
	LCL	2	29					2	29
151-200	LCG	2	100			1	500	3	233
	LCL	1	5			2	82	3	57
201-250	LCG	1	100					1	100
	LCL	1	37	2	35			3	36
251-300	LCL	1	109	2	6			3	40
301-350	LCL	1	26					1	26
350	LCL			1	79			1	79
Totaux et moyennes		31	182	44	135	11	454	86	176

Tableau No 6 TENEUR EN PLOMB DES GARDONS ( Vengeons ) ppb

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac		Grand Lac		Haut Lac		LAC	
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes						
76-100	LCG	2	400	1	40	2	29	3	280
	LCL			1	19			3	26
101-125	LCG	4	200					4	200
151-200	LCG	1	150					1	150
301-350	LCG	1	100	2	77			1	100
	LCL					2	77	2	77
350	LCG	1	300					1	300
Totaux et moyennes		9	239	4	53	2	29	15	165

Tableau No 7 TENEUR EN PLOMB DES LOTTES ( ppb )

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac		Grand Lac		Haut Lac		LAC	
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes						
26-50	LCG	1	100			1	130	2	115
51-75	LCG	5	188	2	167	5	220	12	180
76-100	LCG	7	190	2	200			9	192
	LCL	5	151	5	177			10	164
101-125	LCG	1	100	1	150	4	220	6	155
	LCL	5	102	4	124	2	31	11	97
126-150	LCG			1	100	3	220	4	195
	LCL			3	120	4	139	7	114
151-200	LCG	1	100	1	60			2	81
	LCL	1	60					1	60
Totaux et moyennes		26	150	19	140	19	157	64	150

Tableau No 8

## TENEUR EN PLOMB DE DIVERS POISSONS ( ppb )

Espèces de poissons	Laboratoires	Nombre de poissons	Concentrations moyennes
Corégones	LCG	6	318
	LCL	1	4
Tanche	LCL	1	22
Brochets	LCL	3	78
Sardine	LCL	1	35
Ombles Chevaliers	LCG	2	100
Ombres	LCG	3	100
Truites		7	231

Tableau No 9

## TENEUR EN CADMIUM DES PERCHES ( ppb )

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac		Grand Lac		Haut Lac		LAC	
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes						
26	LCL	1	8	1	17			2	12
26- 50	LCL	14	35					14	35
51- 75	LCG	5	73					5	73
	LCL	15	8	6	9			21	8
76-100	LCG	5	65	7	50	1	70	13	57
	LCL	1	14	9	7			10	8
101-125	LCG	2	30			5	67	7	56
	LCL	4	8					4	8
126-150	LCG	4	42					4	42
	LCL	3	8					3	8
151-200	LCG	2	10			2	73	4	42
	LCL	1	2	2	56			3	38
201-250	LCG	1	10					1	10
	LCL	1	7	2	4			3	5
251-300	LCL	1	10					1	10
301-350	LCL	1	8	2	4			3	6
351	LCG	1	20	1	5			2	8
Totaux et moyennes		62	27	30	20	8	69	100	28

Tableau No 10 TENEUR EN CADMIUM DES GARDONS ( ppb )

Poids des poissons analysés	Nombre de poissons	Concentrations moyennes
26- 50	1	50
51- 75	5	17
76-100	12	27
101-125	5	76
151-200	2	58
201-250	1	6
300-350	3	38
350	1	230
Totaux et moyennes	30	44

Tableau No 11 TENEUR EN CADMIUM DES LOTTES ( ppb )

Poids des poissons analysés	Nombre de poissons	Concentrations moyennes
26- 50	1	50
51- 75	2	149
76-100	14	57
101-125	10	22
151-200	1	2
Totaux et moyennes	28	49

Tableau No 12 TENEUR EN CADMIUM DES AUTRES POISSONS

Espèces		
Corégones	7	35
Tanche	1	32
Brochets	3	18
Ablette	1	23
Ombles	2	10
Truites	6	15
Ombres	3	10



Tableau No 14 TENEUR EN CHROME ( ppb )

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac		Grand Lac		Haut Lac		LAC	
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes						
<u>Perches</u>									
25	LCL	1	73	1	50			2	61
26- 50	"			1	78			1	78
51- 75	"	2	66	8	144			10	128
76-100	"	1	55					1	55
101-125	"	4	394					4	394
126-150	"	2	139					2	139
201-250	"	1	373	2	162			3	232
251-300	"	1	796	1	17			2	406
301-350	"	1	137					1	137
350	"			1	31			1	31
Totaux et Moyennes		13	232	14	118			27	173
<u>Lottes</u>									
51- 75	"							2	270
76-100	"							10	220
101-125	"							11	274
126-150	"							7	93
Totaux et Moyennes								30	213
Gardon								1	24
Corégone								1	4
<u>Chrome dans les poissons</u>									
Totaux et Moyennes								59	188

Tableau No 15

## REPARTITION DU MERCURE ET DU CADMIUM DANS LES

## DIVERS ORGANES DES POISSONS

Poids	muscle	foie	cerveau	tête	oeufs	queue	reins	
							antér.	postér.
<u>Mercuré</u>								
Lottes								
73	180	30						
46	200	tr.						
64	250	n.d.						
61	180	tr.						
62	250	70						
67	100	30						
43	330	n.d.						
68	340	n.d.						
82	530	n.d.						
62	240	80						
86	170	80						
112	250	30						
121	310	30						
?	150	20						
Perches								
565	640	730						
Brochets								
3'000	750	480	270	820				
9'600	910	1'440			70	950	700	4'400
10'000	1'270	1'610						
Truites lacustres								
6'500	680	1'770	350	770		1'050		180
980	450	1'840						
1'550	670	1'000						
1'450	460	1'100						
2'500	510	1'300						
6'300	410	770						
3'250	600	1'100						
<u>Cadmium</u>								
Brochets								
3'000	40					20		
3'000	26	65						
10'000	13	635		35				
9'600	40					20		
Truites lacustres								
980	20	120						
1'550	20	80						
1'450	17	8						
2'500	20	80						

Tableau No 16

RECAPITULATION

Zones	Période 1972-1975		Période 1976	
	Nombre de poissons analysés	Concentrations moyennes ppb	Nombre de poissons analysés	Concentrations moyennes ppb
<u>Teneur en mercure</u>				
Perches				
Petit Lac	135	221	72	179
Grand Lac	297	209	78	132
Haut Lac	93	247	22	127
Lac dans son ensemble	578	215	172	148
Gardons				
Petit Lac	17	252	12	367
Grand Lac	200	292	22	222
Haut Lac	32	258	5	200
Lac dans son ensemble	254	289	39	263
Lottes				
Petit Lac	42	382	43	267
Grand Lac	44	500	27	184
Haut Lac	33	471	13	239
Lac dans son ensemble	135	452	83	235
Autres espèces				
Brochets	7	510	4	862
Ombles	2	435	7	531
Ablettes	1	230	2	145
Corégones	20	157	9	138
Brèmes	1	720	2	290
Truites du Lac	3	108	14	469
Tanches	4	438	2	475
T O T A U X	1029	266	334	216
<u>Teneur en plomb</u>				
Perches	35	694	86	176
Gardons	-	-	15	165
Lottes	20	345	64	150
T O T A U X	55	567	165	165
<u>Teneur en cadmium</u>				
Perches	35	70	100	28
Gardons	-	-	30	44
Lottes	22	30	28	49
T O T A U X	57	55	158	34

EVALUATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE  
OU PRODUCTION ORGANIQUE

Campagne 1976

par J. Pelletier

Station d'Hydrobiologie lacustre

INRA

Thonon

1 - INTRODUCTION

Le dénombrement des algues planctoniques fournit des informations indispensables sur la nature et la quantité ( ou stock ) de phytoplancton existant à un instant donné. Or les organismes du phytoplancton sont destinés à être consommés ou décomposés. Ils ont par ailleurs une durée de vie très brève , de l'ordre de quelques jours, condition qui implique un taux de renouvellement élevé. C'est pourquoi la notion statique de stock ou de biomasse doit être complétée par le concept dynamique de production. La production primaire exprime la vitesse de renouvellement du stock de phytoplancton, ce qui permet d'évaluer la quantité globale de matière organique élaborée par le lac pendant une période déterminée.

Sur un plan pratique, la production primaire constitue une mesure globale de la réaction du phytoplancton aux conditions du milieu, et plus particulièrement aux conditions climatiques et trophiques. Ce paramètre est donc particulièrement représentatif de l'état trophique d'un lac, l'eutrophisation se traduisant fondamentalement par un accroissement de la production primaire.

2 - METHODOLOGIE

L'évaluation de la production primaire consiste à mesurer l'assimilation chlorophyllienne du phytoplancton. Nous utilisons la méthode de STEEMANN - NIELSEN qui doit sa grande sensibilité à l'emploi du carbone 14 comme traceur.

Pratiquement, on procède à des prélèvements d'eau brute à profondeurs échelonnées entre la surface et 20 mètres de profondeur. Chaque échantillon, réparti dans deux flacons transparents ( mesure en double ) et un flacon opaque ( témoin ), est enrichi en carbonate de sodium marqué au  $^{14}\text{C}$ , puis immergé à la profondeur à laquelle il a été prélevé. L'incubation "in situ" se déroule systématiquement pendant le tiers médian de la période diurne, ce qui facilite l'extrapolation des résultats à la journée entière. Après incubation, le phytoplancton est recueilli sur membrane filtrante ( porosité 0.8 micron ) et la quantité de carbone radioactif incorporé est mesurée au compteur G.M.

Connaissant d'une part l'activité de la solution de  $^{14}\text{C}$  introduite dans le milieu et l'activité du phytoplancton (  $^{14}\text{C}$  incorporé dans la matière organique ), d'autre part la teneur en carbone minéral non radioactif disponible dans le milieu naturel (  $\text{CO}_2$  total déterminé à partir du pH et de l'alcalinité ), la production se calcule à partir de l'équation ci-dessous :

$$\frac{{}^{14}\text{C}_{\text{organique}}}{{}^{14}\text{C}_{\text{introduit}}} \times k = \frac{{}^{12}\text{C}_{\text{assimilé}}}{{}^{12}\text{C}_{\text{minéral dissous}}}$$

k représente le facteur de correction isotopique.

Parallèlement aux mesures de production primaire proprement dites, nous avons déterminé la teneur en chlorophylle des mêmes échantillons selon la méthode de STRICKLAND et PARSONS : après récupération sur membrane filtrante du phytoplancton contenu dans 1 à 2 litres d'eau, on procède au broyage des cellules par ultra-sons et l'on extrait les pigments dans un solvant hydro-acétonique. L'absorption de la lumière par la solution de pigments, mesurée au spectrophotomètre à des longueurs d'onde caractéristiques, permet de déterminer la teneur en chlorophylle.

### 3 - RESULTATS

Au cours de l'année 1976 ont été effectuées 41 séries de mesures de production primaire au point SHL 1, et 13 séries aux points SHL 2 ( Centre du Grand Lac ) et GE 4 ( entrée du Petit Lac ). Afin de comparer la productivité des stations dans les mêmes conditions d'éclairement, les prélèvements ont été effectués simultanément, l'incubation de l'ensemble des échantillons étant réalisée à proximité du point SHL 1 au cours de la même période.

Chaque série de mesures a donné lieu à l'établissement d'un profil vertical de production. Les figures 1 et 2 illustrent les variations de tels profils au cours de l'année. L'amplitude des variations saisonnières de production est telle qu'il a été nécessaire d'adopter une échelle logarithmique.

La production globale, exprimée par  $m^2$  de surface, est obtenue par intégration du profil vertical ( ou par planimétrie des profils verticaux tracés sur graphique millimétré ). Ayant déterminé antérieurement que la production mesurée pendant la période d'incubation adoptée représente 45 % de la production journalière, l'extrapolation de nos résultats à la production journalière s'obtient en utilisant le facteur 2,22. Les variations saisonnières de la production journalière sont portées sur la figure 3 où apparaissent également les variations de la teneur en chlorophylle dans la zone trophogène.

#### 4 - DISCUSSION

##### 4.1. Profils verticaux de production

Les profils représentés figures 1 et 2 font ressortir la limite inférieure de la zone trophogène, encore appelée profondeur de compensation de la photosynthèse. En dessous de cette limite, les phénomènes de dégradation l'emportent sur les processus de production. La profondeur de compensation varie entre 10 et 20 mètres. Les valeurs les plus élevées s'observent de janvier à début avril, du fait de l'importance de la transparence. C'est en août que l'épaisseur de la zone trophogène devient la plus faible.

On remarque par ailleurs que les valeurs maximales de la production se situent fréquemment non pas en surface, mais à quelques mètres de profondeur. Ce phénomène dépend de la distribution verticale du phytoplancton, souvent peu abondant dans la couche la plus superficielle. En cas de forte insolation, on a pu mettre en évidence des phénomènes de photo-inhibition de la photosynthèse près de la surface, l'éclairement optimum se situant plus en profondeur.

##### 4.2. Variations de la production journalière globale

La figure 3 montre que la production primaire exprimée par mètre carré de surface reste faible de janvier à mars et d'octobre à décembre. Le minimum a lieu en janvier ( moins de 50 mg de carbone / $m^2$ /jour ). La lumière joue alors le rôle de facteur limitant. En revanche, elle devient extrêmement élevée de fin mars à début mai. Le pic printanier atteint près de 2900 mg de carbone/ $m^2$ /jour, valeur qui représente un maximum absolu pour l'année 1976. On observe un deuxième pic de production fin août, presque aussi important que le premier, mais encadré par des valeurs beaucoup plus faibles.

Remarquons enfin que la teneur moyenne en chlorophylle de la zone trophogène présente des variations sensiblement parallèles.

#### 4.3. Evaluation de la production primaire annuelle

En effectuant l'intégration des valeurs journalières entre le début et la fin de l'année, on obtient une évaluation de la production primaire annuelle. La valeur brute obtenue atteint 371 g de carbone par mètre carré et par an. Il convient cependant de déduire de cette valeur les pertes dues à la respiration et autres processus cataboliques, la production nette étant généralement estimée à 60 % de la valeur brute. La quantité de matière organique produite en un an par le lac et mise à disposition des consommateurs est donc d'environ 223 g/m<sup>2</sup> lorsqu'on l'exprime en carbone, soit environ le double si on l'exprime en poids de matière sèche.

Par ailleurs, la teneur annuelle en chlorophylle de la zone trophogène s'établit à 7.3 mg/m<sup>3</sup>.

#### 5 - CONCLUSIONS

Bien qu'insuffisants pour définir à eux seuls l'état trophique du Léman, les critères fondés sur la production primaire annuelle nette ( 223 g de C/m<sup>2</sup> ) et la teneur moyenne en chlorophylle dans la zone trophogène ( 7.3 mg/m<sup>3</sup> ) concordent pour situer le Léman dans la catégorie des lacs méso-eutrophes.

L'interprétation des données de production primaire nécessite évidemment une analyse plus approfondie. Il est en effet primordial de mettre en évidence les relations entre production primaire, chlorophylle, énergie radiante incidente, transparence et teneur en fertilisants, qui sont autant de paramètres qui influent directement sur les processus de production.

---

Les graphiques se trouvent en pages 157 et suivantes.

## Aa2 - Le Rhône amont et ses affluents

### 1. Introduction

En 1976, 85 échantillons de sédiments ont été prélevés dans le bassin du Rhône amont, dont 41 dans le fleuve lui-même, soit une augmentation de 19 points par rapport à l'échantillonnage du Rhône de 1975. Quelques points ont été également rajoutés dans ses affluents. Ces points nouveaux sont, soit des rivières ou canaux pas encore échantillonnés : le torrent de Montana, la Sionne, le canal de Fully, la Gryonne et les effluents des STEP de Sierre et de Sion, soit un réseau de prélèvements plus serrés dans les zones critiques du canal Stockalper ou du canal d'Evionnaz où une nouvelle industrie vient de s'implanter.

### 2. Numérotation et provenance

La figure 1 situe les points de prélèvement ; les numéros des échantillons sont leurs numéros de provenance, qui restent les mêmes d'année en année. Ce sont ces numéros qui figurent sur le listing. Par contre, sur la figure 2, pour des commodités de dessin, les échantillons sont numérotés d'aval en amont de 1 à 41. La table 1 donne la correspondance entre les numéros d'ordre, leur situation et les numéros de provenance.

### 3. Les résultats

Dans cette étude, 15 éléments ont été analysés : le mercure, le cuivre, le zinc, le nickel, le barium, le plomb, le strontium, le manganèse, le chrome, le cadmium, le molybdène, le cobalt, le vanadium, le bore et l'étain. Les teneurs naturelles pour chacun de ces éléments sont mentionnées au paragraphe 5.2 de l'introduction générale.

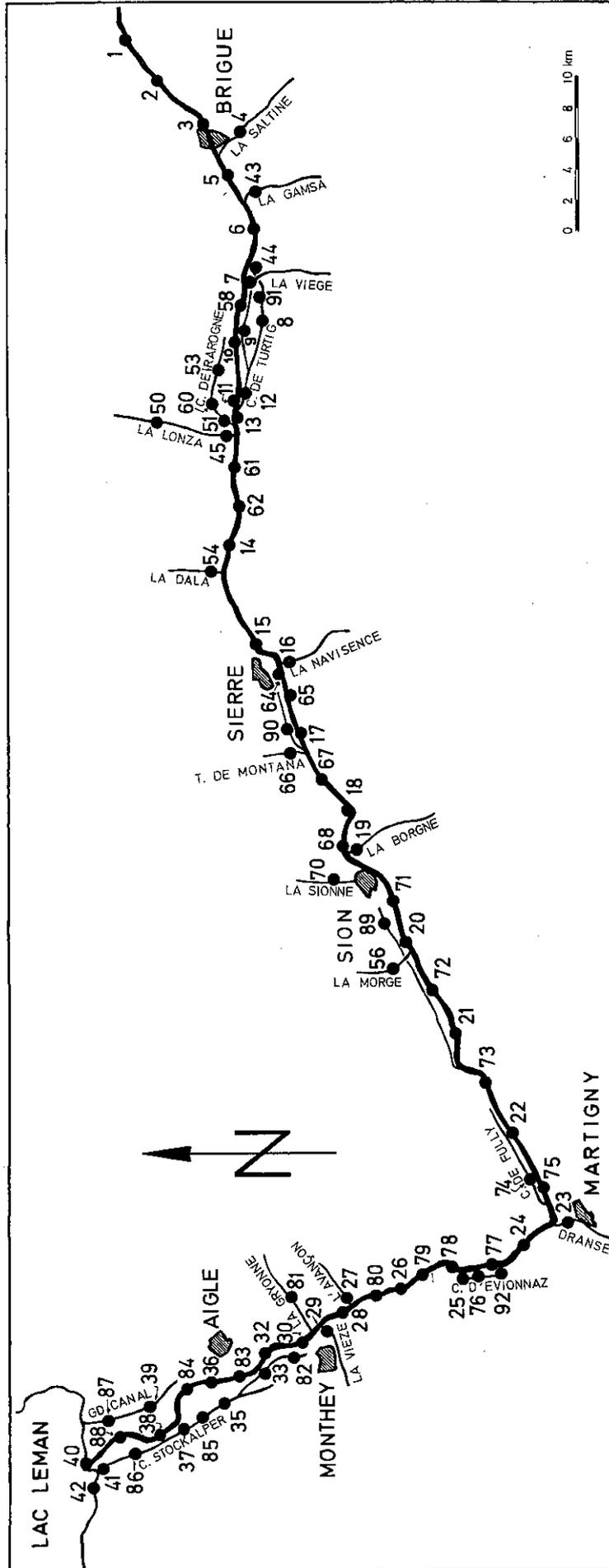


Fig. 1 : Situation des échantillons

Dans le Rhône, le mercure est le seul métal lourd qui atteint des concentrations supérieures au double de la teneur naturelle retenue (50 ppb). Par contre, dans les canaux, d'autres métaux sont en excès.

### MERCURE RHONE 1976

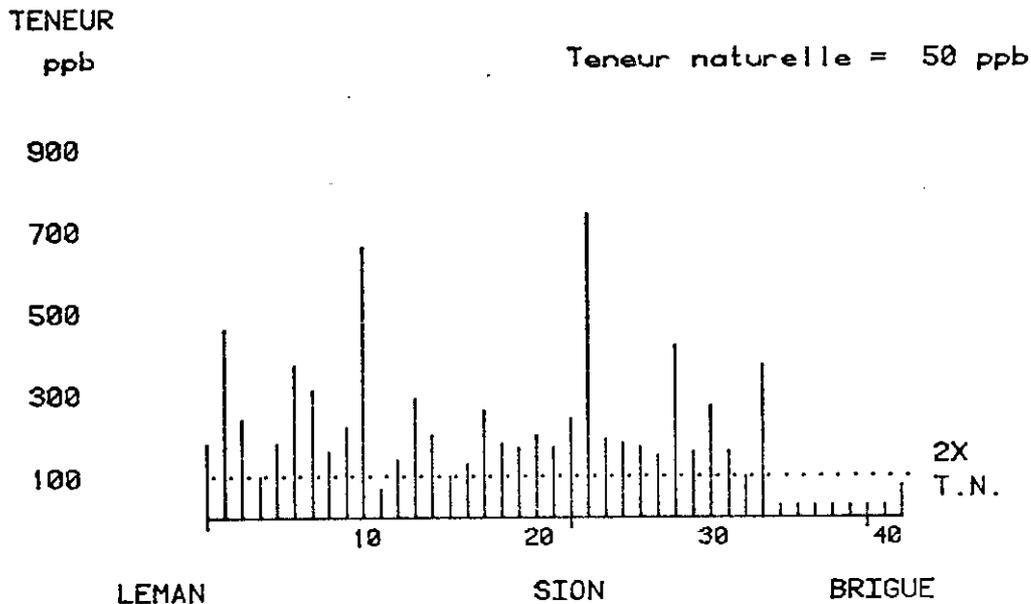


Fig. 2

La figure 2 présente la teneur en mercure des 41 échantillons du Rhône. On remarque immédiatement que les points 23 et 10, (échantillons nouveaux) ont une contamination supérieure à 10 fois la teneur naturelle. Ils proviennent respectivement des régions de Bramois et de St Maurice et sont probablement à mettre en relation avec la présence de STEP. D'autres points présentent des teneurs élevées, soit d'amont en aval, les points : 33 à Gampel, 28 à Chippis, 7 à Collombey, 6 à la hauteur d'Aigle et 2 à Noville. A l'exception des points 7 et 33, les autres sont de nouveaux prélèvements.

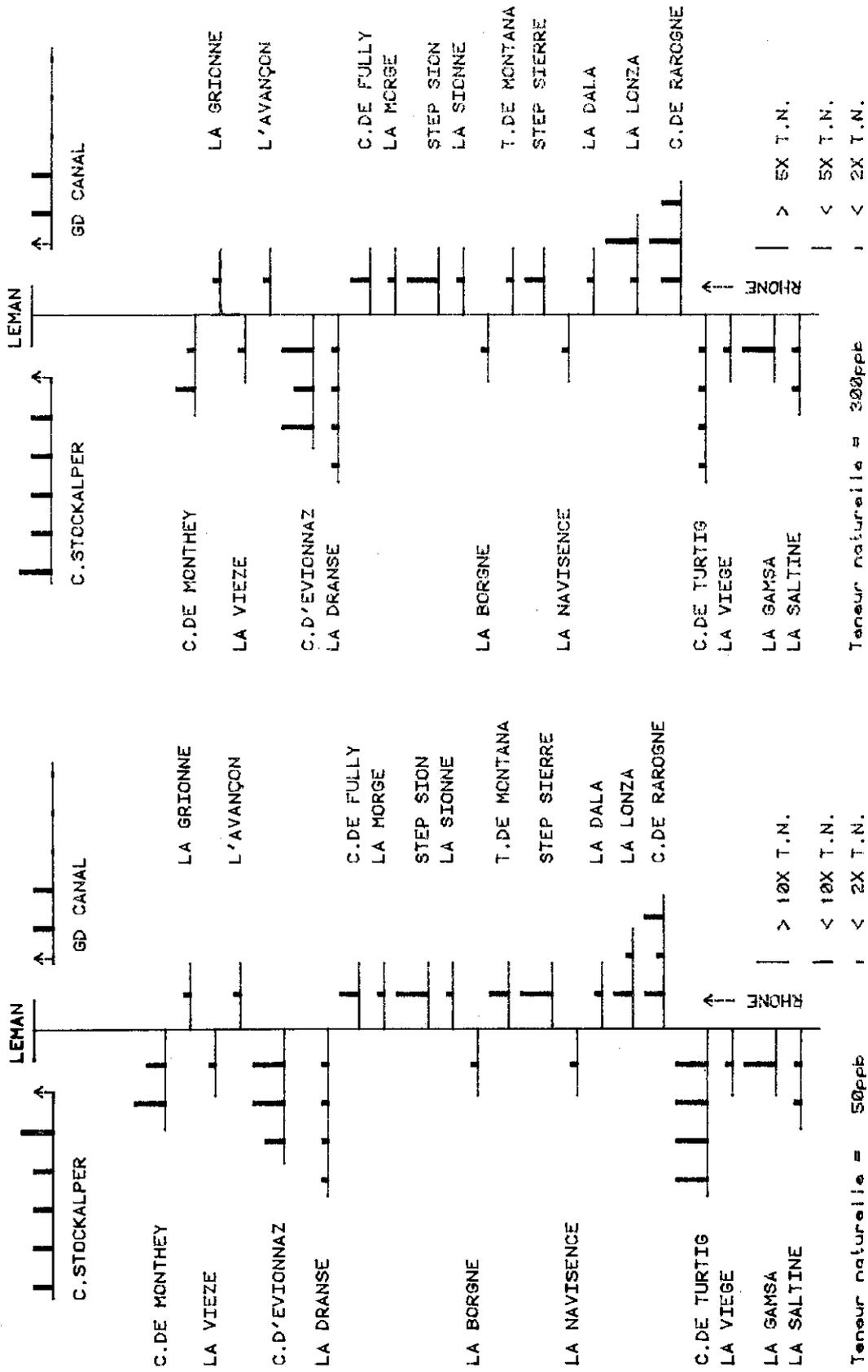


Fig. 3 AFFLUENTS DU RHONE: TENEUR EN MERCURE

Fig. 3 AFFLUENTS DU RHONE: TENEUR EN CADMIUM

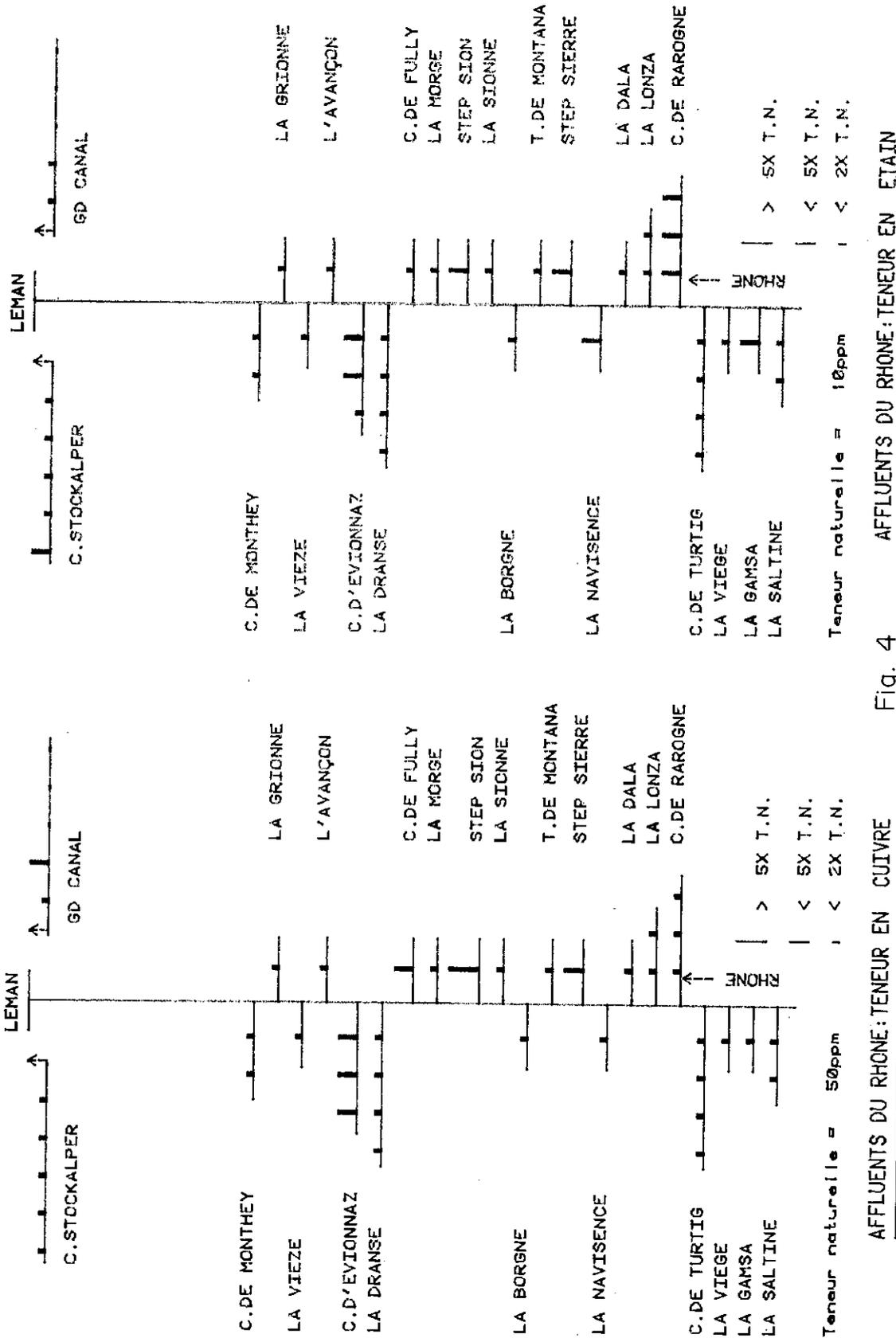


Fig. 4 AFFLUENTS DU RHONE: TENEUR EN ETAIN

AFFLUENTS DU RHONE: TENEUR EN CUIVRE

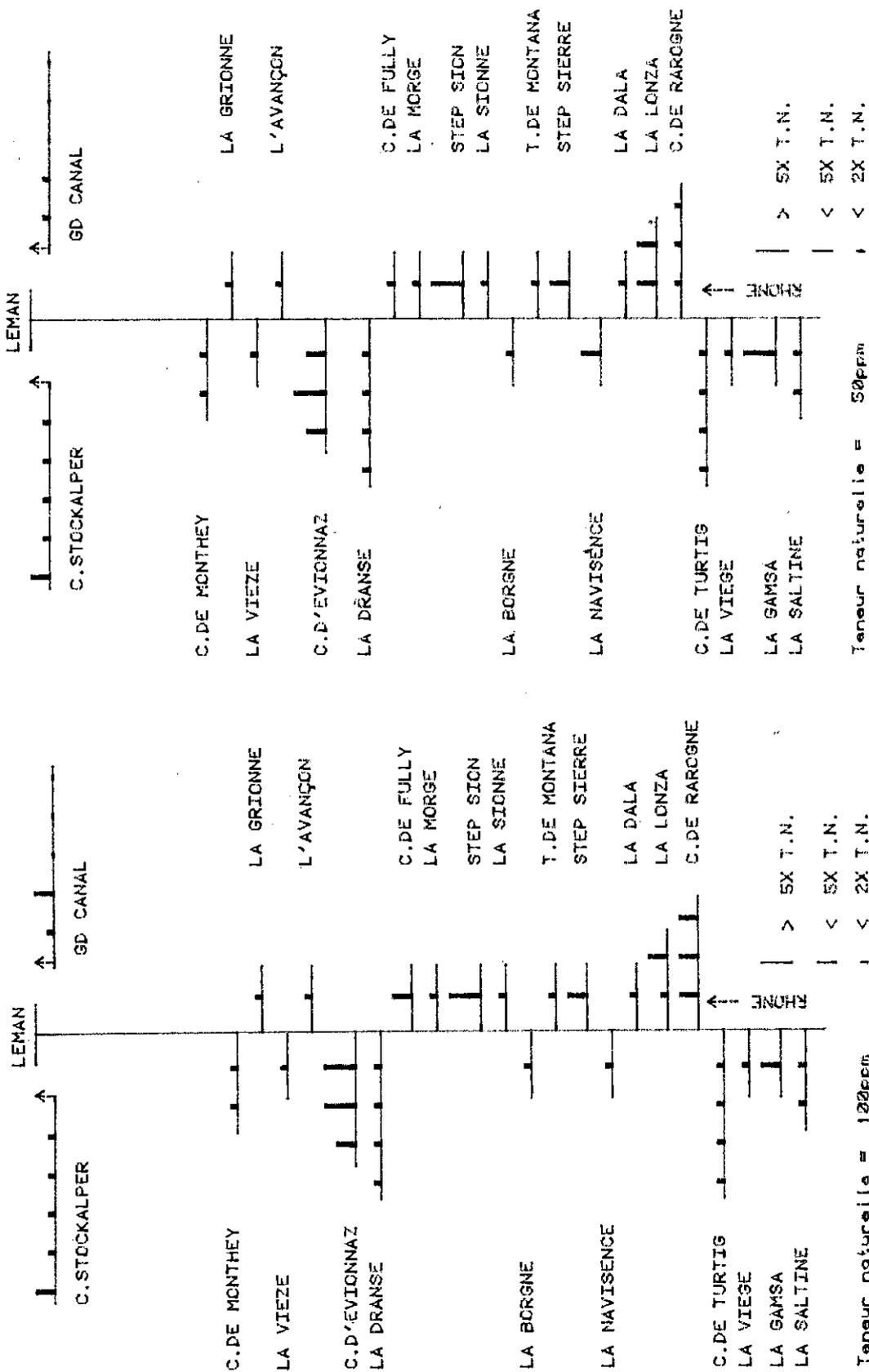
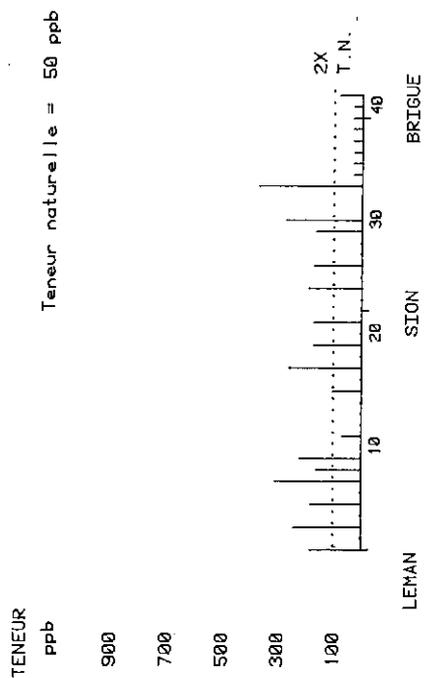
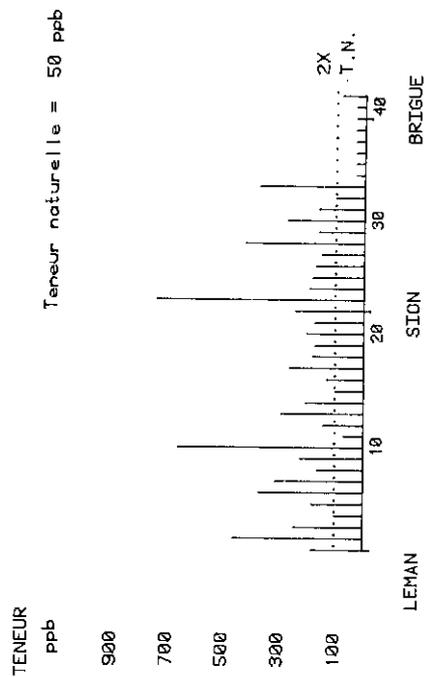


Fig. 5 AFFLUENTS DU RHONE: TENEUR EN PLOMB / AFFLUENTS DU RHONE: TENEUR EN ZINC

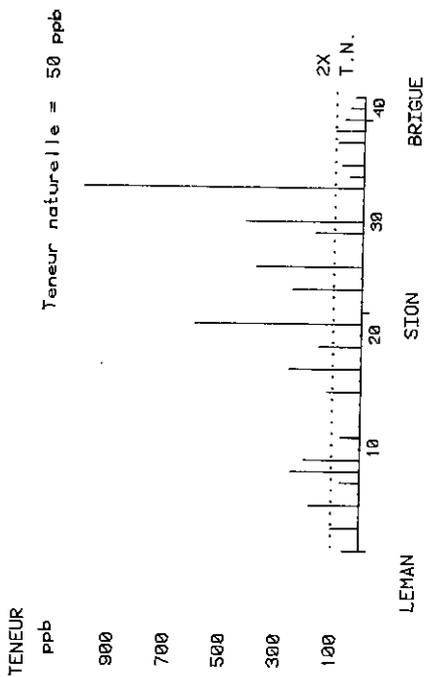
MERCURE RHONE 1976 (anciens points)



MERCURE RHONE 1976



MERCURE RHONE 1974



MERCURE RHONE 1975

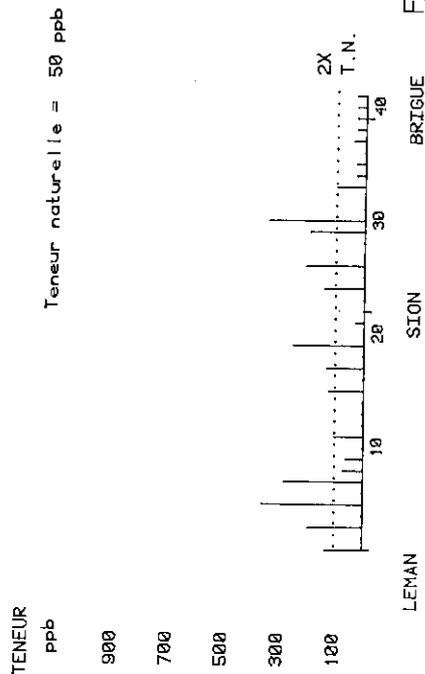


Fig. 6

D'autre part, à l'aval du canal de Turtig, qui se déverse sur rive gauche, 3 points ont été prélevés entre Gampel et la Souste : le 33 et 31, sur rive gauche et le 32 sur rive droite. Les différences de teneurs entre ces échantillons peuvent être mises sur le compte d'un effet de rive qu'il faudra contrôler lors de la prochaine campagne.

Les figures 3, 4 et 5 montrent les teneurs en métaux lourds des sédiments des différents affluents du Rhône. Le mercure, le cadmium, l'étain, le cuivre, le plomb et le zinc sont les seuls métaux lourds présentant des valeurs supérieures au double de la teneur naturelle. La table 2 donne les résultats en détail.

On voit que, à l'exception de la Gamsa, qui révèle des teneurs anormales en mercure, cadmium, étain, plomb et zinc, les rivières affluentes du Rhône ne sont pas polluées.

Par contre, les canaux sont nettement contaminés par le mercure, spécialement le canal de Turtig, celui d'Evionnaz et le Stockalper. La pollution par les autres métaux est particulièrement importante dans le canal d'Evionnaz.

Les effluents des deux STEP, à savoir celle de Sierre et celle de Sion, échantillonnés pour la première fois en 1976, montrent de fortes teneurs en métaux lourds, qu'elles semblent concentrer.

#### 4. Evolution des teneurs en mercure des sédiments du Rhône

L'échantillonnage du Rhône a varié au cours des ans, passant de 23 points en 1974 et 1975 à 41 en 1976. Pour pouvoir comparer facilement les résultats de cette année avec ceux des années précédentes, nous avons établi les différents graphiques de la figure 6 sur la base de l'échantillonnage de 1976. Il en résulte un certain nombre de points sans valeur pour les années précédentes.

L'amélioration de la situation intervient entre 1974 et 1975, et se maintient en 1976. La stabilisation se fait autour d'une teneur moyenne de 200 ppb, qui est tout de même 4 fois plus élevée que la teneur naturelle.

L'échantillonnage plus serré de 1976 permet de déceler de nouvelles sources de pollution, probablement liées à la présence de STEP.

Annexe : table 3 : résultats

## 5. Conclusions

- Stabilisation de la situation de la pollution mercurielle au niveau de 200 ppb, soit 4 fois la teneur naturelle.
- Découverte de nouvelles zones contaminées, à Bramois et St Maurice.
- Influence néfaste des effluents des STEP, concentrant localement les pollutions en métaux lourds.

Au vu des résultats de 1976, il faudra donc :

- Vérifier l'influence de la rive échantillonnée.
- Eluder la question de la contamination du Rhône à Bramois et à St Maurice.
- Serrer les points d'échantillonnage dans la Gamsa.
- Echantillonner les effluents des principales STEP : Viège, Sierre, Sion, Martigny et St Maurice.

Campagne 1976 :

TABLE 1

TENEUR EN MERCURE DANS LE RHONE

<u>No d'ordre</u>	<u>Situation</u>	<u>Hg (ppb)</u>	<u>No de provenance</u>
1	Le Bouveret	180	740
2	Noville	460	788
3	Porte de Scex	240	738
4	Barge (Vouvry)	100	784
5	Illarsaz	180	736
6	Les Iles (Aigle)	370	783
7	Collombey	310	732
8	Monthey	160	730
9	Massongex	220	728
10	St Maurice	660	780
11	Lavey	70	726
12	Bois Noir	140	779
13	Evionnaz	290	778
14	Collonges	200	777
15	Dorénaz	100	724
16	Branson	130	775
17	Fully	260	722
18	Saillon	180	773
19	Riddes	170	721
20	Ardon	200	772
21	Aproz	170	720
22	Sion	240	771
23	Bramois	740	768
24	St Léonard	190	718
25	Granges	180	767
26	Chalais	170	717
27	Laminoirs (Chippis)	150	765
28	Chippis	420	764
29	Finges	160	715
30	La Souste	270	714
31	Gampinen	160	762
32	Niedergampel	100	761
33	Gampel	370	713
34	Niedergesteln	30	711
35	St Germen	30	710
36	Baldschieder	30	758
37	Brigerbad	30	706
38	Gamsen	30	705
39	Brigue	30	703
40	Termen	30	702
41	Oberwatt	80	701

Campagne 1976 :

## TENEUR EN METAUX LOURDS DES AFFLUENTS DU RHONE

Nom	No éch.	Hg (ppb)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Sn (ppm)	Cd (ppb)
Teneurs naturelles		50	50	100	50	10	300
La Saltine	757	80	34	113	34	3	370
	704	30	41	94	37	5	210
La Gamsa	743	570	68	440	456	38	5520
La Viège	707	30	37	52	33	10	50
Le C. Turtig	712	9480	59	115	37	7	190
	708	4000	39	77	32	10	150
	791	8180	58	104	46	10	270
Le C. Rarogne	744	15000	45	81	38	12	290
	751	210	65	270	68	30	1190
	760	40	69	325	78	30	1740
La Lonza	753	150	72	310	73	22	890
	745	120	43	100	149	11	440
La Dala	750	40	63	278	138	15	1600
La Navisence	754	70	15	51	30	10	260
STEP Sierre	716	30	66	81	100	20	140
T. Montana	790	810	202	305	107	20	1330
La Borgne	766	180	90	156	74	6	560
La Sionne	719	30	24	50	22	4	100
STEP Sion	770	40	40	111	45	3	320
La Morge	789	4310	415	1565	331	50	6060
C. de Fully	756	40	72	136	39	4	460
La Dranse	774	250	188	310	78	7	850
	723	30	32	77	25	5	150
	747	80	38	80	34	9	130
	746	30	44	95	38	4	330
C. d'Evionnaz	748	60	33	68	32	5	170
	725	4350	240	1850	169	25	3780
	776	540	247	295	256	32	1360
L'Avançon	792	200	101	445	190	15	2110
La Vièze	727	60	70	110	69	5	470
La Gryonne	729	80	37	93	42	6	260
C. de Monthey	781	50	24	90	36	3	260
	733	210	30	82	34	4	270
Stockalper	782	740	42	135	65	12	650
	741	1450	68	180	51	9	610
	786	380	41	122	56	7	740
	737	320	42	138	54	7	630
	785	310	46	172	72	16	1300
Grand Canal	735	220	43	245	112	22	1520
	787	130	47	101	59	5	660
	739	180	119	210	72	12	960

Campagne 1974, 75, 76 :

TABLE 3

TENEUR EN MERCURE DANS LE RHONE

<u>No d'ordre</u>	<u>Mercuré (ppb)</u>			<u>No provenance</u>
	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	
1	60	130	180	740
2			460	788
3	100	190	240	738
4			100	784
5	180	360	180	736
6			370	783
7	70	280	310	732
8	250	70	160	730
9	200	60	220	728
10			660	780
11	70	100	70	726
12			140	779
13			290	778
14			200	777
15	120	120	100	724
16			130	775
17	260	130	260	722
18			180	773
19	150	250	170	721
20			200	772
21	600	30	170	720
22			240	771
23			740	768
24	250	140	190	718
25			180	767
26	380	200	170	717
27			150	765
28			420	764
29	170	190	160	715
30	420	340	270	714
31			160	762
32			100	761
33	1280	100	370	713
34	50	30	30	711
35	80	30	30	710
36			30	758
37	90	40	30	706
38	100	30	30	705
39	70	30	30	703
40	50	30	30	702
41	30	30	80	701

# EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1976

par Roger Revaclier

Service d'Hydrobiologie du  
canton de Genève

## RESUME ET CONCLUSIONS

Le nouveau programme quinquennal, commencé en 1976, ne retenant qu'un nombre restreint de stations de prélèvements, a eu pour conséquence principale d'accroître l'incertitude sur la valeur absolue des moyennes annuelles et mensuelles en germes totaux et en coliformes du Grand Lac, du Petit Lac et du Léman pris dans leur ensemble. Juger globalement l'évolution du Léman ou de ses diverses parties au plan bactériologique, devient donc difficile. Seul un jugement ponctuel des différentes stations étudiées demeure pleinement valable, à condition que le nombre de prélèvements annuels reste suffisamment grand.

Il ressort des 3'600 analyses effectuées en 1976, que l'amélioration de la qualité bactériologique, amorcée en 1973, ne s'est pas poursuivie, et qu'une évolution défavorable s'est même amorcée en certains points : VD 2 et VS 4 surtout, mais aussi SHL 6, SHL 2 et GE 4.

La concentration moyenne en culiformes a doublé, aussi bien dans le Grand Lac que dans le Petit Lac.

Les fréquences des entérocoques, des Clostridiums et du bactériophage coli 36 se maintiennent au niveau des années antérieures, sans montrer de tendance nette dans une direction ou une autre.

Nous ne pouvons donc que répéter : la pollution fécale reste importante dans tout le Léman - importante pour un lac réputé, dans le passé, pour la pureté bactériologique de ses eaux -.

Je pense utile de rappeler ici que les analyses effectuées pour la Commission internationale ne donnent qu'une vision partielle de la pollution bactérienne du Léman, laissant complètement de côté l'étude sanitaire des rives; en règle générale, la pollution croît en fonction directe de la proximité des rives où des concentrations de 10'000 à 100'000 coli/l. ne sont pas rares. En voici trois exemples : 38 % des prélèvements d'eau des plages genevoises - à quelques mètres de la grève - en 1976 avaient des concentrations comprises entre 10'000 et 100'000 coli/l. et 40 % de ces mêmes prélèvements contenaient plus de 100 entérocoques par litre. A la Pointe à la Bise, on a compté en moyenne, de mars à octobre 1976, 400'000 à 500'000 coli/l. et 10'000 germes/ml. - inutile de préciser que la baignade y est déconseillée - et, un peu plus en aval, au niveau de Ruth ( rive gauche ), pour la même période, 3'000 à 4'000 coli/l. et 3'400 germes/ml. C'est dire combien l'état sanitaire des eaux riveraines peut varier d'une station à l'autre, et combien il diffère de la situation qui prévaut un peu plus au large.

Le grand public juge généralement l'état du lac à partir de ce qu'il peut constater le long des rives, et souvent ce qu'il observe l'inquiète : cette inquiétude est justifiée, car c'est bien là que la situation est la plus critique et que l'eutrophisation - ce concept parfois un peu abstrait - se fait le plus directement sentir par la prolifération excessive des plantes aquatiques et des algues benthiques, ainsi que par l'envasement qui en est la conséquence.

---

Le rapport détaillé figure en pages 161 et suivantes.

## Partie B :

POLLUTION DES ZONES COTIERES DU LEMAN  
PAR LES METAUX LOURDS1. Introduction

Faisant suite à la demande de la Sous-commission technique nous avons limité l'étude de la zone côtière aux voisinages des points de rejet des principales stations d'épuration (STEP) du pourtour lémanique dont les caractéristiques sont reportées dans la table 1.

Cette étude a pour but principal d'évaluer l'impact sur le milieu des rejets localisés de ces différentes STEP.

Originellement, l'étude était limitée aux métaux lourds; or la fixation d'une partie d'entr'eux à la matière organique nous a incité à compléter ce travail par le dosage du carbone organique et inorganique, ainsi que du phosphore total.

Les paramètres suivants ont été mesurés ou analysés sur 260 prélèvements :

- Bathymétrie
- Eh, pH
- Carbone organique et inorganique ( $\text{CaCO}_3$ )
- Plomb, mercure, manganèse, cuivre, zinc, nickel, cobalt, chrome, cadmium, vanadium, strontium, étain, baryum, molybdène, bore
- Phosphore total
- Paramètres granulométriques de la fraction 63 microns
- Pourcentage des fractions gravier, sable, limon et argile.

Rappelons que les analyses chimiques ont porté sur la fraction du sédiment inférieure à 63 microns.

Le nombre de points de prélèvements effectués dans la zone d'influence de chaque STEP dépend de plusieurs facteurs : nombre d'équivalents-habitants (table 1), physiographie du rivage et du fond et degré d'industrialisation du bassin versant. La grandeur de la zone couverte par la Campagne 1976 varie donc d'une STEP à l'autre. Il est prévu d'agrandir ces zones vers le large au cours des campagnes ultérieures, afin d'échantillonner des sédiments moins contaminés et de mieux délimiter les zones de rejet des différentes STEP.

## 2. Teneurs naturelles et anormales pour l'ensemble des STEP

En principe, tout sédiment dont la teneur en un élément donné dépasse la teneur naturelle doit être considéré comme pollué. Toutefois, afin de ne mettre en évidence que les contaminations certaines, nous limiterons le qualificatif "pollué" aux sédiments atteignant des teneurs égales ou supérieures à deux fois la teneur naturelle.

Pour l'ensemble des STEP, les pourcentages d'échantillons pollués sont donnés par élément dans la table 2. On peut en tirer ce qui suit :

- A) Mn, V, Ba et B ne sont enrichis que dans moins de 5 % des cas. On peut donc considérer qu'ils ne polluent pas pour le moment les zones d'influence des principales STEP lémaniques.
- B) Pb, Zn, Ni, Co, Cr, Sn, Mo et P total ont des teneurs anormales dans le 10 à 30 % des cas.
- C) Hg, Cu et Cd ont des teneurs anormales dans plus de 50 % des cas, et jusqu'à 97 % en ce qui concerne Hg.

Dans la suite de ce rapport, nous nous limiterons aux éléments mentionnés sous B) et C).

## 3. Taux de contamination et index de pollution

Dans le but de permettre des comparaisons entre éléments-trace ou entre STEP, en ce qui concerne leur degré de contamination, nous proposons les indices suivants:

### 3.1. Taux de contamination (C)

Pour un élément-trace et un échantillon donnés, il est défini comme

$$C = \frac{\text{Teneur mesurée}}{\text{Teneur naturelle}}$$

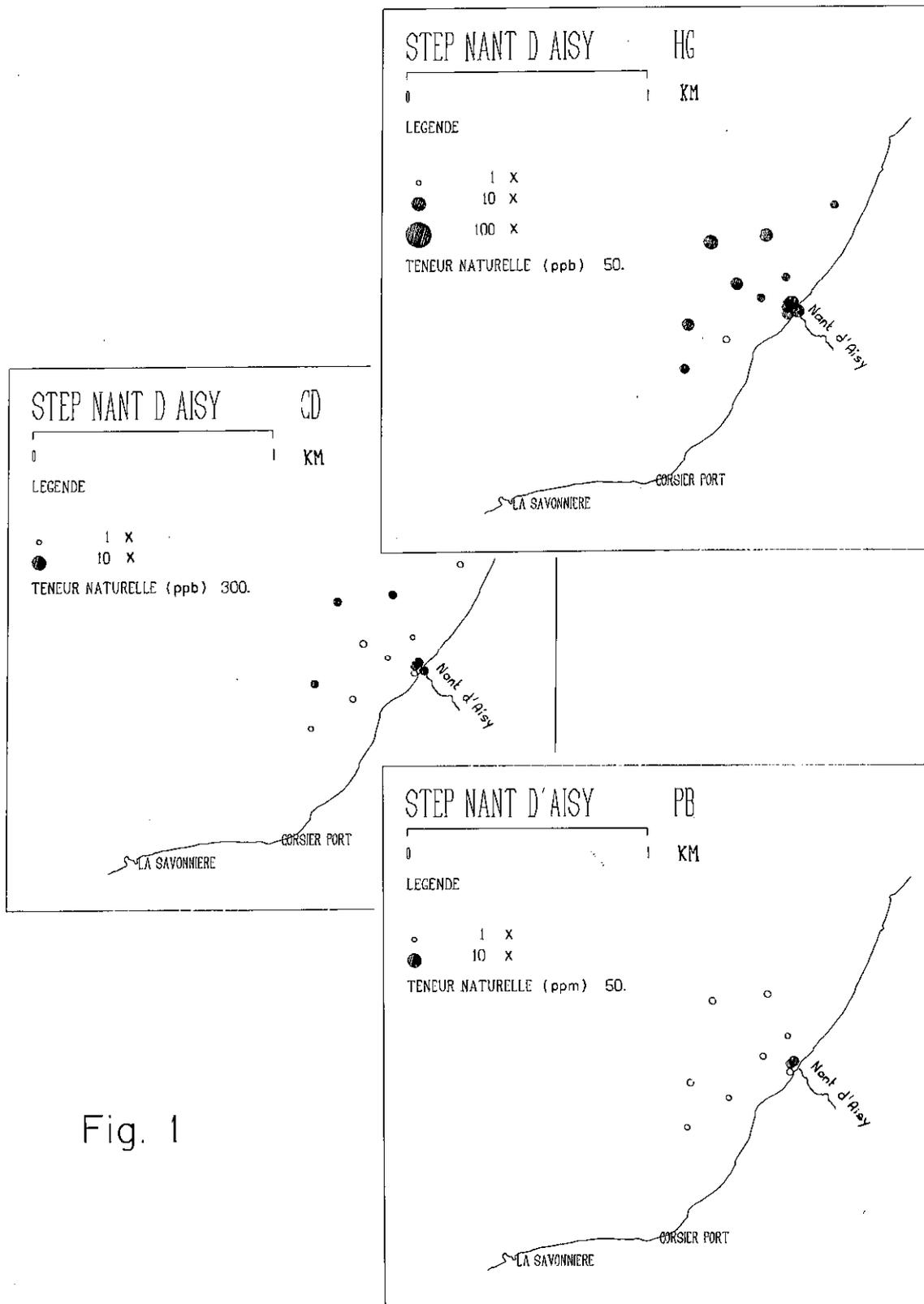


Fig. 1

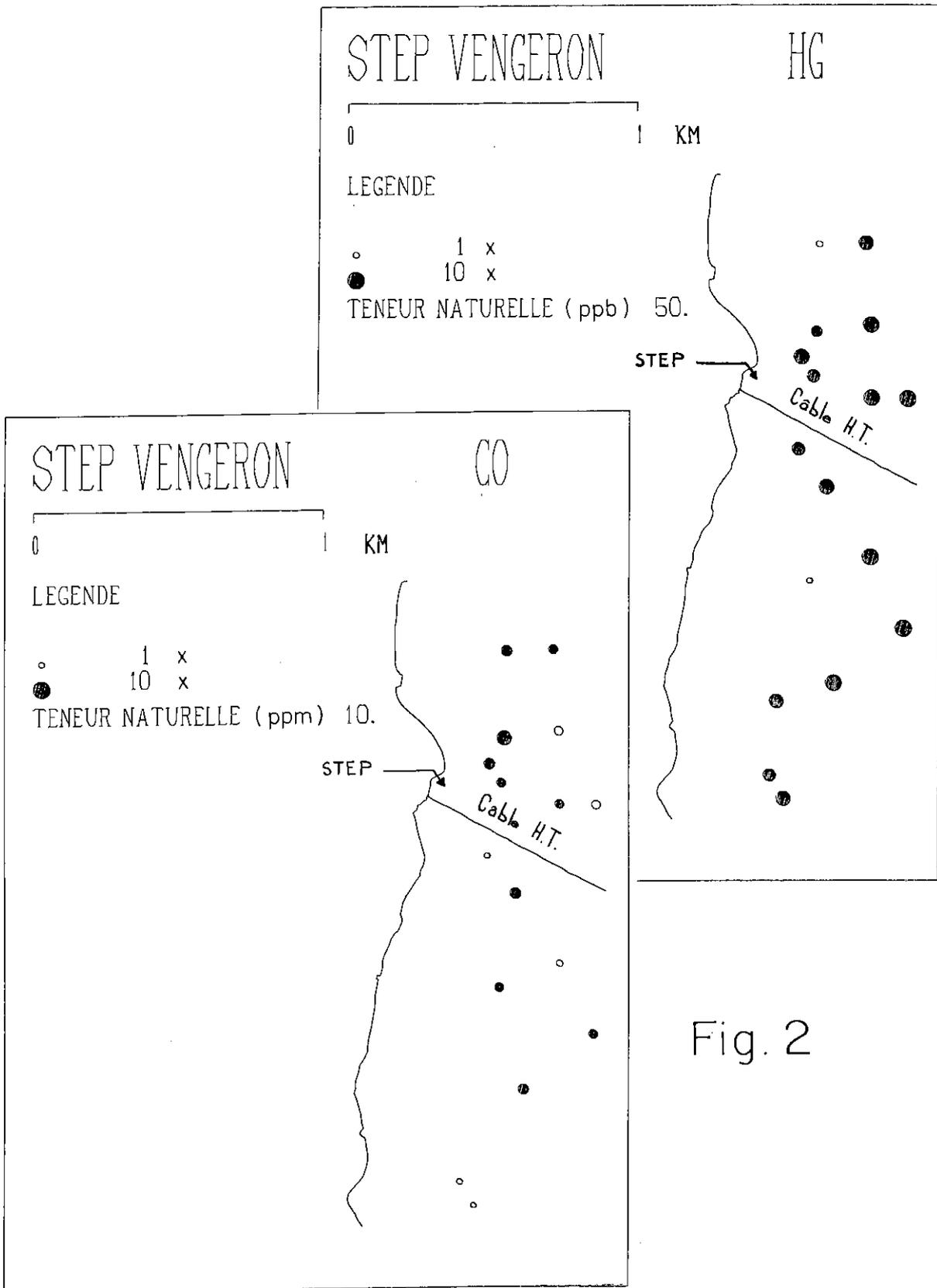


Fig. 2

### 3.2. Taux de contamination moyen ( $C_m$ )

Pour un élément-trace donné et l'ensemble des échantillons d'une STEP, il est égal à

$$C_m = \frac{\text{Teneur mesurée moyenne}}{\text{Teneur naturelle}}$$

### 3.3. Taux de contamination régional ( $C_r$ )

Pour un élément-trace donné et l'ensemble des STEP, il est égal à

$$C_r = \frac{\text{Teneur mesurée moyenne régionale}}{\text{Teneur naturelle}}$$

### 3.4. Index de pollution

Pour une STEP donnée, on le définit comme

$P$  = Moyenne arithmétique des taux de contamination moyens pour les 11 éléments retenus

Pour l'ensemble des STEP et éléments étudiés, ces indices sont reportés dans la table 3.

## 4. Contamination dans la zone d'influence des STEP

### 4.1. Nant d'Aisy (fig. 1)

Les sédiments se trouvant à l'embouchure du Nant d'Aisy sont enrichis surtout en mercure, et accessoirement en cuivre, cadmium et plomb. La région desservie par cette STEP est essentiellement agricole, et il est probable que les enrichissements en Hg, Cu et Cd proviennent des fongicides utilisés dans le bassin versant.

### 4.2. Vengeron (fig. 2)

Comme au Nant d'Aisy, la petite taille de la station et la nature du bassin versant (Table 1) ont pour résultat une contamination relativement faible des sédiments ( $P = 1,9$ ). Seuls le mercure et le cobalt ont un taux de contamination supérieur à deux. C'est dans cette zone que les concentrations en Co sont les plus élevées parmi toutes les STEP étudiées. La raison en est inconnue.

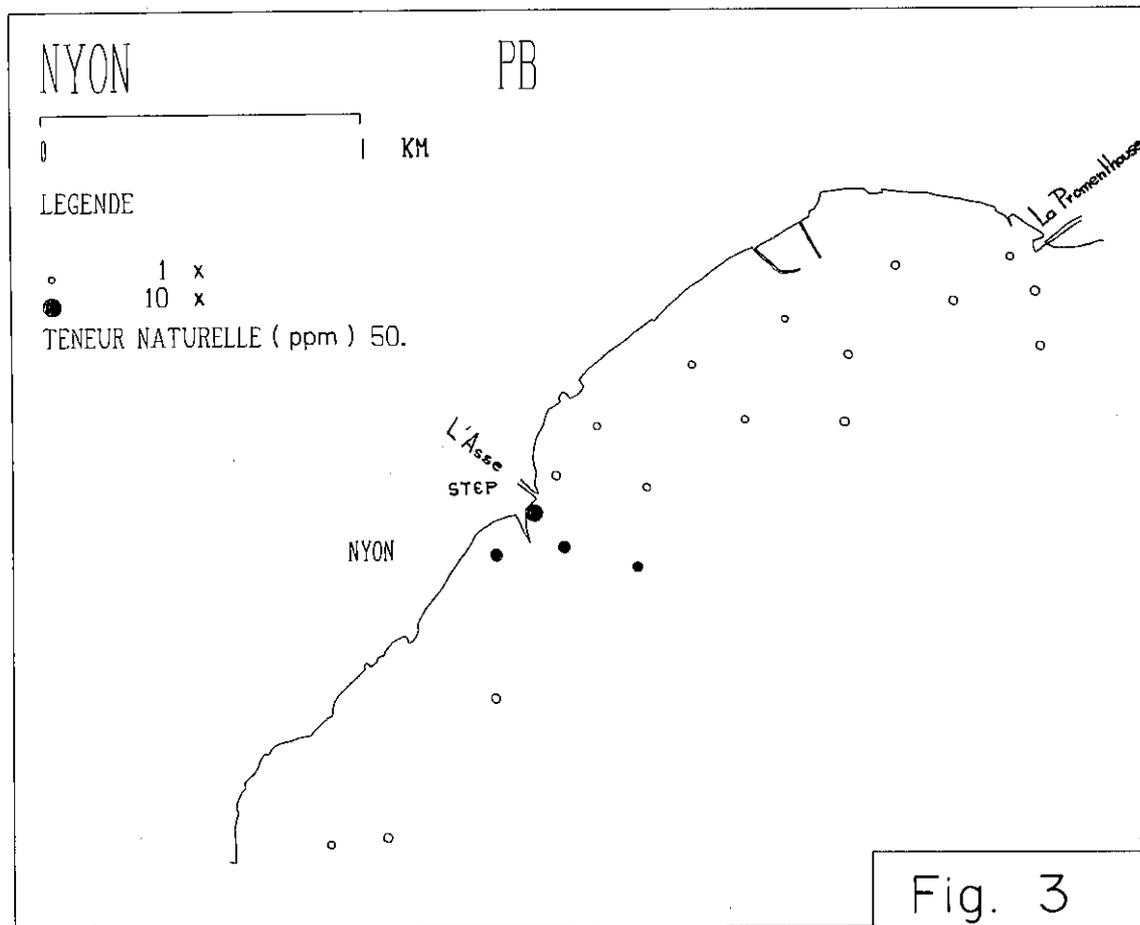
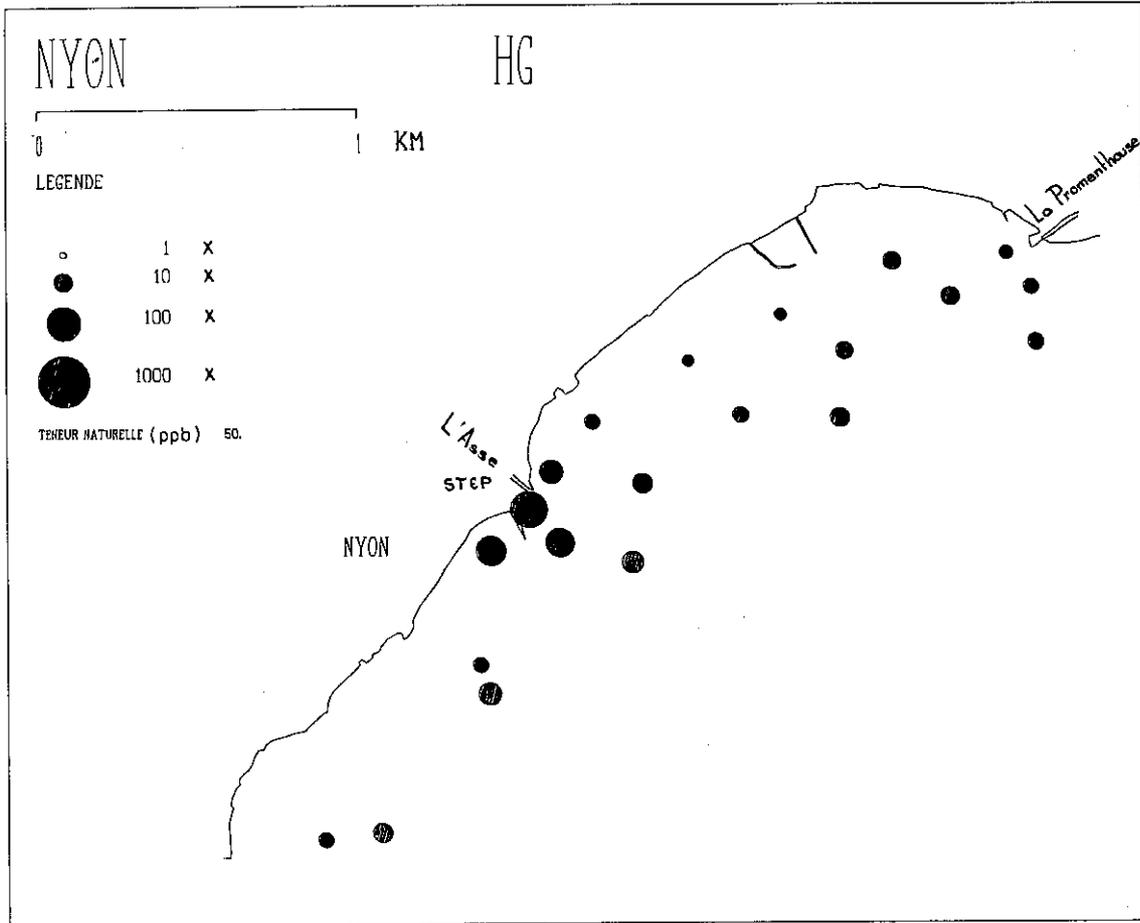


Fig. 3

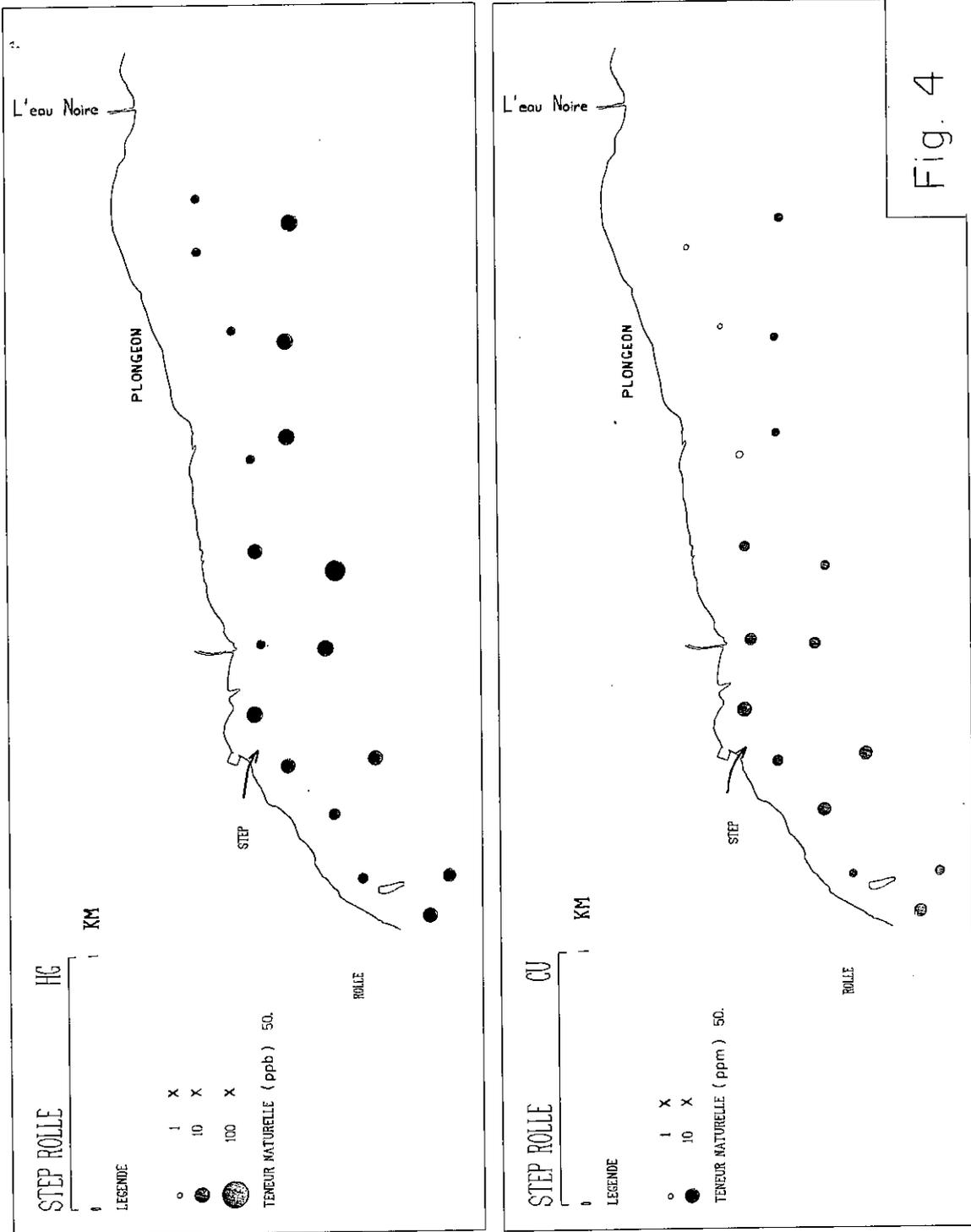


Fig. 4

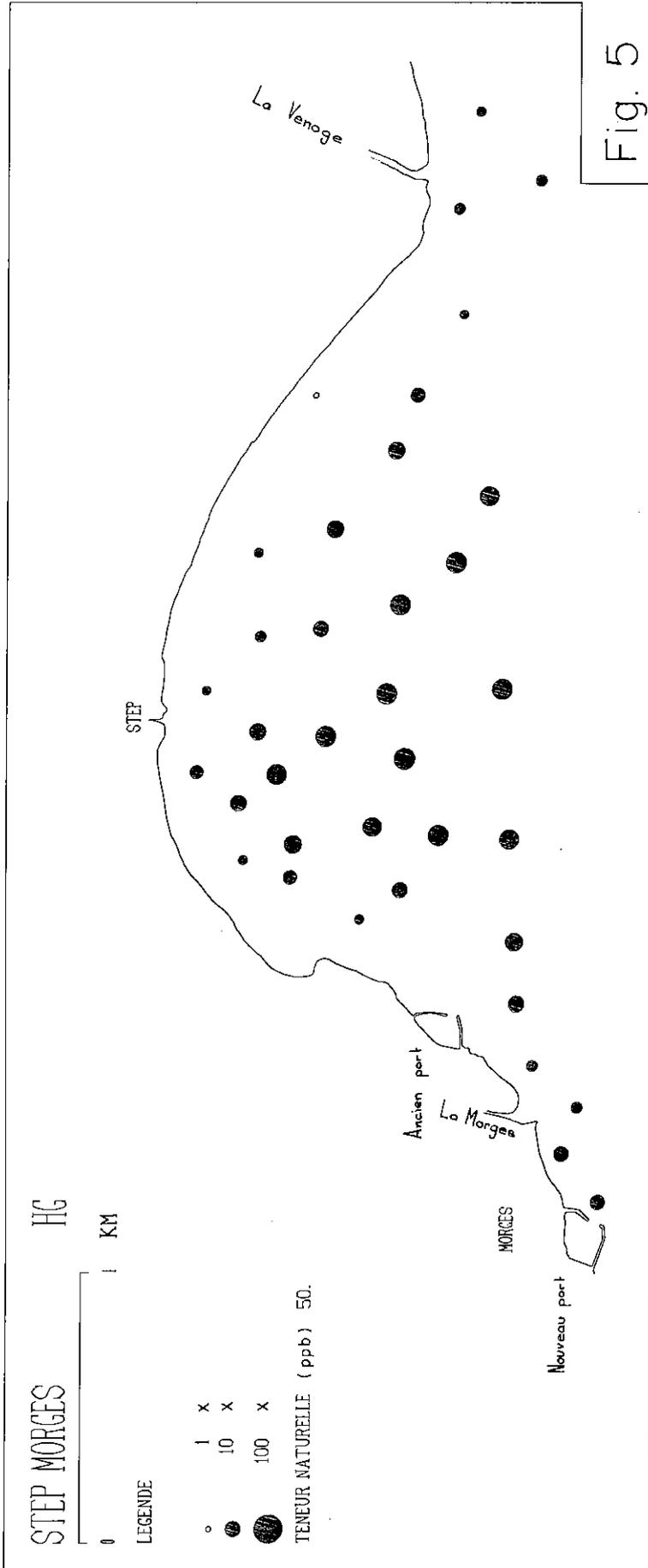


Fig. 5

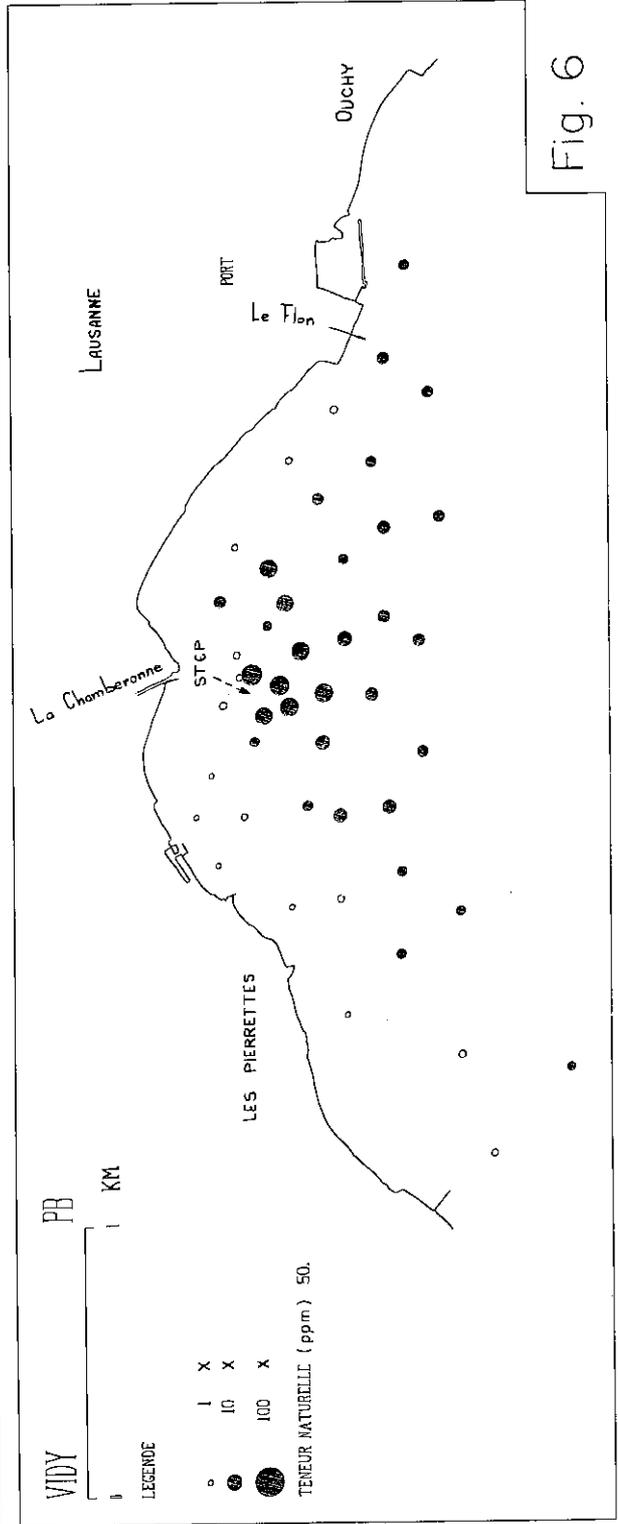
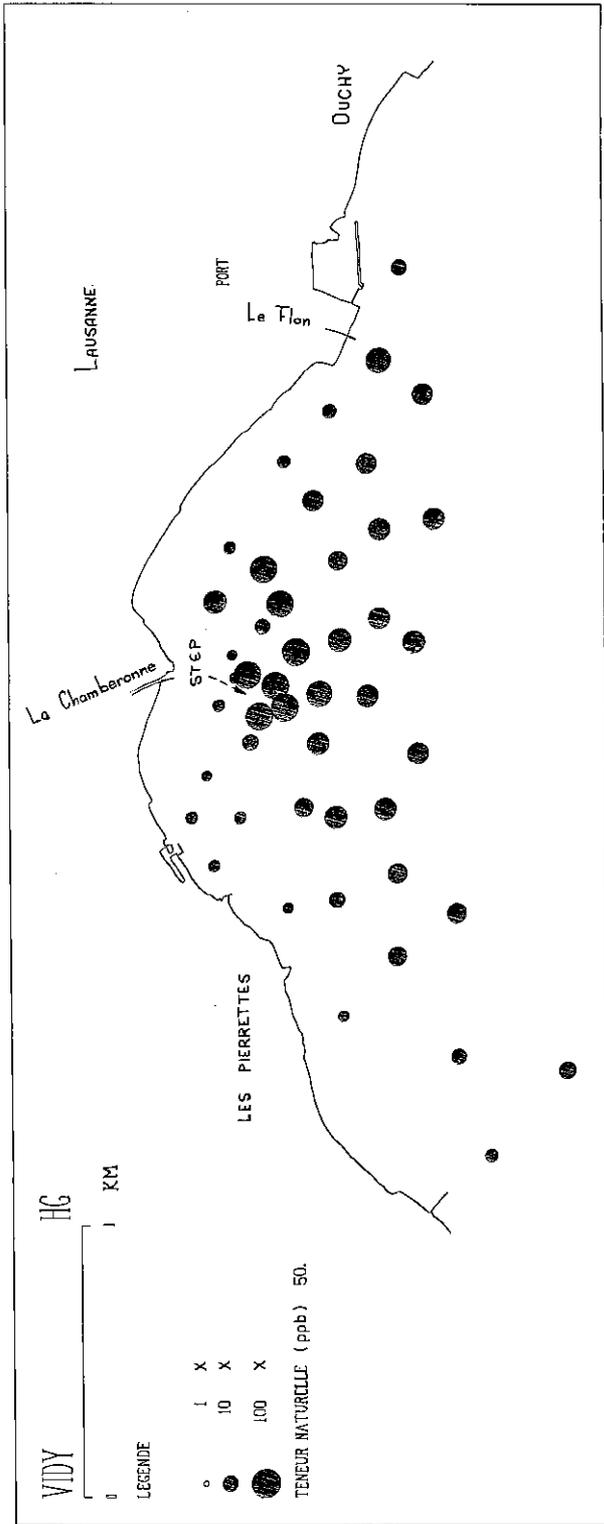


Fig. 6

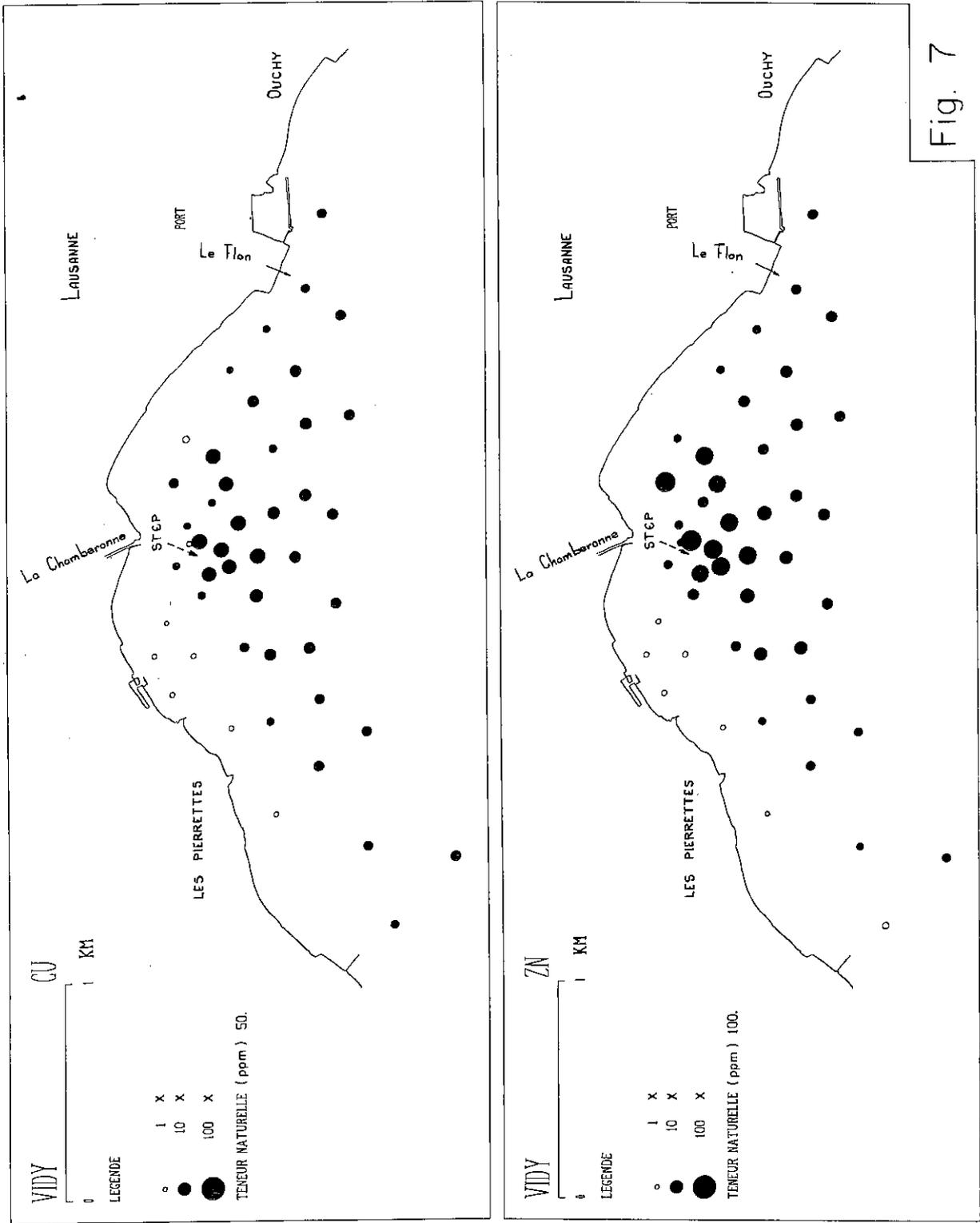


Fig. 7

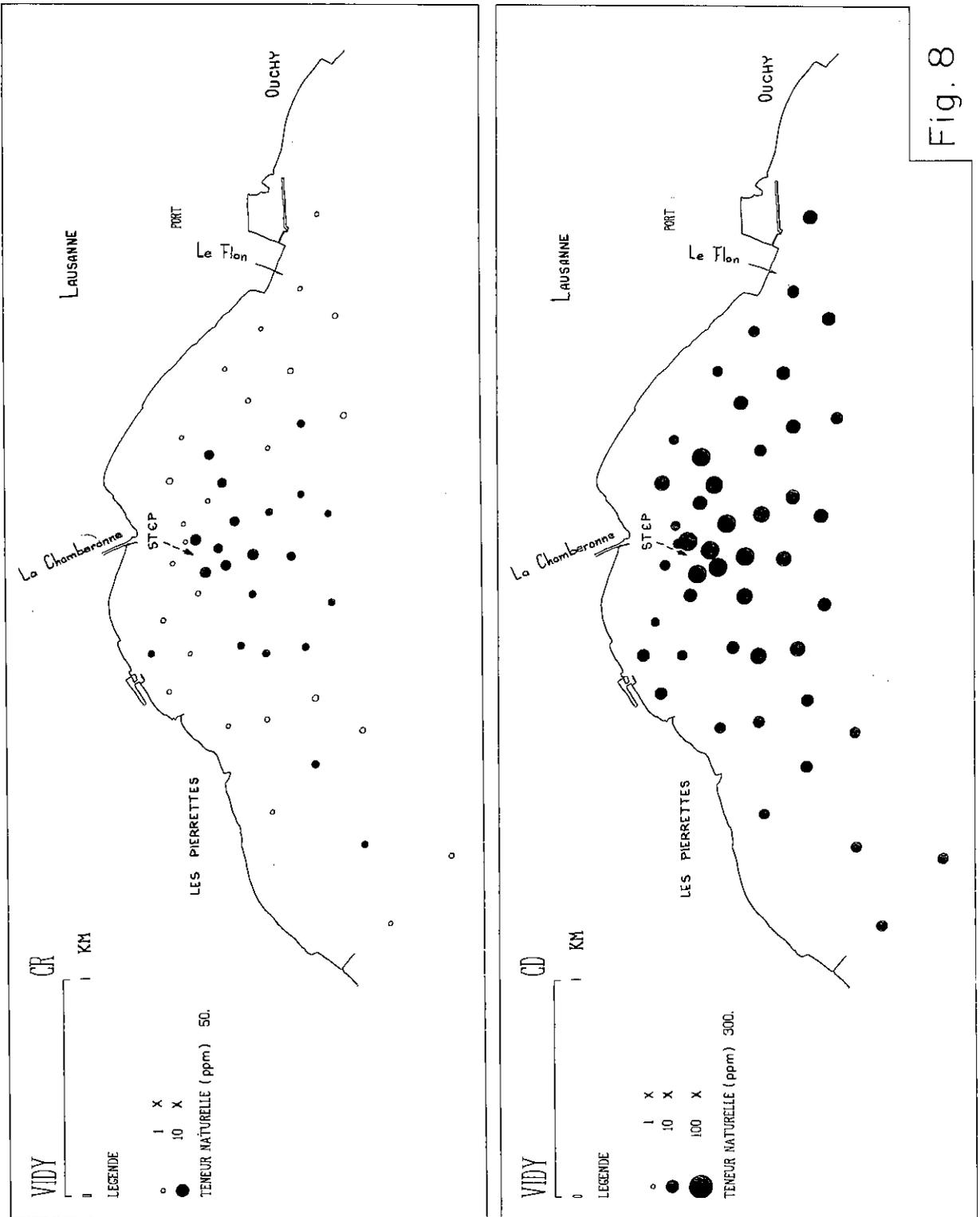


Fig. 8

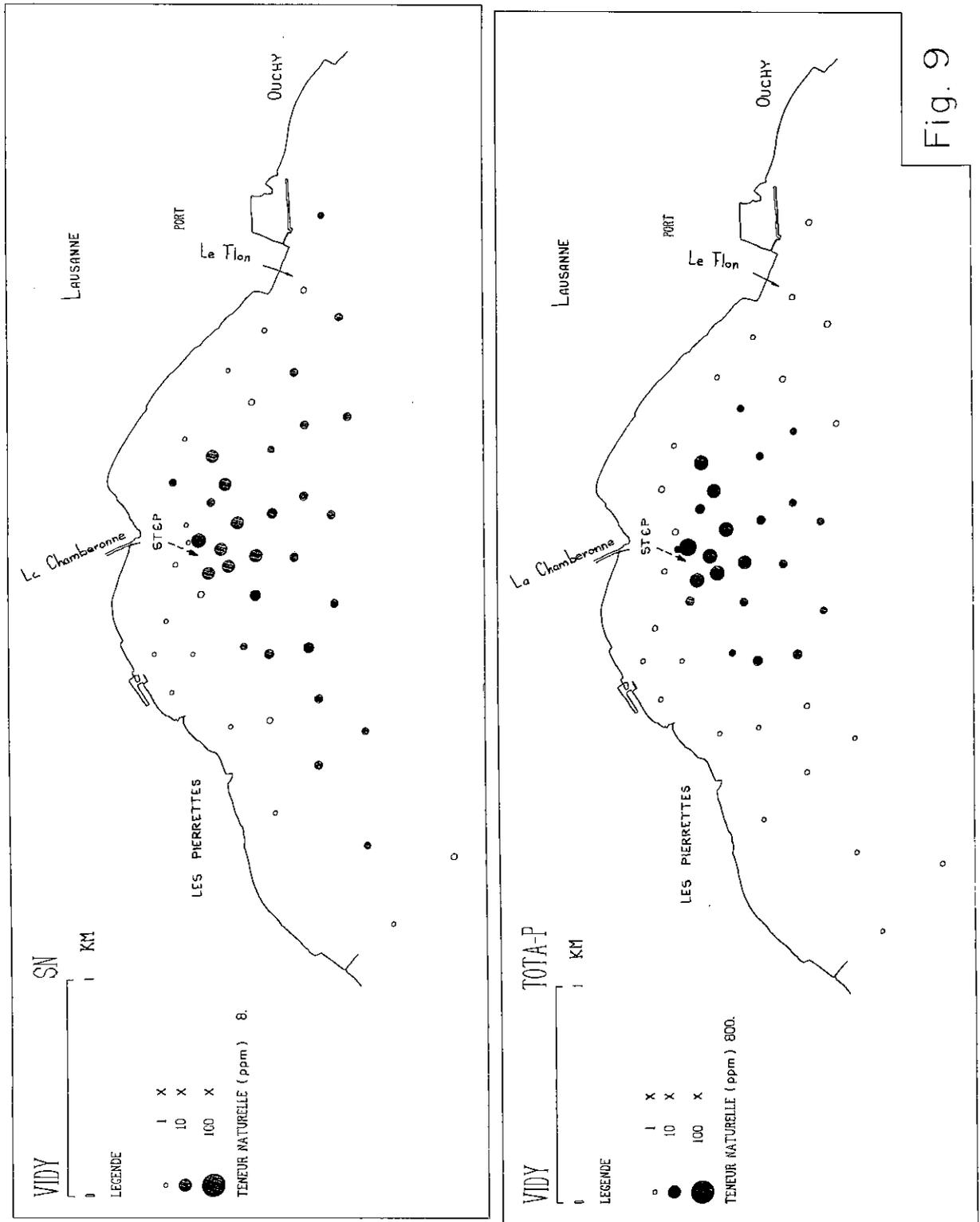


Fig. 9

#### 4.3. Nyon (fig. 3)

Cette STEP de capacité moyenne dessert un bassin versant de nature composite. L'index de pollution a une valeur relativement élevée, surtout à cause du très fort enrichissement en mercure ( $C_m = 20$ ). Le plomb, le zinc et le cadmium ont une concentration moyenne voisine de deux fois la teneur naturelle. L'examen des cartes (fig. 3) démontre que la contamination en mercure et plomb provient bien de l'embouchure de l'Asse. Ce fait est d'ailleurs confirmé par les résultats de la campagne sur les sédiments des rivières (voir Partie Aal).

#### 4.4. Rolle (fig. 4)

Seuls le mercure et le cuivre ont un taux de contamination supérieur à deux. Les fortes concentrations en cuivre peuvent provenir soit de l'usage des fongicides dans les vignobles, soit encore des algicides.

D'autres éléments (Pb, Zn, Ni, Co et Cd) sont légèrement enrichis, ce qui donne, pour cette zone, un index de pollution moyen (2,3).

Enfin, la carte de répartition du mercure montre clairement que les rejets de la STEP ne sont pas seuls responsables de la contamination des sédiments par cet élément, mais que d'autres sources doivent exister dans la région.

#### 4.5. Morges (fig. 5)

Cette STEP collecte les eaux usées de l'agglomération de Morges ainsi que de nombreuses communes agricoles et industrielles voisines.

A l'exception du molybdène, tous les éléments sont enrichis (Table 3), avec prédominance de Hg, Cd et Cu. L'index de pollution a une valeur moyenne (2,6).

#### 4.6. Vidy (fig. 6 - 9)

La STEP de Vidy, avec ses 330.000 équivalents-habitants, est la plus importante du pourtour lémanique. Son influence sur les sédiments de la baie de Vidy est considérable, comme l'a déjà montré l'étude de C. Lang, il y a deux ans.

Au voisinage du point de rejet, situé à quelques centaines de mètres de la rive, le sédiment consiste en une boue nauséabonde noire, dont la teneur en carbone organique dépasse 10 %. Les taux de contamination en sont les suivants :

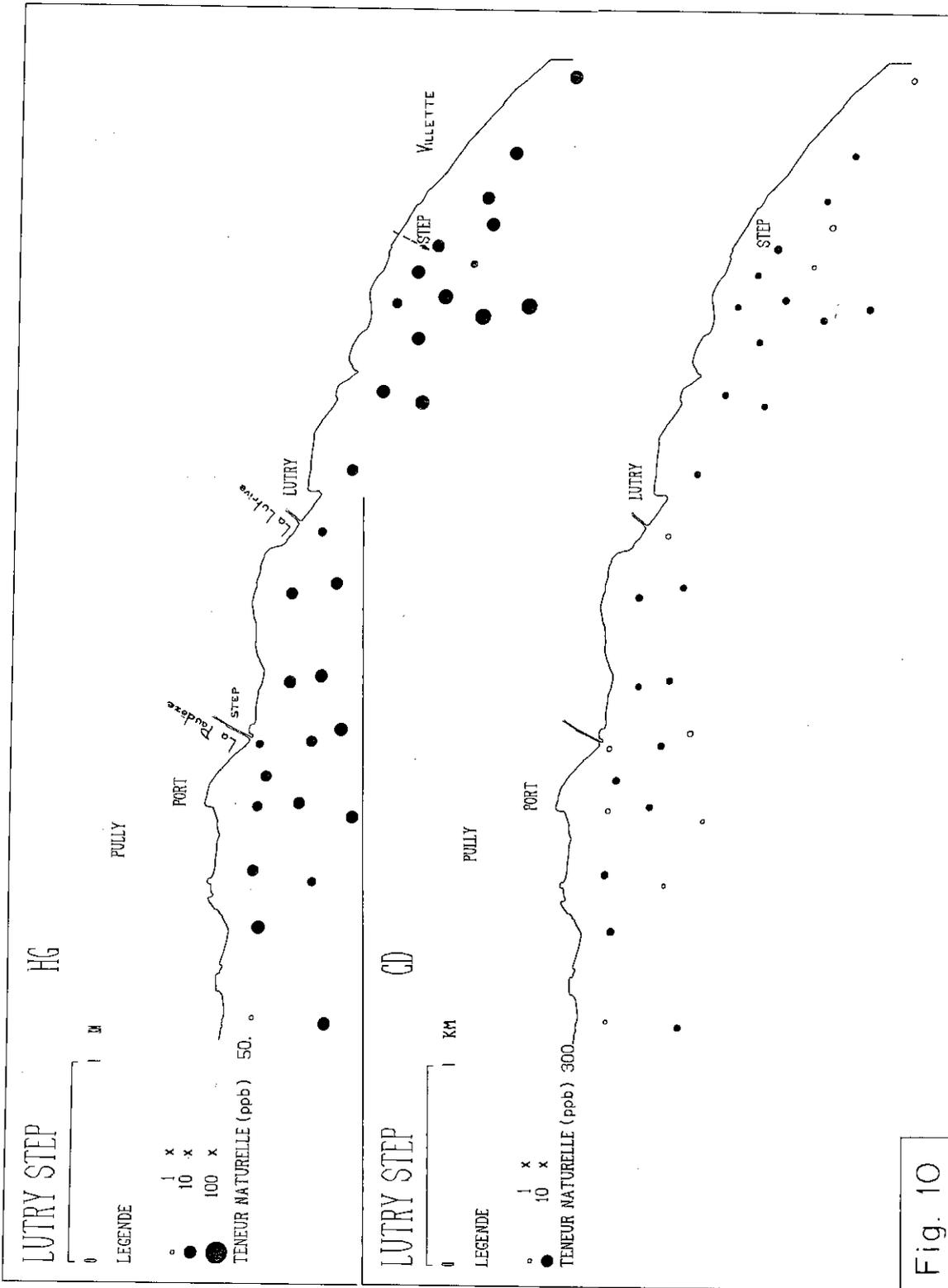


Fig. 10

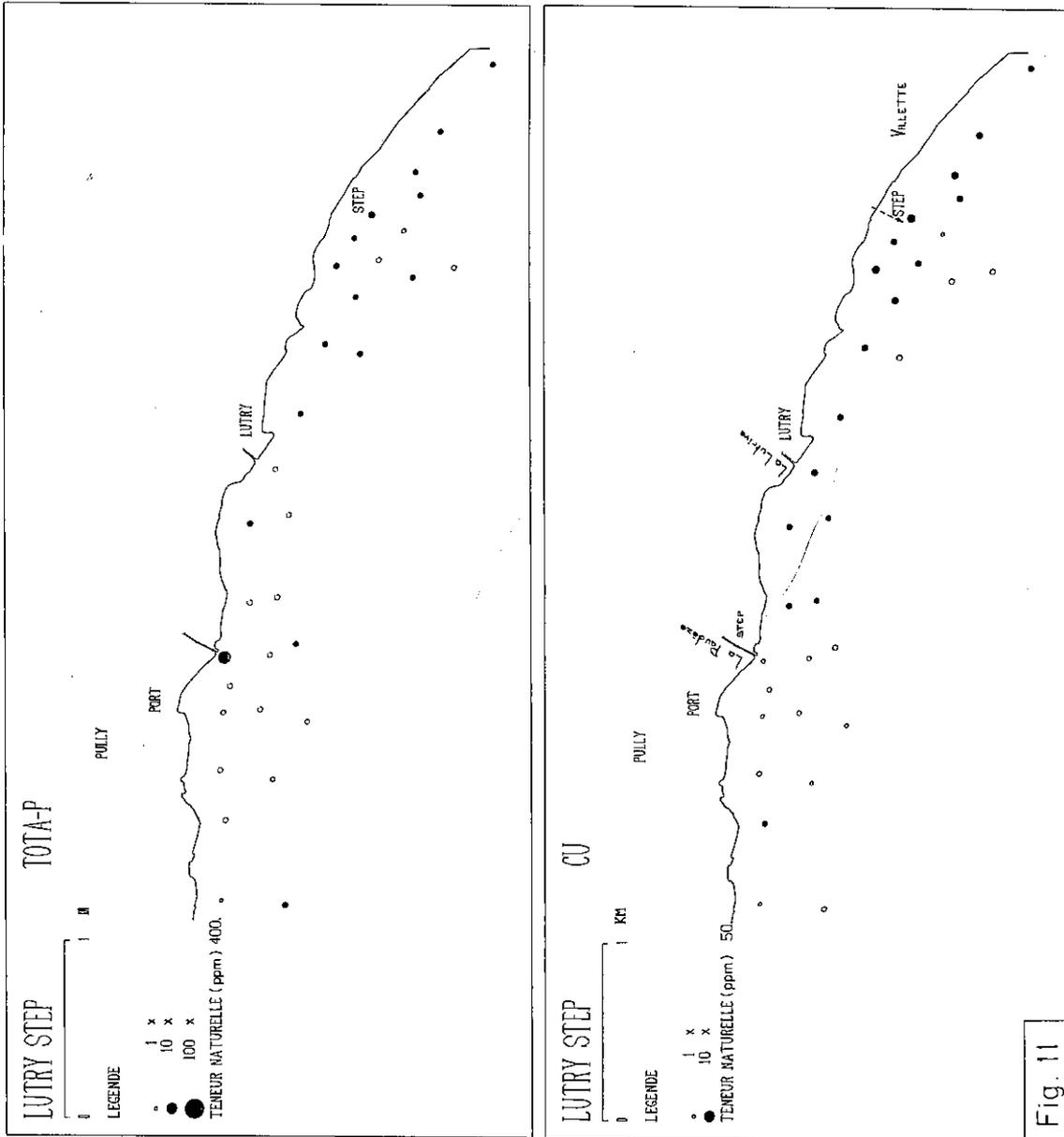


Fig. 11

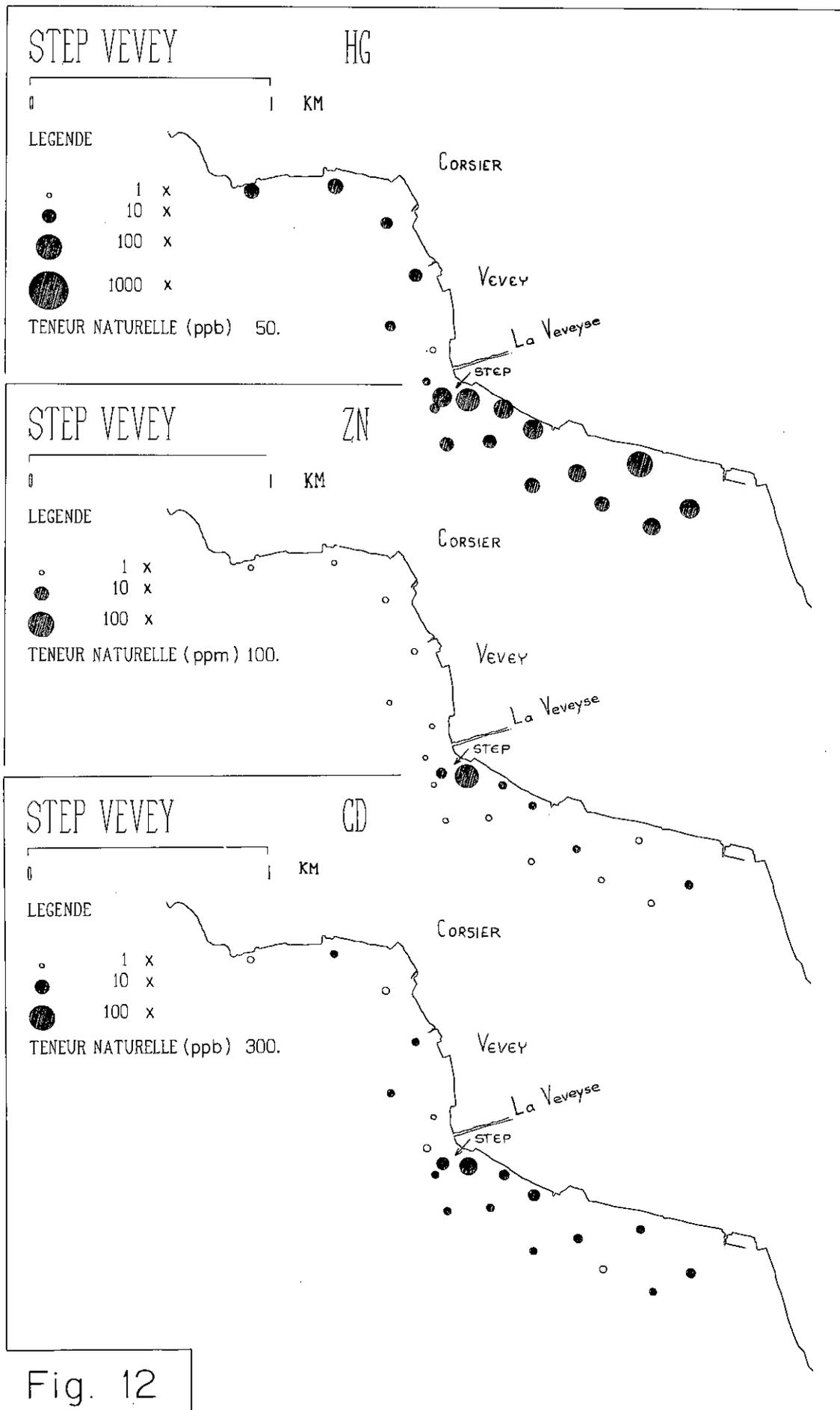


Fig. 12

Pb	Hg	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Cd	Sn	Mo	Ptot
50	72	19	56	-	1,6	6,2	41	15	4,7	26

L'index de pollution s'élève ici à 26,6. A noter que cette zone est caractérisée par un fort dégagement gazeux, dont les bulles sont bien visibles à la surface du lac.

Si l'on considère l'ensemble des 47 échantillons récoltés dans la baie de Vidy, on notera (Table 3) qu'à l'exception du nickel, tous les autres éléments ont des teneurs moyennes élevées. L'index de pollution global atteint 7,3, la plus forte valeur parmi les STEP étudiées.

Il est incontestable que cette pollution organo-métallique provient en quasi-totalité de l'effluent de la STEP, comme l'indiquent les cartes de répartition des éléments (fig. 6 - 9). Les contaminations les plus importantes sont le fait du mercure ( $C_m = 28$ ), du cadmium (14,8) et du zinc (11,3). L'étendue de leur zone d'influence dépasse les limites de la baie vers le large, puisque les prélèvements les plus profonds ont des concentrations dépassant encore 10 fois la teneur naturelle.

L'on notera enfin les concentrations élevées en phosphore total au voisinage du point de rejet. Si l'on admet une teneur naturelle de l'ordre de 800 ppm, le taux d'enrichissement pour l'ensemble de la baie s'élève à 4,1.

#### 4.7. Pully (fig. 10 - 11)

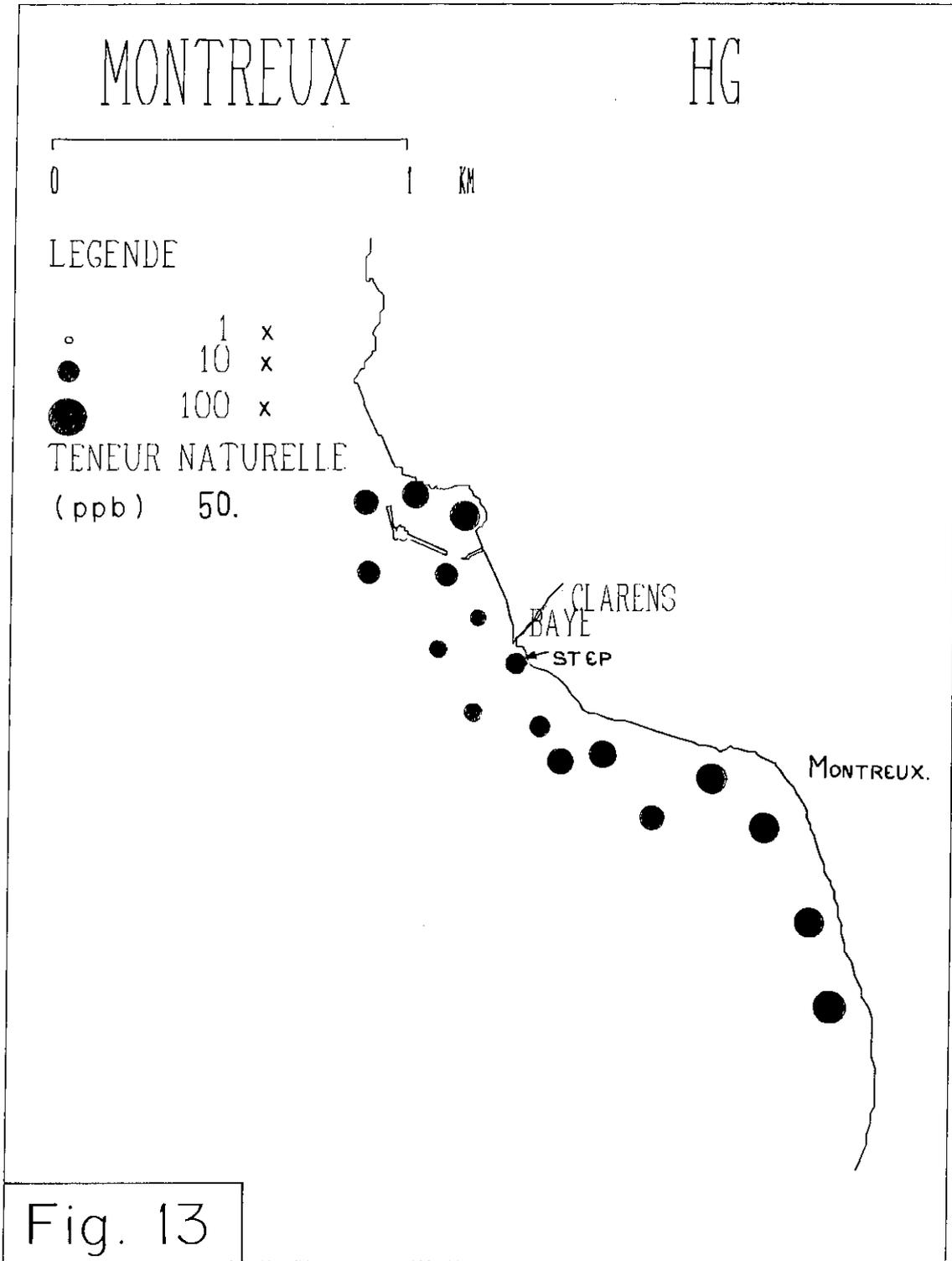
Bien que de taille moyenne, la STEP de Pully semble n'influencer que peu la géochimie des sédiments situés dans sa zone de rejet. Hormis le mercure ( $C_m = 9$ ), aucune des concentrations moyennes n'atteint le seuil de deux fois la concentration naturelle, et l'index de pollution est faible.

#### 4.8. Lutry (fig. 10 - 11)

La capacité de traitement de cette STEP est plus faible que celle de Pully. Néanmoins, l'index de pollution atteint ici la valeur 2,8. Le mercure, le cadmium et le cuivre ont un taux de contamination dépassant deux. Il est probable que l'enrichissement de ce dernier élément soit dû aux activités viticoles et au ruissellement abondant dans cette région à la topographie accidentée.

#### 4.9. Vevey (fig. 12)

Cette STEP est, sur la côte suisse, la seconde en importance après Vidy. Elle l'est aussi en ce qui concerne l'index de pollution ( $P = 3,8$ ). Le mercure, le zinc, le cadmium et le cuivre atteignent ou dépassent un taux de



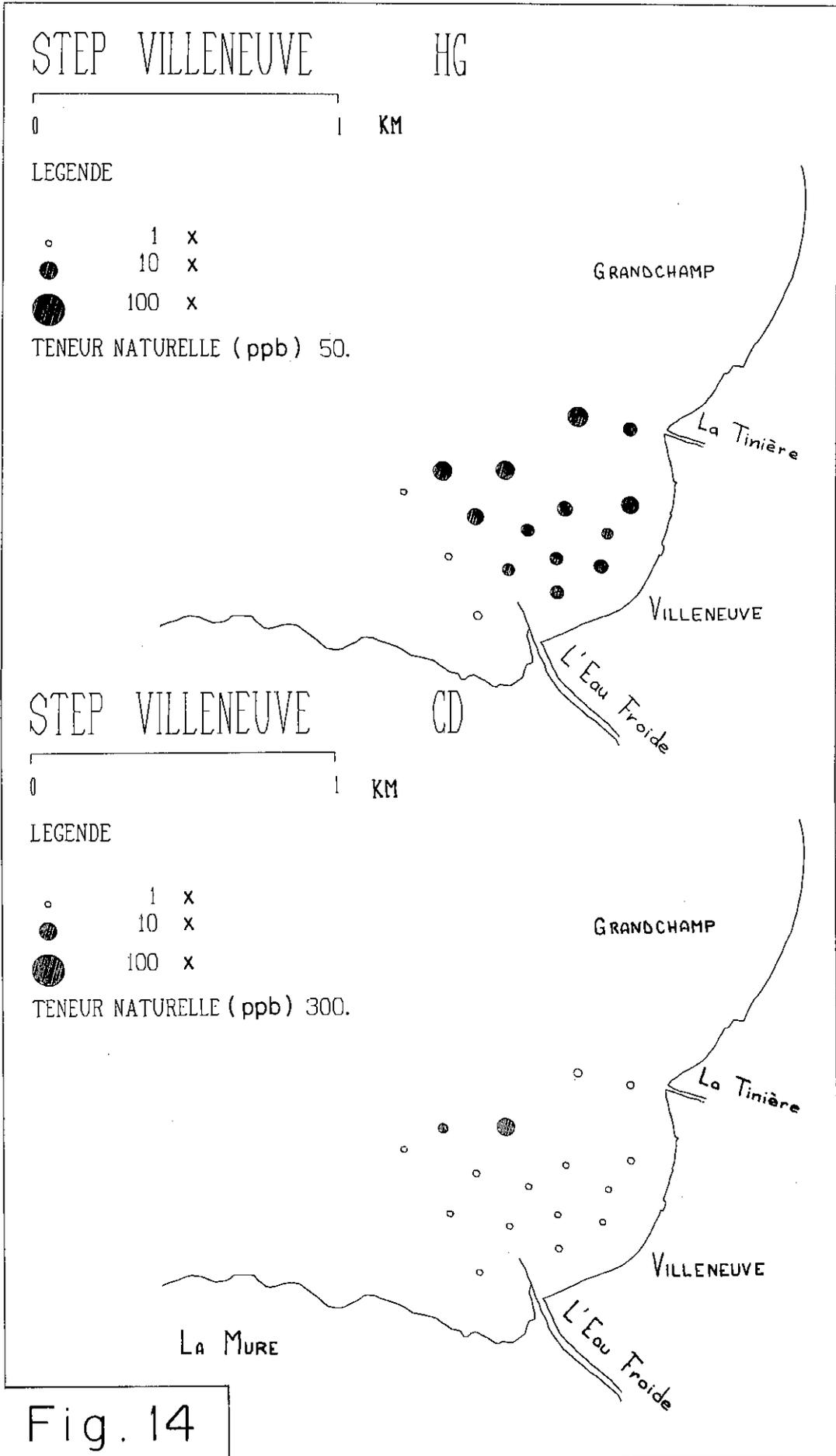


Fig. 14

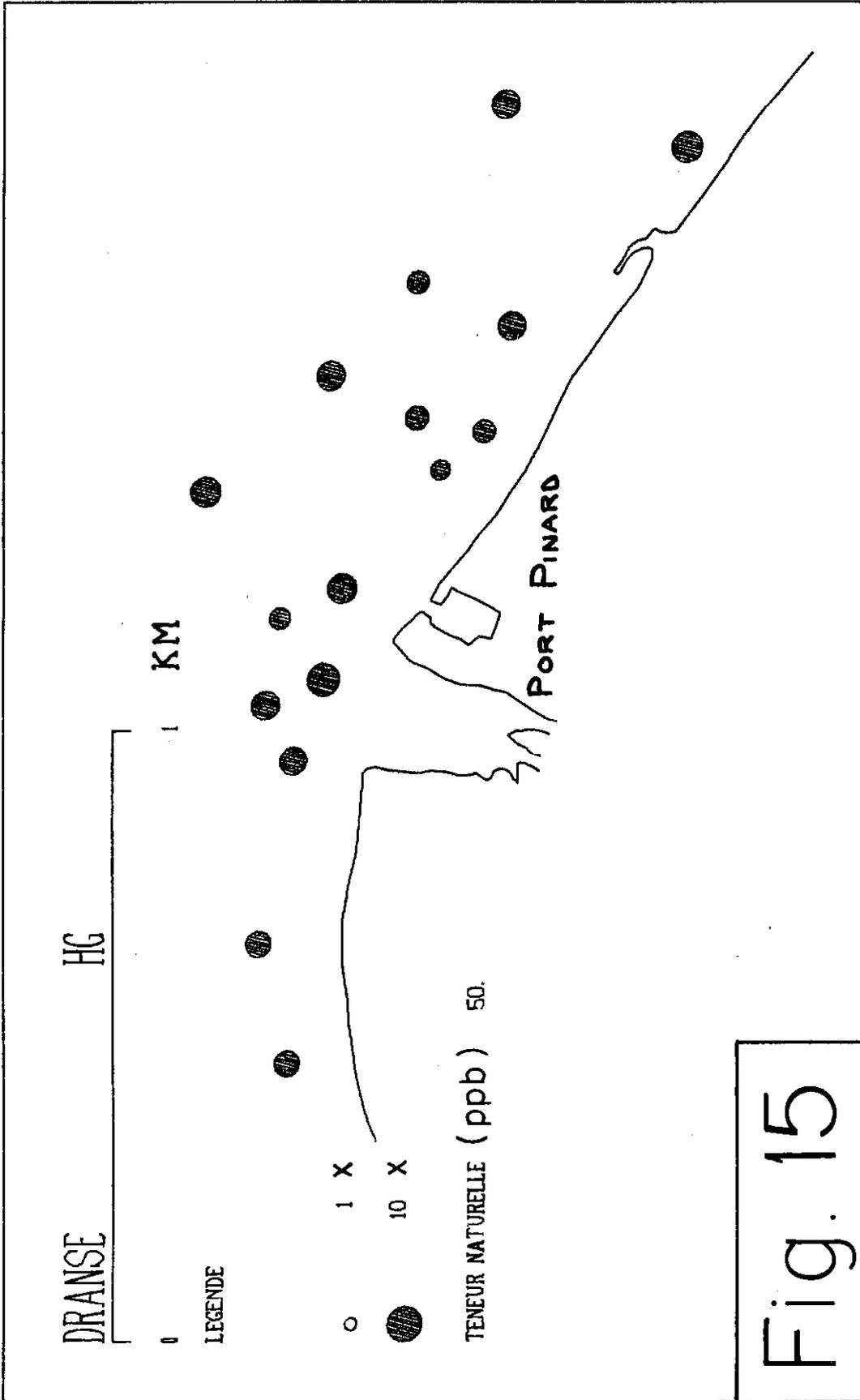


Fig. 15

contamination de deux. Celui du mercure est particulièrement élevé (22,2), et sa carte de répartition semble indiquer d'autres points de rejet que celui de la STEP. La pollution par le zinc se limite aux abords immédiats de la STEP. Enfin, la répartition des anomalies du cadmium indique que la STEP est la principale source de ce métal.

La relativement forte contamination des sédiments près de Vevey provient sans doute de l'activité industrielle liée à cette localité.

#### 4.10. Montreux-Clarens (fig. 13)

Là encore, les sédiments de la zone côtière comprise entre Clarens et Montreux sont fortement contaminés par le mercure ( $C_m = 23$ ). La carte des teneurs n'indique pas, à première vue, que la STEP soit la source principale en Hg. Toutefois, il est possible que la coïncidence des rejets de la STEP avec le delta de la Baye, au régime torrentiel, provoque une dilution du mercure dans les sédiments.

A part le mercure, seul le cadmium a un taux de contamination supérieur à deux.

#### 4.11. Villeneuve (fig. 14)

L'index de pollution des sédiments situés devant Villeneuve vaut 1,6, ce qui indique une contamination d'ensemble négligeable. Seul le mercure est enrichi.

Comme à Montreux, il est possible qu'il existe une certaine dilution des polluants par les alluvions de l'Eau Froide et de la Tinière.

#### 4.12. La Dranse (fig. 15)

La nature graveleuse des sédiments a rendu leur échantillonnage très difficile à l'embouchure de la Dranse. La présence d'une zone de dragage actif a encore compliqué le travail de terrain. Les résultats obtenus sont donc à considérer avec prudence : il est possible que le faible index de pollution ne soit dû qu'à la rareté de matériel fin capable de fixer les polluants, ou à leur grande dilution du fait d'un taux de sédimentation élevé.

Seuls le mercure et le cadmium atteignent ou dépassent légèrement un taux de contamination de deux.

MATRICE DE CORRELATION 36 VARIABLES BRUTES - STEPS 1976  
 LES VALEURS IMPRIMEES DIFFERENT SIGNIFICATIVEMENT DE ZERO (ALPHA = .050)

	PATHM	EH	PH	CACOS	C.ORG	PH	HG	MN	CU	ZN	NI	CO	CR
PATHM	.....	-.242	.....	-.240	.....	.....	.....	.351	.....	.....	.....	.....	.124
EH	-.242	.....	.236	.....	.....	-.149	-.147	.....	-.179	.....	-.329	.....	-.170
PH	.....	.236	.....	.155	.....	.....	.....	.....	.....	.....	-.254	.....	.....
CACOS	-.240	.....	.155	.....	.....	-.231	-.279	-.871	-.395	-.242	-.170	.....	-.434
C.ORG	.....	.....	.....	.....	.....	-.833	.....	.....	.....	.763	.....	.....	.694
PH	.....	-.149	.....	-.251	.....	.....	.754	.....	.....	.901	-.833	.....	-.802
HG	.....	-.147	.....	-.279	.....	.654	.754	.....	.....	-.612	.644	.....	.574
MN	.351	.....	.....	-.671	.....	.....	.....	.....	.190	.....	.....	.223	.....
CU	.....	-.179	.....	-.395	.....	.768	.901	.612	.190	.....	.744	.149	.....
ZN	.....	.....	.....	-.242	.....	.763	.644	.....	.744	.....	.....	.....	.703
NI	.....	.329	.....	-.170	.....	.....	.....	.....	.223	.....	.....	.....	.....
CO	.....	.....	.254	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CR	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ES	.124	.....	.....	-.434	.....	.694	.802	.574	.345	.826	.703	.194	.....
CD	.....	-.217	.....	-.301	.....	.746	.916	.674	.168	.887	.848	.....	.816
V	.....	.296	.....	-.373	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SR	-.351	.....	.261	.....	.....	-.173	-.237	-.642	-.275	.....	.....	.....	-.136
SA	.....	-.166	.....	-.266	.....	.844	.967	.713	.126	.867	.803	.....	-.824
HA	.....	-.326	.....	-.462	.....	.702	.860	.659	.331	.817	.755	.....	.818
MO	.....	.....	.....	-.231	.....	.633	.738	.562	.212	.693	.598	.....	.682
F	.291	.....	-.216	.....	-.186	.....	.....	.621	.....	.....	.....	.....	.256
APAT-P	.....	.....	-.278	.....	.768	.....	.624	.....	.734	.....	-.233	.....	.734
ORGA-P	.....	.....	.....	-.359	.917	.931	.703	.....	.876	.738	.....	.....	.801
TOTA-P	.....	.....	.....	.....	.931	.931	.622	.139	.....	.811	.743	.....	.747
DCB-IP	.....	.....	-.239	.....	-.436	.881	.852	.....	.....	.902	.889	.....	.861
NAOHIP	.....	.....	-.361	.....	-.399	.740	.643	.....	.....	.848	.741	.....	.760
HCL-IP	.....	.....	.....	-.336	.671	.937	.718	.....	.....	.871	.758	.....	.837
HCL-FE	.....	.....	-.243	.....	.861	.926	.818	.....	.....	.901	.763	.....	.880
PH<63	.....	.483	.....	.167	.....	-.137	.....	.....	.260	.....	-.186	.....	.....
MU<63	.....	-.439	.....	-.196	.....	-.138	.....	.....	-.156	.....	.242	.....	.151
ET<63	.....	.175	.....	-.236	.....	-.193	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
AS<63	.....	-.616	.....	-.169	.....	.139	.....	.....	-.272	.....	-.151	.....	.....
AP<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZGRAVI	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
XSABLE	.....	-.478	.....	.363	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZLIMON	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZARGIL	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CD	.....	V	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SR	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
DA	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
MO	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
H	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
APAT-P	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ORGA-P	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
TOTA-P	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
DCB-IP	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
NAOHIP	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
HCL-IP	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
PATHM	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
EH	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
PH	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CACOS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
C.ORG	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
PH	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
HG	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
MN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CU	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
NI	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CO	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CR	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
APAT-P	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ORGA-P	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
TOTA-P	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
DCB-IP	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
NAOHIP	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
HCL-IP	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
PH<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
MU<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ET<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
AS<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
AP<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZGRAVI	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
XSABLE	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZLIMON	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZARGIL	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
HCL-FE	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
PH<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
MU<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ET<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
AS<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
AP<63	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZGRAVI	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
XSABLE	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZLIMON	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ZARGIL	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Fig. 16

## 5. Relations statistiques entre paramètres

En milieu peu ou pas pollué, les divers composants du sédiment sont en équilibre géochimique et l'on peut observer un certain nombre de relations entre les paramètres physiques et chimiques. En voici les principales :

- a) La finesse du sédiment augmente avec la bathymétrie.
- b) La teneur en carbone organique, en nutriments et en éléments-trace augmente avec la finesse du sédiment.
- c) Certains métaux s'associent plus volontiers aux argiles, comme B, V, Cr, Ni et Co, alors que d'autres sont fixés par la matière organique, tels que Hg, Pb, Cd et Zn.
- d) Le carbonate de calcium est associé positivement au seul Sr, et négativement à tous les autres éléments.

En milieu pollué, tel que nous l'avons étudié, l'examen de la matrice des coefficients de corrélation entre variables, calculée sur l'ensemble des prélèvements (fig. 16), révèle ce qui suit :

- a) Le contrôle de la bathymétrie ne s'exerce effectivement que sur les éléments non enrichis (Mn, Sr, Ba et B), et toujours sur le grain moyen de la fraction inférieure à 63 microns ( $MU < 63$ ).
- b) Le carbonate de calcium se comporte normalement.
- c) Le carbone organique ne dépend plus de la bathymétrie, les apports de matière organique par la STEP obscurcissant complètement la relation.
- d) En revanche, la corrélation entre Pb, Hg, Cu, Zn, Cd, Sn et Mo d'une part, et le carbone organique d'autre part, est toujours présente. Elle indique que ces métaux sont adsorbés par la matière organique de préférence aux argiles.
- e) L'association entre argiles et les éléments Mn, B, V et Ni subsiste. Caractéristiquement, il s'agit là d'éléments peu ou pas enrichis.
- f) Enfin, l'association étroite existant entre Hg, Cu, Zn, Cr, Cd, Sn et Mo démontre qu'à l'instar des sédiments de rivières (Partie Aa), les sédiments lacustres sont contaminés par des sources polymétalliques.

## 6. Evaluation des principaux contaminants et points de rejet

### 6.1. Contaminants

Si l'on arrange par ordre décroissant les valeurs du taux de contamination régional (Table 3), on obtient le classement donné dans la Table 4.

Le mercure est très nettement le polluant métallique le plus répandu dans la zone d'influence des STEP lémaniques, avec des teneurs moyennes égales à 15 fois la teneur naturelle.

Le cadmium vient ensuite, et le zinc, le cuivre et le plomb complètent cette série d'éléments fortement enrichis. Enfin, les sédiments sont modérément enrichis en phosphore total, cobalt, étain, chrome, molybdène et nickel et le manganèse, le baryum, le vanadium et le bore ont des teneurs normales.

Il est important de noter que les deux éléments les plus fortement enrichis, Hg et Cd, se trouvent être aussi les plus toxiques.

### 6.2. Points de rejet

Pour fixer les idées, l'on peut classer le statut des zones d'influence des STEP en trois classes arbitraires, basées sur la valeur de l'index de pollution (Table 4).

Les STEP de Pully, du Nant d'Aisy, du Vengeron, de Villeneuve et de la Dranse (sous réserve des remarques faites plus haut) ne contaminent que faiblement leur zone de rejet. Les rives proches de Vevey, Montreux, Nyon, Lutry, Morges et Rolle peuvent être considérées comme moyennement enrichies en métaux lourds. Enfin, les sédiments de la baie de Vidy subissent une forte contamination.

On notera qu'il existe, exception faite de la Dranse, une certaine corrélation entre la taille de la STEP et son index de pollution.

## 7. Conclusions

Cette étude entreprise sur les zones de rejet des 12 principales STEP du pourtour lémanique (260 prélèvements, une trentaine de paramètres) permet de tirer les conclusions suivantes :

7.1. Sur les 15 éléments-trace et nutriments analysés, les taux d'enrichissement par rapport aux teneurs naturelles (taux de contamination régional) sont :

- supérieurs à 2 pour le mercure, le cadmium, le zinc, le cuivre et le plomb, indiquant une importante pollution des sédiments par ces éléments.
- compris entre 1 et 2 pour le phosphore total, le cobalt, l'étain, le chrome, le molybdène et le nickel, indiquant une pollution modérée.
- inférieurs à 1 pour le manganèse, le baryum, le vanadium et le bore, indiquant une absence de pollution.

7.2. Sur les 12 STEP examinées, les rejets de 7 d'entr'elles influencent à des degrés divers la géochimie des sédiments compris dans leur zone d'influence. Ce sont, par ordre décroissant de contamination : Vidy, Vevey, Montreux, Nyon, Lutry, Morges et Rolle.

Les sédiments proches des STEP de Pully, Nant d'Aisy, Vengeron, Villeneuve et Dranse ne sont que faiblement ou localement enrichis en métaux lourds.

7.3. Il est prévu de compléter l'échantillonnage des zones de rejet des STEP par une série de prélèvements plus au large, afin d'obtenir une meilleure définition spatiale des zones polluées par les différents métaux lourds. Ceci s'applique tout particulièrement à l'embouchure de la Dranse.

7.4. Dans toutes les zones étudiées, la moyenne des concentrations en mercure dépasse 5 fois la teneur naturelle pour atteindre un maximum de 28 fois à Vidy.

7.5. Les deux éléments les plus fortement enrichis (mercure et cadmium) sont aussi les plus toxiques.

7.6. La présence d'un réseau dense de collecteurs et de stations d'épuration sur le pourtour lémanique résulte certainement en l'élimination d'une notable proportion de métaux lourds des eaux résiduaires. Néanmoins, les résultats présentés ci-dessus démontrent que le milieu littoral en reçoit encore une charge excessive dans la majorité des cas.

TABLE 1 - LISTE ET CARACTERISTIQUES DES STEP

STEP	Equivalents-habitants*	Nature du bassin versant	Nombre de prélèvements
Nant d'Aisy	2 650	A**	13
Vengeron	3 500	U + A	17
Nyon	12 000	U + A + I	22
Rolle	7 500	U + A	19
Morges	35 000	U + A + I	38
Vidy	330 000	U + I	47
Pully	30 000	A + U + I	18
Lutry	12 000	A + U	14
Vevey	60 000	U + I	20
Montreux	45 000	U + I	17
Villeneuve	6 100	U + I	17
Dranse	70 000 ?	U + A + I	18

\* Selon rapport des Ponts et Chaussées, 1976.

\*\* A : agricole U : urbain I : industriel

TABLE 2 - VALEURS MOYENNES (265 échantillons)

Paramètre	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum	Ten.nat.	% poll.
Bathym.	27,0 m	26,9	1	160	-	-
Eh	-44,0 mV	110,3	-300	+150	-	-
pH	6,8	0,5	5,2	7,9	-	-
C org.	2,1 %	1,5	0,01	13,2	-	-
C inorg.	31,1 %	11,5	11,1	77,2	-	-
Pb	116 ppm	142	22	1100	50	30
Hg	764 ppb	931	16	7330	50	97
Mn	413 ppm	92	124	680	500	0
Cu	136 ppm	160	11	940	50	44
Zn	361 ppm	825	36	7100	100	30
Ni	49 ppm	19	20	132	50	24
Co	16 ppm	8	8	68	10	24
Cr	65 ppm	45	13	315	50	12
Cd	1386 ppb	2082	90	12390	300	60
V	44 ppm	17	14	120	50	1
Sr	400 ppm	109	186	864	150-700	-*
Sn	11 ppm	15	2	120	10	12
Ba	259 ppm	153	50	1000	250	4
Mo	1880 ppb	2160	1001	13000	1500	20
B	36 ppm	12	5	65	70	0
P total	1510 ppm	2500	148	21190	800	13
Gr. moy.	11,4 mu	5,2	3,7	34,3	-	-
Sable	39,8 %	27,4	0,1	99,1	-	-
Limon	44,2 %	21,6	0,2	77,2	-	-
Argile	11,3 %	11,7	0	58,0	-	-

\* Sr est fortement associé à CaCO<sub>3</sub>, ce qui explique sa teneur naturelle variable. La contamination anthropogénique est difficile à déterminer précisément, mais elle semble faible.

TABLE 3 - TAUX DE CONTAMINATION MOYEN PAR STEP, TAUX DE CONTAMINATION REGIONAL  
ET INDEX DE POLLUTION

	Aïsy	Vengeron	Nyon	Rolle	Morges	Vidy	Pully	Lutry	Vevey	Montreux	Villeneuve	Dranse	Taux de cont. rég.
Pb	2,0	1,7	2,0	1,5	1,9	5,4	1,5	1,4	1,8	1,9	-	-	2,3
Hg	6,0	6,4	20,0	9,1	11,7	28,0	9,0	15,4	22,2	23,0	5,9	4,7	15,3
Cu	2,6	-	1,2	3,9	2,3	6,5	1,7	2,8	1,9	1,5	-	-	2,7
Zn	1,5	1,2	1,8	1,3	1,7	11,3	1,7	1,6	5,1	1,8	-	1,1	3,6
Ni	-	1,1	-	1,4	1,5	-	-	-	-	-	-	-	1,0
Co	1,8	2,3	1,4	1,7	1,2	1,7	1,5	1,5	1,6	1,4	1,5	1,2	1,5
Cr	-	-	-	1,2	1,3	2,2	1,3	1,6	1,2	1,1	-	1,2	1,3
Cd	2,0	1,8	1,8	1,6	3,3	14,8	+	2,2	3,8	2,6	1,6	1,9	4,6
Sn	-	-	+	-	1,2	3,7	-	-	1,1	1,4	-	-	1,4
Mo	-	-	+	+	+	2,0	-	-	-	-	+	+	1,3
P tot	NA	NA	1,1	1,1	1,3	4,1	1,3	-	-	1,2	NA	-	1,9
Index poll.	2,0	1,9	3,0	2,3	2,6	7,3	2,0	2,8	3,8	3,4	1,6	1,5	

+ : quelques échantillons ont une teneur enrichie

- : plus petit ou égal à la teneur naturelle

NA : non analysé. Lors du calcul de l'index, - et + ont été assimilés à 1,0.

TABLE 4 - CLASSEMENT DES CONTAMINANTS ET DES POINTS DE REJET

CONTAMINANTS

Rang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C <sub>r</sub>	15,3	4,6	3,6	2,7	2,3	1,9	1,5	1,4	1,3	1,3	1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Elém.	Hg	Cd	Zn	Cu	Pb	Ptot	Co	Sn	Cr	MO	Ni	Mn	Ba	V	B
	FORTE CONTAMINATION					CONTAMINATION MOYENNE					PAS DE CONTAMINATION				

POINTS DE REJET

P	Rang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Valeur	7,3	3,8	3,4	3,0	2,8	2,6	2,3	2,3	2,0	2,0	1,9	1,6
STEP	Vidy	Vevey Montreux Nyon Lutry Morges Rolle											
Zone d'inf.	TRES POLL.	MOYENNEMENT POLLUEE											
	FAIBLEMENT POLLUEE	Pully Aisy Venger. Villen. Dranse											

RAPPORT SUR L'ETUDE  
DES APPORTS ATMOSPHERIQUES AU LAC LEMAN

Campagne 1976

par B. Chassaing  
Centre de Recherches Géodynamiques  
Thonon-les-Bains

L'étude effectuée lors du premier programme quinquennal ( 1971 - 1975 ) a montré que les apports atmosphériques directs au Lac Léman ne devaient pas être négligés. Aussi, en 1976, avec la mise en place du deuxième plan quinquennal, cette étude a été poursuivie avec quelques modifications. Le nombre de stations réparties sur le pourtour du Léman passe de 12 à 4. Ce sont :

- Pully ( canton de Vaud )
- Chessel ( canton de Vaud )
- Thonon ( station C.R.G. )
- Genève ( Hôtel de Ville )

Les prélèvements et analyses ont été effectués 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.
- Laboratoire cantonal de chimie à Lausanne.
- Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon.

Comme les années précédentes, les analyses ont été effectuées sur les prélèvements mensuels après filtration à 0.45  $\mu$ .

L'attention a été particulièrement portée d'une part sur l'azote minéral et le phosphore, causes d'eutrophisation du Léman, d'autre part sur les sulfates indicateurs de pollution atmosphérique.

Les apports mensuels exprimés en mg/m<sup>2</sup> pour les stations de Pully, Chessel, Thonon et Genève figurent dans les tableaux 1 à 4. Dans le tableau No 5 sont reportées les valeurs moyennes annuelles de ces mêmes apports.

En 1976, comme les années précédentes, les apports mesurés sur la rive vaudoise du Léman sont plus importants que ceux mesurés à Genève et sur la rive française. La pollution atmosphérique semble particulièrement importante dans la région de Pully.

Les apports direct du lac Léman, calculés en extrapolant les mesures à l'ensemble du lac ( 582 km<sup>2</sup> ) et exprimés en tonnes, figurent dans le tableau suivant :

Année	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> en N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> en N	N min.	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> en P	P total	SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>
1973				1'327	90	119	4'470
1974				1'720	83	147	5'940
1975				1'187	59	110	5'550
1976	1'333	265	41	1'638	61	106	5'241

Sauf pour l'azote, il apparaît dans le tableau de chiffres une légère baisse des apports atmosphériques, par rapport aux années précédentes. Les valeurs les plus élevées avaient été observées en 1974.

En 1976, les apports en azote minéral représentent 32 % de l'apport des rivières ( 5'200 tonnes ) alors que l'apport de phosphore total vaut 14 % de l'apport estimé pour les mêmes cours d'eau ( 760 tonnes ).

La valeur élevée des écarts-types indique que l'évolution des apports totaux dans le Léman en fonction du temps semble peu évidente et pas très significative. Les influences locales jouent un rôle très important et de ce fait l'extrapolation des résultats obtenus à l'aide de 4 jauges, dont certaines situées en zone urbaine, à l'ensemble du lac ne peut être qu'approximative.

Pour les années à venir, il serait souhaitable de revoir l'emplacement des jauges.

L'étude de la rose des vents sur le pourtour du Léman s'impose, afin de déterminer les apports préférentiels à partir des rives et de pondérer l'importance des jauges, les unes par rapport aux autres.

---

Les tableaux récapitulatifs figurent en pages 183 et suivantes.

RAPPORT SUR L'ETUDE  
DES APPORTS ATMOSPHERIQUES AU LAC LEMAN

Campagne 1976

par B. Chassaing  
Centre de Recherches Géodynamiques

Thonon-les-Bains

L'étude effectuée lors du premier programme quinquennal ( 1971 - 1975 ) a montré que les apports atmosphériques directs au Lac Léman ne devaient pas être négligés. Aussi, en 1976, avec la mise en place du deuxième plan quinquennal, cette étude a été poursuivie avec quelques modifications. Le nombre de stations réparties sur le pourtour du Léman passe de 12 à 4. Ce sont :

- Pully ( canton de Vaud )
- Chessel ( canton de Vaud )
- Thonon ( station C.R.G. )
- Genève ( Hôtel de Ville )

Les prélèvements et analyses ont été effectués 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.
- Laboratoire cantonal de chimie à Lausanne.
- Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon.

Comme les années précédentes, les analyses ont été effectuées sur les prélèvements mensuels après filtration à 0.45  $\mu$ .

L'attention a été particulièrement portée d'une part sur l'azote minéral et le phosphore, causes d'eutrophisation du Léman, d'autre part sur les sulfates indicateurs de pollution atmosphérique.

Les apports mensuels exprimés en mg/m<sup>2</sup> pour les stations de Pully, Chessel, Thonon et Genève figurent dans les tableaux 1 à 4. Dans le tableau No 5 sont reportées les valeurs moyennes annuelles de ces mêmes apports.

En 1976, comme les années précédentes, les apports mesurés sur la rive vaudoise du Léman sont plus importants que ceux mesurés à Genève et sur la rive française. La pollution atmosphérique semble particulièrement importante dans la région de Pully.

Les apports direct du lac Léman, calculés en extrapolant les mesures à l'ensemble du lac ( 582 km<sup>2</sup> ) et exprimés en tonnes, figurent dans le tableau suivant :

Année	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> en N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> en N	N min.	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> en P	P total	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
1973				1'327	90	119	4'470
1974				1'720	83	147	5'940
1975				1'187	59	110	5'550
1976	1'333	265	41	1'638	61	106	5'241

Sauf pour l'azote, il apparaît dans le tableau de chiffres une légère baisse des apports atmosphériques, par rapport aux années précédentes. Les valeurs les plus élevées avaient été observées en 1974.

En 1976, les apports en azote minéral représentent 32 % de l'apport des rivières ( 5'200 tonnes ) alors que l'apport de phosphore total vaut 14 % de l'apport estimé pour les mêmes cours d'eau ( 760 tonnes ).

La valeur élevée des écarts-types indique que l'évolution des apports totaux dans le Léman en fonction du temps semble peu évidente et pas très significative. Les influences locales jouent un rôle très important et de ce fait l'extrapolation des résultats obtenus à l'aide de 4 jauges, dont certaines situées en zone urbaine, à l'ensemble du lac ne peut être qu'approximative.

Pour les années à venir, il serait souhaitable de revoir l'emplacement des jauges.

L'étude de la rose des vents sur le pourtour du Léman s'impose, afin de déterminer les apports préférentiels à partir des rives et de pondérer l'importance des jauges, les unes par rapport aux autres.

---

Les tableaux récapitulatifs figurent en pages 183 et suivantes.

## Partie D :

CHRONOLOGIE RECENTE  
DE LA POLLUTION DES SEDIMENTS1. Introduction

Le titre de cette partie était "Migration des métaux lourds dans la colonne sédimentaire", or il ne nous semble plus adéquat, aussi l'avons-nous remplacé par "Chronologie récente de la pollution des sédiments". Ce changement est motivé par le fait que, si migration il y a, elle n'est guère décelable à cette échelle et que, d'autre part, nous avons étendu l'étude aux nutriments qui reflètent bien l'évolution de l'eutrophisation du Léman.

Dans le but d'étudier le taux de sédimentation en quelques points du Léman et la répartition des principaux polluants, nous avons prélevé par plongeur trois carottes de 19 cm de diamètre sur 17,5 à 37 cm de longueur.

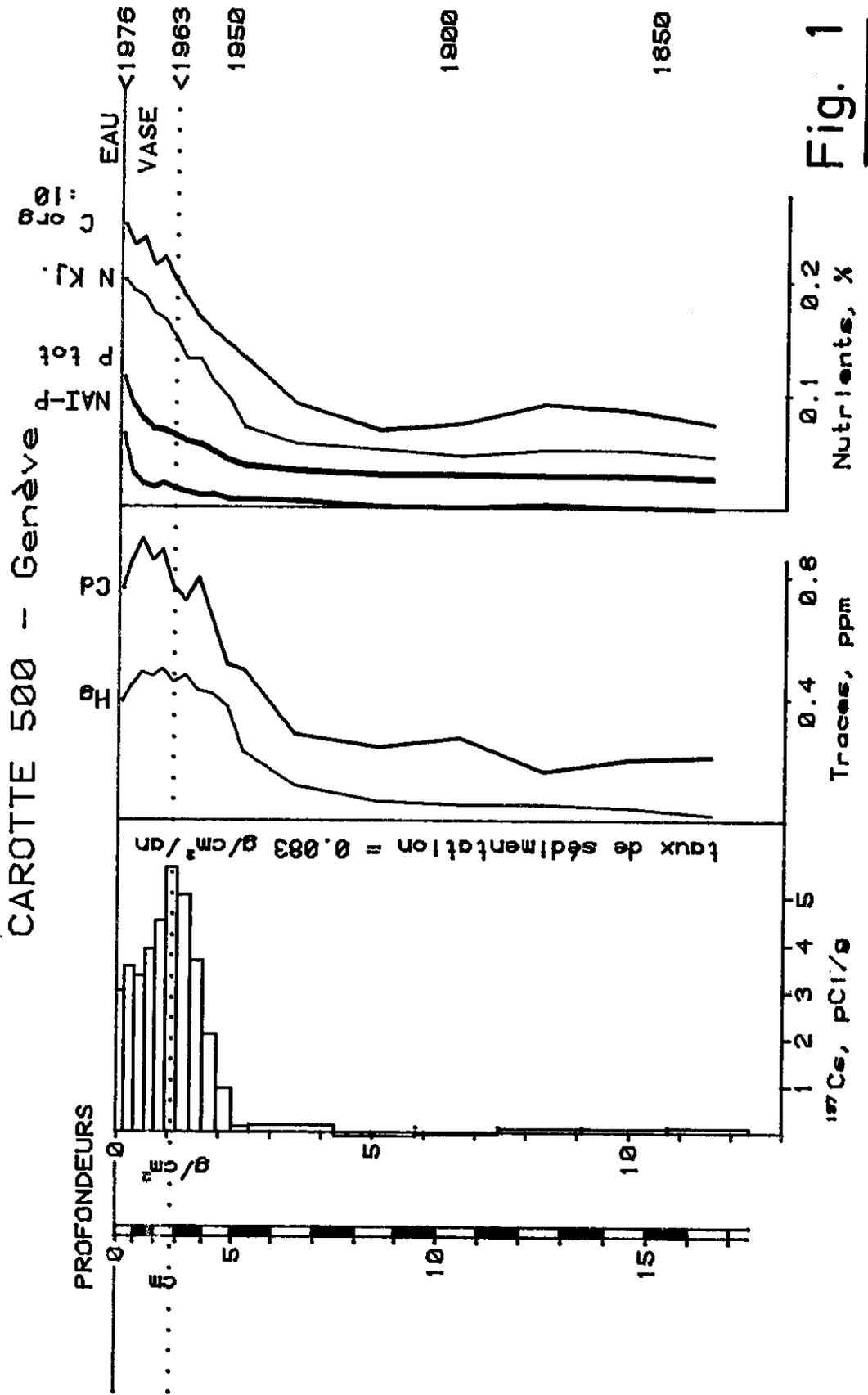
Chaque carotte a été débitée en tranches de 0,5, 1 puis 2 cm d'épaisseur immédiatement après le prélèvement.

L'isotope  $^{137}$  du césium présente un maximum de concentration dans les sédiments correspondant à 1963, année pendant laquelle les essais nucléaires dans l'atmosphère ont produit les plus fortes retombées. On peut ainsi déterminer le taux de sédimentation moyen et dater les différents niveaux de chaque carotte par intrapolation ou extrapolation.

La chronologie des contaminations est obtenue en examinant les variations verticales de concentrations en éléments polluants dans la carotte.

2. Paramètres analyses

- Teneur en eau
- Eh et pH
- Carbone organique et inorganique



**Fig. 1**

CAROTTE 500 - Genève

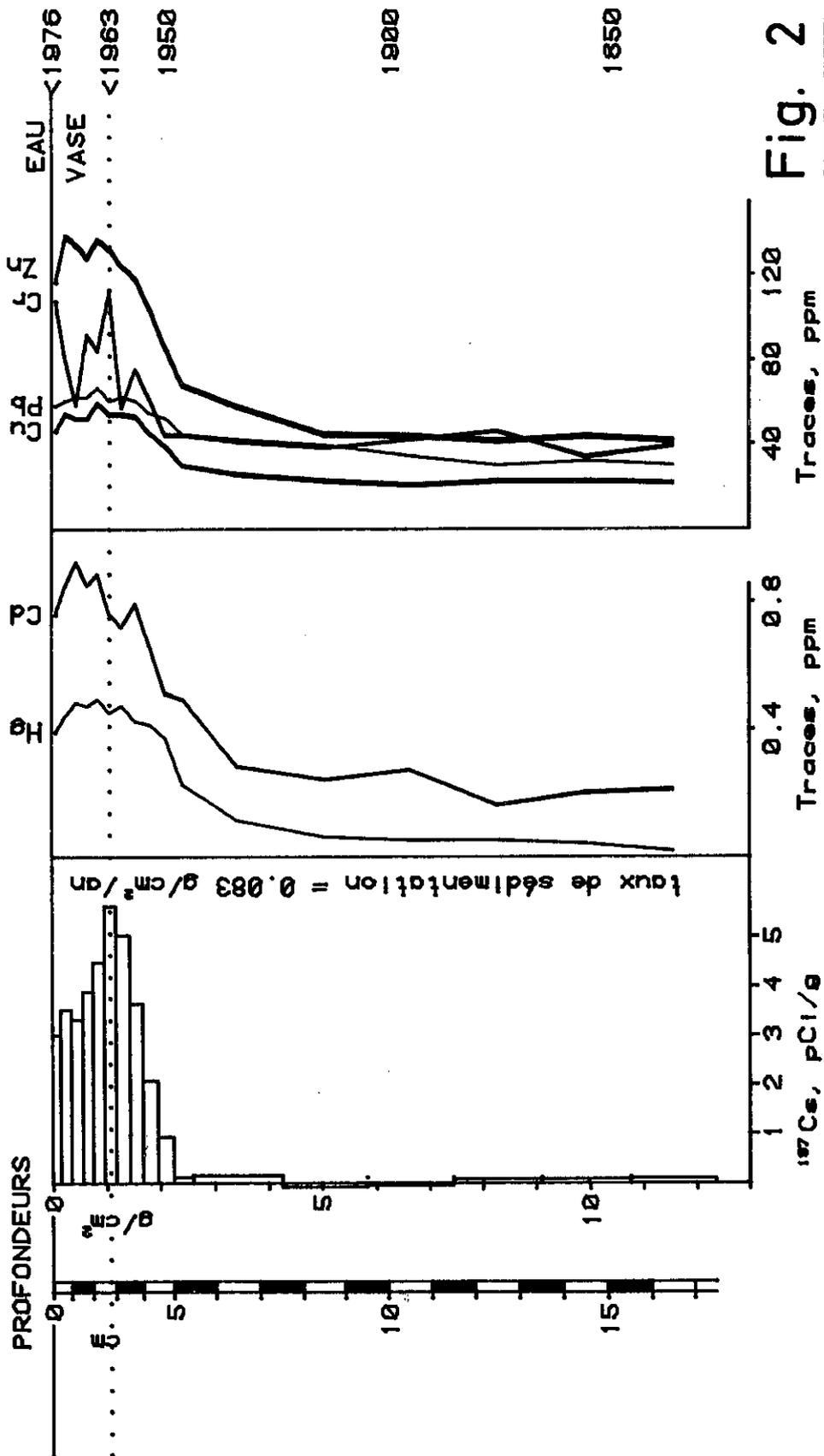


Fig. 2

- Isotope 137 du césium
- Phosphore total et ses différentes formes
- Azote Kjeldahl
- Eléments traces : mercure, cadmium, plomb, zinc, cuivre, chrome, vanadium, strontium, étain, nickel, cobalt, manganèse, barium, molybdène et bore.

### 3. Taux de sédimentation

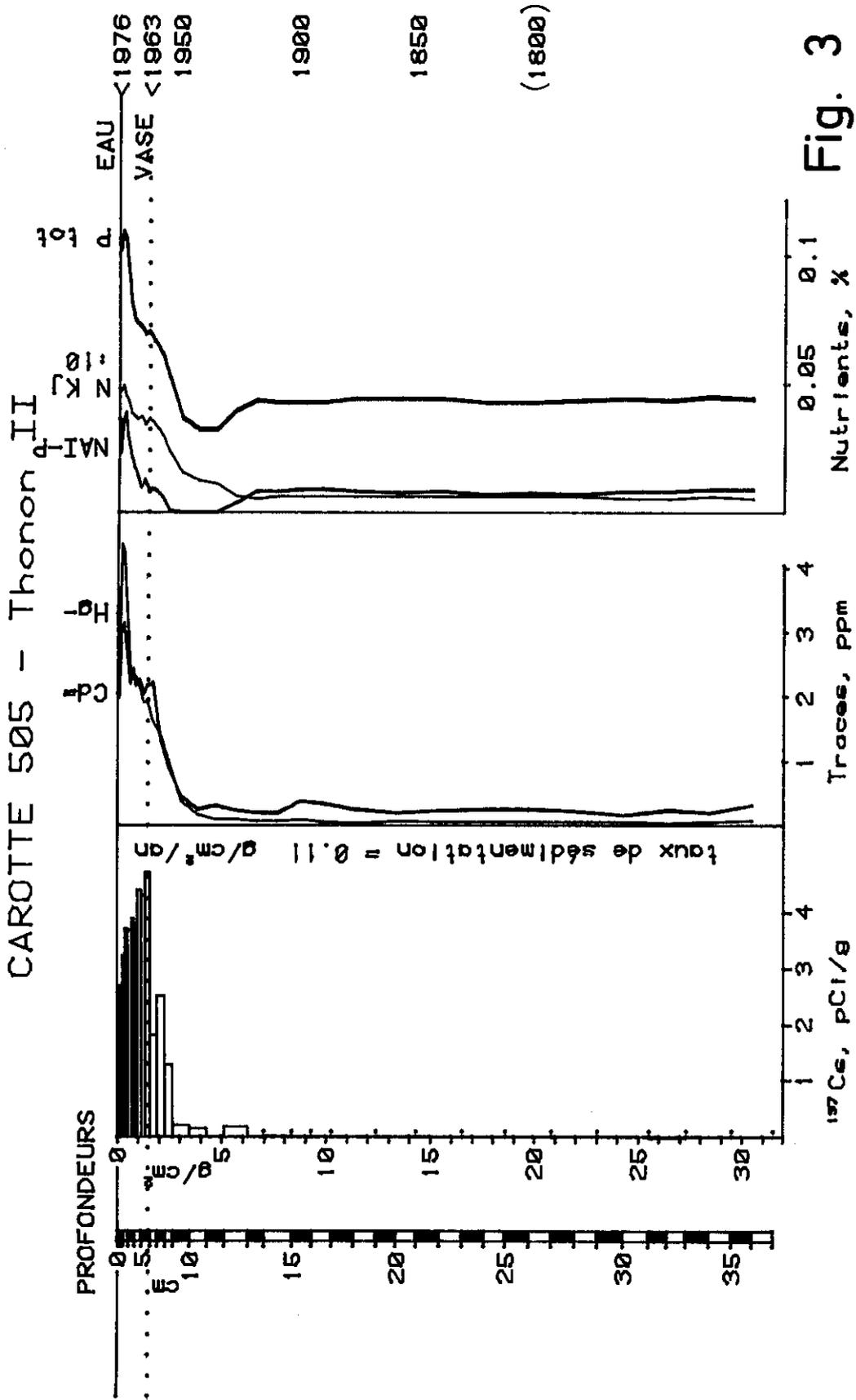
No.	Lieu	Bathymétrie (m)	Taux de sédimentation		Longueur	Nb. éch.
			cm/an	g/cm <sup>2</sup> /an		
500	Genève	18	0,21	0,083	17,5	17
505	Thonon	20	0,44	0,11	37	32
506	Morges	18	0,37	0,12	35	29

Si l'on corrige la valeur du taux de sédimentation en cm par an en tenant compte de la quantité de matière sèche effectivement déposée (g/cm<sup>2</sup>/an), la différence entre les deux valeurs extrêmes diminue sensiblement mais reste cependant assez nette. La région de Genève recevant moins d'apports détritiques que celles de Thonon ou de Morges, il n'est pas surprenant qu'on y constate un taux de sédimentation sensiblement inférieur.

### 4. Evolution des teneurs en mercure et cadmium (fig. 1 à 6)

Pour comparer les teneurs de carotte à carotte, il faut noter que les échelles ne sont pas identiques ; ainsi, les concentrations en mercure (Hg) et en cadmium (Cd) de l'époque 1800-1850 (teneurs naturelles ?) sont en gros les mêmes pour les trois sites géographiques, mais montent beaucoup plus haut en 1960-1970 à Thonon qu'à Morges ou Genève.

Mercure : Il est particulièrement intéressant de relever que dans les carottes de Genève et de Thonon (fig. 1 à 4), le maximum de contamination correspond à l'année 1972, tout comme pour les échantillons prélevés annuellement dans le Rhône valaisan et dosés par notre laboratoire. Pour la carotte de Morges, cependant, cette date ne correspond qu'à un maximum secondaire par le fait d'une autre contamination bien supérieure en 1930-1940, laquelle disparaît ou diminue vers 1950.



**Fig. 3**



Cadmium : A l'exception d'une teneur de base 4 à 5 fois plus élevée, cet élément suit une évolution identique à celle du mercure dans les carottes de Genève et de Thonon.

A noter enfin pour ces deux contaminants une diminution presque systématique des teneurs depuis 4 à 5 ans.

#### 5. Autres métaux lourds (fig. 2, 4 et 6)

Sur la vingtaine d'éléments traces dosés nous n'avons retenu que le Zn, le Pb, le Cr et le Cu qui montrent une évolution plus importante que celle des autres.

L'accroissement des 4 métaux lourds susmentionnés est très net au cours des dernières décennies. Particulièrement forte pour le zinc (Zn), il semble moins élevé pour le plomb (Pb, le plus toxique des 4) et assez variable spatialement pour le chrome (Cr) et pour le cuivre (Cu).

#### 6. Eutrophisation (fig. 1, 3 et 5)

Afin de permettre la représentation graphique simultanée de tous les nutriments présentés ici, nous avons divisé les concentrations de certains éléments par 10 (ex. : "C org : 10"). Dans ce cas, les valeurs effectives sont donc 10 fois plus élevées que celles qui apparaissent sur l'échelle inférieure.

Phosphore : La "Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution" ne nous a pas chargés de déterminer les différentes formes du phosphore. Nous avons cependant effectué ces analyses selon les méthodes mises au point par J. WILLIAMS du "Centre canadien des eaux intérieures", que nous avons eu la chance de pouvoir accueillir dans notre laboratoire pendant l'année universitaire 1976-1977 au titre de chercheur invité.

Pour ne pas surcharger les figures, nous n'y avons reporté que le phosphore total ("P tot") et la plus intéressante de ses formes, le "NA-IP". Cette abréviation désigne le phosphore inorganique ("IP") dont on a soustrait la forme naturelle d'origine géologique, l'apatite. ("NA-IP" = "Non-Apatite-Inorganic-Phosphorus").

L'intérêt de ce "NA-IP" réside dans le fait qu'il est dû uniquement à l'activité humaine ; il n'est donc pas surprenant que sa concentration soit nulle jusqu'en 1930 environ pour deux des trois sites étudiés (Genève, fig. 1 et Morges, fig. 5).

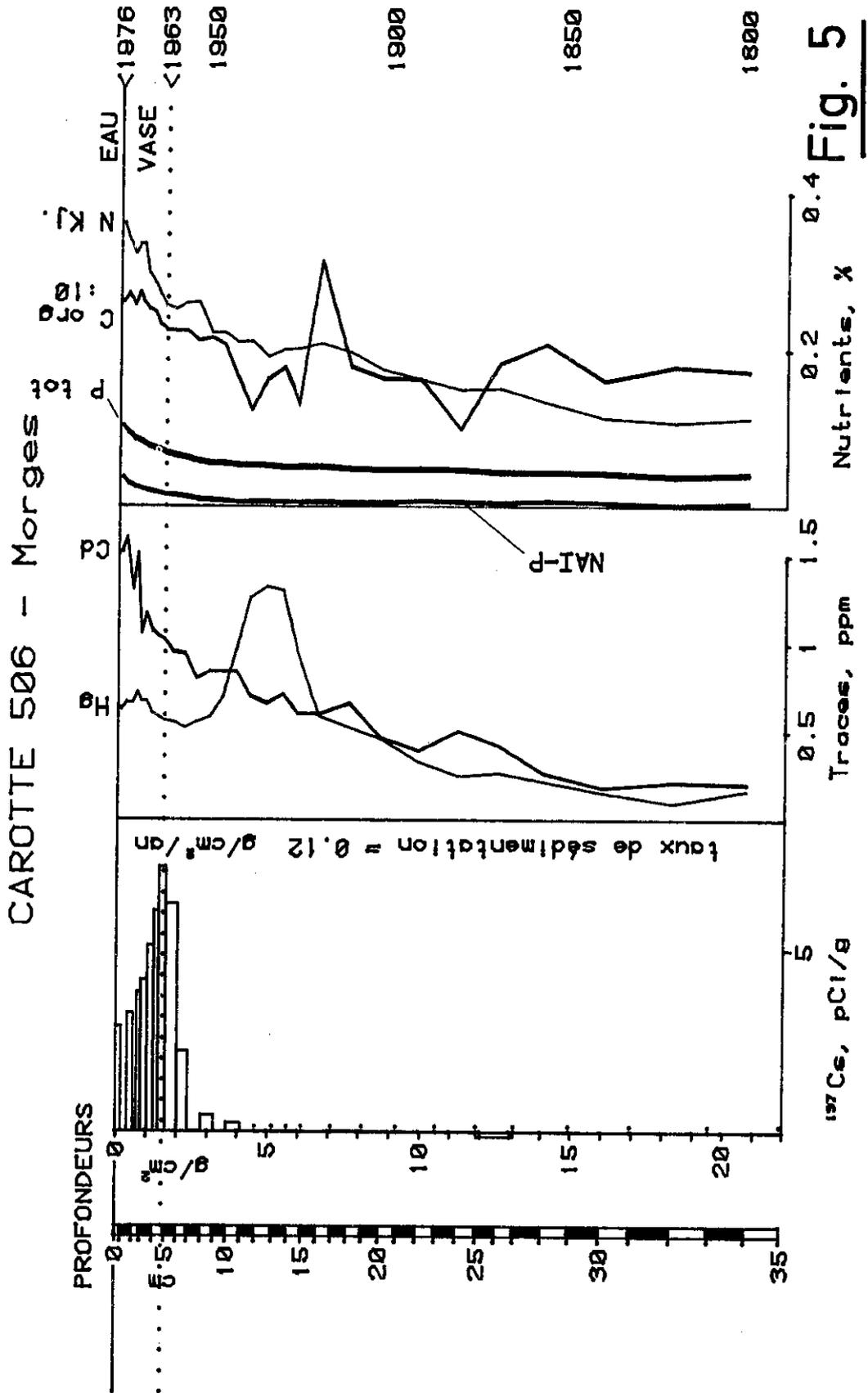
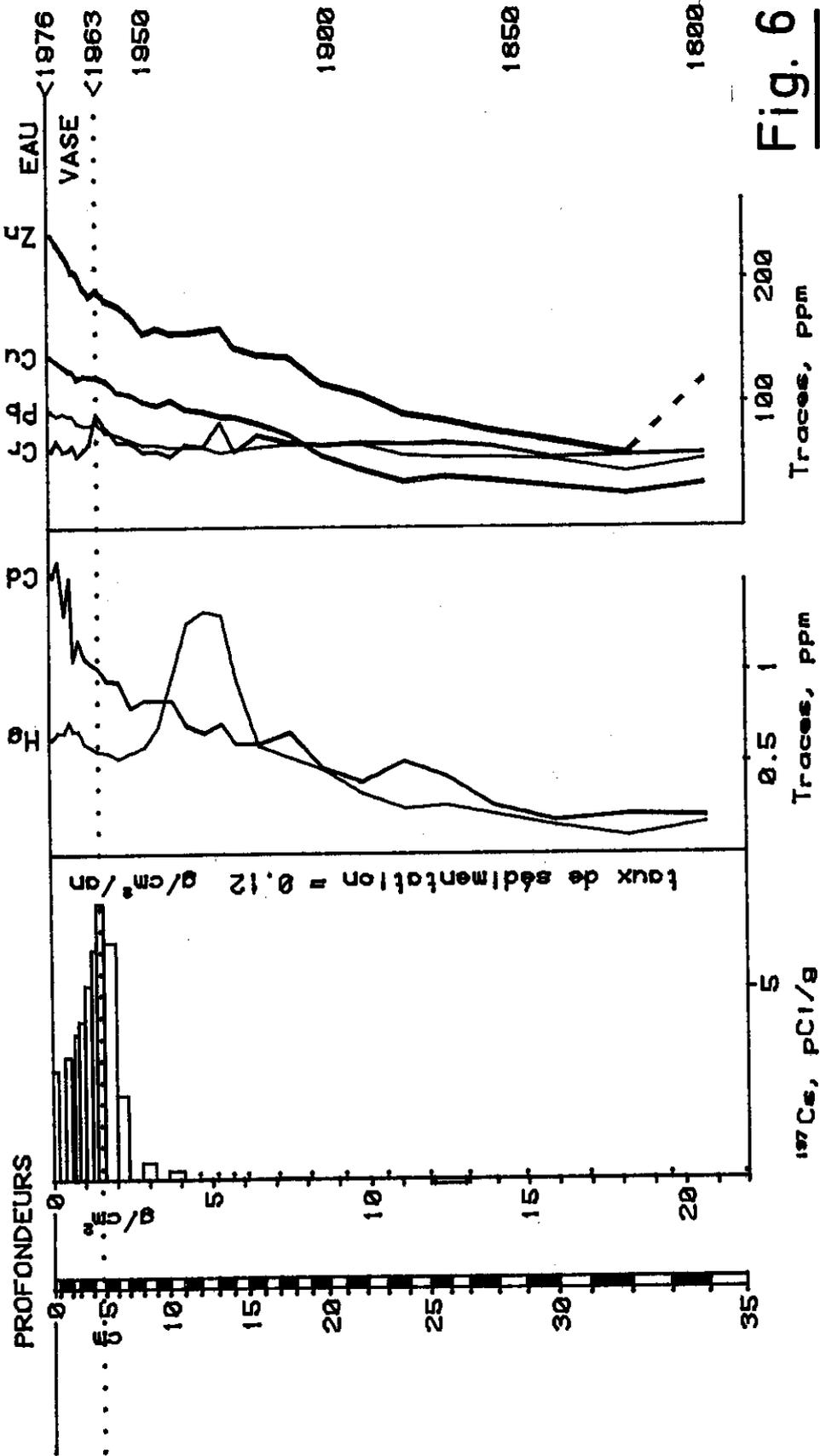


Fig. 5

CAROTTE 506 - Morges



Carbone organique (C org.) : Les fortes concentrations aux sommets des carottes sont dues essentiellement à l'eutrophisation. Cependant, cet élément subit également une minéralisation progressive par le fait de l'activité benthique. Les teneurs de la carotte de Thonon (fig. 3) n'ont pas pu être reportées, car elles sont presque exactement superposées à celles de "N Kj" à un facteur 10 près (C org. : 100 superposé à N Kj : 10).

Azote selon Kjeldahl (N Kj) : Il regroupe toutes les formes d'azote réduites (ammonium, amines, etc.) dont l'origine est la même que celle du carbone organique (décomposition de la matière vivante). C'est d'ailleurs la forme presque unique de l'azote dans les sédiments, particulièrement dans les sédiments eutrophes. On constate donc une évolution parallèle de cet élément et de celle du "C org.", l'azote étant environ 10 fois moins concentré. En outre, l'évolution des teneurs semble beaucoup plus régulière pour l'azote que pour le carbone (Morges, fig. 5).

## 7. Conclusions

- Les métaux lourds et les nutriments évoluent parallèlement. Les teneurs deviennent exponentielles dès 1950 environ.
  - Le facteur d'augmentation varie de 2 à 10 fois suivant les éléments. Il est maximum pour le mercure, le cadmium et le phosphore.
  - Le maximum de teneur en mercure et cadmium correspond à l'année 1972 environ. Dès cette date, on observe une diminution sensible ramenant le niveau actuel de contamination à celui des années soixante.
  - L'étude de nouvelles carottes permettra de préciser ces points et de suivre l'évolution ultérieure qui s'annonce favorable pour le mercure et le cadmium.
-

ETUDE DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN  
ET DU RHONE ENTRE GENEVE ET CHANCY

Campagne 1976

par Pierre Burkard  
Services Industriels de Genève  
Service des Eaux

Laboratoire

CONCLUSIONS

Les résultats des recherches entreprises en 1976 par la Sous-commission technique sur les affluents du Léman sont exceptionnels, dans le sens qu'ils démontrent un fléchissement général, souvent important, des apports au lac et, par voie de conséquence, des soldes des bilans établis en tenant compte de l'émissaire, le Rhône à Genève. Les faits saillants de cette évolution sont les suivants :

- Les apports en oxygène dissous ont été les plus faibles enregistrés depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique en 1964 - 55'300 tonnes contre 74'600 en moyenne pluriannuelle -. Etant donné que les pertes dues à l'émissaire - 57'960 tonnes - furent également faibles, le solde du bilan est loin d'être catastrophique. Il s'élève à une perte de l'ordre de 2'700 tonnes, valeur très proche de la moyenne pluriannuelle - 2'400 tonnes en solde négatif.

Le lac a dû fournir en 1976 près de 22'000 tonnes d'oxygène pour minéraliser les apports de ses affluents. En tenant compte du solde négatif du bilan précédemment mentionné, on arrive à une perte totale de l'ordre de 24'700 tonnes d'oxygène. Ce résultat classe 1976 parmi les années les plus favorables, la moyenne pluriannuelle s'élevant à - 31'700 tonnes.

- Les apports totaux en azote minéral total se sont, en 1976, élevés à 5'200 tonnes. Ce résultat est le plus favorable depuis 1968. En comptabilisant les pertes dues à l'émissaire, on obtient un solde positif de 3'350 tonnes d'azote, chiffre le plus bas depuis 1968 également. Pour les affluents où ce critère est analysé - le Rhône, la Drance, le Canal Stockalper et la Bouverette - les apports en azote organique - près de

1'500 tonnes en 1976 - semblent être relativement stables depuis 1972.

- Les apports en phosphore total de l'ensemble des affluents étudiés ont atteint en 1976 la valeur de 760 tonnes, contre 1'450 en 1975, 850 en 1974, 1'100 en 1973, 2'550 en 1972 ( chiffre trop élevé du fait de la surestimation des apports de la Drance ), 1'450 en 1971, 1'570 en 1970. Le solde positif du bilan du phosphore total, établi en défalquant les pertes dues à l'émissaire, s'est élevé à 480 tonnes en 1976. On constate une nette amélioration par rapport aux résultats de 1975 ( 970 tonnes ), 1973 ( 740 ), 1972 ( 2'300, chiffre surestimé ), 1971 et 1970 ( 1'170 ) et une similitude avec ceux de 1974 ( 430 tonnes ).
- Les apports en détergents - 192 tonnes en 1976 - sont également en baisse par rapport à ceux de l'année précédente - 260 tonnes - et ceux des années 1970 et 1973 ( environ 230 tonnes ). Ils sont comparables à ceux de 1974, 1968 et 1967.
- Le solde positif du bilan des chlorures a oscillé, entre 1972 et 1975, de 34'000 à 38'000 tonnes. Il n'atteint plus en 1976 que 19'200 tonnes.
- Les apports en potassium enfin accusent également en 1976 un fléchissement marqué : 7'000 tonnes contre 13'000 à 17'000 entre 1972 et 1975.

Ces diverses améliorations sont certainement en rapport avec la diminution générale des débits constatée en 1976, consécutive aux faibles précipitations.

Nous pensons qu'il convient d'attendre les résultats d'autres campagnes de recherches pour savoir si les résultats de 1976 s'inscrivent dans un contexte général d'amélioration de la situation dans le cadre des apports des affluents au Léman ou si, au contraire, l'année faisant l'objet du présent rapport n'est qu'une exception, ce qui serait évidemment fort préoccupant pour l'avenir de la santé du lac.

Par ailleurs, l'étude comparative des apports calculés, dans le cas du Rhône et de la Drance, d'une part à partir d'échantillons prélevés en continu et d'autre part sur la base de prélèvements instantanés a montré que, pour les éléments majeurs - calcium, magnésium, potassium, chlorures - les différences constatées sont minimes. Par contre, pour l'azote et le phosphore, la première méthode, certainement plus exacte pour autant que le stockage des échantillons pendant une semaine n'entraîne pas de modification de leur composition, conduit à des résultats plus faibles dans le cas du Rhône et légèrement plus élevés dans la Drance. Il conviendra de comparer encore pendant un certain temps les résultats fournis par les deux méthodes de prélèvement, avant de pouvoir se prononcer d'une façon définitive sur la validité des bilans des apports des affluents précédemment établis par la Sous-Commission technique.

---

Le rapport détaillé et les tableaux figurent en pages 189 et suivantes.

# ETUDE DE L'INTERFACE EAU-SEDIMENT DU LAC LEMAN

Campagne 1976

par Bernard Chassaing

avec la participation technique de G. Olivier (prélèvements)  
et A. Noir (analyses chimiques)

Centre de Recherches Géodynamiques  
74203 Thonon les Bains (France)

## 1. INTRODUCTION

Le Lac Léman fonctionne comme un véritable piège et accumule par sédimentation la majeure partie des éléments fertilisants et des éléments traces qui lui sont apportés. Cette accumulation ne conduit pas toujours à fossilisation. Les sédiments sont le siège des processus biochimiques de minéralisation de la matière organique produite dans l'épilimnion conduisant à la mise en solution d'éléments nutritifs ou toxiques. Il existe à la partie supérieure du sédiment une zone à teneur en eau très élevée. Cette eau interstitielle possède une composition différente de celle immédiatement sus-jacente.

La couche limite entre ces deux types d'eau constitue ce que l'on appelle plus communément l'interface eau-sédiment. L'étude des processus de minéralisation et des échanges qui peuvent avoir lieu à cet interface est donc d'une importance capitale pour juger de l'avenir du lac.

Le travail faisant l'objet de ce rapport est une ébauche de l'aspect physico-chimique du problème. Conformément au programme quinquennal nous avons effectué en 1976 deux campagnes de prélèvements pour analyse de l'eau du fond, du sédiment et de l'eau interstitielle.

## 2. METHODES DE PRELEVEMENTS

### 2.1. Sédiments

A la benne Ekman : les 10 premiers centimètres sont prélevés en sacs polyéthylène puis ficelés après en avoir chassé l'air.

### 2.2. Eau du fond

A l'aide du carottier Jenkins-Mortimer par siphonnage de l'eau surnageante.

### 2.3. Eau interstitielle

Après homogénéisation du sédiment l'eau interstitielle est extraite sur membrane filtrante à l'aide d'une presse sans piston fonctionnant à l'aide d'azote comprimé. (Reeburgh 1967). L'extraction est effectuée le plus rapidement possible après le prélèvement du sédiment. Ce dernier est conservé dans les sacs polyéthylène au réfrigérateur (4-6°C).

## 3. METHODES D'ANALYSES CHIMIQUES

### 3.1. Sédiment

Après séchage à 105°C le sédiment est finement broyé. On opère ensuite une fusion au borate de lithium ( $H_3BO_3 + Li_2CO_3$ ) en creuset de platine. Le résultat de cette fusion est repris par l'acide chlorhydrique dilué. La solution obtenue sert au dosage des éléments par absorption atomique sauf pour le titane et le phosphore dosés par colorimétrie.

L'azote total a été dosé par la méthode de Kjeldal.

### 3.2. Eau

Les analyses ont été effectuées par les méthodes classiques utilisées dans le programme d'auscultation du Léman, les échantillons étant filtrés sur membrane à 0,45  $\mu$ .

## 4. RESULTATS

Les prélèvements ont été effectués au printemps et en automne pour 12 stations réparties sur l'ensemble du Léman. Ces stations ont été ou sont encore utilisées dans l'étude d'auscultation du Léman.

Le sédiment présentait une couche superficielle oxydée de couleur brun clair à gris clair sauf pour les prélèvements à la station SHL<sub>2</sub> le 12 mai et à la station VD<sub>4</sub> le 4 octobre où le sédiment était franchement noir depuis la surface.

Les résultats des analyses physicochimiques figurent dans les tableaux 1, 2 et 3. Leur observation permet de tirer les conclusions suivantes :

#### 4.1. Eau du fond

Pour une même saison il n'existe pas de relation entre la composition chimique de l'eau du fond et la profondeur aux différentes stations. Les eaux semblent plus minéralisées au fond en automne (fin de la stratification) qu'au printemps (fin de la période de mélange) en particulier pour les éléments d'origine biologique, COT, SiO<sub>2</sub>,..., toutefois les écarts observés ne sont pas significatifs.

#### 4.2. Sédiments

Comme pour les eaux du fond la composition physicochimique des sédiments ne subit pas de variation importante due à la position ou à la saison lors du prélèvement.

#### 4.3. Eau interstitielle

Comme pour les autres analyses il n'y a pas de relation évidente entre la composition chimique et la profondeur des prélèvements. Les valeurs obtenues en automne sont légèrement supérieures à celles du printemps, mais les écarts observés sur les moyennes ne permettent pas de différencier les deux séries de mesures.

Dans la suite nous considérerons donc les moyennes interstations sur les deux campagnes (tableau n° 4).

### 5. INTERPRETATION DES RESULTATS

Dans tous les calculs qui vont suivre nous considérons que le fond du Léman a une superficie de 600 km<sup>2</sup>. Pour une épaisseur de 10 cm le volume du sédiment "actif" est de  $6 \cdot 10^{10}$  litres. Le sédiment contenant en moyenne 85 % d'eau en volume, le volume d'eau interstitielle de cette tranche de sédiment est de  $5,1 \cdot 10^{10}$  litres. Le poids du sédiment sec (densité de 2,6 (Meybeck)) est alors de  $23,4 \times 10^6$  tonnes.

A l'aide de ces données nous pouvons calculer la répartition des éléments à l'interface eau-sédiment en particulier pour les éléments nutritifs :

	C organique tonnes	N total tonnes	P total tonnes	C/N	N/P
Sédiment total	$9 \times 10^5$ *	$5,4 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	16,7	2,4
Eau interstitielle	169	122**	33	1,4**	3,7**
Eau du fond	-	-	-	2,1**	7,3**

\* perte à 600°C x 0,6 ; \*\* N minéral total

Bien que les concentrations dans l'eau interstitielle soient élevées par rapport à celles observées dans l'eau du fond (tableau n° 4) il apparaît que les tonnages contenus à l'état dissous dans l'eau interstitielle sont pratiquement négligeables par rapport à ceux stockés dans le sédiment. Le sédiment joue donc bien encore son rôle de piège pour les fertilisants en particulier pour le phosphore.

En considérant une sédimentation moyenne de 5 mm/an (Meybeck), environ 1100 t/an de phosphore total d'origine détritique et biologique sont fossilisées dans le Léman.

Cette valeur est à comparer au bilan en phosphore total du Léman établi pour la période 1957-1973 (Chassaing et al), et de la production nette du Léman (Pelletier) de 120000 t/an de carbone qui correspond à l'assimilation d'environ 3000 t/an de phosphore.

Phosphore total	Période 1957-1973 (Tonnes)	Variations annuelles (Tonnes/an)
Entrées dans le lac *	14000	820
Sorties à l'exutoire	4000	240
Stockage dans l'eau	6000	350
Rétention dans le sédiment	4000	240

\* Phosphore total dissous

Cependant par son eau interstitielle le sédiment constitue une source en éléments nutritifs pour le lac. En effet le gradient de concentration existant entre l'eau interstitielle et l'eau sus-jacente permet le passage des éléments dissous du sédiment à l'eau du lac.

En négligeant les phénomènes de convection vu la grande profondeur du lac il est possible de calculer un flux  $F$  de phosphore par diffusion verticale. Nous appliquerons la première loi de Fick, en admettant un coefficient de diffusion  $D = 10^{-6} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  (Imboden), et un gradient de concentration linéaire sur une hauteur  $h = 10 \text{ cm}$  d'où :

$$F = 0,049 \text{ mgP m}^{-2} \text{ j}^{-1}$$

En considérant une superficie de  $600 \text{ km}^2$  pour les fonds lacustres, 11 tonnes/an environ de phosphore diffuseraient du sédiment vers l'hypolimnion.

L'effet de ce flux du sédiment sur le bilan en éléments dissous peut être illustré en considérant les changements de concentration consécutifs aux variations des apports. En considérant que les débits liquides d'entrée et de sortie ainsi que le volume  $V$  du lac restent constants, un changement de concentration d'un élément dissous des apports conduit à un changement de la concentration dans l'eau du lac,  $C$ , de cet élément. Cette concentration  $C$  varie en fonction du temps suivant l'équation (Lerman et al) :

$$C = \frac{E/A_0 + kI}{Q_S/A_0 + k} + \left( C_0 - \frac{E/A_0 + kI}{Q_S/A_0 + k} \right) \times \exp \left( - \frac{Q_S/A_0 + k}{V/A_0} t \right)$$

avec :

C = concentration dans l'eau du lac

C<sub>0</sub> = valeur de C pour t = 0

E = entrée annuelle en élément dissous

A<sub>0</sub> = Superficie du lac = 582 km<sup>2</sup>

k =  $\frac{D}{h}$  = facteur linéaire de diffusion

I = concentration de l'élément dans l'eau interstitielle

Q<sub>S</sub> = débit du lac à la sortie

V = volume du lac

En considérant l'état du Léman en 1975 pour le phosphore :

$$C_0 = 86 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$E = 1500 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1} = 1500 \times 10^9 \text{ mg an}^{-1}$$

$$A_0 = 582 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$E/A_0 = 2,6 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$k = \frac{10^{-6}}{10} = 10^{-7} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$I = 650 \text{ mg m}^{-3}$$

$$Q_S = 240 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 7,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$$

$$Q_S/A_0 = 13 \text{ m} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$V = 89 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

On admet que la concentration dans l'eau interstitielle I ne varie pas au cours du temps.

L'expression de la concentration en phosphore devient alors :

$$C = \frac{E/A_0 + 20,8}{13,032} + (86 - \frac{E/A_0 + 20,8}{13,032}) \times e^{-0,087 t}$$

Nous avons reporté dans le tableau suivant la concentration en phosphore exprimée en mg/m<sup>3</sup> calculée en fonction du temps pour différentes valeurs de l'apport en phosphore dissous.

E T.an <sup>-1</sup> t an	3000	2000	1500	750	500	250	0
0 (1975)	86	86	86	86	86	86	86
5	196	149	126	91	79	68	56
10 (1985)	267	190	152	94	75	56	37
20	343	234	179	98	71	44	16
30	374	252	191	99	69	38	8
40	388	260	196	100	68	36	4
50	393	263	198			35	3
60	395	264	199				2
70	396	265					
80	397						
limite pour t infini	397	265	199	100	68	35	2

En maintenant les apports en phosphore au niveau actuel (1500 t/an) la concentration en phosphore dans le Léman en 1985 serait de 152 mg/m<sup>3</sup>. En ramenant brutalement ces derniers à 50 % de leur valeur actuelle (750 t/an) la concentration en phosphore dans le Léman serait encore de 94 mg/m<sup>3</sup> en 1985. Pour retrouver la teneur des années 60 (20 mg/m<sup>3</sup>) il faudrait une vingtaine d'années d'apports nuls.

## 6. CONCLUSION

L'étude physicochimique des 10 premiers centimètres du sédiment et de l'eau en relation avec lui montre qu'il n'y a pas de relation évidente entre ces paramètres et la profondeur pour les stations étudiées. On peut déduire de ces analyses des teneurs moyennes extrapolables à l'ensemble du lac. Il existe un gradient de concentration entre l'eau interstitielle et l'eau du fond du lac. Ce gradient est le plus élevé pour les éléments participant au cycle biologique du lac : silice, azote, phosphore, carbone, soufre. La connaissance de ce gradient permet d'évaluer la participation des apports en phosphore par le sédiment à environ 11 t/an, le sédiment restant encore un piège pour le phosphore (1100 t/an) d'origine détritique et dissoute.

Sans tenir compte de la dynamique particulière des eaux ni des conditions climatiques il est possible d'établir un modèle mathématique simplifié du Léman. En maintenant les apports en phosphore au niveau de 1975 (1500 t/an) la concentration de cet élément dans l'eau du lac passerait en 1985 à 152 mg/m<sup>3</sup> soit pratiquement le double de la valeur actuelle.

## REFERENCES

- CHASSAING B., OLIVE Ph., PELLETIER J.P., SIWERTZ E., 1975. Evolution biogéochimique du Lac Léman de 1957 à 1973 (III). Arch. Sc. Genève, 28, 2, 203-216.
- IMBODEN D.M., 1973. Limnologische transport-und Nährstoffmodelle. Schweiz. Z. Hydrol., 35, 29-68.
- MEYBECK M., 1971. Bilan hydrochimique et géochimique du Lac Léman. Thèse, Université de Paris VI, 245 p., 56 fig., 30 tabl.
- LERMAN A., BRUNSKILL G.J., 1971. Migration of major constituents from lake sediments into lake water and its bearing on lake water composition. Limnology and Oceanography, 16, 6, 880-890.
- REEBURGH, 1967. An improved interstitial water sampler. Limnology and Oceanography, 12, 1, 163-165.

		ng/l													
Repérage	C.O.T.	SiO <sub>2</sub>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> en N	Sr <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> en N	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> en P	P total
12.05.76 SHL 2	1,60	1,52	45,5	6,14	3,46	1,40	0,266	0,47	5,53	53,6				0,024	0,041
" VD 4	2,26	0,42	46,0	6,37	3,25	1,33	0,006	0,49	4,12	52,4				0,055	0,077
" SHL 1	2,21	1,62	46,6	6,42	3,30	1,35	0,015	0,50	3,98	51,0				0,052	0,076
" SHL 6	2,04	1,12	46,1	6,33	3,62	1,41	0,024	0,48	4,45	52,6				0,130	0,156
19.05.76 VD 2	0,32	1,32	45,0	6,46	3,57	1,40	0,025	0,49	5,81	52,6				0,063	0,074
" VS 4	0,24	1,18	44,7	6,33	3,51	1,35	0,053	0,47	4,37	51,8				0,040	0,057
" CRG 23	0,20	1,80	45,3	6,39	3,39	1,40	0,066	0,49	4,86	51,2				0,064	0,084
" CRG 24	0,73	4,34	47,8	6,46	3,04	1,47	0,078	0,50	3,60	50,8				0,044	0,067
15.06.76 CRG 3	0,72	2,58	45,7	6,32	3,28	1,43	0,008	0,48	3,93	52,1	111,3	0,42	0,004	0,055	0,104
" VD 5	0,63	1,08	45,2	6,38	3,46	1,36	0,006	0,49	4,11	49,4	108,6	0,47	0,005	0,043	0,097
" GE 3	0,52	1,92	45,2	6,38	3,34	1,34	0,008	0,48	3,98	54,1	109,3	0,45	0,006	0,069	0,103
" CRG 6	1,10	1,80	44,7	6,36	3,68	1,34	0,006	0,48	4,13	51,3	109,3	0,39	0,003	0,091	0,146
Moyenne	1,05	1,72	45,65	6,36	3,41	1,38	0,047	0,49	4,41	51,91				0,061	0,090
Ecart-type	0,78	0,98	0,89	0,08	0,18	0,04	0,074	0,01	0,67	1,28				0,027	0,034
04.10.76 VD 4	1,91	2,92	53,6	6,53	4,10	1,76	3,65	0,54	4,18	61,1	144,9	0,21	0,016	0,090	0,112
" SHL 2	1,08	3,66	46,4	6,39	3,25	1,75	0,122	0,50	3,65	54,1	116,1	0,28	0,005	0,108	0,122
" SHL 6	1,07	1,96	45,7	6,36	3,48	1,46	0,023	0,50	4,07	53,5	109,8	0,46	0,003	0,082	0,094
" SHL 1	1,24	2,66	45,2	6,23	3,35	1,39	0,083	0,48	4,02	57,1	108,3	0,42	0,009	0,042	0,054
06.10.76 VD 5	1,85	2,00	46,2	6,34	3,44	1,42	0,282	0,50	3,93	55,8	112,7	0,38	0,037	0,080	0,097
" CRG 6	1,90	2,16	45,5	6,24	3,46	1,37	0,130	0,50	4,02	56,0	108,8	0,48	0,027	0,076	0,088
" GE 3	1,47	3,62	47,0	6,34	3,60	1,41	0,168	0,50	4,02	50,7	115,2	0,46	0,027	0,108	0,122
" CRG 3	1,39	2,18	45,0	6,30	3,36	1,39	0,031	0,49	3,97	55,7	107,4	0,34	0,009	0,073	0,083
08.10.76 VD 2	1,69	1,72	48,4	6,53	3,62	1,43	0,037	0,53	4,22	57,6	107,4	0,44	0,006	0,036	0,060
" CRG 23	1,71	1,54	43,2	6,19	3,61	1,36	0,206	0,49	4,42	56,8	101,3	0,30	0,005	0,008	0,026
" CRG 24	1,77	2,92	45,2	6,23	3,36	1,40	0,224	0,49	3,93	57,4	110,3	0,36	0,007	0,008	0,024
Moyenne	1,55	2,49	46,49	6,34	3,51	1,47	0,451	0,50	4,04	55,98	112,9	0,38	0,014	0,065	0,080
Ecart-type	0,32	0,73	2,69	0,12	0,23	0,16	1,064	0,02	0,20	2,65	11,4	0,09	0,011	0,036	0,035
Moyenne	1,29	2,09	46,05	6,35	3,32	1,42	0,24	0,49	4,23	53,86				0,063	0,085
Ecart-type	0,65	0,93	1,97	0,10	0,68	0,11	0,75	0,02	0,53	2,89				0,031	0,034

Tableau n° 1 : COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DU FOND

Repérage	mg/l													P total	
	C.O.T.	SiO <sub>2</sub>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> en N	Sr <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> en N		PO <sub>4</sub> en P
12.05.76 SHL	7,67	29,7	49,6	6,46	3,58	2,18	2,84	0,54	4,61	15,2				0,220	0,400
" VD	3,45	24,8	60,1	7,44	4,74	2,42	2,26	0,56	-	14,8				0,780	0,970
" SHL	2,20	30,6	56,0	7,30	3,62	2,54	1,18	0,58	4,02	23,6				0,430	0,590
" SHL	1,80	12,2	57,0	6,68	4,36	2,24	0,74	0,58	4,67	50,8				0,140	0,310
19.05.76 VD	2,38	16,4	55,6	6,76	5,48	2,20	1,16	0,58	5,02	23,7				0,500	0,720
" VS	3,07	14,5	60,0	7,00	5,08	2,14	0,82	0,58	5,06	36,4				0,860	1,090
" CRG 23	2,95	24,0	63,6	6,90	4,72	2,66	4,40	0,60	4,62	13,0				0,440	0,630
" CRG 24	3,95	36,1	51,6	6,90	4,84	2,64	3,52	0,54	3,42	5,5				0,620	0,840
15.06.76 GE	1,32	33,0	58,4	7,07	4,00	2,81	2,90	0,57	7,70	17,3				0,400	0,700
" CRG	1,62	26,7	57,6	7,07	3,72	2,91	2,24	0,57	3,92	15,1				0,470	0,860
" VD	2,07	21,0	61,1	6,56	4,03	2,43	1,04	0,57	4,40	37,4				0,070	0,220
" CRG	3,00	18,2	55,0	6,50	4,12	2,66	1,62	0,53	5,08	18,0				0,400	0,720
Moyenne	2,96	23,9	57,13	6,89	4,36	2,49	2,06	0,57	4,78	22,57				0,444	0,671
Ecart-type	1,68	7,6	3,95	0,31	0,61	0,26	1,17	0,02	1,10	12,84				0,235	0,261
04.10.76 VD	3,1	30,2	70,4	8,12	5,07	3,69	6,30	0,73	4,90	24,5	267,9	0,09		1,56	1,66
" SHL	3,8	35,5	56,1	7,04	3,19	2,69	4,02	0,60	3,36	7,3	234,7	0,11		0,12	0,23
" SHL	2,98	18,2	62,1	7,25	4,32	2,48	1,08	0,63	4,91	46,0	177,6	0,09		0,31	0,43
" SHL	3,4	32,7	50,5	6,41	3,77	2,82	1,85	0,52	4,12	8,7	194,2	0,04		1,03	1,18
06.10.76 VD	3,4	20,9	60,2	7,09	4,52	2,65	0,98	0,61	5,02	49,1	168,8	0,08		0,45	0,62
" CRG	2,35	21,3	61,6	7,05	4,19	2,61	0,99	0,63	4,49	51,3	160,1	0,07		0,26	0,39
" GE	2,07	28,5	56,5	6,76	4,02	2,69	1,57	0,58	4,39	36,3	178,1	0,06		0,75	0,86
" CRG	2,65	37,3	52,0	6,97	3,42	2,77	1,63	0,52	3,64	8,4	201,5	0,09		0,99	1,09
08.10.76 VD	5,4	21,2	58,5	6,97	4,60	3,21	1,14	0,62	5,00	6,2	220,1	0,06	0,004	0,30	0,35
" CRG 23	9,3	34,3	68,1	8,49	5,07	3,76	5,96	0,75	4,83	4,1	285,5	0,05	0,007	0,019	0,084
" CRG 24	1,95	40,0	59,8	7,95	3,99	3,49	4,81	0,67	3,65	7,1	262,5	0,06	0,008	0,16	0,24
" VS	3,6	19,0	60,2	7,42	4,05	2,59	0,92	0,61	4,59	6,2	228,9	0,04	0,005	0,26	0,29
Moyenne	3,67	27,43	59,67	7,26	4,18	2,95	2,60	0,62	4,41	21,27	215,0	0,07	0,04	0,52	0,62
Ecart-type	2,00	7,64	5,75	0,63	0,58	0,46	2,06	0,07	0,59	19,05	41,7	0,02		0,47	0,48
Moyenne	3,31	26,10	58,40	7,07	4,27	2,72	2,33	0,60	4,58	21,92				0,48	0,65
Ecart-type	1,84	7,87	4,99	0,52	0,59	0,44	1,66	0,06	0,87	15,90				0,36	0,38

Tableau n° 2 : COMPOSITION CHIMIQUE DE L'EAU INTERSTITIELLE

Repérage	Profondeur en m	Teneur en eau	Fraction < 40 µ	Fraction > 40 µ	Perte à 1000 °C	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N total	Perte à 600 °C
12.05.76	SHL 2	164	76,95	23,05	23,35	21,23	3,13	0,48	1,46	3,52	0,14	7,77	38,74	0,43	0,18	0,14	7,05
"	VD 4	242	85,43	14,57	17,90	14,10	2,54	1,07	2,07	4,23	0,06	10,38	45,65	0,45	0,22	0,23	6,35
"	SHL 1	425	99,48	0,52	23,10	20,46	2,53	0,63	2,01	4,19	0,15	9,61	36,00	0,39	0,24	0,16	6,95
"	SHL 6	153	51,35	48,65	24,45	23,24	1,80	0,80	1,25	2,44	0,04	6,29	38,74	0,33	0,17	0,18	6,35
19.05.76	VD 2	146	95,64	3,36	15,20	13,37	3,23	1,38	2,64	4,66	0,06	12,39	47,63	0,55	0,20	0,25	5,50
"	VS 4	116	55,69	44,31	28,20	29,49	2,22	0,51	1,29	2,49	0,04	5,82	31,03	0,29	0,17	0,32	6,05
"	CRG 23	108	88,76	11,24	12,60	8,62	2,83	1,16	2,53	3,97	0,05	10,48	41,04	0,50	0,17	0,13	4,00
"	CRG 24	196	97,69	2,31	19,40	16,99	3,24	0,78	2,13	4,32	0,19	10,24	42,13	0,49	0,21	0,22	6,35
15.06.76	CRG 3	47	99,46	0,54	22,85	20,52	2,47	0,66	2,01	4,06	0,11	9,84	35,82	0,40	0,21	0,35	7,25
"	VD 5	186	94,32	5,68	16,95	15,43	2,72	1,08	2,25	4,58	0,08	10,92	45,98	0,49	0,18	0,31	5,15
"	GE 3	384	97,16	2,84	26,30	25,58	2,05	0,55	1,56	3,66	0,07	7,86	33,65	0,34	0,22	0,29	7,80
"	CRG 6	309	94,91	5,09	24,25	24,04	2,04	0,67	1,52	3,06	0,07	8,13	38,44	0,37	0,21	0,18	7,00
Moyenne		206	81,5		21,21	19,42	2,57	0,81	1,89	3,76	0,09	9,14	39,57	0,42	0,20	0,23	6,32
Ecart-type		114	24,3		4,75	5,91	0,48	0,29	0,45	0,75	0,05	1,97	5,13	0,08	0,02	0,07	1,04
04.10.76	VD 4	246	94,84	5,16	19,55	13,93	2,55	0,94	2,09	5,07	0,06	10,44	46,03	0,50	0,35	0,22	9,30
"	SHL 2	146	95,00	5,00	22,75	20,62	3,02	0,47	1,50	3,42	0,13	7,80	38,74	0,42	0,19	0,16	4,95
"	SHL 6	163	65,53	34,47	24,55	23,88	1,96	0,69	1,24	2,84	0,05	6,51	37,04	0,36	0,19	0,20	5,25
"	SHL 1	420	98,75	1,25	24,90	21,26	2,35	0,57	1,77	3,74	0,19	8,73	34,94	0,37	0,31	0,14	7,30
06.10.76	VD 5	251	96,62	3,38	19,55	16,22	2,63	0,94	2,08	4,00	0,07	10,42	42,23	0,47	0,24	0,27	6,70
"	CRG 6	295	96,68	3,32	25,15	23,72	1,98	0,64	1,54	3,48	0,08	7,97	34,22	0,37	0,21	0,19	8,80
"	GE 3	371	97,57	2,43	27,05	25,14	1,98	0,52	1,55	3,30	0,07	7,88	31,86	0,34	0,22	0,21	9,29
"	CRG 3	387	99,07	0,93	23,45	20,92	2,49	0,68	2,05	4,06	0,14	9,54	36,06	0,42	0,25	0,19	8,95
08.10.76	VD 2	102	95,15	4,85	13,05	11,43	3,70	1,60	2,86	4,14	0,07	12,88	49,03	0,55	0,19	0,14	4,60
"	CRG 23	110	94,70	5,30	11,85	9,86	3,38	1,60	3,09	5,45	0,07	13,13	50,91	0,63	0,22	0,15	4,90
"	CRG 24	256	92,74	7,26	21,45	17,64	2,84	0,79	2,10	4,29	0,14	9,67	40,98	0,47	0,24	0,26	6,05
"	VS 4	88	52,59	47,41	29,00	32,15	2,22	0,42	1,10	2,11	0,04	5,50	29,93	0,25	0,18	0,53	5,50
Moyenne		236	89,9		21,86	19,73	2,60	0,82	1,91	3,82	0,09	9,21	39,33	0,43	0,23	0,22	6,79
Ecart-type		116	14,8		5,20	6,31	0,56	0,40	0,60	0,91	0,05	2,31	6,67	0,10	0,05	0,11	1,85
Moyenne		221	88,2		21,54	19,58	2,58	0,82	1,90	3,80	0,09	9,18	39,45	0,42	0,22	0,23	6,56
Ecart-type		114	15,6		4,88	5,98	0,51	0,34	0,53	0,82	0,05	2,10	5,82	0,09	0,04	0,09	1,49

Tableau n° 3 : ANALYSE PHYSICO-CHEMIE DES SEDIMENTS (TENEURS EXPRIMEES EN % PAR RAPPORT AU SEDIMENT SECHE A 105 °C)

Repérage	mg/l													
	C.O.T.	SiO <sub>2</sub>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> en N	Sr <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> en N	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> en P	P total
<u>Eau du fond</u>														
Moyenne	1,05	1,72	45,65	6,36	3,41	1,38	0,047	0,49	4,41	51,91			0,061	0,090
Ecart-type	0,78	0,98	0,89	0,08	0,18	0,04	0,074	0,01	0,67	1,28			0,027	0,034
Moyenne	1,55	2,49	46,49	6,34	3,51	1,47	0,45	0,50	4,04	55,98	0,38	0,014	0,065	0,080
Ecart-type	0,32	0,73	2,69	0,12	0,23	0,16	1,06	0,02	0,20	2,65	0,09	0,011	0,036	0,035
Moyenne	1,29	2,09	46,05	6,35	3,32	1,42	0,24	0,49	4,23	53,86			0,063	0,085
Ecart-type	0,65	0,93	1,97	0,10	0,68	0,11	0,75	0,02	0,53	2,89			0,031	0,034
<u>Eau interstitielle</u>														
Moyenne	2,96	23,9	57,13	6,89	4,36	2,49	2,06	0,57	4,78	22,57			0,444	0,671
Ecart-type	1,68	7,6	3,95	0,31	0,61	0,26	1,17	0,02	1,10	12,84			0,235	0,261
Moyenne	3,67	27,43	59,67	7,26	4,18	2,95	2,60	0,62	0,41	21,27	0,07		0,52	0,62
Ecart-type	2,00	7,64	5,75	0,63	0,58	0,46	2,06	0,07	0,59	19,05	0,02		0,47	0,48
Moyenne	3,31	26,1	58,40	7,07	4,27	2,72	2,33	0,60	4,58	21,92			0,48	0,65
Ecart-type	1,84	7,87	4,99	0,52	0,59	0,44	1,66	0,06	0,87	15,90			0,36	0,38
Moy. int.	2,56	12,5	1,27	1,11	1,29	1,91	9,71	1,22	1,08	0,41	0,18		7,62	7,65
Moy. Fd.														

Tableau n° 4 : COMPOSITION MOYENNE ET ECART-TYPE DES EAUX EN RELATION AVEC LE SEDIMENT

CONTROLES DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION

Campagne 1976

par Luc Thélin  
Docteur es sciences  
Chef du service des contrôles de pollution  
Département des travaux publics  
Genève

TABLEAUX RECAPITULATIFS



CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1976 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée- sortie	durée prélèv.	DBO5			Mat. en susp.			DCO			P total			
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	
Eons-en-Chablais	2'700	3 S	instant.	-	26	-	-	8	-	-	54	-	-	-	-	-
Vacheresse	2'425	1 E + S	24 h	205	52	75	304	162	47	176	568	-	-	70	-	-
Araches-les- Carroz	1'800	2 E + S	instant.	-	-	-	-	11	-	-	285	-	-	-	-	-
St-Paul-en- Chablais	1'500	2 S	" "	-	22	-	-	10	-	47	-	-	-	-	-	-
Magland	1'500	1 E + S	24 h	136	40	70	123	21	83	48	255	-	-	82	-	-
Collonges-sous- Salève-les- Terrasses	970	1 E + S	instant.	140	41	71	30	5	84	78	310	-	-	75	-	-
		1 S	" "	-	33	-	-	5	-	51	-	-	-	-	-	-
		4 S	" "	-	6	-	-	15	-	30	-	-	-	-	-	-
		1 E + S	24 h	107	40	63	123	20	84	143	347	-	-	59	-	-
		1 E + S	instant.	60	27	55	38	15	61	64	197	-	-	68	-	-

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATION D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1976 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée- sortie	durée prélèv.	DBO5			Mat. en susp.			DCO			P total				
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.		
Tollon-Le-Memise (Le-Grand-Roc)	800	1 S	instant.	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthy-sur-Léman	500	1 E + S	"	83	78	8	25	40	0	208	164	22	-	-	-	-	-
Tollon-Les-Memises (Les Alpes)	400	1 S	"	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Araches-Les- Carroz (UFOVAL)	200	2 S	"	-	148	-	-	165	-	-	451	-	-	-	-	-	-
Messery	150	1 S	"	-	54	-	-	95	-	-	238	-	-	-	-	-	-
<u>VAUD</u>																	
Lausanne	330'000	33 E + S	24 h	135	18	86	187	17	90	319	69	78	6	0,7	88	-	-
Nyon	30'000	1 E + S	24 h	108	71	25	96	30	69	-	-	-	8,4	7,8	8	-	-
Fully	30'000	2 E + S	24 h	125	37	71	144	15	90	155	45	71	11,6	6,3	45	-	-
Lutry	12'000	1 S	instant.	-	20	-	-	34	-	-	45	-	-	5,3	-	-	-
Ollon	11'000	1 S	1 h	-	7	-	-	12	-	-	20	-	-	1	-	-	-

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1976 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée- sortie	durée prélèv.	DBO5			Mat. en susp.			DCO			P total			
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	
Penthaz-Cossonay	8'500	1 S	instant.	-	11	-	-	6	-	-	-	34	-	-	6,2	-
Villeneuve	6'100	6 S	" "	-	17	-	-	14	-	-	-	48	-	-	7,5	-
Cully	5'000	1 S	" "	-	25	-	-	17	-	-	-	70	-	-	6,8	-
Frangins	3'000	1 S	" "	-	19	-	-	24	-	-	-	52	-	-	11,3	-
Gimel	1'500	1 S	" "	-	95	-	-	65	-	-	-	100	-	-	10,4	-
Burtigny	1'400	1 E + S	10 h	138	45	68	470	73	85	-	-	-	24	2,5	90	-
Apples	900	1 S	instant.	-	63	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Gilly	850	1 S	" "	-	10	-	-	10	-	-	-	36	-	-	9,8	-
Sullens	800	1 E + S	24 h	155	25	84	60	10	84	-	-	-	-	3,2	-	-
Senardens	750	1 E + S	24 h	90	13	86	73	14	81	-	-	-	12	3	75	-
Allaman	500	1 S	instant.	-	21	-	-	130	-	-	-	560	-	-	16,6	-
Buchillon	85	1 S	" "	-	80	-	-	60	-	-	-	130	-	-	13,1	-

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1976 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée- sortie	durée prélèv.	DBO5			Mat. en susp.			V.MnO4			P total				
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.		
<u>VALAIS</u>																	
Noës (Sierre)	100'000	1 E + S	24 h	160	45	72	57	24	58	35	461	300	35	-	-	-	-
Granges	22'000	2 E + S	24 h	90	29	68	50	1	98	31	175	120	31	4,58	4,45	0,03	
Sion	50'000	1 E + S	24 h	120	25	79	-	8	-	62	210	79	62	-	3,64	-	
Martigny	50'000	1 E + S	24 h	70	23	67	42	6	86	43	119	68	43	3,39	3,24	0,04	
Monthey		1 E + S	24 h	845	30	96	136	42	69	77	1964	458	77	22,2	14,1	37	
Conthey-Vétroz	13'000	2 E + S	24 h	80	15	81	-	8	-	57	213	92	57	-	3,26	-	
Verbier	15'000	1 E + S	instant.	100	13	87	-	40	-	58	190	79	58	-	1,52	-	
Champéry	6'000	1 E + S	"	120	15	87	-	6	-	75	182	45	75	-	0,86	-	
Vouvry	5'000	2 E + S	"	85	5	94	70	4	94	77	69	16	77	-	-	-	
Uvrier	2'500	1 E + S	"	150	10	93	-	4	-	83	252	43	83	-	-	-	
Anzère	800	1 E + S	"	400	29	93	-	4	-	85	547	81	85	-	3,27	-	
Apruz	800	1 E + S	"	200	8	96	-	8	-	84	326	51	84	-	3,26	-	

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1976 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée- sortie	durée prélèv.	DBO5			Mat. en susp.			KMnO4			P total		
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.
Erde-Conthey	1'600	1 E + S	instant.	60	50	17	-	19	-	126	76	40	-	1,27	-
St-Gingolph	2'000	1 E + S	"	65	6	91	45	14	69	72	19	74	-	1,67	-
Goppisberg	140	1 E + S	"	-	6	-	-	-	-	-	82	-	-	-	-
Greich	140	1 E + S	"	-	5	-	-	-	-	-	95	-	-	-	-

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1976 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée- sortie	durée prélèv.	DBO5			Mat. en susp.			KMnO4			F total					
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.			
<u>GENEVE</u>																		
Aire	400'000	51 E + S	24 h	143	24	84	106	16	85	270	111	59	-	-	-	-	-	-
Villette	20'000	27 E + S	24 h	107	19	83	95	24	75	234	96	59	-	-	-	-	-	-
Grand-Saconnex	3'500	11 E + S	24 h	112	21	81	89	23	74	246	67	73	12,2	2,5	80			
Mont d'Aisy	6'000	8 E + S	24 h	91	14	85	141	11	92	219	67	70	7,5	2,1	69			
Plaine de l'Aire	5'000	8 E + S	24 h	76	11	84	65	10	84	180	68	63	6	7,3	0			
Avully Gennecy	1'800	9 E + S	24 h	186	15	92	111	14	88	395	97	76	12,5	22,1	0			
Hermance	800	20 E + S	24 h	74	22	71	44	14	68	109	63	43	5,7	1,2	79			
Soral	500	8 E + S	24 h	76	18	76	53	16	70	189	97	49	12,7	17,3	0			
Dardagny	450	8 E + S	24 h	64	11	83	73	14	81	165	72	57	6,8	10,1	0			
Loëx	500	3 E + S	24 h	130	39	70	59	44	26	335	159	53	10,3	15,6	0			
Camping Allondon	180	1 E + S	24 h	290	23	92	102	9	91	580	148	75	24,6	33,6	0			
La Louvière	75	1 E + S	24 h	101	10	90	48	27	44	263	86	67	-	-	-			
Laconnex	600	6 E + S	24 h	44	11	75	49	19	62	124	60	52	7,7	10,9	0			

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU DEPARTEMENT DE L'AIN DU BASSIN LEMANIQUE EN 1976

Stations	Capacité habitants	Nombre de visite	Nombre de prélèvements entrée - sortie	Durée des prélèvements	D.B.O. 5			D.C.O.			M.E.S.T.		
					E	S	%	E	S	%	E	S	%
Divonne-les-Bains	15'000	4	2 E + S 2 S	instant instant	26	7	73	141	50	64	50	12	76
					-	5	-	-	16	-	-	49	-
Ferney-Voltaire	14'000	4	3 E + S 1 S	instant instant	82	13	84	287	69	76	105	14	87
					-	8	-	-	42	-	-	25	-
Saint-Genis-Pouilly	17'000	4	1 E + S 1 E + S 2 S	24 H. instant instant	26	12	54	83	51	38	44	12	73
					21	9	57	76	20	74	37	13	64
					-	11	-	-	35	-	-	15	-
Sauverny-Vernonnex	2'500		en	construc- tion									
Vesancy	500	4	2 S	instant	-	2	-	-	67	-	-	40	-

RECHERCHE DES METAUX LOURDS DANS LES SEDIMENTS DES AFFLUENTS  
DU LEMAN ET LEUR RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Campagne 1976

par J.-P. Vernet  
Laboratoire de Limnogéologie  
Université de Genève

CONCLUSIONS

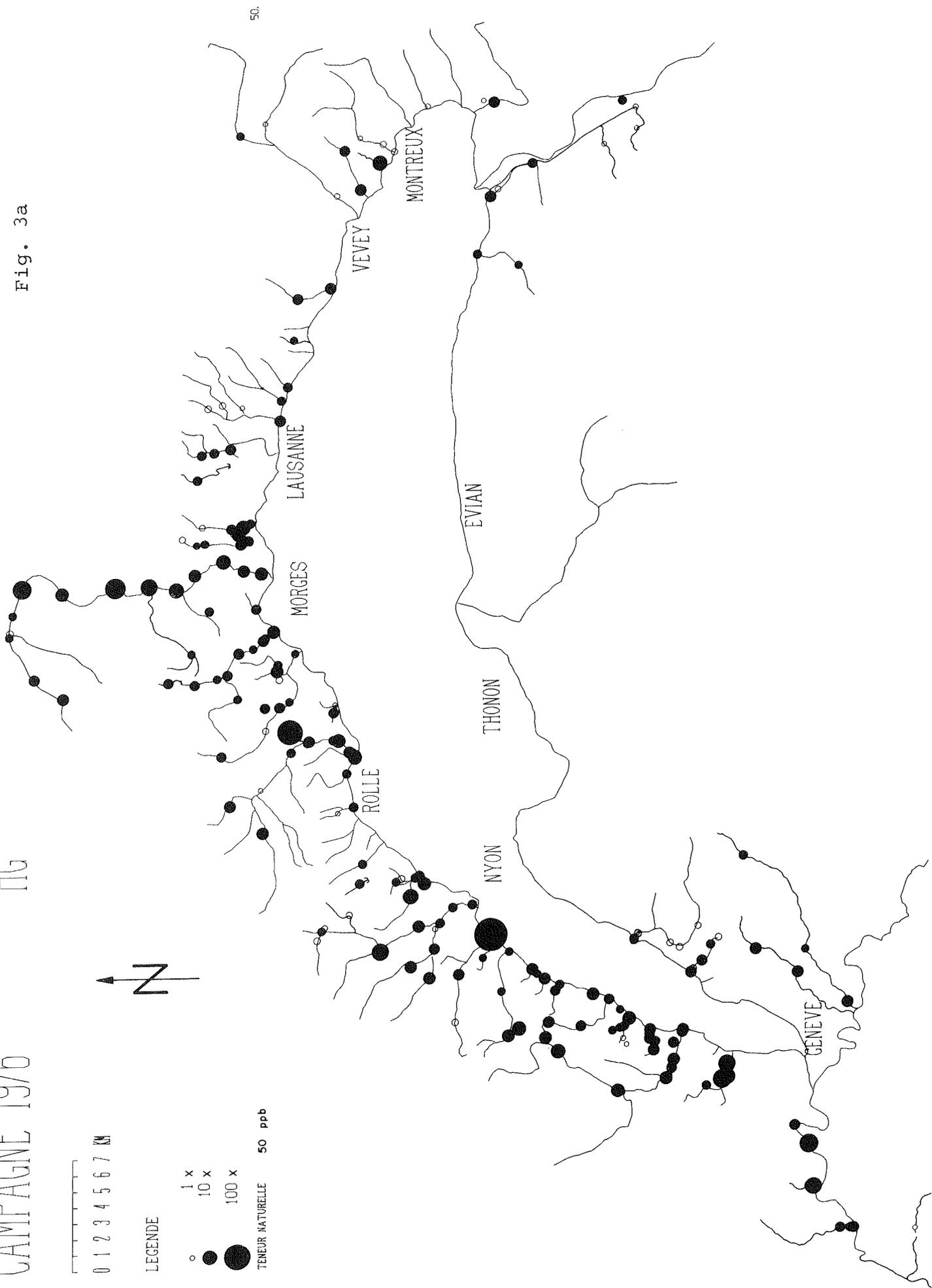
Plus de 600 échantillons ont été récoltés dans un bassin versant s'étendant de Brigue à Genève. Les analyses ont été effectuées au laboratoire de limnogéologie de l'Université de Genève, sauf pour la majorité des éléments-trace dosés dans les laboratoires du B.R.G.M./Service géologique national à Orléans.

Le traitement des données a été réalisé grâce à l'informatique. Les conclusions font seules l'objet du présent texte succinct. Pour plus de détails, le lecteur voudra bien se reporter aux différents rapports de la partie II.

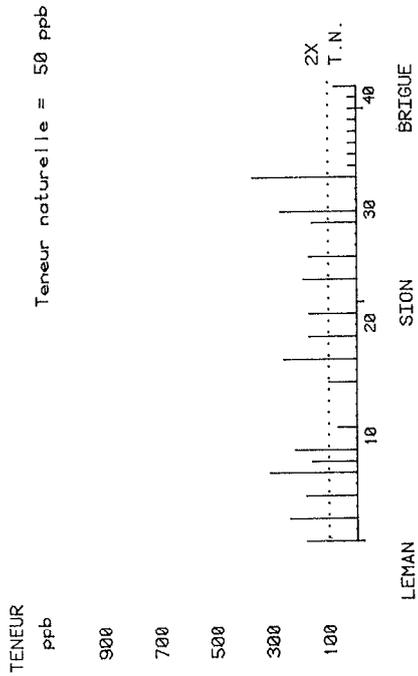
Partie Aa1 : Les affluents du Léman

- La teneur élevée en cadmium nous amène à admettre une pollution générale, peut-être atmosphérique avec, bien entendu, une superposition de rejets locaux.

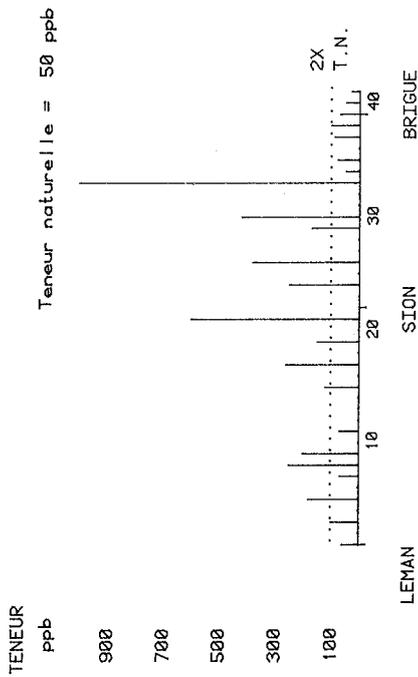
Fig. 3a



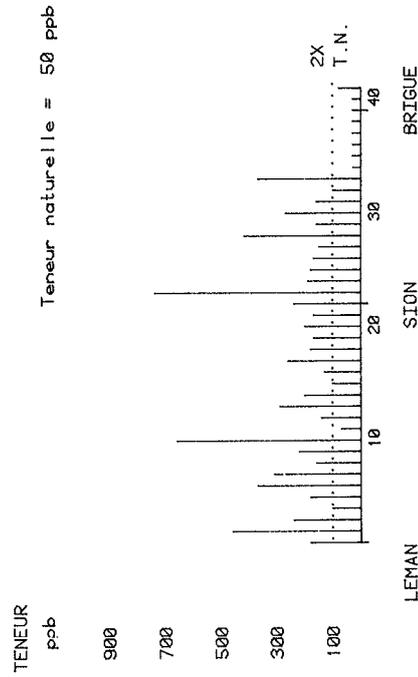
MERCURE RHONE 1976 (anciens points)



MERCURE RHONE 1974



MERCURE RHONE 1976



MERCURE RHONE 1975

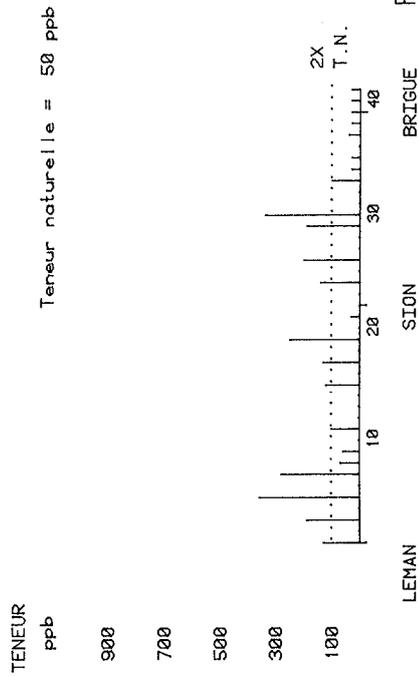


Fig. 6

- Une forte pollution mercurielle existe dans la région de Nyon ( voir planche Hg ci-jointe ).
- L'ouest lausannois et la Venoge sont caractérisés par une pollution polymétallique.
- La Venoge, la Chamberonne, le Flon, l'Aubonne, l'Asse, la Promenthouse et le Vengeron feront l'objet d'un nouvel échantillonnage en 1977 afin de mieux localiser les points de rejet.
- Les rivières de la région genevoise feront l'objet d'un échantillonnage serré en 1977 car celui de 1976 présente trop de lacunes pour permettre une analyse de la situation.

#### Partie Aa2 : Le Rhône amont et ses affluents

- Stabilisation de la situation de la pollution mercurielle au niveau de 200 ppb, soit 4 fois la teneur naturelle ( voir planche ci-jointe ).
- Découverte de nouvelles zones contaminées, à Bramois et St-Maurice.
- Influence néfaste des effluents des STEP, concentrant localement les pollutions en métaux lourds.

Au vu des résultats de 1976, il faudra donc :

- Vérifier l'influence de la rive échantillonnée.
- Eluder la question de la contamination du Rhône à Bramois et à St-Maurice.
- Serrer les points d'échantillonnage dans la Gamsa.
- Echantillonner les effluents des principales STEP : Viège, Sierre, Sion, Martigny et St-Maurice.

#### Partie B : Pollution des zones côtières du Léman par les métaux lourds

Cette étude entreprise sur les zones de rejet des 12 principales STEP du pourtour lémanique ( 260 prélèvements, une trentaine de paramètres ) permet de tirer les conclusions suivantes :

1. Sur les 15 éléments-trace et nutriments analysés, les taux d'enrichissement par rapport aux teneurs naturelles ( taux de contamination régional ) sont :

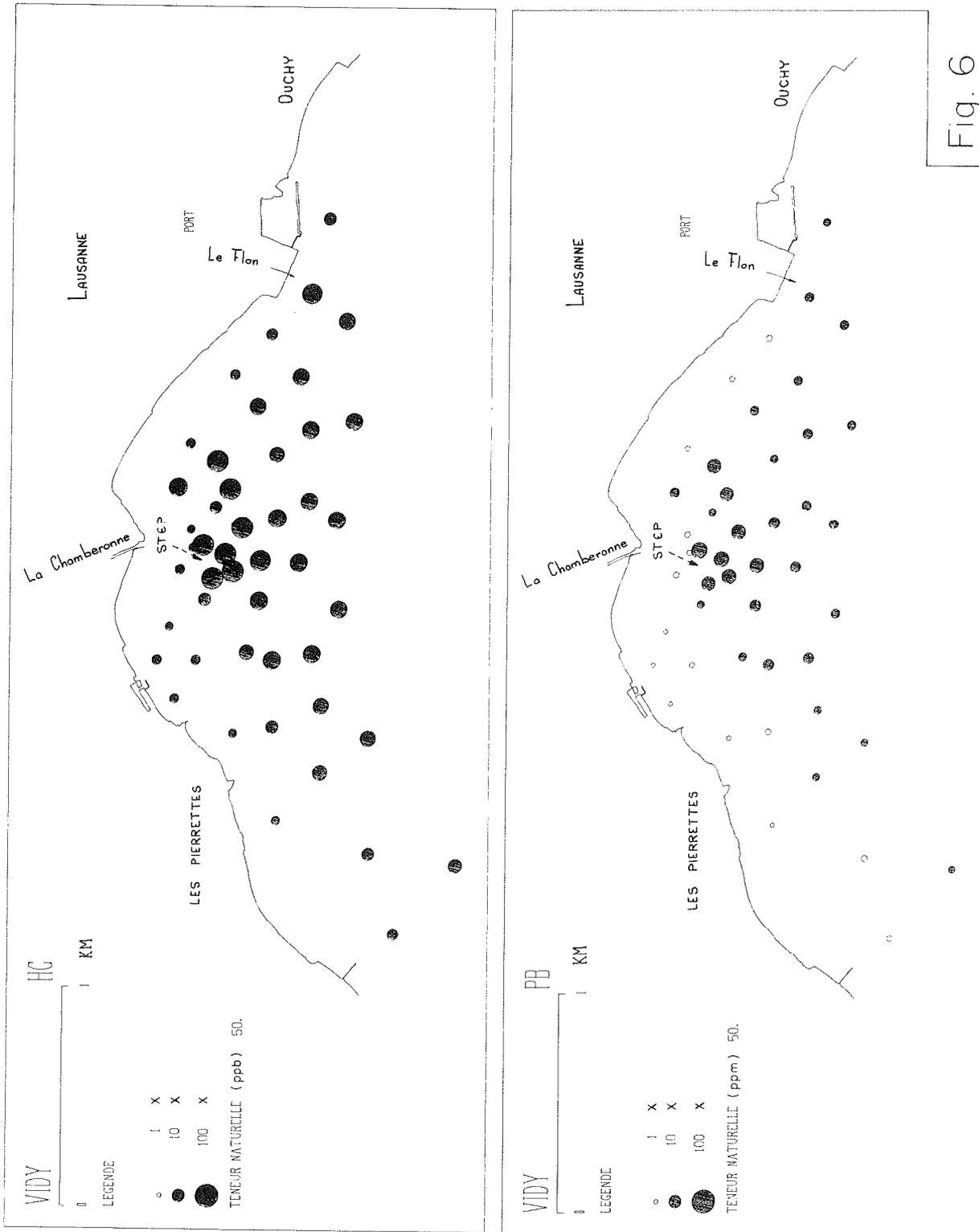


Fig. 6

- supérieurs à 2 pour le mercure, le cadmium, le zinc, le cuivre et le plomb, indiquant une importante pollution des sédiments par ces éléments.
- compris entre 1 et 2 pour le phosphore total, le cobalt, l'étain, le chrome, le molybdène et le nickel, indiquant une pollution modérée.
- inférieurs à 1 pour le manganèse, le baryum, le vanadium et le bore, indiquant une absence de pollution.

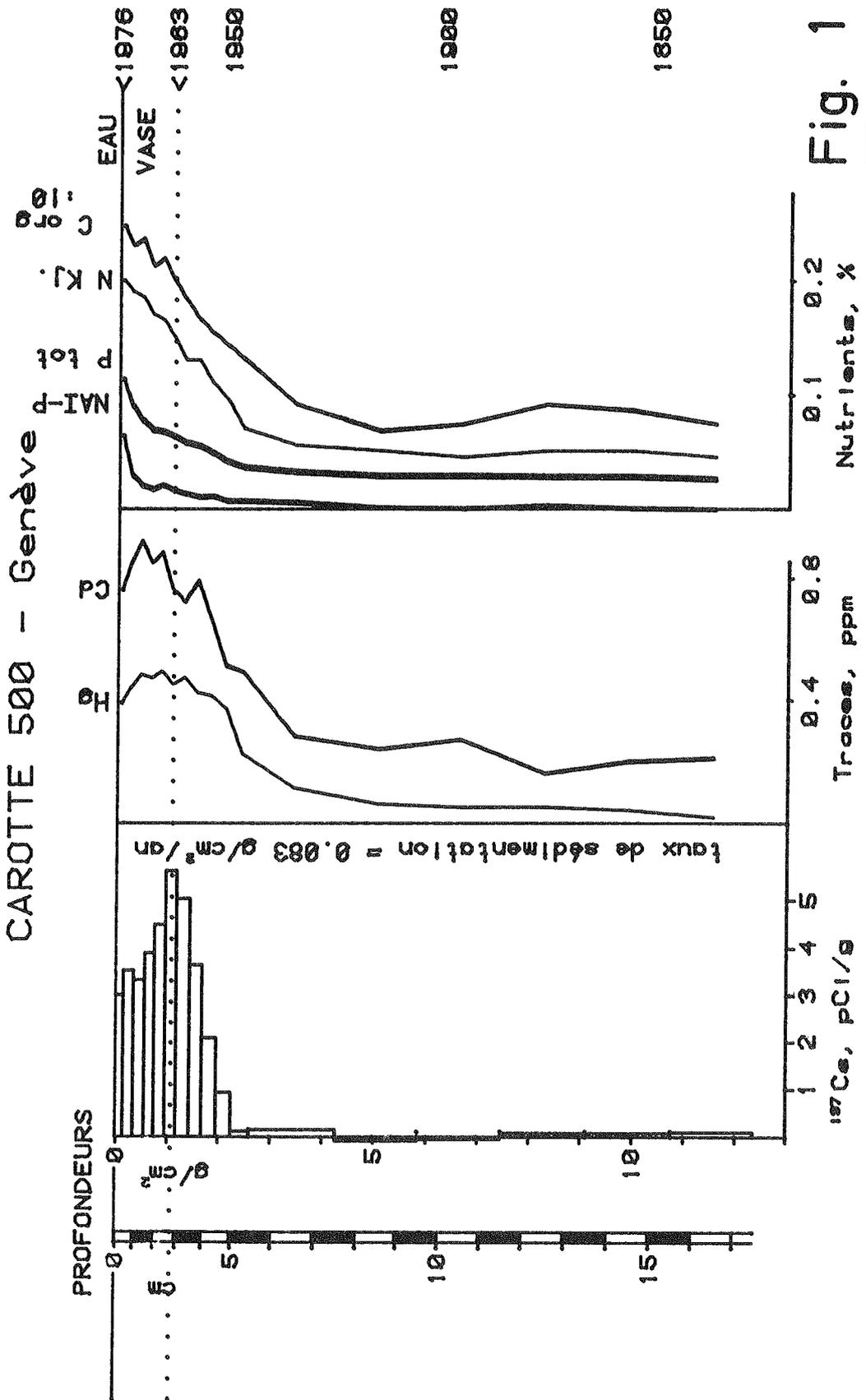
2. Sur les 12 STEP examinées, les rejets de 7 d'entr'elles influencent à des degrés divers la géochimie des sédiments compris dans leur zone d'influence. Ce sont, par ordre décroissant de contamination : Vidy, Vevey, Montreux, Nyon, Lutry, Morges et Rolle.

Les sédiments proches des STEP de Pully, Nant d'Aisy, Vengeron, Villeneuve et Drance ne sont que faiblement ou localement enrichis en métaux lourds.

3. Il est prévu de compléter l'échantillonnage des zones de rejet des STEP par une série de prélèvements plus au large, afin d'obtenir une meilleure définition spatiale des zones polluées par les différents métaux lourds. Ceci s'applique tout particulièrement à l'embouchure de la Drance.
4. Dans toutes les zones étudiées, la moyenne des concentrations en mercure dépasse 5 fois la teneur naturelle pour atteindre un maximum de 28 fois à Vidy ( planche ci-jointe ).
5. Les deux éléments les plus fortement enrichis ( mercure et cadmium ) sont aussi les plus toxiques.
6. La présence d'un réseau dense de collecteurs et de stations d'épuration sur le pourtour lémanique résulte certainement en l'élimination d'une notable proportion de métaux lourds des eaux résiduaires. Néanmoins, les résultats présentés ci-dessus démontrent que le milieu littoral en reçoit encore une charge excessive dans la majorité des cas.

#### Partie D : Chronologie récente de la pollution des sédiments

- Les métaux lourds et les nutriments évoluent parallèlement. Les teneurs deviennent exponentielles dès 1950 environ.
- Le facteur d'augmentation varie de 2 à 10 fois suivant les éléments. Il est maximum pour le mercure, le cadmium et le phosphore.



**Fig. 1**

- Le maximum de teneur en mercure et cadmium correspond à l'année 1972 environ. Dès cette date, on observe une diminution sensible ramenant le niveau actuel de contamination à celui des années soixante ( voir planche ci-jointe ).
  
- L'étude de nouvelles carottes permettra de préciser ces points et de suivre l'évolution ultérieure qui s'annonce favorable pour le mercure et le cadmium.



Le rapport détaillé figure en pages 247 et suivantes.

ETUDE DES REJETS EVENTUELS DE MERCURE DANS  
LE BASSIN VERSANT FRANCAIS DU LAC LEMAN

Campagne 1976

Rapport établi par  
la Délégation française  
à la Commission Internationale

Lors de la préparation de son second programme quinquennal ( 1976 - 1980 ), la Commission Internationale franco-suisse pour la protection des eaux du Lac LEMAN contre la pollution a décidé qu'au cours de ce second programme des recherches en matière de pollutions spécifiques seraient abordées et traiteraient plus particulièrement des rejets éventuels de mercure dans le bassin versant du lac.

Le présent rapport a pour but de rendre compte à la Commission Internationale des études conduites, dans le bassin versant français, au cours de l'année 1976 sous la responsabilité de l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

Ce rapport traite :

- Dans un premier chapitre, de la méthodologie retenue pour la conduite de l'étude,
- dans un second chapitre, des principaux résultats permettant d'estimer :
  - les masses de produits mercuriels mises en oeuvre annuellement par les principaux utilisateurs,
  - les conditions de rejet dans le milieu naturel, le cas échéant, d'une partie de ces produits.

## 1. METHODOLOGIE RETENUE

La Commission Internationale, lors de sa séance en date des 21 et 22 Octobre 1975 au cours de laquelle a été adopté le second programme quinquennal, a décidé que les études relatives au mercure et aux métaux lourds seront conduites respectivement par chaque Etat, selon la méthodologie qui lui apparaîtra la mieux adaptée aux objectifs suivants :

- mise en évidence précise des rejets éventuels de mercure ( et le cas échéant de métaux lourds ) dans le milieu naturel,
- action sur les responsables afin de remédier à la situation constatée.

Dans ce cadre, la Délégation Française a décidé de procéder directement par enquête auprès des principaux établissements susceptibles d'être concernés.

Pour la réalisation de ce type d'enquête et son exploitation ultérieure, la démarche retenue a été la suivante :

- 1°) Définition des principales activités ou branches industrielles, utilisatrices potentielles de produits mercuriels donc responsables éventuels de rejets contenant du mercure.
- 2°) Recherche dans le bassin versant d'établissements industriels, représentatifs des activités précisées ci-avant, en retenant en priorité, pour une branche donnée, les établissements les plus importants.
- 3°) Enquête individuelle détaillée des établissements retenus en fonction des critères précisés à l'alinéa 2 ci-dessous.
- 4°) En fonction des résultats des enquêtes conduites sur des établissements représentatifs, et pour une branche d'activité donnée, possibilité le cas échéant, d'extrapoler les résultats à d'autres établissements de la même branche qui ont ultérieurement été enquêtés par l'intermédiaire de questionnaires spécifiques.

Définition des principales activités susceptibles d'utiliser des produits mercuriels et choix des principaux établissements représentatifs à enquêter.

La recherche des principales activités susceptibles d'utiliser des produits mercuriels a été réalisée à partir d'une étude bibliographique préalable, en soulignant l'intérêt tout particulier des travaux de MM. Michel CLERCKX et Jean-Marc REGOUT parus dans la Technique de l'Eau et de l'Assainissement de Juin 1975 "Analyse des sources et moyens de réduction de la pollution mercurielle en Belgique".

De cette étude bibliographique et de la connaissance des activités des établissements qu'avaient les différents services administratifs français :

- Service des Mines, au titre de la législation sur les établissements classés ;
- Directions Départementales de l'Équipement et de l'Agriculture au titre :
  - d'une part, de la police des eaux,
  - d'autre part, de la maîtrise d'oeuvre ou du contrôle des réseaux d'assainissement et des ouvrages d'épuration des collectivités.
- Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale au titre de la tutelle administrative des établissements de Santé ;
- Agence de Bassin.

Il a été possible de faire un choix :

- de branches d'activités susceptibles d'être concernées par le problème étudié,
- et à l'intérieur de chacune de ces branches de sélectionner les établissements les plus importants, par ailleurs représentatifs.

De ce double choix, les branches d'activités suivantes représentées dans le bassin versant considéré ont été retenues :

- Industrie papetière
- Industrie de transformation du bois
- Industrie des traitements de surface
- Laboratoires ( de recherche ou de contrôle ), instruments de mesure
- Industrie électronique et mécanique
- Etablissements de soins
- Agriculture au titre des produits phytosanitaires.

Sur ces bases, le nombre d'établissements enquêtés, soit par le bureau d'études retenu par l'Agence de Bassin, soit directement par l'Agence de Bassin a été de 15 établissements.

#### Conception des enquêtes

Au niveau de chaque établissement étudié, l'enquête avait pour but de recueillir les informations suivantes :

- Processus de fabrication nécessitant systématiquement ou occasionnellement la mise en oeuvre de composés mercuriels,
- Pour un processus de fabrication ou un produit donné :

- Nature du ou des composés mercuriels utilisés

A ce titre, ont notamment été recueillies les informations suivantes :

- a) Nom commercial du produit
- b) Nom et adresse de la firme productrice
- c) Composition du produit.

Cette composition a suivant les cas été fournie par l'établissement utilisateur, par l'établissement producteur et les informations recueillies ont été confrontée d'une part entre elles, d'autre part avec celles correspondant à la législation.

- Quantités de chaque composé mercuriel mises en oeuvre au cours des années 1973, 1974, 1975 et du premier semestre 1976 à partir des données de l'établissement enquêté ( Volumes achetés, volumes sortis de magasin, volumes affectés aux différents procédés de fabrication ).

- Pour chaque composé mercuriel, caractère continu ou discontinu des pertes en distinguant les rejets discontinus dus aux procédés de fabrication et ceux dus à des causes accidentelles.

Dans le cas le plus général pour un établissement, les rejets de produits mercuriels pouvaient être répartis en trois classes :

- rejets continus systématiques
- rejets discontinus systématiques
- rejets accidentels.

Pour chaque composé mercuriel et pour chaque type de rejet mentionné ci-dessus, la méthode :

- de mesure des pertes à partir des informations recueillies auprès de l'établissement
- d'estimation de ces pertes, en absence de mesure. Cette estimation s'est faite notamment à partir du bilan matière entre les quantités mises en oeuvre et les quantités incorporées dans les produits finis ou à défaut à partir de données bibliographiques.

## 2. RESULTATS SYNTHETIQUES

A partir des données recueillies sur :

- d'une part, les établissements ayant fait l'objet d'une enquête directe et qui représentaient les établissements les plus importants sur le plan de l'utilisation de produits mercuriels,

- d'autre part, l'extrapolation des résultats à d'autres établissements implantés dans le bassin et dépendant du secteur d'activité correspondant à l'essentiel du mercure rejeté dans le milieu naturel,

le résultat synthétique suivant peut être représenté :

le taux de rejet de mercure dans le milieu naturel est de 2.4 <sup>0</sup>/oo.

Il convient de noter que parmi les établissements étudiés ( ayant fait l'objet de l'enquête ou de l'extrapolation ) l'essentiel du mercure mis en oeuvre l'est pour un seul établissement.

Pour cet établissement, un soin tout particulier est apporté à la mise en oeuvre de ce mercure, au niveau :

- de la récupération du mercure et de son recyclage qui a représenté en 1976 11 % des masses mises en oeuvre.
- de la prévention des rejets accidentels.

En revanche, pour d'autres utilisateurs, bien que mettant en oeuvre des quantités très faibles de produits mercuriels, on arrive à des coefficients de perte importants qui correspondent à la part prépondérante du mercure rejeté dans le milieu naturel.

Compte tenu des deux remarques précédentes et à partir des informations complémentaires recueillies au titre des années 1973, 1974, 1975, il apparaît que :

le coefficient de 2.5 <sup>0</sup>/oo rapporté au mercure mis en oeuvre par les principaux établissements utilisateurs permet une bonne estimation du mercure rejeté dans le milieu naturel.

---

# ETUDE DE L'INTERFACE EAU-SEDIMENT

Campagne 1976

par Bernard Chassaing  
Centre de Recherches Géodynamiques  
F 74203 Thonon les Bains

## RESUME

### Introduction

Le Lac Léman fonctionne comme un véritable piège et accumule par sédimentation la majeure partie des éléments fertilisants et des éléments traces qui lui sont apportés. Les sédiments sont le siège de processus biochimiques conduisant à la remise en solution de tout ou partie de ces éléments. Ces phénomènes conduisent à des écarts de concentration entre l'eau interstitielle de la partie supérieure du sédiment et l'eau du fond immédiatement sus-jacente. La couche limite entre ces deux types d'eau constitue l'interface eau-sédiment.

Afin d'obtenir des données sur la physico-chimie de cet interface, nous avons effectué en 1976 deux séries de prélèvements pour analyse de l'eau du fond, du sédiment et de l'eau interstitielle.

### Résultats

Il n'existe pas de variations importantes des concentrations dues à la position des prélèvements dans le temps ou dans l'espace. Pour tous les éléments, la composition de l'eau interstitielle est différente de celle de l'eau du fond.

Les gradients de concentration les plus forts correspondent aux éléments les plus utilisés lors des cycles biologiques : silice, azote, phosphore, carbone et soufre, alors qu'ils sont faibles pour les éléments conservatifs tels que les chlorures.

### Conclusion

En négligeant les phénomènes de remise en suspension du sédiment dans le Léman, vu sa grande profondeur, on peut estimer le flux de phosphore du sédiment vers l'eau à 11 t/an : Dans les conditions actuelles, le Léman piège encore la majeure partie du phosphore qui lui est apporté. En effet, en considérant une sédimentation de 5 mm/an, 1100 t/an de phosphore d'origine détritique et biologique sont stockées dans le sédiment.

Sans tenir compte de la dynamique particulière des eaux du Léman ( présence d'un hypolimnion bien caractérisé, stratification estivale ), des conditions météorologiques ( influence des vents sur la remise en suspension des sédiments littoraux, influence de la pluviométrie ) ni de la variation des paramètres biologiques ( utilisation des éléments nutritifs, minéralisation pendant la sédimentation ) on peut donner un modèle simplifié pour le Léman.

En maintenant les apports en phosphore au niveau de 1975, la teneur en phosphore dans les eaux du lac sera doublée d'ici à 1985.

---

Le rapport détaillé figure en pages 323 et suivantes .

# CONTROLES DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION

Campagne 1976

par Luc Thélin  
Docteur es sciences  
Chef du service des contrôles de pollution  
Département des travaux publics  
Genève

## 1. INTRODUCTION

Le Plan quinquennal 1976 - 1980, contrairement au plan précédent, ne comporte pas l'étude du fonctionnement des stations d'épuration. C'est que, dans les deux Etats, les législations rendent obligatoires des contrôles réguliers et approfondis sur toutes les stations.

Dès lors, la Commission internationale n'a pas à se substituer aux Gouvernements. Désirant cependant être informés sur le fonctionnement des installations mises en place et dont le coût représente un nombre respectable de centaines de millions de francs, la Commission internationale a recommandé, dès 1973, que les résultats des contrôles lui soient régulièrement transmis, afin de pouvoir juger de l'efficacité des moyens mis en oeuvre. Il est important que le fonctionnement des stations d'épuration soit effectif et efficace partout et à tous les stades.

Le présent rapport passe en revue les résultats qui ont été communiqués au secrétariat.

## 2. NOMBRE ET FREQUENCE DES CONTROLES

Les contrôles transmis à la Commission concernent 68 stations sur les 124 en fonction au 1er janvier 1976.

Malheureusement, pour 56 de ces stations, les contrôles sont trop peu nombreux ( moins de 4 et généralement 1 seul ); portent uniquement sur la qualité de l'effluent ou sont effectués sur prélèvements instantanés seulement. Dans ces conditions, il n'est pas possible de juger de leur fonctionnement ni de leur efficacité.

### 3. RENDEMENT DES STATIONS D'EPURATION

Lorsque l'on dispose d'un nombre suffisant de résultats, sur les eaux brutes comme sur les effluents, il est possible de calculer les rendements d'épuration. Ceux-ci se trouvent varier de 70 à 92 % pour la demande biologique en oxygène.

Lorsque les contrôles sont suffisants, ils montrent des rendements d'épuration de l'ordre de 70 à 90 %. Les normes de rejet ne sont cependant pas toujours respectées.

De même, pour la déphosphatation, les rendements de 80 à 90 % ne suffisent pas toujours pour le respect des normes de rejet, qui sont, rappelons-le, de 1 mg P/l.

---

Les tableaux récapitulatifs figurent en pages 333 et suivantes.

# EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1976

par R. Monod

Secrétaire de la  
Commission internationale  
Lausanne

## 1. PREAMBULE

Le présent rapport concerne la première année du nouveau plan quinquennal 1976 - 1980 et la vingtième des études internationales systématiques du Léman.

Le programme du nouveau plan a été fortement modifié.

Le nombre des stations d'observation a diminué de moitié. Ne subsistent plus, dans le Grand Lac, que 10 stations, soit une pour environ 50 km<sup>2</sup>, et 1 pompage d'eau potable. Le Petit Lac n'a plus que 2 stations, soit une pour environ 43 km<sup>2</sup>, auxquelles il faut ajouter un pompage d'eau potable, et l'exutoire du lac, dans la rade de Genève. Certaines de ces stations sont à proximité des rives, et destinées à étudier avec plus de précision l'influence d'apports importants ou observer des régions plus sérieusement menacées. D'autres stations sont situées en plein lac.

Nous en donnons ci-dessous la liste et la situation géographique selon les coordonnées de la carte nationale de la Suisse.

<u>REGION</u>			<u>COORDONNEES</u>
<u>GRAND LAC</u>			
VS	4	St-Gingolph	553.51 / 137.57
VD	2	Vevey	553.23 / 144.40
<u>VD</u>	<u>4</u>	<u>Vidy-Lausanne</u>	535.63 / 150.95
VD	5	Rolle	516.74 / 145.08
SHL	1	Large de Thonon	523.80 / 138.50
<u>SHL</u>	<u>2</u>	<u>Centre Lac (Axe Ouchy-Evian)</u>	534.70 / 144.95
SHL	6	Evian	535.15 / 139.60
CRG	3	Axe Rolle-Thonon	520.50 / 141.45
CRG	23	Canyon du Rhône	551.70 / 139.97
CRG	24	Est Grande Plaine	542.50 / 143.40
<u>VDP</u>	<u>1</u>	<u>Pompage de Lutry</u>	542.75 / 149.77
<u>PETIT LAC</u>			
GE	1	Rade de Genève	501.15 / 118.45
GE	3	Fosse de Chevrens	506.10 / 128.04
<u>GE</u>	<u>4</u>	<u>Fosse de Nyon</u>	510.61 / 136.56
<u>GEP</u>	<u>1</u>	<u>Pompage de Genève (Prieuré)</u>	501.96 / 121.78

Les critères d'appréciation de l'évolution du lac ont été fortement réduits en nombre pour la plupart des stations. Seules trois stations, et les deux pompages - soulignés dans la liste ci-dessus - dits " points objectifs ", sont l'objet d'investigations plus détaillées.

La diminution du nombre des stations et de celui des déterminations n'ont pas été sans poser certains problèmes d'interprétation, notamment quant à l'évolution par rapport aux années antérieures. Il a fallu refaire les calculs en fonction du programme actuel. Ce travail fastidieux a pu être réalisé partiellement grâce à l'ordinateur CDC Cyber 7326 de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, selon des programmes réalisés par cette Ecole.

A partir de cette année, les bilans thermiques et l'évaluation des stocks se font séparément pour le Grand Lac et le Petit Lac, dont la somme représente l'évaluation pour le lac entier.

Nous rappelons ci-dessous, à toutes fins utiles, les caractéristiques du lac, calculées selon la carte des sondages du Lac Léman de 1891, aucune carte n'ayant été refaite depuis lors :

	Volume km <sup>3</sup>	Surface km <sup>2</sup>	Profondeur moyenne m
Grand Lac	85.694	497.00	172.42
Petit Lac	3.227	85.38	37.80
Léman	88.921	582.38	152.69

La technique de calcul adoptée jusqu'à maintenant, et qui n'est pas contestée, a été conservée. Elle est basée, rappelons-le, sur le principe de la stratification volumétrique de 20 m en 20 m, établie par HUBAULT. Nous renvoyons le lecteur à cet auteur pour le détail du calcul pour le lac entier et donnons à la page suivante les volumes calculés pour Grand Lac et Petit Lac, en précisant que les volumes calculés pour le Grand Lac représentent la différence entre ceux du Léman ( HUBAULT ) et ceux calculés du Petit Lac par JAQUET ( inf. part. ).

Par ailleurs, il faut noter que le calcul du taux de saturation en oxygène est effectué sur des bases nouvelles.

Le présent rapport n'indique que les grandes lignes de l'évolution du Léman. Il ne se réfère qu'occasionnellement aux stations individuelles.

Les détails d'organisation des programmes n'ont guère changé. Ils figurent dans les rapports précédents.

## 2. CONDITIONS DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS METEOROLOGIE

En 1976, 34 journées de navigation ont été consacrées aux prélèvements, soit deux à quatre par mois. Les programmes ont été, d'une manière générale, bien tenus, sauf en novembre et décembre où les intempéries et des avaries de bateaux ont gêné les opérations.

Les heures de prélèvement s'échelonnent de 0730 à 1630. D'une manière assez générale, les prélèvements se font, mois après mois, dans un intervalle horaire réduit pour une même station.

L'année 1976 a été caractérisée par un temps peu pluvieux, relativement chaud en été.

C'est ainsi qu'un ciel sans nuages est signalé dans 22 % des observations, la nébulosité faible ( inférieure à 50 % ) dans 15 %. Par contre, le ciel entièrement couvert n'a été observé que dans 32 % des cas, alors que la moyenne se situe entre 35 et 40 %. Le ciel a été particulièrement clair d'avril à juin, mais assez nuageux en janvier - février et en automne (septembre - octobre ).

Prof.	Grand Lac		Petit Lac	
	Volume km <sup>3</sup>	fraction du volume	Volume km <sup>3</sup>	fraction du volume
0 m	9.784769	0.114	1.387	0.430
20 m	9.171020	0.107	1.086	0.336
40 m	8.598090	0.100	0.662	0.205
60 m	8.026356	0.094	0.092	0.029
80 m	7.399250	0.086	-	-
100 m	6.762100	0.079	-	-
120 m	6.169210	0.072	-	-
140 m	5.578148	0.065	-	-
160 m	5.113550	0.060	-	-
180 m	4.605340	0.054	-	-
200 m	4.080270	0.048	-	-
220 m	3.504360	0.041	-	-
240 m	2.841590	0.033	-	-
260 m	2.181330	0.025	-	-
280 m	1.652821	0.019	-	-
300 m	0.225460	0.003	-	-
309.4 m				
Total	85.693664	1.000	3.227	1.000

52 % des prélèvements se sont opérés au soleil, contre 48 % en 1975, 43 % en 1964 et 52 % en 1973.

La moitié des prélèvements se sont faits par période de brume. Cette brume peut se rencontrer en toute saison. Fréquente en hiver et au printemps, elle est, en été surtout, gage de beau temps. Un tiers des prélèvements ont eu lieu par temps clair. Il y a eu du brouillard en janvier, février, octobre et décembre. Les observateurs notent de la pluie de juillet à novembre.

Dans un cas sur trois, le vent a été nul, ce qui est assez exceptionnel. Les vents du secteur N et NE, généralement secs et qui maintiennent le beau temps, ont été prépondérants - 32 % des cas, contre 31 % en 1972, 20 % en 1973, 25 % en 1974 et 23 % en 1975 -. En corollaire, les vents de pluie, du secteur S et SW, ont été moins fréquents. Par ailleurs, les observateurs notent dans 46 % des cas un vent nul ou de force inférieure à 1° Beaufort, alors que cette circonstance ne se rencontrait que dans 16 à 25 % des cas les années précédentes. Les vents un peu plus forts ( échelle de 1° à 3° Beaufort ) ont été aussi moins fréquents. De temps en temps, les observateurs ont été surpris par des vents de force 5 ou 6 du secteur N, notamment en septembre et novembre dans le Haut Lac.

Il résulte de ce " calme atmosphérique " que la surface de l'eau a été relativement plane. Le lac a été plat dans 32 % des cas. Les vagues fortes et déferlantes ont été rares, de même que la houle.

Le lac est signalé comme propre dans 82 % des cas, ce qui s'est déjà produit antérieurement (76 % en 1975, 69 % en 1974, 86 % en 1973). A noter des feuilles en septembre - novembre ( 4 % ), en augmentation par rapport aux années précédentes ; moins de branches, du pollen en mai, un peu partout dans le lac, même dans les régions pélagiques, et des amas d'algues de mars à août, surtout sur la rive Nord du Grand Lac.

La couleur de l'eau voit toujours en 1976 une prédominance du vert ( 53 % ) et du vert-jaune ( 22 % ) mais moins qu'en 1975. Cette couleur est remplacée parfois par des teintes qui prennent de l'importance, par exemple le jaune ( 6 % ) ou le gris-jaune ( 6 % ), qui n'avaient jamais été observées avant 1975. Il n'y a plus de teinte bleue, sauf cas individuels, depuis de nombreuses années, mais encore du bleu-vert ou vert-bleu ( dans 5 % des cas, contre 3 % en 1975 et 10 à 12 % de 1972 à 1974 ).

Température de l'air : voir tableau No 1

Conséquence du climat général de l'année, elle est généralement en hausse par rapport à l'année précédente ( année froide ), sauf au centre du lac ( Station SHL 2 ) où elle est en moyenne annuelle de 11°14, contre 13°21 en 1975 et 13°38 en 1974.

Une constatation analogue peut être faite pour la station GE 4 ( entrée du Petit Lac ), où l'on a observé 11°09 en moyenne pour 1976, 11°86 en 1975, 12°53 en 1974.

La température mensuelle moyenne de l'air pour l'ensemble du lac au moment des prélèvements a varié de 1°29 en décembre contre 24°11 en juillet, soit une amplitude de 22°82, jamais atteinte depuis le début des études. D'autre part, pour ne citer que les valeurs comparables, la température moyenne la plus basse ( 1°29 ) n'a été observée que rarement précédemment ( - 0°05 en 1970 ; 0°97 en 1971 ).

D'autre part, il n'a été enregistré que rarement des températures moyennes aussi élevées que celle de juillet. On ne trouve que 24°59 en juillet 1964 et 24°23 en août 1973. A noter également un mois de février froid ( 2°55 en moyenne ).

Dans le Grand Lac, l'amplitude est plus élevée : 23°32, avec un minimum mensuel moyen de 0°63 en décembre et un maximum mensuel moyen de 23°95 en juillet. Une moyenne plus élevée n'a été observée qu'en juillet 1964 (24°80) et août 1973 (24°17).

En décembre 1976, certains prélèvements ont été effectués par gel, ce qui est assez exceptionnel pour le Grand Lac. Citons mars 1962, février 1965 et 1967, 1969 et 1970. Les différences entre les divers secteurs du Grand Lac ressortent aisément du tableau No 1.

Dans le Petit Lac, qui a un régime particulier, vu son orientation, la température mensuelle moyenne varie de 1°25 en février à 25°28 en juin, soit une amplitude de 24°03. A noter qu'une plus grande amplitude ( 27°32 ) avait été observée en 1970 ( - 1°50 en février et 25°82 en juillet ).

En résumé, l'année est caractérisée par un été chaud et un début et fin d'année relativement frais. On a noté une valeur maxima de 35°C le 19 juillet à 1330 h par temps clair et vent d'ouest de force 2 à la Station SHL 1, sise au large de Thonon.

### 3. LA TRANSPARENCE DE L'EAU

(voir tableau No 2)

D'une manière générale et en moyenne, la situation a peu évolué en 1976. On constate des améliorations locales, notamment aux stations qui avaient eu une transparence médiocre en 1975, par exemple :

Station	1974	1975	1976
VD 4	7.15	6.57	6.76
SHL 2	8.46	7.30	8.18
SHL 6	7.89	7.04	7.85
CRG 23	6.90	5.19	5.70

D'autres stations ont vu leur transparence moyenne s'abaisser graduellement d'année en année, par exemple :

VD 2, qui a passé de 6.49 m en 1973 à 5.93 m en 1976

SHL 1, avec une transparence moyenne de 9.52 m en 1972, qui n'est plus que de 7.83 m en 1976.

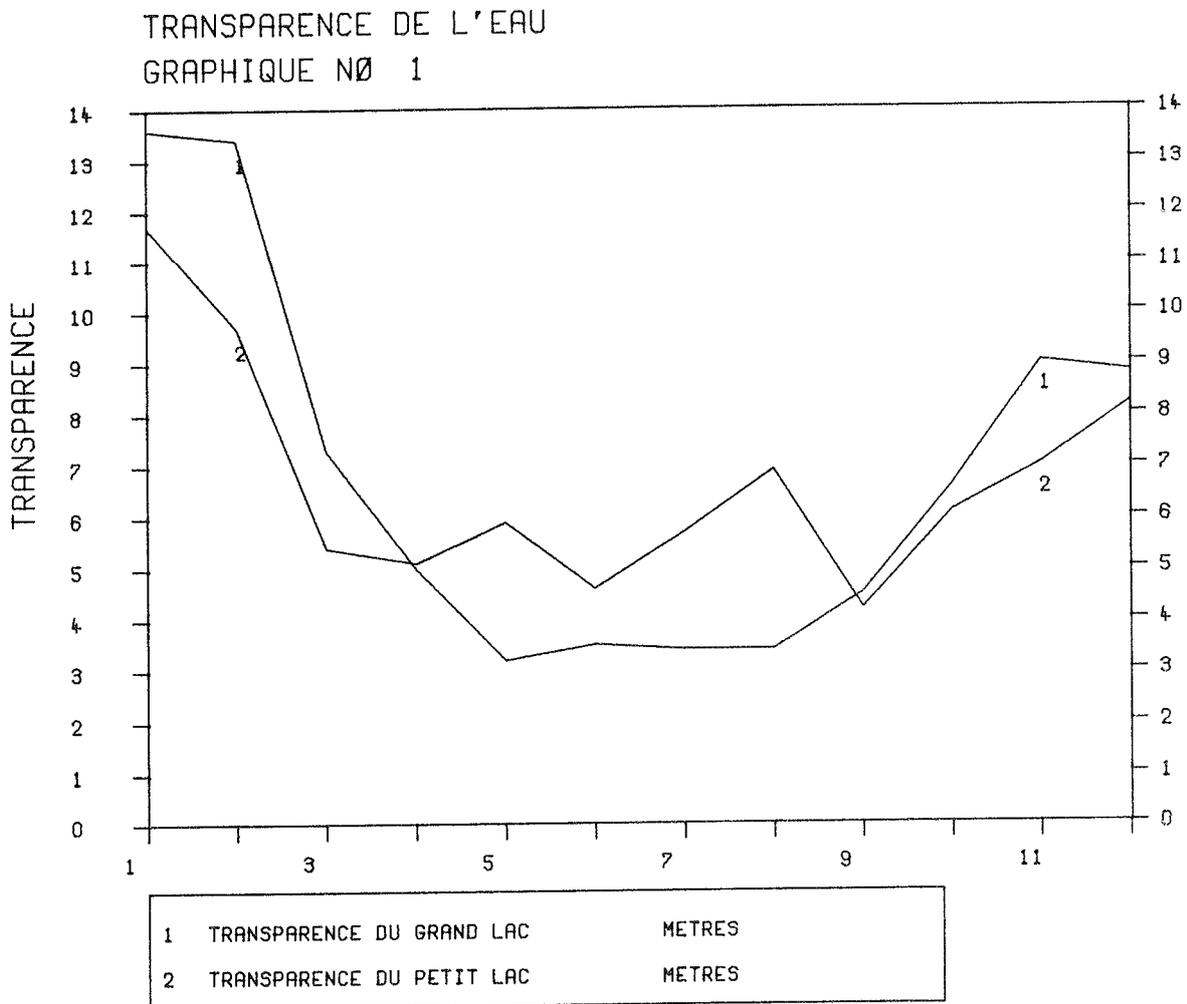
Le maximum, 16.2 m, a été observé en février à la station SHL 2 ( centre du Grand Lac ).

Le minimum, 1.8 m, a été noté en août à la station VD 5 ( large de Rolle ).

Dans le Petit Lac, on a noté un maximum de 11.9 m en janvier à la station GE 3 et un minimum de 2.2 m à la même station.

La transparence du Grand Lac a, pour des stations identiques, légèrement augmenté en 1976, par rapport à 1975, passant de 6.63 m à 6.74 m. Celle du Petit Lac également, variant de 6.25 m à 6.37 m. Ces différences minimes sont peu significatives.

L'évolution mensuelle a été différente suivant les régions. On note, ainsi qu'il ressort du graphique No 1, un seul minimum en mai dans le Grand Lac, avec des valeurs basses, tout au long de l'été jusqu'en août.



Dans le Petit Lac, au contraire, on retrouve la courbe classique avec ses deux minima bien marqués, correspondant aux fortes poussées planctoniques en mai et septembre.

Sur l'axe Ouchy-Evian, la transparence a passé de 6.98 à 7.59 m. L'amélioration est observée à toutes les stations de cet axe.

Sur l'axe Rolle-Thonon, au contraire, à toutes les stations, la transparence baisse, passant en moyenne de 7.15 m à 6.91 m.

La très légère augmentation, de l'ordre du dm, de la transparence moyenne des deux parties du lac, n'est guère significative d'une amélioration pour l'instant.

Elle est principalement due, en effet, à une transparence exceptionnelle en janvier et en novembre et décembre. A y regarder de plus près, on s'aperçoit que pour les mois de forte poussée planctonique, la transparence mensuelle moyenne a été très faible. Cela ressort nettement du graphique No 2 où est reportée la variation de la transparence moyenne du Grand Lac au cours des années 1974, 1975 et 1976. Le graphique No 3 donne une image analogue pour le Petit Lac.

En résumé, la transparence de l'eau semble s'améliorer en saison froide, mais elle reste mauvaise aux périodes de forte poussée planctonique.

#### 4. LA THERMIQUE DU LAC

##### 4.1. Le Grand Lac (voir tableau No 3)

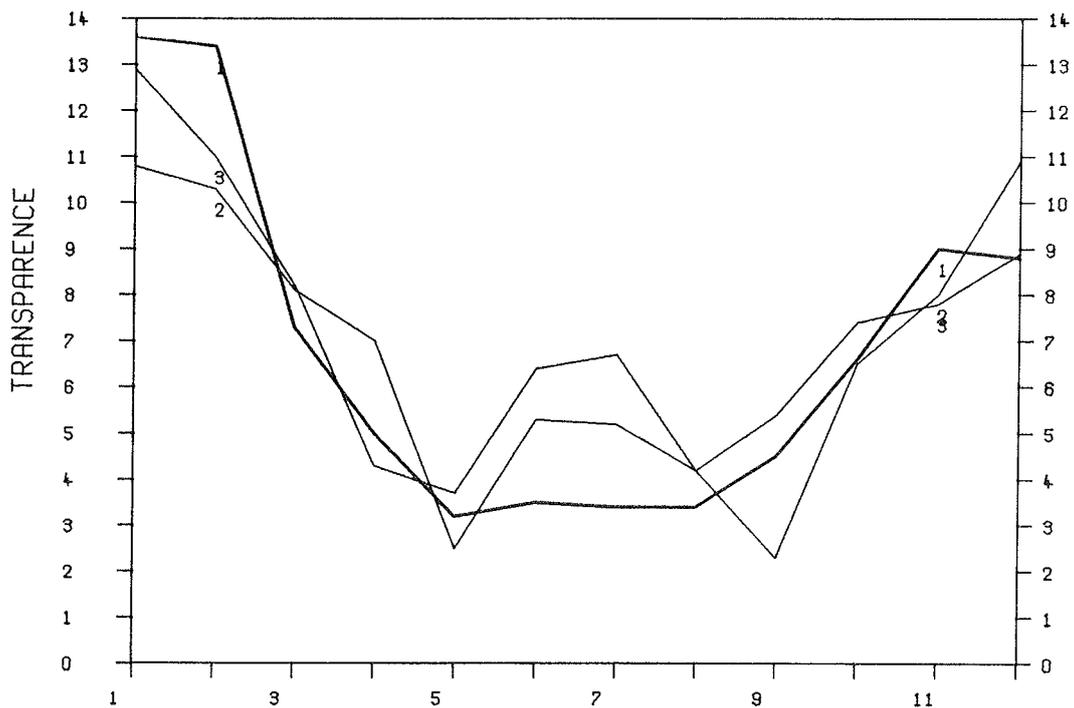
En moyenne pondérée, le Grand Lac s'est légèrement refroidi par rapport à l'année précédente, passant de 6°77 en 1975 à 6°58 en 1976. On observe un faible réchauffement en janvier, mai et juillet, mais un refroidissement les autres mois, surtout en février ( 5°90 en 1975 et 5°65 en 1976 ) et d'août à décembre. Les différences sont faibles et la masse principale de l'eau a modérément varié; conséquence d'un été chaud, on note un réchauffement moyen de quelques dixièmes de degrés à la surface du lac (0 à 10 m).

Le tableau de la page suivante montre que le lac se refroidit en moyenne et toutes choses égales par ailleurs aux niveaux allant de 20 à 100 m environ. Il se réchauffe très légèrement dans les zones plus profondes.

C'est la première fois depuis 1971 que le Grand Lac se refroidit à nouveau. Sa température avait passé progressivement de 6°07 en 1971 à 6°77 en 1975.

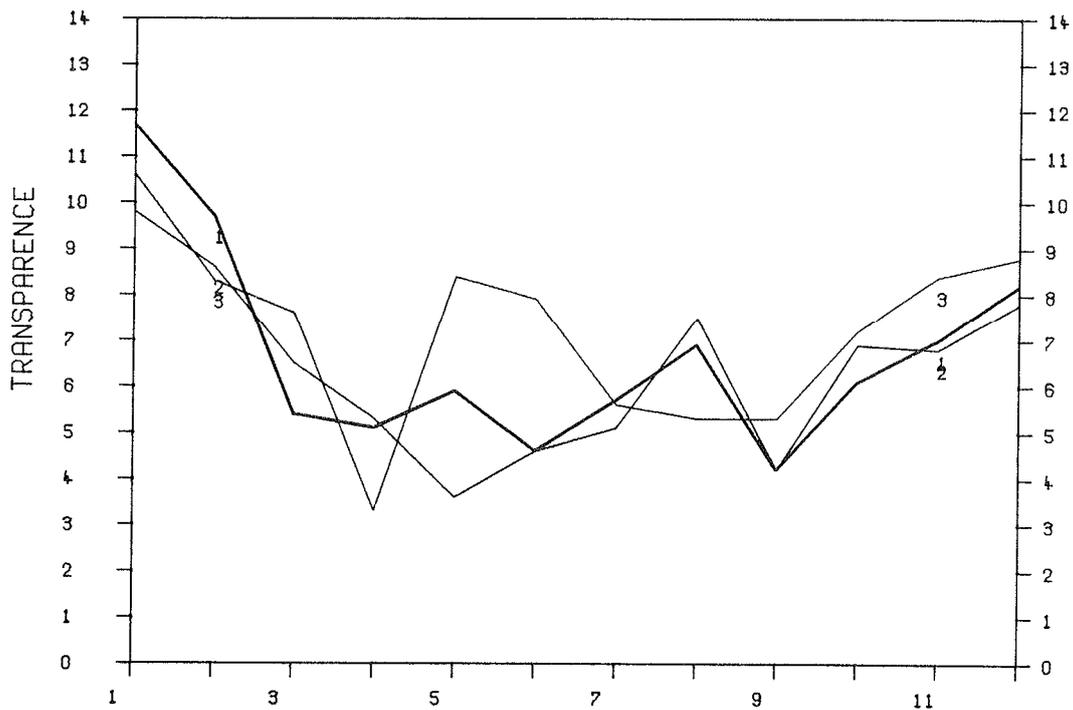
Le maximum moyen de l'année se situe en juillet ( 23°08 ), encore inférieur aux 23°63 d'août 1971 ou aux 23°16 de juillet 1964.

TRANSPARENCE DE L'EAU GRAND LAC  
GRAPHIQUE NØ 2



1	ANNEE	1 9 7 6	METRES
2	ANNEE	1 9 7 5	METRES
3	ANNEE	1 9 7 4	METRES

TRANSPARENCE DE L'EAU PETIT LAC  
GRAPHIQUE NØ 3



1	ANNEE	1 9 7 6	METRES
2	ANNEE	1 9 7 5	METRES
3	ANNEE	1 9 7 4	METRES

	1975	1976
0 m	12°27	12°91
5 m	11°59	11°75
10 m	10°69	10°77
20 m	9°07	8°58
30 m	7°96	7°22
40 m	7°22	6°69
50 m	6°79	6°35
100 m	6°24	5°89
150 m	5°66	5°69
200 m	5°47	5°45
250 m	5°29	5°36
300 m	5°23	5°29

Le maximum de l'année, 25°30, observé en juillet à la Station SHL 1 ( large de Thonon ), ne constitue pas un record absolu. On avait en effet noté des températures élevées en juillet 1964 aux stations VD 2 ( 25°30 au large de Vevey ) et CRG 11 ( 25°50 sur l'axe Ouchy-Evian, en région pélagique ); et en août 1973 aux stations VS 3 et VD 1 ( 25°40 entre Villeneuve et Montreux ) et CRG 21 ( 26°00 au large de l'embouchure de la Drance ).

Au fond du lac ( 300 m ) la température a varié de 5°20 à 5°50 à la station SHL 2 (axe Ouchy-Evian ) et de 5°15 à 5°30 à la station CRG 24, à l'est de la Grande Plaine.

Le bilan thermique du Grand Lac pour ces cinq dernières années est donné dans le tableau suivant :

Date	Température	Gain de l'été ou perte de l'hiver °C	Gain de l'été ou perte de l'hiver cal/cm2
1971 Mars	4.87		
Août	7.03	+ 2.16	+ 37'200
1972 Février	5.19	- 1.84	- 31'700
Septembre	7.19	+ 2.00	+ 34'500
1973 Mars	5.37	- 1.82	- 31'400
Septembre	7.42	+ 2.05	+ 35'300
1974 Mars	5.48	- 1.94	- 33'400
Août	7.73	+ 2.25	+ 38'800
1975 Févr.-Mars	5.90	- 1.83	- 31'600
Août	7.67	+ 1.77	+ 30'500
1976 Mars	5.56	- 2.11	- 36'400
Juillet	7.60	+ 2.04	+ 35'200
Bilan des cinq dernières années		+ 0.57	+ 9'800

Les deux derniers hivers, la perte de calories a été supérieure aux gains de l'été suivant. Il n'en reste pas moins que le bilan reste positif, et qu'en moyenne, le Grand Lac a absorbé par année 1000 calories par cm<sup>2</sup> de plus qu'il n'en a perdu.

La température la plus élevée du lac se situe parfois en septembre, plus souvent en août déjà. En 1976, le lac a commencé à se refroidir à partir de fin juillet.

#### 4.2. Le Petit Lac ( voir tableau No 4 )

Son faible volume - 3.227 km<sup>3</sup> seulement - le rend plus sensible aux influences climatiques que le Grand Lac ; les variations thermiques saisonnières sont plus grandes. C'est ainsi que la température moyenne (moyennes pondérées) a varié de la manière suivante ces dernières années :

	Moyenne	Maximum	Minimum
1971	8°74	14°65	4°56
1972	8°37	11°29	5°18
1973	7°65	11°46	4°66
1974	8°28	13°17	4°98
1975	8°75	11°68	5°94
1976	8°86	12°91	5°47

Le Petit Lac n'a pas l'inertie thermique du Grand Lac. Il a atteint sa température la plus basse en 1973, et dès lors se réchauffe, gagnant plus de 1° C en quatre ans.

Les températures estivales sont restées modérées, ne dépassant pas le maximum moyen de 21°80 en juillet. Les années précédentes, on avait noté : en juillet 22°64 en 1964 et 23°55 en 1970 ; en août : 22°75 en 1971, 22°94 en 1973 et 22°78 en 1974.

Les amplitudes entre température la plus basse et température la plus élevée d'une année donnée varient entre 5°64 ( 1975 ) et 10°09 ( 1971 ).

Il n'y a pas de variation périodique bien marquée, comme c'est le cas dans le Grand Lac. Au bilan de ces dernières années, on constate que la température de l'eau a baissé de 0°34 C par an en moyenne, soit une perte annuelle de 600 à 700 cal/cm<sup>2</sup>.

La variation moyenne estivale ou hivernale dépasse 7° C, soit plus de 27000 cal/cm<sup>2</sup>. Elle est de l'ordre de 2° C dans le Grand Lac, soit environ 34000 cal/cm<sup>2</sup>.

Le bilan thermique pour ces cinq dernières années se présente comme suit :

Date	Température	Gain de l'été ou perte de l'hiver	
		°C	cal/cm <sup>2</sup>
1971 Mars	4.56		
Août	14.65	+ 10.09	+ 38'100
1972 Février	5.18	- 9.47	- 35'800
Août	11.29	+ 6.11	+ 23'100
1973 Mars	4.66	- 6.63	- 25'100
Septembre	11.50	+ 6.84	+ 25'900
1974 Mars	4.85	- 6.65	- 25'100
Août	13.17	+ 8.32	+ 31'400
1975 Février	5.94	- 7.23	- 27'300
Septembre	11.68	+ 5.24	+ 19'800
1976 Février	5.47	- 5.71	- 21'600
Août	12.91	+ 7.44	+ 28'100
Bilan des cinq dernières années		- 1.74	- 6'600

## 5. Le pH DE L'EAU

### 5.1. Le Grand Lac ( voir tableau No 5 )

Un des faits saillants est l'augmentation importante de la valeur du pH dans les couches superficielles depuis ces cinq dernières années. Le tableau suivant le montre aisément :

Année	Profondeur		
	0 m	5 m	10 m
1972	7.96	7.92	7.88
1973	7.99	7.94	7.87
1974	8.01	7.99	7.89
1975	8.10	8.01	7.94
1976	8.14	8.07	7.94

A la surface, on a atteint en juillet le maximum moyen de 8.59 unités de pH et en août de 8.68, périodes où l'activité chlorophyllienne a atteint son paroxysme.

Dans certaines stations, on a atteint et même dépassé la valeur de 9.0, le record jamais atteint étant de 9.20 au large de Thonon en juin. Parfois, la valeur à mesurer dépassait la limite de l'instrument de mesure. A ces périodes, l'eau contient des ions  $\text{OH}^-$  libres.

La valeur moyenne mesurée au fond du lac ( 300 m ), 7.35 unités, est la plus faible observée depuis 20 ans dans cette zone. C'est la conséquence de l'accroissement de la pollution secondaire, qui se manifeste par une augmentation de l'anhydride carbonique produit par la dégradation de la matière organique.

A noter que le pH moyen est en baisse dès 20 m de profondeur et jusqu'au fond du lac.

## 5.2. Le Petit Lac ( voir tableau No 6 )

Des observations analogues à celles faites pour le Grand Lac peuvent être faites pour le Petit Lac.

Il y a également augmentation de la valeur du pH près de la surface :

Année	Profondeur		
	0 m	5 m	10 m
1972	8.05	8.06	7.99
1973	8.20	8.19	8.04
1974	8.37	8.45	8.27
1975	8.30	8.30	8.15
1976	8.38	8.24	8.17

En 1974 déjà, le pH avait été élevé.

On n'avait jamais observé alors, ni précédemment, des valeurs moyennes telles que celles de 1976, où l'on note, à la surface de l'eau, 9.13 en mai, 9.09 en juin, 8.97 en juillet, avec un maximum absolu de 9.23 en mai à la station GE 3 ( Fosse de Chevrens ).

Le lac n'est pas suffisamment profond pour que l'on puisse observer un abaissement caractéristique du pH au niveau du fond ou même au fond des fosses.

En résumé, l'évolution du pH en 1976 sur tout le lac est caractérisée par une forte élévation dans les couches superficielles pendant la période estivale. Cette élévation est due à la modification de l'équilibre physico-chimique perturbé par un grand développement phytoplanctonique. En corollaire, on observe un abaissement du pH dans les couches profondes du Grand Lac, dû à la production d'anhydride carbonique. Le déséquilibre surface / fond s'accroît.

## 6. LA CONDUCTIVITE DE L'EAU

---

Cette mesure donne une idée relativement correcte de la quantité globale de sels dissous dans l'eau. Une relation entre conductivité et dureté est facile à établir. Dans le cas qui nous occupe, la conductivité de l'eau est en relation étroite avec les phénomènes biologiques qui se traduisent par une décalcification de l'eau.

Nous nous bornerons ici à faire quelques observations générales, en rappelant que les résultats détaillés des analyses peuvent être mis à disposition des chercheurs par la Commission internationale.

On observe de plus en plus souvent des valeurs exprimées en mmS/cm, relativement basses dans les couches superficielles de l'eau. C'est ainsi que dans le Grand Lac, on a noté une valeur moyenne de 240 en juillet 1976, qui n'a été dépassée que deux fois en 20 ans, en septembre 1970 ( 236 ) et en août 1971 ( 231 ). En dehors de la saison vernale ou estivale, la conductivité est de l'ordre de 280 à 290 mmS/cm.

La précipitation superficielle des bicarbonates a pour corollaire une redissolution en profondeur, d'où une augmentation de la conductivité de l'eau en profondeur, qui s'est élevée, en moyenne annuelle à 300 m par exemple, de 293 en 1971 à 309 en 1976.

Une modification analogue se manifeste aussi dans le Petit Lac, quoique moins marquée. La moyenne annuelle y est de 291 mmS/cm, ce qui est le maximum observé depuis le début des travaux ( avec celui de 1974, également 291 ). Des valeurs faibles observées en juillet - août en surface, de l'ordre de 250 à 255 mmS/cm ont déjà été rencontrées. On a même rencontré 243 mmS/cm en août 1971.

A noter également une hausse de la conductivité au fond du lac. Une valeur annuelle moyenne de 300 mmS/cm au fond de la fosse de Nyon, ou de 301 mmS/cm dans celle de Chevrens est un record absolu jamais noté depuis 20 ans.

En résumé, la conductivité de l'eau a tendance à s'abaisser dans les couches superficielles de l'eau et à s'élever dans les couches profondes. Cette modification de la composition ionique de l'eau ne s'opère que lentement, et ne peut être décelée que par des observations systématiques répétées sur plusieurs années.

A considérer le lac pris dans son ensemble, la conductivité, donc la quantité d'électrolytes a tendance à augmenter. La moyenne annuelle pondérée, de 298 mmS/cm est la plus forte enregistrée depuis le début des mesures.

## 7. L'OXYGENE DISSOUS DANS L'EAU ET SON TAUX DE SATURATION

### Note préliminaire :

Avec le nouveau programme quinquennal 1976 - 1980, le mode de calcul du taux de saturation en oxygène a changé. Désormais est utilisée la formule de MONTGOMERY et al. où

$$S_o = 14,60307 - T \cdot 0,4021469 + T^2 \cdot 0,00768703 - T^3 \cdot 0,0000692575$$

où

$S_o$  = teneur en oxygène à saturation en mg/l

T = température en ° C.

La correction de pression est effectuée en tenant compte de la pression atmosphérique moyenne au lac Léman, qui est de 730 mm Hg.

Par rapport au nouveau calcul, les taux de saturation indiqués avant 1975 sont trop élevés de 3 % environ. Il s'ensuit que nos observations faites à ce sujet les années précédentes étaient trop optimistes.

### 7.1. Le Grand Lac ( voir tableaux No 7 et 8 )

Les rapports précédents ont montré que le lac perdait de l'oxygène année après année depuis 1971. Cette évolution, conformément aux prévisions, s'est continuée mais aussi s'est accélérée. Comparons les moyennes du Grand Lac pour des mêmes stations, pour les années 1975 et 1976 :

Moyennes annuelles		1975	1976
0 m	mg O <sub>2</sub> /l	11.33	10.89
5 m		11.33	10.61
10 m		10.68	9.86
20 m		10.26	9.36
30 m		10.18	9.47
40 m		10.25	9.62
50 m		10.19	9.57
100 m		9.76	9.38
150 m		7.85	7.77
200 m		6.44	5.85
250 m		4.98	4.16
300 m		2.12	1.51
Moyenne arithmétique		10.10	9.48
Moyenne pondérée		8.65	8.13

Le Grand Lac a perdu de l'oxygène dans tout son volume, sans exception.

Le tableau No 7 a des moyennes un peu différentes en dessous de 50 m et une moyenne arithmétique globale plus basse. Pour comparer les deux années, nous avons fait abstraction, dans le tableau de la page précédente, de la station CRG 26 ( Est de la Grande Plaine ), étudiée depuis 1976 seulement. Le tableau No 7, lui, en tenait compte.

Cette diminution est générale. Elle affecte tous les mois de l'année, toutes choses égales par ailleurs, et toutes les régions du Grand Lac, sans exception.

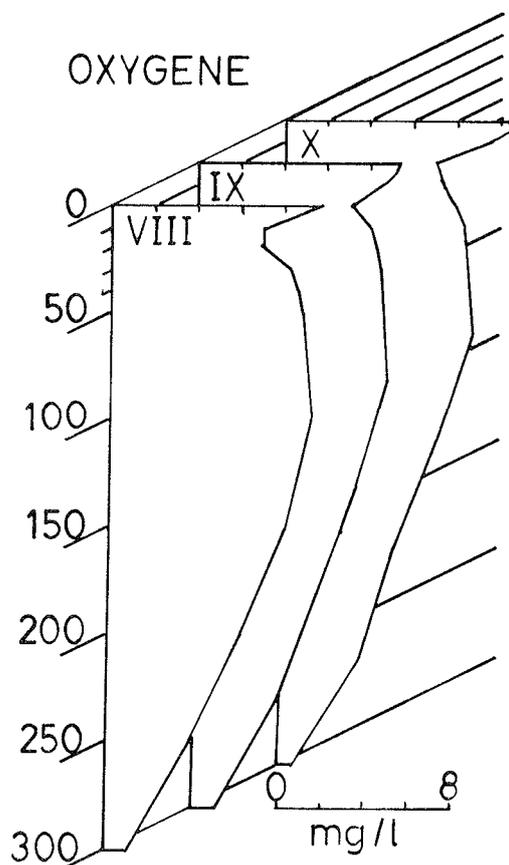
Dans les couches superficielles, on relève quelques rares concentrations supérieures à celles de 1975, en avril, juin et octobre, mais qui sont sans importance pour l'ensemble.

La diminution de concentration dans la zone du saut thermique est très significative de la présence d'un excès de matière organique à dégrader.

Les concentrations moyennes observées en août - septembre et octobre, décrites dans le graphique No 4, en sont la preuve.

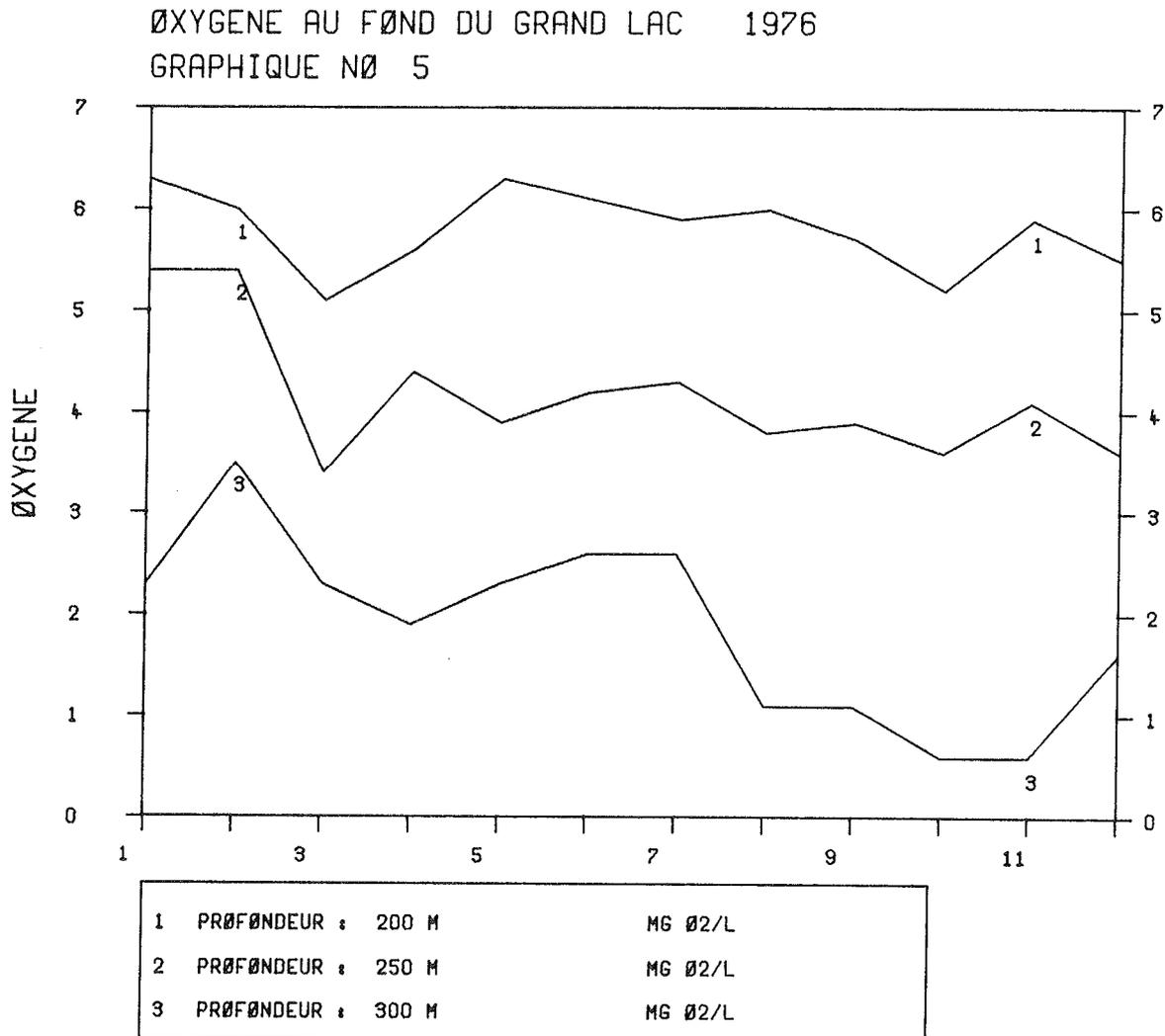
On y remarque également la diminution progressive de la concentration d'oxygène à partir d'une profondeur de 200 m.

Gr. 4



L'hiver 1975 - 1976, insuffisamment froid, n'a pas permis un renouvellement optimum de la provision d'oxygène. La saison a donc, comme nous le prévoyions, débuté de manière déficitaire.

Le graphique No 5 montre l'évolution de l'oxygène en 1976 aux niveaux 200 m, 250 m, 300 m.

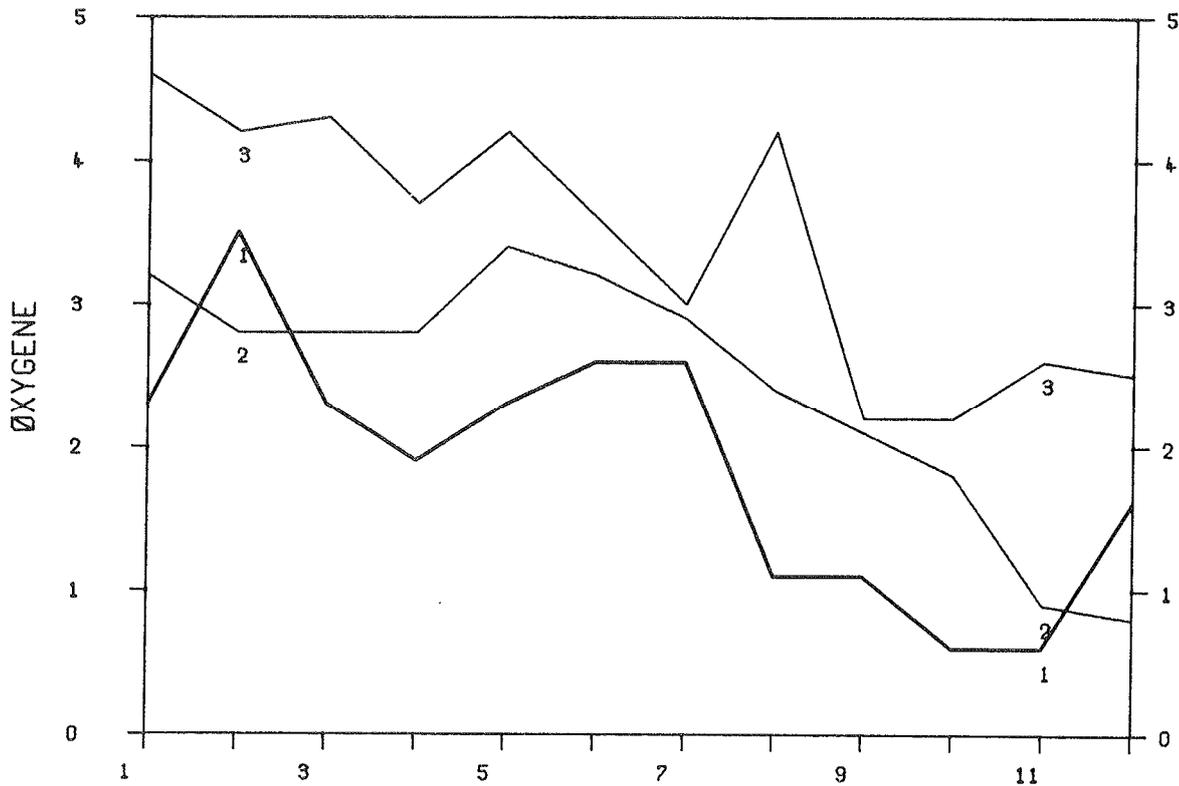


Au fond du lac, l'oxygène ne cesse de diminuer. Le minimum jamais observé jusqu'alors a été de 0.31 mg/l en octobre.

Le graphique No 6 montre l'évolution annuelle de 1974 à 1976 à 300 m de profondeur. La moyenne, de 1.9 mg/l, est la plus basse enregistrée depuis 20 ans.

A noter qu'à l'est de la Grande Plaine ( station CRG 26 ), l'oxygène est légèrement plus abondant qu'au centre du lac.

ØXYGENE AU FOND DU GRAND LAC 300 M  
GRAPHIQUE NØ 6



1	ANNEE	1 9 7 6	MG Ø2/L
2	ANNEE	1 9 7 5	MG Ø2/L
3	ANNEE	1 9 7 4	MG Ø2/L

#### Provision d'oxygène

Les variations mensuelles pour 1976 se trouvent au bas du tableau No 7. La provision moyenne est de l'ordre de 696'000 tonnes, avec un maximum en février de 762'000 tonnes, et un minimum de 618'000 tonnes. Il y a donc une amplitude annuelle de l'ordre de 134'000 tonnes. Ce tonnage est, de loin, le plus bas observé depuis le début des travaux.

Ces dernières années, il était encore de :

824'000 t en 1971  
 782'000 t en 1972  
 788'000 t en 1973  
 764'000 t en 1974  
 747'000 t en 1975  
 696'000 t en 1976

Alors que le Grand Lac perdait 24'000 tonnes d'oxygène de 1973 à 1974 et 17'000 tonnes de 1974 à 1975, il a perdu 51'000 tonnes de 1975 à 1976.

Taux de saturation ( voir tableau No 8 )

Nous avons déjà mentionné les modifications survenues dans le calcul du taux de saturation.

Le tableau ci-dessous montre les différences, pour les années 1975 et 1976.

Profondeur	1975		1976	
	calcul		calcul	
	ancien	nouveau	ancien	nouveau
0 m	114.0	110.8	111.0	107.8
5	112.3	109.0	104.8	101.6
10	102.5	99.8	94.7	91.8
20	95.3	92.2	86.0	82.9
30	92.0	89.1	84.4	81.5
40	90.8	88.3	84.7	81.8
50	89.9	86.9	83.6	80.7
100	84.4	82.1	80.7	77.9
150	69.6	65.1	66.6	64.4
200	54.2	53.1	49.5	47.6
250	42.9	40.9	35.4	34.1
300	21.1	17.3	16.7	15.6
Moyenne pondérée	77.1	74.3	71.8	69.3

Les valeurs calculées dans les années antérieures à 1976 sont trop élevées, donc trop optimistes. Par rapport à 1975, le taux de saturation annuel moyen a baissé de 5 % ; la valeur de 69.3 % est le minimum absolu mesuré depuis 20 ans.

A 300 m de profondeur, le taux a varié entre 29 % ( février ) et 4.6 % ( novembre ). Le minimum est de 2.6 % en octobre au centre du lac. Dans les couches superficielles, on a observé un taux mensuel moyen de 162.8 % en juin. On a enregistré le taux maximum de 183.9 % au large de Thonon en juin.

De l'ordre de 80 % en 1971, le taux de saturation n'est plus, en moyenne pondérée, que de l'ordre de 69 %.

## 7.2. Le Petit Lac ( voir tableau No 9 )

D'une manière générale, le Petit Lac a subi des modifications analogues à celles du Grand Lac. La concentration moyenne en oxygène a passé de 10.65 mg/l en 1975 à 10.12 mg/l en 1976, en moyenne pondérée.

Mais le Petit Lac est plus influencé par les sautes de climat, de sorte que l'on observe des améliorations certaines saisons, notamment de janvier à avril - mai ou à partir de novembre. En été, par contre, le déficit est important :

Moyennes pondérées

	1975	1976	Différence
Janvier	11.15	11.23	+ 0.08
Février	11.77	11.99	+ 0.22
Mars	11.99	11.96	- 0.03
Avril	12.18	12.48	+ 0.30
Mai	11.28	11.58	+ 0.30
Juin	11.10	9.90	- 1.20
Juillet	10.55	8.31	- 2.24
Août	9.18	7.82	- 1.36
Septembre	9.07	8.22	- 0.85
Octobre	9.71	8.42	- 1.29
Novembre	9.22	9.66	+ 0.44
Décembre	-	9.91	-
Moyenne annuelle	10.65	10.12	- 0.53

La concentration moyenne a passé de 10.52 mg/l en 1971 à 10.45 mg/l en 1972 ; 10.57 mg/l en 1973 ; 10.68 mg/l en 1974 ; 10.65 mg/l en 1975 ; la moyenne de 1976, avec 10.12 mg/l, est la plus basse enregistrée depuis 20 ans. A noter que la concentration est inférieure à 7 mg/l dans 3 cas, dans la zone épilimnique :

	Août	Octobre
Station GE 3	6.28 à 20 m	6.74 à 30 m
GE 4	6.04 à 20 m	6.86 à 30 m

Les maxima estivaux sont inférieurs à 14 mg/l.

Le stock d'oxygène du Petit Lac varie dans le courant de l'année. En moyenne de 32'700 tonnes en 1976, il a son maximum d'environ 40'300 tonnes en avril et son minimum de 25'200 tonnes en août.

Le stock annuel moyen a baissé de 1'200 tonnes par rapport à 1971, où l'on calculait 33'900 tonnes. A noter 34'500 tonnes en 1974 et 34'200 tonnes en 1975.

Le Petit Lac a été moins saturé en oxygène que les années précédentes. Le taux moyen de 1976 s'est révélé être de 90.6 %, avec un minimum, en moyenne pondérée toujours, de 77.6 % en juillet et un maximum de 107.3 % en avril.

On avait mesuré 95.3 % en 1975.

### 7.3. Le Léman pris dans son ensemble

A ne considérer que le stock d'oxygène, on constate que le Petit Lac ne représente qu'une faible proportion de l'ensemble.

Tonnes Moyenne Annuelle

	1975	% du total	1976	% du total
Grand Lac	747'000	95.6	696'000	95.5
Petit Lac	34'200	4.4	32'700	4.5
Léman	781'200	-	728'700	-
Diminution	-		-52'500	
% de diminution par rapport à 1975			6.7 %	

Rappelons que le Petit Lac ne représente, en volume, que 3.6 % de l'ensemble du Léman.

En résumé, l'ensemble du lac a vu sa situation se détériorer en 1976.

Cet effet est particulièrement sensible dans le Grand Lac, qui perd de l'oxygène en tout lieu, en tout temps et à toute profondeur.

La concentration moyenne n'est plus, en 1976, que de 8.13 mg O<sub>2</sub>/l, alors que l'année 1975, déjà déficitaire, avait une concentration moyenne de 8.65 mg/l, toutes choses égales par ailleurs.

Les conditions hivernales 1975 - 1976 n'ont pas permis un renouvellement normal de la provision d'oxygène. La consommation biologique l'emportant sur la diffusion à partir de la surface, le fond du lac s'est trouvé quasi exempt d'oxygène en fin de saison.

La provision annuelle moyenne n'est plus que de 696'000 tonnes en 1976, contre 747'000 tonnes en 1975 et 824'000 tonnes en 1971. La perte de 1975 - 1976 ( 51'000 tonnes ) est une perte record.

Le taux de saturation moyen pour toute la masse du Grand Lac est descendu pour la première fois en dessous de 70 %. Il n'est plus, au fond du lac, que de 15.6 % avec un minimum de 4.6 % en novembre. ( minimum absolu : 2.6 % en octobre, au centre du lac ).

Dans le Petit Lac, qui ne contient que 4.5 % de l'oxygène du Léman pris dans son ensemble, la baisse de concentration est effective. Toutefois, eu égard aux conditions géographiques, elle n'a pas le caractère catastrophique du Grand Lac, où la vie des fonds tend vers une anaérobiose.

---

## 8. EVOLUTION DE L'AZOTE

### 8.1. L'azote ammoniacal ( voir tableaux No 9 et 10 )

#### 8.1.1. Le Grand Lac

La concentration en azote ammoniacal du Grand Lac a légèrement diminué, du moins en moyenne pondérée. La moyenne arithmétique annuelle n'a pas varié, la concentration en restant à 0.017 mg/l. En moyenne pondérée, on obtient 0.012 mg N/l en 1976 contre 0.013 mg N/l en 1975.

Il s'ensuit que le tonnage moyen baisse de quelque 76 tonnes, passant de 1135 à 1059 tonnes, soit 6 %.

Les variations mensuelles moyennes par rapport à l'année précédente sont les suivantes, en moyenne pondérée bien entendu :

	1975	1976	Variation
Janvier	0.014	0.014	=
Février	0.010	0.011	- 0.001
Mars	0.012	0.008	- 0.004
Avril	0.012	0.011	- 0.001
Mai	0.019	0.023	+ 0.004
Juin	0.018	0.009	- 0.009
Juillet	0.013	0.012	- 0.001
Août	0.004	0.012	+ 0.008
Septembre	0.009	0.014	+ 0.005
Octobre	0.008	0.012	+ 0.004
Novembre	0.014	0.008	- 0.006
Décembre	0.010	0.007	- 0.003

Il se produit un abaissement de concentration au printemps et en fin d'année, une augmentation lors des poussées planctoniques ( mai et août à octobre ).

Le stock d'ammoniaque passe par <sup>un</sup> minimum de 693 t en mars, et un maximum de 1944 t en mai.

Nous devons remarquer que la production moyenne de 1976 est en baisse, depuis quelques années :

1971	982	tonnes
1972	1'353	"
1973	1'219	"
1974	1'326	"
1975	1'135	"
1976	1'059	"

Comme à l'accoutumée, ce sont les couches superficielles qui sont les riches en azote ammoniacal, et notamment au voisinage du saut thermique. C'est ainsi qu'on observe en mai, des concentrations moyennes de 0.081 mg N/l à 10 m de 0.071 mg N/l à 20 m ; en août, de 0.045 mg N/l à 10 m et en septembre de 0.041 mg /l à 10 m également.

Signalons comme corollaire de la disparition de l'oxygène au fond du lac ( 300 m ), une accumulation de sel ammoniacal, la concentration moyenne atteignant de 0.119 mg N/l en octobre et 0.102 mg N/l en novembre, et étant plus forte au centre lac qu'en amont, à l'est de la Grande Plaine.

par exemple :	CRG 24 Est du Lac	SHL 2 Centre du Lac
Août	0.068 mg N/l	0.086 mg N/l
Septembre	0.013	0.047
Octobre	0.087	0.150

#### 8.1.2. Le Petit Lac

En concentration, ses eaux sont plus riches que celles du Grand Lac : 0.035 mg N/l en moyenne pondérée. La concentration moyenne varie suivant les mois de 0.004 mg N/l ( décembre ) à 0.079 mg N/l.

La production annuelle d'azote ammoniacal est d'environ 112 tonnes, variant entre 13 tonnes et 255 tonnes.

En fait, la concentration moyenne est la plus basse observée depuis 5 ans, ainsi qu'en témoigne le tableau suivant :

	Concentration mg N/l	Tonnes
1971	0.036	116
1972	0.028	90
1973	0.055	178
1974	0.069	222
1975	0.065	209
1976	0.035	112

Pour le Léman pris dans son ensemble, le tonnage annuel moyen est le suivant :

1971	1'096
1972	1'443
1973	1'397
1974	1'548
1975	1'344
1976	1'171

La part du Petit Lac varie entre 6 % ( 1972 ) et 15.5 % ( 1975 )  
et étant de 9.6 % en 1976.  
( volume partiel du Petit Lac : 3.6 % )

En résumé, la concentration en azote ammoniacal baisse très légèrement  
dans le Grand Lac, fortement dans le Petit Lac ( environ 54 % ).

Elle est en 1976 de 0.012 mg N/l dans le Grand Lac, et de 0.035 mg N/l  
dans le Petit Lac.

Le Grand Lac en contient en moyenne annuelle 1059 tonnes, et le Petit  
Lac 112.

## 8.2. L'azote nitreux ( voir tableau No 11 )

### 8.2.1. Le Grand Lac

La concentration en nitrites reste toujours relativement faible, de  
l'ordre de quelques mg en général. Ce n'est que lors de fortes activités  
biologiques que la concentration augmente quelque peu. Ce fut le cas notam-  
ment en mai-juin près de la surface et près du fond du lac. La concentra-  
tion moyenne du Grand Lac a été de 0.002 mg/ l en moyenne pondérée, comme  
du reste l'an passé.

Le jeu des répartitions suivant la profondeur fait que le tonnage annuel  
moyen des nitrites n'est plus que de 133 tonnes - avec un maximum de  
253 tonnes en mai et un minimum de 61 tonnes en février - , diminuant de  
22 tonnes, soit 14 %, par rapport à l'an passé ( 155 tonnes ).

On note à toutes les stations une augmentation de nitrites en mai, entre  
10 et 30 m, en juin entre 10 et 20 mètres, un peu moins en juillet entre  
10 et 20 m. Le maximum de l'année se situe à la station VD 2 ( Vevey )  
avec une concentration de 0.06 mg N/l à 10 m de profondeur.

A signaler également comme pour l'azote ammoniacal, une augmentation de  
la concentration près du fond du lac. Déjà observée en 1975 et les années  
antérieures, elle est cependant plus forte. La moyenne de l'année y est  
de 0.006 mg/l avec des pointes de 0.015 mg N/l en août et 0.017 mg N/l  
en octobre ( maxima à la station CRG 24 - Est de la Grande Plaine - :  
0.025 mg N/l en août ; 0.029 mg N/l en octobre.

A noter que l'année 1976 est une des meilleures des six dernières années,  
à en juger par les tonnages annuels moyens :

1971	134	tonnes
1972	126	"
1973	196	"
1974	155	"
1975	155	"
1976	133	"

### 8.2.2. Le Petit Lac

Comme à l'accoutumée, la concentration dans le Petit Lac est un peu supérieure à celle du Grand Lac. Elle est de l'ordre de 0.003 mg N/l, avec quelques valeurs un peu plus élevées de mai à juillet, atteignant au maximum 0.012 mg N/l.

Le stock d'azote nitreux est faible, de l'ordre de 9 tonnes, variant de 4 tonnes en février à 18 tonnes en mai, 15 tonnes en juin et 19 tonnes en juillet. Les années précédentes, nous avons enregistré :

1971	6	tonnes
1972	13	"
1973	11	"
1974	11	"
1975	9	"
1976	9	"

---

Donc, l'azote nitreux a tendance à diminuer ces dernières années. Une teneur de 133 tonnes représente un abaissement de 14 % ( 22 tonnes ) par rapport à l'année 1975.

Dans le Petit Lac, l'état est stationnaire, avec une concentration un peu supérieure à celle du Grand Lac ( 0.003 mg N/l contre 0.002 mg N/l ).

### 8.3. L'azote nitrique

Nous ne devons pas perdre de vue que nous ne dosons, surtout en été, que l'azote restant sous forme nitrique qui n'a pas participé aux processus biologiques. La concentration de janvier et février donne une meilleure idée de la quantité de nitrates à disposition dans le lac que les concentrations moyennes.

#### 8.3.1. Le Grand Lac ( voir tableau No 12 )

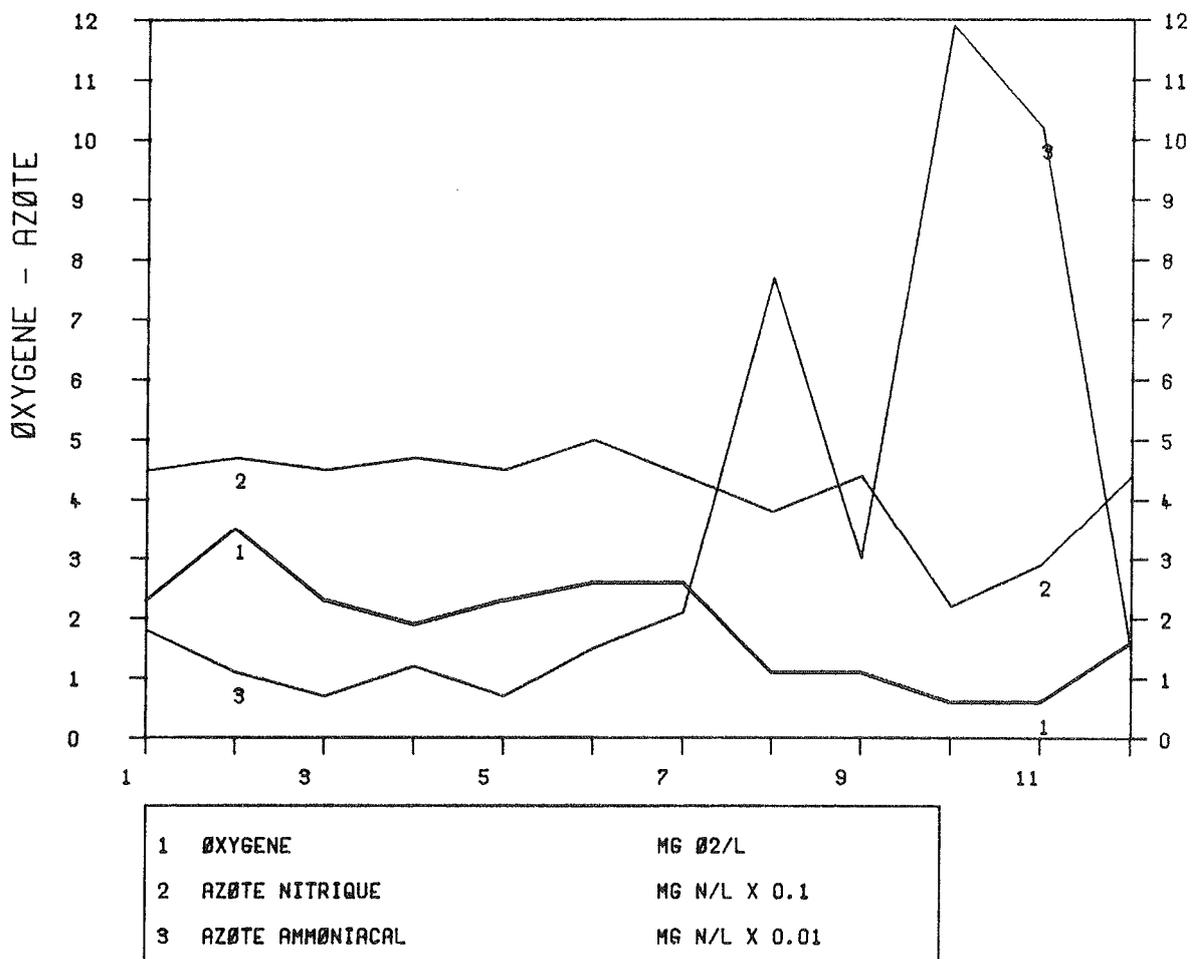
Par le processus de l'absorption de l'azote nitrique en surface et de la minéralisation des matières organiques azotées en profondeur, la concentration moyenne du lac ( moyenne pondérée ), subit peu de fluctuations d'un mois à l'autre. Elle est en 1976 de 0.44 mg N/l, avec des pointes à 0.46 mg N/l en mars, avril et novembre, et des creux de 0.41 mg N/l en mai et 0.42 mg N/l en juillet.

L'azote nitrique disparaît presque complètement en surface en mai ( 0.05 mg N/l ), surtout en juin - juillet ( 0.02 mg N/l ) et encore en septembre ( 0.06 mg N/l ). Ce phénomène est un peu plus important que l'année précédente, où la concentration superficielle moyenne n'était pas descendue en dessous de 0.05 mg N/l.

On remarque cependant en 1976 une disparition complète de l'azote nitrique à presque toutes les stations : en août vers St-Gingolph ; en mai sur plus de 10 m d'épaisseur d'eau et en août au large de Vevey ; en octobre au large de Lausanne ; en juin ( 0 - 5 m ), juillet ( 0 - 10 m ) et octobre ( 0 - 5 m ) au large de Thonon ; en juin ( 0 m ) et juillet ( 0 - 5 m ) au centre du lac ; en juin ( 0 - 5 m ) et juillet ( 0 - 10 m ) au large d'Evian.

A noter de faibles concentrations moyennes observées au fond du lac en août, octobre et novembre. Cette réduction des nitrates correspond à la forte apparition d'ammoniacale signalée précédemment, et en relation avec la quasi disparition de l'oxygène. La relation entre ces trois éléments ressort bien du graphique No 7, pour les 12 mois de l'année 1976.

RELATION OXYGENE-AZOTE AU FOND DU GRAND LAC  
GRAPHIQUE N° 7



La provision moyenne d'azote nitrique ne semble pas avoir augmenté depuis 1975. Elle serait même en légère régression, mais à peine de 2 %. On doit donc parler provisoirement plutôt de stabilisation, d'autant plus que les années précédentes avaient vu une augmentation rapide des concentrations en moyenne pondérée :

	mg N/l	tonnes
1971	0.37	31'600
1972	0.39	33'400
1973	0.40	34'000
1974	0.42	36'400
1975	0.45	38'600
1976	0.44	37'900

Pour 1976, le tonnage varie entre 35'100 tonnes en mai et 39'700 tonnes en juin et novembre.

### 8.3.2. Le Petit Lac ( voir tableau No 13 )

Note : Les mesures faites en 1974 et 1975, et figurant dans les rapports précédents, sont trop élevées et doivent être réduites.

La concentration moyenne du Petit Lac est de 0.41 mg/l, un peu inférieure à celle du Grand Lac, ce qui se conçoit aisément, le Grand Lac déversant dans le Petit Lac des eaux principalement superficielles, quelque peu appauvries en éléments fertilisants. ( Le seuil du Petit Lac se situe à - 66 m à la Barre de Promenthoux ).

La concentration moyenne varie entre 0.30 mg N/l en août et 0.53 mg N/l. Les nitrates ne disparaissent jamais complètement de la surface du lac.

L'oxygène étant toujours présent, il n'y a pas de diminution de concentration, même dans les creux des fosses. Au contraire, celles-ci voient une certaine accumulation, avec des concentrations pouvant atteindre 0.67 mg N/l en juin dans la fosse de Chevrens, ou 0.75 mg N/l dans la fosse de Nyon.

L'azote nitrique est en très légère baisse, non significative d'ailleurs, depuis l'année passée, année record. Il vaut mieux parler de stabilisation, comme pour le Grand Lac.

	mg N/l	tonnes
1971	0.30	963
1972	0.31	1'007
1973	0.33	1'080
1974	0.37	1'192
1975	0.42	1'346
1976	0.41	1'327

Le stock moyen varie, en moyenne pondérée, en 1976, d'un minimum de 980 tonnes en août à un maximum de 1'720 tonnes en décembre.

L'azote nitrique du Petit Lac représente environ 3.4 % de l'ensemble du lac.

### 8.3.3. Le lac pris dans son ensemble

Les valeurs moyennes observées ces dernières années ont été les suivantes :

	mg N/l	Tonnes
1971	0.37	32'600
1972	0.39	34'300
1973	0.40	35'100
1974	0.42	37'600
1975	0.45	39'950
1976	0.44	39'200

Il faut noter une bonne concordance entre le tonnage additionné des deux parties du lac et celui calculé pour l'ensemble.

Les concentrations moyennes de 1976 varient entre 0.41 mg/l en mai et 0.46 mg/l en avril, novembre et décembre, avec des tonnages correspondants de, respectivement, 36'400, 41'000, 40'600 et 41'300 tonnes.

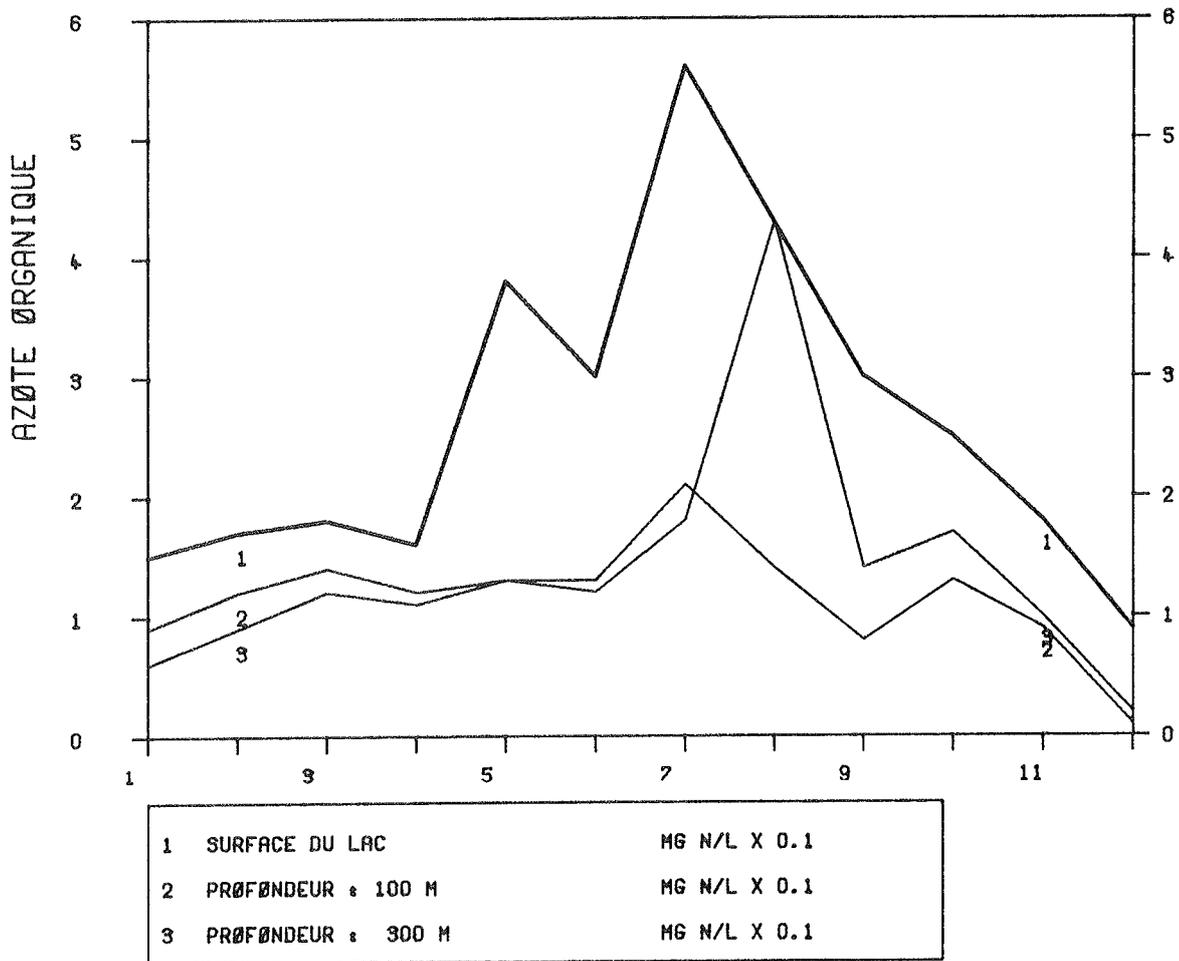
### 8.4. L'azote organique ( voir tableau No 14 )

Nous n'avons à disposition que les mesures effectuées à la station SHL 2 ( centre lac ), que nous extrapolons à l'ensemble du Grand Lac. En l'occurrence, il s'agit de la différence entre l'azote total dosé et l'azote minéral, somme des nitrates, nitrites et ammoniacque.

La concentration est la plus élevée dans les couches superficielles, et notamment au moment de la poussée du plancton. Le graphique No 8 indique l'évolution de l'azote organique au cours de l'année 1976 à 0, 100 et 300 m. On constate que la pointe de juillet à 0 m correspond à une pointe en août à 300 m de profondeur.

La concentration annuelle moyenne pondérée est de 0.125 mg N/l, avec un maximum de 0.205 mg N/l en juillet et un minimum de 0.036 mg N/l en décembre. Le maximum absolu de l'année s'élève en juillet à 0.558 mg N/l. Le minimum observé est en décembre à 100 m de profondeur, avec 0.014 mg N/l.

AZOTE ORGANIQUE  
GRAPHIQUE N° 8



Il y a plus d'azote organique que l'année précédente dans le Grand Lac :

	mg N/l	tonnes
1973	0.125	10'700
1974	0.122	10'500
1975	0.114	9'800
1976	0.125	10'700

A la diminution de l'azote nitrique correspond une augmentation de l'azote organique.

#### 8.5. L'azote total

L'analyse des différentes formes de l'azote permet d'établir un bilan pour 1976, en prenant pour base les stocks calculés :

	Grand Lac		Petit Lac		Léman
	tonnes	%	tonnes	%	
Azote ammoniacal	1'059	90.4	112	9.6	1'171
Azote nitreux	133	93.7	9	6.3	142
Azote nitrique	37'900	96.7	1'300	3.3	39'200
Azote organique	10'700	95.2	540 *	4.8	11'240 **
Total	49'792	96.2	1'961	3.8	51'753

\* estimé par différence entre Léman - Grand Lac

\*\* extrapolé au lac tout entier.

Approximativement, en 1956, le stock moyen d'azote est composé de 22 % d'azote organique, de 76 % d'azote nitrique, le solde étant de l'ammoniac et des nitrites.

Ces quatre dernières années, l'azote total a évolué de la manière suivante :

	Tonnes		
	Grand Lac	Petit Lac	Léman
1973	46'100	1'770	47'870
1974	48'400	1'900	50'300
1975	49'700	2'000	51'700
1976	49'800	2'000	51'800

L'état du lac est stationnaire en 1976.

En résumé, du point de vue de l'azote, la situation peut être caractérisée comme suit :

- L'azote ammoniacal est en baisse légère dans le Grand Lac, mais plus forte dans le Petit Lac, qui a une concentration en ammoniac plus élevée que le Grand Lac, respectivement 0.035 mg N/l ( 112 tonnes ) et 0.012 mg N/l ( 1059 tonnes ).
- Il se produit aussi une baisse de concentration de nitrites depuis l'an passé. Le tonnage passe de 155 tonnes en 1975 dans le Grand Lac à 133 tonnes en 1976. Dans le Petit Lac, l'état est stationnaire.
- On signale dans le Grand Lac une faible régression de nitrates en 1976, de l'ordre de 2 %, avec une concentration de 0.44 mg N/l ( 37'900 tonnes ), inférieure à celle de 1975 ( 0.45 mg N/l 38'600 tonnes ), mais supérieure à celles des années 1974 et antérieures.

Une régression du même ordre est enregistrée dans le Petit Lac : 0.41 mg N/l et 1'300 tonnes en 1976 contre 0.42 mg N/l et 1'350 tonnes en 1975. Là aussi, la concentration 1976 est supérieure à celles des années 1974 et antérieures.

- d) Corollaire de la diminution des nitrates, l'azote organique contenu dans le Grand Lac a légèrement augmenté en 1976 et se situe aux environs de 10'700 tonnes.
  - e) Le stock moyen d'azote sous toutes ses formes dosées est approximativement de 50'000 à 52'000 tonnes pour l'ensemble du lac.
  - f) Une relation très étroite existe dans le fond du lac entre la disparition de l'oxygène, l'apparition de fortes concentrations d'ammoniac et la réduction des nitrates.
-

## 9. EVOLUTION DU PHOSPHORE

### 9.1. Les orthophosphates ( voir tableau No 15 )

#### 9.1.1. Le Grand Lac

La concentration moyenne pondérée de l'année 1976 est de 0.075 mg P/l, en augmentation par rapport à l'année précédente, et aussi pour les années antérieures ainsi qu'on peut le constater dans le tableau suivant :

	mg P/l	tonnes
1971	0.048	4'100
1972	0.058	5'000
1973	0.068	5'800
1974	0.065	5'600
1975	0.068	5'800
1976	0.075	6'400

L'augmentation globale est de 56 % en 5 ans et de 2'300 tonnes, soit un taux d'accroissement moyen de 12 % par an ( 460 tonnes ). L'augmentation est effective quasiment toute l'année, sauf février. Elle intéresse tous les niveaux du Grand Lac et la quasi totalité des stations qui y sont observées.

En 1976, les orthophosphates diminuent fortement au cours de la saison estivale. Le graphique No 9 donne un aperçu de l'évolution en surface, à 150 m de profondeur ( mi profondeur ) et au fond du lac. L'abaissement superficiel se produit brusquement en mai, puis en août - septembre.

A ces périodes, l'eau peut être exempte d'orthophosphates, la totalité du phosphore présent étant sous forme organique. Cependant, cette occasion ne s'est pas présentée en 1976. Peut-être le phosphore a-t-il atteint une concentration telle qu'il n'est plus un facteur limitant.

La concentration en orthophosphates augmente considérablement avec la profondeur. En 1976, au fond du lac, elle n'est jamais descendue au-dessous de 0.108 mg/l, et la concentration annuelle moyenne, de 0.152 mg P/l est un record jamais atteint jusqu'alors. De même, on n'a jamais observé des concentrations mensuelles moyennes de 0.193 mg P/l en octobre, ou 0.182 mg P/l en novembre, par exemple. Il faut mettre ce phénomène en relation avec la diminution de l'oxygène, comme cela apparaît clairement en comparant le graphique No 9 avec le graphique No 7.

Un relargage de phosphore à partir des sédiments n'est pas exclu.

La concentration mensuelle moyenne a été au plus bas en février ( 0.064 mg P/l et 5'470 tonnes ), au plus haut en novembre ( 0.087 mg P/l et 7'400 tonnes ).



### 9.1.2. Le Petit Lac ( voir tableau No 16 )

Le Petit Lac s'est enrichi en orthophosphates en 1976, par rapport à l'an passé. Nous avons pour ces dernières années les valeurs annuelles moyennes pondérées suivantes :

	mg P/l	Tonnes
1971	0.034	110
1972	0.041	132
1973	0.049	159
1974	0.048	154
1975	0.042	137
1976	0.047	151

Les variations d'une année à l'autre ne répondent pas à une loi bien claire.

En 1976, le Petit Lac a été relativement pauvre en phosphore dans ses couches superficielles. En octobre, les orthophosphates ont complètement disparu de 0 m à 10 m à la station GE 3 ( fosse de Chevreus ). Du reste, les concentrations à la surface ont été faites de mai à août et d'octobre à novembre.

L'enrichissement du Petit Lac s'est fait surtout dans les couches profondes en dessous du métalimnion, et particulièrement dans les fosses vers 50 ou 60 - 70 m.

Les variations mensuelles ont passé par un minimum de 0.033 mg P/l ( 106 tonnes ) en décembre et par un maximum de 0.065 mg P/l ( 210 tonnes ) en septembre. Le Petit Lac est moins riche en phosphore que le Grand Lac.

### 9.1.3. Le Léman pris dans son ensemble

Les résultats précédemment énoncés permettent de donner le résumé suivant sur les variations en orthophosphates du Léman :

	mg P/l	tonnage
1971	0.047	4'200
1972	0.057	5'150
1973	0.068	5'950
1974	0.064	5'750
1975	0.066	5'950
1976	0.074	6'550

Dans ces totaux, le Petit Lac compte pour 2.6 à 2.7 % de 1971 à 1974, et seulement 2.3 % en 1975 - 1976.

## 9.2. Le phosphore organique

Il est obtenu par calcul en soustrayant les orthophosphates du phosphore total dosé.

### 9.2.1. Le Grand Lac

En 1976, la concentration du phosphore organique est en hausse, ce qui pourrait laisser entendre que l'activité biologique a été plus intense que l'année passée.

Le phosphore organique a en effet passé de 0.015 mg P/l en 1975 à 0.017 mg/l en 1976. En réalité, cette augmentation, de l'ordre de 12 % n'est due que partiellement à un fort développement planctonique, car elle ne concerne que la surface, à 0 m, mais surtout à un enrichissement des couches profondes.

La comparaison des concentrations annuelles moyennes aux différentes profondeurs nous donne un aperçu des variations enregistrées, relativement complexes.

	1972	1973	1974	1975	1976
0 m	0.024	0.020	0.022	0.027	0.031
5 m	0.030	0.021	0.027	0.032	0.028
10 m	0.023	0.019	0.021	0.027	0.025
20 m	0.021	0.018	0.022	0.022	0.024
30 m	0.019	0.017	0.020	0.020	0.021
40 m	0.020	0.017	0.019	0.020	0.020
50 m	0.020	0.016	0.019	0.020	0.021
100 m	0.011	0.012	0.012	0.015	0.013
150 m	0.010	0.011	0.011	0.008	0.015
200 m	0.010	0.018	0.010	0.009	0.012
250 m	0.013	0.011	0.009	0.008	0.011
300 m	0.016	0.018	0.013	0.012	0.018

Le tableau des variations mensuelles moyennes pondérées figure ci-dessous :

	1974	1975	1976
Janvier	0.013	0.013	0.015
février	0.012	0.014	0.016
mars	0.015	0.013	0.014
avril	0.015	0.013	0.018
mai	0.013	0.015	0.017
juin	0.017	0.016	0.023
juillet	0.012	0.017	0.020
août	0.017	0.017	0.018
septembre	0.022	0.021	0.015
octobre	0.013	0.020	0.016
novembre	0.014	0.013	0.015
décembre	0.014	0.014	0.015
Moyenne	0.015	0.015	0.017

L'augmentation de concentration affecte principalement les mois de janvier - février, avril à août. Par contre, une régression est constatée en septembre et octobre.

Le stock de phosphore organique a varié de la manière suivante :

1971	1'689 t
1972	1'288 t
1973	1'270 t
1974	1'258 t
1975	1'306 t
1976	1'457 t

Bien qu'en hausse depuis deux ans, le phosphore organique est encore moins abondant qu'en l'année 1971.

En 1976, le tonnage moyen a varié entre 1'181 tonnes en mars et 1'935 tonnes en juin.

#### 9.2.2. Le Petit Lac

Naguère plus pauvre en phosphore organique que le Grand Lac, il est devenu plus riche, depuis 1973, à en juger par le tableau suivant, qui donne les moyennes annuelles de 0 à 50 m, exprimées en mg P/l

	Grand Lac	Petit Lac
1971	0.028	0.015
1972	0.022	0.014
1973	0.018	0.022
1974	0.021	0.029
1975	0.024	0.031
1976	0.024	0.033

Le tonnage annuel moyen a augmenté progressivement depuis 1972, et il a plus que doublé en 4 ans.

1971	57 t
1972	42 t
1973	69 t
1974	91 t
1975	99 t
1976	105 t

En 1971 et en 1972, le phosphore organique contenu dans le Petit Lac ne représentait qu'un peu plus de 3 % de l'ensemble du lac. Cette proportion a passé à 5 % en 1973, et aux environs de 6.7 à 7 % de 1974 à 1976.

### 9.2.3. Le Léman pris dans son ensemble

Notons simplement les tonnages moyens enregistrés ces dernières années :

1971	1'746 t
1972	1'330 t
1973	1'339 t
1974	1'349 t
1975	1'405 t
1976	1'562 t

Mais à part l'an 1971, au lendemain d'un hiver froid, où l'activité biologique avait été très intense, on note une augmentation année après année de la quantité de phosphore organique, qui a été de l'ordre de 11 % de 1976 à 1977.

### 9.3. Le phosphore total

#### 9.3.1. Le Grand Lac ( voir tableau No 17 )

La concentration moyenne pondérée est en hausse d'environ 11 %. Elle passe de 0.083 mg P/l à 0.092 mg P/l. Cette hausse est quasi continue depuis le début des travaux. Nous indiquons ci-dessous uniquement les six dernières années :

	mg P/l	Tonnes
1971	0.068	5'799
1972	0.073	6'235
1973	0.083	7'141
1974	0.080	6'851
1975	0.083	7'109
1976	0.092	7'866

En fait, la concentration observée en 1976 est la plus élevée enregistrée jusqu'alors, si l'on fait abstraction de celle de 1970, consécutive au relargage de phosphore à partir des sédiments pendant un hiver froid, où elle s'est élevée à 0.112 mg P/l ( 9'600 tonnes ).

En 1976, la concentration moyenne pondérée a évolué entre 0.080 mg P/l ( 6'900 tonnes ) en février et 0.102 mg P/l ( 8'700 tonnes ) en novembre. Cette hausse est quasi générale en tout lieu et à toute profondeur.

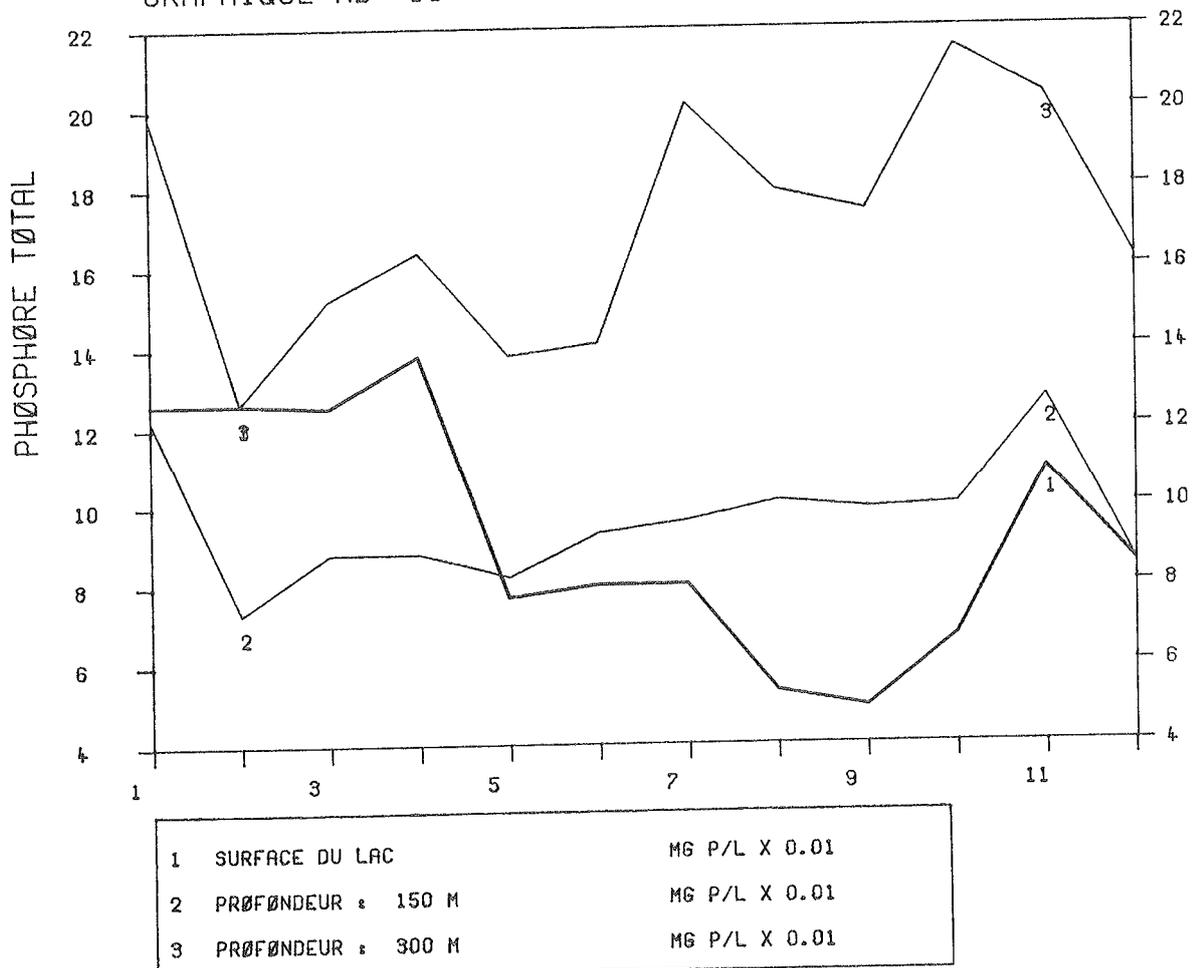
Dans les couches superficielles ( voir graphique 10 ) le Grand Lac est le plus riche de janvier à avril. Sa provision s'amenuise pendant la période estivale, pour atteindre son minimum en août, septembre et octobre.

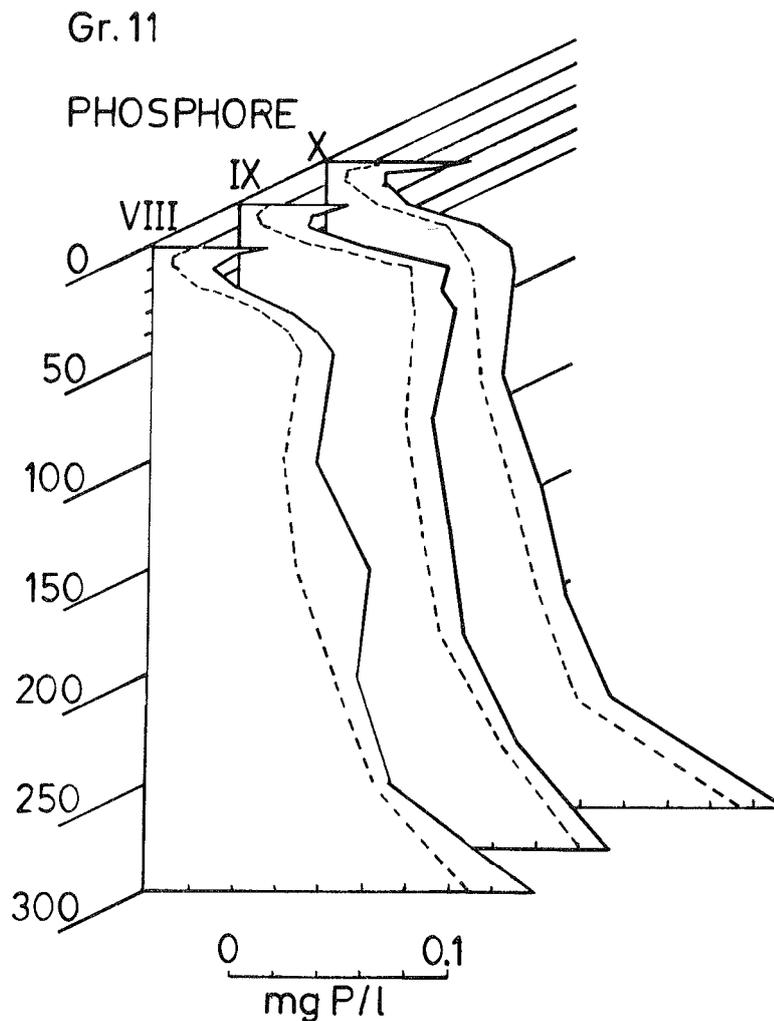
Jamais dans aucune station, le phosphore n'a complètement disparu. Il se rencontre, au contraire, fréquemment à de fortes concentrations pouvant dépasser 0.2 mg P/l.

La concentration en phosphore total augmente avec les profondeurs. L'effet de stockage au fond du lac est particulièrement sensible en 1976. Jamais des concentrations moyennes aussi élevées n'ont été rencontrées de la mi-profondeur jusqu'au fond du lac. ( exception : 0.101 mg P/l à 150 m en 1970 ).

L'examen du graphique No 11 montre clairement, pour les mois d'août à octobre, l'effet de stockage du phosphore dans les couches profondes. La courbe traitillée se rapporte aux orthophosphates.

PHOSPHORE TOTAL DANS LE GRAND LAC 1976  
GRAPHIQUE N° 10





Le tableau suivant donne l'évolution du phosphore total, en moyenne annuelle à partir de 200 m de profondeur :

	mg P/l		
	200 m	250 m	300 m
1970	0.092	0.117	0.109
1971	0.074	0.076	0.087
1972	0.080	0.090	0.129
1973	0.102	0.093	0.119
1974	0.093	0.098	0.120
1975	0.099	0.103	0.144
1976	0.108	0.125	0.170

Etant donné l'état physico-chimique du fond du lac et notamment sa tendance à l'anaérobiose, il faut s'attendre à voir augmenter encore cette source potentielle d'eutrophisation.

### 9.3.2. Le Petit Lac ( voir tableau No 18 )

Comme nous l'avons remarqué avec les orthophosphates, le phosphore total évolue de manière différente que dans le Grand Lac, de par sa répartition tout en fonction de la profondeur qu'en fonction du temps.

Les concentrations moyennes pondérées annuelles furent les suivantes :

	mg P/l	tonnes
1971	0.052	168
1972	0.054	174
1973	0.071	228
1974	0.076	246
1975	0.073	235
1976	0.079	256

La concentration de 1976 est la plus élevée depuis le début des travaux, ce qui est logique, le Petit Lac servant d'exutoire au Grand Lac. L'augmentation depuis 1971 est de 52 %.

La concentration mensuelle moyenne pondérée oscille entre 0.056 mg P/l ( 179 tonnes ) et 0.098 mg P/l ( 315 tonnes )

L'augmentation n'affecte guère les couches superficielles. Elle est plus importante dans les couches plus profondes, à savoir :

	1973	1974	1975	1976
0 m	0.061	0.063	0.060	0.058
5 m	0.059	0.069	0.064	0.063
10 m	0.064	0.067	0.065	0.066
20 m	0.069	0.075	0.070	0.074
30 m	0.076	0.078	0.081	0.086
40 m	0.076	0.081	0.076	0.088
50 m	0.081	0.090	0.086	0.103
60-70 m	0.085	0.092	0.090	0.109

On observe notamment dans les fosses, et surtout dans le fond, une élévation de la concentration. Dans la fosse de Nyon ( station GE 4 ), avec une moyenne de 0.111 mg P/l, la concentration au fond varie entre 0.079 mg P/l et 0.142 mg P/l. Plus en aval, dans la fosse de Chevrens, avec une moyenne de 0.108 mg/l, la concentration au fond oscille entre 0.074 mg P/l et 0.145 mg P/l.

Petit Lac et Grand Lac ont une concentration moyenne en phosphore total quasi identique, mais la répartition selon les diverses profondeurs diffère passablement. Si le Grand Lac est plus riche à la surface ( 0 m et 5 m ), il est plus pauvre dans les couches sous-jacentes.

### 9.3.3. Le Léman pris dans son ensemble

Ces dernières années, le Léman a contenu les quantités de phosphore suivantes, exprimées en tonnes et moyennes annuelles :

<u>Lac Léman</u>	
1971	5'967
1972	6'409
1973	7'369
1974	7'097
1975	7'344
1976	8'122

Le Petit Lac ne représente que 2.7 à 3.5 % de l'ensemble du phosphore. L'augmentation du tonnage depuis 1971 représente 36 %.

En 1976, la répartition du phosphore, exprimée en tonnes, sous ses diverses formes, est la suivante :

	Grand Lac	Petit Lac	Lac Léman
Orthophosphates	6'400	150	6'550
Phosphore organique	1'450	100	1'550
Phosphore total	7'850	255	8'100

Le Petit Lac compte pour 2.3 % de l'ensemble pour les orthophosphates, 6.5 % pour le phosphore organique, 3.1 % pour le total.

### 9.4. Le phosphore dans l'eau filtrée

Les résultats acquis jusqu'à maintenant sont trop peu nombreux pour être étudiés ici.

En résumé, l'évolution du phosphore en 1976 présente les caractéristiques suivantes :

- a) la teneur en orthophosphates du Grand Lac continue à croître, ceci en tout lieu, à toute profondeur et en tout temps. Elle atteint le maximum de 0.075 mg P/l ( 6'400 tonnes ) .

- b) Du phosphore minéral s'accumule en grandes quantités au fond du lac, constituant une réserve susceptible d'être remise en circulation et de provoquer un nouvel accroissement de la pollution secondaire.
- c) Le Petit Lac s'est enrichi en orthophosphates en 1976, mais sa concentration reste du même ordre de grandeur que celle des années 1973 et 1974 ( 0.047 mg P/l soit 150 tonnes ).
- d) Le stock en orthophosphates du lac tout entier se situe à 6'550 tonnes, le Petit Lac ne représentant que le 2.3 % de l'ensemble.
- e) La concentration du phosphore organique du Grand Lac a augmenté de 0.015 mg P/l en 1975 ( 1'300 tonnes ) à 0.017 mg P/l ( 1'450 tonnes ). Cette augmentation consiste essentiellement en un enrichissement des couches profondes.
- f) Le Petit Lac a dépassé en concentration de phosphore organique le Grand Lac. Il contient 0.033 mg/l ( 105 tonnes ).
- g) Le Léman contient donc environ 1'550 tonnes de phosphore organique.
- h) Pour le phosphore total, le Grand Lac a, en 1976, la provision la plus élevée enregistrée jusqu'à maintenant ( 0.092 mg P/l ou 7850 tonnes ). Seule fait exception l'année 1970, où du phosphore avait été relargué à partir des sédiments, au gré d'un hiver froid.
- i) Le Petit Lac, qui a une concentration moyenne en phosphore total plus faible que le Grand Lac ( 0.079 mg/l ou 256 tonnes ) voit en 1976 la concentration la plus élevée observée depuis vingt ans. Le phosphore se concentre au fond des fosses qui constituent le Petit Lac.
- j) En 1976, la provision totale du Léman en phosphore est de 8'100 tonnes.

## 10. AUTRES DETERMINATIONS

Certains résultats analytiques ne sont pas traités dans le présent rapport. Quelques-uns mériteraient une étude de corrélations qui échappent à nos moyens actuels. D'autres seront examinés ultérieurement, lorsque nous disposerons d'un recul suffisant dans le temps. Il nous paraît cependant utile d'attirer l'attention sur le problème des chlorures.

### 10.1. Les chlorures

#### 10.1.1. Le Grand Lac

En 1976, le Grand Lac contient environ 338'000 tonnes de chlorures, exprimées en ion  $\text{Cl}^-$ . Cette quantité varie entre 314'000 tonnes en février et 430'000 tonnes en août, si l'on s'en tient aux moyennes

calculées sur toutes les stations. Si l'on élimine du calcul les stations fortement influencées par les apports locaux, par exemple les apports à la station VD 4, Vidy, on obtient une concentration moyenne du Grand Lac, qui peut être estimée au minimum à 323'000 tonnes,  $\pm$  5 %, c'est-à-dire variant au cours de l'année entre 305'000 tonnes en mars et 343'000 tonnes en décembre.

Le lac est beaucoup plus riche en chlorures près de la surface qu'au fond. Il s'enrichit d'année en année.

Le tableau de la page suivante donne les moyennes annuelles des six dernières années de la surface jusqu'au fond, valeurs qui sont des minima.

Ainsi, en l'espace de 5 ans, la concentration des chlorures a augmenté de 41 % en moyenne, de 50 % environ dans les zones superficielles, et de 15 à 11 % à, respectivement, 250 et 300 m de profondeur.

	1971	1972	1973	1974	1975	1976
0 m	2.9	3.2	3.3	3.8	4.0	4.3
5 m	2.8	3.1	3.3	3.7	4.0	4.2
10 m	2.8	3.1	3.3	3.7	4.0	4.2
20 m	2.8	3.1	3.2	3.7	3.9	4.2
30 m	2.8	3.1	3.2	3.6	3.9	4.1
40 m	2.8	3.0	3.2	3.5	3.9	4.1
50 m	2.7	3.0	3.2	3.5	3.9	4.1
100 m	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	3.9
150 m	2.7	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
200 m	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
250 m	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1
300 m	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0
Moyenne Pondérée	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	3.8
Tonnes	234'000	250'000	265'000	286'000	307'000	322'500

De 234'000 tonnes en 1971, le lac a emmagasiné 88'500 tonnes supplémentaires, soit en moyenne entre 17'000 et 18'000 tonnes par an. Ce résultat est à mettre en relation avec le bilan des chlorures établi par Burkard dans le présent volume ( étude des affluents ).

---

#### BIBLIOGRAPHIE

HUBAULT E. Etudes thermiques, chimiques et biologiques des eaux des lacs de l'est de la France. Ann. Ecole Nat. des Eaux et Forêts, TX., fasc 2, ( 1947 ).

MONTGOMERY, H.A.C., N.S. THOM & COCKBURN : Determination of dissolved oxygen in pure water and sea water, Journ. appl. Chem. 14, 280 ( 1964 ).

TEMPERATURE DE L'AIR  
( DEGRES CENTIGRADES )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
AXE VEVEY- ST-GINGOLPH	7.00	4.53	9.50	13.90	19.33	21.37	22.63	23.30	15.50	12.77	8.90	0.10	13.36
AXE OUCHY- EVIAN	6.07	2.77	7.83	7.73	16.97	22.07	25.30	19.87	14.17	13.83	6.07	1.00	11.97
AXE ROLLE- THONON	6.00	2.60	6.07	9.80	21.30	25.37	25.80	19.63	13.20	14.40	9.90	0.20	12.94
AXE LONG. SUD GRAND LAC	5.93	3.53	8.67	13.10	23.27	26.50	29.20	21.77	13.33	14.73	9.00	1.00	14.17
AXE CENTRE GRAND LAC	6.25	3.18	7.03	6.80	15.40	20.58	22.08	18.33	15.13	14.45	4.00	1.63	11.72
AXE NORD GRAND LAC	7.53	2.50	7.45	11.10	18.65	22.45	21.90	21.63	14.50	12.48	7.98	-0.65	12.29
GRAND LAC	6.63	3.03	7.63	10.08	18.73	22.87	23.95	20.46	14.41	13.81	7.86	0.63	12.62
PETIT LAC	3.85	1.25	4.25	6.13	23.93	25.28	24.53	25.43	15.88	15.48	9.53	3.73	13.21
LEMAN	5.89	2.55	6.73	9.03	20.11	23.51	24.11	21.53	14.80	14.25	8.42	1.29	12.77

TRANSPARENCE DE L'EAU  
( METRES )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
AXE VEVEY- ST-GINGOLPH	13.27	11.67	4.33	3.73	2.93	3.27	2.63	3.43	4.17	5.70	7.15	7.80	5.80
AXE OUCHY- EVIAN	14.80	14.80	8.93	5.70	3.77	3.33	3.60	3.73	5.03	7.00	10.30	10.13	7.59
AXE ROLLE- THONON	12.93	14.00	9.10	5.10	2.93	3.97	3.73	3.13	4.50	6.97	8.95	8.33	6.91
AXE LONGI. SUD GRAND LAC	14.27	14.07	7.50	4.63	3.30	4.03	3.27	4.10	5.40	7.00	9.40	8.87	7.15
AXE CENTRE GRAND LAC	12.85	14.48	6.90	5.23	3.03	2.88	3.23	3.35	3.78	6.90	11.60	8.93	6.62
AXE NORD GRAND LAC	14.00	11.43	7.73	4.90	3.40	3.77	3.60	2.67	4.43	5.67	7.77	8.57	6.49
GRAND LAC	13.62	13.44	7.33	4.95	3.22	3.49	3.35	3.37	4.46	6.56	9.01	8.80	6.74
PETIT LAC	11.65	9.65	5.35	5.05	2.85	4.60	5.65	6.90	4.15	6.05	7.00	8.15	6.37
LEMAN	13.29	12.81	7.00	4.97	3.06	3.68	3.73	3.96	4.41	6.48	8.57	8.69	6.68

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 3

DETERMINATION : TEMPERATURE DE L'EAU ( DEGRES CENTIGRADES )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	6.55	5.72	6.21	7.18	15.67	20.48	23.08	20.57	16.23	15.71	10.19	6.75	12.91
5 m	6.54	5.74	5.96	6.97	11.56	14.05	21.81	19.63	16.07	15.60	10.10	6.63	11.75
10 m	6.57	5.74	5.84	6.74	8.98	11.96	18.04	17.40	15.61	15.33	10.06	6.86	10.77
20 m	6.68	5.74	5.77	6.47	7.62	9.38	11.14	10.56	11.73	11.83	9.41	6.81	8.58
30 m	6.67	5.74	5.73	6.29	7.04	7.56	8.26	8.04	7.76	8.13	8.89	6.84	7.22
40 m	6.67	5.75	5.73	6.12	6.53	6.73	6.96	6.88	6.92	7.08	8.28	6.94	6.69
50 m	6.61	5.74	5.71	6.03	6.23	6.32	6.39	6.48	6.37	6.39	7.50	6.73	6.35
100 m	6.26	5.71	5.48	5.76	5.80	5.82	5.82	5.88	5.84	5.86	6.45	6.32	5.89
150 m	5.66	5.65	5.52	5.55	5.70	5.72	5.72	5.80	5.72	5.72	5.80	5.78	5.69
200 m	5.40	5.43	5.33	5.37	5.50	5.53	5.50	5.47	5.43	5.53	5.50	5.47	5.45
250 m	5.25	5.35	5.25	5.30	5.35	5.40	5.45	5.35	5.40	5.40	5.40	5.45	5.36
300 m	5.20	5.28	5.23	5.28	5.25	5.33	5.33	5.30	5.35	5.35	5.40	5.30	5.29
0-300 m	6.42	5.70	5.76	6.32	8.33	9.76	11.90	11.22	10.23	10.17	8.77	6.58	8.42
May. Pond.	6.08	5.63	5.56	5.85	6.50	6.96	7.60	7.42	7.17	7.19	6.96	6.21	6.58

REGION : PETIT LAC ANNEE : 1976 TABLEAU No 4

DETERMINATION : TEMPERATURE DE L'EAU ( DEGRES CENTIGRADES )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	6.83	5.47	6.23	7.63	14.90	21.63	21.80	21.03	15.80	15.77	10.03	7.23	12.86
5 m	6.70	5.55	5.90	7.20	12.30	14.65	15.70	20.35	15.80	15.25	9.95	6.75	11.34
10 m	6.70	5.50	5.70	7.10	10.55	12.90	11.20	19.55	15.50	14.75	9.85	6.75	10.50
20 m	6.70	5.50	5.70	7.05	8.50	9.45	8.35	13.10	12.25	12.90	9.80	6.70	8.83
30 m	6.70	5.50	5.55	7.00	7.60	7.55	7.10	8.95	8.95	8.90	9.70	6.30	7.48
40 m	6.63	5.40	5.60	7.10	7.47	7.57	6.97	7.73	7.87	7.47	9.80	6.30	7.16
50 m	6.65	5.45	5.40	6.95	6.60	6.30	6.20	6.80	6.80	6.45	8.85	6.10	6.55
0-50 m	6.71	5.48	5.75	7.18	9.89	11.83	11.46	13.99	11.85	11.64	9.74	6.61	9.34
60-70 m	6.55	5.35	5.40	6.75	5.95	6.10	6.00	6.25	6.45	6.10	6.80	6.10	6.14
0-Fond	6.69	5.46	5.41	7.13	9.43	9.90	10.10	12.72	11.25	11.02	9.41	6.56	8.76
Moy. Pond.	6.69	5.47	5.69	7.11	9.17	10.60	10.13	12.91	11.28	11.14	9.55	6.55	8.86

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 5

DETERMINATION : PH OBSERVE ( UNITE DE PH )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	7.81	7.70	7.78	8.04	8.50	8.52	8.59	8.68	8.11	8.39	7.87	7.82	8.14
5 m	7.80	7.69	7.80	8.02	8.33	8.42	8.41	8.45	8.04	8.33	7.87	7.79	8.07
10 m	7.78	7.69	7.76	7.98	8.09	8.16	8.07	7.82	7.98	8.26	7.82	7.79	7.94
20 m	7.76	7.70	7.73	7.90	7.97	7.94	7.65	7.57	7.71	7.67	7.75	7.81	7.76
30 m	7.76	7.69	7.72	7.83	7.90	7.81	7.59	7.58	7.62	7.56	7.68	7.75	7.71
40 m	7.73	7.68	7.69	7.80	7.78	7.75	7.58	7.58	7.60	7.57	7.64	7.71	7.68
50 m	7.71	7.69	7.71	7.75	7.79	7.71	7.61	7.58	7.60	7.59	7.65	7.68	7.67
100 m	7.64	7.64	7.70	7.72	7.62	7.66	7.62	7.58	7.58	7.64	7.55	7.61	7.63
150 m	7.56	7.60	7.58	7.58	7.58	7.58	7.56	7.50	7.58	7.60	7.55	7.50	7.56
200 m	7.47	7.40	7.50	7.53	7.55	7.43	7.50	7.37	7.55	7.57	7.50	7.50	7.49
250 m	7.45	7.40	7.50	7.35	7.40	7.38	7.40	7.35	7.38	7.43	7.50	7.40	7.41
300 m	7.40	7.35	7.40	7.35	7.40	7.30	7.40	7.20	7.25	7.35	7.40	7.40	7.35
0-300 m	7.72	7.65	7.71	7.83	7.94	7.92	7.81	7.79	7.74	7.83	7.72	7.71	7.78
May. Pond.	7.62	7.59	7.64	7.68	7.70	7.68	7.63	7.57	7.60	7.64	7.60	7.60	7.63

ANNEE : 1976

TABLEAU No 6

REGION : PETIT LAC

DETERMINATION : PH OBSERVE ( UNITE DE PH )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	7.66	8.06	8.21	8.48	9.13	9.09	8.97	8.28	7.94	8.87	8.11	7.78	8.38
5 m	7.74	8.10	8.13	8.50	8.94	8.72	7.87	8.25	7.94	8.83	8.11	7.74	8.24
10 m	7.74	8.05	8.08	8.49	8.80	8.55	7.89	8.22	7.93	8.46	8.07	7.78	8.17
20 m	7.74	8.07	8.03	8.45	8.43	8.10	7.90	7.87	7.92	7.86	8.08	7.78	8.02
30 m	7.74	8.09	8.03	8.42	8.29	7.94	7.85	7.92	7.87	7.72	8.05	7.80	7.97
40 m	7.83	8.14	8.15	8.36	8.18	7.92	7.83	7.99	7.86	7.85	8.07	7.82	8.00
50 m	7.75	8.11	8.02	8.42	8.08	7.88	7.86	7.90	7.92	7.74	7.94	7.70	7.94
0-50 m	7.74	8.09	8.10	8.44	8.56	8.34	8.07	8.07	7.91	8.21	8.06	7.77	8.11
60-70 m	7.75	8.12	8.00	8.36	7.91	8.03	7.82	7.89	7.93	7.70	7.83	7.71	7.90
0-Fond	7.74	8.09	8.09	8.43	8.49	8.28	8.04	8.05	7.91	8.15	8.04	7.76	8.09
Moy. Pond.	7.75	8.09	8.08	8.43	8.47	8.23	7.98	8.02	7.91	8.10	8.05	7.77	8.07

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 7

DETERMINATION : OXYGENE ( mg O2/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	10.69	10.42	10.99	11.88	12.90	14.10	9.82	9.89	9.35	10.36	9.78	10.26	10.89
5 m	10.36	10.82	10.99	11.68	11.99	13.53	9.60	8.64	9.17	10.38	9.66	10.26	10.61
10 m	10.56	10.28	10.76	11.50	11.17	10.39	8.44	7.08	8.63	9.47	9.85	10.18	9.86
20 m	10.46	10.30	10.52	11.27	10.72	9.97	8.15	7.18	7.20	7.00	9.65	9.92	9.36
30 m	10.42	10.26	10.41	11.02	10.65	9.48	8.78	8.32	7.96	7.36	8.88	9.99	9.47
40 m	10.58	10.31	10.42	10.99	10.41	9.41	9.20	8.66	8.26	8.03	8.89	10.13	9.62
50 m	10.22	10.22	10.26	10.68	10.16	9.51	9.24	8.84	8.51	8.35	8.68	9.95	9.57
100 m	9.38	9.97	9.34	9.94	9.94	9.71	9.32	9.36	8.88	8.74	8.52	8.62	9.35
150 m	7.57	9.21	7.93	8.29	8.11	7.59	7.36	8.16	7.44	7.11	5.46	7.52	7.76
200 m	6.33	5.97	5.13	5.63	6.28	6.06	5.85	5.98	5.70	5.24	5.94	5.50	5.79
250 m	5.36	5.38	3.37	4.40	3.87	4.17	4.28	3.80	3.93	3.58	4.09	3.58	4.14
300 m	2.30	3.53	2.31	1.91	2.31	2.64	2.60	1.05	1.10	0.62	0.56	1.60	1.90
0-300 m	9.74	9.82	9.79	10.48	10.29	10.06	8.63	8.04	8.01	8.15	8.86	9.31	9.27
Moy. Pond.	8.55	8.90	8.31	8.86	8.76	8.44	7.82	7.65	7.38	7.21	7.32	7.96	8.13
Tonnages	732655	762273	712234	759603	750280	723292	670217	655965	632008	617515	627561	682453	696406

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 8

DETERMINATION : TAUX DE SATURATION EN OXYGENE ( % )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	90.7	86.5	92.3	102.4	135.3	162.8	119.4	114.7	99.3	108.8	90.6	87.4	107.8
5 m	87.9	89.9	91.8	100.1	114.9	137.3	114.2	98.6	97.1	108.8	89.4	87.1	101.6
10 m	89.6	85.4	89.6	98.0	100.7	100.6	93.3	77.2	90.6	98.6	91.0	87.0	91.8
20 m	88.9	85.5	87.4	95.5	93.4	90.7	77.1	67.2	69.5	67.6	88.0	84.7	82.9
30 m	88.6	85.2	86.4	92.8	91.4	82.5	77.6	73.2	69.5	64.8	79.9	85.3	81.5
40 m	90.0	85.7	86.5	92.2	88.2	80.1	78.8	74.0	70.6	68.9	78.8	86.7	81.8
50 m	86.8	84.9	85.2	89.4	85.4	80.2	78.0	74.8	71.8	70.5	75.4	84.7	80.7
100 m	79.0	82.7	77.0	82.6	82.6	80.8	77.6	78.1	73.9	72.8	72.0	72.7	77.9
150 m	62.7	76.4	65.5	68.5	67.3	63.0	61.1	67.9	61.8	59.0	45.4	62.5	64.4
200 m	52.1	49.2	40.0	46.3	51.8	50.0	48.3	49.3	47.0	43.3	49.0	45.3	47.6
250 m	44.0	44.3	27.6	36.2	31.8	34.3	35.3	31.3	32.3	29.5	33.7	29.5	34.1
300 m	18.8	29.0	18.9	15.6	18.9	21.7	21.3	8.6	9.0	5.1	4.6	13.2	15.6
0-300 m	82.5	81.5	81.3	88.6	92.3	94.7	84.4	77.1	75.2	76.8	79.9	79.1	82.9
Moy. Pond.	71.9	73.8	68.5	74.1	74.7	73.4	68.8	66.8	64.0	62.7	63.3	67.2	69.3

DETERMINATION : AZOTE AMMONIACAL ( AMMONIAQUE ) ( mg N/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AGUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.013	0.008	0.016	0.024	0.032	0.011	0.023	0.019	0.026	0.018	0.007	0.011	0.018
5 m	0.012	0.005	0.011	0.016	0.092	0.014	0.013	0.030	0.029	0.011	0.009	0.013	0.021
10 m	0.012	0.013	0.017	0.021	0.081	0.032	0.020	0.045	0.041	0.012	0.007	0.010	0.026
20 m	0.039	0.006	0.007	0.026	0.071	0.010	0.021	0.028	0.032	0.010	0.005	0.013	0.023
30 m	0.015	0.005	0.009	0.017	0.047	0.006	0.014	0.022	0.011	0.004	0.007	0.010	0.014
40 m	0.013	0.006	0.006	0.017	0.027	0.004	0.012	0.011	0.011	0.006	0.007	0.013	0.011
50 m	0.021	0.006	0.008	0.013	0.035	0.005	0.020	0.026	0.009	0.005	0.003	0.007	0.013
100 m	0.010	0.012	0.006	0.008	0.006	0.010	0.007	0.010	0.010	0.006	0.005	0.006	0.008
150 m	0.011	0.014	0.007	0.006	0.007	0.010	0.010	0.008	0.009	0.015	0.005	0.003	0.009
200 m	0.010	0.021	0.011	0.008	0.007	0.007	0.005	0.008	0.011	0.009	0.004	0.004	0.009
250 m	0.010	0.011	0.007	0.006	0.007	0.010	0.009	0.022	0.010	0.006	0.005	0.003	0.009
300 m	0.018	0.011	0.007	0.012	0.007	0.015	0.021	0.077	0.030	0.119	0.102	0.015	0.033
0-300 m	0.016	0.008	0.010	0.017	0.044	0.011	0.016	0.024	0.020	0.012	0.008	0.010	0.017
Moy. Pond.	0.014	0.011	0.008	0.011	0.023	0.009	0.012	0.018	0.014	0.012	0.008	0.007	0.012
Tonnages	1'227	961	693	981	1'944	798	1'033	1'549	1'186	1'027	685	595	1'059

DETERMINATION : AZOTE AMMONIACAL ( AMMONIAQUE ) ( mg N/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.057	0.021	0.014	0.062	0.069	0.073	0.063	0.064	0.064	0.056	0.106	0.009	0.055
5 m	0.104	0.005	0.107	0.010	0.084	0.177	0.101	0.024	0.058	0.013	0.099	0.000	0.065
10 m	0.048	0.042	0.002	0.006	0.077	0.085	0.110	0.022	0.058	0.000	0.054	0.003	0.042
20 m	0.038	0.015	0.005	0.029	0.117	0.027	0.064	0.003	0.028	0.000	0.018	0.007	0.029
30 m	0.017	0.015	0.073	0.024	0.107	0.000	0.029	0.003	0.027	0.000	0.017	0.003	0.026
40 m	0.044	0.036	0.007	0.034	0.076	0.004	0.032	0.003	0.017	0.007	0.036	0.004	0.025
50 m	0.038	0.002	0.014	0.029	0.027	0.000	0.031	0.009	0.028	0.025	0.038	0.000	0.020
0-50 m	0.049	0.020	0.029	0.030	0.079	0.051	0.059	0.020	0.040	0.016	0.055	0.004	0.038
60-70 m	0.048	0.006	0.003	0.029	0.001	0.003	0.044	0.022	0.015	0.056	0.046	0.001	0.023
0-Fond	0.049	0.019	0.026	0.030	0.070	0.045	0.058	0.020	0.037	0.021	0.053	0.004	0.036
Moy. Pond.	0.048	0.019	0.025	0.028	0.079	0.043	0.058	0.016	0.035	0.015	0.047	0.004	0.035
Tonnages	153	62	82	92	255	138	189	51	114	48	152	13	112

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 11

DETERMINATION : AZOTE NITREUX ( NITRITES ) ( mg N/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002	0.001	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002
5 m	0.001	0.001	0.001	0.002	0.007	0.012	0.002	0.001	0.004	0.002	0.002	0.003	0.003
10 m	0.001	0.001	0.001	0.002	0.009	0.021	0.004	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.004
20 m	0.001	0.001	0.001	0.002	0.011	0.006	0.004	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003
30 m	0.001	0.000	0.001	0.002	0.009	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.002
40 m	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002
50 m	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001
100 m	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
150 m	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
200 m	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001
250 m	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
300 m	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.005	0.015	0.008	0.017	0.004	0.009	0.006
0-300 m	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	0.005	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Moy. Pond.	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002
Tonnages	81	61	102	113	253	166	145	130	118	144	84	154	133

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 12

DETERMINATION : AZOTE NITRIQUE ( NITRATES ) ( mg N/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.41	0.43	0.44	0.36	0.05	0.09	0.02	0.02	0.07	0.09	0.27	0.40	0.22
5 m	0.40	0.44	0.42	0.39	0.11	0.12	0.03	0.03	0.06	0.10	0.28	0.39	0.23
10 m	0.41	0.45	0.41	0.38	0.20	0.24	0.08	0.07	0.10	0.12	0.29	0.39	0.26
20 m	0.41	0.45	0.45	0.38	0.27	0.32	0.31	0.31	0.31	0.35	0.32	0.41	0.36
30 m	0.41	0.45	0.46	0.42	0.29	0.42	0.43	0.39	0.48	0.44	0.37	0.41	0.42
40 m	0.40	0.44	0.45	0.41	0.36	0.45	0.47	0.41	0.49	0.45	0.40	0.40	0.43
50 m	0.41	0.45	0.45	0.44	0.38	0.45	0.48	0.41	0.51	0.48	0.45	0.41	0.44
100 m	0.46	0.45	0.48	0.50	0.48	0.50	0.48	0.50	0.49	0.49	0.54	0.48	0.49
150 m	0.46	0.47	0.46	0.49	0.48	0.52	0.47	0.51	0.49	0.48	0.53	0.51	0.49
200 m	0.47	0.41	0.46	0.51	0.50	0.54	0.46	0.52	0.49	0.46	0.53	0.47	0.48
250 m	0.45	0.45	0.47	0.49	0.49	0.61	0.43	0.50	0.48	0.47	0.51	0.50	0.48
300 m	0.45	0.47	0.45	0.47	0.45	0.50	0.44	0.38	0.44	0.22	0.29	0.44	0.42
0-300 m	0.42	0.44	0.44	0.42	0.29	0.35	0.31	0.29	0.33	0.33	0.36	0.42	0.37
May. Pond.	0.44	0.45	0.46	0.46	0.41	0.46	0.42	0.43	0.44	0.43	0.46	0.45	0.44
Tonnages	37684	38327	39327	39639	35116	39681	35968	36576	37968	36573	39668	38973	37916

REGION : PETIT LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 13

DETERMINATION : AZOTE NITRIQUE ( NITRATES ) ( mg N/l )

	JAN.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.45	0.52	0.47	0.42	0.13	0.09	0.10	0.07	0.16	0.11	0.38	0.54	0.29
5 m	0.42	0.51	0.47	0.41	0.13	0.20	0.22	0.09	0.15	0.08	0.35	0.53	0.29
10 m	0.44	0.50	0.49	0.39	0.26	0.29	0.41	0.07	0.14	0.16	0.34	0.51	0.33
20 m	0.43	0.50	0.49	0.41	0.31	0.43	0.54	0.19	0.40	0.42	0.37	0.54	0.42
30 m	0.46	0.50	0.48	0.42	0.40	0.46	0.55	0.50	0.52	0.56	0.38	0.54	0.48
40 m	0.43	0.44	0.42	0.37	0.41	0.50	0.54	0.49	0.46	0.53	0.34	0.51	0.45
50 m	0.46	0.51	0.48	0.44	0.43	0.54	0.60	0.56	0.52	0.59	0.41	0.56	0.51
0-50 m	0.44	0.49	0.47	0.40	0.29	0.35	0.41	0.28	0.33	0.35	0.36	0.53	0.39
60-70 m	0.43	0.51	0.49	0.45	0.55	0.63	0.68	0.56	0.52	0.59	0.51	0.55	0.54
May. Pond.	0.44	0.49	0.47	0.41	0.32	0.39	0.46	0.30	0.36	0.39	0.37	0.53	0.41
Tonnages	1415	1594	1520	1318	1037	1270	1486	980	1173	1245	1208	1720	1327

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 14

DETERMINATION : AZOTE ORGANIQUE ( mg N/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.148	-	0.183	0.157	0.381	0.304	0.558	0.429	0.297	0.251	0.183	0.089	0.271
5 m	0.098	-	0.162	0.167	0.320	0.334	0.459	0.291	0.237	0.222	0.144	0.070	0.228
10 m	0.102	-	0.156	0.158	0.210	0.181	0.341	0.191	0.276	0.236	0.114	0.062	0.184
20 m	0.092	-	0.158	0.160	0.132	0.192	0.200	0.121	0.163	0.222	0.112	0.062	0.147
30 m	0.084	-	0.138	0.125	0.143	0.232	0.195	0.112	0.083	0.151	0.184	0.063	0.137
40 m	0.122	-	0.138	0.127	0.134	0.214	0.186	0.132	0.090	0.162	0.076	0.074	0.132
50 m	0.124	-	0.108	0.133	0.124	0.096	0.176	0.140	0.118	0.141	0.144	0.062	0.124
100 m	0.091	-	0.142	0.115	0.134	0.129	0.206	0.142	0.084	0.132	0.086	0.014	0.116
150 m	0.040	-	0.118	0.075	0.124	0.109	0.156	0.150	0.105	0.102	0.056	0.014	0.095
200 m	0.048	-	0.110	0.073	0.144	0.074	0.182	0.063	0.095	0.112	0.066	0.036	0.091
250 m	0.037	-	0.097	0.073	0.259	0.137	0.156	0.178	0.138	0.091	0.055	-	0.122
300 m	0.060	-	0.115	0.106	0.129	0.122	0.179	0.430	0.135	0.165	0.104	0.016	0.142
0-300 m	0.087	-	0.135	0.122	0.186	0.177	0.250	0.198	0.152	0.166	0.110	0.051	0.149
May. Pond.	0,080	-	0,128	0,110	0,157	0,141	0,205	0,156	0,121	0,141	0,094	0,036	0,125
Tonnages	6884	-	10941	9409	13482	12062	17551	13329	10349	12068	8055	3098	10728

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 15

DETERMINATION : ORTHOPHOSPHATES ( PHOSPHORE SOLUBLE ) ( mg P/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.108	0.107	0.103	0.102	0.028	0.041	0.046	0.017	0.016	0.033	0.079	0.055	0.061
5 m	0.049	0.054	0.067	0.052	0.035	0.021	0.034	0.009	0.008	0.010	0.033	0.054	0.036
10 m	0.047	0.053	0.065	0.052	0.030	0.034	0.011	0.010	0.011	0.009	0.033	0.055	0.034
20 m	0.056	0.052	0.071	0.053	0.044	0.047	0.029	0.021	0.035	0.023	0.030	0.057	0.043
30 m	0.049	0.054	0.073	0.054	0.046	0.052	0.055	0.052	0.079	0.055	0.037	0.055	0.055
40 m	0.057	0.056	0.069	0.055	0.051	0.057	0.071	0.064	0.081	0.063	0.057	0.054	0.061
50 m	0.056	0.054	0.075	0.058	0.056	0.061	0.076	0.069	0.082	0.068	0.076	0.061	0.066
100 m	0.073	0.054	0.070	0.063	0.060	0.070	0.065	0.062	0.078	0.072	0.077	0.068	0.067
150 m	0.110	0.058	0.078	0.076	0.073	0.073	0.079	0.069	0.086	0.087	0.114	0.078	0.080
200 m	0.110	0.082	0.123	0.098	0.085	0.083	0.093	0.086	0.095	0.099	0.109	0.098	0.096
250 m	0.127	0.084	0.113	0.109	0.113	0.107	0.127	0.105	0.123	0.119	0.136	0.116	0.114
300 m	0.181	0.108	0.148	0.146	0.129	0.119	0.178	0.149	0.160	0.193	0.182	0.152	0.152
0-300 m	0.071	0.063	0.079	0.067	0.050	0.053	0.057	0.045	0.056	0.051	0.058	0.063	0.059
Moy. Pond.	0.086	0.064	0.085	0.074	0.067	0.069	0.076	0.067	0.080	0.076	0.087	0.076	0.075
Tonnages	7'347	5'470	7'323	6'359	5'711	5'935	6'486	5'675	6'860	6'502	7'436	6'494	6'408

REGION : PETIT LAC ANNEE : 1976 TABLEAU No 16

DETERMINATION : ORTHOPHOSPHATES ( PHOSPHORE SOLUBLE ) ( mg P/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.032	0.036	0.048	0.053	0.012	0.009	0.009	0.004	0.025	0.002	0.005	0.007	0.020
5 m	0.038	0.041	0.058	0.056	0.021	0.025	0.019	0.008	0.036	0.006	0.006	0.010	0.027
10 m	0.039	0.041	0.056	0.056	0.027	0.036	0.028	0.005	0.034	0.003	0.011	0.013	0.029
20 m	0.039	0.041	0.059	0.057	0.057	0.056	0.042	0.010	0.058	0.008	0.021	0.013	0.038
30 m	0.040	0.042	0.057	0.058	0.062	0.065	0.058	0.072	0.072	0.060	0.040	0.037	0.055
40 m	0.041	0.044	0.056	0.053	0.061	0.072	0.081	0.087	0.092	0.077	0.048	0.054	0.064
50 m	0.038	0.044	0.055	0.059	0.072	0.087	0.076	0.104	0.103	0.091	0.080	0.072	0.073
0-50 m	0.038	0.041	0.055	0.056	0.043	0.049	0.045	0.042	0.060	0.036	0.029	0.030	0.043
60-70 m	0.037	0.044	0.059	0.062	0.091	0.091	0.079	0.110	0.111	0.102	0.091	0.086	0.080
0-Fond	0.038	0.041	0.055	0.056	0.049	0.053	0.049	0.050	0.065	0.043	0.036	0.036	0.048
Moy. Fond.	0.038	0.042	0.056	0.056	0.050	0.055	0.049	0.045	0.065	0.039	0.034	0.033	0.047
Tonnages	124	134	181	182	161	177	159	146	210	127	110	106	151

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1976

TABLEAU No 17

DETERMINATION : PHOSPHORE TOTAL ( mg P/l )

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.126	0.126	0.125	0.138	0.077	0.080	0.080	0.053	0.049	0.067	0.109	0.085	0.092
5 m	0.063	0.077	0.092	0.083	0.074	0.062	0.070	0.034	0.034	0.026	0.057	0.092	0.064
10 m	0.067	0.068	0.083	0.076	0.073	0.061	0.051	0.029	0.032	0.027	0.054	0.084	0.059
20 m	0.084	0.071	0.091	0.080	0.075	0.074	0.058	0.039	0.057	0.037	0.057	0.085	0.067
30 m	0.067	0.074	0.093	0.080	0.071	0.078	0.078	0.064	0.097	0.071	0.062	0.080	0.076
40 m	0.074	0.074	0.083	0.079	0.075	0.077	0.094	0.076	0.095	0.086	0.083	0.082	0.081
50 m	0.072	0.075	0.096	0.081	0.081	0.088	0.097	0.083	0.100	0.087	0.105	0.081	0.087
100 m	0.087	0.068	0.082	0.075	0.070	0.089	0.078	0.076	0.090	0.083	0.085	0.077	0.080
150 m	0.122	0.073	0.088	0.088	0.082	0.093	0.096	0.101	0.099	0.100	0.127	0.086	0.095
200 m	0.122	0.094	0.130	0.122	0.093	0.101	0.111	0.096	0.105	0.111	0.109	0.106	0.108
250 m	0.134	0.102	0.123	0.120	0.121	0.125	0.145	0.112	0.132	0.134	0.141	0.121	0.125
300 m	0.198	0.126	0.152	0.164	0.138	0.141	0.201	0.179	0.174	0.215	0.203	0.162	0.170
0-300 m	0.088	0.081	0.096	0.091	0.079	0.080	0.083	0.065	0.075	0.070	0.082	0.087	0.081
May. Pond.	0.100	0.080	0.099	0.093	0.084	0.092	0.096	0.084	0.095	0.091	0.102	0.091	0.092
Tonnages	8'609	6'887	8'488	7'982	7'178	7'851	8'215	7'170	8'126	7'821	8'744	7'777	7'866

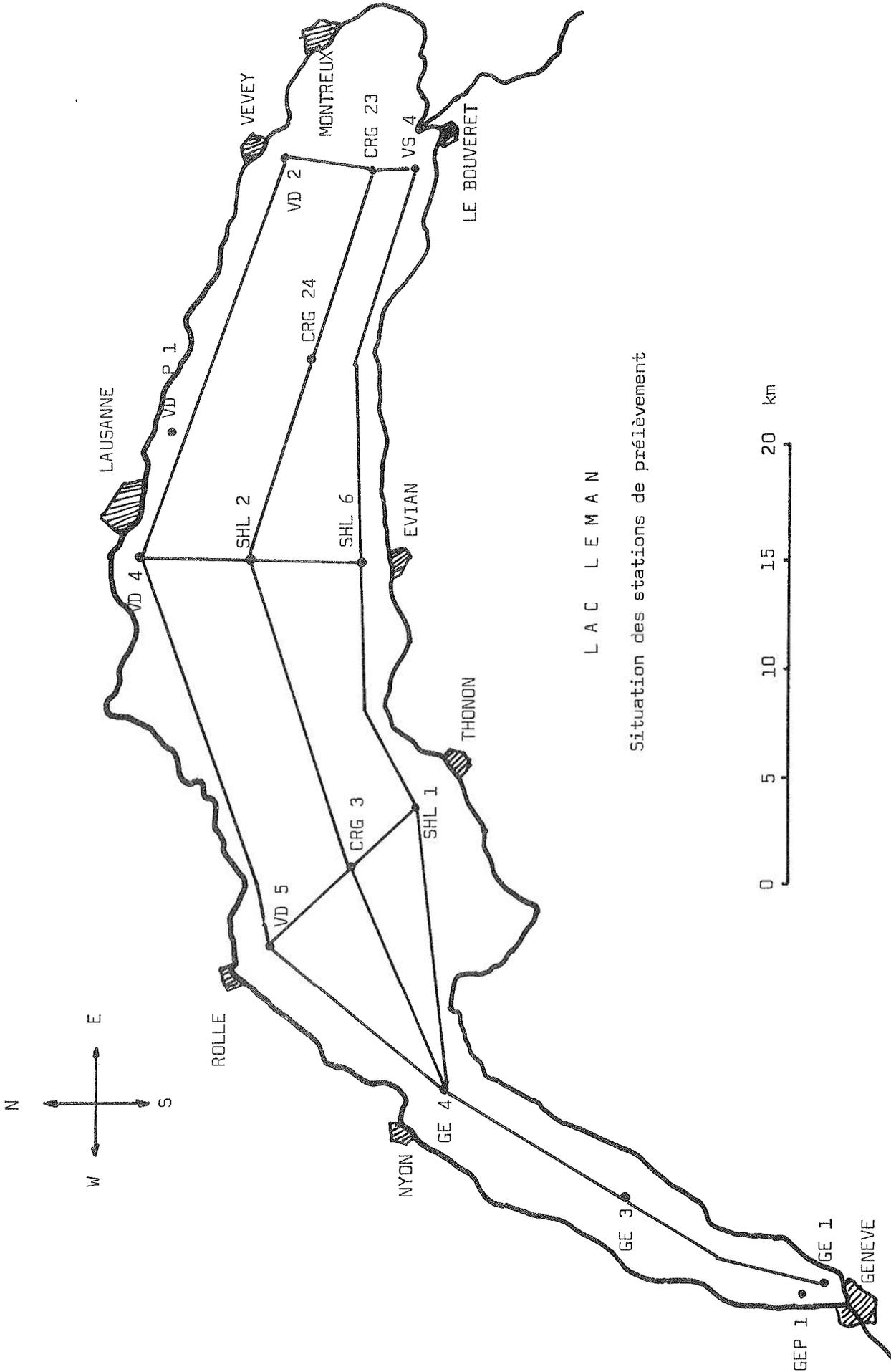
ANNEE : 1976

TABLEAU No 18

REGION : PETIT LAC

DETERMINATION : PHOSPHORE TOTAL ( mg P/l )

	JAN.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
0 m	0.075	0.070	0.079	0.089	0.081	0.072	0.048	0.044	0.049	0.035	0.029	0.027	0.058
5 m	0.074	0.074	0.090	0.091	0.085	0.078	0.058	0.053	0.049	0.038	0.034	0.030	0.063
10 m	0.073	0.074	0.088	0.093	0.086	0.081	0.073	0.058	0.052	0.042	0.038	0.034	0.066
20 m	0.074	0.077	0.094	0.093	0.088	0.083	0.105	0.069	0.076	0.046	0.048	0.037	0.074
30 m	0.073	0.076	0.092	0.096	0.090	0.087	0.111	0.110	0.090	0.085	0.067	0.062	0.086
40 m	0.065	0.072	0.086	0.083	0.080	0.087	0.122	0.109	0.109	0.099	0.075	0.073	0.088
50 m	0.074	0.077	0.093	0.102	0.094	0.102	0.126	0.135	0.116	0.109	0.108	0.101	0.103
0-50 m	0.072	0.074	0.088	0.091	0.086	0.083	0.091	0.082	0.077	0.065	0.056	0.052	0.076
60-70 m	0.076	0.078	0.097	0.104	0.099	0.107	0.126	0.143	0.129	0.118	0.122	0.115	0.109
0-Fond	0.073	0.074	0.089	0.093	0.087	0.086	0.095	0.089	0.083	0.071	0.064	0.059	0.080
May. Pond.	0.073	0.075	0.090	0.092	0.087	0.086	0.098	0.087	0.083	0.068	0.061	0.056	0.079
Tonnages	234	241	290	298	280	277	315	280	266	221	197	179	256



L A C L E M A N

Situation des stations de prélèvement

