

## S O M M A I R E

PREAMBULE	p. 7
1. RAPPORTS SUR L'EVOLUTION DU LEMAN	11
Carte des stations de prélèvements au lac et aux affluents	13
1.1. EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU LEMAN	15
1. Introduction	17
2. La transparence de l'eau	18
3. La Thermique du lac	26
4. Le pH de l'eau	30
5. L'oxygène dissous et son taux de saturation	34
5.1. L'oxygène	34
5.2. Le taux de saturation en oxygène	38
6. Evolution de l'azote minéral	42
6.1. L'azote ammoniacal	43
6.2. L'azote nitreux	48
6.3. L'azote nitrique	53
7. Evolution du phosphore	59
7.1. Les orthophosphates	59
7.2. Le phosphore total	60
8. Mode de calcul des tonnages	65
9. Tableaux généraux	67
1.2. ETUDE DU PLANCTON DE LA REGION PELAGIQUE SUD DU GRAND LAC	83
Introduction	85
1. Etude des volumes de " Net plancton "	85
2. Transparences	86
3. Variations quantitatives du phytoplancton exprimé globalement en nombre de cellules algales	87
4. Variations qualitatives et quantitatives des éléments du phytoplancton	87
5. Variations qualitatives et quantitatives des rotifères	89
6. Tableaux généraux	92
1.3. EXAMENS BIOLOGIQUES DES EAUX DU PETIT LAC	95
1. Introduction	97
2. Etude de la variation de la transparence des eaux et des volumes du net-plancton	97
3. Volumes globaux du plancton pêché dans le Petit Lac	99
4. Etude quantitative des différentes espèces de plancton récolté dans le Petit Lac	100
5. Variation mensuelle du biovolume de phytoplancton au point GE 4 en 1971	102
6. Tableaux généraux	103
1.4. EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN	107
1. Introduction	109
2. Les germes totaux	109
3. Les coliformes	112

4. Les entérocoques	p. 116
5. Clostridium sulfito-réducteurs	116
6. Les bactériophages	117
7. Tableaux généraux	118
8. Cartes de la pollution bactériologique du Léman	123
1.5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉVOLUTION DU LEMAN	125
1. Examens physico-chimiques	127
2. Examens biologiques	129
3. Examens bactériologiques	130
2. ÉTUDE DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN ET DU RHONE ENTRE GENEVE ET CHANCY	133
2.1. <u>Généralités</u>	135
2.1.1. Affluents étudiés, programmes des analyses	135
2. Fréquence des prélèvements	136
3. Critères analysés	137
4. Conditions météorologiques	137
5. Débits des affluents	139
2.2. <u>Résultats des analyses, étude des apports</u>	141
2.2.1. Température de l'eau	141
2. pH de l'eau	143
3. Conductivité	144
4. Turbidité	144
5. Oxygène dissous	145
6. Demande biologique en oxygène	148
7. Demande chimique en oxygène et oxydabilité au permanganate de potassium	151
8. Azote minéral (ammoniacal, nitreux, nitrique et total)	152
9. Azote organique et total	157
10. Phosphore soluble, organique et total	158
11. Détergents	163
12. Chlorures	165
13. Hydrocarbures	167
14. Dureté totale, titre alcalimétrique complet dureté permanente	168
15. Calcium	169
16. Magnésium	170
17. Potassium	171
18. Analyses bactériologiques	172
2.3. <u>Evolution de la qualité de l'eau le long du cours de certains affluents</u>	173
2.3.1. La Dranse	174
2. La Versoix	176
3. Le Nant d'Aaisy	178
4. L'Arve	178
5. L'Allondon	180
2.4. <u>Résumé des constatations, conclusions</u>	181
2.5. <u>Tableaux généraux</u>	184

3. RAPPORT SUR L'ORIGINE DU PHOSPHORE DANS LE RHONE	p. 235
Situation des points de prélèvement	237
Graphiques	242
Tableaux généraux	246
4. INFLUENCE DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION SUR LA QUALITE DE L'EAU DES RECEPTEURS	255
1. Introduction	257
2. Remarques préliminaires	258
3. Station d'épuration du Vengeron	259
4. Station d'épuration d'Aïre	264
5. Station d'épuration du Nant d'Aisy	266
6. Station d'épuration d'Hermance	269
7. Concentrations observées et exigences officielles	272
8. Conclusions	274
9. Tableaux généraux	276
5. BIBLIOGRAPHIE	291
6. ADRESSES DES AUTEURS DES RAPPORTS	294

P R E A M B U L E

Le présent rapport fait état des travaux effectués par la Sous-commission technique de la Commission internationale en 1971. Cette année est la première d'un programme quinquennal de recherches 1971 à 1975, adopté par la Commission internationale en 1970. L'année 1971 est en même temps la quinzième des années d'études lémaniques systématiques. Celles-ci ont en effet débuté de manière pratique en mai 1957.

Le but poursuivi par les recherches est résumé dans l'article 3 de la " Convention entre le Conseil fédéral suisse et le Gouvernement de la République française concernant la protection des eaux du lac Léman contre la pollution ", conclue à Paris le 16 novembre 1962 et entrée en vigueur le 1er novembre 1963.

Cet article a la teneur suivante :

Article 3

La Commission exerce les attributions suivantes :

- a. Elle organise et fait effectuer toutes les recherches nécessaires pour déterminer la nature, l'importance et l'origine des pollutions et elle exploite le résultat de ces recherches ;
- b. Elle recommande aux Gouvernements contractants les mesures à prendre pour remédier à la pollution actuelle et prévenir toute pollution future ;
- c. Elle peut préparer les éléments d'une réglementation internationale concernant la salubrité des eaux du lac Léman ;
- d. Elle examine toutes autres questions concernant la pollution des eaux.

---

Le détail des travaux de recherches figure dans le " Programme quinquennal des travaux et recherches 1971-1975 " de mai 1970, qui a été adopté par la Commission internationale en novembre de la même année.

Il convient de rappeler ici que le but premier des travaux est non de recherche scientifique de base, mais de recherche appliquée, visant à étudier une évolution sanitaire du lac et de ses affluents, à proposer des mesures applicables et efficaces d'assainissement, et ensuite de vérifier et contrôler l'effet réel de ces mesures.

Ce sont donc pour la plupart des travaux de longue haleine, dont certains, vraisemblablement, dépasseront le cadre du programme quinquennal. Il faut mentionner ici qu'outre les travaux de recherches proprement dits, le programme d'investigations de la sous-commission comprend un certain nombre d'enquêtes, parmi lesquelles figure en bonne place une étude de la situation de l'épuration des eaux usées et de la neutralisation des ordures ménagères, destinée à faire le point sur la situation de l'assainissement dans le bassin lémanique. Le présent rapport ne fait pas état de ces enquêtes, mais traite uniquement des travaux de recherches proprement dits.

Les travaux effectués en 1971 sont groupés sous six chapitres d'importance très diverse et de portée très différente.

### 1. Etude sanitaire du Léman

Dénommée dans le programme quinquennal " Auscultation du lac Léman, elle est la plus ancienne, ayant débuté en 1957. Les échantillons sont prélevés dans 23 stations lacustres et 4 stations de pompage. Il s'agit d'un quadrillage très large du lac, puisqu'il y a environ 1 station par 25 km<sup>2</sup>. Pour des raisons pratiques, le nombre des déterminations a été très réduit à quelques critères seulement. Le programme actuel est le minimum admissible, en dessous duquel on ne saurait descendre sans compromettre gravement tout le système d'exploitation des données et résultats patiemment échafaudé au cours des années. Mentionnons à ce propos que les données sont traitées depuis 1966 par un ordinateur, du moins en ce qui concerne la physico-chimie et la bactériologie. Une extension de ce mode de traitement des données est en chantier.

Quelques stations dites " points objectifs " font l'objet d'investigations plus poussées. Il est prématuré de décider si ces points sont effectivement représentatifs de l'ensemble de la masse d'eau du Léman. Le présent rapport ne traite pas, cette année, des études spéciales faites sur ces points.

Six laboratoires collaborent aux travaux de la Commission. La liste en a été donnée dans le rapport précédent, relatif aux années 1969 et 1970.

Le rapport sur l'auscultation du Léman est divisé en trois parties :

un rapport physico-chimique

un rapport biologique, divisé en trois chapitres relatifs aux  
trois régions lémaniques étudiées  
Grand Lac, rives valaisanne et vaudoise \*  
Grand Lac, région pélagique et rive savoyarde  
Petit Lac.

un rapport bactériologique.

\* Le rapport biologique sur les rives valaisanne et vaudoise ne sera présenté que plus tard et sera vraisemblablement inclus dans le rapport sur l'année 1972.

Afin de faciliter le lecteur, les conclusions générales des trois rapports ont été réunies dans un chapitre particulier, qui débute en page 127 du présent rapport.

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

Les recherches ont débuté en 1963. Actuellement, 31 rivières, y compris le Rhône à son embouchure dans le Léman et à sa sortie du lac, font l'objet d'investigations. Le but des recherches est de déterminer de manière aussi précise que possible la nature et la quantité des éléments apportés au lac,

de manière à connaître leur influence sur le lac. Il s'agit aussi d'établir l'état sanitaire des rivières, de suivre leur évolution, de déceler les points les plus critiques d'apports de matières entrophisantes, et, le cas échéant, d'observer l'effet de l'assainissement des eaux sur la vie de la rivière.

### 3. Origine du phosphore dans le Rhône

L'étude précédente a montré que la majeure fraction du phosphore apporté au Léman par les affluents est fourni par le Flon, qui reçoit les eaux épurées d'égouts de Lausanne, et par le Rhône affluent. Le cas du Flon est résolu par l'installation de postes de déphosphatation à la station d'épuration de Lausanne. Le cas du Rhône est plus complexe. Il s'agit de rechercher si le phosphore est d'origine humaine, agricole, industrielle, ou tout simplement naturel. Le résultat des investigations permettra, le cas échéant, de proposer des mesures préventives efficaces.

Les études sont assumées par le laboratoire cantonal de Sion. Elles ont débuté en avril 1971, et doivent durer plusieurs années. Le rapport préliminaire présenté dans ce volume concerne la période d'avril à décembre 1971. Il consiste essentiellement en documentation de base sous forme de tableaux et de graphiques. Les conclusions de ce travail seront données dans des rapports ultérieurs.

### 4. Etude des stations d'épuration

Cette étude vise à apprécier le fonctionnement des stations d'épuration et à déterminer l'influence des rejets de ces stations sur la qualité de l'eau des récepteurs. Il est normal que l'on s'inquiète de savoir si les stations d'épuration, dont la construction est coûteuse, remplissent efficacement leur rôle.

Les investigations, qui doivent en principe se dérouler en Savoie et dans les cantons de Vaud et Genève, n'ont été entreprises jusqu'en 1971 qu'en territoire genevois.

### 5. Etude biologique prospective de l'évolution du lac Léman

L'étude biologique prospective consiste, dans une première étape, à évaluer la fertilité d'échantillons d'eau provenant de différents points du lac et de certains affluents. Dans ce but, on mesure le développement d'une souche d'algue inoculée dans les eaux à tester, préalablement filtrées, les conditions d'inoculation étant bien définies. Les tests de fertilité contribuent à préciser les influences probables des affluents sur le développement du phytoplancton du lac.

Les recherches "in vitro" et "in vivo" sont effectuées à la Station d'Hydrobiologie lacustre de Thonon. Les résultats des investigations sont encore partiels et ne sont pas donnés dans le présent rapport. Une étude détaillée paraîtra ultérieurement.

## 6. Répartition des plantes aquatiques supérieures

### ( Macrophytes )

Ces recherches, basées sur un levé photographique aérien des rives du lac au moment du développement maximum des végétaux (photographies en couleur) et sur inventaire "in situ" des espèces présentes, ont pour but de préciser l'influence de certains rejets sur le développement de la masse vivante végétale sédentaire. Elles doivent aboutir à l'établissement d'une carte des stations de macrophytes notamment.

Elles ont été confiées, pour la partie photographique, au Service topographique fédéral à Berne, et pour la partie botanique, au Département de Biologie végétale de l'Université de Genève, dirigé par M. le professeur J. MIEGE.

L'étude devant se dérouler essentiellement en 1972, nous ne faisons que la mentionner ici "pour mémoire". Un rapport détaillé sera publié ultérieurement.

## 7. Apport des précipitations au lac Léman

Nous ne faisons que mentionner ici une étude dont la phase active débutera en 1973, qui figure également au programme quinquennal de recherches.

---

Mentionnons, à la fin de ce préambule, que les tableaux récapitulatifs relatifs à chaque étude sont situés en fin d'étude. Leur emplacement est indiqué au sommaire.

A la fin du présent rapport figure une bibliographie de travaux récents effectués dans divers laboratoires participant aux travaux de recherches ou collaborant au sein de la Sous-Commission technique.

Nous avons également indiqué la liste et l'adresse des auteurs ayant participé à l'élaboration des rapports.

EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU LEMAN

Campagne 1971

par René MONOD  
Docteur ès sciences

Secrétaire de la  
Commission internationale

Lausanne



## 1. INTRODUCTION

L'année 1971, première du programme quinquennal 1971 - 1975, est la quinzième des études systématiques du lac. C'est en mai 1957, en effet, que les premières investigations, réunissant les efforts de quatre laboratoires, ont débuté selon un programme dont le principe de base n'a pas changé : stations fixes, profondeurs fixes, dates de prélèvements fixes, déterminations standard uniformes. Cette stabilité est particulièrement heureuse pour l'étude physico-chimique, où l'appréciation de l'évolution du lac n'est valable que si l'on possède un certain recul, et un nombre suffisant de données réparties dans l'ensemble de l'année.

Le programme quinquennal de recherches actuellement en vigueur est un strict minimum, de beaucoup moins chargé que les années précédentes. Seuls quelques " points objectifs ", dont il n'est pas prouvé pour l'instant qu'ils soient représentatifs de l'ensemble du lac, font l'objet d'investigations plus poussées. Le présent rapport n'en fait du reste pas encore état, pour les raisons que nous avons exposées plus haut. Certains laboratoires, tels ceux de Genève, sont en mesure d'accomplir le programme détaillé dans toutes les stations.

Depuis deux ans, les prélèvements ont lieu chaque mois, ce qui permet une meilleure interprétation des faits. La vie du lac est conditionnée essentiellement par les conditions atmosphériques, et les saisons lacustres ne sont pas souvent celles du calendrier. C'est ainsi par exemple que le printemps lémanique peut ne débiter qu'en avril ou mai, l'automne en août déjà, l'hiver en novembre. Un prélèvement mensuel est donc un strict minimum.

Depuis 1971, le nombre d'analyses mensuelles dans les couches inférieures à 50 mètres de profondeur, a considérablement augmenté, parfois doublé, d'où une plus grande sécurité d'interprétation.

En ce qui concerne le calcul des moyennes selon la technique des mélanges, nous avons adopté la méthode détaillée de DUSSART, qui est celle employée pour toutes les analyses depuis le début des travaux. Une description sommaire du mode de calcul sera faite dans un chapitre spécial.

Les déterminations qui font l'objet du présent rapport sont :

- la transparence de l'eau
- la thermique
- le pH
- l'oxygène et son taux de saturation
- les formes minérales de l'azote :
  - azote ammoniacal
  - azote nitreux
  - azote nitrique
- le phosphore
  - orthophosphates
  - phosphore total

D'une manière générale, les tableaux relatifs à chaque chapitre sont réunis en fin de chapitre.

## 2. LA TRANSPARENCE DE L'EAU

Toute rustique qu'elle puisse paraître, la mesure de la transparence de l'eau au disque de SECCHI n'en demeure pas moins une technique valable d'appréciation de l'état d'un lac, par le fait qu'elle rend compte d'une part de la pollution primaire d'origine humaine, industrielle ou naturelle par les matières en suspension dans les couches superficielles, et d'autre part de la pollution secondaire, cause d'une production planctonique engendrant la turbidité.

Aussi convient-il, lors de l'étude des variations de la transparence, de s'attacher surtout aux variations mensuelles. Elles donnent des renseignements précieux sur l'état d'avancement de la saison et sur un certain nombre de phénomènes physiques et climatologiques. Il est bien connu, par exemple, que la transparence de l'eau est plus grande à l'issue d'hivers froids ou prolongés qu'à la fin d'hivers relativement doux.

Il convient donc de ne pas se laisser leurrer par une éventuelle variation passagère, positive ou négative, mais bien plutôt d'examiner les faits dans le contexte d'une évolution générale, ce que nous permet maintenant un recul d'une quinzaine d'années.

### 2.1. Le Léman pris dans son ensemble.

Les mesures effectuées en 1971 sont données dans les tableaux No 1 et 2. Dans son ensemble, la transparence du lac Léman ne s'est pas améliorée, ainsi qu'en témoigne le tableau No 3, où figurent les moyennes mensuelles depuis 1957.

Après une augmentation passagère en 1970, due notamment à une limpidité plus élevée de l'eau en début et en fin d'année, période où l'influence du plancton est négligeable du point de vue de la transparence, le lac est devenu à nouveau plus trouble en 1971, atteignant des valeurs semblables, en moyenne, à celles de 1969, et quelquefois pires.

C'est ainsi que les chiffres moyens de 2,41 m en mai et 4,15 m en juillet constituent des minima moyens mensuels jamais encore atteints.

Par contre, les moyennes des mois de janvier, février et mars restent encore élevées.

### 2.2. Maxima et minima.

Ils sont donnés dans le tableau de la page 19.

Les maxima ne se trouvent qu'exceptionnellement en 1970 ou 1971 (5 stations sur 23). Du point de vue des maxima ou des minima, on ne peut parler d'amélioration.

STATION		MAXIMA			MINIMA		
		Valeur m	Mois	Année	Valeur m	Mois	Année
VS	2	18,4	janvier	1971	1,8	mai septembre	1970 1971
VS	4	14,7	janvier	1970	1,7	mai	1970
VS	3	12,8	janvier	1971	1,5	mai	1970
VD	1	11,2	février	1965	1,5	mai	1967
VD	2	15,1	janvier	1970	1,4	mai	1967
VD	3	15,0	janvier	1970	1,4	mai	1967
VD	4	16,0	février	1968	1,8	mai	1967
VD P	5	15,8	février	1968	1,9	mai	1967
CRG	9	15,9	mars	1963	1,7	mai	1966
CRG	10	16,3	mars	1963	2,1	avril	1965
SHL	2	22,0	février	1968	2,4	septembre	1970
SHL	6	18,5	février	1968	2,7	avril	1971
VD	5	16,5	février	1968	1,6	mai	1971
CRG	3	15,0	février	1968	1,7	avril	1971
CRG	4	14,2	février	1965	2,1	mai	1971
SHL	1	20,0	février	1968	2,5	mai	1970
CRG	21	16,0	février	1968	1,6	septembre	1968
CRG	22	13,7	février	1968	1,9	mai	1968
CRG	23	14,0	février	1968	1,9	mai	1968
CRG	6	12,0	juin	1963	1,9	mai	1971
GE	4	15,6	janvier	1965	2,5	mai	1971
GE	3	15,2	décembre	1964	2,4	mai	1967
GE	2	14,8	septembre	1960	2,3	mai	1971

### 2.3. Grand Lac - Petit Lac

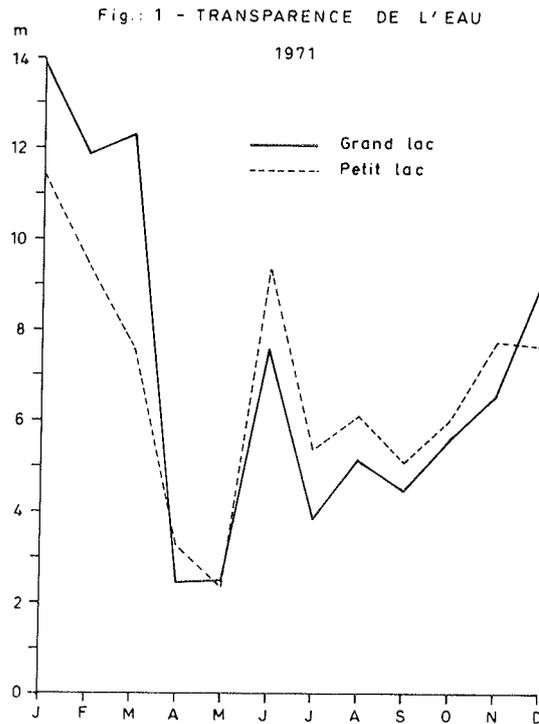
En 1971, la transparence moyenne a été quasi identique dans le Grand Lac et dans le Petit Lac. Cependant, comme le montre le graphique de la page 21, l'amplitude des variations est plus faible dans le Petit Lac, à la fois moins transparent que le Grand Lac en hiver, et plus en été, la moyenne étant finalement la même.

Les résultats donnés pour le Grand Lac dans le tableau No 4 montrent que sa transparence est, en moyenne toujours, relativement stable depuis trois ou quatre ans, les variations observées ne pouvant être interprétées ni dans le sens d'une amélioration, ni dans celui d'une aggravation. Des transparences plus faibles avaient été observées en 1967 et 1968. Les comparaisons seront mieux étayées à l'avenir, avec des observations faites tous les mois. Les résultats pour le Petit-Lac, donnés dans le tableau No 5 montrent qu'après une transparence moyenne exceptionnellement élevée en 1970, qui n'avait plus été observée depuis 1962, il y a une chute spectaculaire en 1971, de plus de 1 mètre, cette année figurant parmi les quatre plus mauvaises des quinze années étudiées.

### 2.4. Le Grand Lac (voir tableau No 4)

Les valeurs moyennes annuelles des quinze dernières années, pour les diverses régions du Grand Lac et pour les 8 mois officiels (février, mars, mai, juin, juillet, août, septembre et novembre) sont données ci-dessous:

Année	Rive S - E	Vevey-St Gingolph	Rive N - E	Duchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac
1957	6,36	5,58	5,73	7,62	7,90	6,92
1958	7,20	6,70	6,89	6,85	7,78	6,73
1959	7,76	4,83	5,81	7,24	7,62	7,11
1960	10,00	8,36	7,19	8,79	8,20	8,77
1961	7,56	6,90	5,80	6,89	7,95	6,68
1962	6,98	6,51	5,85	7,51	7,94	6,86
1963	5,74	6,17	6,32	8,02	7,99	7,60
1964	8,13	6,85	5,87	6,78	7,86	6,71
1965	7,23	6,57	5,27	6,86	8,51	7,48
1966	7,41	6,35	5,05	6,13	8,09	6,25
1967	7,63	6,25	4,83	6,49	7,95	6,18
1968	6,39	6,49	6,01	8,36	8,08	7,28
1969	6,37	5,72	5,28	7,51	8,01	6,45
1970	6,47	5,73	5,10	7,29	7,99	6,56
1971	6,59	6,05	5,68	7,26	7,96	6,58
Norme	7,54	6,93	6,04	7,79	7,02	7,34



2.4.1. Sur la rive sud-orientale, la transparence s'élève graduellement depuis 4 ans, mais on est loin d'atteindre les valeurs observées en 1967. Au Bouvret (station VS 2), la transparence atteint le maximum observé en ce lieu, 18,4 m en janvier 1971, et le minimum: 1,8 m en septembre 1970. 3,8 m en juillet et 1,8 m en septembre constituent les minima mensuels des quinze dernières années.

A St Gingolph, (station VS 4) 3,8 m en septembre et 6,7 m en novembre représentent les minima de ces mois pour les quinze années.

2.4.2. La rive nord-orientale (Villeneuve-Rivaz) est toujours la région la plus obérée. Mais en 1971, la situation a été meilleure que l'année précédente: 5,68 m au lieu de 5,10 m, en moyenne de 8 mois. Il n'y a pas de maxima ou minima caractéristiques.

Moyennes des 8 mois

Année	VS 3	VD 1	VD 2	VD 3
1968	5,36	5,41	5,90	7,35
1969	4,48	4,85	5,96	5,84
1970	4,67	4,91	4,81	6,01
1971	5,18	5,33	5,65	6,59

Année la plus

mauvaise: 1965: 4,31 1966: 4,59 1967: 4,64 1967: 4,99

Comme nous l'avons maintes fois observé, la situation s'améliore en allant vers l'ouest.

2.4.3. Il n'y a pas de remarque à formuler au sujet de l'axe Vevey - St Gingolph où la situation est meilleure en 1971 que les deux années précédentes, toutes choses égales par ailleurs.

2.4.4. Peu de variations également sur l'axe Duchy-Evian, où en moyenne de 8 mois, la situation est identique à celle de l'année précédente, mais moins bonne si l'on tient compte des 12 mois actuellement étudiés:

	8 mois	12 mois
1968	8,36	-
1969	7,51	-
1970	7,29	7,84
1971	7,26	7,37

Dans la région de Vidy, en 1971, la transparence a été relativement bonne, en réalité la 3ème meilleure valeur des quinze années considérées, alors que la moyenne 1970 avait été la pire.

Situation stable ces trois dernières années à la station VD P 5, pompage de Saint-Sulpice.

Aux stations CRG 9, avec 5,40 m et CRG 10 avec 5,43 m, (non mentionnées dans le tableau ci-dessous) la moyenne 1971 est la pire de celles mesurées depuis 1959.

Tableau comparatif des stations.

Année	VD 4	VD P 5	SHL 2	SHL 6
1968	7,63	7,69	9,87	8,94
1969	6,73	7,34	8,66	8,51
1970	5,63	7,56	7,98	8,23
1971	7,20	7,39	9,06	9,07

Année la plus mauvaise    1970 : 5,63    1967 : 5,91    1971 : 5,43    1965 : 5,50

Amélioration spectaculaire en 1971 au point SHL 2 (centre lac) où la transparence moyenne de 9.06 m est la troisième meilleure valeur observée (9,89 m en 1960 et 9,87 m en 1968). On y a remarqué, au mois de janvier, le second maximum de l'année pour l'ensemble du lac, par 19,1 m, partagé avec le point SHL 1.

Le point SHL 6 (Evian) est également en amélioration, avec une moyenne de 9,07 chiffre dépassé une seule fois seulement en 1960 (9,59 m).

2.4.5. Sur l'axe Rolle - Thonon, on observe une stabilité remarquable depuis 6 ans, du moins si l'on considère la moyenne des huit mois "dits officiels".

Année	8 mois	12 mois
1966	8,08	-
1967	7,95	-
1968	8,08	-
1969	8,01	-
1970	7,99	8,10
1971	7,96	8,14
Moy.	8,01	8,12

A relever cependant qu'à la station VD 5 (Rolle), on a observé le minimum de la station depuis quinze ans (1,6 m au mois de mai).

Minimum également de la station CRG en avril 1971, où la moyenne annuelle est la plus basse de ces dernières années (8 mois) et à CRG 4 en mai, avec 2,1 m.

Tableau comparatif des stations

Année	VD 5	CRG 3	CRG 4	SHL 1
1967	6,69	6,26	6,40	7,38
1968	9,03	6,74	6,64	9,51
1969	6,96	6,48	5,58	8,44
1970	7,19	6,80	6,65	8,15
1971	7,05	5,70	6,09	9,26
Année la plus mauvaise	1967: 6,69	1971: 5,70	1969: 5,58	1964: 6,93

Pour la station SHL 1 (large de Thonon), la moyenne de 9,26 m est la seconde des quinze dernières années (9,51 m en 1968).

#### 2.4.6. Autres stations du Grand Lac.

Les stations suivantes ne sont étudiées que depuis 1968 seulement. Les valeurs annuelles moyennes sont les suivantes:

Année	CRG 21	CRG 22	CRG 23
1968	7,05	6,94	6,57
1969	6,03	5,12	5,50
1970	6,58	6,50	5,83
1971	6,44	5,60	5,66
(1971 10 mois)	(6,18)	(5,18)	(5,51)

Il nous paraît prématuré de faire des prévisions d'évolution pour ces points. De même, du fait de leur répartition géographique, on n'est pas en droit de faire des comparaisons entre eux.

## 2.5. Le Petit Lac ( voir tableau No 5 )

Dans cette région, nous disposons de valeurs sur 12 mois depuis 1964 déjà. Alors que la situation s'était partiellement et passagèrement améliorée en 1970, elle s'est aggravée en 1971. Les quatre années les plus mauvaises, en moyenne toujours, sont :

	8 mois	12 mois
1964	6,55	7,43
1966	6,30	6,79
1967	6,57	6,92
1971	6,59	6,66

Pour les huit dernières années considérées, l'année 1971 est la plus mauvaise du point de vue de la transparence. La variation par rapport à l'année précédente est spectaculaire :

Janvier	+ 0,43 m	Juillet	- 0,73 m
Février	+ 0,90 m	Août	0 m
Mars	- 1,62 m	Septembre	- 3,48 m
Avril	- 2,31 m	Octobre	+ 0,12 m
Mai	- 2,65 m	Novembre	- 0,45 m
Juin	- 1,28 m	Décembre	- 0,17 m

On observe une amélioration en janvier, février et octobre, sinon une aggravation à presque tous les points et presque tous les mois, accentuée encore pendant les mois d'été.

A noter les minima absolus dans trois stations :

CRG 6	: 1,9 m en mai 1971
GE 4	: 2,5 m en mai 1971
GE 2	: 2,3 m en mai 1971

La moyenne de ces dernières années, calculée sur douze mois, est donnée dans le tableau ci-dessous :

Année	CRG 6 Axe Nyon Messery	GE 4 Fosse de Nyon	GE 3 Fosse de Chevrens	GE 2 Fosse de Bellevue
1967	-	7,38	7,13	7,40
1968	-	8,24	7,88	7,30
1969	-	7,91	6,98	7,24
1970	-	8,30	7,68	7,92
1971	5,06	7,48	6,50	7,21

## 2.6. Conclusions

Du point de vue de la transparence, la qualité de l'eau du Léman ne s'est pas améliorée. Quelques cas particuliers favorables sont compensés par d'autres défavorables.

On observe une baisse notable par rapport à l'année précédente, qui était " exceptionnellement bonne ".

En 1971, la transparence est en moyenne la même dans le Grand Lac que dans le Petit Lac :

moyenne : 6,58 m pour 8 mois et 6,71 m pour 12 mois dans le Grand Lac  
6,59 m pour 8 mois et 6,66 m pour 12 mois dans le Petit Lac.

D'une manière générale, la transparence moyenne évolue peu dans le Grand Lac, avec de fortes amplitudes entre les maxima d'hiver et les minima d'été. Dans le Petit Lac, où les amplitudes de variations sont plus faibles, elle a considérablement diminué en 1971, qui est une des années les plus mauvaises de ces quinze dernières.

Contrairement à ce que d'aucuns ont avancé à plusieurs reprises, il est prématuré de conclure à une amélioration. Tout au plus, étant optimiste, peut-on parler de stabilisation des phénomènes.

---

### 3. LA THERMIQUE DU LAC.

Comme nous l'avons précisé dans notre préambule, nous avons adopté la technique des mélanges, préconisée par Dussart, ce qui donne des valeurs quelque peu différentes de celles publiées l'année passée.

#### 3.1. Température moyenne de l'eau.

Les valeurs moyennes pour l'ensemble du lac sont données dans le tableau N° 6.

On constate que le lac a été particulièrement froid en février et mars, la température moyenne descendant au-dessous de 5°C, ce qui classe l'hiver 1970-1971 parmi les hivers froids, comme ceux de 1956, 1963, 1964 et 1965.

Par contre, la température a atteint en été les valeurs moyennes les plus élevées enregistrées depuis 15 ans (23°45 en août). En moyenne, le lac a été plus froid en 1971 qu'en 1970. En réalité, plus chaud dans les couches superficielles de l'eau (épilimnion) où un excédent de chaleur a été très remarquable en juillet et août. Il n'y a pas de différence notable entre le Grand Lac et le Petit Lac, toutes choses étant égales par ailleurs.

Le tableau ci-dessous donne la température moyenne de l'eau du lac pour les cinq dernières années:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	-	-	-	5,28	5,30
Février	5,27	5,46	5,18	5,07	5,08
Mars	5,59	5,44	5,45	5,08	4,84
Avril	-	-	-	5,29	5,49
Mai	6,68	6,53	6,47	5,86	6,08
Juin	7,21	7,19	6,96	6,59	6,26
Juillet	7,80	7,57	7,38	7,40	7,03
Août	7,82	7,78	7,84	7,26	7,40
Septembre	7,88	7,82	7,46	7,30	6,93
Octobre	-	-	-	7,10	6,75
Novembre	7,35	7,60	7,16	6,73	6,31
Décembre	-	-	-	6,23	5,91
Moyenne					
8 mois	6,93	6,92	6,74	6,41	6,24
12 mois	-	-	-	6,27	6,11

La moyenne de l'année 1971 est de loin la plus basse. En réalité, du point de vue thermique, le lac se classe au second rang des quinze dernières années, après 1963, où la moyenne annuelle avait été de 5,74 °C.

Cette situation n'est pas sans avoir une influence importante sur le régime de l'oxygène et celui du phosphore, comme nous le verrons plus loin.

### 3.2. Température à la surface du lac.

Le tableau N° 7 donne les valeurs mensuelles moyennes depuis 1957. On constate que l'eau n'a en moyenne jamais été si chaude depuis le record de 1964 (15,81 °C). Nous avons vu que le maximum annuel moyen (23°45) est en même temps un maximum maximorum. Le minimum, de 4°96, est le plus bas enregistré en février.

La température maxima enregistrée en une station est de 24°45, au mois d'août à CRG 21. Comme le tableau ci-dessous le montre, l'eau était chaude la plupart du temps jusqu'à 5 m de profondeur, parfois jusqu'à 10 mètres ou même au-delà.

Température de l'eau en surface en août 1971

Stations	0 m	5 m	10 m
VS 2	23,7	17,1	13,6
VS 4	24,1	20,6	14,2
VS 3	22,9	22,7	20,5
VD 1	23,6	23,0	18,0
VD 2	23,4	22,5	17,4
VD 3	24,4	22,7	20,6
VD 4	23,1	22,9	17,4
VD P 5	23,0	-	-
SHL 2	23,1	22,0	14,8
SHL 6	23,9	16,5	13,7
CRG 9	23,75	23,3	22,75
CRG 10	23,45	23,25	19,3
VD 5	22,8	22,8	22,8
SHL 1	22,9	22,5	17,9
CRG 3	23,7	23,0	17,95
CRG 4	24,0	23,2	21,55
CRG 21	24,45	16,1	13,15
CRG 22	24,35	23,75	16,85
CRG 23	24,4	23,45	15,65
GE 1	22,4	-	-
GE 2	22,4	22,1	21,6
GE 3	22,5	22,4	22,0
GE 4	22,6	22,6	22,5
CRG 6	23,85	22,9	20,95

Sur la rive du lac (stations VS 2, VS 4, SHL 6, CRG 21 delta de la Dranse), l'eau était plus froide vers 10 m de profondeur. Rarement les conditions météorologiques ont été si favorables à la surface du lac.

Quant aux maxima de l'année, on notait au mois de mars:

4°0 à la station CRG 6 (Nyon-Messery)

4°3 aux stations VS 3 (Villeneuve), VD 2 (Vevey), GE 3 (Fosse de Chevrens), GE 4 (Fosse de Nyon).

La température de l'eau en surface, reflet direct des conditions météorologiques, subit des amplitudes extrêmement grandes: eau froide au printemps, se réchauffant rapidement dès avril, pour atteindre en décembre déjà de basses températures.

### 3.3 Température au fond du lac

Nous nous bornerons à donner les mesures des cinq dernières années :

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	-	-	-	5,20	5,15
Février	4,87	4,90	5,10	5,20	5,20
Mars	4,85	5,00	5,10	4,90	4,75
Avril	-	-	-	5,15	4,75
Mai	5,23	5,00	4,90	5,00	4,75
Juin	4,97	4,80	5,20	5,20	4,80
Juillet	4,87	5,00	4,90	5,20	4,75
Août	4,93	4,90	5,00	5,20	4,77
Septembre	4,92	5,00	5,10	5,10	4,87
Octobre	-	-	-	5,20	4,80
Novembre	5,02	5,10	5,20	5,00	4,87
Décembre	-	-	-	5,20	4,90
Moyenne					
8 mois	4,96	4,96	5,06	5,11	4,82
12 mois	-	-	-	5,14	4,84

Le réchauffement moyen du lac, qui avait été constant jusqu'en 1970 a cessé, la moyenne annuelle descendant de 5<sup>0</sup>11 en 1970 à 4<sup>0</sup>82 en 1971. Mais on est loin de l'abaissement de l'hiver 1962-1963, où la moyenne annuelle avait passé de 5<sup>0</sup>43 à 4<sup>0</sup>47. A partir de mars 1971, la température du fond de l'eau n'a jamais dépassé 5<sup>0</sup>C, avec un minimum à 4<sup>0</sup>75. Le minimum absolu des quinze dernières années est de 4<sup>0</sup>23 (mars 1963).

### 3.4. Bilan thermique

Il est présenté sous forme de tableau à la page 29. Le bilan du refroidissement de l'hiver 1970-1971 et du réchauffement de l'été 1971 est nul. Les calories perdues durant l'hiver 1970-1971 excèdent celles gagnées en été 1970 de 3'500 par cm<sup>2</sup>. Le lac s'est refroidi de 0<sup>0</sup>22 en quinze ans, soit 0,01 à 0,02 degrés en moyenne par an. La perte de calories se chiffre à 3'300 au cm<sup>2</sup> en quinze ans, ou environ 200 calories par cm<sup>2</sup> et par an.

### 3.5. Conclusions

En 1971, l'eau du lac a été en moyenne froide, avec une température moyenne du mois de mars descendant au-dessous de 5<sup>0</sup>C. Cependant, l'été, et particulièrement le mois d'août, a été chaud au-dessus de la normale. Il y a donc eu des amplitudes de température plus grandes que de coutume. Le réchauffement du lac, amorcé dès 1964, a cessé. Ces phénomènes ne sont pas sans influencer fortement les régimes physico-chimiques, notamment ceux de l'oxygène et du phosphore. En quinze ans, le lac s'est refroidi de 0,22<sup>0</sup>C .

BILAN THERMIQUE

Date	Temp. °C	Gradient de température °C	Gain de l'été ou perte de l'hiver °C	Gradient de calories cal/cm <sup>2</sup>	Gain de l'été ou perte de l'hiver cal/cm <sup>2</sup>
1967 Févr.	5,27				
Mars	5,59	+ 0,32		+ 4'900	
Sept.	7,88	+ 2,29	+ 2,61	+ 35'000	+ 39'900
Nov.	7,35	- 0,35		- 8'100	
		- 1,89		- 28'900	
1968 Févr.	5,46				
Mars	5,44	- 0,02	- 2,44	- 300	- 37'300
Sept.	7,82	+ 2,38	+ 2,38	+ 36'300	+ 36'300
Nov.	7,60	- 0,22		- 3'400	
		- 2,42	- 2,64	- 36'900	- 40'300
1969 Févr.	5,18				
Mars	5,45	+ 0,27		+ 4'100	
Août	7,84	+ 2,39	+ 2,66	+ 36'500	+ 40'600
Sept.	7,46	- 0,38		- 5'800	
Nov.	7,16	- 0,30		- 4'600	
		- 2,09	- 2,77	- 31'900	- 42'300
1970 Févr.	5,07				
Mars	5,08	+ 0,01		+ 200	
Juil.	7,40	+ 2,32	+ 2,33	+ 35'400	+ 35'600
Sept.	7,30	- 0,10		- 1'500	
Nov.	6,73	- 0,57		- 8'700	
		- 1,89	- 2,56	- 28'900	- 39'100
1971 Mars	4,84				
Août	7,40	+ 2,56	+ 2,56	+ 39'100	+ 39'100
Nov.	6,31	- 1,09		- 16'600	

4 LE pH DE L'EAU

Celui-ci est déterminé " in situ ". Il s'agit d'une mesure " brute ", sans correction de température.

4.1 Valeurs annuelles moyennes

Les moyennes pour l'ensemble du lac en 1971 sont rassemblées dans le tableau N° 8 . Il semble vraiment que le pH moyen de l'eau du lac ait toujours tendance à baisser. Les valeurs annuelles moyennes des cinq dernières années, pour les huit mois officiels, sont données dans le tableau ci-dessous :

Profondeur	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
Surface	8,10	8,11	8,12	8,13	8,06	8,12	8,09
5 m	8,06	8,02	8,11	8,09	8,00	8,02	8,02
10 m	7,99	7,97	7,94	7,94	7,90	7,86	7,87
20 m	7,04	7,70	7,75	7,03	7,79	7,72	7,74
30 m	7,79	7,69	7,68	7,73	7,71	7,65	7,67
40 m	7,78	7,67	7,66	7,71	7,70	7,64	7,65
50 m	7,73	7,63	7,64	7,65	7,66	7,62	7,64
100 m	7,69	7,68	7,65	7,62	7,63	7,57	7,57
150 m	7,65	7,64	7,61	7,61	7,62	7,56	7,55
200 m	7,62	7,56	7,55	7,55	7,56	7,54	7,52
250 m	7,53	7,49	7,40	7,64	7,65	7,54	7,50
300 m	7,50	7,45	7,37	7,58	7,57	7,46	7,44
Moyenne	7,77	7,68	7,67	7,70	7,69	7,63	7,63

A toute profondeur, les valeurs du pH ont été en moyenne plus basses en 1971 qu'en 1970 et les années précédentes. Ce n'est qu'à 250 et 300 mètres de profondeur que l'on observait , en 1968, des valeurs moyennes plus faibles.

4.2. Evolution dans le Grand Lac.

Les moyennes pour les couches superficielles allant jusqu'à 50 m de profondeur pour les cinq dernières années sont les suivantes :

Profondeur	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
Surface	8,03	8,04	8,14	8,05	7,97	8,09	8,07
5 m	8,00	7,92	8,11	8,02	7,93	7,98	7,98
10 m	7,94	7,90	7,92	7,88	7,83	7,82	7,83
20 m	7,78	7,65	7,71	7,73	7,70	7,69	7,71
30 m	7,75	7,57	7,65	7,64	7,62	7,63	7,64
40 m	7,72	7,53	7,63	7,62	7,60	7,61	7,62
50 m	7,62	7,55	7,62	7,59	7,59	7,60	7,61
Moyenne 0 - 50 m	7,84	7,74	7,83	7,79	7,75	7,76	7,77

Dans les couches supérieures du Grand Lac, le pH a quelque peu varié par rapport à l'année précédente. Une légère baisse depuis 1969 amène la valeur moyenne au niveau de l'année 1968, qui était une année critique.

Par rapport à 1970, le pH observé en 1971 a été supérieur les cinq premiers mois de l'année, et plus faible ensuite jusqu'à fin décembre.

On ne peut donc pas parler d'amélioration dans le Grand Lac.

Les moyennes mensuelles pour les deux années complètes sont données ci-dessous, (moyennes de 0 à 50 m de profondeur)

Mois	1970	1971
Janvier	7,52	7,68
Février	7,67	7,65
Mars	7,61	7,67
Avril	7,81	7,95
Mai	7,82	7,92
Juin	7,78	7,76
Juillet	7,79	7,84
Août	7,85	7,78
Septembre	7,91	7,70
Octobre	7,80	7,74
Novembre	7,83	7,71
Décembre	7,75	7,69

4.3. Evolution dans le Petit Lac

Les moyennes pour le Petit Lac sont indiquées dans les deux tableaux suivants :  
(Moyennes de 0 à 50 m )

Profondeur	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
Surface	8,29	8,30	8,12	8,34	8,28	8,23	8,19
5 m	8,24	8,39	8,17	8,30	8,24	8,19	8,14
10 m	8,16	8,27	8,04	8,17	8,14	8,04	8,02
20 m	8,03	8,23	7,90	8,13	8,09	7,88	7,88
30 m	7,95	8,05	7,76	7,97	7,94	7,75	7,77
40 m	7,96	8,06	7,74	7,94	7,94	7,78	7,79
50 m	7,94	8,02	7,70	7,95	7,94	7,74	7,76
Moyenne	8,08	8,19	7,92	8,12	8,08	7,94	7,93

Mois	1970	1971
Janvier	8,00	7,85
Février	8,09	7,79
Mars	8,02	7,90
Avril	8,10	8,12
Mai	8,12	8,02
Juin	8,21	7,90
Juillet	8,36	7,99
Août	8,17	8,08
Septembre	7,88	7,98
Octobre	8,11	7,86
Novembre	8,11	7,84
Décembre	7,85	7,84
Moyenne	8,08	7,93

Dans le Petit Lac, le pH évolue irrégulièrement, tantôt faible, tantôt fort. Après une baisse en 1969, une augmentation en 1970, le pH a baissé à nouveau en 1971, pour atteindre presque les valeurs de 1969. L'abaissement par rapport à 1970 se produit à toutes les profondeurs et onze mois sur douze, le mois de septembre seul échappant à la règle.

#### 4.4. Evolution dans les couches profondes du lac.

Le tableau suivant donne les mesures effectuées à 300 mètres de profondeur ces cinq dernières années:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	-	-	-	7,70	7,40
Février	7,57	7,40	7,65	7,70	7,70
Mars	7,50	7,65	7,50	7,70	7,55
Avril	-	-	-	7,60	7,60
Mai	7,60	7,40	7,30	7,60	7,55
Juin	7,50	7,60	7,30	7,60	7,45
Juillet	7,53	7,60	7,30	7,60	7,40
Août	7,53	7,25	7,40	7,50	7,35
Septembre	7,57	7,30	7,30	7,30	7,40
Octobre	-	-	-	7,40	7,33
Novembre	7,40	7,40	7,20	7,60	7,40
Décembre	-	-	-	7,50	7,30
Moyenne 8 mois	7,50	7,45	7,37	7,58	7,46
12 mois	-	-	-	7,57	7,44

Les observations faites dans le fond du lac sont les mêmes que celles faites ailleurs dans le lac. Après une hausse notable en 1970, le pH descend à nouveau au niveau relativement bas de 1968, sans atteindre cependant les valeurs minima de l'année 1969.

#### Valeurs extrêmes

A nouveau cette année, on observe près de la surface de l'eau des valeurs élevées de pH, généralement en avril pour toutes les stations, et en août. Parmi ces valeurs, citons :

8,80 à la station	VS 2	Le Bouveret	0 m en avril
8,80 à la station	VS 4	St. Gingolph	0 m en avril
8,80 à la station	SHL 2	Centre Lac	0 m en avril
8,73 à la station	GE 2	Fosse de Bellevue	0 m en août
8,87 à la station	GE 3	Fosse de Chevrens	0 m en août
8,85 à la station	GE 4	Fosse de Nyon	0 m en août

Le minimum de l'année se situe au fond du lac, à la station SHL 2, où l'on a mesuré des valeurs de 7,25 à 200, 250 et 300 mètres de profondeur au mois d'octobre. Cette valeur, minimum absolu, avait déjà été notée une fois en 1968, mais à 300 mètres seulement.

#### 4.5. Conclusions

Il ressort des observations faites que le pH a une tendance générale à s'abaisser en 1971. Cette tendance est plus forte dans le Petit Lac et dans le fond du Grand Lac. Cette évolution ne laisse pas d'être inquiétante, même si l'on tient compte du fait que, dans une certaine mesure, la variation du pH est conditionnée par la thermique du lac, qui, elle, obéit à une certaine périodicité.

## 5 L'OXYGENE ET SON TAUX DE SATURATION

### 5.1 L'oxygène

(Voir tableaux N° 9 et 10)

#### 5.1.1 Concentration moyenne du Léman

D'une manière générale, le lac est à peine plus riche en oxygène que l'année précédente. Voici du reste les concentrations mensuelles moyennes calculées selon la technique des mélanges, exprimées en mg O<sub>2</sub>/l, relevées ces cinq dernières années :

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	-	-	-	9,15	9,77
Février	10,67	10,38	9,97	9,60	9,81
Mars	10,72	10,76	10,27	9,06	10,40
Avril	-	-	-	10,66	10,60
Mai	10,82	10,49	10,37	10,15	10,28
Juin	10,25	10,08	9,63	9,88	9,72
Juillet	9,93	9,78	9,45	9,87	9,56
Août	9,50	9,48	9,09	9,37	9,19
Septembre	9,26	9,38	8,84	9,36	8,84
Octobre	-	-	-	9,12	8,91
Novembre	9,07	8,93	8,88	8,90	9,20
Décembre	-	-	-	9,51	9,54
Moyenne					
8 mois	10,03	9,90	9,56	9,52	9,62
12 mois	-	-	-	9,55	9,65

On observe que le lac est nettement plus riche en oxygène au début de l'année; son approvisionnement pendant l'hiver 1970-1971 a été meilleur. Nous verrons plus loin que même les couches profondes ont profité de cet apport. Par contre, les concentrations ont été plus faibles en été 1971 qu'en 1970, (mois de juillet à septembre), ce qui en fait un des quatre étés les plus déficitaires des quinze dernières années. Cette diminution est à mettre en partie au compte du fort réchauffement superficiel observé pendant l'été. Mais cela ne suffit pas à justifier cet abaissement qui ne se borne pas seulement aux couches superficielles, ainsi que le tableau N° 9 le montre.

La perte estivale d'oxygène de ces dernières années a été de :

1,75 mg O <sub>2</sub> /l	en 1967
1,83 mg	en 1968
1,53 mg	en 1969
1,76 mg	en 1970
1,69 mg	en 1971

Les gains hivernaux en oxygène, exprimés en mg O<sub>2</sub>/l, ont été de :

1,26	en 1966-1967
1,69	en 1967-1968
1,44	en 1968-1969
1,82	en 1969-1970
1,70	en 1970-1971

On voit clairement que, ces deux dernières années, les gains hivernaux ont compensé les pertes, ce qui n'était plus le cas précédemment.

#### 5.1.2. Tonnages mensuels moyens

Voici les valeurs calculées pour ces cinq dernières années:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	---	---	---	814'000	869'000
Février	949'000	923'000	889'000	853'000	872'000
Mars	953'000	913'000	913'000	806'000	925'000
Avril	---	---	---	948'000	943'000
Mai	962'000	932'000	922'000	903'000	914'000
Juin	911'000	896'000	856'000	879'000	864'000
Juillet	883'000	870'000	840'000	878'000	850'000
Août	844'000	843'000	808'000	834'000	817'000
Septembre	824'000	834'000	786'000	832'000	786'000
Octobre	---	---	---	812'000	793'000
Novembre	806'000	794'000	789'000	791'000	818'000
Décembre	---	---	---	846'000	848'000
Moyenne 8 mois	891'500	880'000	850'000	847'000	856'000
" 12 "	---	---	---	850'000	858'000

Le lac a perdu 156'000 tonnes d'oxygène pendant l'été 1967  
 163'000 " " " " 1968  
 136'000 " " " " 1969  
 157'000 " " " " 1970  
 157'000 " " " " 1971

En revanche, alors qu'il ne récupérait que

123'000 tonnes pendant l'hiver 1966-1967  
 151'000 " " " 1967-1968  
 119'000 " " " 1968-1969

il en a gagné 162'000 tonnes pendant l'hiver 1969-1970  
 152'000 " " " 1970-1971

Les bilans des années 1970 et 1971 sont donc équilibrés.

### 5.1.3. Evolution en fonction de la profondeur.

Nous donnons ci-dessous les valeurs annuelles moyennes depuis 1967, exprimées en mg O<sub>2</sub>/l.

Profondeur	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
Surface	11,03	10,96	11,02	11,03	11,02	11,18	11,34
5 m	11,09	10,89	11,35	11,10	11,00	10,88	11,10
10 m	10,83	10,52	10,59	10,57	10,57	9,90	10,23
20 m	10,33	9,93	9,97	10,28	10,31	9,58	9,86
30 m	10,31	9,97	10,03	10,17	10,21	9,74	9,91
40 m	10,35	10,06	10,00	10,13	10,17	9,78	9,87
50 m	10,32	10,23	9,93	10,06	10,11	9,80	9,87
100 m	10,13	10,17	9,42	9,79	9,87	9,76	9,75
150 m	9,48	9,44	8,81	9,24	9,17	9,55	9,51
200 m	8,67	7,89	7,10	8,85	8,83	9,20	9,09
250 m	7,49	6,45	5,93	8,15	8,17	9,16	9,02
300 m	6,12	4,07	3,19	6,93	6,87	7,39	7,30

En 1971, le lac s'est apauvri en oxygène dans les couches superficielles de 0 à 50 mètres, les concentrations (celle de 0 m exceptée) étant les plus faibles des cinq dernières années. En revanche, à 100 m, tout en étant plus pauvre en 1971 qu'en 1970, le lac est plus riche que l'année critique 1969. A partir de 150 m et jusqu'au fond, le lac s'est fortement enrichi. Les gains importants réalisés en grande partie au cours de l'hiver 1969-1970 ont été complétés l'hiver suivant. Il faut remonter à l'année 1964, à la suite de l'hiver froid 1962-1963, pour trouver une situation analogue favorable.

Le déséquilibre entre les couches superficielles (0 à 10 m) et celles du fond, qui s'était accentué jusqu'en 1969, a régressé. Il a passé par les valeurs suivantes, exprimées en mg O<sub>2</sub>/l:

1964	3,60
1965	4,06
1966	4,50
1967	4,86
1968	6,72
1969	7,80
1970	3,97
1971	3,26

La question est de savoir combien de temps cette amélioration va durer, ou si elle est due à des conditions météorologiques favorables.

5.1.4. Evolution dans le fond du lac

Les concentrations, exprimées en mg O<sub>2</sub>/l, relevées ces cinq dernières années dans le fond du lac (300 m) sont les suivantes :

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	-	-	-	4,25	6,21
Février	7,85	4,70	4,13	4,02	5,57
Mars	6,00	5,44	4,10	10,46	8,72
Avril	-	-	-	9,45	9,23
Mai	6,23	4,34	4,06	8,48	8,96
Juin	6,75	4,98	3,28	7,73	8,54
Juillet	6,22	3,88	2,55	6,43	7,27
Août	5,78	3,65	2,26	9,06	6,66
Septembre	5,60	2,91	1,05	4,55	7,32
Octobre	-	-	-	6,89	5,78
Novembre	4,51	2,68	4,09	4,69	5,15
Décembre	-	-	-	6,47	6,50
Moyenne					
8 mois	6,12	4,07	3,10	6,93	7,39
12 mois	-	-	-	6,87	7,30

Il est aisé de constater que l'effet bénéfique de la fin de l'hiver 1969-1970, qui avait eu pour effet de réoxygéner fortement les couches profondes (10,46 mg/l en février), s'est maintenu et qu'un effet semblable, quoique légèrement atténué, s'est produit à la fin de l'hiver 1970-1971.

Le maximum annuel, qui était de 4,13 en 1969, a passé à 10,46 en 1970 et à 8,78 en 1971. Le minimum annuel, qui était descendu à la valeur la plus faible jamais observée de 1,05 mg/l en 1969, a passé à 4,02 en 1970 et à 5,15 en 1971. La provision en oxygène des couches profondes semble donc assurée pour quelques années en tout cas.

5.1.5. Les diverses régions du lac

Les concentrations moyennes, en fonction de la profondeur dans diverses régions du lac sont les suivantes : (moyennes de 12 mois, en mg O<sub>2</sub>/l)

	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	11,60	11,48	11,10	11,13	11,27	11,59	11,34
5 m	10,97	11,35	10,72	11,00	11,04	11,31	11,10
10 m	10,52	10,18	9,77	10,39	10,10	10,76	10,23
20 m	10,19	10,05	9,61	9,62	9,76	10,30	9,86
30 m	10,14	9,93	9,60	9,88	9,82	10,21	9,91
40 m	10,11	9,89	9,70	9,84	9,80	10,11	9,87
50 m	9,98	9,87	9,76	9,97	9,83	10,13	9,84
Moyenne	10,50	10,37	9,99	10,20	10,18	10,63	10,27

Les moyennes mensuelles, exprimées en mg O<sub>2</sub>/l, pour les diverses régions du lac sont les suivantes: (moyennes de 0<sup>2</sup> à 50 m)

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janv.	11,21	10,95	10,42	10,58	10,78	11,29	10,90
Févr.	11,32	10,72	10,32	10,79	10,73	11,63	10,94
Mars	11,41	10,44	10,47	10,75	10,61	11,81	10,84
Avril	12,97	12,24	12,00	12,10	12,19	12,75	12,30
Mai	11,94	11,76	11,09	11,48	11,49	12,09	11,61
Juin	10,26	10,07	9,79	10,16	10,00	10,42	10,09
Juil.	10,01	10,28	9,78	9,78	9,94	10,31	10,01
Août	8,66	10,51	9,02	9,32	9,40	9,09	9,34
Sept.	8,61	8,10	8,59	8,51	8,37	8,60	8,41
Oct.	9,64	9,18	8,83	8,92	9,03	9,24	9,07
Nov.	9,66	9,89	9,54	9,79	9,67	9,83	9,70
Déc.	10,31	9,69	10,34	10,74	10,37	10,75	10,47

Le Petit Lac est plus riche en oxygène que le Grand Lac, toutes choses égales d'ailleurs. Cette différence s'observe à toute profondeur et presque toute l'année. Seul le mois d'août fait exception.

Dans le Grand Lac, c'est la région pélagique qui est la plus pauvre en oxygène (axe Ouchy-Evian). Cette pauvreté, toute relative, se rencontre en toute saison et à toute profondeur.

## 5.2. Le taux de saturation en oxygène.

### 5.2.1. Le Léman pris dans son ensemble.

Les taux moyens de saturation, exprimés en %, ont évolué comme suit:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	77,8	83,6
Février	90,6	88,7	84,6	80,6	83,2
Mars	91,8	91,9	87,4	85,8	87,6
Avril	--	--	--	90,1	91,0
Mai	95,6	92,05	91,5	87,9	89,8
Juin	91,6	90,0	86,5	87,1	84,6
Juillet	90,4	88,3	85,2	89,1	85,2
Août	86,1	86,3	82,8	84,2	82,8
Septembre	84,3	85,4	79,6	83,9	76,1
Octobre	--	--	--	81,4	79,8
Novembre	81,3	80,45	79,0	78,8	80,4
Décembre	--	--	--	83,0	82,3
Moyenne					
8 mois	89,0	87,9	84,6	84,7	83,7
12 "	--	--	--	84,1	83,9

Le taux de saturation a légèrement diminué en 1971, par rapport aux années précédentes. En fait, cela provient de ce que la température moyenne de l'eau étant plus basse, la solubilité est plus grande, donc le rapport oxygène dosé/oxygène théorique est plus petit. En réalité, le taux de saturation est supérieur en 1971 à 1970 pour les premiers mois de l'année, et inférieur à partir du mois de juin.

### 5.2.2. Evolution selon la profondeur.

Nous donnons ci-dessous les valeurs annuelles moyennes depuis 1967, exprimées en %.

Profondeur	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
Surface	112,4	112,0	114,5	113,8	109,8	118,5	116,2
5 m	111,1	109,0	115,15	113,1	108,2	111,1	109,9
10 m	106,0	104,1	103,6	102,6	100,5	98,3	99,0
20 m	96,2	94,8	92,2	95,1	94,3	88,6	90,6
30 m	93,1	91,4	90,0	90,9	90,8	86,3	87,7
40 m	91,8	89,5	88,0	88,4	88,7	85,0	85,8
50 m	90,3	89,2	86,3	87,4	87,8	84,0	84,8
100 m	87,1	87,3	80,7	83,1	83,8	82,4	82,3
150 m	80,9	80,5	74,6	78,0	77,5	80,5	80,1
200 m	73,5	67,5	60,3	75,0	75,0	77,4	77,3
250 m	63,3	54,5	50,3	69,0	69,2	77,1	75,8
300 m	51,1	34,3	27,0	58,6	58,2	62,0	61,3

Le taux de saturation en oxygène est plus élevé en surface en 1971 que les 4 années précédentes. De 5 mètres à 100 mètres, il est relativement faible, comme nous l'avons vu déjà pour l'oxygène. Mais, dès 150 mètres et jusqu'au fond, il est en nette hausse. Cependant, il faut noter qu'à quelques mètres du fond, on n'atteint que 61,3 % pour les 12 mois, ce qui n'est pas encore l'optimum.

### 5.2.3. Evolution dans le fond du lac.

Les taux relevés ces cinq dernières années dans le fond du lac (300 m) sont les suivants:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	36,0	56,0
Février	66,0	39,6	34,9	34,1	47,2
Mars	50,4	45,9	34,7	88,0	73,0
Avril	--	--	--	79,9	77,3
Mai	52,9	36,6	34,2	71,6	75,1
Juin	56,9	41,8	27,8	65,6	71,7
Juillet	52,3	32,7	21,5	54,5	60,9
Août	48,7	30,7	19,1	76,8	55,8
Septembre	47,1	24,5	8,9	38,5	61,8
Octobre	--	--	--	58,4	48,4
Novembre	38,0	22,7	34,7	39,6	43,3
Décembre	--	--	--	54,9	54,7
Moyenne					
8 mois	51,5	34,3	27,0	58,6	62,0
12 mois	--	--	--	58,2	61,3

La plus grande partie de l'année 1971, le taux de saturation a été supérieur à 1970. Cependant, il faut noter qu'en fin de saison, (mois de novembre), il reste relativement bas (43,3 %). Le taux d'oxygénation du fond dépend en somme de la fréquence des hivers froids et prolongés. Si ceux-ci font défaut, il est à craindre que le taux ne s'abaisse rapidement au-dessous du niveau critique.

#### 5.2.4. Les diverses régions du lac.

Taux moyen en fonction de la profondeur (moyennes sur 12 mois):

	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	117,7	117,1	113,9	113,6	116,1	116,1	116,2
5 m	108,0	114,6	105,6	109,3	109,8	110,2	109,9
10 m	101,4	98,7	93,4	101,8	98,0	103,4	99,0
20 m	93,8	91,6	87,2	88,7	89,4	95,5	90,6
30 m	90,0	87,5	83,8	88,0	86,7	91,4	87,7
40 m	88,6	85,8	83,7	85,6	85,1	88,1	85,8
50 m	86,1	84,4	83,8	85,9	84,4	87,1	84,8
Moyenne 12 mois	97,9	96,7	92,1	94,9	94,6	98,9	95,5

Le taux de saturation en oxygène est plus élevé dans le Petit Lac que dans le Grand Lac, ce à toute profondeur et en toute saison. Dans le Grand Lac, c'est sur l'axe Ouchy-Evian que le taux de saturation est d'une manière générale le plus bas.

Taux mensuels moyens, de 0 à 50 m :

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Uchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janv.	96,4	93,1	89,0	90,2	92,0	95,7	92,9
Févr.	96,3	90,0	87,3	90,9	90,5	98,0	92,2
Mars	96,6	87,0	87,7	92,2	89,7	98,6	91,6
Avril	118,5	111,2	106,4	106,8	109,1	114,3	110,1
Mai	116,1	111,5	103,6	107,0	108,4	113,1	109,3
Juin	98,3	95,3	92,9	95,3	94,8	97,0	95,2
Juil.	102,7	105,5	96,7	99,7	100,4	104,5	101,2
Août	90,6	111,4	91,5	96,2	96,9	99,6	97,4
Sept.	89,1	78,2	82,4	83,6	81,4	89,4	82,9
Oct.	90,8	89,3	85,4	86,4	87,1	90,0	87,7
Nov.	80,9	91,4	87,6	91,1	89,4	90,6	89,6
Déc.	90,1	85,6	92,0	95,9	92,2	95,5	93,0

#### 5.2.5. Conclusions

Au gré de deux hivers successifs, quelque peu plus rigoureux que les précédents, le régime de l'oxygène dans le lac s'est amélioré ces deux dernières années. Les couches profondes ont grandement profité de ces circonstances heureuses, l'année 1968 ayant été des plus déficitaires. La concentration moyenne en oxygène en 1971, pour les 12 mois, est de 9,65 mg/l, avec un taux de saturation de 83,9 %.

Il faut cependant remarquer qu'en été 1971, les concentrations ont été relativement faibles dans les couches jusqu'à 100 m de profondeur. Cela est dû à la fois à un fort réchauffement estival et aux fortes consommations dans les couches situées dans l'hypolimnion supérieur.

Au point de vue de la provision annuelle d'oxygène, les gains de l'hiver et les pertes de l'été des deux dernières années s'équilibrent par 157'000 tonnes de part et d'autre. La provision annuelle moyenne était, en 1971, de 856'000 tonnes.

Dans les couches profondes, la situation, très obérée en 1969, s'est nettement raffermie. Les améliorations notées dans le précédent rapport se sont maintenues. Il y a lieu cependant de se montrer prudent dans les conclusions. Les améliorations constatées, toutes effectives et bénéfiques qu'elles soient, ne sont pas dues à une modification de la qualité de l'eau, mais à un concours de circonstances climatiques favorables, dont rien, pour le moment, ne permet de prévoir la durée.

## 6. EVOLUTION DE L'AZOTE MINERAL

Jusqu'à maintenant, les investigations concernant le cycle de l'azote se sont bornées à la détermination des trois critères les plus facilement accessibles au chimiste : azote ammoniacal, azote nitreux, azote nitrique. Il est bien évident que le manque de données sur l'azote total, donc sur l'azote organique, rend difficile l'interprétation de la marche du cycle complet. Cependant, on peut considérer que la présence en plus ou moins grande quantité d'ammoniaque ou de nitrites est un indice de mauvais fonctionnement du processus bactériologique de minéralisation de la matière organique azotée, soit que l'activité des bactéries soit inhibée, ou, ce qui revient au même ou presque, qu'elles soient en nombre trop petit. Quant aux nitrates, stade terminal de l'oxydation de l'azote, la variation de leur concentration permet de se faire une idée de l'activité biologique d'assimilation. Mais ils ne donnent qu'une idée imparfaite de la provision totale d'azote en réserve dans le lac.

Une idée meilleure nous est donnée par l'azote minéral total, somme des azotes ammoniacal, nitreux et nitrique, dont les tonnages moyens sont donnés dans le tableau ci-dessous :

### Azote minéral total

#### Tonnages annuels moyens

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	-	-	-	36'200	37'300
Février	30'000	30'800	31'500	35'700	37'400
Mars	41'300	32'600	36'600	36'500	34'300
Avril	-	-	-	36'200	36'600
Mai	29'300	36'600	35'700	31'000	33'100
Juin	33'100	31'700	27'700	35'900	34'700
Juillet	24'800	35'500	29'100	33'500	33'200
Août	25'700	36'800	23'900	31'000	33'400
Septembre	27'400	28'600	28'000	32'300	33'100
Octobre	-	-	-	38'000	32'300
Novembre	24'700	39'600	33'700	33'500	30'000
Décembre	-	-	-	38'400	34'800
Moyenne					
8 mois	29'600	38'100	31'000	33'700	33'600
12 mois	-	-	-	34'800	34'200

On voit qu'en moyenne la quantité d'azote minéral total a peu changé en 1971 par rapport à 1970. Environ 4'000 à 5'000 tonnes disparaissent pendant la période printanière de croissance du plancton. Les évaluations sont plus difficiles pour la période de seconde poussée planctonique.

### 6.1. L'azote ammoniacal (voir tableau 11)

La concentration en azote ammoniacal a augmenté en 1971. Il a été rencontré plus fréquemment, notamment dans les couches inférieures à 50 mètres, où il a été absent pendant les mois de janvier et février seulement. De plus, sa répartition géographique a été plus étendue.

Ces circonstances rappellent celles survenues après l'hiver froid 1962-1963, qui a précédé une recrudescence de la concentration en 1964. Dans le cas particulier, l'augmentation de l'ammoniaque en 1971 fait suite à l'hiver froid 1969-1970.

#### 6.1.1. Fréquence de l'ammoniaque.

La proportion des cas où la colonne d'eau d'une station contenait de l'ammoniaque à toute profondeur, par rapport au nombre de stations étudiées, est très intéressant:

9 % en 1967  
59 % en 1968  
48 % en 1969  
32 % en 1970  
53 % en 1971

Il y a donc une recrudescence des cas où toute la colonne d'eau est souillée de la surface au fond.

L'absence d'ammoniaque dans le Grand Lac, dans toute la colonne d'eau a été constatée

en 1967 : 33 fois sur 86, donc dans 38 % des cas  
en 1968 : 40 " " 129, " " 31 % " "  
en 1969 : 38 " " 100, " " 38 % " "  
en 1970 : 68 " " 132, " " 52 % " "  
en 1971 : 38 " " 198, " " 19 % " " seulement.

Dans le Petit Lac, il n'y a plus de colonne d'eau exempte d'ammoniaque depuis longtemps.

Si l'on tient compte du nombre des échantillons analysés dans les deux parties du lac, on obtient les pourcentages de présence d'ammoniaque, par rapport au nombre d'échantillons analysés, suivants:

	Grand Lac	Petit Lac	Léman
1967	22 %	98 %	46 %
1968	40 %	97,3 %	52 %
1969	28 %	96 %	43 %
1970	23 %	90 %	39 %
1971	61 %	98 %	68 %

Les chiffres parlent d'eux-mêmes. Jamais, depuis 10 ans au moins, on n'a rencontré de l'ammoniaque aussi souvent qu'en 1971.

Comme nous l'avions du reste constaté il y a quelques années, les régions réputées les plus souillées ne sont pas celles où l'on rencontre le plus souvent de l'ammoniaque.

Nous donnons ci-dessous, à titre d'exemple, les pourcentages de présence d'ammoniaque dans les diverses régions du Grand Lac en 1970 et 1971.

	1970	1971
Rive Sud-orientale	39 %	62 %
Rive Nord-orientale	14 %	38 %
Axe Ouchy-Evian	17 %	55 %
Axe Rolle-Thonon	24 %	58 %

Les fréquences mensuelles, pour les cinq dernières années, sont les suivantes pour l'ensemble du lac, exprimées en %:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	26 %	23 %
Février	36 %	40 %	28 %	48 %	36 %
Mars	33 %	44 %	43 %	42 %	56 %
Avril	--	--	--	33 %	82 %
Mai	42 %	63 %	65 %	43 %	85 %
Juin	42 %	79 %	37 %	40 %	78 %
Juillet	41 %	48 %	26 %	29 %	69 %
Août	41 %	47 %	32 %	58 %	73 %
Septembre	30 %	41 %	61 %	40 %	68 %
Octobre	--	--	--	49 %	63 %
Novembre	50 %	51 %	43 %	43 %	64 %
Décembre	--	--	--	27 %	78 %
Moyenne					
8 mois	46 %	52 %	43 %	42 %	68 %
12 mois	--	--	--	40 %	67 %

Sauf au début de l'année, l'ammoniaque a atteint une fréquence jamais encore observée. Peu à peu, elle s'est étendue à tout le lac, et on peut en rencontrer n'importe où, n'importe quand, et à n'importe quelle profondeur.

#### 6.1.2. Concentration moyenne de l'azote ammoniacal dans le Léman.

Les concentrations moyennes (moyenne arithmétique), pour les cinq dernières années, exprimées en mg N/l, sont données dans le tableau de la page suivante. En moyenne arithmétique, la concentration a augmenté de près de 40 % depuis 1970 et de plus de 100 depuis 1968. Toute l'année, la concentration moyenne a été égale ou supérieure à 0,01 mg N/l. La concentration peut varier du simple au quadruple d'un mois à l'autre. Comme on l'a déjà constaté à plusieurs reprises, la concentration atteint des valeurs élevées quelque temps après les poussées planctoniques. Suivant l'avancement de la saison, on observe un premier maximum en avril ou mai, puis en automne, généralement en octobre, quelques fois en septembre.

Il faut noter des teneurs moyennes de 0,022 à 0,023 mg N/l qui ont déjà été observées en 1962, 1963, et 1964.

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	0,009	0,013
Février	0,005	0,005	0,010	0,012	0,022
Mars	0,006	0,006	0,008	0,012	0,010
Avril	--	--	--	0,012	0,014
Mai	0,010	0,015	0,026	0,012	0,046
Juin	0,016	0,020	0,015	0,057	0,034
Juillet	0,014	0,008	0,005	0,004	0,019
Août	0,011	0,012	0,006	0,021	0,015
Septembre	0,003	0,005	0,024	0,005	0,014
Octobre	--	--	--	0,048	0,019
Novembre	0,015	0,009	0,006	0,008	0,012
Décembre	--	--	--	0,005	0,020
Moyenne 8 mois	0,010	0,010	0,013	0,016	0,022
12 mois	--	--	--	0,017	0,022

La présence d'un cycle de l'ammoniaque, en relation avec les variations de la thermique du lac, semble se vérifier. Il faut donc se montrer prudent dans l'interprétation des faits.

### 6.1.3. Tonnages mensuels d'ammoniaque.

Les valeurs, calculées pour les 5 dernières années, sont les suivantes:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	323	465
Février	315	327	577	454	828
Mars	305	362	710	652	791
Avril	--	--	--	463	2053
Mai	455	786	1061	399	2067
Juin	866	1061	582	2816	1433
Juillet	772	515	222	141	1016
Août	500	1216	334	774	816
Septembre	179	346	1186	329	716
Octobre	--	--	--	1318	959
Novembre	735	629	374	493	871
Décembre	--	--	--	181	1437
Moyenne 8 mois	519	657	631	757	1067
12 mois	--	--	--	695	1121

Le tonnage moyen de 1971 est le plus important des quinze années étudiées. En 1964, on avait déjà observé un tonnage moyen de 1022 tonnes.

#### 6.1.4. Evolution en fonction de la profondeur.

L'examen du tableau suivant montre que l'accroissement de la concentration concerne toutes les profondeurs. Mais il est important surtout dans l'épilimnion, non à cause de la concentration, qui reste encore très faible, mais du fait de l'envahissement général de toutes les régions profondes du lac.

Concentration en mg N/l

Prof.	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
Surface	0,015	0,015	0,024	0,020	0,036	0,026	0,025
5 m	0,014	0,014	0,019	0,031	0,025	0,048	0,043
10 m	0,012	0,014	0,017	0,023	0,019	0,029	0,030
20 m	0,011	0,010	0,009	0,016	0,014	0,024	0,026
30 m	0,009	0,009	0,008	0,014	0,011	0,018	0,022
40 m	0,010	0,007	0,008	0,013	0,012	0,015	0,017
50 m	0,007	0,006	0,008	0,010	0,010	0,018	0,020
100 m	0,001	0,005	0,003	0,002	0,002	0,004	0,005
150 m	0,001	0,007	0,002	0,001	0,001	0,005	0,005
200 m	0	0,008	0,013	0,005	0,004	0,007	0,009
250 m	0,002	0,003	0	0	0	0,004	0,004
300 m	0,002	0,003	0,002	0,001	0,001	0,004	0,004

#### 6.1.5. Les diverses régions du lac.

Concentrations en fonction de la profondeur en 1971:  
Moyenne 12 mois.

Prof.	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	0,044	0,043	0,011	0,016	0,023	0,032	0,025
5	0,103	0,044	0,014	0,021	0,042	0,049	0,043
10	0,035	0,055	0,014	0,021	0,027	0,042	0,030
20	0,035	0,048	0,010	0,016	0,024	0,037	0,026
30	0,044	0,027	0,011	0,019	0,020	0,027	0,022
40	0,023	0,022	0,007	0,009	0,014	0,027	0,017
50	0,045	0,025	0,010	0,006	0,016	0,039	0,020
Moyenne	0,047	0,037	0,011	0,015	0,023	0,035	0,025

En moyenne de l'année, le Petit Lac est plus riche en ammoniac que le Grand Lac à toute profondeur. On observe, dans le Petit Lac, une augmentation moyenne de la concentration près du fond (50 m). En moyenne mensuelle, il est plus difficile de comparer les deux lacs. La concentration dans le Grand Lac est faible tout l'hiver; elle passe par un maximum en avril-mai. On assiste ensuite à un abaissement progressif de la concentration

jusqu'à la fin de l'année, sans qu'il soit possible de déceler un second maximum. Dans le Petit Lac, la concentration reste élevée tout l'hiver 1970-1971. Elle passe par un minimum en avril, par un maximum en mai. Il y a un second minimum en septembre et un second maximum en octobre.

La rive sud-orientale (rive valaisanne) est la plus riche en ammoniac du Grand Lac. Les concentrations moyennes y dépassent même celles du Petit Lac. Elles varient beaucoup d'un mois à l'autre, passant brusquement d'une valeur très forte à une valeur très faible, sans qu'on en puisse déceler les causes.

Sur la rive nord-orientale (rive vaudoise de Villeneuve à Rivaz), les concentrations sont en moyenne moins élevées que sur la rive sud-est, mais plus que dans les autres régions du lac. De nulle pendant tout l'hiver, la concentration devient brusquement très élevée en avril, le reste jusqu'en juin, puis baisse progressivement jusqu'en octobre. Elle est nulle dès décembre.

La région pélagique (axe Duchy-Evian) est la plus pauvre en ammoniac du Grand Lac. De très faibles en hiver, les concentrations atteignent un maximum en mai et un second, moins marqué, en octobre.

Sur l'axe Rolle-Thonon, les concentrations restent inférieures à la moyenne. Elles suivent grosso modo les mêmes variations que sur l'axe Duchy-Evian.

Concentrations mensuelles (moyennes de 0 à 50 m)  
en 1971

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Uchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janv.	0	0	0,001	0,001	0,001	0,060	0,014
Févr.	0,106	0	0,001	0,001	0,019	0,038	0,023
Mars	0,001	0	0,005	0,005	0,003	0,042	0,011
Avril	0,064	0,134	0,013	0,040	0,054	0,020	0,057
Mai	0,140	0,072	0,030	0,042	0,055	0,047	0,053
Juin	0,053	0,106	0,008	0,014	0,039	0,038	0,039
Juil.	0,033	0,045	0,006	0,007	0,019	0,033	0,022
Août	0,003	0,040	0,005	0,016	0,016	0,020	0,017
Sept.	0,055	0,013	0,016	0,016	0,017	0,010	0,016
Oct.	0,013	0,001	0,019	0,012	0,011	0,062	0,021
Nov.	0,074	0	0,004	0,003	0,011	0,020	0,013
Déc.	0,022	0	0,019	0,014	0,017	0,035	0,022

#### 6.1.6. Conclusions.

Que l'on considère la teneur en ammoniac du lac du point de vue de sa fréquence, de sa répartition géographique, de sa concentration ou de son tonnage, jamais la situation n'a été si mauvaise qu'en 1971. Même si l'on tient compte d'un éventuel effet, direct ou indirect, du refroidissement de l'eau du lac, effet qui ne doit pas être négligé, il est certain que

L'efficacité des stations d'épuration ne se fait pas encore sentir.

En résumé, en 1971, la fréquence de l'ammoniaque a passé à 68 %, sa concentration en moyenne arithmétique à 0,022 mg/l (concentration selon la technique des mélanges = 0,012), son tonnage à environ 1100 tonnes, tous chiffres qui constituent malheureusement des records.

## 6.2. L'azote nitreux. (voir tableau N° 12)

L'azote nitreux est un élément fugace dont on ne trouve généralement que des traces. Il n'a jamais été en grande quantité dans le Léman. Ses fluctuations sont très diverses; il est souvent difficile d'en trouver la raison. Aussi bien que son tonnage et sa concentration, l'étude de sa répartition géographique et de sa fréquence apporte des renseignements fort intéressants.

### 6.2.1. Fréquence de l'azote nitreux (nitrites).

Les tableaux suivants donnent les fréquences, exprimées en % des résultats positifs par rapport au nombre total des analyses, pour les 5 dernières années:

	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier					
Grand Lac	---	---	---	34	100
Petit Lac	---	---	---	100	100
Léman	---	---	---	50	100
Février					
Grand Lac	9	14	22	6	77
Petit Lac	100	97	96	100	96
Léman	30	32	41	46	81
Mars					
Grand Lac	17	30	31	25	79
Petit Lac	96	83	86	97	100
Léman	37	33	43	21	83
Avril					
Grand Lac	---	---	---	51	79
Petit Lac	---	---	---	96	97
Léman	---	---	---	61	82
Mai					
Grand Lac	86	77	83	100	77
Petit Lac	96	93	97	100	100
Léman	89	81	86	100	81
Juin					
Grand Lac	97	58	83	71	80
Petit Lac	100	97	96	96	94
Léman	98	66	86	77	82

	1967	1968	1969	1970	1971
Juillet					
Grand Lac	65	54	66	79	67
Petit Lac	100	72	83	96	97
Léman	74	58	69	83	72
Août					
Grand Lac	34	50	35	66	52
Petit Lac	96	90	96	100	100
Léman	49	58	47	75	61
Septembre					
Grand Lac	56	30	36	47	76
Petit Lac	100	86	86	93	88
Léman	67	41	46	56	79
Octobre					
Grand Lac	--	--	--	97	89
Petit Lac	--	--	--	100	100
Léman	--	--	--	98	91
Novembre					
Grand Lac	59	55	43	67	92
Petit Lac	100	97	93	97	100
Léman	64	64	53,5	74	94
Décembre					
Grand Lac	--	--	--	93	90
Petit Lac	--	--	--	100	100
Léman	--	--	--	95	92
Moyenne 8 mois					
Grand Lac	53	45	50	56	74
Petit Lac	98	89	91,5	97	97
Léman	64	54	59	66	78

En moyenne, les nitrites ont été rencontrés plus fréquemment en 1971 que toutes les autres années précédentes. C'est dans le Grand Lac que la fréquence a particulièrement augmenté. Dans le Petit Lac, il y a déjà de nombreuses années que l'on trouve des nitrites presque partout et en toute saison.

Les nitrites sont particulièrement fréquents au début de l'année; on en a rencontré un peu moins souvent en été (diminution toute relative du reste), et ils sont à nouveau très fréquents en fin d'année.

A noter que jamais, depuis le début des études, les nitrites n'ont été aussi fréquents.

### 6.2.2. Concentration moyenne des nitrites dans l'ensemble du lac.

Le tableau suivant donne les concentrations mensuelles, en moyenne arithmétique, pour les cinq dernières années.

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	0,0009	0,0024
Février	0,0005	0,0009	0,0007	0,0014	0,0017
Mars	0,0006	0,0006	0,0012	0,0002	0,0016
Avril	--	--	--	0,0011	0,0022
Mai	0,0032	0,0038	0,0049	0,0036	0,0038
Juin	0,0084	0,0032	0,0050	0,0051	0,0036
Juillet	0,0030	0,0031	0,0097	0,0037	0,0021
Août	0,0009	0,0018	0,0014	0,0031	0,0010
Septembre	0,0013	0,0008	0,0015	0,0009	0,0016
Octobre	--	--	--	0,0023	0,0037
Novembre	0,0013	0,0031	0,0009	0,0024	0,0027
Décembre	--	--	--	0,0021	0,0020
Moyenne 8 mois	0,0024	0,0022	0,0033	0,0025	0,0023
12 "	--	--	--	0,0022	0,0023

La concentration moyenne des nitrites n'a pas augmenté en 1971. Une très faible diminution, non significative d'ailleurs, est même constatée. Pratiquement, la concentration des nitrites augmente de janvier à mai, diminue de juin à septembre, et augmente à nouveau dès le mois d'octobre.

### 6.2.3. Tonnages mensuels moyens.

Le tableau suivant donne les tonnages mensuels pour les cinq dernières années.

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	37	145
Février	27	54	39	372	85
Mars	35	32	67	14	127
Avril	--	--	--	120	108
Mai	201	258	375	253	200
Juin	470	121	196	193	210
Juillet	84	98	219	177	126
Août	28	73	75	113	56
Septembre	53	42	61	68	170
Octobre	--	--	--	166	197
Novembre	64	104	59	95	177
Décembre	--	--	--	167	154
Moyenne 8 mois	120	98	136	158	144
12 mois	--	--	--	146	146

Il n'y a pas d'augmentation en tonnage depuis 1971. Mais les valeurs restent élevées. La relation entre la croissance du plancton et l'évolution mensuelle des nitrites ressort nettement du tableau. Il y a toujours deux maxima, qui se situent en mai-juin et en septembre-octobre, soit en gros, un mois après les poussées planctoniques.

#### 6.2.4. Evolution en fonction de la profondeur.

Le tableau des concentrations montre qu'elles ne sont pas les plus élevées rencontrées jusqu'alors. En effet, dans les couches superficielles les concentrations des années 1967, 1968 et 1969 étaient souvent plus grandes que les années suivantes. Ce qui est caractéristique, c'est la lente mais progressive augmentation dans les couches profondes, à partir de 100 mètres. Autrefois en traces, les nitrites y apparaissent en concentration notable.

Concentration des nitrites en fonction de la profondeur (mq N/l)

Profondeur	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
0 m	0,0027	0,0034	0,0054	0,0031	0,0026	0,0023	0,0026
5 m	0,0027	0,0036	0,0033	0,0036	0,0029	0,0028	0,0030
10 m	0,0030	0,0036	0,0063	0,0040	0,0033	0,0031	0,0031
20 m	0,0032	0,0028	0,0033	0,0034	0,0029	0,0030	0,0029
30 m	0,0024	0,0017	0,0024	0,0017	0,0017	0,0023	0,0024
40 m	0,0022	0,0013	0,0021	0,0016	0,0015	0,0020	0,0019
50 m	0,0018	0,0011	0,0018	0,0014	0,0015	0,0018	0,0018
100 m	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0005	0,0008	0,0008
150 m	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0014	0,0013
200 m	0	0	0,0001	0,0008	0,0008	0,0011	0,0012
250 m	0	0	0	0,0066	0,0047	0,0012	0,0013
300 m	0,0015	0,0002	0,0017	0,0031	0,0027	0,0023	0,0024

#### 6.2.5. Les diverses régions du lac.

Les deux tableaux ci-dessous montrent que les nitrites sont en plus grande quantité, à toute profondeur, dans le Haut Lac, notamment sur la rive nord-orientale. La concentration diminue au fur et à mesure que l'on se déplace à l'ouest. Le Petit Lac a sensiblement la même richesse que le Grand Lac, avec une répartition un peu différente: moins de nitrites en surface, plus en profondeur.

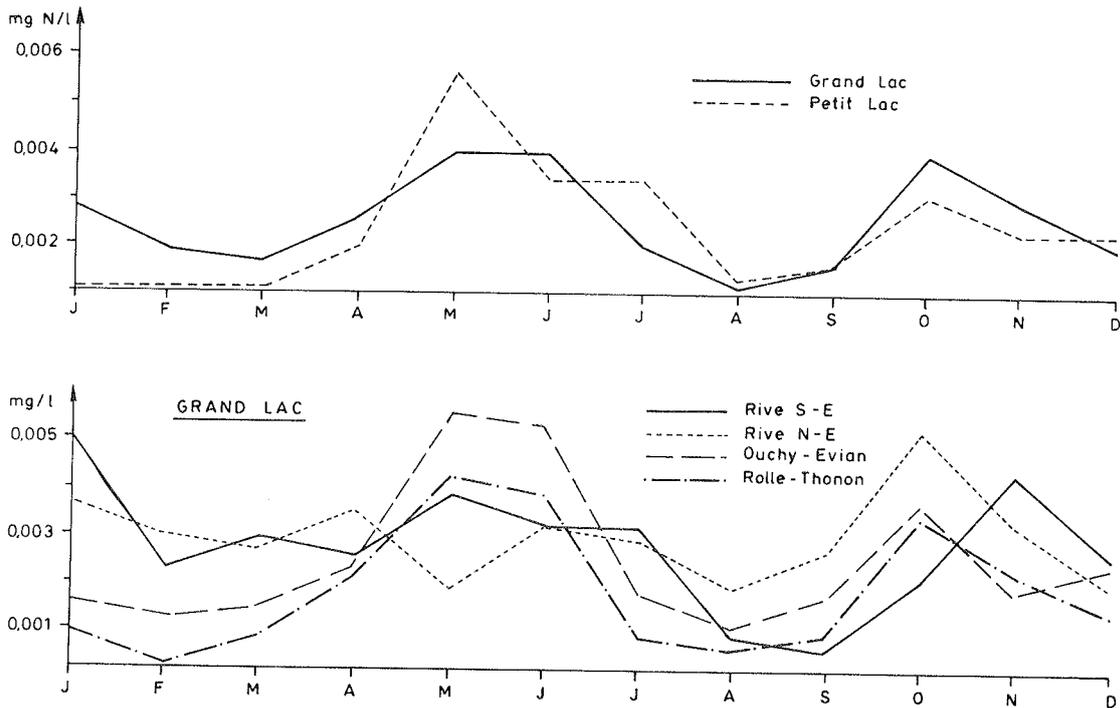
Le cycle annuel des nitrites ressort très clairement de la seconde partie du tableau, ainsi que du graphique de la page 53.

Nitrites - 1971 (Moyenne des 12 mois)

Prof.	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	0,0034	0,0030	0,0028	0,0020	0,0027	0,0024	0,0026
5 m	0,0034	0,0033	0,0030	0,0030	0,0031	0,0024	0,0030
10 m	0,0026	0,0043	0,0034	0,0027	0,0033	0,0025	0,0031
20 m	0,0035	0,0042	0,0032	0,0017	0,0031	0,0032	0,0030
30 m	0,0025	0,0027	0,0024	0,0021	0,0024	0,0024	0,0024
40 m	0,0020	0,0023	0,0020	0,0008	0,0018	0,0024	0,0019
50 m	0,0024	0,0021	0,0018	0,0008	0,0017	0,0024	0,0018
Moyenne 0-50	0,0028	0,0039	0,0026	0,0019	0,0025	0,0024	0,0025

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janv.	0,0050	0,0037	0,0016	0,0011	0,0028	0,0011	0,0024
Févr.	0,0023	0,0030	0,0013	0,0003	0,0019	0,0011	0,0017
Mars	0,0030	0,0027	0,0015	0,0009	0,0017	0,0011	0,0016
Avril	0,0026	0,0036	0,0024	0,0022	0,0026	0,0020	0,0025
Mai	0,0039	0,0019	0,0056	0,0043	0,0040	0,0057	0,0043
Juin	0,0032	0,0032	0,0053	0,0039	0,0040	0,0034	0,0038
Juil.	0,0032	0,0029	0,0018	0,0009	0,0020	0,0034	0,0022
Août	0,0009	0,0019	0,0011	0,0006	0,0011	0,0013	0,0011
Sept.	0,0006	0,0027	0,0017	0,0009	0,0016	0,0016	0,0016
Oct.	0,0021	0,0053	0,0037	0,0034	0,0040	0,0031	0,0038
Nov.	0,0044	0,0033	0,0019	0,0023	0,0029	0,0023	0,0028
Déc.	0,0026	0,0020	0,0024	0,0014	0,0020	0,0023	0,0021
Moyenne 8 mois	0,0026	0,0027	0,0026	0,0018	0,0024	0,0025	0,0024
12 mois	0,0028	0,0033	0,0026	0,0019	0,0025	0,0024	0,0025

Fig. 2 - AZOTE NITREUX  
CONCENTRATIONS MENSUELLES MOYENNES EN 1971



#### 6.2.6. Conclusions

La concentration des nitrites n'a pas augmenté, pas plus que leur tonnage. Mais ils se rencontrent de plus en plus fréquemment et envahissent presque à demeure les couches profondes de l'eau. En réalité, ils n'ont jamais été aussi fréquents qu'en 1971. Le tonnage reste élevé. La concentration dans les couches profondes va naturellement dans le sens de la fréquence. Il n'y a donc d'aucune manière une diminution des nitrites. Tous au plus peut-on parler d'une certaine stabilisation.

#### 6.3. L'Azote nitrique (Voir tableau No 13 )

Nous avons déjà relevé les difficultés rencontrées dans l'interprétation de l'évolution des nitrates. Il n'est pas inutile de rappeler que le chimiste ne dose que la quantité de nitrates restant à disposition dans le lac, et non sa provision. Les concentrations ou les tonnages moyens d'une année ne sont pas représentatifs de la quantité totale d'azote à disposition. Seules les quantités mesurées hors de la période d'activité planctonique, à la fin de l'hiver par exemple, peuvent apporter une indication sur la provision de nitrates réellement à disposition. Les quantités restant en été dans les couches superficielles sont le reflet de l'activité planctonique.

##### 6.3.1. Concentrations moyennes dans le Léman

Le tableau de la page suivante donne les variations mensuelles des nitrates pour les cinq dernières années.

Les moyennes arithmétiques du tableau, de 0 à 300 mètres, laissent supposer que la concentration des nitrates a légèrement diminué en 1971 par rapport à 1970. Cette variation concerne surtout les deux périodes d'activité planct-

tonique, c'est à dire les mois de mars-avril et ceux de juillet-août. Il faut se souvenir que le temps a été exceptionnellement beau et sec.

Moyennes arithmétiques

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	-	-	-	0,45	0,34
Février	0,32	0,32	0,32	0,38	0,34
Mars	0,43	0,35	0,36	0,44	0,37
Avril	-	-	-	0,37	0,32
Mai	0,27	0,28	0,28	0,29	0,27
Juin	0,29	0,28	0,23	0,30	0,30
Juillet	0,20	0,28	0,23	0,31	0,26
Août	0,24	0,28	0,19	0,28	0,25
Septembre	0,21	0,21	0,21	0,26	0,26
Octobre	-	-	-	0,26	0,25
Novembre	0,17	0,30	0,30	0,26	0,26
Décembre	-	-	-	0,32	0,32
Moyenne					
8 mois	0,27	0,29	0,26	0,32	0,29
12 mois	-	-	-	0,33	0,29

Les moyennes calculées selon la méthode des mélanges, qui tiennent compte, rappelons-le, des volumes d'eau des différents niveaux, donnent une idée meilleure de l'évolution

Moyennes mensuelles (technique des mélanges) mg N / l

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	-	-	-	0,40	0,41
Février	0,33	0,34	0,35	0,39	0,41
Mars	0,41	0,36	0,41	0,40	0,38
Avril	-	-	-	0,40	0,39
Mai	0,32	0,38	0,39	0,34	0,35
Juin	0,36	0,34	0,30	0,37	0,37
Juillet	0,27	0,39	0,32	0,37	0,26
Août	0,29	0,40	0,26	0,34	0,36
Septembre	0,31	0,32	0,30	0,36	0,36
Octobre	-	-	-	0,41	0,35
Novembre	0,27	0,44	0,37	0,37	0,33
Décembre	-	-	-	0,43	0,37
Moyenne					
8 mois	0,32	0,37	0,34	0,37	0,36 <sup>5</sup>
12 mois	-	-	-	0,38	0,37

En 1971, il n'y a guère eu moins de nitrates que l'année précédente. Il s'agit en réalité, comme nous le verrons plus loin, d'une répartition différente des nitrates dans les diverses couches du lac. La moyenne arithmétique donne trop d'importance aux couches superficielles (0-50 m) avec 7 niveaux étudiés, par rapport aux couches inférieures (50-300 m) avec 5 niveaux étudiés. Le calcul selon la technique des mélange corrige les inégalités.

Le tableau montre que les variations d'un mois à l'autre ne sont généralement, en 1971, pas aussi importantes que les années précédentes. Sauf en fin de saison (mois d'octobre à décembre), où la concentration de l'azote nitrique est plus faible en 1971 qu'en 1970, les deux années présentent une analogie certaine. Les phénomènes de l'année 1971 sont la suite de ceux amorcés en 1970.

### 6.3.2. Tonnages annuels moyens.

Tonnages mensuels de 1967 à 1971

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	35'800	36'700
Février	29'700	30'400	30'900	34'900	36'500
Mars	41'000	32'200	36'800	35'900	33'400
Avril	--	--	--	35'650	34'400
Mai	28'600	35'600	34'300	30'300	30'800
Juin	31'800	30'500	26'900	32'900	33'100
Juillet	23'900	34'900	23'700	33'200	32'100
Août	26'200	35'500	23'500	30'100	32'500
Septembre	27'200	28'200	26'800	31'900	32'200
Octobre	--	--	--	36'500	31'100
Novembre	23'900	38'900	33'300	32'900	29'000
Décembre	--	--	--	38'100	33'200
Moyenne					
8 mois	29'000	37'300	30'200	32'800	32'400
12 mois	--	--	--	34'000	32'900

En tonnage, l'année 1971 est très analogue à 1970. Les observations faites plus haut à propos de la concentration restent valables. En moyenne, la teneur en azote nitrique s'abaisse de 4'000 à 5'000, voire presque 6'000 tonnes pendant la période planctonique vernale. La variation automnale, à cause des conditions climatiques exceptionnelles, est moins sensible.

### 6.3.3. Evolution en fonction de la profondeur.

Le tableau de la page suivante donne les moyennes arithmétiques pour les cinq dernières années. Il apparaît clairement que les moyennes des couches superficielles ont été très basses, les plus basses en réalité de ces cinq dernières années, toutes choses étant égales apr ailleurs.

Plus que les autres années, à certaines périodes, on a observé l'absence totale de nitrates en de nombreux points du lac. Cela s'est produit:

25 fois en 1967  
 14 fois en 1968  
 23 fois en 1969  
 15 fois en 1970  
 41 fois en 1971

Là où on observait encore des nitrates, ils n'existaient qu'à l'état de traces (0,01 mg N/l) sur la rive nord-orientale; 0,04 mg/l dans le Petit Lac.

Alors que ce phénomène dû à l'assimilation planctonique, est généralement bref et n'apparaît qu'en août ou septembre, il s'est étendu pratiquement toute la surface du lac et a duré de juillet à septembre. Au lieu de se cantonner à la surface de l'eau, il a atteint presque partout 10 mètres de profondeur. Cette consommation plus grande que d'habitude est due aux conditions climatiques particulièrement favorables. On a observé les concentrations moyennes suivantes pour l'ensemble du lac, exprimées en mg N/l

	Juillet	Août	Septembre
0 m	0,02	0,02	0,04
5 m	0,02	0,04	0,05
10 m	0,08	0,04	0,07

Les maxima annuels observés dans les diverses stations ne sont pas très élevés. Mise à part une concentration de 0,63 mg N/l au point VS 2, ils sont tous compris entre 0,41 et 0,57 mg/l.

Un autre élément à noter est l'augmentation de la concentration des nitrates dans les couches profondes, notamment à 250 et 300 mètres. L'amplitude entre la surface et le fond, qui atteint 0,30 à 0,31 mg/l est la plus grande observée des dernières années. Les variations de l'azote dans le fond sont loin d'être négligeables. Il a varié de 0,37 à 0,53 mg N/l en 1970 et de 0,39 à 0,51 mg/l en 1971.

Azote nitrique en mg N/l

Profondeur	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
0 m	0,21	0,19	0,16	0,20	0,23	0,13	0,15
5 m	0,20	0,17	0,15	0,22	0,24	0,16	0,18
10 m	0,22	0,21	0,19	0,24	0,26	0,17	0,19
20 m	0,27	0,24	0,25	0,33	0,33	0,28	0,28
30 m	0,28	0,29	0,27	0,36	0,37	0,34	0,33
40 m	0,31	0,32	0,32	0,39	0,39	0,37	0,36
50 m	0,32	0,38	0,34	0,40	0,40	0,38	0,38
100 m	0,36	0,45	0,41	0,38	0,39	0,39	0,40
150 m	0,37	0,44	0,41	0,39	0,40	0,40	0,41
200 m	0,37	0,48	0,42	0,39	0,40	0,39	0,40
250 m	0,39	0,41	0,42	0,40	0,42	0,42	0,43
300 m	0,39	0,39	0,42	0,41	0,43	0,44	0,45

6.3.4. Répartition régionale de l'azote nitrique en 1971.

Elle est donnée dans les deux tableaux de la page suivante:

## Nitrates - 1971 - Moyennes des 12 mois, en mg N/l

	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	0,16	0,15	0,16	0,14	0,15	0,17	0,15
5 m	0,18	0,16	0,20	0,18	0,17	0,21	0,18
10 m	0,18	0,19	0,21	0,17	0,19	0,22	0,19
20 m	0,24	0,26	0,31	0,28	0,28	0,27	0,28
30 m	0,28	0,31	0,36	0,33	0,33	0,33	0,33
40 m	0,32	0,33	0,39	0,37	0,36	0,37	0,36
50 m	0,37	0,35	0,39	0,38	0,37	0,42	0,38
Moyenne	0,25	0,25	0,30	0,27	0,27	0,28	0,27

## Moyenne de 0 à 50 m

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	0,36	0,30	0,37	0,33	0,34	0,30	0,30
Févr.	0,20	0,34	0,40	0,38	0,34	0,31	0,33
Mars	0,46	0,32	0,41	0,41	0,38	0,33	0,37
Avril	0,25	0,29	0,32	0,32	0,30	0,28	0,30
Mai	0,26	0,27	0,25	0,24	0,25	0,27	0,25
Juin	0,20	0,25	0,27	0,30	0,27	0,34	0,28
Juil.	0,13	0,20	0,26	0,24	0,22	0,29	0,24
Août	0,10	0,19	0,27	0,21	0,21	0,22	0,22
Sept.	0,13	0,24	0,27	0,24	0,24	0,20	0,23
Oct.	0,31	0,15	0,24	0,22	0,22	0,24	0,23
Nov.	0,29	0,22	0,27	0,20	0,24	0,30	0,25
Déc.	0,27	0,27	0,29	0,28	0,29	0,32	0,29
Moyenne 8 mois	0,22	0,26	0,29	0,27	0,26	0,28	0,27
12 mois	0,25	0,25	0,30	0,27	0,27	0,28	0,27

En moyenne, la concentration est plus faible dans les régions côtières (rives sud-est et nord-est), plus forte dans les régions pélagiques. Il y a un peu plus d'azote nitrique dans le Petit Lac, en surface et dans le fond. Géographiquement, la profondeur de 50 m dans le Grand Lac représente une région de pente plus ou moins accentuée, pour la région pélagique une couche peu profonde par rapport aux 300 m de profondeur. Pour le Petit Lac, 50 m représentent le fond du lac, voire le fond d'une cuvette. Ces considérations géographiques expliquent les différences entre les profondeurs de 50 m Grand Lac - Petit Lac. Au début de l'année, la concentration en nitrates est plus élevée dans le Grand Lac que dans le Petit Lac. Ce rapport s'inverse à partir du mois de mai.

Dans le Grand Lac, c'est la région pélagique (Axe Duchy-Evian) qui est la plus riche en nitrates au début de l'année. Par contre, la consommation estivale y est la plus faible. En quelque sorte, la concentration est d'autant plus élevée en un point que le lac y est plus profond.

La région la plus pauvre en nitrates est la région valaisanne (rive sud-est). Les concentrations au début de l'année y sont élevées, comme du reste celles d'octobre à décembre, mais elles sont de loin les plus faibles du mois d'avril à septembre .

#### 6.3.5. Conclusions

Les résultats analytiques montrent que si la moyenne arithmétique de l'azote nitrique a un peu baissé, en réalité la concentration moyenne réelle, calculée selon la technique des mélanges, et en conséquence les tonnages, n'ont guère diminué, malgré une forte consommation estivale, qui n'a du reste affecté que les couches superficielles. La concentration moyenne actuelle est de 0,37 mg/l, ce qui correspond à un tonnage d'environ 33'000 tonnes pour 1971, contre 34'000 en 1970.

On note une nette diminution de la concentration des nitrates dans les couches superficielles et une augmentation en profondeur. L'amplitude "surface-fond" atteint 0,30 à 0,31 mg N /l .

Du point de vue des nitrates, on ne peut conclure ni à une aggravation, ni à une amélioration. Les conditions atmosphériques sont différentes pratiquement chaque année. Il faut donc attendre encore pour poser un diagnostic précis qui serait grandement facilité si l'on pouvait effectuer des mesures d'azote organique.

---

## 7. EVOLUTION DU PHOSPHORE

(voir tableaux 14 et 15)

### 7.1. Les orthophosphates.

#### 7.1.1. Généralités.

Pour la première fois, nous disposons en 1971 d'une série complète de dosages des orthophosphates (que l'on appelle parfois, de manière erronée du reste, phosphore soluble). Dans le cas présent, il s'agit effectivement des orthophosphates en solution, les seuls qui puissent être dosés directement par la méthode au bleu de molybdène.

En moyenne arithmétique, la concentration des orthophosphates est de 0,035 mg P/l. Calculée selon la méthode des mélanges, elle est de 0,047 mg P/l pour les 12 mois. Cela représente un tonnage moyen d'environ 4'100 tonnes. Ce tonnage peut varier de 2'900 tonnes en janvier à 6'100 tonnes en novembre, avec quelques fluctuations dues à la consommation des orthophosphates pendant la période de croissance planctonique.

La concentration moyenne est minima dans les couches superficielles (0,018 mg P/l) à la surface de l'eau et maxima à 300 mètres de profondeur (0,066 mg P/l).

La valeur individuelle la plus élevée est de 0,226 mg P/l. Elle a été observée à la station CRG 23 (canyon du Rhône) au mois de novembre à 200 mètres de profondeur.

Pendant l'été, à la surface de l'eau et généralement jusqu'à 10 mètres de profondeur, les orthophosphates disparaissent complètement de l'eau. On n'y trouve alors plus que du phosphore sous forme organique. Cette disparition se manifeste en juillet, août et septembre, parfois déjà en mai.

En moyenne, les orthophosphates représentent 70 % du phosphore total. Cette proportion varie de 48 % en janvier à 82 % en octobre. A la surface de l'eau, la proportion moyenne est de 37 %. Elle est maxima en mars (70 %), s'abaisse peu à peu et ne fait plus que 10 % du phosphore total au mois de juillet, pour remonter plus tard. Dans le fond du lac, la proportion moyenne est de 80 %, avec un minimum de 34 % en janvier et un maximum de 92 % en avril.

#### 7.1.2. Les diverses régions du lac.

En moyenne, il n'y a guère de différence entre les diverses régions. Seule la rive valaisanne (rive sud-est) est moins riche en orthophosphates que le reste du lac. Les variations mensuelles correspondent dans l'ensemble au schéma décrit plus haut.

Les moyennes pour les diverses régions du lac sont données dans les tableaux suivants:

Moyenne des 12 mois.

	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	0,016	0,021	0,016	0,019	0,018	0,021	0,018
5 m	0,023	0,024	0,019	0,017	0,021	0,022	0,021
10 m	0,017	0,026	0,017	0,020	0,020	0,025	0,021
20 m	0,022	0,031	0,028	0,027	0,028	0,031	0,039
30 m	0,026	0,039	0,040	0,038	0,038	0,037	0,038
40 m	0,028	0,039	0,045	0,046	0,043	0,044	0,043
50 m	0,033	0,043	0,049	0,049	0,046	0,046	0,046
Moyenne	0,024	0,032	0,032	0,023	0,031	0,032	0,032

Moyenne de 0 à 50 m.

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janv.	0,032	0,038	0,027	0,038	0,034	0,029	0,033
Févr.	---	0,038	0,035	0,030	0,035	0,032	0,035
Mars	0,025	0,048	0,042	0,038	0,042	0,041	0,042
Avril	0,041	0,035	0,032	0,030	0,033	0,029	0,032
Mai	0,021	0,038	0,031	0,025	0,029	0,033	0,030
Juin	0,020	0,039	0,031	0,036	0,033	0,038	0,034
Juil.	0,016	0,017	0,026	0,024	0,022	0,029	0,024
Août	0,018	0,024	0,022	0,023	0,023	0,020	0,023
Sept.	0,013	0,026	0,033	0,029	0,028	0,027	0,028
Oct.	0,032	0,019	0,029	0,027	0,026	0,026	0,026
Nov.	0,017	0,028	0,036	0,056	0,039	0,047	0,041
Déc.	0,026	0,046	0,036	0,030	0,033	0,037	0,034
Moyenne 8 mois	0,019	0,032	0,032	0,033	0,031	0,033	0,032
12 mois	0,024	0,032	0,032	0,032	0,031	0,032	0,032

7.2. Le phosphore total.

Alors que la concentration du phosphore total avait considérablement augmenté en 1970, à la suite des perturbations apportées par un hiver froid, elle s'est abaissée à nouveau notablement en 1971. Ce phénomène n'a rien d'étonnant. Il s'est déjà produit en 1963 et 1964, à la suite de la période particulièrement froide de février 1963.

Peu à peu, les concentrations redeviennent plus normales. Cependant, les concentrations ne sont jamais revenues au même niveau qu'en 1962.

7.2.1. Concentrations moyennes au Léman.

Les concentrations moyennes (moyenne arithmétique), exprimées en mg P/l pour les cinq dernières années sont données dans le tableau suivant:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	0,115	0,071
Février	0,017	0,032	0,036	0,104	0,068
Mars	0,027	0,042	0,049	0,146	0,059
Avril	--	--	--	0,145	0,061
Mai	0,016	0,063	0,036	0,188	0,060
Juin	0,019	0,045	0,031	0,156	0,064
Juillet	0,044	0,047	0,042	0,055	0,054
Août	0,024	0,034	0,066	0,082	0,055
Septembre	0,028	0,042	0,077	0,081	0,053
Octobre	--	--	--	0,077	0,050
Novembre	0,025	0,032	0,065	0,068	0,067
Décembre	--	--	--	0,055	0,057
Moyenne 8 mois	0,025	0,042	0,050	0,113	0,060
12 "	--	--	--	0,109	0,060

La concentration moyenne annuelle a passé de 0,113 mg P/l en 1970 à 0,060 mg P/l en 1971. Cet abaissement concerne tous les mois. On n'observe plus que 0,081 mg/l en moyenne au maximum en janvier 1971. Le minimum moyen se situe en octobre, avec 0,050 mg P/l.

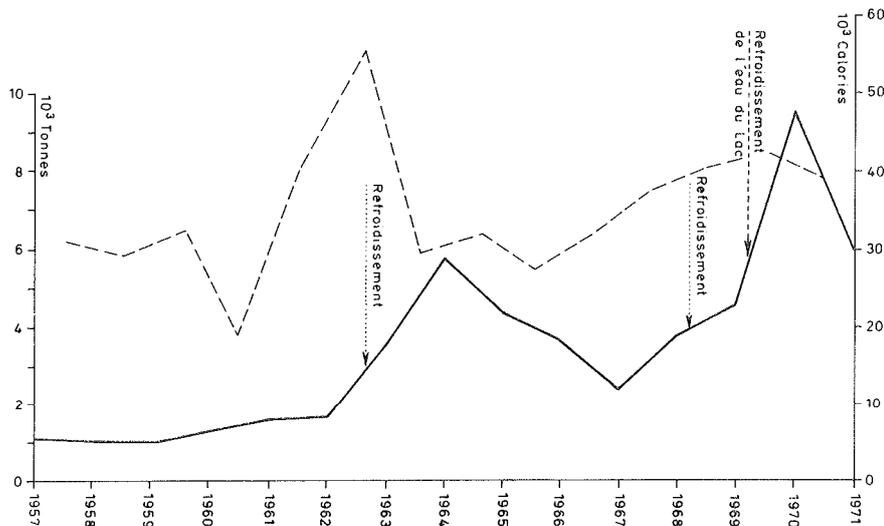
7.2.2. Tonnages mensuels moyens.

Ils sont donnés dans le tableau suivant pour les 5 dernières années:

Mois	1967	1968	1969	1970	1971
Janvier	--	--	--	9'270	6'050
Février	1'120	3'010	4'270	12'840	5'710
Mars	2'450	3'460	4'390	11'750	5'270
Avril	--	--	--	10'040	5'700
Mai	1'230	5'160	3'010	12'810	5'700
Juin	1'890	4'020	2'680	10'100	5'760
Juillet	5'270	4'450	3'590	4'270	5'500
Août	2'310	3'600	6'020	7'150	6'650
Septembre	2'700	3'820	6'890	6'420	5'700
Octobre	--	--	--	7'530	5'530
Novembre	2'540	3'240	6'050	11'330	7'620
Décembre	--	--	--	6'190	5'660
Moyenne 8 mois	2'440	3'840	4'610	9'590	5'990
12 mois	--	--	--	9'140	5'910

Alors que le tonnage moyen avait plus que doublé de 1969 à 1970, il a diminué de 3'600 tonnes en 1971, mais reste encore supérieur de 1380 tonnes au tonnage déjà élevé de 1969, et de toute manière supérieur à toutes les autres années. L'évolution du tonnage du phosphore total depuis 1957 est indiqué dans le graphique ci-dessous. On y remarque que l'augmentation du phosphore de 1969 à 1970 est un phénomène plus intense que celui qui s'était produit de 1962 à 1963, bien que le refroidissement du lac ait été beaucoup plus marqué en février 1963 qu'au début de l'année 1970. L'augmentation du phosphore est quelque chose de particulièrement inquiétant.

Fig. 3 - PHOSPHORE TOTAL - VARIATION DES TONNAGES ANNUELS MOYENS 1957-1971  
 - - - - Pertes hivernales de calories / cm<sup>2</sup>



### 7.2.3. Evolution du phosphore total en fonction de la profondeur.

Les moyennes arithmétiques pour les cinq dernières années, exprimées en mg P/l, sont données dans le tableau suivant:

Profondeur	1967	1968	1969	1970		1971	
	8 mois	8 mois	8 mois	8 mois	12 mois	8 mois	12 mois
0 m	0,022	0,033	0,051	0,098	0,095	0,047	0,049
5 m	0,025	0,041	0,043	0,098	0,099	0,052	0,053
10 m	0,022	0,039	0,051	0,101	0,101	0,048	0,049
20 m	0,023	0,039	0,042	0,121	0,115	0,053	0,053
30 m	0,024	0,045	0,046	0,122	0,114	0,063	0,062
40 m	0,027	0,047	0,056	0,125	0,118	0,070	0,067
50 m	0,029	0,049	0,065	0,129	0,121	0,070	0,068
100 m	0,030	0,033	0,049	0,094	0,091	0,070	0,067
150 m	0,030	0,040	0,041	0,106	0,101	0,064	0,065
200 m	0,031	0,044	0,048	0,091	0,092	0,075	0,073
250 m	0,030	0,066	0,046	0,131	0,117	0,074	0,076
300 m	0,033	0,072	0,066	0,115	0,109	0,038	0,087

L'abaissement du phosphore en 1971 n'est pas uniforme dans toute la colonne d'eau. Il est de

0,051 mg P/l	à la surface	de l'eau
0,046	" "	5 m de profondeur
0,053	" "	10 m "
0,068	" "	20 m "
0,059	" "	30 m "
0,055	" "	40 m "
0,059	" "	50 m "
0,024	" "	100 m "
0,042	" "	150 m "
0,016	" "	200 m "
0,057	" "	250 m "
0,032	" "	300 m "

La diminution de concentration est plus faible dans les couches profondes où le lac reste riche en phosphore.

Malgré la baisse de concentration du phosphore, on a encore noté des maxima de 0,496 mg P/l en janvier en surface à la station VS 3 (Villeneuve) et 0,490 mg P/l à 40 mètres en novembre à la station CRG 21 (delta de la Dranse). Le minimum de l'année, 0,010 mg/l est observé dans le Petit Lac au mois d'août aux stations GE 2, en surface, et GE 4, à 30 et 40 mètres de profondeur.

Dans le fond du lac (300 m), on a observé des concentrations encore élevées, avec un maximum de 0,141 mg P/l au mois de novembre, le minimum atteignant encore 0,064 mg P/l. L'amplitude moyenne entre la surface et le fond atteint 0,036 mg P/l.

#### 7.2.4. Evolution dans les diverses régions du lac.

Elle est donnée dans les deux tableaux suivants.

##### Moyenne des 12 mois - 1971 -

Evolution selon les profondeurs.

Prof.	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	0,049	0,062	0,048	0,061	0,052	0,041	0,049
5 m	0,057	0,058	0,055	0,054	0,056	0,044	0,053
10 m	0,056	0,056	0,049	0,049	0,050	0,045	0,049
20 m	0,061	0,058	0,054	0,055	0,054	0,049	0,053
30 m	0,058	0,069	0,067	0,062	0,063	0,057	0,062
40 m	0,054	0,071	0,072	0,069	0,069	0,059	0,067
50 m	0,061	0,072	0,076	0,071	0,070	0,062	0,068

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janv.	0,076	0,085	0,070	0,080	0,078	0,046	0,071
Févr.	--	0,080	0,072	0,070	0,075	0,050	0,068
Mars	0,043	0,061	0,060	0,064	0,058	0,064	0,060
Avril	0,072	0,059	0,071	0,052	0,060	0,063	0,061
Mai	0,052	0,070	0,062	0,057	0,060	0,058	0,059
Juin	0,043	0,088	0,066	0,061	0,065	0,059	0,064
Juil.	0,057	0,066	0,052	0,053	0,055	0,040	0,052
Août	0,045	0,067	0,060	0,060	0,060	0,035	0,053
Sept.	0,034	0,049	0,057	0,063	0,052	0,040	0,050
Oct.	0,097	0,034	0,049	0,038	0,048	0,043	0,046
Nov.	0,035	0,045	0,061	0,085	0,061	0,061	0,061
Déc.	0,069	--	0,050	0,043	0,051	0,054	0,053
Moyenne							
8 mois	0,044	0,066	0,061	0,064	0,060	0,051	0,058
12 mois	0,057	0,064	0,061	0,061	0,060	0,051	0,058

Le Petit Lac est moins riche en phosphore que le Grand Lac, respectivement 0,051 mg/l en moyenne, contre 0,060 mg/l. Dans le Grand Lac, la rive valaisanne (rive sud-est) est la plus pauvre en phosphore, la rive vaudoise orientale est la plus riche, ce qui était déjà le cas auparavant.

A relever qu'en mars, avril et décembre, le Petit Lac est plus riche que le Grand Lac, toutes choses égales d'ailleurs. Le détail des concentrations mensuelles montre que les fluctuations se font de manière assez uniforme dans les diverses régions. Seule la rive valaisanne fait exception à la règle. Ainsi par exemple, les concentrations du mois d'octobre, qui sont à leur maximum sur la rive valaisanne, sont à leur minimum dans le reste du Grand Lac.

#### 7.2.5. Conclusions.

Les orthophosphates ont été dosés systématiquement en 1971. En moyenne, ils représentent 70 % du phosphore total. Cette proportion peut tomber à 0 % dans les couches superficielles en été, ou s'élever fortement dans les couches profondes (maximum 92 % en avril). La concentration des orthophosphates en 1971 est de 0,047 mg/l (moyenne selon la technique des mélanges), soit 4'100 tonnes de phosphore.

Les prévisions que nous avons faites en 1969, dans notre rapport sur l'année 1968, se sont réalisées. Nous savons maintenant qu'à un abaissement de la température de l'eau du lac correspond une augmentation plus ou moins grande de la concentration en phosphore total.

L'augmentation de la concentration en 1970 n'a rien de surprenant, si ce n'est par son intensité. La chose importante est que l'abaissement survenu en 1971 n'a pas ramené le lac à la situation antérieure. En effet, la concentration moyenne (moyenne arithmétique) de 0,060 mg/l est plus élevée que toutes celles qui ont précédé l'année 1970.

Le phénomène d'enrichissement en phosphore a été beaucoup plus intense en 1970 qu'en 1963-1964, bien que le lac se soit moins refroidi en 1970.

Le tonnage moyen de 1971 atteint encore près de 6'000 tonnes. L'abaissement de concentration de 1970 à 1971 a affecté plus les couches superficielles que les couches profondes, qui restent encore très riches en phosphore (0,087 mg/l à 300 m de profondeur).

Ainsi, du point de vue du phosphore, la situation au lac est encore fortement obérée et l'on ne saurait parler d'amélioration, même passagère.

La nécessité d'éclaircir le mécanisme de remise en circulation du phosphore se fait fortement sentir. C'est un sujet que nous proposons de mettre au programme de recherches de la Sous-commission.

## 8. MODE DE CALCUL DES TONNAGES

Nous n'avons pas utilisé pour l'année 1971 les principes de calculs inaugurés l'année dernière pour les années 1969 et 1970, mais avons repris le mode de calcul selon la technique des mélanges un peu plus complet, mis au point par Hubault et décrite en détails par Dussart aux pages 161 à 164 de son volume sur la Limnologie.

La raison en est d'abord que toutes les concentrations et tonnages avaient déjà été calculés selon la technique de Hubault pour toutes les campagnes antérieures à 1970 jusqu'en 1957, et que les publications qui ont précédé les travaux de la Commission utilisent aussi la méthode de Hubault.

Par ailleurs, la formule calcul du volume des lacs est celle du volume d'un tronc de cône inversé. Cela implique que si l'on partage une tranche d'eau par son milieu, la partie supérieure a un volume plus grand que la partie inférieure. Le volume de la partie supérieure de la tranche sera d'autant plus grand que la pente des parois du lac sera plus faible. C'est souvent le cas au Léman.

Cela nous incite à tenir compte, autant que faire se peut, d'une manière plus grande des concentrations mesurées dans la partie supérieure de la couche que de celles mesurées dans la partie inférieure.

Ainsi, pour la tranche de 0 à 20 mètres, la concentration moyenne utilisée est la somme des concentrations mesurées à 0, 5, 10 et 20 mètres, divisée par 4.

Pour la tranche de 20 à 40 mètres, la concentration moyenne est la somme des concentrations mesurées à 20, 30 et 40 mètres, divisée par 3.

Pour les tranches inférieures à 50 mètres, nous avons interpolé les concentrations ou mesures entre les divers niveaux étudiés: par exemple, pour la tranche de 40 à 60 mètres, la concentration moyenne est la somme des concentrations mesurées à 40 et 50 m et de celle interpolée à 60 m, divisée par 3.

Lorsque, à un mois donné, des mesures manquent à la profondeur de 300 m, nous n'effectuons pas le calcul pour le mois en question.

Si le résultat du calcul se termine par cinq, nous arrondissons à l'unité inférieure, tenant compte du fait que dans la majorité des cas, les erreurs analytiques vont déjà dans le sens d'une augmentation.

---

TABLEAU N° 1 TRANSPARENCE DE L'EAU Mesures effectuées en 1971

Mois Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne 8 mois	Moyenne 12 mois
VS 2	18,40	7,50	11,80	2,50	2,90	9,20	3,80	4,50	1,80	7,10	6,50	8,20	6,00	7,02
VS 4	13,80	12,20	12,20	2,70	2,70	9,30	4,60	6,00	3,80	6,70	6,70	8,70	7,19	7,45
VS 3	12,80	7,00	5,90	2,30	1,90	8,20	3,10	4,70	4,00	5,50	6,60	-	5,18	5,64
VD 1	7,50	9,00	7,00	2,30	1,80	8,00	3,00	3,80	3,60	6,00	6,40	-	5,33	5,31
VD 2	10,30	9,40	7,10	2,60	2,10	6,90	3,10	5,00	5,00	6,30	6,60	-	5,65	5,85
VD 3	13,00	12,10	12,70	2,30	1,90	5,50	3,50	5,20	4,80	4,20	7,00	-	6,59	6,56
VD 4	12,70	13,50	12,40	2,20	3,00	7,50	5,10	5,30	4,30	4,30	6,50	10,80	7,20	7,30
VD P 5	11,00	12,00	13,70	2,40	2,60	10,00	4,20	4,70	5,00	6,90	6,90	9,20	7,39	7,38
SHL 2	19,10	16,40	17,10	4,00	3,00	9,00	-	5,90	4,80	4,80	7,20	13,10	9,06	9,49
CRG 9	-	-	10,00	2,00	2,20	7,00	4,00	5,30	3,80	4,90	5,50	7,40	5,40	5,21
CRG 10	-	-	13,50	2,20	2,00	3,80	4,00	5,30	3,50	5,00	5,90	7,40	5,43	5,26
SHL 6	17,00	17,10	16,80	2,70	3,20	8,50	-	4,80	5,10	5,60	8,00	12,30	9,07	9,19
VD 5	13,00	10,50	12,20	2,80	1,60	7,30	4,80	6,20	6,20	5,50	7,60	-	7,05	7,06
CRG 4	-	-	14,00	2,20	2,10	6,40	4,60	4,40	4,50	5,50	6,60	7,60	6,09	5,79
CRG 3	-	-	11,00	1,70	2,60	6,60	3,70	4,80	4,70	5,50	6,50	8,60	5,70	5,57
SHL 1	19,10	15,70	18,00	3,00	3,30	8,40	-	5,80	5,60	7,70	8,00	10,20	9,26	9,53
CRG 21	-	-	13,50	1,80	3,30	7,60	3,70	6,00	5,00	5,40	6,00	9,50	6,44	6,18
CRG 22	-	-	12,50	2,00	2,00	7,00	3,00	5,10	4,30	3,90	5,30	6,70	5,60	5,18
CRG 23	-	-	12,50	2,20	2,00	7,80	3,50	4,80	4,10	5,80	4,90	7,50	5,66	5,51
GE 4	12,00	11,40	8,30	3,00	2,50	9,90	5,60	5,70	6,60	7,00	8,00	9,80	7,25	7,48
CRG 6	-	-	7,00	2,00	1,90	6,40	5,00	4,60	-	4,70	6,20	7,70	5,18	5,06
GE 3	11,30	8,80	7,50	3,90	2,60	10,00	5,10	6,00	4,10	7,00	8,60	3,10	6,59	6,50
GE 2	11,00	8,20	7,80	4,00	2,30	11,00	5,60	8,10	4,50	5,50	8,30	10,20	6,98	7,21

TABLEAU N° 2 TRANSPARENCE DE L'EAU m Moyennes mensuelles des différentes régions du lac 1971

Mois Région	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne 8 mois	Moyenne 12 mois
Rive Sud - Est	16,10	9,85	12,00	2,60	2,80	9,25	4,20	5,25	2,80	6,90	6,60	8,45	6,59	7,23
Rive Nord-Est	10,90	9,37	8,17	2,37	1,92	7,15	3,17	4,67	4,35	5,50	6,65	-	5,68	5,84
Ouchy - Evian	14,95	14,75	13,92	2,58	2,67	7,63	4,32	5,22	4,42	5,25	6,67	10,03	7,26	7,37
Rollie - Thonon	16,05	13,10	13,80	2,42	2,40	7,17	4,37	5,30	5,25	6,05	7,17	8,80	7,02	7,05
GRAND LAC	13,97	11,87	12,31	2,42	2,43	7,58	3,86	5,14	4,42	5,61	6,56	9,09	6,58	6,71
Nyon - Messery	12,00	11,40	7,65	2,50	2,20	8,15	5,30	5,15	3,30	5,85	7,10	8,75	6,36	6,44
PETIT LAC	11,43	9,47	7,65	3,22	2,32	9,32	5,32	6,10	5,07	6,05	7,77	7,70	6,59	6,66
L E M A N	13,47	11,39	11,50	2,56	2,41	7,88	4,15	5,30	4,50	5,69	6,77	8,78	6,58	6,70

TABLEAU N° 3 TRANSPARENCE DE L'EAU Moyennes mensuelles du Léman de 1957 à 1971

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne 8 mois	Moyenne 12 mois
1957					6,37	5,82	5,02			7,02		11,69		7,06	
1958			10,50		3,44	4,74	7,07			4,90		10,42		7,02	
1959			8,61		9,15	7,74	6,66		5,02	6,31		8,93		7,24	
1960			8,73		8,51	10,27	8,61		8,56	7,13		9,92		8,79	
1961			4,57		8,75	8,44	6,96		5,73	7,03		7,65		7,02	
1962			8,74		4,89	5,91	7,28		6,66	6,86		9,35		7,11	
1963			12,07		4,04	11,17	6,31		5,16	4,01		8,58		7,49	
1964			7,52		4,31	8,00	7,09		5,42	6,08		8,49		6,68	
1965		11,89	9,19		3,02	8,37	7,56		6,34	5,27		8,51		7,44	
1966		7,46	7,02		4,62	7,03	4,21		5,12	5,54		9,08		6,26	
1967		11,29	7,96		2,72	5,89	5,63		5,06	5,10		6,25		6,26	
1968		14,12	11,66	4,48	2,63	8,87	5,78		3,89	3,47	4,92	8,74		7,28	7,00
1969		10,92	9,58		4,25	6,65	5,90		6,58	5,01		5,70		6,59	
1970	12,62	11,43	10,65	7,03	2,77	7,23	4,86		5,86	5,29	4,02	7,94	8,31	6,82	7,21
1971	13,47	11,39	11,50	2,56	2,41	7,88	4,15		5,30	4,50	5,69	6,77	8,78	6,58	6,70
Moyenne multi- annuelle	13,04	11,21	9,17	4,69	4,79	7,60	6,21		5,75	5,57	4,88	8,53	8,54	7,35	7,50

TABLEAU N° 4 TRANSPARENCE DE L'EAU m Moyennes mensuelles GRAND LAC 1957 - 1971

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne 8 mois	Moyenne 12 mois
1957					5,77	5,07	5,02		7,02		11,69		6,92	
1958		11,06			3,44	4,22	6,96		4,66		9,84		6,73	
1959		8,66			8,81	7,15	6,68	4,88	6,25		8,97		7,11	
1960		8,71			8,93	10,21	8,70	8,19	6,70		9,95		8,77	
1961		4,40			8,45	7,91	6,80	5,24	6,63		7,36		6,68	
1962		9,22			4,55	5,12	6,94	6,51	6,69		8,91		6,86	
1963		13,05			4,04	10,86	6,32	5,17	3,99		8,77		7,60	
1964		8,01		3,11	4,03	7,69	7,01	5,60	6,49		8,47		6,71	6,48
1965		12,66	9,88		2,80	8,11	7,55	6,10	5,21		8,30		7,48	
1966		7,92	7,26	3,75	4,54	6,97	3,86	5,17	5,28		9,06		6,25	6,22
1967		11,28	8,10		2,71	5,57	5,43	4,76	5,04		6,30		6,18	
1968		14,83	12,10	3,85	2,61	8,47	5,44	3,84	3,59	4,60	8,51		7,28	7,02
1969		11,33	9,69		4,43	5,45	6,02	6,60	4,72		5,33		6,45	
1970	13,02	13,57	10,95	7,41	2,22	6,38	4,56	5,79	4,52	3,44	7,87	8,44	6,56	7,06
1971	13,97	11,87	12,31	2,42	2,43	7,58	3,86	5,14	4,42	5,61	6,56	9,09	6,58	6,71
Moyenne multi- annuelle	13,49	11,92	9,53	4,11	4,65	7,12	6,08	5,61	5,41	4,55	8,39	8,76	7,34	7,47

Mois Année	Moyennes mensuelles												Moyenne 8 mois	Moyenne 12 mois	
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
1957					8,17	8,07								8,12	
1958			8,80			6,30	7,43		5,57		12,13			8,05	
1959			8,37		10,73	9,62	6,58	5,42	6,50		8,80			7,68	
1960		10,53	8,78	7,73	7,10	10,63	8,32	9,78	8,55	10,67	9,78	10,00		8,87	9,05
1961	10,90	8,55	5,12		9,83	10,37	7,57	7,57	8,50		8,70	8,30		8,24	8,46
1962	11,77		6,87	4,30	6,17	8,80	8,53	7,17	7,50	9,47	11,30	12,23		8,05	8,55
1963			8,80	4,53	4,03	12,03	6,27	5,12	4,06	7,27	7,47			7,09	6,91
1964	12,67	10,80	5,73	4,27	5,17	9,02	7,33	4,83	4,78	6,87	8,55	14,10		6,55	7,43
1965	13,20	9,45	7,12	8,97	3,73	9,18	7,60	7,15	5,47	7,77	9,30	6,67		7,29	7,68
1966	8,30	6,03	6,28	7,20	4,87	7,22	5,38	4,98	6,43	9,37	9,17	10,23		6,30	6,79
1967	10,40	11,35	7,55	4,17	2,75	6,98	6,33	6,05	5,27	10,27	6,00	8,07		6,57	6,92
1968	11,40	11,30	10,02	5,42	2,72	10,55	7,15	4,12	2,95	5,40	9,57	8,47		7,30	7,50
1969	10,63	9,57	9,07	6,10	3,40	11,47	5,40	6,50	6,30	5,03	7,30	8,10		7,19	7,27
1970	11,00	8,57	9,27	5,53	4,97	10,60	6,05	6,10	8,55	5,93	8,22	7,87		7,82	7,75
1971	11,43	9,47	7,65	3,22	2,32	9,32	5,32	6,10	5,07	6,05	7,77	7,70		6,59	6,66
Moyenne multi- annuelle	11,17	9,56	7,82	5,59	5,43	9,34	6,80	6,22	6,11	7,65	8,86	9,25		7,52	7,82

TABLEAU N° 5 TRANSPARENCE DE L'EAU Moyennes mensuelles PETIT LAC 1957 - 1971

TABLEAU N° 6

TEMPERATURE DE L'EAU

°C

Moyennes pour l'ensemble du LEMAN

1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	5,39	4,96	5,05	11,61	15,28	15,76	21,29	23,45	17,41	13,33	9,45	7,16	14,63	13,14
5 m	5,42	4,95	4,82	9,16	13,13	14,32	19,78	21,88	17,15	13,18	9,44	7,18	13,93	12,39
10 m	5,42	4,95	4,98	7,38	10,82	13,05	16,44	18,42	15,79	13,09	9,40	7,17	12,13	11,01
20 m	5,43	4,95	4,93	6,04	7,82	8,65	11,34	12,23	11,33	12,52	9,28	7,15	9,05	8,74
30 m	5,36	4,95	4,90	5,66	6,64	6,53	7,78	8,68	8,41	9,64	8,63	7,07	7,19	7,15
40 m	5,38	4,97	4,82	5,32	5,86	5,63	6,33	6,74	6,70	6,89	7,86	7,01	6,19	6,18
50 m	5,43	4,96	4,87	5,21	5,52	5,33	5,68	5,79	5,71	6,15	6,74	6,87	5,60	5,69
100 m	5,30	5,15	4,81	4,92	4,93	5,08	5,03	5,10	5,14	5,07	5,15	5,56	5,04	5,08
150 m	5,20	5,15	4,77	4,89	4,89	4,94	4,94	4,99	5,02	4,94	5,01	4,93	4,94	4,94
200 m	5,15	5,20	4,87	4m84	4,82	4,87	4,89	4,91	4,94	4,91	4,93	4,90	4,90	4,90
250 m	5,15	5,20	4,75	4,80	4,80	4,87	4,75	4,87	5,05	4,85	4,87	4,85	4,88	4,88
300 m	5,15	5,20	4,75	4,75	4,75	4,80	4,75	4,77	4,87	4,80	4,87	4,90	4,82	4,84
Moyenne*	5,30	5,08	4,84	5,49	6,08	6,26	7,03	7,40	6,93	6,75	6,31	5,91	6,24	6,11

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

TABLEAU N° 7 TEMPERATURE DE L'EAU Moyennes mensuelles du LEMAN Surface du lac 1957 - 1971

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.	Moy.
													8 mois	12 mois
1957					12,50	18,45	18,19		17,01		10,50		15,33	
1958			5,23		14,64	17,85	20,52		20,02		9,85		14,18	
1959			6,67		16,12	15,79	21,82	19,37	19,30		10,20		15,61	
1960			6,79		15,45	18,08	19,39	18,23	15,26		10,71		14,84	
1961			8,57		13,57	15,83	16,89	19,14	21,06		10,49		15,08	
1962			5,43		10,71	15,89	17,66	20,78	17,76		10,51		14,11	
1963			4,80		11,81	17,46	21,41	17,23	18,80		10,97		14,64	
1964			4,91		15,58	18,86	23,02	20,07	18,69		9,52		15,81	
1965		5,23	5,30		12,33	17,71	18,98	19,88	15,69		9,91		13,13	
1966		5,16	5,73		12,03	19,85	20,06	17,67	19,25		9,92		13,71	
1967		5,39	6,01		12,69	14,63	19,59	18,78	16,98		11,48		13,19	
1968		5,46	5,60		11,87	14,65	18,07	18,18	17,68		12,61		13,02	
1969		5,16	5,83		14,43	15,52	18,57	21,78	18,82		11,23		13,92	
1970	5,30	5,56	5,29	5,99	9,40	18,81	21,81	21,09	19,20	15,34	10,77	8,02	13,88	12,21
1971	5,39	4,96	5,05	11,61	15,28	15,76	21,29	23,45	17,41	13,33	9,45	5,67	14,63	13,14

TABLEAU N° 8      pH OBSERVE      Moyennes mensuelles pour l'ensemble du Léman      1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	7,75	7,71	7,74	8,53	8,40	8,08	8,37	8,60	8,12	7,93	7,82	7,77	8,12	8,12	8,09
5 m	7,73	7,68	7,74	8,44	8,21	7,98	8,25	8,40	8,10	7,95	7,83	7,78	8,02	8,02	8,02
10 m	7,73	7,66	7,72	8,06	8,06	7,95	7,92	7,89	7,79	7,91	7,81	7,73	7,86	7,86	7,87
20 m	7,73	7,68	7,71	7,85	7,86	7,74	7,75	7,58	7,67	7,82	7,78	7,73	7,72	7,72	7,74
30 m	7,70	7,67	7,70	7,79	7,76	7,63	7,67	7,52	7,60	7,65	7,68	7,72	7,65	7,65	7,67
40 m	7,70	7,70	7,71	7,72	7,73	7,62	7,66	7,54	7,56	7,61	7,65	7,70	7,64	7,64	7,65
50 m	7,71	7,69	7,70	7,70	7,66	7,59	7,64	7,54	7,57	7,58	7,62	7,69	7,62	7,62	7,64
100 m	7,65	7,70	7,69	7,67	7,60	7,54	7,60	7,53	7,49	7,46	7,49	7,52	7,57	7,57	7,57
150 m	7,60	7,63	7,67	7,67	7,59	7,55	7,60	7,50	7,50	7,46	7,49	7,47	7,56	7,56	7,55
200 m	7,50	7,70	7,62	7,65	7,58	7,53	7,58	7,47	7,48	7,39	7,48	7,38	7,54	7,54	7,52
250 m	7,50	7,70	7,70	7,50	7,55	7,45	7,60	7,45	7,40	7,38	7,53	7,35	7,54	7,54	7,50
300 m	7,40	7,70	7,55	7,60	7,55	7,45	7,40	7,35	7,40	7,33	7,40	7,30	7,46	7,46	7,44
Moyenne*	7,63	7,68	7,68	7,74	7,69	7,60	7,67	7,58	7,56	7,55	7,58	7,56	7,56	7,63	7,63

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

TABLEAU N° 9 OXYGENE mg O<sub>2</sub>/l Moyennes pour l'ensemble du Léman 1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	11,00	11,11	11,11	14,90	13,68	10,45	11,60	12,21	9,16	9,75	10,12	10,70	11,18	11,34
5 m	10,94	10,91	11,06	14,83	12,75	10,20	11,42	11,52	8,97	9,65	10,18	10,56	10,88	11,10
10 m	10,98	10,91	10,91	12,77	12,06	10,07	9,89	8,17	7,52	9,45	10,04	10,54	9,90	10,23
20 m	10,90	10,89	10,78	11,61	11,30	9,96	9,12	7,60	7,62	9,14	9,87	10,40	9,58	9,86
30 m	10,88	10,98	10,82	11,45	10,86	9,97	9,39	8,37	8,39	8,49	9,53	10,54	9,74	9,91
40 m	10,78	10,89	10,70	10,84	10,59	10,01	9,56	9,01	8,54	8,59	9,31	10,35	9,78	9,87
50 m	10,82	10,86	10,61	10,68	10,49	9,99	9,66	9,27	8,83	8,70	9,05	10,20	9,80	9,87
100 m	9,96	10,27	10,33	10,16	9,95	9,70	9,81	9,63	9,47	9,51	9,35	9,46	9,76	9,75
150 m	9,70	9,36	10,53	9,76	9,78	9,47	9,41	9,33	9,25	9,24	9,15	9,14	9,55	9,51
200 m	8,23	8,55	9,60	9,87	9,47	9,22	9,25	9,05	8,90	8,08	9,03	8,67	9,20	9,09
250 m	7,35	7,38	10,32	9,13	8,96	9,52	9,21	9,07	8,76	9,03	8,95	8,60	9,16	9,02
300 m	6,61	5,57	8,72	9,23	8,96	8,54	7,27	6,66	7,32	5,78	5,15	6,50	7,39	7,30
Moyenne*	9,77	9,81	10,40	10,60	10,28	9,72	9,56	9,19	8,84	8,91	9,20	9,54	9,62	9,65

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

TABLEAU N° 10 TAUX DE SATURATION EN OXYGENE % Moyennes pour l'ensemble du LEMAN 1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	93,8	93,7	94,7	146,4	145,8	113,0	139,3	152,5	102,2	100,0	95,2	95,3	118,5	116,2
5 m	92,9	92,0	92,9	139,8	130,5	105,9	132,4	139,9	99,6	98,5	95,3	93,6	111,1	109,9
10 m	93,7	92,0	92,5	114,6	117,4	102,7	108,6	93,8	81,7	96,5	94,4	94,0	93,8	99,0
20 m	93,0	91,8	91,2	100,7	102,5	91,5	89,3	76,3	75,3	91,8	92,6	92,7	88,6	90,6
30 m	92,7	92,6	90,1	98,1	95,6	87,4	84,9	77,0	77,0	80,2	88,0	93,7	86,3	87,7
40 m	91,8	91,8	91,0	92,2	92,2	85,9	83,4	79,2	75,2	75,9	84,5	91,9	85,0	85,8
50 m	92,3	91,6	89,6	90,6	89,7	85,0	83,0	79,8	75,8	86,1	79,7	90,3	84,0	84,8
100 m	84,7	87,0	86,7	85,6	83,8	82,0	82,3	81,4	80,2	80,4	79,2	80,0	82,4	82,3
150 m	82,2	79,3	88,3	82,1	82,3	79,8	79,3	78,7	78,1	77,9	77,2	77,0	80,5	80,1
200 m	69,7	72,5	80,7	82,9	79,5	77,5	77,8	76,2	75,0	76,0	76,1	72,9	77,4	77,3
250 m	62,3	66,4	86,5	76,6	75,2	80,0	77,2	76,3	74,0	75,9	75,5	72,2	77,1	75,8
300 m	56,0	47,2	73,0	77,3	75,1	71,7	60,9	55,8	61,8	48,4	43,3	54,7	62,0	61,3
Moyenne*	83,6	83,2	87,6	91,0	89,8	84,6	85,2	82,8	76,1	79,8	80,4	82,3	83,7	83,9

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

TABLEAU N° 11 AZOTE AMMONIACAL mg N / l Moyennes pour l'ensemble du LEMAN 1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	0,024	0,035	0,009	0,036	0,054	0,052	0,025	0,018	0,011	0,0135	0,010	0,018	0,026	0,025
5 m	0,021	0,017	0,014	0,050	0,074	0,100	0,041	0,031	0,069	0,025	0,032	0,034	0,048	0,043
10 m	0,012	0,028	0,010	0,062	0,056	0,059	0,033	0,023	0,015	0,027	0,007	0,019	0,029	0,030
20 m	0,009	0,027	0,009	0,061	0,063	0,033	0,023	0,020	0,009	0,0235	0,008	0,024	0,024	0,0265
30 m	0,009	0,015	0,009	0,053	0,069	0,017	0,010	0,010	0,009	0,028	0,008	0,018	0,0185	0,022
40 m	0,010	0,020	0,011	0,032	0,028	0,023	0,012	0,0115	0,010	0,016	0,0075	0,018	0,015	0,017
50 m	0,013	0,021	0,014	0,037	0,034	0,0155	0,016	0,011	0,009	0,014	0,026	0,028	0,018	0,020
100 m	0	0	0,003	0,005	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,004	0,014	0,004	0,005
150 m	0	0	0,003	0,008	0,009	0,005	0,006	0,003	0,003	0,005	0,005	0,007	0,0045	0,005
200 m	0	0	0,010	0,015	0,005	0,0085	0,008	0,006	0,0065	0,005	0,007	0,015	0,007	0,009
250 m	0	0	0,0005	0,004	0,0125	0,0015	0,005	0,002	0,001	0,007	0,0065	0,0075	0,004	0,004
300 m	0	0	0,0005	0,003	0,001	0,0015	0,004	0,009	0,001	0,006	0,0105	0,006	0,004	0,004
Moyenne*	0,005	0,009	0,009	0,023	0,023	0,016	0,011	0,009	0,008	0,011	0,010	0,016	0,012	0,013

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

TABLEAU N° 12 AZOTE NITREUX mg N / l Moyennes pour l'ensemble du LEMAN 1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	0,0021	0,0019	0,0013	0,0040	0,0027	0,0060	0,0016	0,0008	0,0014	0,0014	0,0052	0,0023	0,0022	0,0023	0,0026
5 m	0,0024	0,0018	0,0023	0,0043	0,0035	0,0064	0,0026	0,0011	0,0018	0,0018	0,0046	0,0024	0,0022	0,0028	0,0030
10 m	0,0030	0,0016	0,0015	0,0034	0,0036	0,0074	0,0037	0,0017	0,0016	0,0016	0,0044	0,0029	0,0021	0,0031	0,0031
20 m	0,0026	0,0021	0,0015	0,0022	0,0046	0,0045	0,0039	0,0019	0,0017	0,0017	0,0047	0,0030	0,0023	0,0030	0,0029
30 m	0,0027	0,0016	0,0015	0,0018	0,0065	0,0014	0,0017	0,0012	0,0016	0,0016	0,0039	0,0027	0,0019	0,0023	0,0024
40 m	0,0021	0,0016	0,0016	0,0014	0,0052	0,0013	0,0012	0,0007	0,0014	0,0014	0,0023	0,0029	0,0019	0,0020	0,0019
50 m	0,0022	0,0016	0,0018	0,0011	0,0034	0,0011	0,0014	0,0006	0,0017	0,0017	0,0017	0,0033	0,0020	0,0018	0,0018
100 m	0,0010	0	0,0011	0,0004	0,0009	0,0010	0,0004	0,0002	0,0012	0,0012	0,0010	0,0010	0,0010	0,0008	0,0008
150 m	0,0015	0,0005	0,0017	0,0004	0,0010	0,0024	0,0014	0,0001	0,0030	0,0030	0,0010	0,0025	0,0013	0,0014	0,0013
200 m	0,0010	0,0010	0,0012	0,0008	0,0007	0,0018	0,0015	0,0003	0,0010	0,0010	0,0010	0	0,0025	0,0011	0,0012
250 m	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0030	0	0,0005	0,0030	0,0030	0,0030	0,0010	0,0015	0,0012	0,0013
300 m	0,0010	0	0,0010	0,0020	0,0010	0,0030	0,0025	0,0025	0,0060	0,0060	0,0060	0,0040	0,0020	0,0023	0,0024
Moyenne*	0,0016	0,0010	0,0014	0,0012	0,0022	0,0024	0,0014	0,0006	0,0019	0,0019	0,0022	0,0020	0,0017	0,0016	0,0016

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

TABLEAU N° 13 AZOTE NITRIQUE mg N / l Moyennes pour l'ensemble du LEMAN 1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	A	J	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	0,33	0,33	0,37	0,12	0,05	0,13	0,02	0,02	0,04	0,10	0,20	0,28	0,13	0,15		
5 m	0,325	0,33	0,39	0,17	0,10	0,16	0,02	0,02	0,05	0,11	0,23	0,31	0,16	0,18		
10 m	0,33	0,32	0,37	0,26	0,17	0,18	0,08	0,08	0,07	0,11	0,205	0,29	0,17	0,19		
20 m	0,335	0,34	0,37	0,34	0,295	0,28	0,27	0,27	0,245	0,15	0,21	0,29	0,28	0,28		
30 m	0,33	0,33	0,37	0,36	0,33	0,37	0,355	0,355	0,34	0,28	0,25	0,28	0,34	0,33		
40 m	0,32	0,33	0,375	0,39	0,37	0,39	0,405	0,405	0,37	0,37	0,29	0,30	0,365	0,36		
50 m	0,335	0,335	0,38	0,41	0,40	0,41	0,41	0,41	0,38	0,41	0,34	0,32	0,38	0,38		
100 m	0,435	0,42	0,37	0,41	0,37	0,40	0,39	0,39	0,42	0,41	0,35	0,43	0,39	0,40		
150 m	0,465	0,46	0,38	0,42	0,38	0,41	0,41	0,41	0,42	0,41	0,36	0,44	0,40	0,41		
200 m	0,50	0,50	0,37	0,415	0,36	0,40	0,40	0,40	0,43	0,33	0,345	0,36	0,39	0,385		
250 m	0,51	0,50	0,39	0,445	0,40	0,425	0,42	0,42	0,445	0,43	0,405	0,455	0,42	0,43		
300 m	0,51	0,49	0,40	0,43	0,39	0,43	0,445	0,445	0,51	0,48	0,45	0,47	0,44	0,45		
Moyenne*	0,41	0,41	0,38	0,39	0,35	0,37	0,36	0,36	0,365	0,35	0,33	0,37	0,365	0,37	0,365	0,37

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

TABLEAU N° 14 ORTHOPHOSPHATES mg P / l Moyennes pour l'ensemble du LEMAN 1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	0,033	0,032	0,041	0,014	0,010	0,014	0,003	0,0045	0,008	0,006	0,036	0,032	0,018	0,018
5 m	0,031	0,034	0,0395	0,025	0,017	0,021	0,008	0,010	0,008	0,012	0,0235	0,032	0,020	0,021
10 m	0,032	0,035	0,041	0,0285	0,016	0,0205	0,005	0,007	0,008	0,008	0,032	0,032	0,020	0,021
20 m	0,031	0,036	0,047	0,037	0,035	0,035	0,016	0,012	0,019	0,013	0,035	0,0335	0,029	0,029
30 m	0,032	0,034	0,040	0,037	0,042	0,045	0,0365	0,033	0,042	0,032	0,041	0,035	0,039	0,038
40 m	0,034	0,033	0,042	0,041	0,040	0,0465	0,044	0,042	0,050	0,048	0,052	0,035	0,044	0,043
50 m	0,036	0,037	0,043	0,0415	0,046	0,049	0,046	0,045	0,053	0,055	0,057	0,037	0,0475	0,046
100 m	0,0305	0,043	0,045	0,050	0,048	0,048	0,048	0,050	0,056	0,055	0,095	0,057	0,055	0,054
150 m	0,042	0,0455	0,045	0,046	0,046	0,048	0,050	0,050	0,059	0,064	0,064	0,057	0,0515	0,0525
200 m	0,024	0,051	0,048	0,046	0,053	0,0505	0,051	0,0525	0,063	0,071	0,109	0,061	0,061	0,060
250 m	0,026	0,059	0,0445	0,048	0,0555	0,049	0,0495	0,0515	0,061	0,057	0,0625	0,0635	0,054	0,053
300 m	0,031	0,077	0,0545	0,0665	0,055	0,0505	0,059	0,0645	0,0655	0,0915	0,1085	0,0765	0,066	0,068
Moyenne*	0,032	0,043	0,045	0,0435	0,044	0,045	0,042	0,046	0,0495	0,051	0,069	0,0495	0,048	0,047

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

TABLEAU N° 15 PHOSPHORE TOTAL mg P / l Moyennes pour l'ensemble du LEMAN 1971

Mois Prof.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. 8 mois	Moy. 12 mois
0 m	0,104 <sup>5</sup>	0,070	0,059	0,046	0,052	0,044	0,035 <sup>5</sup>	0,035	0,030	0,031	0,057	0,048	0,047	0,050
5 m	0,072	0,064	0,053	0,054	0,053	0,070 <sup>5</sup>	0,044	0,060	0,030	0,037	0,041	0,057	0,052	0,053
10 m	0,067	0,066	0,056 <sup>5</sup>	0,055	0,051	0,056 <sup>5</sup>	0,035 <sup>5</sup>	0,039	0,033	0,037	0,049	0,049 <sup>5</sup>	0,048	0,049
20 m	0,060	0,062	0,062	0,064	0,055	0,062	0,042	0,044	0,043	0,036 <sup>5</sup>	0,055 <sup>5</sup>	0,059	0,053	0,053 <sup>5</sup>
30 m	0,062	0,070	0,058	0,066	0,064	0,075	0,064	0,055 <sup>5</sup>	0,062	0,055 <sup>5</sup>	0,059	0,053	0,063	0,062
40 m	0,062	0,076	0,062	0,067	0,068	0,070	0,066 <sup>5</sup>	0,068	0,067	0,064	0,081	0,049 <sup>5</sup>	0,069 <sup>5</sup>	0,067
50 m	0,067	0,069	0,063	0,068	0,070	0,073	0,071	0,070	0,073	0,068	0,071	0,050	0,070	0,068
100 m	0,055 <sup>5</sup>	0,053	0,059	0,061	0,066	0,060	0,058	0,118	0,068	0,060	0,105	0,067	0,070	0,067
150 m	0,083 <sup>5</sup>	0,057	0,056	0,061	0,060	0,064	0,059	0,056	0,067	0,063	0,082	0,068	0,064	0,065
200 m	0,066	0,069	0,058	0,062	0,067	0,064	0,067	0,076	0,073	0,073	0,122	0,072	0,075	0,073
250 m	0,074	0,071	0,059	0,084	0,071	0,067 <sup>5</sup>	0,087 <sup>5</sup>	0,088	0,072 <sup>5</sup>	0,077 <sup>5</sup>	0,079 <sup>5</sup>	0,078 <sup>5</sup>	0,074	0,076
300 m	0,091	0,080	0,064 <sup>5</sup>	0,072 <sup>5</sup>	0,073 <sup>5</sup>	0,067	0,080	0,076	0,073 <sup>5</sup>	0,116	0,141 <sup>5</sup>	0,105 <sup>5</sup>	0,083	0,087
Moyenne*	0,068	0,064	0,059	0,064	0,064	0,065	0,062	0,075	0,064	0,062	0,086	0,064	0,067	0,066

\* La moyenne a été calculée selon la technique des mélanges.

ETUDE DU PLANCTON DE LA REGION PELAGIQUE SUD DU GRAND LAC

(Points SHL 1 - SHL 2 - SHL 6)

Campagne 1971

par P. Laurent

Directeur de la Station d'Hydrobiologie  
Lacustre de l'Institut National de la  
Recherche Agronomique à Thonon.

Travail technique de  
J.-C. Druart et M. Laurent



## INTRODUCTION

En 1971, des campagnes mensuelles d'échantillonnage de plancton ont été effectuées aux points de prélèvement SHL 1, SHL 2 et SHL 6 (pour situer la position de ces points de prélèvement sur le lac, voir carte page 13).

Le plancton a été recueilli par traînée verticale (de la profondeur de 50 mètres à la surface) d'un filet double conforme au schéma de la figure n° 1. Ce filet a été adopté par l'ensemble des laboratoires de la Commission du Léman. (Voir page 89).

Après récolte, les échantillons ont été additionnés de formol, de manière que la concentration finale atteigne 6 %. Les récoltes ont ensuite été traitées comme au cours des campagnes antérieures: évaluation des volumes après mise en sédimentation de 24 heures, puis reconnaissance et dénombrement en chambre à sédimentation et sous le microscope inversé d'Utermöhl, des organismes récoltés.

La détermination des organismes délicats et contractiles a été effectuée au préalable sur du matériel vivant.

Il ne semble pas inutile de rappeler le but essentiellement pratique des études de plancton entreprises sur le Léman pour la Commission. Aux chiffres recueillis par les chimistes et les bactériologues, les biologistes désirent ajouter des données dont l'interprétation permette de poser un diagnostic supplémentaire du sens général de l'évolution du lac. Dans une telle optique, les méthodes d'investigation et les paramètres retenus ne s'identifient pas tout à fait à ceux d'une étude strictement scientifique du plancton.

### 1. ETUDE DES VOLUMES DE "NET PLANCTON"

Ce paramètre global et facile à mesurer a été observé depuis le début des études faites sur le lac. Certes, sa valeur et sa représentativité ne sont pas à l'abri de critiques (mélange des éléments du zoo et du phytoplancton avec des résidus, répartition inégale des organismes à un instant donné dans le lac, tassement inégal des éléments des divers échantillons lors de la sédimentation) qui ont d'ailleurs été formulées dans les rapports antérieurs.

En dépit de ces faiblesses, les volumes de plancton sédimenté constituent une série de mesures continues dont la signification revêt un intérêt pour qui cherche à trouver l'évolution du lac.

Depuis 1968, époque où des campagnes mensuelles d'études ont été effectuées sur le lac, l'évolution des volumes moyens de plancton sédimentés recueillis par le filet à maille de 64  $\mu$  a été la suivante:

1968	1,64 ml par m <sup>3</sup> d'eau
1969	1,44 " "
1970	2,84 " "
1971	3,78 " "

Une tendance générale à l'accroissement des volumes de plancton se dégage de ce tableau, l'année 1971 ayant été, de loin, celle qui a présenté les volumes les plus forts.

Les valeurs observées entre les différents points ont été sensiblement les mêmes :

Volume moyen de plancton sédimenté  
en ml par m<sup>3</sup> (filet de maille 64  $\mu$ )

SHL 1	3,91
SHL 2	3,60
SHL 6	3,82

Des minima de l'ordre de un ml par m<sup>3</sup> ont été repérés sur l'ensemble des points en janvier et février, tandis que les volumes les plus forts, de l'ordre de 10 ml par m<sup>3</sup>, ont été trouvés en juin aux points SHL 2 et 6, et en novembre au point SHL 1.

Les variations volumétriques mensuelles sont indiquées en pourcentages, pour chacun des points sur les figures 2, 3 et 4. (Voir pages 89 et 90).

## 2. TRANSPARENCES

Les transparences observées en chaque point ont aussi été indiquées sur les figures 2, 3 et 4. (Voir pages 89 et 90)

Les valeurs des mois de janvier, février et mars apparaissent comme particulièrement élevées. Ce phénomène est sans doute dû en partie aux faibles quantités de plancton présentes dans le lac à cette époque, mais il semble qu'il faille aussi le rattacher à des épisodes météorologiques particuliers. En effet, les mois de décembre 1970, janvier et février 1971 ont été particulièrement secs et n'ont reçu que 46,5 % de la quantité habituelle de pluie qui tombe à THONON à cette époque. Toute l'année 1971 a d'ailleurs été la plus sèche depuis 23 ans, ne présentant que 60 % des précipitations habituelles, c'est à dire 561 mm.

A cette sécheresse hivernale s'est superposée en début d'année une température moyenne anormalement basse soit 1,77° pour les mois de janvier, février et mars contre 3,16° normalement.

L'ensemble de ces phénomènes: sécheresse qui évite les apports des affluents, température basse, et faibles quantités de plancton, permet d'expliquer les valeurs anormalement élevées des transparences en début d'année.

Par contre, en avril, dès le démarrage de la multiplication des cellules algales, la transparence décroît à des valeurs égales ou inférieures à 4 mètres, tandis que le premier pic volumétrique de plancton, en juin, témoigne d'une augmentation des organismes du zooplancton, apporte une nette amélioration (valeurs supérieures à 8 mètres) avec diminution simultanée du nombre des algues qui tombe au minimum annuel. L'ensemble de ces fluctuations, et notamment les fortes valeurs du début de l'année, ont influé sur la moyenne de la transparence des points SHL qui est en nette augmentation sur celles observées

dans le Grand Lac depuis 1968:

	1968	1969	1970	1971
Transparence moyenne du Grand Lac	7,4 m	6,7 m	7,0 m	--
Transparence moyenne des points SHL, en 1971				9,02 m

### 3. VARIATIONS QUANTITATIVES DU PHYTOPLANCTON EXPRIME

#### GLOBALEMENT EN NOMBRE DE CELLULES ALGALES.

Chaque récolte mensuelle a permis de dénombrer en moyenne 31669 cellules algales contre 16498 en 1970 et 20173 en 1969.

Ces résultats tendent à prouver une certaine augmentation numérique des éléments du "net plancton" récoltés en 1971.

Les valeurs les plus faibles (quelques milliers d'algues au litre) ont été observées en juin, tandis que les maxima ont été relevés en septembre (plus de 100 000 cellules au litre).

Les variations quantitatives mensuelles sont portées en pourcentage sur les figures 2, 3 et 4. 1971 apparaît comme une année à 3 ou 4 pics numériques d'algues. Comme en 1970, les pics d'automne ont été les plus importants.

### 4. VARIATIONS QUALITATIVES ET QUANTITATIVES DES ELEMENTS

#### DU PHYTOPLANCTON.

38 espèces différentes d'algues ont été reconnues dans le phytoplancton. Ces algues se répartissent en 5 classes suivant les proportions suivantes:

	1968	1969	1970	1971
Diatomées	66,76	65,59	64,21	66,95
Chlorophycées conjuguées	8,36	15,96	18,24	24,56
Autres chlorophycées	1,40	1,15	0,52	0,30
Xanthophycées	1,39	0	0	0
Cyanophycées	8,36	15,85	1,78	0,40
Dinophycées	19,29	1,15	15,04	6,48
Chrysophycées	1,33	0,30	0,21	1,31

Les Diatomées restent prépondérantes et ne présentent pas de modification sensible par rapport au pourcentage du peuplement algal.

Neuf espèces de diatomées ont représenté au moins 5 % du peuplement algal total en 1971 (voir tableau 1).

Parmi celles-ci, *Asterionella formosa* a été constante toute l'année aux points SHL 1 et 6.

*Fragilaria crotonensis* a été la plus abondante, représentant environ la moitié du nombre des diatomées.

Parmi les 3 espèces de Melosira qui représentent plus de 25 % du peuplement des diatomées, une nouvelle espèce est apparue: *Melosira binderana*. Cette algue a été reconnue dans le plancton du mois d'octobre et s'est développée intensément en novembre et décembre. *Melosira islandica* a repris en 1971 de l'importance qu'elle avait perdue en 1970.

*Stephanodiscus hantzschii*, d'une taille trop petite pour être échantillonné correctement à l'aide d'un filet, a atteint des valeurs importantes en avril, ce qui indique que cette algue était particulièrement abondante à cette époque dans le plancton.

Les Conjuguées viennent en seconde position en 1971, continuant leur tendance à l'accroissement manifestée depuis 1968.

Trois espèces de conjuguées ont été vraiment importantes, notamment une algue filamenteuse du genre *Mougeotia* présente dans le plancton depuis de nombreuses années et constante au point SHL 6, et une algue cellulaire de forme très allongée: *Closterium aciculare* devenue de plus en plus fréquente depuis 1970 et présente toute l'année dans le plancton au point SHL 1.

Les autres Chlorophycées ne dépassent jamais le nombre de quelques centaines de cellules au litre et jouent un rôle négligeable pour l'instant.

Les Dinophycées, très abondantes en 1968 et 1970, ont perdu de leur importance en 1971. Cependant son représentant essentiel: *Ceratium hirundinella* a atteint un développement non négligeable en juillet et surtout août, à une période où les diatomées étaient sur le déclin avant leur poussée d'automne et où les conjuguées étaient aussi peu importantes (voir fig. 5 indiquant les variations mensuelles des diverses algues au point SHL 1). Cette algue a été constante toute l'année au point SHL 2.

Les Chrysophycées, mal échantillonnées par le filet, sont surtout représentées dans nos récoltes par le genre *Dinobryon*. Les espèces de petite taille échappent à notre observation et jouent cependant un rôle important dans le nanoplancton.

Après leur apogée de 1969, les Cyanophycées paraissent sur le déclin. Elles ont été représentées par *Oscillatoria Bourrelyi* apparue en 1969. Cette algue n'a jamais atteint de développement important, mais elle a été toujours présente en petite quantité, sauf en septembre.

L'ensemble de l'évolution du peuplement algal montre que, mises à part les diatomées qui paraissent jouir d'une relative stabilité, les autres algues se concurrencent fortement pour occuper un biotope qui semble continuer vers une plus grande eutrophie.

## 5. VARIATIONS QUALITATIVES ET QUANTITATIVES DES ROTIFERES

18 espèces ont été reconnues dans le plancton étudié en 1971. Parmi celles-ci *Keratella cochlearis* qui est constant toute l'année aux points SHL 1 et 6, représente plus de la moitié du peuplement rotatorien total.

Plusieurs espèces de *Polyarthra* forment également environ 10 % du peuplement total dénombré sur les 3 points.

Le nombre des rotifères passe de valeurs de l'ordre du millier d'individus au m<sup>3</sup> à environ 100'000 individus dans le même volume. Ce pic de développement s'est présenté au mois de juillet en 1971 (fig. 6) à une époque où les volumes de "net plancton" étaient en diminution (fig. 2, 3, 4), ce qui montre que la biomasse des rotifères n'est pas prépondérante dans le zooplancton.

Fig. 1  
FILETS A PLANCTON STANDARDISES

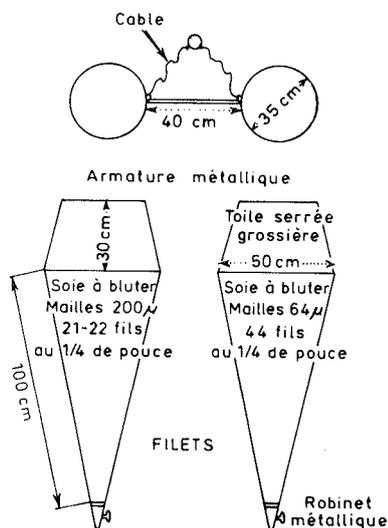
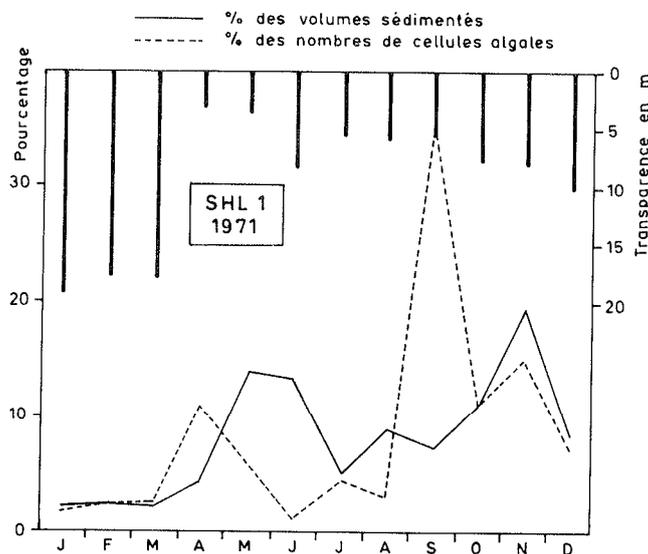


Fig. 2 -LEMAN  
(Filet à mailles de 64  $\mu$ )



LEMAN

(Filet à mailles de  $64\mu$ )

— % des volumes sédimentés  
 - - - % des nombres de cellules algales

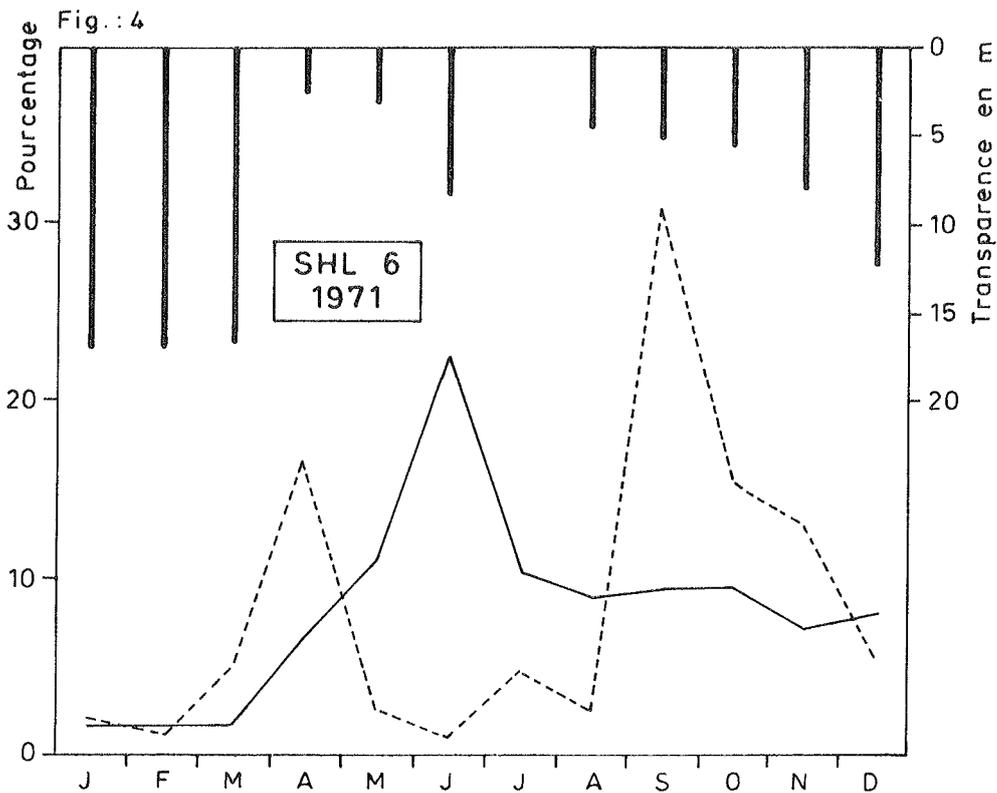
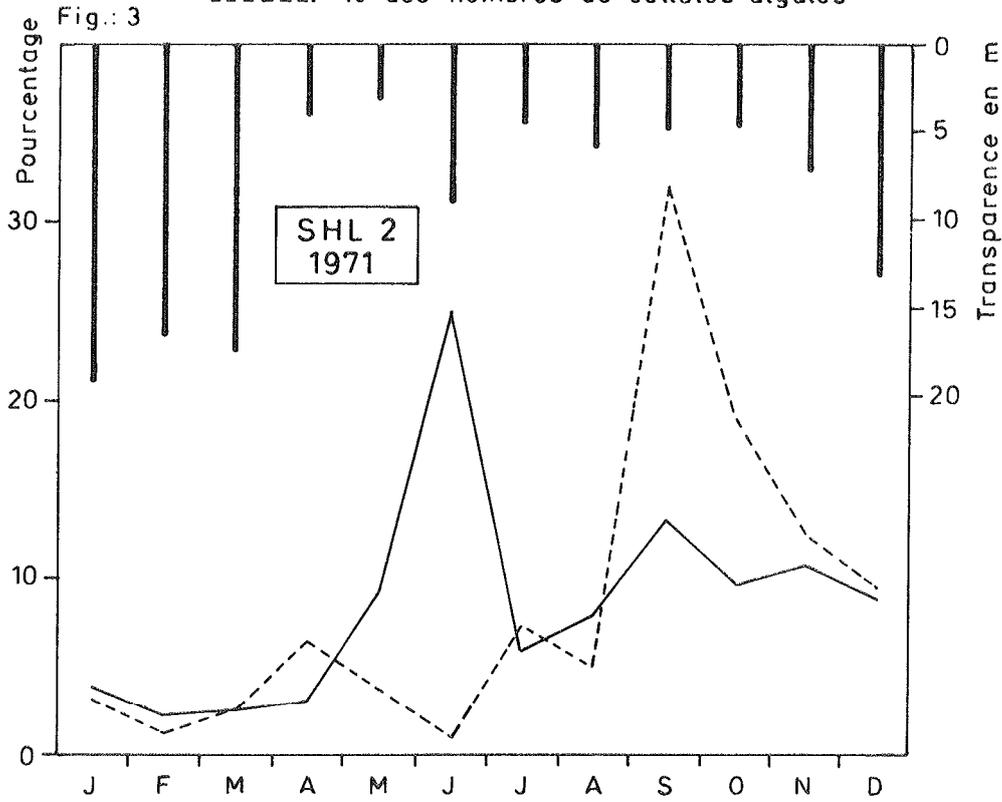


Fig.: 5 - LEMAN - Point SHL 1 1971

Variations mensuelles en % des algues les plus importantes

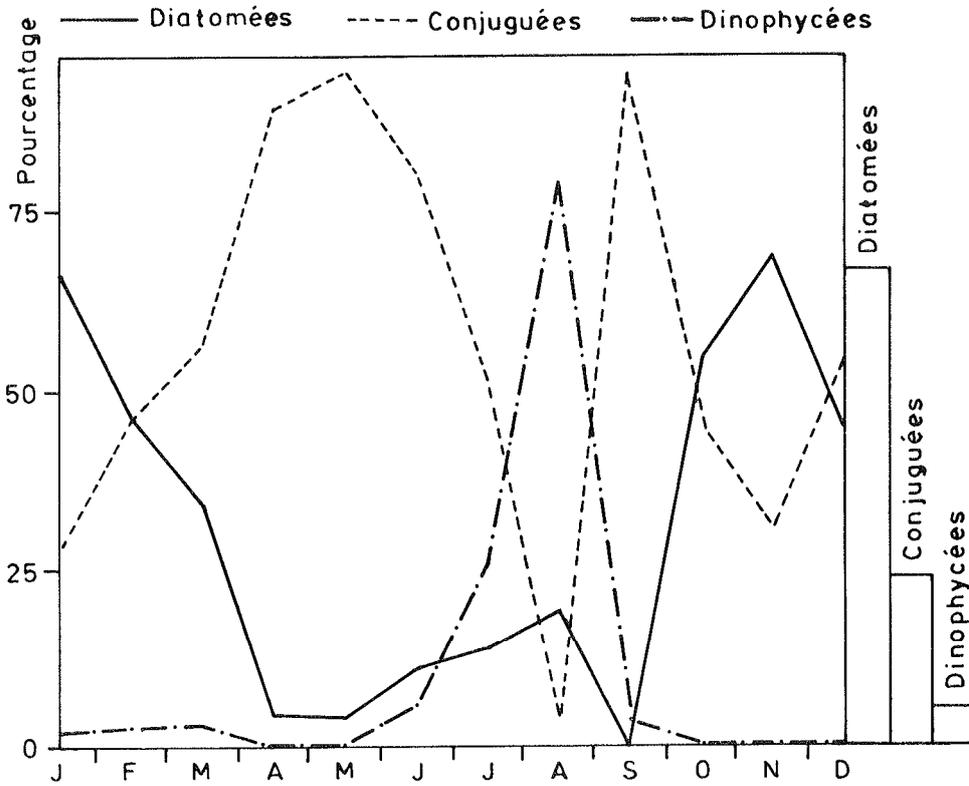


Fig.: 6 - LEMAN - Nombre de rotifères au m<sup>3</sup>

(Filet à mailles de 64 μ)

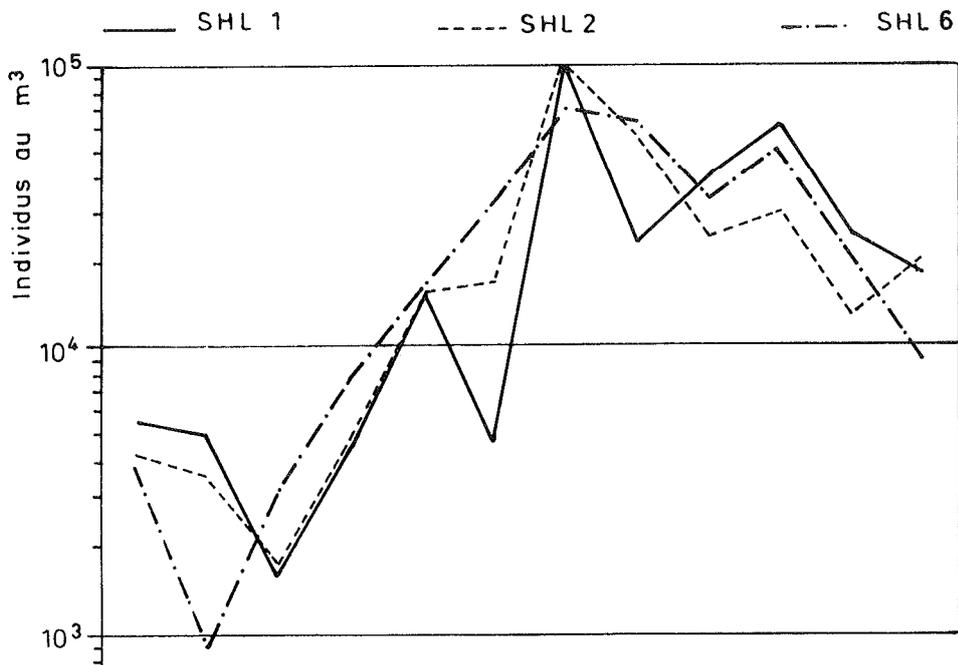


TABLEAU N° 1 ALGUES DOMINANTES (ayant représenté au moins une fois 5 % de la récolte mensuelle)

	Point	J	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D
<u>DIATOMÉES</u>													
<i>Melosira granulata</i> Var. <i>angustissima</i>	I	2	2	2					+	2	2	+	+
	II	3	2						+	3	3		+
	VI	3	+	1					1	3	2		+
<i>Melosira islandica</i>	I	3	4	4	4	4	3	2	+	+			+
	II	3	3	4	4	3	+	3	3				
	VI	1	3	4	4	4	3	3	+	+		1	
<i>Melosira binderana</i>	I										1	3	4
	II										1	3	4
	VI										+	4	4
<i>Fragilaria crotonensis</i>	I	3	1	2	2	3	4	4		4	4	+	
	II			2	3	3	4	4	2	4	4	+	
	VI	3		3	1	3	4	3		4	4	+	1
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	I				3	4							
	II				4								
	VI				4								
<i>Asterionella formosa</i>	I	2	2	3	3	1	+	+	+	+	+	+	3
	II	2	3	3	3	1	+	3	+	+	+	+	3
	VI	2	3	3	3	+	+	2	+	+	+	+	3
<i>Synedra acus</i>	I		+	+	3	3	+	+	+	+	+	+	+
	II		+	1	3	3	+	+	+	+	+	+	+
	VI		+	+	3	3	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diatoma elongatum</i>	I	+	+	+	3	2	1	+		+		1	3
	II	1	1	2	1	2	1	+				+	3
	VI		1	1	3	1	3	1				1	3



EXAMENS BIOLOGIQUES DES EAUX DU PETIT LAC

Campagne 1971

par E. Pongratz et R. Revaclier  
Service d'Hydrobiologie de Genève



## 1. INTRODUCTION

Dans le présent rapport sont résumées les observations qui ont été faites sur le plan biologique au cours de l'année 1971, dans le cadre restreint du Petit Lac.

### Points d'observation et de prélèvements

Les échantillons de plancton ont été recueillis aux mêmes points du Petit Lac que lors des années précédentes, soit au point littoral GE 1 (rade de Genève) et aux trois points pélagiques GE 2 (Bellevue), GE 3 (Chevrens) et GE 4 (Nyon).

Douze séries de prélèvements ont été effectuées, soit une série de huit prélèvements de plancton au filet par mois.

### Méthodes

Les techniques qui ont été utilisées pour les prélèvements et les mesures de volumes de "net plancton", ainsi que pour la détermination de la fréquence des divers organismes planctoniques, ont été décrits et discutés dans les rapports biologiques antérieurs.

A partir du mois de mars 1971, des prélèvements complémentaires de plancton "à la bouteille" ont été effectués au point objectif GE 4 à huit profondeurs différentes (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 m et fond).

Ces échantillons ont été examinés en vue de déterminer la stratification des diverses espèces phyto- et zooplanctoniques et principalement pour l'étude des espèces nanoplanctoniques de notre lac.

## 2. ETUDE DE LA VARIATION DE LA TRANSPARENCE DES EAUX

### ET DES VOLUMES DE NET-PLANCTON

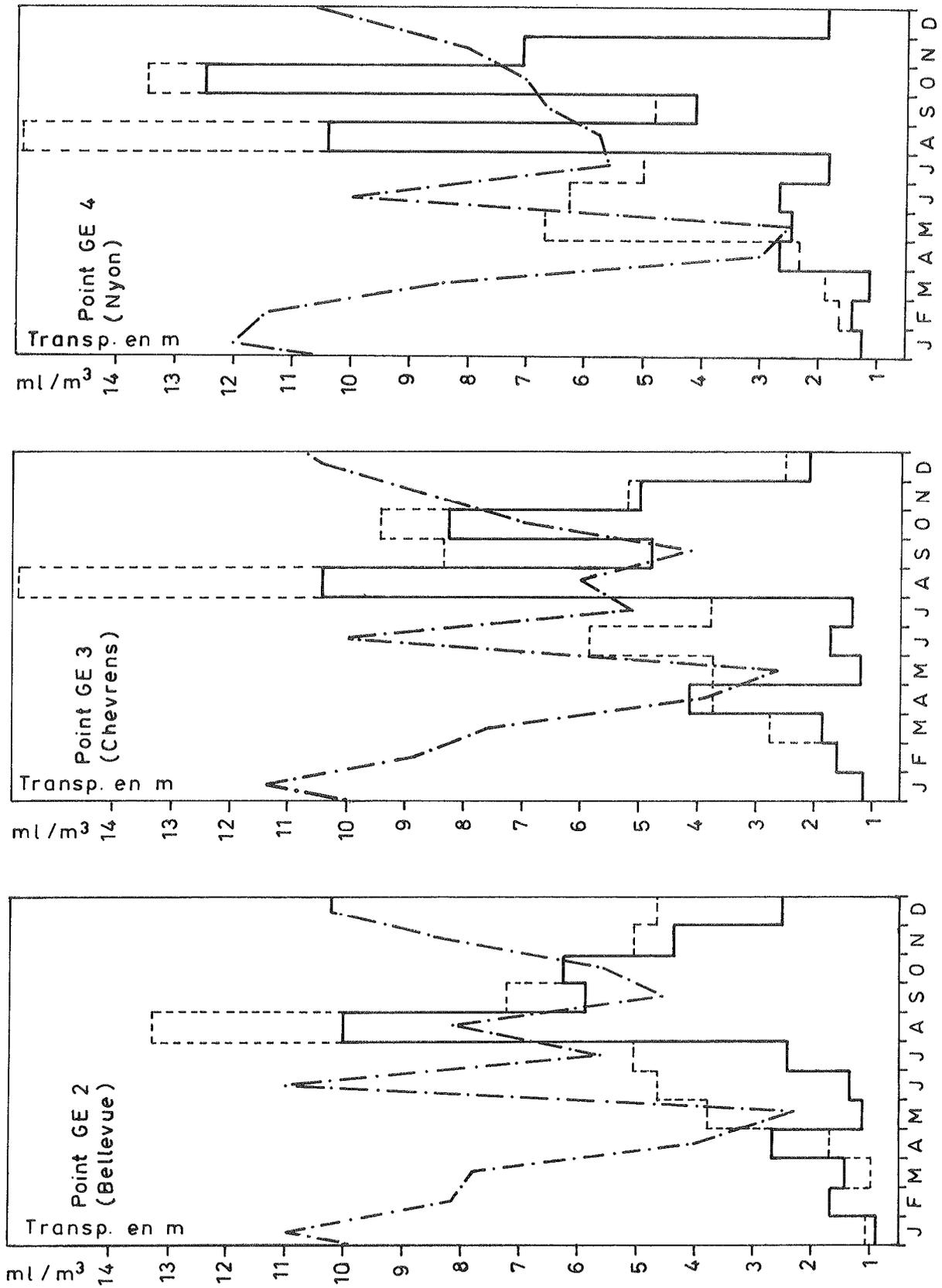
Les valeurs de la transparence des eaux du Petit Lac, ainsi que les volumes globaux de micro- et macroplancton pêchés mensuellement en chaque point d'observation, sont données dans les graphiques de la page 98 (fig. 1).

### Transparence des eaux du Petit lac

Les graphiques montrent que la transparence des eaux du Petit Lac varie considérablement au cours de l'année et souvent très rapidement d'un mois à l'autre. La plus grande différence de transparence des eaux, survenue en l'espace d'un mois, a été observée au point GE 2, soit plus de 8,7 m entre mai et juin 1971.

La transparence moyenne des eaux du Petit Lac (moyenne annuelle des mesures effectuées mensuellement aux trois points GE 2, GE 3, GE 4) fut en 1971 de 7,26 m. Cette valeur représente la plus faible transparence générale des eaux

Fig. 1 - Variations mensuelles des volumes de microplancton (—) de macroplancton (-----) et de la transparence (— · — ·) des eaux du Petit-Lac en 1971



enregistrée, alors qu'en 1970 - l'année précédente - la transparence moyenne était 7,97 m, soit la plus grande transparence moyenne observée. Il ressort donc que la transparence des eaux peut varier considérablement au cours de l'année et que la transparence moyenne annuelle peut aussi être très différente d'une année à l'autre. Cette grande amplitude de variation de la transparence des eaux de notre lac est certainement un phénomène alarmant. De plus, la transparence de 2,3 mètres mesurée le 18 mai 1971 au point GE 2 constitue la plus faible valeur jamais encore enregistrée dans le Petit Lac. La turbidité des eaux était due alors, en grande partie, à la minuscule diatomée *Stephanodiscus Hantzschii*. Cette algue du nannoplancton était déjà responsable de la faible transparence des eaux du lac, à la même époque, les années précédentes.

La clarification extraordinaire des eaux constatée en juin 1971, - début de la période estivale - est un phénomène qui se reproduit (presque) chaque année dans le Petit Lac. Dans des rapports antérieurs, nous avons donné l'explication de ce phénomène apparemment paradoxal.

La grande turbidité des eaux durant l'automne 1971 est à attribuer - comme lors des années précédentes - à un extraordinaire développement de *Ceratium hirundinella* (août et septembre). *Melosira sp.*, *Fragilaria crotonensis* et *Closterium aciculare* ont aussi grandement contribué à troubler et colorer les eaux avant leur éclaircissement de décembre.

### 3. VOLUMES GLOBAUX DE PLANCTON PECHE DANS LE PETIT LAC.

Les volumes moyens annuels de micro- et macro-plancton recueillis aux trois points GE 2, GE 3 et GE 4 du lac lors de ces trois dernières années ont été les suivants:

#### Microplancton ml/m<sup>3</sup>

Année	GE 2	GE 3	GE 4	Moyenne
1969	1,83	1,96	2,04	1,94
1970	2,14	2,15	2,39	2,22
1971	3,38	3,63	4,13	3,72

#### Macroplancton ml/m<sup>3</sup>

Année	GE 2	GE 3	GE 4	Moyenne
1969	1,75	1,94	1,96	1,88
1970	1,91	1,92	2,03	1,96
1971	4,58	5,30	5,65	5,18

De l'examen de ce tableau, il ressort que les volumes moyens de microplancton et macroplancton recueillis en 1971 sont - pour tous les points d'observation - notablement plus élevés que lors de toutes les années précédentes; mais étant donné les imperfections des techniques de récolte du plancton utilisées, nous ne tirerons pas d'autres conclusions de ces observations.

Si le calcul des volumes moyens de plancton sédimenté ne permet pas de tirer des conclusions valables, l'étude des variations mensuelles du "net plancton" en revanche est plus intéressante et permet de suivre mieux l'évolution biologique du lac.

Ainsi que cela ressort des graphiques, l'on observe au cours de l'année deux ou plusieurs périodes de prolifération intense du phytoplancton et souvent une forte chute de la production primaire du lac au cours de l'été. (Une explication de ces phénomènes a été donnée dans des rapports précédents).

#### 4. ETUDE QUANTITATIVE DES DIFFERENTES ESPECES DU PLANCTON RECOLTE DANS LE PETIT LAC

Dans le tableau no 1 relatif à l'évolution mensuelle des espèces phytoplanctoniques du Petit Lac, ne sont citées que les espèces qui furent les plus abondantes pendant l'année et dont la fréquence dépassa le 1 % de l'ensemble des individus constituant l'échantillon planctonique. De nombreuses espèces d'algues qui n'atteignirent pas cette fréquence au cours de l'année ne sont pas mentionnées. De même, aucun indice d'abondance n'est donné pour les espèces consignées dans le tableau, lorsque momentanément leur fréquence était inférieure à 1 %.

Le barème de fréquence qui est utilisé est le suivant:

5	organisme dominant	(env. 90 % ou plus)
4	" très abondant	30 à 90 %
3	" abondant	5 à 30 %
2	" peu abondant	2 à 5 %
1	" isolé	1 à 2 %
+++	" très abondant, dont le nombre n'a pas été évalué avec précision.	

Le tableau no 2, semblable au tableau no 1 dans sa présentation et son expression, a été établi à partir de la numération des espèces planctoniques dominantes, exprimée en biovolume pour le point GE 4. Les prélèvements ont été effectués à l'aide de la bouteille de Friedinger et les comptages, après fixation au Lugol et filtration d'un volume donné sur membrane microbiologique séchée et éclaircie par l'huile de cèdre. Les biovolumes spécifiques ont été mesurés et calculés par nos soins ou tirés de la table publiée par B. Dussart (Limnologie, p. 411, tableau 33. Gauthier-Villars, Paris 1966).

Tout en se gardant d'interpréter trop hâtivement ces deux tableaux, outre les nombreux points communs (8 espèces communes), on notera les différences suivantes: espèces propres au tableau 1:

*Melosira granulata angustissima*, *Diatoma tenue*, *Sphaerocystis Schroeteri*,  
*Mougeotia gracillima*.

Espèces propres au tableau no 2:

*Peridinium cinctum*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cymatopleura solea*,  
*Cosmarium depressum*, *Eudorina elegans*, *Phacotus lenticularis*.

Ces différences sont en grande partie dues à:

- la base d'estimation des fréquences: nombre de cellules pour le tableau n° 1, biovolume pour le tableau n° 2.
- la technique de prélèvement qui a conduit à un échantillonnage différent: absence d'espèces nannoplanctoniques du tableau n° 1, principalement (filet).
- la technique d'observation: déformation, voir éclatement de certains organismes fragiles sur les membranes filtrantes, rendant impossible leur numération.

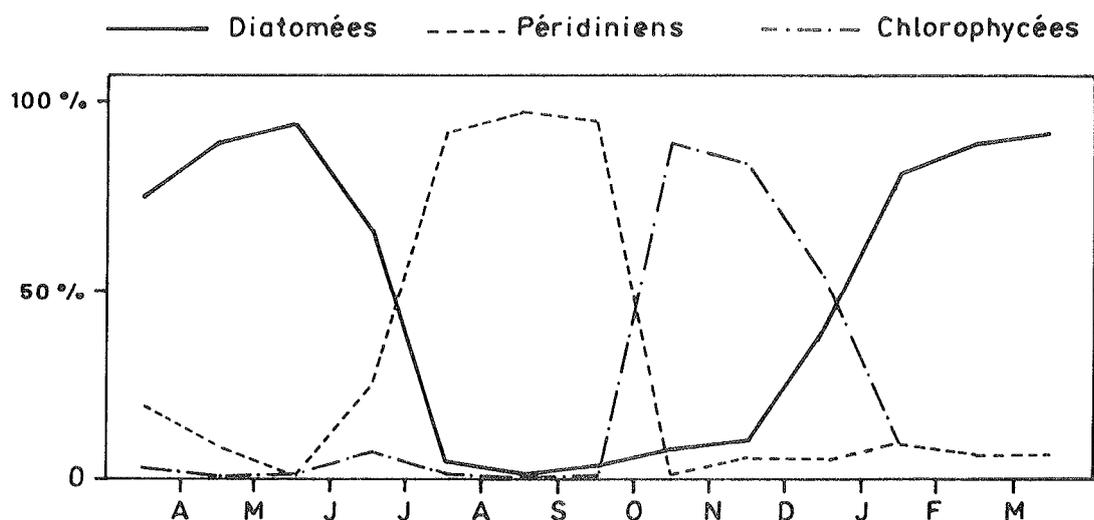
Il convient de relever néanmoins la place importante prise par *Stephanodiscus hantzschii* dans la composition du plancton telle qu'elle apparaît dans le tableau n° 2, place ignorée par le tableau n° 1 (pêche au filet).

Le tableau n° 3 donne le nombre mensuel moyen de cellules des principales espèces phytoplanctoniques comptées en 1971 au point GE 4. L'espèce qui apparaît ici comme la plus prolifique est une diatomée du nannoplancton *Stephanodiscus hantzschii* dont le nombre maximum de cellules enregistré en 1971 fut de 4,6 millions par litre au mois d'avril.

#### Rythmes saisonniers.

La figure n° 2 ci-dessous et le tableau n° 4 montrent la succession des espèces et des classes dominantes pour les différents mois de l'année 1971.

Fig. 2 - Classes d'algues dominantes au point GE 4 en 1971.



Cinq espèces seulement ont dominé la scène en 1971 (Cryptophycées non comprises): 3 diatomées, 1 dinophycée et 1 chlorophycée, faisant apparaître au point GE 4 cette année-là, une succession assez bien tranchée. On remarque succinctement que:

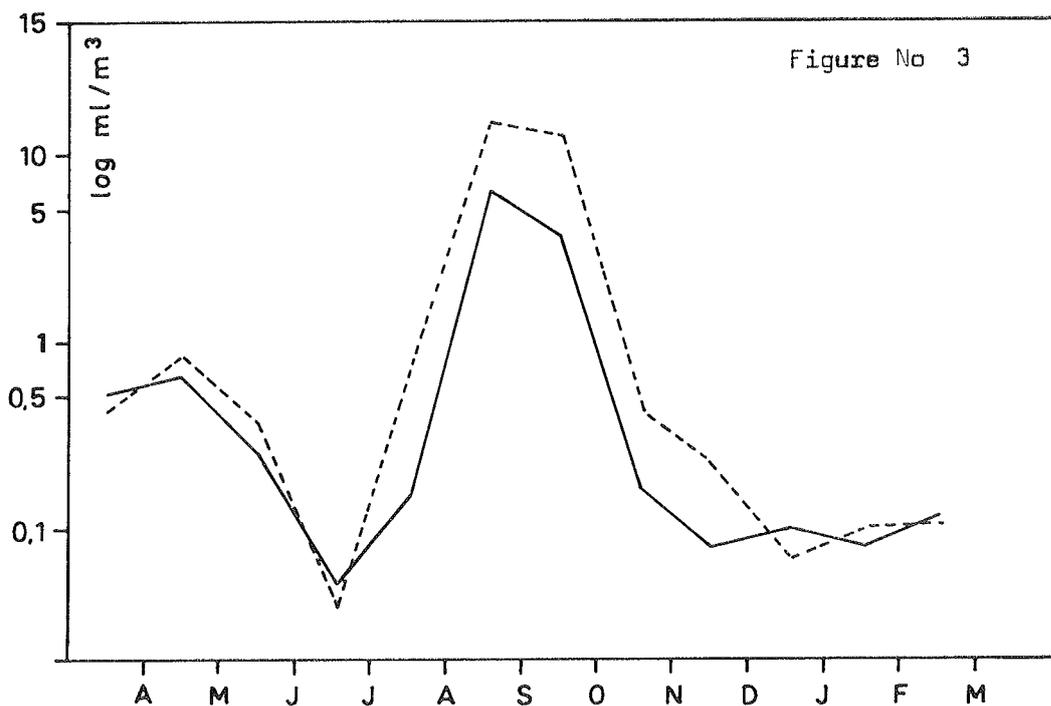
- a) l'hiver et le printemps (eaux froides) sont les saisons des diatomées.
- b) les mois d'été sont dominés par un péridinien: *Ceratium hirundinella*
- c) l'automne est la saison des chlorophycées, grâce à la conjuguee *Closterium aciculare*
- d) le nombre des cyanophycées a été très faible et non significatif en 1971.

#### 5. VARIATION MENSUELLE DU BIOVOLUME DE PHYTOPLANCTON AU POINT GE 4.

La figure suivante n° 3 (échelle semi-logarithmique) représente:

trait plein: le biovolume total moyen  $\text{ml/m}^3$  du phytoplancton au point GE 4 en 1971, obtenu après intégration du prélèvement de la surface au fond (70 m environ).

traitillé : le biovolume total moyen  $\text{ml/m}^3$  obtenu après intégration de la surface à deux fois la valeur de la transparence pour le point et le mois envisagés (ce qui correspond approximativement au biovolume de plancton de la couche trophogène).



On peut constater que les deux couches présentent deux maximums: le plus faible situé au printemps est dû principalement à la prolifération des diatomées et le second - environ 10 fois plus important - en été, est dû à *Ceratium hirundinella*.

Les différences de volume de phytoplancton entre le trait plein et le traitillé, faibles en début d'année, deviennent très importantes de juillet à novembre ( $a = 3,5 \text{ ml/m}^3$ ,  $b = 12,3 \text{ ml/m}^3$ ). Ces différences coïncident avec l'établissement de la stratification thermique des eaux du lac au cours des saisons.

TABLEAU N° 1 EVOLUTION MENSUELLE DES ESPECES LES PLUS ABONDANTES DU PHYTOPLANKTON DU PETIT LAC DURANT L'ANNEE 1971

Espèces planctoniques	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CYANOPHYCEES</b>												
Oscillatoria tenuis						1						
<b>DINOPHYCEES</b>												
Ceratium hirundinella	2	2	2	2	1	1	4	5	3-4	1		
<b>DIATOMEES</b>												
Melosira islandica	3	4	4	4	2	2				1	3	2
Melosira Binderana												
Melosira granulata angustissima												
Diatoma tenue			1	1	3	3	2	1	2			
Fragilaria crotonensis				2	1	2	2		4	1		
Asterionella formosa	3	4	3	4	1	2	2					
Synedra acus var. angustissima				2	2	2						3
<b>CHLOROPHYCEES</b>												
Closterium aciculare	3	4	2	1	1	1	1	1	2	5	4	3
Staurastrum gracile						2-3	2					
Sphaerocystis Schroeteri						2						
Mougeotia gracillima	3	2	1	1		2	2	1				
<b>CILIES</b>												
Vorticella fragillariae					2	1						
<b>PHYCOMYCETES PARASITES de</b>												
Asterionella formosa	++	+	+++									
Melosira sp.												
Ceratium Hirundinella								+++	+++		+	+
Eudorina elegans	++	++	++	++								
Sphaerocystis Schroeteri						++						
Closterium aciculare		+	++	++						+	+++	+++

TABLEAU N° 2 EVOLUTION MENSUELLE DES ESPECES LES PLUS ABONDANTES DU PHYTOPLANKTON AU POINT GE 4 en 1971

Classement établi en considérant le biovolume total intégré de la surface au fond pour chaque espèce.

Le premier chiffre en tenant compte du biovolume représenté par *Stephanodiscus Hantzschii*, le second sans en tenir compte.

Espèces planctoniques	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>DINOPHYCEES</b>												
<i>Peridinium cinctum</i>						+++	2/2	+++				
<i>Ceratium hirundinella</i>			3/3	3/3	2/2-3	3/4	4/5	5/5	5/5	1/1	2-3/3	2-3/3
<b>DIATOMEES</b>												
<i>Melosira islandica</i>			4/4	4/4	3/4	3/2	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Melosira Biederana</i>			3/	4/	4/	4/	2/		1/1	1/1	2/2	2/3
<i>Stephanodiscus Hantzschii</i>									1/1	2-3/3	1-2/2	1/
<i>Fragilaria crotonensis</i>			2/2	2/3	2/1						1-2/2	3/3
<i>Asterionella formosa</i>					1/2	2/2-3					1/1	
<i>Synedra sp.</i>					3/4	1/1						
<i>Cymatopleura solea</i>				3/3								
<b>CHLOROPHYCEES</b>												
<i>Closterium aciculare</i>			2/2	1/1	1/2-3	1-2/2		+++	+++	5/5	4/4	4/4
<i>Staurastrum gracile</i>						2/3	2/2	+++	+++			
<i>Cosmarium depressum</i>						1/2						
<i>Eudorina elegans</i>						1/2		+++	+++			
<i>Phacotus lenticularis</i>								+++	+++			

TABLEAU N° 3 NOMBRE DE CELLULES ALGALES COMPTEES AU POINT GE 4 en 1971

Moyennes mensuelles intégrées de la surface à 70 m de profondeur.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
DINOPHYCEES										
Peridinium cinctum					290					
Ceratium hirundinella	1430	**		*	1720	90000	45700			
DIATOMÉES										
Melosira islandica	5850	5050	*	*						
	224000	202000								
Melosira Bänderana					*	**	3580	**	**	1930
					*	**	200000	20000	**	110000
Stephanodiscus Hantzschii	2,5	4,6	3,0	0,5	0,1	***	***		***	0,3
Fragilaria crotonensis							2120			
				*	**	5000	424000	14400	**	**
Asterionella formosa	4300	6150				*	2580		*	2500
	30000	43000				**	19600	**	**	17500
Synedra sp.	?	?	81500	4700			*		*	2300
Cymatopleura solea	**	2560	*							
CHLOROPHYCEES										
Closterium aciculare	4000	1400	1330	**	**	1290	2720	38600	17200	12800
Staurostrum gracile					190					
Cosmarium depressum				210						
Eudorina elegans				370						
				6700						
Phacotus lenticularis										

case vierge: 100 unités par litre case \*: 100-500 unités/l case \*\*: 500-1000 unités/l case \*\*\*: 10000-100000

TABLEAU N° 4

## POINT GE 4 - ESPECES ET CLASSES DOMINANTES EN 1971 - (72)

Mois	Espèces	%	Classes	
Mars	Melosira islandica	36 %	Bacillariophycées (Diatomées)	
	Stephanodiscus hantzschii	30 %		
Avril	Melosira islandica	19 %		
	Stephanodiscus hantzschii	48 %		
Mai	Stephanodiscus hantzschii	96 %		
Juin	Stephanodiscus hantzschii	43 %		
Juillet	Ceratium hirundinella	99 %		Dinophycées (Peridiniens)
Août	Ceratium hirundinella	100 %		
Septembre	Ceratium hirundinella	100 %		
Octobre	Closterium aciculare	94 %	Chlorophycées	
Novembre	Closterium aciculare	96 %		
Décembre	Closterium aciculare			
Janvier	Asterionella formosa	58 %	Bacillariophycées (Diatomées)	
Février	Asterionella formosa	70 %		

Les espèces de la classe des Cryptophycées n'ont pas été recherchées.

EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1971

par Roger Revaclier

Service d'Hydrobiologie du  
canton de Genève



## 1. INTRODUCTION

Le présent rapport réunit et commente brièvement les principaux résultats des analyses bactériologiques des eaux du Léman pour l'année 1971.

1.1. Les points de contrôles et de prélèvements ont été les mêmes que ceux des campagnes des années précédentes.

Tous les points ont été l'objet de prélèvements mensuels sauf les points VS 3, VD 1, VD 2, VD 3 et VD 5 où aucun prélèvement n'a été effectué au mois de décembre

1.2. En 1971, les recherches ont été identiques à celles des années précédentes : recherche du nombre total des bactéries anaérobies (germes totaux) et recherche des coliformes.

Les streptocoques fécaux ont été recherchés aux points SHL 1, SHL 2, SHL 6, VD 4 pour le Grand Lac et à tous les points du Petit Lac.

Les germes anaérobies (clostridiiums sulfito-réducteurs) ainsi que les bactériophages fécaux ( b.-Coli, b.-Shigella paradysenteriae et b. Salmonella paratyphi-B) ont été recherchés aux points VD 4 (nouveau venu sur la liste) SHL 2 et à tous les points du Petit Lac.

Les techniques utilisées pour ces recherches sont celles qui ont été utilisées en 1970.

## 2. LES GERMES TOTAUX

### 2.1. Comparaison des teneurs des eaux du Léman en germes aérobies

#### aux différents points étudiés

Comme dans le rapport précédent, nous avons classé les points de prélèvements du Léman suivant leur concentration en germes/ml (tableau No 1 ).

La comparaison des fréquences des échantillons compris entre 0 et 2000 germes/ml en 1970 et 1971 montre une augmentation de ces fréquences pour dix des quatorze points étudiés. Pour le Léman pris dans son ensemble, en moyenne 78 échantillons prélevés sur 100 contenaient moins de 2000 germes par ml en 1971, contre 64 % en 1970. De plus, la fréquence du nombre d'échantillons de teneurs supérieures à 6000 germes/ml a diminué, passant de 12,9 % en 1970 à 6,3 % en 1971 (amélioration de 48 % environ) pour l'ensemble du lac.

Si l'on examine la situation point par point, on peut établir pour 1971 un classement en trois groupes, semblable à celui de 1970 ( tableau No 1 - lère colonne).

Groupe A : Les points dont la répartition décroît plus ou moins régulièrement et dont 70 % en plus des prélèvements ont des concentrations en bactéries comprises entre 0 et 2000 germes/ml.

En 1971, 6 points confirment le classement de l'année précédente; le point pélagique SHL 2 passe de la catégorie B à A; un point passe du groupe C au groupe A, il s'agit de SHL 6 (Evian) qui fut particulièrement riche en germes pendant une période

de 2 mois en 1970, ce qui provoqua son classement en catégorie C.

Groupe B : Dans ce groupe intermédiaire ont été placés les points dont moins de 70 % des concentrations se situent entre 0 et 2000 germes par ml et dont moins de 10 % des échantillons contenaient plus de 6000 germes/ml. On a tenu compte aussi de la répartition irrégulière des fréquences.

Les deux points classés ici (VD 4 et VD 5) se trouvaient dans le groupe C en 1970.

Groupe C : Les points où moins de 70 % des prélèvements ont des concentrations comprises entre 0 et 2000 germes/ml et dont plus de 10 % dépassent 6000 germes/ml.

Tous les points figurant dans ce groupe en 1971 s'y trouvaient déjà en 1970 ( ce groupe réunissait alors 7 points).

La carte du Léman N° 1 (fréquence en % des échantillons contenant plus de 2000 germes/ml) - moyenne générale en 1971 : 2080 - présente de façon schématique la richesse relative moyenne en germes des différentes régions du lac en 1971 et permet de rendre visible ce qui a été dit dans le paragraphe précédent.

Cette carte reste, dans ses grandes lignes, semblable à celle tracée pour l'année 1970. La seule différence notable est l'amélioration considérable de la situation bactériologique au large de Thonon et dans la baie d'Excenevex.

## 2.2. Variations de la teneur en bactéries dans les eaux du Léman

### 2.2.1 Grand Lac (voir figures N° 1 et 2)

La concentration mensuelle moyenne en germes des eaux du Grand Lac a présenté en 1971 deux maximums importants : le premier au printemps (avril et mai) et le second en été (août); un troisième pic s'amorce au mois de décembre. Rappelons que, le point pélagique SHL e mis à part, tous les points du Grand Lac sont soumis à des influences littorales très directes.

Les périodes où la concentration en germes fut la plus faible se situent en juin - juillet (env. 1800 germes/ml) d'autre part. Comme en 1970, l'évolution mois après mois des concentrations en germes au point pélagique SHL 2 est légèrement différente de celle enregistrée pour l'ensemble du Grand Lac : à un maximum hivernal en janvier - février succède un minimum en mars-avril. Le maximum du printemps commence avec un mois de retard par rapport à l'ensemble du grand lac, le maximum estival d'août est estompé, mais on enregistre un pic supplémentaire en octobre.

### 2.2.2. Petit Lac (voir figure N° 1 )

En 1971, l'évolution des germes au cours des saisons dans le Petit Lac est calquée sur celle du Grand Lac, mais tous les phénomènes (maximums et minimums) s'y déroulent avec un décalage d'un mois : les maximums aux mois

Fig. 1 - Moyennes mensuelles des teneurs en germes/ml  
du Grand - Lac (—) et du Petit - Lac (-----)  
en 1971

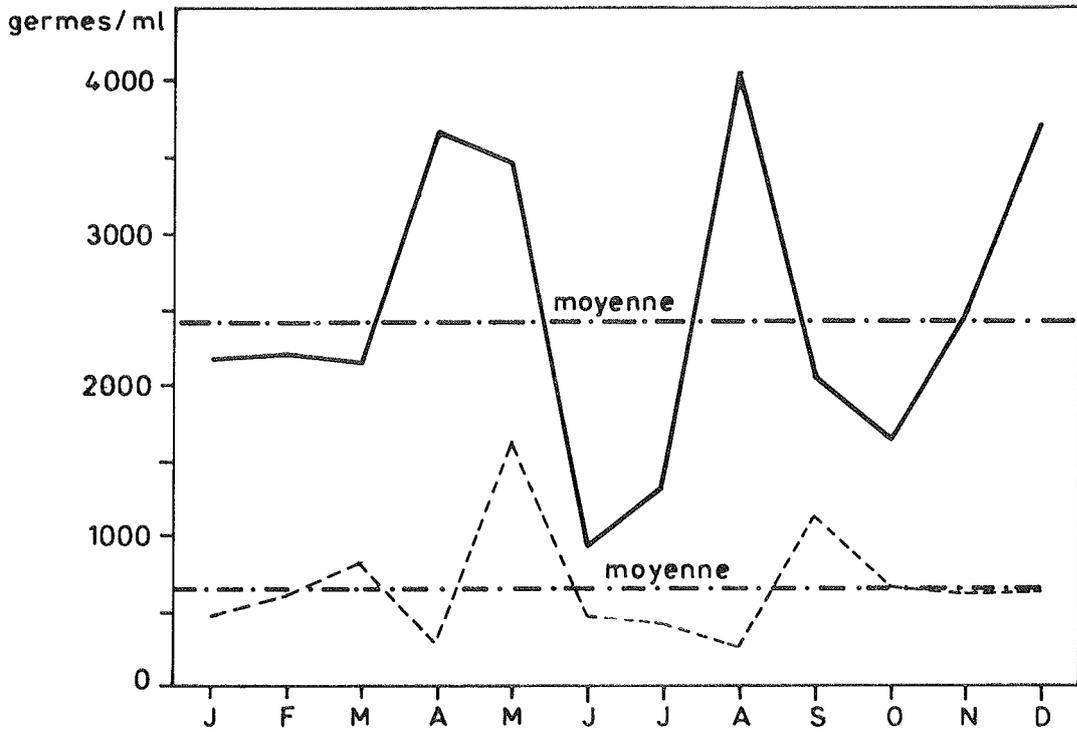
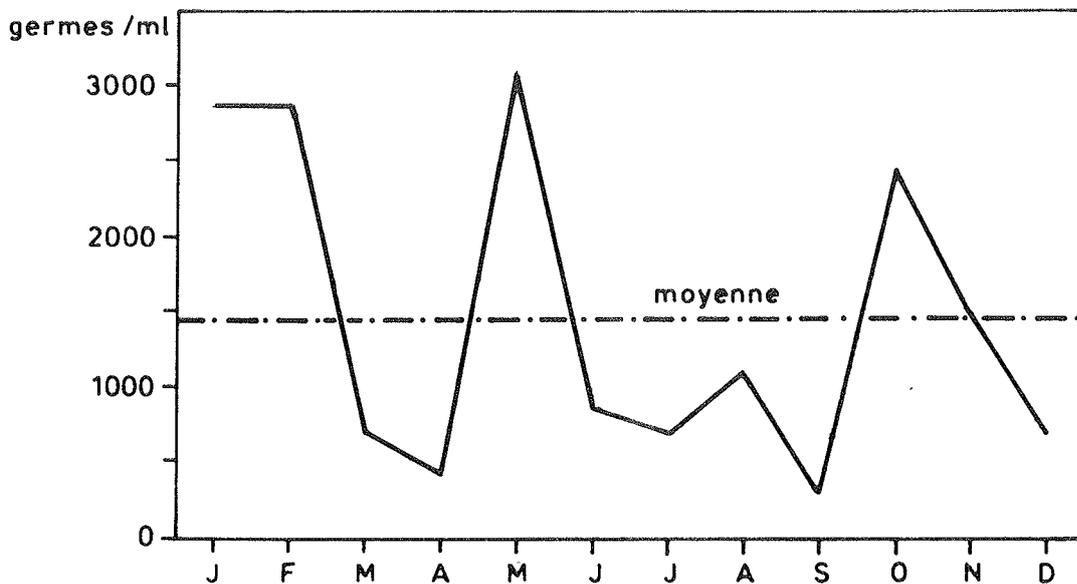


Fig. 2 - Moyennes mensuelles des teneurs en germes/ml  
au Point SHL 2 en 1971



de mars (faible), de mai (le plus important) et de septembre ; les minimums aux mois d'avril, de juillet-août et d'octobre-novembre-décembre. Un tel décalage avait déjà été constaté en 1970.

### 2.3. Evolution de la concentration moyenne en germes totaux des eaux du Léman en 1971 par rapport aux années précédentes

Le tableau N° 2 donne la valeur de la concentration annuelle moyenne en germes totaux de chaque point pour l'année 1971 et celle de la moyenne établie sur les cinq et dix années précédentes.

On peut remarquer que dix points ont une moyenne inférieure en 1971 à celle des cinq dernières années ( VS 3, VD 2, VD 3, VD 4, VD 5, SHL 2, SHL 6, GE 1, GE 2, GE 3).

Par rapport à la moyenne établie sur les dix années précédentes, les points où une amélioration semble évidente sont VS 3, VD 3, VD 4, VD 5, SHL 2, SHL 6 et le Petit Lac dans son ensemble ; quant aux points VS 2, VS 4, VD 2, et SHL 1, leur situation s'est aggravée.

On peut dire que pendant l'année 1971 :

- 1) le point VD 4 a poursuivi son amélioration.
- 2) les points VS 3 et VD 1 ont marqué une diminution substantielle de leur teneur en germes (diminution amorcée en 1970 déjà pour VD 3 )
- 3) le point SHL 1, quoique moins riche en germes en 1971 qu'en 1970, a confirmé sa dégradation.
- 4) pour les autres points, la situation est restée quasi stationnaire.

## 3. LES COLIFORMES

### 3.1. Comparaison des teneurs en coliformes des eaux du Léman aux différents points étudiés en 1971

Les différents points de prélèvements ont été classés selon la répartition des concentrations en coli/l des échantillons, suivant la méthode utilisée dans le rapport de l'année précédente. (Voir tableau N° 3).

Si l'on considère le Léman dans son ensemble, on s'aperçoit que la fréquence des échantillons de "faibles" teneurs en coliformes (0-200 coli/l) s'est accrue, passant de 37,4 % en 1970 à 46,0 % en 1971 (40,0 % et 48,1 % respectivement pour le Grand Lac et 29,4 % et 39,0 % pour le Petit Lac) et que la fréquence des prélèvements de teneurs "moyennes" (400-600 coli/l) a fortement diminué, passant de 16,0 % en 1970 à 8,4 % en 1971 pour l'ensemble du lac.

Le Petit Lac enregistre une diminution substantielle de la fréquence des "fortes" concentrations (plus de 800 coli/1) puisque celles-ci passent de 27,5 % en 1970 à 20,4 % en 1971.

Si l'on examine la situation point après point, on peut établir pour 1971 un classement en trois groupes semblables à celui de 1970 (tableau n° 3, 1ère colonne).

Groupe A: Les points dont la répartition des concentrations décroît régulièrement et dont 70 % au moins des échantillons ont des teneurs comprises entre 0 et 600 coli/1.

Deux points figuraient déjà dans ce groupe en 1970: VD 5 et GE 4, montrant ainsi une certaine stabilité. Le point VD 3 est passé du groupe C au groupe A: sa moyenne en 1971 confirme son amélioration.

Groupe B: Les points qui présentent des anomalies dans la distribution et dont 70 % au moins des échantillons se trouvent compris entre 0 - 600 coli/1.

La situation du point VS 4 est assez particulière (semblable en cela au point VS 2) puisque ce point a présenté une concentration en coliformes minimum pendant les 6 premiers mois de l'année (moyenne 1 coli/1) et maximum pendant les 6 derniers mois (moyenne 37'000 coli/1) !

Groupe C: Les points dont moins de 70 % des prélèvements sont compris entre 0 et 600 coli/1.

Nous trouvons réunis ici les points les plus souillés du lac; tous ces points étaient déjà parmi les plus sales en 1970, sans SHL 6; ce point, situé au large d'Evian, se révèle être en 1971 le point le plus souillé du Léman par des germes d'origine excrémentielle - plus de 50 % des échantillons contiennent plus de 600 coli/1 - et, ce qui est plus grave, gravement souillé de façon permanente puisque pendant 8 mois sur 12, la concentration en coliformes a dépassé 800 coli/1. Ce résultat confirme une dégradation qui n'a eu qu'un bref répit en 1970.

La carte du Léman n° 2 (fréquence en % des échantillons contenant plus de 200 coliformes/1) présente schématiquement la richesse relative moyenne en coliformes des différentes régions du lac en 1971.

Cette carte montre que la zone la plus gravement souillée par les germes fécaux se trouve être la rive sud-orientale du Grand Lac; la zone du "bout du lac" a vu la qualité hygiénique de ses eaux légèrement améliorée par rapport à l'année précédente.

Nous ne relèverons pas ici les contradictions apparentes entre la teneur faible en germes totaux et forte en coliformes de certains points du lac: le sujet a déjà été abordé dans le rapport de 1970. Disons simplement que des constatations identiques peuvent être faites en 1971.

### 3.2 Comparaison des moyennes annuelles en coliformes de 1970 et 1971

(Voir tableau N° 3, colonnes 9 et 10)

La moyenne annuelle des concentrations en coli/l de quatre points du lac (VS 2, VD 1, VD 4 et SHL 1) a presque doublé en 1971 par rapport à 1970 ; en trois autres points (VS 3, VS 4, VD 3) elle a diminué par contre de moitié. Les teneurs en coli des points restants n'ont que peu varié.

Ces diverses variations aboutissent à une augmentation nette du nombre moyen de coli/l dans le Grand Lac (1525 coli/l en 1970 et 2554 en 1971) et à une diminution de ce nombre dans le Petit Lac (497 en 1971 contre 542 en 1970).

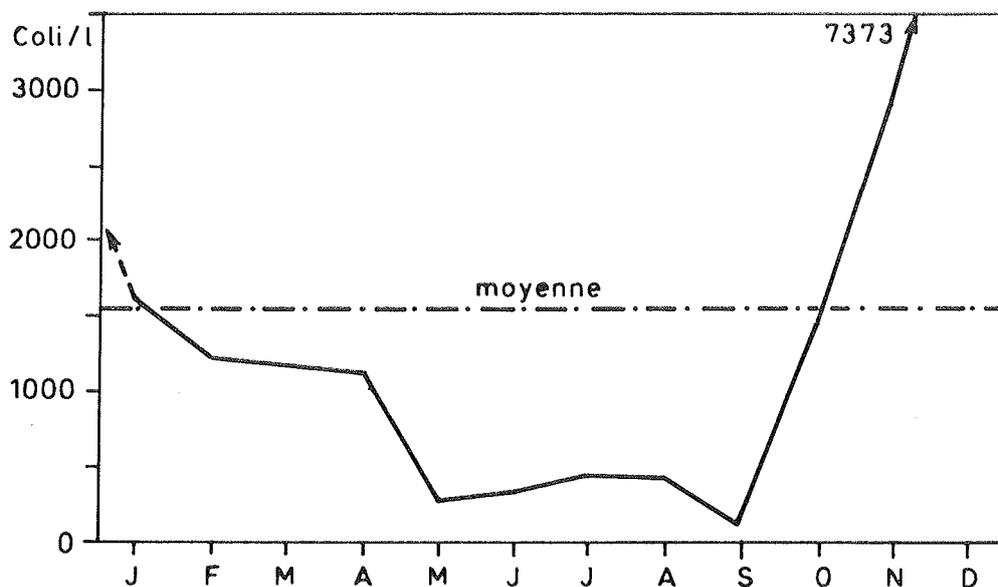
L'image pessimiste apportée par la forte concentration annuelle moyenne en coliformes du Grand Lac peut être tempérée en disant :

- 1) qu'elle a pour cause directe l'effarante richesse en coli des eaux au point VS 2 pendant les six derniers mois de l'année (37000 coli/l en moyenne), et que, depuis
- 2) au point objectif pélagique SHL 2 le nombre de coli/l a diminué, passant de 454 en 1970 à 391 en 1971 : la qualité des eaux du centre-lac s'est malgré tout légèrement améliorée.

### 3.3. Variation de la concentration mensuelle moyenne en coliformes par litre au cours de l'année 1971

#### 3.3.1. Grand Lac

Fig. 3 - Moyennes mensuelles des teneurs en coliformes/l du Grand-Lac en 1971

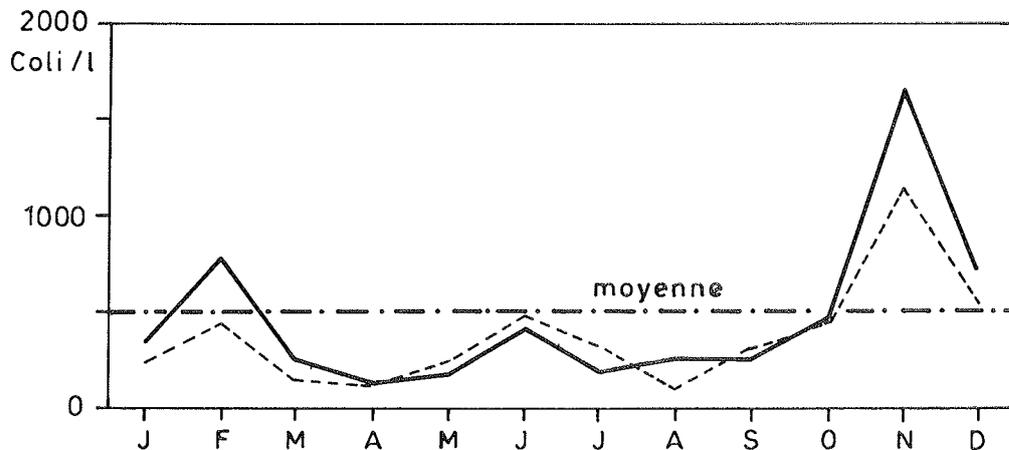


Les moyennes des mois de juin, juillet et août figurant sur la courbe de la figure N° 3 ont été calculées en omettant les moyennes mensuelles correspondantes du point VS 2 exagérément fortes.

L'évolution mensuelle des teneurs en coliformes dans le Grand Lac en 1971 a été sensiblement différente de celle constatée en 1970. L'année 1971 n'a pas permis d'enregistrer à nouveau le spectaculaire minimum des concentrations en coliformes des mois de juillet, août et septembre 1970. Toutefois, après une première période riche en coliformes (plus de 1200 coli/l) de janvier à avril, on observe une brusque diminution de leur nombre au mois de mai, diminution qui se prolonge jusqu'en septembre. Dès le mois d'octobre, on assiste à une rapide augmentation du nombre de coli/l qui culmine en décembre avec plus de 7000 coli/l en moyenne dans le Grand Lac.

### 3.3.2 SHL 2 - Centre Lac et Petit Lac

Fig. 4 - Moyennes mensuelles des teneurs en coliformes/l  
du Grand - Lac (—) et du Petit - Lac (-----)  
en 1971



Les évolutions mensuelles en 1971 des concentrations en coliformes du point pélagique SHL 2 (centre du Grand Lac) et du Petit Lac sont rigoureusement synchrones; seule l'amplitude des maximums et des minimums varie. Cette évolution ne présente aucun point commun avec celle du reste du lac - points proches des rives.

La concentration en coliformes, relativement faible en janvier, augmente brusquement au mois de février et décroît ensuite très rapidement pour atteindre un minimum en mars-avril (100-200 coli/l).

A partir du mois de mai, le nombre des colibacilles s'accroît progressivement et culmine modestement en juin (environ 500 coli/l); après une

période de décroissance où le nombre de coli se maintient aux alentours de 200, la concentration augmente brutalement au mois de novembre (plus de 1700 coli/l dans le Petit-Lac) puis diminue à nouveau en décembre.

#### 4. LES ENTEROCOQUES

4.1. Le tableau N° 4 réunit les concentrations mensuelles moyennes des streptocoques fécaux (entérocoques, abrégé en entéro-) par litre pour les différents points étudiés.

Disons d'emblée que la présence pour la première fois en 1971 dans ce tableau de trois points du Grand Lac proches des rives et situés dans des zones particulièrement touchées par les pollutions d'origine fécale, est intéressante.

Il faut souligner, en outre, que la recherche des entérocoques (et autres bactéries) pour tous les points du lac cités ici, sauf VD 4, a été faite par le même laboratoire (Service d'Hydrobiologie du canton de Genève). Ces différents lieux de prélèvements sont, de ce fait, très comparables entre eux.

4.2. Au vu des résultats obtenus, il semble que l'on puisse dire que les différences de concentrations enregistrées entre chaque point s'expliquent par :

- 1) l'éloignement par rapport à la côte (chance de survie plus faible).
- 2) la présence sur celle-ci d'une agglomération importante plus ou moins grande.

Ainsi donc, comme on peut s'y attendre, VD 4 (Vidy) est de loin le point le plus riche en entérocoques du fait de sa proximité des rives de l'agglomération lausannoise. (moyenne 1490 entéro/l, max. mensuel 9920 entéro/l.

Quant aux points SHL 6 et SHL 1, le premier, au large de la ville d'Evian, est relativement proche de la côte (moyenne 47 entéro/l, max. mensuel 340 entéro/l), alors que le second en est plus éloigné, bien qu'au large de l'agglomération de Thonon, de moyenne importance également. (moyenne 12 entéro/l, max. mensuel 60 entéro/l.)

4.3 Le fait le plus important à relever dans ce chapitre est la diminution considérable des teneurs en entérocoques par rapport à l'année 1970. Ainsi, pour le Petit Lac pris dans son ensemble, rade de Genève comprise, la diminution moyenne est de 58 % ; pour le point SHL 2 centre-lac, elle est de 45 %.

#### 5. CLOSTRIDIUMS SULFITO-REDUCTEURS

Le tableau No 5 donne les fréquences annuelles moyennes ( % ) des échantillons de 100 ml qui contenaient au moins 1 spore de Clostridium. En comparant les fréquences moyennes des années 1970 et 1971, on s'aperçoit que l'on assiste à une diminution de ces fréquences - sauf pour GE 4 - 28 % en moins pour le Petit Lac et 11,5 % pour le point SHL 2.

## 6. LES BACTERIOPHAGES ( VIRUS )

6.1 On trouvera dans le tableau No 6 les fréquences annuelles moyennes des échantillons de 20 ml d'eau contenant au moins 1 phage spécifique des différents germes testés, signalant ainsi la présence de la bactérie-test de souche identique et très voisine dans les eaux analysées.

6.2. On peut trouver dans ce tableau :

1. La diminution de la fréquence des phages de coli-36 aux points GE 3, GE 4, et SHL 2 par rapport à 1970. Ces fréquences s'abaissent même à un niveau inférieur à celui de 1969.
2. La diminution très importante du phage de Shigella paradysenteriae au point GE 4 (57 % de moins qu'en 1969 et 64 % plus faible qu'en 1970), alors que les autres points du Petit Lac se maintiennent à des fréquences identiques à celles des deux années précédentes; la diminution aussi de la fréquence de ce phage au point SHL 2 (33 % de moins qu'en 1970).
3. La disparition totale, dans 20 ml, à tous les points du Petit Lac et au point SHL 2, du phage de Salmonella paratyphi B.
4. Les fréquences beaucoup plus élevées des différents bactériophages recherchés au point VD 4 où plus de 70 % des échantillons de 20 ml contenaient des phages de Salmonella paratyphi B en 1970 !

## 7. RESUME ET CONCLUSIONS

Ils figurent, pour l'ensemble des études effectuées sur le Léman, à partir de la page 125.

---

TABLEAU N° 1

## NOMBRE DE GERMES PAR ml

## REPARTITION EN % SELON LES CONCENTRATIONS

	Germes / ml	1971							1971	1970	Moy. 71	Moy 70	Groupe 1970
		0 1000	1000 2000	2000 3000	3000 4000	4000 5000	5000 6000	6000 6000	0 2000	0 2000			
GROUPE C	VD 1	16,9	13,0	16,9	11,7	5,2	7,8	28,6	29,9	36,0	4474	4260	C
	VD 2	27,3	18,2	15,6	18,2	6,5	2,6	11,7	45,5	41,0	14000	4020	C
	SHL 1	33,4	19,4	10,2	7,4	5,6	1,8	22,2	52,8	39,0	4937	6180	C
	VS 3	32,4	15,5	19,4	7,8	5,2	2,6	16,9	47,9	30,1	2997	4280	C
GROUPE B	VD 4	39,2	29,7	16,7	4,8	0	0	9,5	68,9	57,0	2751	4990	C
	VD 3	36,4	36,4	13,0	10,4	1,0	0	2,6	72,8	59,0	1958	2860	C
GROUPE A	SHL 6	54,2	22,9	13,3	3,6	2,4	0	3,6	77,1	68,0	1952	9780	C
	VS 2	64,0	14,1	8,3	3,6	3,6	1,2	6,0	78,1	90,7	1449	691	A
	SHL 2	61,7	17,7	7,1	4,3	3,5	2,1	3,5	79,4	66,0	1451	8100	B
	VS 4	69,0	20,2	1,2	3,6	1,2	1,2	3,6	89,2	94,0	1024	697	A
	VD 5	75,4	13,0	3,9	2,6	0	2,6	2,6	88,4	94,0	1177	786	A
	GE 2	76,4	16,7	3,6	1,2	2,4	0	0	93,1	82,0	750	1160	A
	GE 4	80,1	12,5	3,1	1,0	2,1	0	1,0	92,6	79,0	873	1260	A
GE 3	91,5	6,2	2,1	0	0	0	0	97,7	93,0	511	1020	A	
1971	Gd Lac	47,7	20,2	11,2	6,9	3,2	2,0	10,0	67,9		2423		
	Pt Lac	84,0	11,7	2,9	0,7	0,7	0	0	95,7		670		
	LEMAN	44,7	33,6	7,5	4,4	2,1	1,2	6,3	78,3		2033		
1970	Gd Lac	40,0	18,0	11,0	5,5	4,5	4,0	17,0		58,0		3310	
	Pt Lac	51,2	33,7	12,3	2,0	0,8	0	0		84,9		1110	
	LEMAN	42,8	21,7	11,3	4,7	3,8	2,8	12,9		64,5		2780	

TABLEAU N° 2

GERMES TOTAUX  
MOYENNES ANNUELLES PAR POINT

POINT	MOYENNE sur 10 ans 1961 - 1970	MOYENNE sur 5 ans 1966 - 1970	MOYENNE de 1971
VS 2	916	1200	1449
VS 4	739	945	1024
VS 3	4587	3450	2997
VD 1	4467	3640	4474
VD 2	2428	3550	2878
VD 3	3400	3620	1958
VD 4	6215	4700	2751
VD 5	1392	1255	1177
SHL 1	1520	1845	4937
SHL 2	2288	3210	1451
SHL 6	2596	4340	1952
GE 1	1377	1625	1200
GE 2	988	945	750
GE 3	1045	850	511
GE 4	935	890	873
Gd Lac	2779	2880	2423
Pt Lac	1083	1080	670
LEMAN	2325	2340	2033

TABLEAU N° 3

## NOMBRE DE COLIFORMES PAR LITRE

## REPARTITION EN % SELON LES CONCENTRATIONS

		0 200	200 400	400 600	600 800	800 800	0 400	1971 0 600	1970 0 600	Moy. 1971	Moy. 1970	Groupe 1970
GROUPE C	SHL 6	6,0	15,7	15,7	14,4	48,2	21,7	37,4	86,0	2028	924	A
	VD 4	34,6	10,7	6,0	7,2	41,5	45,3	51,3	64,0	3891	2546	C
	SHL 1	26,0	19,5	13,0	4,3	37,2	45,5	58,5	81,0	923	624	B
	VS 2	59,5	0	0	0	40,5	59,5	59,5	57,0	13610	6369	(B)
	VD 1	53,2	2,6	5,2	5,2	33,8	55,8	61,0	44,0	2178	1368	C
	VD 2	52,0	11,7	2,6	3,9	29,8	63,7	66,3	47,0	1796	1650	C
GROUPE B	GE 2	38,2	13,1	17,9	4,8	26,2	51,3	69,2	67,0	539	634	C
	VS 4	73,7	0	0	0	26,3	73,7	73,7	63,0	1846	4000	(B)
GROUPE A	GE 4	35,4	23,0	13,5	8,3	19,8	58,4	71,9	74,0	559	597	B
	VD 3	48,0	15,6	9,1	5,2	22,1	63,6	72,7	61,0	490	906	C
	VS 3	59,5	11,8	3,9	3,9	20,9	71,3	75,2	70,0	441	704	B
	SHL 2	51,7	17,7	8,5	5,0	17,1	69,4	77,9	70,0	391	454	B
	GE 3	43,8	27,0	10,4	3,2	15,6	70,8	81,2	84,0	363	357	A
	VD 5	71,4	13,0	7,8	2,6	5,2	84,4	92,2	91,0	204	256	A
	GE 1	-	-	-	-	-	-	-	-	608	588	
1971	Gd Lac	48,1	11,4	6,8	4,8	29,0	59,5	66,3	-	2554		
	Pt Lac	39,0	21,4	13,8	5,5	20,4	60,4	74,2	-	497		
	LEMAN	46,0	13,6	8,4	4,9	27,1	59,6	68,0	-	2064		
1970	Gd Lac	40,0	11,4	16,3	2,3	30,0	51,4	-	67,7		1525	
	Pt Lac	29,4	21,8	15,3	5,7	27,5	51,2	-	66,5		542	
	LEMAN	37,4	14,0	16,0	3,2	29,4	51,4	-	67,4		1460	

TABLEAU No 4

## ENTEROCOQUES PAR LITRE

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy. 1971	Moy. 1970
GE 1	30	0	50	0	10	0	30	0	0	10	20	80	19	38
GE 2	18	6	11	0	0	6	6	0	1	4	27	33	9	18
GE 3	8	0	1	0	0	5	0	0	3	1	18	21	5	9
GE 4	13	0	0	0	0	4	0	3	5	0	45	22	8	17
Petit Lac	13	2	6	0	0	5	3	1	3	2	30	28	8	19
SHL 1	8	4	0	0	3	1	8	5	2	31	60	21	12	-
SHL 2	18	6	11	0	0	6	6	0	1	4	27	33	9	17
SHL 6	98	38	7	3	11	13	10	5	14	9	91	340	47	-
VD 4	4650	1350	620	20	50	140	20	90	90	500	450	9920	1490	-

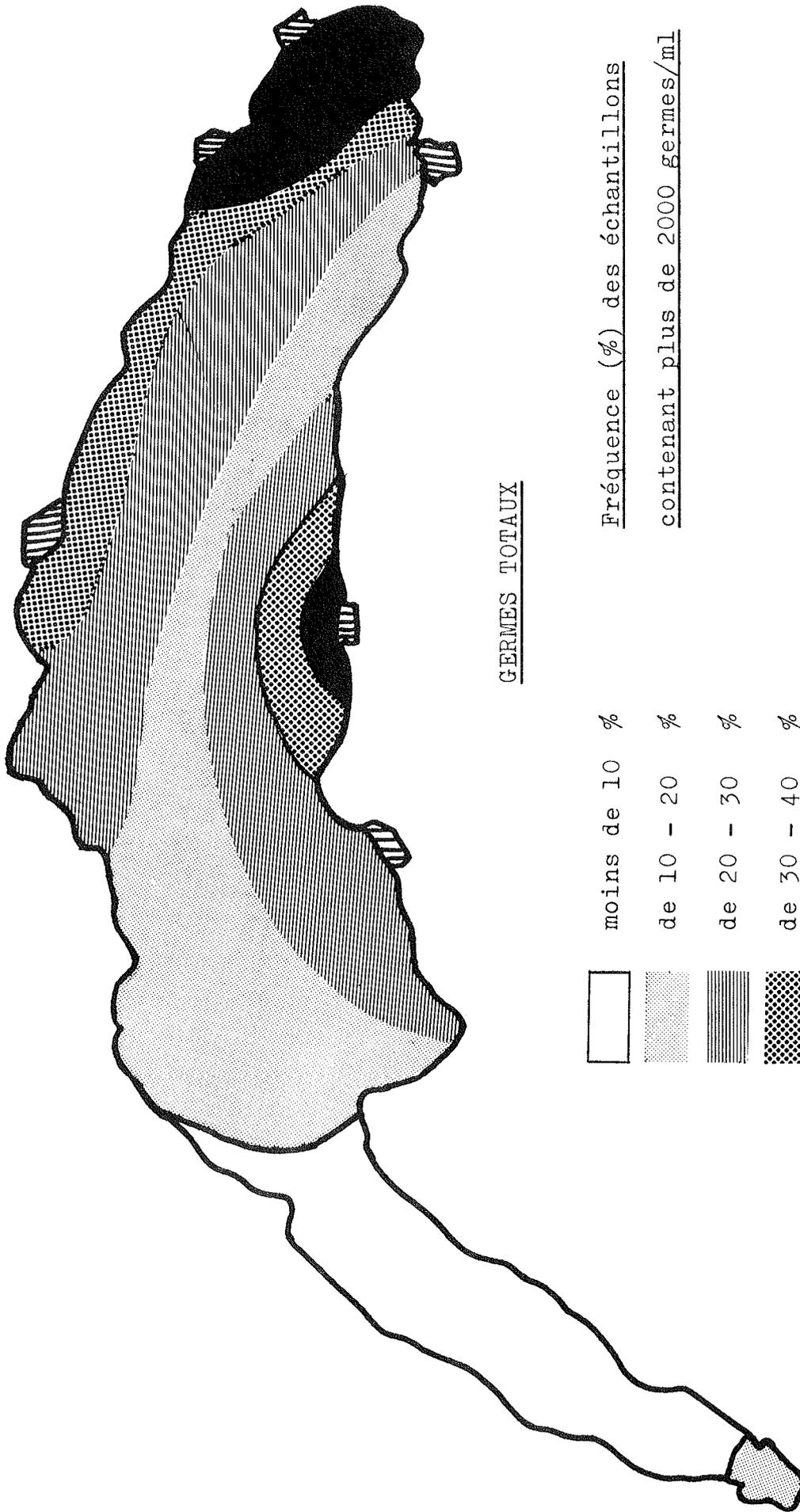
TABLEAU N° 5 CLOSTRIDIUMS SULFITO-REDUCTEURS (%)

	1969	1970	1971
GE 1	41,5	52,0	33,3
GE 2	25,5	62,0	40,5
GE 3	67,5	66,0	45,8
GE 4	64,0	30,0	39,6
Pt Lac	67,0	58,0	41,6
SHL 2	-	48,0	42,5
VD 4	-	-	97,5

TABLEAU N° 6 BACTERIOPHAGES (%)

	- Coli 36			-Shigella paradysent.			-Salmonella p-typhi B		
	1969	1970	1971	1969	1970	1971	1969	1970	1971
GE 1	25,0	25,0	16,7	33,3	25,0	33,3	0	0	0
GE 2	16,7	19,0	20,2	15,5	16,7	15,5	0	0	0
GE 3	12,5	18,7	11,5	14,6	14,6	14,6	1,0	1,0	0
GE 4	15,6	27,1	13,5	21,9	27,0	9,4	0	0	0
Pt Lac	17,5	22,4	14,9	21,3	20,8	13,9	0,25	0,6	0
SHL 2	-	19,4	12,0	-	18,1	11,3	-	0,7	0
*VD 4	-	-	53,3	-	-	22,6	-	-	7,2

\* Phage de Salmonella typhi: 4,9 %.

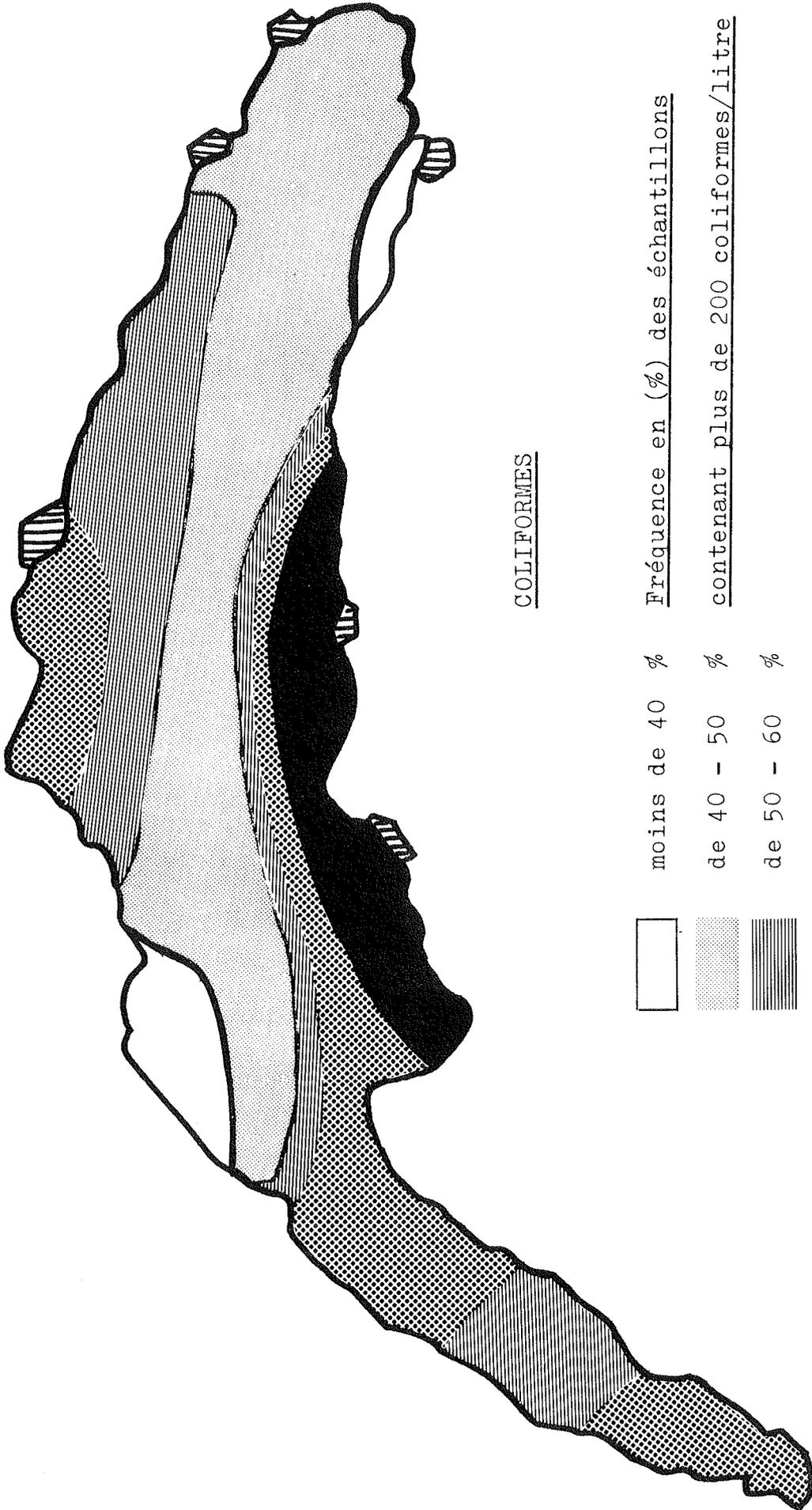


GERMES TOTAUX

Fréquence (%) des échantillons  
contenant plus de 2000 germes/ml

	moins de 10 %
	de 10 - 20 %
	de 20 - 30 %
	de 30 - 40 %
	plus de 40 %

Carte No 1



COLIFORMES

	moins de 40	%	<u>Fréquence en (%) des échantillons</u>
	de 40 - 50	%	<u>contenant plus de 200 coliformes/litre</u>
	de 50 - 60	%	
	de 60 - 70	%	
	plus de 70	%	

Carte No 2

CONCLUSIONS GENERALES SUR L'EVOLUTION DU LEMAN

EXAMENS PHYSICO-CHIMIQUES

EXAMENS BIOLOGIQUES

EXAMENS BACTERIOLOGIQUES



## INTRODUCTION

D'une manière générale, la vie du lac en 1971 a été conditionnée par les événements thermiques qui s'y sont passés en 1970 et 1971. Comme de tels événements se sont déjà produits il y a une dizaine d'années, et que leurs conséquences sont connues, il est possible à l'observateur averti d'en prévoir un certain nombre, à la condition toutefois qu'il soit en mesure d'examiner, mois après mois, les diverses données que les laboratoires auront recueillies. Mais cette transmission rapide des données n'est pas encore tout à fait réalisée.

Le programme d'étude sanitaire du Léman tel qu'il est prévu au programme quinquennal a été presque entièrement réalisé en 1971. Il arrive cependant qu'un laboratoire ou un autre voie ses travaux gênés par les conditions atmosphériques ou d'autres facteurs. Rappelons qu'aux termes du plan quinquennal, il s'agit d'un programme minimum fortement allégé, au-dessous duquel il n'est pas possible de descendre sans compromettre gravement l'interprétation des phénomènes.

Pour l'année 1971, les observations suivantes peuvent être faites:

### 1. EXAMENS PHYSICO-CHIMIQUES

1. Du point de vue de la transparence, l'eau du Léman ne s'est pas améliorée. Stable dans le Grand Lac, depuis quelques années (6,6 m en moyenne), la transparence a considérablement diminué dans le Petit Lac en 1971, atteignant une moyenne identique à celle du Grand Lac. Il n'y a donc pas pour le moment amélioration du point de vue de la transparence.

La transparence moyenne des eaux aux points SHL (régions pélagiques et sud du Grand Lac) est en augmentation sur celle des années antérieures. Ce phénomène s'explique par l'observation de valeurs élevées en début d'année, consécutives au jeu simultané de conditions météorologiques particulières et d'une activité minimum du plancton.

Dans le Petit Lac, une transparence minimum minimorum observée en mai 1971 au point GE 2. Une transparence de moins de 2,3 mètres constitue en effet la plus faible valeur jamais encore enregistrée dans le Petit Lac.

2. Les mesures de température montrent que l'eau du lac a été, en moyenne, froide, avec une température moyenne descendant au-dessous de 5°C. Cependant l'été a été chaud au-dessus de la normale. Ces amplitudes de température ont influencé fortement le régime physico-chimique du lac, favorablement dans certains cas, défavorablement dans d'autres.

Le lac s'est refroidi de 0,22°C en moyenne, en quinze ans.

3. Le pH présente une tendance générale à s'abaisser, tendance plus marquée dans le Petit Lac et dans le fond du Grand Lac. Bien que conditionnée partiellement par la thermique du lac, cette évolution du pH donne lieu à quelques inquiétudes.

4. Au gré de deux hivers successifs quelque peu plus rigoureux que les précédents, le régime de l'oxygène du lac s'est amélioré. Les couches profondes notamment ont profité de ces circonstances heureuses. Le bilan des gains hivernaux et des pertes estivales d'oxygène a été équilibré ces deux dernières années par 157'000 tonnes de part et d'autre.

La concentration moyenne en oxygène (moyenne selon la technique des mélanges) a été de 9,65 mg/l, avec un taux de saturation de 83,9 %.

Nous insistons sur le fait que les améliorations constatées, aussi bénéfiques qu'elles soient, ne proviennent pas d'une modification de la qualité de l'eau, mais d'un concours de circonstances climatologiques favorables dont on ne peut prévoir la durée.

5. La quantité totale d'azote minéral n'a pas changé de 1970 à 1971. Elle est actuellement de 34'000 tonnes.
6. La teneur en ammoniacque a augmenté. Que l'on considère la question du point de vue de la fréquence, de la répartition géographique, de la concentration ou du tonnage, jamais la situation n'a été si mauvaise qu'en 1971. La fréquence de l'ammoniacque a passé à 68 %. On en rencontre partout en tout temps. La concentration en moyenne arithmétique a passé à 0,022 mg N/l, le tonnage à 1'100 tonnes. Tous ces chiffres constituent malheureusement des records.
7. Les nitrites n'ont augmenté ni en concentration, ni en tonnage. Mais ils se sont répandus dans tout le lac, aussi dans les couches profondes. Ils n'ont jamais été aussi fréquents qu'en 1971.
8. Les concentrations réelles en nitrates du lac restent stables, ou régressent de manière peu significative. La concentration moyenne en 1971 est de 0,37 mg/l, soit une quantité de 33'000 tonnes. Les concentrations diminuent dans les couches superficielles et augmentent en profondeur.

L'absence de déterminations de l'azote organique empêche d'étudier convenablement le cycle de l'azote.

9. Les orthophosphates représentent environ 70 % du phosphore total. Leur concentration est de 0,047 mg P/l, soit 4'100 tonnes de phosphore. Ils peuvent parfois être entièrement consommés par le plancton.
10. Les prévisions que nous avons faites en 1969 au sujet des relations entre le refroidissement de l'eau du lac et la remise en circulation du phosphore se sont réalisées en 1970 et 1971.

Après avoir fortement augmenté en 1970, la concentration en phosphore a bien sûr baissé en 1971, mais elle est restée encore en-dessus de celle observée en 1969 et toutes les années précédentes. La concentration actuelle est de 0,060 mg/l, soit environ 6'000 tonnes. Les couches du fond du lac restent riches en phosphore.

La situation au lac est donc fortement obérée et l'on ne saurait parler d'amélioration, même passagère.

En résumé, si, par le fait des circonstances climatiques exceptionnelles, la provision en oxygène du lac s'est fortement améliorée, on ne peut prévoir que cette situation se maintiendra.

Diminution de la transparence de l'eau, augmentation de l'ammoniaque, généralisation des nitrites, hautes concentrations en phosphore, indiquent que l'état sanitaire du Léman ne s'est pas amélioré et que l'effet des stations d'épuration ne s'est pas encore fait sentir. L'évolution du lac n'est pas encore stabilisée.

Il serait opportun que des études soient consacrées aux phénomènes de remise en circulation des substances eutrophisantes et d'échange eau-sédiment.

## 2. EXAMENS BIOLOGIQUES

Les observations faites dans le Grand Lac et le Petit Lac concordent:

### 2.1. Grand Lac.

A partir de l'étude du plancton de la rive sud du Grand Lac, il a été possible d'établir les données suivantes:

Les volumes de net plancton recueillis sont en augmentation sur ceux récoltés au cours des années antérieures.

Numériquement les algues ont été également plus abondantes qu'en 1969 et 1970.

Qualitativement les diatomées restent prépondérantes, mais les genres habituels perdent de leur importance au profit d'algues autrefois peu abondantes ou nouvelles. Les Conjuguées continuent à s'accroître aux dépens des Dinophycées. Les Cyanophycées ont été peu abondantes, mais les Oscillaires ont été présentes en petite quantité toute l'année, sauf en septembre.

Le nombre des rotifères varie au cours de l'année dans le rapport de 1 à 100, leur biomasse n'est pas prépondérante au sein du zooplancton.

L'ensemble de ces données ne saurait être interprété comme le signe d'une amélioration de l'état du lac.

### 2.2. Petit Lac.

Les faits saillants de l'année 1971 peuvent être résumés de la manière suivante:

1. La production de micro- et macro- plancton s'est accrue en tous les points du Petit Lac.
2. On a observé un développement saisonnier extraordinaire d'espèces nanno-

planctoniques: *Stephanodiscus hantzschii* ( $4,6 \cdot 10^6$  cellules par litre en avril 1971).

3. Il y a un développement en nombre phénoménal, à certaines périodes de l'année, d'algues classiques du Léman:

<i>Ceratium hirundinella</i>	en août
<i>Melosira islandica</i>	en mars-avril
<i>Fragilaria crotonensis</i>	en septembre
<i>Closterium aciculare</i>	en octobre

4. Des espèces nouvelles pour le Léman sont apparues, telle

<i>Melosira binderana</i>	en octobre-novembre
---------------------------	---------------------

5. Les infections d'algues du lac par des champignons parasites sont de plus en plus fréquentes et massives et la fréquence des organismes épiphytes est en augmentation.

6. Les changements intervenant dans les biocénoses algales ont eu sur le zooplancton les répercussions suivantes:

- apparition d'espèces nouvelles de rotateurs
- augmentation de la faune infusorienne et flagellée
- raréfaction de certaines espèces de crustacés  
(*Bosmina*, *Bythotrephes*, *Leptodora*)

Etant donné toutes ces modifications continues et rapides des biocénoses phyto- et zoo- planctoniques -conséquences de l'eutrophisation croissante des eaux du lac-, la prévision de l'évolution biologique future est rendue difficile. Les cyanophycées qui, à plusieurs reprises déjà, avaient montré des poussées menaçantes, ne se sont néanmoins pas encore implantées d'une manière prépondérante dans les eaux du lac; paradoxalement même, leur prolifération est contenue d'une façon inexplicable.

### 3. EXAMENS BACTERIOLOGIQUES.

Un résumé succinct des principales constatations faites nous permettra d'envisager l'évolution de la situation bactériologique du Léman en 1971.

#### 1. Germes totaux

Dans le Grand Lac, il y a eu en moyenne 16 % du nombre de germes totaux en moins que pendant la période 1966-1970; au point pélagique du Grand Lac SHL 2, 55 % en moins et dans le Petit Lac 38 % en moins.

#### 2. Coliformes

La concentration moyenne annuelle en coliformes/l s'élève dans le Grand Lac, diminue au point SHL 2 et dans le Petit Lac. Les fréquences des échantillons "pauvres" en coli/l (0-200 coli/l) ont, malgré tout, augmenté de façon nette dans les trois cas cités.

### 3. Entérocoques

Il faut noter une diminution générale de la concentration moyenne en entérocoques/l dans le Petit Lac (58 % de moins qu'en 1970) et au point SHL 2 (47 % en moins).

### 4. Clostridium sulfito-réducteurs

La fréquence moyenne des Clostridium sulfito-réducteurs/100 ml diminue dans le Petit Lac et au point SHL 2.

### 5. Bactériophages

Il y a diminution ou statu quo de la fréquence moyenne des différents bactériophages pour les points de prélèvements du Petit Lac et diminution générale de cette fréquence au point SHL 2.

Au vu des résultats des campagnes de recherches bactériologiques du Léman en 1971, force nous est de constater que la dégradation de la situation bactérienne du lac en cette année a marqué le pas par rapport aux années précédentes.

Sommes-nous alors autorisés à parler d'une réelle amélioration de la qualité des eaux du Léman ? Nous ne le pensons pas et il serait d'ailleurs prématuré de le faire: il faut attendre le verdict des années prochaines. En effet, la diminution du nombre de germes totaux peut s'expliquer par plusieurs facteurs, parmi lesquels un seul nous intéresse au premier chef: la diminution ou le ralentissement des apports extérieurs en eaux souillées par les activités humaines (germes fécaux et autres matières organiques et fertilisantes, polluants chimiques, etc.). Une diminution passagère de la production primaire dans le lac -due à de mauvaises conditions climatiques par exemple- ou une action inhibitrice ou antagoniste vis à vis de la prolifération des germes aquatiques (antibiose) peuvent aboutir à une même diminution.

### NOTE FINALE

Si la qualité physico-chimique des eaux du Léman a vu sa dégradation se ralentir, du moins pour quelques critères, sa qualité biologique a marqué un pas de plus vers l'eutrophisation. Quant à la qualité du point de vue de l'hygiéniste, elle ne cesse pas d'être très préoccupante, surtout en certains points proches des rives du Grand Lac (Lausanne, Evian, Thonon, etc.).

Ces quelques constatations doivent, semble-t-il, encourager chacun à lutter de plus en plus efficacement pour la sauvegarde du Léman. Si la vigilance et la volonté de lutter de tous -autorités responsables et simples citoyens- se maintiennent et s'accroissent, alors peut-être, les années qui vont suivre permettront-elles de parler d'une amélioration réelle de la qualité des eaux de tout le lac.

R A P P O R T

SUR

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

Campagne 1971

par Pierre Burkard

Services Industriels de Genève  
Service des Eaux  
Laboratoire



## 1. GENERALITES

### 1.1. Affluents étudiés, programme des analyses.

Le nombre des affluents étudiés en 1970 le long des rives du lac Léman n'a pas été modifié par rapport à l'année précédente. Il s'élève à 27, à savoir le Rhône à son embouchure (Porte du Scex), 13 affluents secondaires sur la rive droite du Grand Lac, 9 sur les rives du Petit Lac et sur la rive gauche du Grand Lac, la Dranse pour laquelle les chiffres transcrits dans ce rapport représentent la moyenne arithmétique d'analyses effectuées sur des échantillons prélevés sur les deux rives. Pour établir les bilans complets pour les différents critères pris en considération, l'inventaire de la Sous-commission technique tient encore logiquement compte de l'unique émissaire, le Rhône à Genève, mais a jusqu'à présent, ignoré les débits soutirés dans les captages d'eau potable et d'eaux industrielles.

Depuis quelques années déjà, le Laboratoire d'Hydrobiologie de Genève suit l'évolution de la qualité de l'eau de l'Arve et de l'Allondon à leur embouchure dans le Rhône en aval de Genève et celle de ce fleuve à l'endroit où son cours quitte le territoire genevois (Rhône-Chancy). Il nous a semblé intéressant d'incorporer les résultats de ces études au rapport général sur les affluents, ceci d'autant plus que les prérogatives de la Commission internationale s'étendent au Rhône jusqu'à la frontière franco-suisse.

Ce même laboratoire, anticipant sur le plan quinquennal de travaux et recherches de la Sous-commission technique, années 1971 - 1975, suit, depuis quelques années également, en parallèle avec l'étude proprement-dite des affluents du lac Léman et du Rhône, l'évolution de la qualité de l'eau de trois affluents, la Versoix, l'Arve et l'Allondon, en un certain nombre de points répartis entre la frontière franco-suisse et leur embouchure. Par ailleurs, le Nant d'Aisy est contrôlé en amont du point de déversement de l'effluent de la station d'épuration. Enfin, la Dranse fait l'objet d'une étude poussée sur son cours inférieur entre le Pont de la Douceur et l'embouchure. Il nous a paru indiqué de tenir compte de tous ces résultats dans le présent rapport. Ils seront brièvement décrits dans un chapitre spécial.

En résumé, la liste des affluents étudiés est, en 1971, la suivante:

#### Grand Lac, rive droite:

Le Grand Canal	embouchure	lac	
L'Eau Froide	embouchure	lac	
La Maladaire	embouchure	lac	
La Veveyse	embouchure	lac	
Le Forestay	embouchure	lac	
La Lutrive	embouchure	lac	
La Paudèze	embouchure	lac	
Le Flon	embouchure	lac	Station épuration Vidy
La Chamberonne	embouchure	lac	
La Venoge	embouchure	lac	
La Morges	embouchure	lac	
L'Aubonne	embouchure	lac	
La Dullive	embouchure	lac	(depuis 1970)

Grand Lac, rive gauche:

Rhône, Porte du Scex	embouchure	lac
Canal Stockalper	embouchure	lac
La Bouverette	embouchure	lac
La Morge de St Gingolph	embouchure	lac
La Dranse	embouchure	lac (= moyenne rive droite + Pont de la Douceur rive gauche) rive droite, rive gauche.

Petit Lac, rive droite et rive gauche:

La Promenthouse	embouchure	lac
Le Nant de Riond (= Canal Crans)	embouchure	lac
Le Nant de Pry	embouchure	lac
Le Nant du Brassu	embouchure	lac
La Doye	embouchure	lac
La Versoix	embouchure	lac + 3 points en amont
Le Vengeron	embouchure	lac
L'Hermance	embouchure	lac
Le Nant d'Aisy	embouchure	lac + amont déversement effluent station d'épuration

Emissaire:

Rhône à Genève rade

Rhône jusqu'à Chancy:

Arve	embouchure	Rhône + frontière
Allondon	embouchure	Rhône + 2 points en amont
Rhône Chancy	frontière	franco-suisse

Les moyennes des concentrations ont été calculées à partir de l'ensemble des résultats analytiques obtenus pour toutes les rivières énumérées ci-dessus.

Quant aux apports chiffrés, exprimés généralement dans ce rapport en tonnes par an, ils ne tiennent pas compte de la Morge de St Gingolph, du Nant de Pry et de l'Allondon qui n'ont pas fait l'objet de jaugeage de débit au moment des prélèvements des échantillons. Pour les autres affluents, les apports ont été calculés à partir des concentrations et des débits instantanés mesurés lors de chaque campagne de prélèvements, sauf en ce qui concerne l'émissaire et le Rhône de Chancy. Pour ces deux points, il nous a semblé qu'il était plus exact de calculer les tonnages à partir des concentrations moyennes annuelles et des débits moyens jaugés en continu.

1.2. Fréquence des prélèvements:

Pendant l'année 1971, la fréquence des prélèvements a été mensuelle pour les affluents secondaires du Lac Léman et du Rhône en aval de Genève, et bi-mensuelle pour la Dranse et l'émissaire, considérés tous deux comme points dits objectifs et soumis de ce fait, d'après le plan quinquennal de la Sous-commission technique, à des contrôles plus fréquents. Ce même plan prévoyait également de prélever 24 fois en 1971 l'eau du Rhône à son embouchure (Porte

du Scex). Ce programme n'a pu malheureusement être réalisé qu'à moitié, ce que nous estimons personnellement être regrettable, vu l'importance de cet affluent.

### 1.3. Critères analysés:

La liste exhaustive des critères analysés avec indication des affluents dont l'eau a été, pour une partie des prélèvements tout au moins, soumise à analyse, est la suivante:

température de l'eau, au prélèvement		ensemble des affluents
pH de l'eau, au prélèvement		ensemble des affluents
conductibilité		affluents VD, VS, F
turbidité selon Sigrist		affluents VD
oxygène dissous avec calcul du taux de saturation et des apports	}	ensemble des affluents
D.B.O. avec calcul du taux de consommation et des apports "négatifs"		ensemble des affluents
Oxydabilité au permanganate		affluents VS
D.C.O. (méthode au bichromate)		affluents GE
Azote ammoniacal	} avec calcul des apports	ensemble des affluents
nitreux		
nitrique		
minéral total)		
Azote total et organique		la Dranse
Orthophosphates	} avec calcul des apports	ensemble des affluents
Phosphore organique		
Phosphore total		
Détergents, avec calcul des apports		ensemble des affluents
Chlorures, avec calcul des apports		ensemble des affluents
Hydrocarbures, avec calcul des apports	}	affluents VD et affluents VS
Dureté totale		ensemble des affluents, sauf Dranse
Titre alcalimétrique complet		ensemble des affluents
Calcium, avec calcul des apports		ensemble des affluents
Magnésium, avec calcul des apports		ensemble des affluents
Potassium, avec calcul des apports		affluents VD, VS, F
Analyses bactériologiques:		
nombre total de germes		affluents VS et GE
coliformes		affluents VS et GE

Remarques:

VS = affluents valaisans  
 VD = affluents vaudois  
 F = affluents français (la Dranse)  
 GE = affluents genevois

### 1.4. Conditions météorologiques.

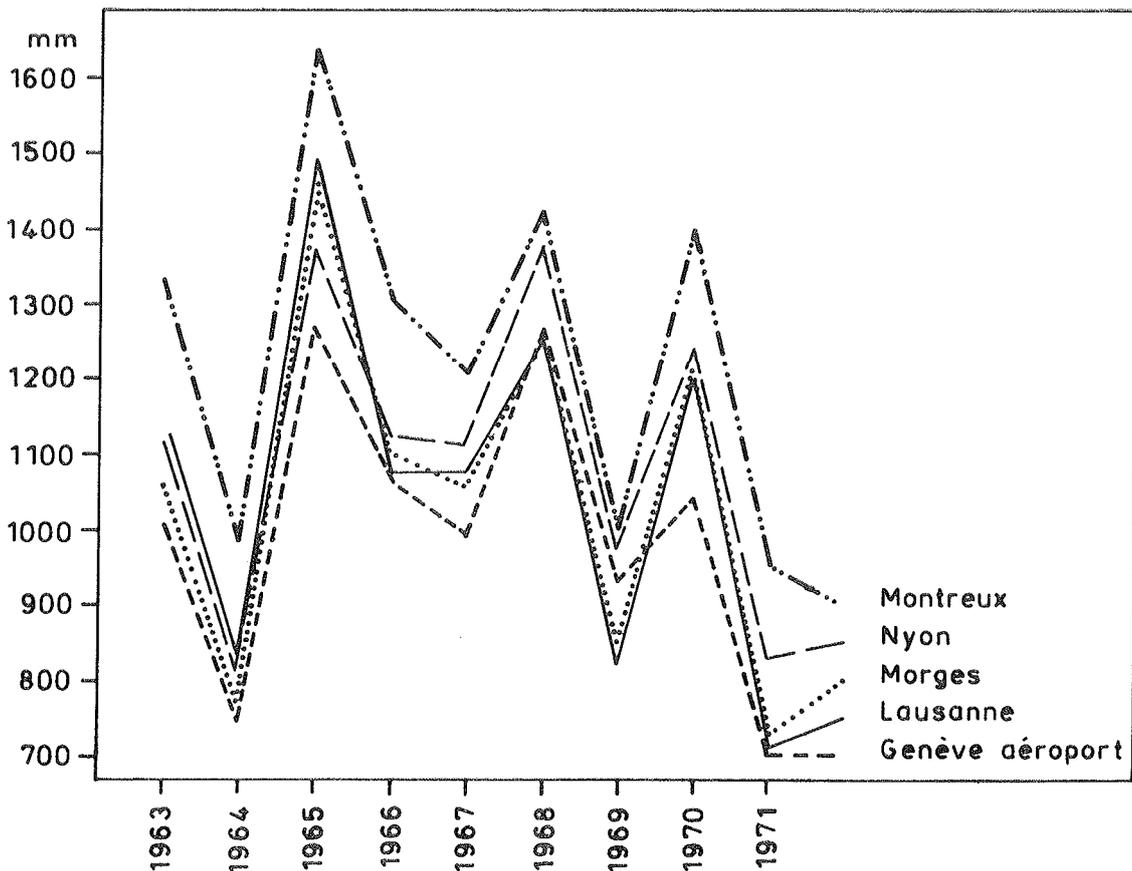
D'après les chiffres des hauteurs des précipitations pour quelques stations de mesure réparties le long de la rive suisse du lac et en suivant leur évolution sur un graphique, il apparaît que l'année 1971 a été particulièrement

sèche. Le déficit, par rapport aux moyennes multi-annuelles 1901 - 1960 est, en chiffres ronds, de 80 % environ.

HAUTEURS DES PRECIPITATIONS ANNUELLES EN mm

Années	Genève Aéroport	Nyon	Morges	Lausanne	Montreux
1963	1013	1123	1063	1129	1338
1964	747	816	758	810	981
1965	1270	1485	1454	1373	1633
1966	1068	1079	1103	1123	1307
1967	992	1078	1059	1113	1206
1968	1269	1258	1252	1374	1421
1969	931	821	845	977	1000
1970	1039	1201	1211	1240	1398
1971	703	715	810	831	957
1901-1960	930	1019	998	1064	1151

Fig.: 1 - HAUTEURS DES PRECIPITATIONS ANNUELLES EN mm



Depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique sur les affluents du lac Léman, soit depuis 1963, l'année faisant l'objet de ce rapport a présenté les hauteurs de précipitations les plus faibles. La sécheresse a été presque aussi marquée en 1964 et un peu moins prononcée en 1969. Les années 1965, 1968 et 1970 par contre ont été proportionnellement les plus humides.

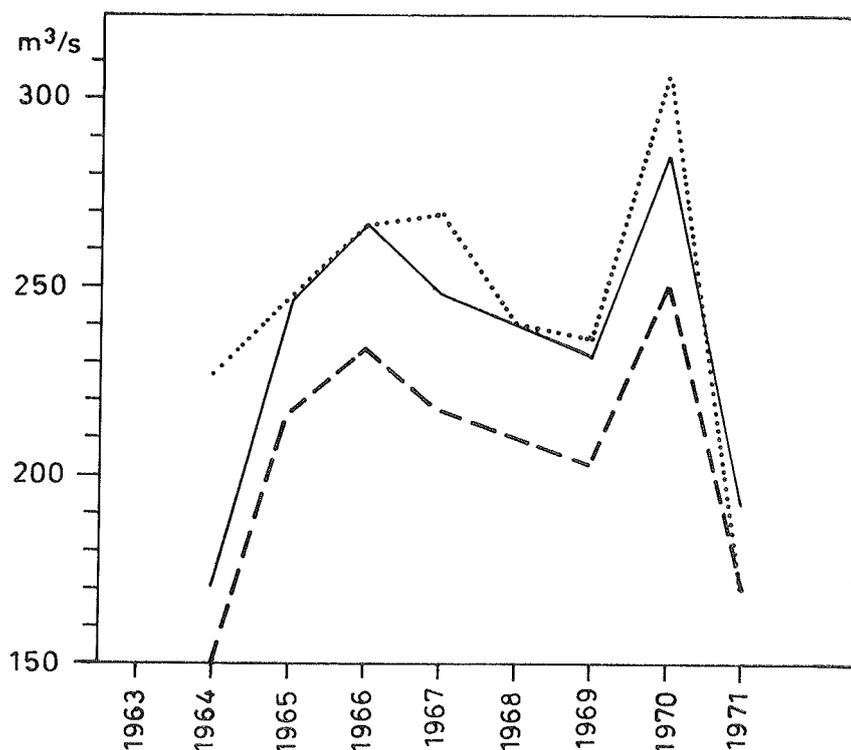
#### 1.5. Débits des affluents du lac Léman (Voir tableau No 1 )

Nous avons, dans de précédents rapports, estimé que l'inventaire de la Sous-commission technique englobait le 86 à 90 % des apports liquides dus aux affluents. Dans le but d'évaluer, d'une façon du reste certainement peu précise, puisqu'il n'est pas tenu compte d'une part des volumes soutirés par les stations de pompage et de l'évaporation, et d'autre part des apports dus aux précipitations et aux sources sous-lacustres, la valeur relative des bilans établis à partir des concentrations et des débits instantanés, nous avons pris l'habitude de comparer la somme des débits moyens annuels de l'ensemble des affluents avec le débit moyen jaugé de l'émissaire, le Rhône à Genève. En 1971, la somme des débits des affluents est d'environ 171 m<sup>3</sup>/s, alors que l'émissaire a présenté un débit moyen annuel jaugé de 194 m<sup>3</sup>/s. La différence est de 23 m<sup>3</sup>/s, soit environ 12 %. Cette proportion concorde avec l'estimation du débit des affluents non inventoriés. Il est donc plausible d'admettre que les bilans établis en 1971 sont relativement exacts, contrairement à ce que nous avons souvent constaté dans nos précédents rapports et que rappellent les chiffres et les courbes correspondantes situés ci-dessous et au haut de la page suivante.

Années	<u>Sommes des débits</u> moyens annuels de l'ensemble des affluents du Léman	<u>Débits moyens</u> <u>annuels</u> <u>de l'émissaire</u>	<u>Débits de</u> <u>l'émissaire</u> moins 12 % *
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1964	227,805	171	150
1965	247,219	246	216
1966	266,847	266	234
1967	269,667	248	218
1968	240,300	240	211
1969	237,380	232	204
1970	307,151	285	251
1971	171,258	194	171
1964 - 1971	242,392	235	207

\* En admettant que le 88 % du débit des affluents soit compris dans l'inventaire de la Sous-commission technique.

Fig. : 2 - COMPARAISON ENTRE DEBITS JAUGES ET MESURES



- ..... Somme des débits moyens annuels mesurés au moment des prélèvements
- Débit jaugé de l'émissaire, moyenne annuelle
- Débit jaugé de l'émissaire, moyenne annuelle moins 12% correspondant théoriquement au débit des affluents inventoriés

En suivant l'hypothèse de travail énoncée précédemment, il est possible de grossièrement estimer, en comparant la somme des débits moyens annuels de l'ensemble des affluents du lac Léman avec le débit moyen de l'émissaire ramené à 88 %, que les erreurs probables commises lors du calcul des apports sont de l'ordre de :

<u>Années</u>	<u>Erreurs en %</u>
1964	+ 34
1965	+ 13
1966	+ 12
1967	+ 19
1968	+ 12
1969	+ 14
1970	+ 18
1971	0

Il est, à notre avis, plausible d'admettre que les erreurs dues aux estimations des apports des affluents secondaires n'ont en définitive, vu leurs débits proportionnellement minimes, qu'une importance relative dans les calculs des bilans. Il n'en va certainement pas de même du Rhône à son embouchure et, dans une moindre proportion, de la Drance. Ainsi, pour le Rhône à son embouchure, les erreurs commises ont été, pour les trois dernières années, d'environ :

<u>Années</u>	<u>Débits jaugés</u> moy. annuelles  m <sup>3</sup> /s	<u>Débits mesurés</u> (Prélèvements) moy. annuelles  m <sup>3</sup> /s	<u>Erreur</u>  en %
1969	169	191	+ 13
1970	207	245	+ 18
1971	152	134	- 12

En conclusion, il semble au vu des débits, qu'en 1971 si les bilans pour l'ensemble des affluents du lac Léman paraissent exacts, par contre il est probable que les apports du Rhône sont légèrement sous-estimés, alors que ceux des affluents secondaires sont faiblement surestimés.

Pour l'ensemble des affluents, seuls le Grand Canal, l'Eau Froide, le Flon à Lausanne (station d'épuration de Vidy) et la Morges ont présenté, en 1971, des débits moyens annuels supérieurs à ceux de l'année précédente.

Pour le Rhône à la Porte du Scex, les débits, de janvier à avril, ont oscillé autour de 100 m<sup>3</sup>/s. Ils ont ensuite augmenté et atteint près de 200 m<sup>3</sup>/s en mai, 160 - 170 m<sup>3</sup>/s en juin et juillet et 230 m<sup>3</sup>/s en août. Dès le mois suivant, on constate une baisse régulière se terminant en novembre avec 80 m<sup>3</sup>/s.

Pour la Dranse, nous avons enregistré deux maxima culminant à 38 m<sup>3</sup>/s au début mai et à fin juin, alors que pendant les autres mois, les débits ont été inférieurs à 15 m<sup>3</sup>/s, voire à 10 m<sup>3</sup>/s en février - mars et octobre - novembre.

Pour les autres affluents, en particulier sur la rive vaudoise, nous avons constaté de fortes augmentations des débits en juin 1971 et des valeurs faibles en début et fin d'année.

Le débit de l'émissaire, le Rhône à Genève, a été, en moyenne annuelle, de 194 m<sup>3</sup>/s. Les apports de l'Arve et de ses autres affluents l'ont porté à 236 m<sup>3</sup>/s à Chancy, soit pratiquement à la frontière franco-suisse.

## 2. RESULTATS DES ANALYSES, ETUDE DES APPORTS

### 2.1. Température de l'eau des affluents (cf tableau n° 2)

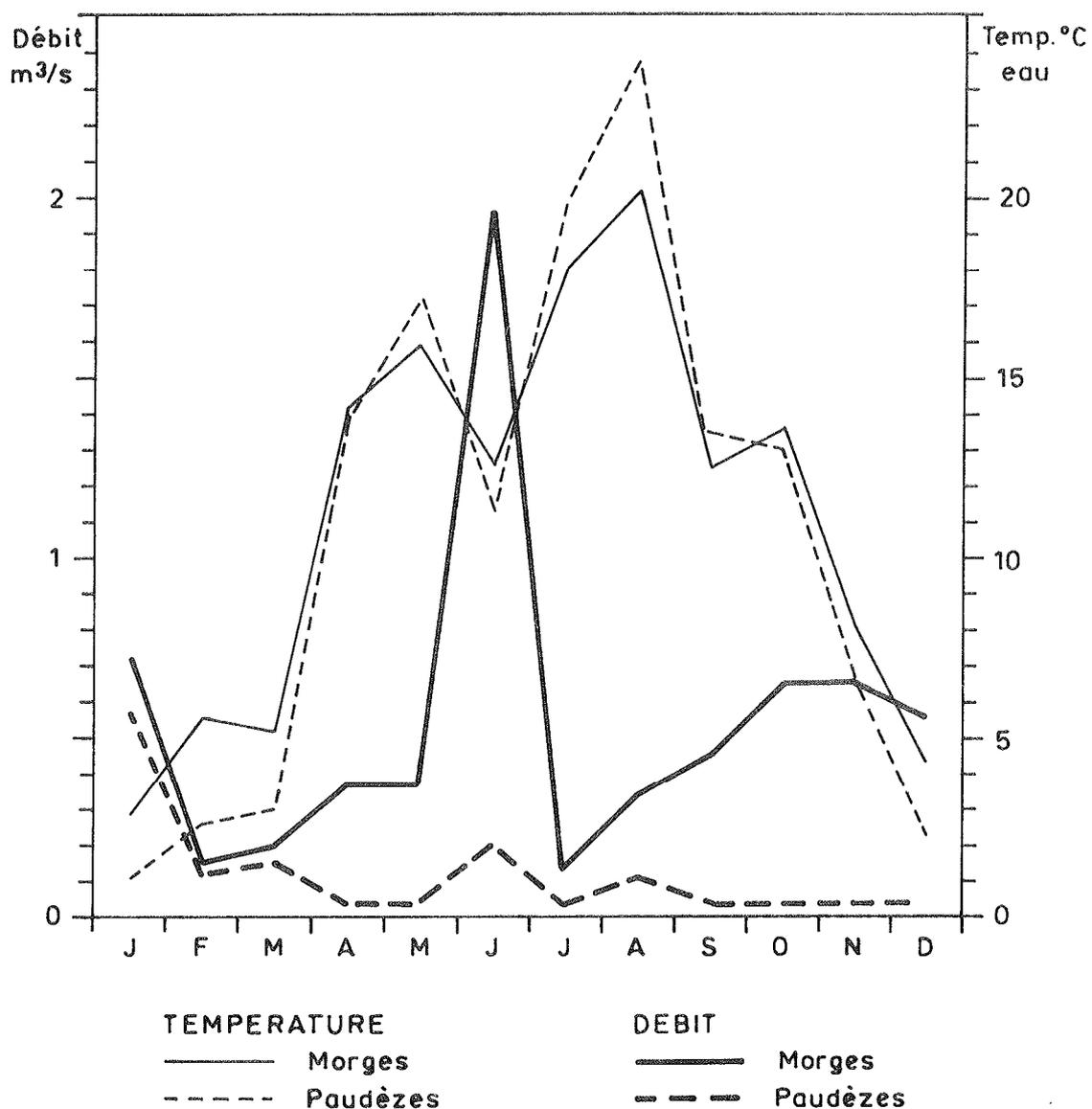
Les conditions météorologiques exceptionnelles de l'année 1971 ont eu comme conséquence logique de provoquer un réchauffement quasi général de l'eau des affluents. En effet, non seulement la moyenne annuelle de la température de l'eau passe, pour l'ensemble des affluents du lac Léman, de 8,79°C en 1970 à 9,78°C l'année suivante, mais cette augmentation est sensible pour la majeure partie de ceux-ci. En effet, sur les 27 affluents inventoriés, 23 présentent en 1971 des températures moyennes légèrement plus élevées que l'année précédente, alors que 4 seulement sont caractérisées par une baisse, très faible du reste et due à des températures très basses de l'eau rencontrées lors des prélèvements de fin février - début mars (Nant de Riond, Nant de Pry, Nant du Brassu, Vengeron).

Les maxima annuels, qui souvent atteignent ou dépassent les 20°C, sont également plus élevés que l'année précédente, sauf en ce qui concerne le Ven-geron et le Nant d'Aisy.

Les variations, dans le cours d'une année, dépendent, comme le montrent les graphiques ci-joints, naturellement des saisons, mais aussi en partie des débits: à de fortes crues correspondent souvent des températures un peu plus basses pendant les mois chauds de l'année.

Fig. : 3 - DEBITS ET TEMPERATURES : MORGES ET PAUDEZE

1971



La température moyenne de l'eau de l'émissaire s'est élevée à 11,42°C en 1971. Les apports de l'Arve et, dans une moindre proportion, de l'Allondon, ont très légèrement abaissé cette valeur qui est tombée à 11,02 à Chancy. Ces deux affluents ont du reste une influence plus marquée sur les extrêmes de la température de l'eau du Rhône entre Genève et Chancy. Ainsi les maxima, entre ces deux points, sont abaissés de 22,4 à 20,8°C et les minima passent de 1,8 à 3,8°C.

Pour les affluents du lac Léman, les rivières les plus froides sont, en 1971, le Nant du Brassu (moy.ann. 7,97°C), la Versoix (8,27), le Nant de Pry (8,09), la Morge de St Gingolph (7,39); les plus chaudes, le Flon à Lausanne (15,03), la Maladaire (11,71), la Lutrive (11,55), la Morges (11,09) et le Nant d'Aisy (11,19).

## 2.2. pH de l'eau des affluents (cf tableau n° 3)

Du fait des conditions météorologiques rencontrées pendant ces deux dernières années - 1970 a été humide et 1971 sec - et en admettant les résultats de l'ensemble des campagnes antérieures de recherches de la Sous-commission technique, l'année faisant l'objet de ce rapport aurait dû être caractérisée par un pH moyen de l'eau des affluents du lac Léman sensiblement plus élevé que celui de l'année précédente. Or, nous constatons au contraire une légère baisse du pH moyen annuel qui, de 7,91 en 1970, passe à 7,86 en 1971. Cette tendance, plus ou moins marquée suivant les cas, se rencontre dans les eaux de 17 affluents. Cinq rivières n'accusent qu'une augmentation non significative et cinq enfin présentent un pH de leurs eaux sensiblement plus alcalin, à savoir l'Eau Froide (augmentation: + 0,12 pH), la Lutrive (+ 0,13), le Canal Stockalper (+ 0,47), la Bouverette (+ 0,12) et le Rhône à son embouchure (+ 0,26).

Ces différences proviennent éventuellement du fait que, de 1963 à 1969, les constatations furent fondées sur des valeurs de pH corrigées en fonction de la température des échantillons au moment du prélèvement, alors que, pour les rapports des années 1970 et 1971 nous avons utilisé, selon décision de la Sous-commission technique, les valeurs directement mesurées lors de l'échantillonnage.

Comme chaque année, les valeurs les plus basses se rencontrent dans l'eau des affluents secondaires de la plaine du Rhône, le Grand Canal (moy.ann. 7,22), l'Eau Froide (7,37) et le Canal Stockalper (7,67), probablement en rapport avec la minéralisation assez élevée de leur eau, et dans l'eau du Flon à Lausanne (7,22) qui représente pratiquement l'exutoire de la station d'épuration de Vidy.

Les valeurs les plus élevées - dépassant 8,00 en moyenne annuelle - sont le fait, sur la rive droite du Grand Lac, des eaux du Forestay, de la Lutrive et de la Paudèze, sur la rive gauche, de la Morge de St Gingolph et de la Dranse. Sur le pourtour du Petit Lac, les eaux des Nants de Riond, Pry et du Brassu et de la Versoix présentent la même caractéristique.

Le pH moyen de l'émissaire à Genève s'est élevé, en 1971 à 8,21. L'Allondon présente pratiquement la même valeur. L'Arve par contre a un pH légèrement plus acide, 7,85 en moyenne annuelle, de même que le Rhône à Chancy (8,04).

### 2.3. Conductivité de l'eau des affluents (cf tableau n° 4)

Cette caractéristique a été, en 1971, déterminée pour l'ensemble des affluents, alors que les années précédentes un certain nombre de laboratoires n'effectuaient pas cette détermination, du reste relativement peu importante pour juger de la qualité de l'eau des affluents sous l'angle uniquement du degré de pollution.

L'ensemble des 27 affluents du lac Léman inventoriés dans cette étude accuse, en 1971, une conductivité moyenne de  $542 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Les valeurs mesurées s'étendent sur une large plage, allant de chiffres relativement bas, caractéristiques du Rhône à son embouchure (254) et de la Morge à St Gingolph (310) à des conductivités déjà assez élevées pour des eaux douces, dépassant les  $700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  pour la Maladaire et la Bouverette, voire les 1000 pour le Grand Canal.

Il existe naturellement un parallélisme assez étroit entre la conductivité et la teneur en sels de l'eau des affluents. Ainsi par exemple, la dureté totale dépasse 10 mé/1 dans l'eau de la Bouverette et du Canal Stockalper, alors qu'elle n'est que de 2,45 pour le Rhône à son embouchure et de 3,37 pour la Morge de St Gingolph. Cependant, les facteurs de corrélation, du fait des teneurs proportionnellement différentes en sels dissous dans l'eau de chaque affluent, varient sensiblement de cas en cas.

### 2.4. Turbidité de l'eau des affluents (cf tableau n° 5)

Cette détermination n'est effectuée que sur les affluents vaudois du lac Léman, au moyen, sauf erreur de notre part, d'un appareil Sigrist fonctionnant d'après le principe de la mesure de la lumière réfléchiée par les particules en suspension dans l'eau à analyser et étalonné en unités internationales.

Cette méthode de mesure réagit particulièrement à la présence de particules d'argile entraînées dans les cours d'eau par érosion, moins à celle de déchets de nature diverse tels que débris végétaux, eaux usées non épurées ou partiellement épurées. Par ailleurs, il convient encore de remarquer que la turbidité de l'eau n'est pas exactement le reflet de la concentration en matières en suspension d'une eau.

Par rapport aux normes multiannuelles, on constate, en 1971, une assez forte augmentation de la turbidité de l'eau de la Veveyse et du Forestay et, dans une moindre proportion, de la Paudèze, alors que les eaux de la Chamberonne, de la Venoge, de la Morges, de l'Aubonne et surtout de la Dullive, se sont nettement éclaircies. Cette répartition géographique différente des tendances générales provient d'une répartition non homogène des précipitations avant certaines campagnes de prélèvements, en particulier celle de juin 1971.

Parmi les affluents dont la turbidité de l'eau fait l'objet d'une détermination, le Grand Canal présente l'eau la plus claire. Cette particularité est due très probablement à la forte proportion d'eau de drainage formant le débit de ce cours d'eau.

## 2.5. Oxygène dissous (cf tableaux n° 6, 7 et 8)

La concentration moyenne en oxygène dissous s'est élevée, pour l'ensemble des affluents du lac Léman, à 9,89 mg/l O<sub>2</sub> en 1971, alors qu'elle était de 10,32 en 1970. Exprimée en taux de saturation, cette diminution est de l'ordre de 3 %, puisque de 94,4 % en 1970, cette valeur tombe à 91,8 % l'année suivante. C'est le chiffre le plus bas rencontré depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique, comme le montre le tableau suivant:

<u>Années</u>	<u>Concentration moyenne en oxygène dissous mg/l O<sub>2</sub></u>	<u>Taux de saturation moyen %</u>
1963	10,13	100,9
1964	9,53	94,7
1965	10,76	100,6
1966	10,22	97,0
1967	9,93	93,6
1968	10,53	99,7
1969	9,94	92,6
1970	10,32	94,4
1971	9,89	91,8
1963-1971	10,11	94,9

La concentration moyenne plus faible de l'année 1971 est en étroit rapport avec les conditions météorologiques. En effet, les campagnes précédentes ont montré qu'à une année sèche correspondaient des teneurs plus faibles en gaz dissous. Cependant la situation en 1971 ne semble pas défavorable, puisque les différences constatées par rapport à 1969, année pour laquelle les hauteurs de précipitation furent, dans leur ensemble, assez faibles, mais malgré tout nettement plus abondantes que pour l'année faisant l'objet de ce rapport, sont minimes.

En comparant, affluent par affluent, les moyennes annuelles de la concentration en oxygène dissous pour 1970 et 1971, nous constatons pour 20 cours d'eau des valeurs plus faibles durant la seconde année. Pour 8 d'entr'eux les différences sont assez sensibles: l'Eau Froide passe de 10,94 en 1970 à 7,26 mg/l O<sub>2</sub> en 1971, le Flon de 2,84 à 1,83, la Venoge de 10,80 à 10,09, la Morges de 9,85 à 7,74, la Dranse de 11,01 à 9,75, la Doye de 11,56 à 10,01, le Vengeron de 7,77 à 6,31 et enfin l'Hermance de 10,54 à 9,76. Pour les autres affluents ayant accusé un fléchissement de leur concentration en oxygène, les différences sont faibles, voire insignifiantes. Pour les 7 cours d'eau ayant présenté une augmentation de leur concentration en oxygène dissous, le gain est minime pour le Grand Canal, la Lutrive, le Rhône à la Porte du Scex et le Nant de Riond. Il est un peu plus marqué pour le Forestay (11,10 en 1970, 11,69 en 1971) et la Paudèze (11,92 et 12,27), appréciable enfin pour la Versoix (11,95 et 12,50).

En taux de saturation, la moyenne annuelle de 9 affluents sur 27 est plus élevée en 1971 qu'en 1970. Les valeurs les plus faibles, en moyennes annuelles, sont le fait du Flon à Lausanne (19,1 % en taux de saturation), du Vengeron (54,8 %), du Grand Canal (48,6 %), de l'Eau Froide (70,7 %), la

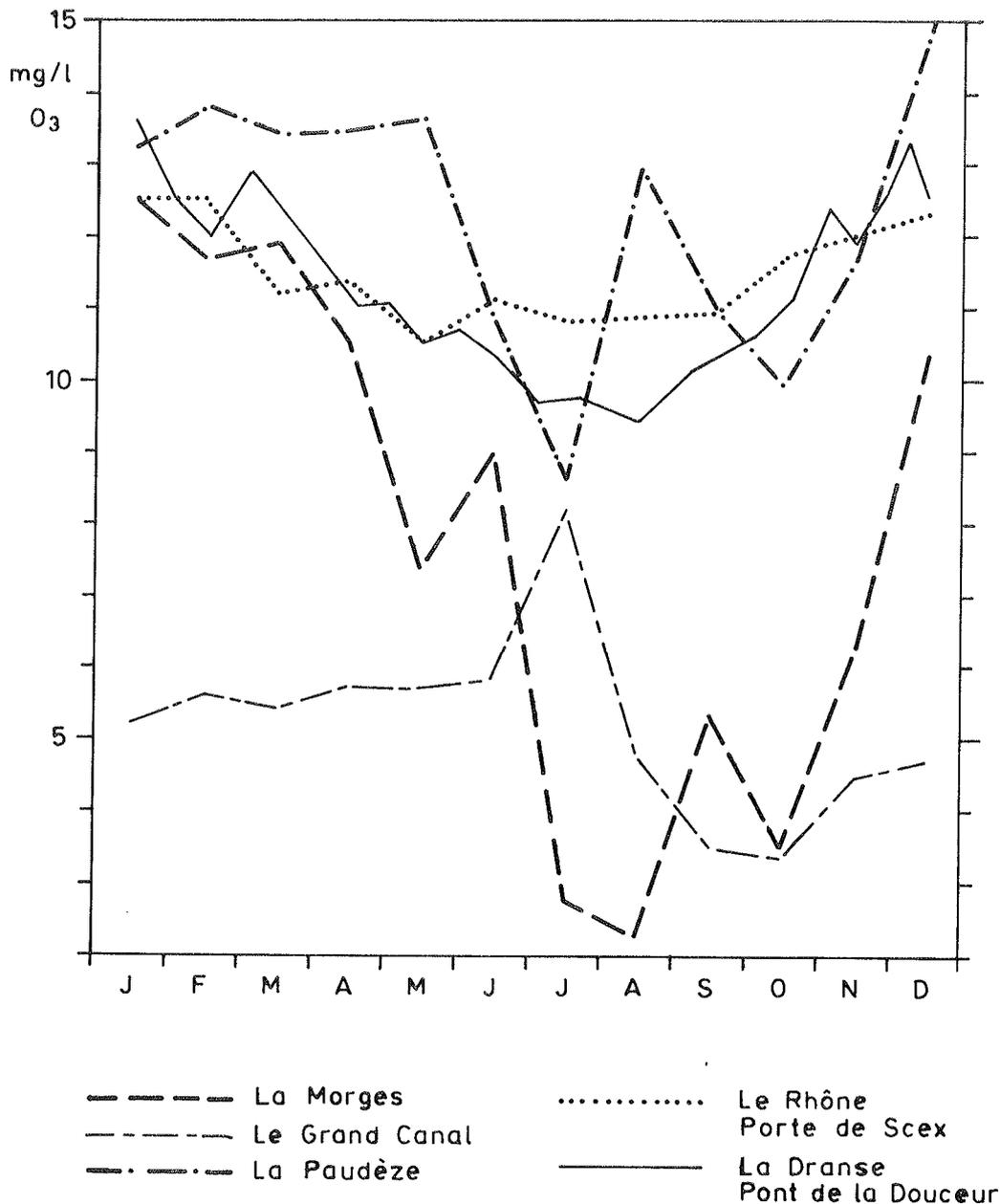
Morges (72,2 %), le Canal Stockalper (82,0 %), le Nant d'Aisy (82,2 %) et l'Hermandance (88,1 %).

L'évolution des concentrations en oxygène dissous de l'eau des affluents, comme le montre le graphique ci-dessous, dépend de plusieurs facteurs, et n'est pas identique pour chaque cours d'eau. (fig. 4)

Ainsi, pour le Rhône à la Porte du Scex, nous constatons une courbe régulière accusant les valeurs les plus faibles pendant les mois chauds de l'année. Cette courbe est inversement proportionnelle à celle des températures et n'est guère influencée par celle des débits. L'eau du Rhône étant, en 1971, pratiquement toujours saturée en oxygène, nous pouvons admettre que les variations constatées sont directement en relation avec les solubilités des gaz dans l'eau, solubilité dépendant principalement de la température.

Fig. : 4 - CONCENTRATIONS EN OXYGENE DISSOUS

1971



Pour la Dranse au Pont de la Douceur, donc pratiquement à l'amont de déversements industriels, nous obtenons une courbe ayant les mêmes caractéristiques que celle du Rhône. A l'embouchure, soit pour la moyenne des dosages effectués sur des échantillons prélevés sur la rive droite et sur la rive gauche, nous constatons des concentrations maximum et minimum plus faibles.

Pour le Grand Canal, dont l'eau présente, tout au long de l'année, un net déficit en oxygène dissous, la courbe accuse un maximum en juillet, puis un net fléchissement en août, septembre et octobre, probablement en rapport, d'une part avec le développement, pour la première phase, de la végétation aquatique entraînant, par les phénomènes de photosynthèse, un enrichissement en oxygène et d'autre part, pour la seconde phase, avec les réactions de minéralisation des matières organiques consommant de l'oxygène. La température et les débits ne jouent, dans ce cas, qu'un rôle très secondaire.

Dans le cas de la Paudèze, l'évolution de la concentration en oxygène dissous dépend certainement de plusieurs facteurs liés en partie entre eux, en particulier la température, les phénomènes entraînant l'autoépuration partielle des apports et le débit qui augmente, lors de crues (en particulier en août 1971), l'aération du cours d'eau.

Pour la Morges enfin, nous retrouvons l'influence de la température et du débit (crue de juin 1971) et, d'une façon plus accusée que dans le cas de la Paudèze, la consommation, pendant les mois chauds de l'année, due à la minéralisation des apports.

La concentration moyenne annuelle de l'émissaire en oxygène dissous a été, en 1971, de 11,65 mg/l O<sub>2</sub>. Cette teneur est, malgré les apports relativement riches de l'Arve (11,80 mg/l O<sub>2</sub>) et de l'Allondon (11,28 mg/l O<sub>2</sub>), tombée à 10,84 mg/l à Chancy. Cette perte est due d'une part à l'influence de la retenue de Verbois qui diminue l'aération et provoque une consommation en oxygène pour la minéralisation partielle des matériaux organiques déposés par sédimentation et d'autre part aux différents apports d'eaux usées qui, bien qu'épurées, consomment également de l'oxygène avant d'être complètement minéralisées.

Du fait de la diminution générale des débits et des concentrations en oxygène dissous pour l'ensemble des affluents de 1970 à 1971, les apports en oxygène sont tombés de 108'880 tonnes la première année à 58'900 tonnes la seconde. En tenant compte de la perte due à l'émissaire à Genève, chiffrée à 71'300 tonnes en 1971, le bilan général pour les affluents du lac Léman accuse un déficit de l'ordre de 12'400 tonnes en oxygène en 1971, alors que l'année précédente nous avons enregistré un solde positif d'environ 4'350 tonnes et, en 1969, à nouveau un déficit de 700 tonnes.

Normes 1964-1968 :		+ 6'900	tonnes/an
Année 1969 :		- 700	" "
" 1970 :		+ 4'350	" "
" 1971 :		-12'400	" "
Normes 1964-1971 :		+ 147	" "

En réalité le déficit de 1971 par rapport à l'année précédente, déficit sur tous les affluents à l'exception du Grand Canal, de la Morges et du Nant de Riond, est probablement un peu moins élevé que ne le laissent supposer les chiffres transcrits ci-dessus. En effet, comme nous l'avons relevé dans un précédent paragraphe, les apports du Rhône à son embouchure sont très certainement sous-estimés en 1971. L'erreur commise est de l'ordre de 12 %. En effectuant la correction, nous obtenons, pour le Rhône à son embouchure et pour l'ensemble du lac Léman, les chiffres approximatifs suivants:

Rhône, embouchure, apports annuels

Apports 1969 calculés	:	68'100	tonnes/an
Apports 1970 calculés	:	88'000	" "
Apports 1971 calculés	:	47'800	" "
Apports 1971 corrigés	:	53'500	" "

Lac Léman, soldes:

Année 1969, solde calculé	:	- 700	tonnes/an
" 1970 " "	:	+4'350	" "
" 1971 " "	:	-12'400	" "
" 1971 solde corrigé	:	- 6'700	" "

D'après les chiffres accumulés depuis 8 ans, il est possible d'admettre que, de 1964 à 1971, le solde du bilan de l'oxygène dressé en considérant d'une part les apports des affluents et d'autre part les pertes dues à l'émissaire est pratiquement égal à zéro. Par voie de conséquence, il est logique de postuler que, pendant cette période, le lac a été obligé de fournir lui-même la quasi totalité de l'oxygène dissous nécessaire à la minéralisation, à l'auto-épuration des apports de ses affluents.

De Genève à Chancy, le Rhône s'est, en 1971, enrichi d'environ 9'350 tonnes d'oxygène dissous, passant de 71'300 tonnes/an à sa sortie du Léman à 80'650 tonnes/an à la frontière franco-suisse. Les apports de ses affluents sont, toujours en 1971, nettement plus élevés que la différence constatée, puisque l'Arve seule lui en a fourni près de 20'000 tonnes. Ces apports sont en partie utilisés pour couvrir les pertes dues à la demande biologique en oxygène. En considérant les moyennes multi-annuelles, le bilan est plus équilibré, comme le montrent les chiffres suivants, et on peut ainsi admettre que les consommations en oxygène dues à l'autoépuration partielle des apports sont relativement bien couvertes pour les années considérées:

Rhône émissaire	:	84'600	tonnes/an d'oxygène
Rhône Chancy	:	110'200	" " "
Gain en oxygène	:	25'600	" " "
Apports de l'Arve	:	27'450	" " "

2.6. Demande biologique en oxygène (voir tableaux 9, 10 et 11)

L'étude de la demande biologique en oxygène, nous le rappelons au risque de nous répéter, revient en fait à chiffrer un apport négatif, c'est à dire à évaluer les quantités d'oxygène prélevées sur les apports de ses affluents ou sur ses propres réserves, que le lac devra fournir pour minéraliser les

les substances qui y seront déversées.

L'évolution de ce critère est, depuis 1963, la suivante:

<u>Années</u>	<u>DBO 5 jours</u> mg/l O <sub>2</sub>	<u>Taux de consommation</u> %
1963	≥ 4,40	≥ 46,6
1964	≥ 5,60	≥ 64,4
1965	≥ 6,88	≥ 67,0
1966	≥ 7,82	≥ 86,1
1967	≥ 12,10	≥ 750,4
1968	≥ 8,14	≥ 114,8
1969	8,19	164,2
1970	7,10	148,5
1971	8,68	219,0
Normes 1963-1971	≥ 7,37	≥ 205,9

Les chiffres antérieurs à 1967 ne sont guère valables puisque les analyses, pour la majeure partie des affluents, étaient effectuées sans dilutions. A partir de 1967, la fiabilité des moyennes annuelles est meilleure, seuls quelques affluents du Petit Lac présentant encore, pour les mêmes raisons, quelques valeurs peu sûres. Dès 1969, les chiffres transcrits ci-dessus représentent réellement la demande biologique en oxygène de l'ensemble des cours d'eau inventoriés.

Nous constatons, par rapport à l'année précédente, une nette augmentation, en 1971, de la demande biologique en oxygène qui atteint 8,68 mg/l O<sub>2</sub>, soit, en taux de consommation, 219,0 %. Cette évolution est avant tout due aux conditions météorologiques qui, du fait des hauteurs faibles des précipitations, ont entraîné une moins grande dilution des apports et, par voie de conséquence, dans l'eau des affluents, des concentrations en matières biologiquement minéralisables plus élevées. L'augmentation est encore plus sensible lorsqu'on exprime ce critère en taux de consommation, puisque les teneurs en oxygène ont, en 1971, subi un certain fléchissement par rapport à celles de l'année précédente.

L'élévation de la demande biologique en oxygène se retrouve pour 19 affluents sur les 27 inventoriés. Les augmentations les plus importantes se rencontrent dans l'Eau Froide (6,68 mg/l O<sub>2</sub> en 1970; 12,02 mg/l O<sub>2</sub> en 1971), la Lutrive (9,46; 12,14), la Paudèze (10,11; 14,07), le Flon à Lausanne (22,90; 31,07), qui, en tant qu'exutoire de la station d'épuration de Vidy, ne satisfait pas, en moyenne annuelle, les normes suisses en la matière; la Morges, dont le niveau de pollution s'est aggravé depuis quelques années, la Dranse (4,27; 6,80), la Versoix (1,74; 3,41).

Parmi les affluents ayant, par rapport à ce critère, accusé en 1971 une nette amélioration, citons la Maladaire, dont la DBO passe de 17,95 mg/l O<sub>2</sub> en 1970 à 14,35 l'année suivante, le Forestay (12,80 à 10,43), la Dullive (7,42 à 5,31), le Rhône à la Porte du Scex (de 4,80 à 4,58) et enfin le Nant d'Aisy (de 7,17 à 5,67).

Les maxima annuels restent souvent très élevés, comme le prouvent les quelques chiffres suivants:

La Maladaire	:	29,07 mg/l O <sub>2</sub> DBO
La Lutrive	:	26,75
La Paudèze	:	30,24
Le Flon	:	58,98
La Morges	:	35,32
La Doye	:	92,54

La demande biologique en oxygène de l'émissaire s'est élevée à 2,19 mg/l O<sub>2</sub> en moyenne annuelle en 1971. L'augmentation due aux apports est restée relativement minime, puisque le Rhône à Chancy a présenté une DBO moyenne de 2,64 mg/l O<sub>2</sub>. L'Allondon a accusé des valeurs plus faibles, 1,82 mg/l O<sub>2</sub>, l'Arve plus fortes, 3,61 mg/l O<sub>2</sub>.

Le lac a dû, pour minéraliser les apports de ses affluents, fournir en 1971 27'400 tonnes en 1971, dont 19'600 tonnes pour le Rhône à son embouchure et 3'300 pour la Dranse. Du fait de la diminution des débits et malgré l'augmentation de la DBO moyenne des affluents, ce chiffre est, en comparaison des résultats des années précédentes, relativement faible:

<u>Années</u>	<u>Apports négatifs</u> tonnes/an oxygène
1967	29'052,5
1968	24'974,1
1969	35'228,9
1970	45'328,4
1971	27'408,9

Cependant, en tenant compte du bilan calculé, positif ou négatif suivant les années, de l'oxygène entraîné au lac Léman par l'ensemble des affluents, nous obtenons, en 1971, un déficit du même ordre de grandeur que celui constaté en 1969 et 1970 et plus élevé qu'en 1967 et 1958:

<u>Années</u>	<u>Déficit en oxygène</u> tonnes/an
1967	23'620
1968	22'750
1969	35'920
1970	41'000
1971	39'800

En 1971, 4 affluents ont présenté des apports "négatifs" supérieurs à 400 tonnes/an: tout d'abord le Rhône à son embouchure qui, avec 19'600 tonnes/an de DBO, représente le 71 % de la totalité des affluents, ensuite la Dranse, 3'340 tonnes, le Flon à Lausanne, 1'260 tonnes et enfin le Canal Stockalper, 580 tonnes.

L'augmentation relativement faible de la demande biologique en oxygène de l'eau du Rhône entre le lac et Chancy se traduit par une élévation modeste du tonnage -environ 6'300 tonnes en 1971- proche de celui de l'Arve -5'800 tonnes-. Les années précédentes, si nous admettons les valeurs des normes multi-annuelles, la différence était nettement plus prononcée et devait être imputable aux apports divers non inventoriés, en particulier ceux de la Station d'épuration d'Aire.

ceux de la Station d'épuration d'Aire.

Rhône émissaire	:	15'085	tonnes/an
Rhône, Chancy	:	33'960	" "
Augmentation de la DBO	:	18'875	" "
Arve, embouchure (Jonction)	:	9'490	" "

## 2.7. Demande chimique en oxygène (DCO) et oxydabilité au permanganate de potassium (voir tableaux 12 et 13)

La demande chimique en oxygène, déterminée par oxydation des matières organiques au moyen de bichromate de potassium en milieu fortement acide n'a fait l'objet de recherches que pour les affluents genevois. Quant à l'oxydabilité au permanganate de potassium selon Kübel (Méthode du Manuel suisse des denrées alimentaires), elle n'a été déterminée que sur les affluents valaisans.

Bien que les méthodes utilisant soit le bichromate, soit le permanganate et la détermination de la demande biologique en oxygène ne livrent pas des résultats comparables, il nous a cependant semblé intéressant de vérifier s'il existait, pour les affluents du lac Léman, un certain parallélisme entre les différentes valeurs obtenues par ces trois méthodes destinées à évaluer la concentration en matières organiques d'une eau.

Pour dresser le tableau ci-joint, nous avons transformé les résultats de la détermination selon Kübel, exprimés en mg/l de permanganate de potassium, en consommations chimiques en oxygène en nous fondant sur les rapports stoechiométriques des équations d'oxydo-réduction et selon lesquelles:

$$1 \text{ mg/l KMnO}_4 = \text{environ } 0,5 \text{ mg/l O}_2$$

### COMPARAISON DES VALEURS DE LA DBO ET DE LA DCO

Année 1971: moyennes annuelles

AFFLUENTS	DCO méthode au permanganate mg/l O <sub>2</sub>	DCO méthode au bichromate mg/l O <sub>2</sub>	DBO 5 jours mg/l O <sub>2</sub>
Canal Stockalper	3,96		3,49
Bouverette	3,86		5,56
Morge St Gingolph	2,92		3,38
Rhône, embouchure	3,91		4,58
Nant de Riond		3,80	2,56
Nant de Pry		5,11	3,11
Nant du Brassu		7,18	3,27
Versoix		6,84	3,41
Vengeron		21,27	10,43
Hermance		10,50	3,67
Nant d'Aisy		26,38	5,67
Rhône, émissaire		3,83	2,19
Allondon		4,88	1,82
Arve		5,19	3,61
Rhône, Chancy		4,39	2,64

Pour autant que les chiffres à disposition permettent de conclure, il semble que, par rapport à la demande biologique en oxygène, la méthode au permanganate ne livre que des valeurs relativement faibles, alors que la détermination proprement-dite de la demande chimique en oxygène permet une oxydation plus complète des matières organiques présentes dans l'eau des affluents. Les différences entre DCO et DBO sont parfois importantes, par exemple pour le Nant d'Aisy 26,38 mg/l O<sub>2</sub> de DCO et 5,67 mg/l DBO 5 j.- et l'Allondon 4,88 et 1,82- et laissent supposer, à notre avis, que nous sommes en présence soit d'une inhibition de la DBO due à une certaine toxicité de l'eau vis à vis des organismes responsables de la consommation en oxygène, soit d'eaux contenant des matières organiques peu ou pas biodégradables mais par contre oxydables par le bichromate.

L'augmentation, en 1971, de la demande chimique en oxygène de l'eau du Rhône entre Genève et Chancy est relativement faible, puisqu'elle est d'environ 15 %. L'augmentation de la DBO 5 jours par contre est un peu plus marquée, de l'ordre de 21 %. Ces chiffres montrent que l'eau du Rhône, tout au moins pour l'année 1971, ne subit pas, par rapport aux déversements, d'altérations trop profondes.

## 2.8. Azote minéral (ammoniacal, nitreux, nitrique et total)

(voir tableaux n° 14 à 21)

La répartition des concentrations moyennes des divers stades d'oxydation de l'azote minéral est, depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique, soit de 1963 à 1971, le suivant:

AZOTE MINERAL, moyennes annuelles de l'ensemble des affluents du lac Léman

Années	Azote ammoniacal mg/l N	Azote nitreux mg/l N	Azote nitrique mg/l N	Azote minéral total mg/l N
1963	0,520	0,061	1,541	2,122
1964	1,089	0,074	1,37	2,533
1965	0,380	0,065	2,17	2,615
1966	0,525	0,087	1,37	1,982
1967	0,750	0,077	1,27	2,097
1968	0,665	0,076	1,68	2,421
1969	1,303	0,099	1,35	2,752
1970	1,618	0,084	1,77	3,476
1971	2,095	0,069	1,70	3,861
1963-1971	1,237	0,079	1,61	2,923

D'après les chiffres transcrits ci-dessus, il appert que les résultats de l'année 1971, sous l'angle des apports en azote inorganique, sont assez défavorables. En effet, d'une part l'azote nitrique se maintient au niveau des concentrations rencontrées les années précédentes et d'autre part nous enregistrons non seulement une augmentation de l'azote minéral total, qui, avec 3,861 mg/l N, atteint des teneurs jamais encore constatées depuis 1963,

mais encore une progression très nette de l'ammoniaque qui, de 1,618 mg/l N en 1970, passe à 2,095 mg/l N en moyenne annuelle pour l'ensemble des affluents. Par contre, nous constatons une légère régression des concentrations en nitrites. Cette évolution est, tout au moins en partie, à mettre en parallèle avec les conditions météorologiques ayant entraîné une diminution générale des débits, d'où, par voie de conséquence, une dilution moindre des apports.

Par ailleurs, cette évolution défavorable, telle qu'elle apparaît à la lecture des chiffres correspondant aux concentrations moyennes des divers stades d'oxydation de l'azote minéral, est confirmée si l'on considère les proportions respectives d'azote ammoniacal et d'azote nitrique par rapport aux teneurs en oxygène dissous:

Répartition de l'azote ammoniacal et de l'azote nitrique  
par rapport à l'oxygène dissous.

Années	% azote ammoniacal par rapport à azote minéral total	% azote nitrique par rapport à azote minéral total	Concentration en oxygène dissous, mg/l O <sub>2</sub>
1963	24,5	72,6	10,13
1964	43,0	54,1	9,53
1965	14,5	83,0	10,76
1966	26,5	69,1	10,22
1967	35,8	60,6	9,93
1968	27,5	69,4	10,53
1969	47,3	49,1	9,94
1970	46,6	51,2	10,32
1971	54,3	44,0	9,89
1963-1971	42,3	55,1	10,11

Si le pouvoir oxydant de l'eau des affluents ou, en d'autres termes, si leur potentiel d'autoépuration, n'avait pas varié durant les 8 dernières années, nous serions en droit d'attendre, pour les campagnes présentant des teneurs moyennes faibles mais comparables en oxygène dissous, soit 1964 (9,63 mg/l O<sub>2</sub>, 1967 (9,93 mg/l O<sub>2</sub>), 1969 (9,94 mg/l O<sub>2</sub>), des proportions identiques respectivement d'azote ammoniacal et d'azote nitrique. Or nous enregistrons au contraire, mis à part les résultats de 1967, un déséquilibre croissant entraînant une augmentation régulière de la proportion du stade le plus réduit de l'azote minéral, de 43 % en 1963 à 54,3 % en 1971 en passant par 47,3 % en 1969 aux dépens de la forme oxydée qui régresse régulièrement, 54,1 % en 1964, 49,1 % en 1969 et enfin 44,0 % en 1971. Par ailleurs nous avons déjà relevé dans un précédent rapport (campagnes 1969 et 1970) que la même tendance se retrouvait pour les années présentant des teneurs en oxygène comparativement plus élevées.

L'évolution d'une part des concentrations moyennes en azote minéral total et d'autre part de l'augmentation de la proportion du stade le plus réduit démontre non seulement un accroissement assez régulier des apports, mais encore, comme nous l'avons déjà relevé, une diminution du potentiel

d'autoépuration des affluents. Ces constatations nous semblent être assez alarmantes. Si nous considérons plus en détail les résultats de chaque affluent, nous constatons, sur les 27 affluents inventoriés, une augmentation, en 1971, par rapport à l'année précédente, de l'ammoniacale dans 18 cas, des nitrites dans 9 cas, des nitrates dans 11 cas et enfin de l'azote minéral total dans 16 cas.

En ce qui concerne l'azote ammoniacal, l'augmentation de 1970 à 1971, la plus spectaculaire, est le fait de la Dranse qui passe de 0,027 mg/1 N la première année à 3,567 mg/1 N la seconde, avec un maximum absolu dépassant, en août 1971, les 5 mg/1 N contre seulement 0,15 mg/1 N l'année précédente. Parmi les autres affluents dont l'eau a accusé un fort accroissement des teneurs en azote ammoniacal, citons, pour le Petit Lac, le Nant d'Aisy (de 3,87 à 8,43 avec un maximum, en 1971, de 16,90 mg/1 N), le Vengeron (de 8,58 à 9,94, max. 18,2 mg/1 N), la Doye (0,57 à 1,20) et, pour le Grand Lac, la Morges (1,08 à 1,77, max. 3,42), la Lutrive (1,42 à 1,99, max. 4,42) et la Maladaire (4,50 à 6,95, max. 29,57). Ces chiffres montrent, en particulier pour les maxima annuels, des concentrations très élevées et, à notre avis, inquiétantes quant au degré de pollution qu'ils dénotent. Toujours pour l'ammoniacale, nous avons enregistré quelques baisses bienvenues des teneurs, en particulier dans l'eau de la Paudèze (2,46 en 1970 contre 1,83 en 1971), de la Venoge (0,78 contre 0,43) et de la Promenthouse (0,30 contre 0,12).

Pour les nitrites, les concentrations moyennes annuelles dépassent relativement rarement, en 1971, les 0,2 mg/1 N: la Maladaire (0,246), la Chamberonne (0,227) et le Nant d'Aisy (0,234). Les maxima absolus, pour l'année considérée, ont été de

0,527 mg/1 N	pour la Maladaire
0,417 "	" le Forestay
0,475 "	" la Lutrive
0,622 "	" le Flon, en octobre 1971
1,151 "	" la Chamberonne, en août 1971
0,457 "	" la Doye
0,600 "	" le Nant d'Aisy

Pour l'azote nitrique enfin, la plupart des affluents accusent des concentrations, certes plus élevées généralement que celles du lac lui-même, mais cependant encore assez basses, sauf en ce qui concerne le Forestay (2,78 mg/1 N en moyenne annuelle), la Venoge (2,00), la Morges (2,29), le Nant de Riond (4,32), le Vengeron (3,36), l'Hermance (2,75) et enfin le Nant d'Aisy (5,28).

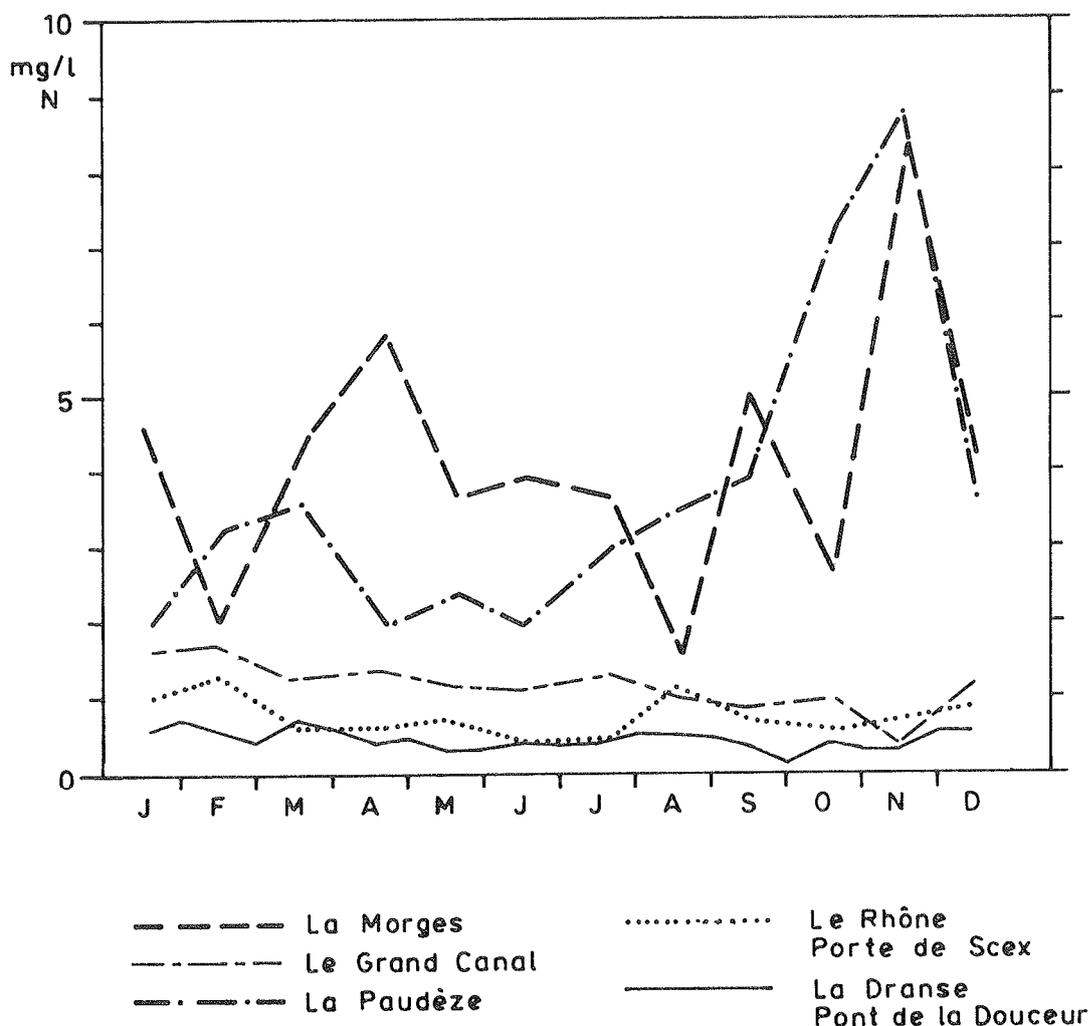
Pour le cours du Rhône sur territoire genevois, entre la Rade de Genève et Chancy, nous constatons une augmentation de l'azote minéral total et de ses trois stades d'oxydation:

	N ammonia- cal mg/1	N nitreux mg/1	N nitrique mg/1	N minéral tot. mg/1
Rhône émissaire	0,041	0,003	0,21	0,254
Rhône Chancy	0,241	0,005	0,39	0,636
<u>Augmentation</u>	<u>+ 0,200</u>	<u>+ 0,002</u>	<u>+ 0,18</u>	<u>+ 0,382</u>
Arve Jonction	0,312	0,011	0,65	0,975
Allondon, embouchure	0,112	0,007	1,43	1,549

Cette augmentation, comme le montrent les chiffres transcrits ci-dessus, est assez faible, compte tenu de l'importance du bassin versant de l'Arve d'une part et du volume d'eaux usées, certes épurées, mais cependant riches en azote, en provenance de l'agglomération urbaine genevoise.

Les variations de la concentration en azote minéral total en fonction du temps, représentées graphiquement ci-dessous pour quelques cours d'eau, ne semblent pas être, tout au moins en 1971, en rapport direct avec les débits. Par contre, il semble qu'il existe une certaine interdépendance entre teneur en azote minéral total d'une part et concentration en oxygène dissous et température d'autre part. A une augmentation de la température correspond généralement, avec un certain retard souvent, une diminution de l'azote minéral total et de l'oxygène dissous.

Fig. : 5 - CONCENTRATIONS EN AZOTE MINERAL TOTAL  
1971



Sans connaître l'évolution parallèle des teneurs en azote organique, il est, à notre avis, hasardeux de tenter de trouver des explications plausibles aux variations constatées dans les concentrations en azote minéral total. Remarquons encore l'augmentation en azote, principalement ammoniacal, que subit l'eau de la Dranse entre le Pont de la Douceur (azote minéral total, moy. annuelle 1971 = 0,441 mg/l N) et son embouchure (4,057 mg/l N,

moyenne des deux rives).

L'évolution des apports en azote minéral total, au cours des 8 années que couvrent les recherches de la Sous-commission technique, est la suivante:

Années	Apports totaux calculés, tonnes/an N	Apports totaux, après correction en fonction des sur-estimations des débits tonnes/an N
1964	4'890,10	
1965	3'988,70	
1966	2'142,03	
1967	3'777,58	
1968	5'500,87	
1969	5'806,27	5'200,00*
1970	7'284,56	5'800,00*
1971	5'548,27	
1964-1971	5'148,13	

\* voir rapport années  
1969 - 1970

En tenant compte des tonnages soustraits au lac par l'émissaire, le Rhône à Genève, nous obtenons les soldes suivants:

Années	Emissaire tonnes/an N	Soldes calculés tonnes/an N	Soldes corrigés tonnes/an N
1964	2'241,10	+ 2'649,00	
1965	3'188,96	+ 799,74	
1966	3'323,97	- 1'181,94	
1967	3'014,97	+ 762,61	
1968	2'480,62	+ 3'020,25	
1969	1'889,75	+ 3'916,52	+ 3'300,00
1970	2'404,94	+ 4'879,62	+ 3'400,00
1971	1'578,95	+ 3'969,32	
1964-1971	2'287,99	+ 2'860,14	

L'année 1971 est donc, malgré la diminution générale des débits, caractérisée par un solde positif en azote minéral total de l'ordre de 4'000 tonnes, chiffre qui représente, en tenant compte des corrections apportées aux estimations de 1969 et 1970, la valeur la plus élevée depuis 1964.

Entre Genève et Chancy, le Rhône, en 1971, s'est enrichi de quelque 770 tonnes d'azote minéral, alors que les seuls apports de l'Arve ont été estimés à 1'550 tonnes ! Ce résultat quelque peu paradoxal laisse supposer que les estimations de cette année sont erronées. En considérant par contre les moyennes multi-annuelles, nous enregistrons un gain de l'ordre de 3'300 tonnes dont 1'780 en provenance de l'Arve.

## 2.9. Azote organique et total (voir tableaux 22 et 23).

La détermination de l'azote organique, avec en corollaire le calcul de l'azote total, n'a été effectuée que sur la Dranse, bien qu'il ait été prévu, d'après le plan quinquennal de la Sous-commission technique, de faire cette étude sur l'ensemble des affluents du lac Léman.

Les résultats des analyses de la Dranse montrent que les concentrations en azote organique sont loin d'être négligeables, puisqu'elles s'échelonnent, au Pont de la Douceur, soit en amont des déversements principaux d'eaux usées, entre 0,016 et 1,360 mg/l N, les maxima ayant été rencontrés en juillet et septembre. A l'embouchure de cette rivière, les deux rives accusent des compositions nettement différentes. Pour la rive gauche, les concentrations en azote organique ont oscillé entre 0,235 et 6,694 mg/l N, sur la rive droite, entre 0,033 et 0,637.

Les moyennes annuelles des différents composants de l'azote total sont, en 1971 et pour les échantillons prélevés en différents points du cours inférieur de la Dranse, les suivantes:

	Pont de la Douceur	Embouchure rive gauche	Embouchure rive droite	Embouchure moyenne
N ammoniacal	0,004	3,855	0,036	0,457
N nitreux	0,007	0,032	0,010	0,012
N nitrique	0,43	0,50	0,45	0,40
N minéral total	0,441	4,387	0,496	0,869
N organique	0,291	2,483	0,225	0,483
N total	0,732	6,870	0,721	1,352

en mg/l N, moyennes annuelles, année 1971.

Ces chiffres montrent d'une part combien la rive gauche est préterritée par les déversements d'eaux usées ménagères non encore épurées en 1971 et industrielles et d'autre part que, pour certaines campagnes de prélèvements, du fait des débits très faibles, le mélange des eaux déversées a été entravé.

Les apports totaux, toujours pour l'année 1971, ont été, pour les différentes formes de l'azote, de:

### Apports en tonnes par an d'azote, année 1971.

	Pont de la Douceur	Embouchure rive gauche	Embouchure rive droite	Embouchure moyenne
N ammoniacal	2,47	1'575,47	12,69	198,29
N nitreux	3,78	18,05	5,06	6,90
N nitrique	219,15	265,96	227,05	279,17
N minéral total	225,40	1'859,48	244,80	484,36
N organique	137,37	923,58	105,63	230,25
N total	362,77	2'783,06	350,43	714,61

Ces chiffres montrent que, pour la campagne de recherches considérée, les apports en azote organique de la Dranse à son embouchure (moyenne rive droite + rive gauche) représentent le 32,2 % des apports totaux en azote. Au Pont de la Douceur, cette proportion est de 37,9 %. Par contre le pourcentage d'ammoniaque passe de 0,7 % à 27,7 % entre le Pont de la Douceur et l'embouchure.

L'importance des apports en azote organique, telle qu'elle est démontrée par l'étude effectuée sur la Dranse, est loin d'être négligeable et il serait souhaitable que cette détermination soit étendue à l'ensemble des affluents inventoriés.

#### 2.10. Phosphore soluble, organique et total (voir tableaux n° 24 à 29).

L'évolution des concentrations moyennes annuelles du phosphore soluble (orthophosphates), du phosphore organique et du phosphore total est, depuis 1963, la suivante pour l'ensemble des affluents du lac Léman étudiés:

Phosphore: moyennes annuelles pour l'ensemble des affluents du lac Léman.

Années	Orthophosphates mg/l P	Phosphore organique mg/l P	Phosphore total mg/l P
1963	0,164	0,137	0,301
1964	0,344	0,191	0,535
1965	0,236	0,330	0,566
1966	0,326	0,479	0,805
1967	0,443	0,854	1,297
1968	0,304	0,343	0,647
1969	0,384	0,429	0,813
1970	0,447	0,604	1,051
1971	0,730	0,492	1,222
1963-1971	0,422	0,471	0,893

Nous atteignons donc à nouveau en 1971 des valeurs élevées de la concentration en phosphore total, consécutivement à une augmentation régulière s'étant amorcée en 1968. De 1963 à 1967, nous avons constaté également une élévation régulière des teneurs en phosphore qui passèrent de 0,301 mg/l P à 1,297 mg/l P pendant cette période. En 1968, baisse à 0,647 mg l/P, puis, comme nous venons de le voir, remontée culminant en 1971 à 1,222 mg/l P. On pourrait, à l'étude de ces chiffres, croire à l'existence d'une certaine périodicité dans l'évolution des concentrations moyennes en phosphore total. Les conditions météorologiques, en ne considérant que l'incidence des hauteurs des précipitations, ne semblent pas jouer de rôle. Seuls les résultats des futures campagnes permettront de vérifier si ce phénomène pour lequel nous ne trouvons actuellement aucune explication, se continuera les années prochaines.

Nous avons relevé, dans le paragraphe consacré à l'étude de l'azote minéral total, que les pourcentages respectifs de l'azote ammoniacal et de l'azote nitrique variaient en fonction de la concentration en oxygène dissous. Pour le phosphore soluble (orthophosphates) et le phosphore organique, nous obtenons les proportions suivantes:

Répartition des orthophosphates et du phosphore organique par rapport à l'oxygène dissous.			
Années	% Orthophosphates par rapport au phosphore total	% Phosphore organique par rapport au phosphore total	Concentration en oxygène dissous mg/l O <sub>2</sub>
1963	54,5	45,5	10,13
1964	6,3	35,7	9,53
1965	41,7	58,3	10,76
1966	40,5	59,5	10,22
1967	34,2	65,8	9,93
1968	47,0	53,0	10,53
1969	47,2	52,8	9,94
1970	42,5	57,5	10,32
1971	59,7	40,3	9,89
1963-1971	47,3	52,7	10,11

D'après ces chiffres, il ne semble pas qu'il y ait de rapport entre concentration moyenne en oxygène dissous et proportion d'orthophosphates et de phosphore organique par rapport au phosphore total. En effet, des années 1967, 1969 et 1971 accusant des teneurs en oxygène dissous pratiquement semblables, sont caractérisées par des pourcentages, respectivement 34,2, 47,2 et 59,7 % en orthophosphates très différents.

Les orthophosphates ont augmenté de 0,447 mg/l P en 1970 à 0,730 mg/l P en 1971. Cette évolution se retrouve dans l'eau de 21 affluents sur 27. Elle est particulièrement sensible pour la Maladaire (0,560 à 1,506), le Forestay (0,253 à 0,461), la Lutrive (0,423 à 1,117), la Paudèze (0,538 à 0,965), le Flon, qui dépasse les normes suisses en matière de rejets dans un lac (1,509 à 2,394), la Venoge (0,254 à 0,499), la Morges (0,357 à 1,103) et la Dranse (0,074 à 0,476) pour le Grand Lac et, pour le Petit Lac, la Doye (0,260 à 0,935), le Vengeron (3,338 à 4,187) et le Nant d'Aisy (2,539 à 3,483). Ces deux derniers cours d'eau accusent des concentrations dépassant nettement les normes suisses. Ils reçoivent les effluents de stations d'épuration dont le débit est relativement important par rapport au leur.

Les concentrations maximales rencontrées dans l'eau de certains affluents atteignent des valeurs très élevées en 1971, comme le montrent les quelques chiffres transcrits ci-après:

La Maladaire	max. 4,11	mg/1 P soluble
La Lutrive	" 3,00	" "
La Paudèze	" 2,75	" "
Le Flon, Lausanne	" 7,35	" "
La Morges	" 2,44	" "
La Dranse	" 1,76	" "
La Doye	" 3,21	" "
Le Vengeron	" 9,75	" "
Le Nant d'Aisy	" 7,40	" "

Sur le cours aval du Rhône, la concentration en phosphore soluble passe de 0,022 mg/1 P à Genève à 0,063 mg/1 P à Chancy. Les deux affluents inventoriés, l'Allondon et l'Arve, accusent respectivement des teneurs de 0,044 et 0,104 mg/1 P.

La concentration moyenne annuelle pour l'ensemble des affluents du lac Léman inventorié en phosphore organique s'élève à 0,493 mg/1 P en 1971 contre 0,604 mg/1 P l'année précédente et 0,429 mg/1 P en 1969. Malgré la relative amélioration de ce critère pendant l'année que couvre le rapport, un certain nombre de cours d'eau n'en accusent pas moins des concentrations moyennes et maximum très élevés en phosphore organique:

	<u>Moy.mg/1 P</u>	<u>Max. mg/1 P</u>
La Maladaire	1,68	3,90
La Lutrive	1,09	2,01
La Paudèze	0,81	2,23
Le Flon, Lausanne	2,66	11,06
La Chamberonne	0,61	2,42
La Morges	0,97	1,95
La Dranse	0,45	2,01
La Doye	1,03	3,66
Le Vengeron	0,89	2,25
Le Nant d'Aisy	0,94	2,25

La concentration en phosphore organique de l'eau du Rhône en aval de Genève passe de 0,024 mg/1 P à la sortie du lac à 0,040 à Chancy. Cette augmentation est due en partie aux apports de l'Arve, 0,059 mg/1 P en moyenne annuelle. Par contre, ceux de l'Allondon -0,015 mg/1 P- sont moins riches.

Comme nous l'avons déjà relevé, la concentration moyenne annuelle en phosphore total pour les 27 affluents inventoriés s'élève, en 1971, à 1,222 mg/1 P.

Cette valeur, la plus élevée, après 1967 (1,297), accuse une augmentation de 16,3 % par rapport aux résultats de 1970. Cette évolution se rencontre dans l'eau de 15 affluents, soit un peu plus de la moitié des cours d'eau étudiés. Six d'entr'eux accusent des teneurs moyennes plus grandes que 2 mg/1 P total, à savoir:

La Maladaire	3,19 mg/1 P total
La Lutrive	2,21
Le Flon à Lausanne	5,06
La Morges	2,07
Le Vengeron	5,08
Le Nant d'Aisy	4,43

Par rapport à 1970, la concentration moyenne de l'eau de la Dranse a fortement augmenté, passant de 0,136 mg/l à 0,927 mg/l. Par contre, nous constatons une légère diminution, 0,151 en 1971 contre 0,167 mg/l P en 1970, dans l'eau du Rhône à son embouchure.

Les maxima annuels en phosphore total atteignent, pour un certain nombre d'affluents, des chiffres particulièrement élevés en 1971. Sans vouloir tous les citer, relevons cependant les valeurs de 7,1 mg/l P pour la Maladaire, de 5,0 pour la Lutrive, de 4,6 pour la Paudèze, de 14,9 pour le Flon, de 3,6 pour la Dranse, de 5,8 pour la Doye, et de 10,8 et 8,6 respectivement pour le Vengeron et le Nant d'Aisy.

En étudiant les variations des concentrations en phosphore total d'un certain nombre d'affluents en fonction du temps, nous constatons une augmentation des teneurs à partir de juillet pour la Morges et la Paudèze, augmentation culminant, d'après les graphiques ci-inclus, en septembre pour la première et le mois suivant pour la seconde. Ces variations ne sont pas en rapport direct avec les débits. En particulier les crues de janvier et juin ne s'accompagnent pas d'augmentation des teneurs en phosphore total. Cependant, comme dans le cas de l'azote minéral total pour ces deux rivières, il est probable que les conditions météorologiques jouent un certain rôle.

Pour le Grand Canal, nous enregistrons des valeurs relativement élevées en janvier et une pointe en mai, consécutive à une augmentation du débit. Par contre, pour cette rivière, la petite crue de février a provoqué une baisse de la concentration. Il est donc fort probable que d'autres facteurs jouent également un rôle, en particulier l'amendement des terrains agricoles que draine ce cours d'eau.

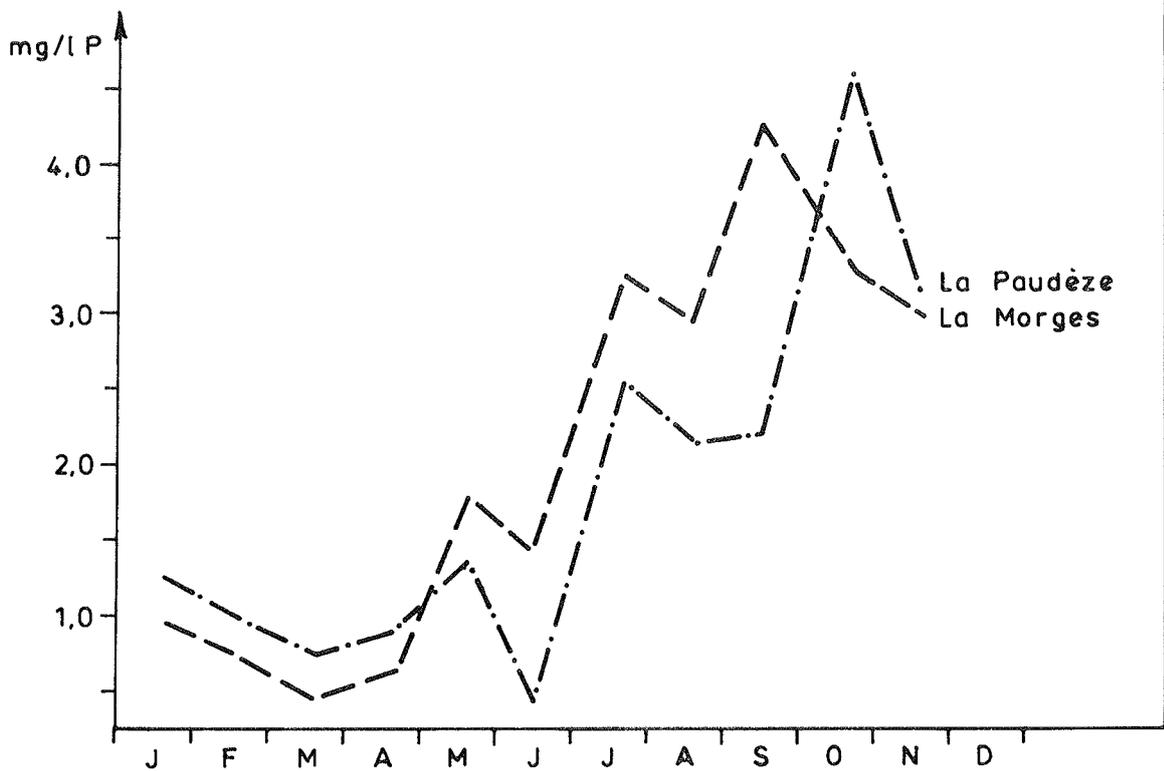
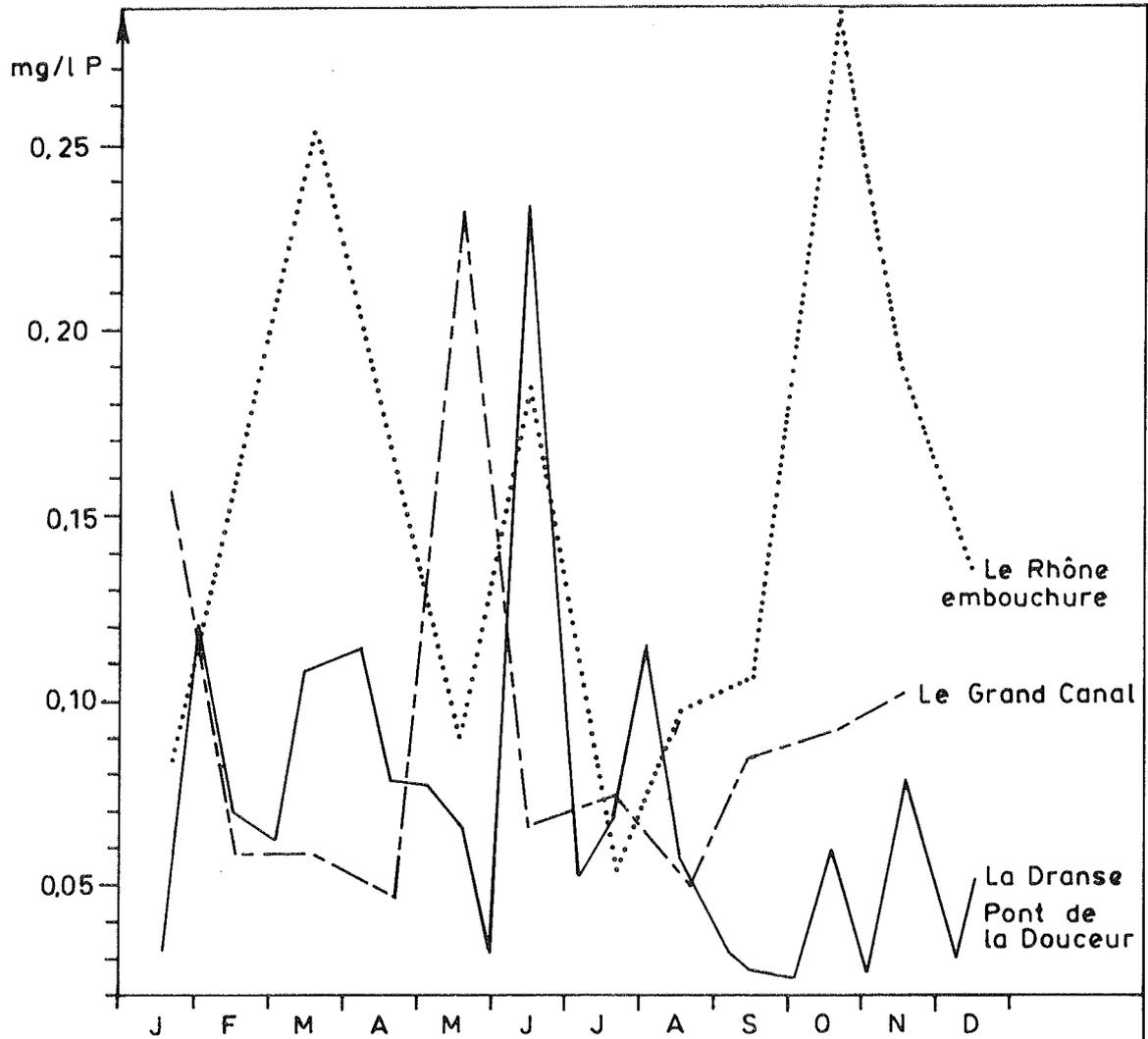
Pour le Rhône à la Porte du Scex, l'influence des débits, de l'oxygénation et des températures ne semble jouer, au vu des résultats de 1971, qu'un rôle très secondaire. Seules les études très complètes, entreprises par le Laboratoire cantonal de Sion pour connaître l'origine du phosphore dans le Rhône, permettront probablement l'interprétation des variations constatées.

Pour la Dranse enfin, au Pont de la Douceur, soit en amont des déversements d'eaux usées ménagères et industrielles de la région de Thonon, les débits semblent avoir une influence prépondérante, dans le sens qu'à une crue correspond généralement une augmentation des teneurs en phosphore total.

L'évolution, depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique, des apports en phosphore total dus aux affluents étudiés et des soldes positifs obtenus en tenant compte des pertes imputables à l'émissaire à Genève, est décrite dans le tableau de la page suivante.

L'année 1971, malgré la diminution des débits, mais en fonction de l'augmentation générale des teneurs, est caractérisée par des apports très élevés, 1'450 tonnes, en phosphore total et par un solde positif, 1'170 tonnes, pratiquement aussi important que celui de l'année précédente. En réalité, comme nous étions arrivés à la conclusion, dans notre précédent rapport, que les tonnages de 1970 étaient très certainement surestimés d'au moins 20 %, nous sommes obligés de constater que l'année 1971 présente les soldes positifs les plus importants depuis 1964. Cette situation est d'autant plus alarmante que nous pouvons admettre que les estimations de 1971 sont proba-

Fig. : 6 - CONCENTRATIONS EN PHOSPHORE TOTAL  
1971



blement assez proches de la réalité.

Par rapport à l'année précédente, les apports de 1971 sont plus élevés pour 6 affluents sur les 27 inventoriés. L'augmentation la plus importante est le fait de la Dranse à son embouchure dont les apports passent de 16 tonnes par an en phosphore total pour la période 1964-1969, à 111 tonnes en 1970 et enfin à 425 tonnes, en 1971. Par contre, les apports du Rhône à son embouchure diminuent, passent de 950 tonnes en 1970 -valeur du reste certainement surestimée-, à 620 tonnes en 1971.

L'émissaire soustrait au lac quelque 285 tonnes de phosphore total en 1971. Du fait des apports des affluents et des déversements d'eaux usées épurées, cette valeur passe à 767 tonnes à Chancy, soit une augmentation de l'ordre de 480 tonnes, dont 248 dues à l'Arve.

Années	Apports en phosphore total tonnes/an	Soldes positifs en phosphore total tonnes/an
1964	422,18	158,18
1965	604,73	350,66
1966	1'279,76	1'101,50
1967	1'081,15	896,38
1968	837,58	589,71
1969	683,41	397,77
1970	1'569,62	1'173,02
1971	1'453,43	1'169,20
1964-1971	1'155,32	868,79

### 2.11. Détergents (voir tableaux n° 30 et 31)

La concentration moyenne annuelle de l'ensemble des affluents du lac Léman en détergents a atteint, en 1971, un maximum. Cette évolution présente une analogie avec les variations des teneurs en phosphore total:

Années	Détergents mg/l	Phosphore total mg/l P
1965	0,103	0,566
1966	0,120	0,805
1967	0,142	1,297
1968	0,054	0,647
1969	0,090	0,813
1970	0,110	1,051
1971	0,180	1,222

Ce parallélisme assez logique, puisque l'on admet que près de 50 % des apports en phosphore sont dus aux produits de lessive contenant des détergents.

Si l'augmentation de la concentration moyenne en détergents, entre 1970, 0,110 mg/l, et 1971, 0,180 mg/l est certainement en partie imputable aux conditions météorologiques qui entraînèrent, la seconde année, une dilution moindre des apports, l'importance même de cette augmentation suggère qu'il y a eu aggravation de la situation dans ce domaine.

L'élévation des teneurs se retrouve, par rapport à l'année précédente, pour 14 affluents sur les 27 inventoriés et est particulièrement sensible pour le Flon à Lausanne (de 0,28 à 0,88 mg/l), la Morges (de 0,11 à 0,31), la Dranse (de 0,02 en 1969 à 0,30 en 1971), la Doye (de 0,07 à 0,50), le Vengeron (de 0,87 à 1,21) et enfin le Nant d'Aisy (de 0,20 à 0,33).

Les maxima annuels, pour les rivières présentant de fortes teneurs, sont généralement plus élevés en 1971 que l'année précédente:

<u>Affluents</u>	<u>Maxima annuels, mg/l</u>	
	1970	1971
La Maladaire	0,68	0,95
Le Flon à Lausanne	0,69	2,79
La Morges	0,36	0,94
La Dranse	-	1,38
La Doye	0,25	2,38
Le Vengeron	2,00	3,00
Le Nant d'Aisy	0,47	0,79

Les concentrations moyennes de l'eau du Rhône à son embouchure restent faibles (0,02 mg/l détergents) et n'ont pas, en 1971, subi de modification par rapport à l'année précédente.

Les apports se montent à près de 300 tonnes en 1971, alors qu'ils avaient été de 230 tonnes l'année précédente. La différence est principalement due à une augmentation extrêmement sensible des apports de la Dranse (env. 10 tonnes en 1969, 138 en 1971) en partie compensée par une diminution de ceux du Rhône à la Porte du Scex (180 tonnes en 1970, 100 l'année suivante).

L'évolution des apports en détergents dus aux affluents est, depuis 1965, la suivante:

<u>Années</u>	<u>Apports en détergents</u> tonnes/an
1965	145,86
1966	85,96
1967	188,43
1968	176,98
1969	-
1970	232,78
1971	298,94

L'année 1971 a donc le triste privilège de présenter, par rapport aux années précédentes, les apports en détergents les plus élevés. Ainsi, malgré l'introduction de produits biodégradables, les apports ont plutôt tendance à augmenter. Il y a donc lieu de supposer que l'utilisation de produits de nettoyage à base de tensio-actifs s'est encore développée ces dernières années. Il conviendrait de mettre en parallèle l'évolution de la consommation de ces produits et les résultats des dosages du phosphore total et des détergents dans l'eau des affluents du lac Léman.

Il n'a pas été mis en évidence de détergents dans l'eau de l'émissaire, le Rhône à Genève. Par contre ces produits se retrouvent à l'état de traces à la frontière franco-suisse. Du fait des débits importants, les tonnages calculés donnent des chiffres assez élevés signant un enrichissement de près de 125 tonnes pour le Rhône entre Genève et Chancy, dont 40 tonnes en provenance de l'Arve.

## 2.12. Chlorures (voir tableaux n° 32 et 33)

L'évolution, depuis 1965, des concentrations moyennes en chlorures pour l'ensemble des affluents étudiés avec, en regard, des indications concernant les sommes de leurs débits et la moyenne des précipitations pour les stations de Genève aéroport, Nyon, Morges, Lausanne et Montreux, est la suivante:

Années	Concentration en chlorures mg/l Cl	Somme des débits moyens m <sup>3</sup> /s	Hauteurs des précipitations mm/an
1965	11,9	247	1'443
1966	9,7	266	1'136
1967	13,3	269	1'090
1968	11,6	240	1'315
1969	14,8	237	915
1970	14,9	307	1'218
1971	18,3	171	803

Comme nous l'avons fait remarquer dans notre précédent rapport, les concentrations moyennes annuelles en chlorures de l'ensemble des affluents inventoriés ne semblent pas avoir de liens étroits avec d'une part les hauteurs des précipitations et d'autre part la somme de leur débit moyen. En effet, si de 1965 à 1967, nous constatons un fléchissement des hauteurs des précipitations, les teneurs en chlorures ne suivent pas cette tendance, puisqu'elles accusent successivement les valeurs de 11,9; 9,7 et 13,3 mg/l Cl. Les résultats de 1968 et 1969 semblent être plus logiques, étant donné que la pluviosité plus grande de la première année s'est accompagnée d'une baisse de la concentration et la sécheresse de l'année suivante a été caractérisée par une hausse des teneurs. Les résultats de 1970 par contre, sont aberrants, puisque l'augmentation des débits et des précipitations n'a, par rapport à 1969, eu aucune influence sur ce paramètre. En 1971 enfin, nous constatons une forte augmentation perceptible, par rapport aux résultats de l'année précédente, dans l'eau de 19 affluents et particulièrement sensible dans le cas de l'Eau Froide (5,6 à 13,1), de la Maladaire (de 19,4 à

27,4), de la Paudèze (de 17,2 à 26,8) du Flon (de 51,6 à 57,0), de la Venoge (de 15,4 à 19,2), de la Dranse (de 3,8 à 8,7), de la Doye (de 9,5 à 20,0), du Vengeron (de 36,9 à 57,5) et du Nant d'Aisy (de 36,9 à 50,3).

Les maxima annuels dépassent, pour un certain nombre de rivières, les 50 mg/l en chlorures:

La Maladaire	57,2 mg/l Cl
L'Eau Froide	78,9 "
Le Flon, Lausanne	94,4 "
La Doye	50,7 "
Le Vengeron	100,0 "
Le Nant d'Aisy	68,0 "

L'émissaire à Genève accuse une concentration moyenne annuelle de 2,9 mg/l de chlorures en 1971. Les apports de l'Arve (4,9 mg/l), de l'Allondon (5,5 mg/l) et des eaux usées épurées font passer cette teneur à 4,4 mg/l à Chancy.

Les apports totaux en chlorures se montent à 33'000 tonnes en 1971, soit, du fait des débits plus faibles, nettement moins que les 2 années précédentes:

Années	Apports totaux en chlorures tonnes/an	Soldes positifs en chlorures tonnes/an
1965	23'419,4	5'770,4
1966	35'026,4	15'418,4
1967	35'479,5	17'784,6
1968	30'789,6	11'868,0
1969	41'887,2	20'182,2
1970	53'207,2	25'254,2
1971	33'022,8	15'484,6
1964-1971	36'976,2	16'335,4

Ainsi le lac s'est, durant ces dernières années, enrichi de quelque 16'000 t. de chlorures en moyenne. Si nos bilans se trouvent être exacts, cet accroissement devrait se traduire par une augmentation progressive des concentrations en chlorures de ses eaux.

De Genève à Chancy, les tonnages véhiculés par le Rhône passent, toujours pour l'année 1971, de 17'500 à 32'800 tonnes. Cet enrichissement est dû, pour 7'300 tonnes, soit environ pour la moitié, aux apports de l'Arve.

Remarquons encore que la diminution des apports au lac Léman constatée entre 1970 et 1971 est principalement due aux résultats du Rhône à son embouchure. Pour ce fleuve en effet, les bilans calculés révèlent 39'200 tonnes en 1970 contre seulement 21'00 tonnes en 1971.

### 2.13. Hydrocarbures (voir tableaux n° 34 et 35)

Contrairement aux années précédentes, la présence éventuelle d'hydrocarbures dans les eaux des affluents vaudois et valaisans a été régulièrement contrôlée en 1971. Par contre cette détermination n'est pas encore effectuée sur les affluents genevois.

Du fait des lacunes apparaissant dans les précédentes campagnes, les comparaisons rigoureuses pour les moyennes annuelles de l'ensemble des affluents sont aléatoires. Elles peuvent cependant être faites pour les cours d'eau valaisans qui sont, depuis quelques années déjà, régulièrement contrôlés. Ainsi, pour le Canal Stockalper, les moyennes annuelles pour les années 1969, 1970 et 1971 sont respectivement de 0,68, 0,23 et 0,45 ppm d'hydrocarbures; pour la Bouverette, de 0,43, 0,20 et 0,52; pour la Morge de St Gingolph de 0,25, 0,06 et 0,20; pour le Rhône enfin de 0,53, 0,70 et 0,22. Nous constatons donc, pour les affluents secondaires, une certaine interdépendance avec les débits. Par contre, pour le Rhône à son embouchure, ce facteur ne joue pas de rôle.

Un certain nombre d'affluents vaudois accusent des concentrations moyennes annuelles importantes. Ce sont, par ordre décroissant:

La Morges	:	14,00	ppm	hydrocarbures
La Maladaire	:	10,49	"	"
Le Flon, Lausanne	:	5,73	"	"
La Doye	:	4,91	"	"
La Chamberonne	:	1,89	"	"
L'Eau Froide	:	1,24	"	"
La Venoge	:	1,24	"	"

Ces teneurs moyennes élevées sont souvent conditionnées pour un ou plusieurs échantillons très riches en hydrocarbures. Ainsi, en 1971, il a été dosé au maximum 96 ppm pour la Maladaire, 87,0 pour la Morges, 18,0 pour le Flon, 27,0 pour la Doye, 7,7 pour la Venoge et 6,3 pour l'Eau Froide.

Les apports en hydrocarbures pour les affluents vaudois et valaisans se montent, en 1971, à 1'610 tonnes, dont 950 tonnes sont imputables au Rhône à son embouchure, 230 au Flon à Lausanne, 109 à la Morges et 75, à la Venoge.

Par rapport à 1969 et 1970, les apports du Rhône à la Porte du Scex sont en régression:

1969	2'567,0	tonnes/an	d'hydrocarbures
1970	6'031,9	" "	" "
1971	956,6	" "	" "

Les limites de perception des différents hydrocarbures dans l'eau varient fortement selon leurs caractéristiques. Ainsi on admet que cette limite est de l'ordre de 1,0 ppm pour l'essence, de 0,1 ppm pour le pétrole brut, de 0,2 ppm pour la gazoline et de 25 ppm pour les huiles de graissage. En admettant d'une part les apports calculés de l'année 1971, soit en chiffres ronds 1'600 tonnes et d'autre part une limite de perception moyenne de 1,0 ppm, on peut, en partant de l'hypothèse que la répartition de ces composés

chimiques est uniforme dans la masse liquide du lac, postuler que 1'600'000'000 m<sup>3</sup>, soit 1,6 km<sup>3</sup>, seront altérés quant à leurs propriétés organoleptiques.

#### 2.14. Dureté totale, titre alcalimétrique complet, dureté permanente.

Comme nous l'avons relevé dans un précédent rapport, la dureté totale, le titre alcalimétrique complet et la dureté permanente ne dépendent que relativement peu des déversements d'eaux usées effectués dans les affluents. Nous croyons utile cependant de communiquer les chiffres de ces déterminations, ne serait-ce que pour suivre d'éventuelles modifications conditionnées par divers facteurs. L'évolution de ces paramètres dans le temps est la suivante pour l'ensemble des affluents du lac Léman (exception faite de la Dranse): (voir aussi tableaux 36, 37 et 38 ).

Années	Titre hydrotimétrique -Dureté totale- mé/l	Titre alcalimétrique complet mé/l	Dureté permanente mé/l
1966	5,61	4,31	1,30
1967	5,63	4,29	1,34
1968	5,60	4,27	1,33
1969	5,50	4,23	1,27
1970	5,19	3,94	1,25
1971	5,28	3,99	1,28

A la lecture de ces chiffres, il n'apparaît pas que les conditions météorologiques jouent un rôle prépondérant sur ces critères, tout au moins en ce qui concerne les moyennes annuelles générales. En effet, les variations de la dureté permanente sont négligeables. Quant aux titres hydrotimétrique et alcalimétrique, les baisses constatées en 1966 et 1970 ne sont pas en rapport direct avec les débits des affluents.

En 1971, toutes les rivières analysées, exception faite du Rhône à son embouchure, présentent des duretés totales moyennes plus élevées que celle de l'émissaire. Certaines sont même fort minéralisées, comme par exemple le Grand Canal (TH = 12,19 mé/l), la Bouverette (10,56), la Maladaire (6,31), etc., d'autres sont à peine plus dures que l'eau du lac, en particulier la Morge de St Gingolph (3,37 mé/l).

La fourchette des résultats de la détermination du titre alcalimétrique complet est nettement moins étendue que pour le précédent critère. En effet, elle oscille entre 1,36 mé/l pour le Rhône à son embouchure et 5,76 pour la Maladaire. Seul le principal effluent accuse une concentration en bicarbonates plus faible que celle du lac.

La dureté permanente enfin est généralement faible, inférieure à 1,0 mé/l, sauf pour le Grand Canal (7,83 mé/l), l'Eau Froide (1,19), le Canal Stockalper (3,18), la Bouverette (7,76), le Rhône à la Porte du Scex (1,09) et l'Hermance (1,07).

L'augmentation, en 1971, de ces trois critères dans l'eau de l'émissaire, entre Genève et Chancy, est la suivante:

	Titre hydroti- métrique mé/l	Titre alcalimé- trique mé/l	Dureté perma- nente mé/l
Rhône, Genève	2,67	1,64	1,03
Rhône, Chancy	2,90	1,84	1,06

Cette évolution est principalement due aux apports de l'Arve et de l'Al-london dont les eaux sont plus minéralisées que celle du récepteur.

### 2.15. Calcium (voir tableau n° 39 et 40).

Par la prise en considération des résultats de la Dranse dont l'eau, depuis le début de l'année 1971, est également analysée quant à sa concentration en calcium, l'inventaire de la Sous-commission technique touche actuellement l'ensemble des affluents qu'il était prévu d'étudier.

De 1970 à 1971, la concentration moyenne en calcium passe de 4,21 à 4,43 mé/l, soit de 84,4 à 88,8 mg/l. Cette dernière valeur est pratiquement identique à celle de 1969, mais légèrement plus faible que celle des années précédentes:

<u>Années</u>	<u>Concentration en calcium</u>	
	mé/l	mg/l
1966	4,78	95,8
1967	4,67	93,6
1968	4,63	92,8
1969	4,41	88,4
1970	4,21	84,4
1971	4,43	88,8

Comme le laissaient déjà supposer les résultats des dosages de la dureté totale, nous constatons entre 1966 et 1968 (les résultats antérieurs sont trop incomplets pour qu'il soit possible d'en tenir compte) des valeurs relativement stables puis, dès 1969, une légère baisse des concentrations moyennes en calcium.

Les affluents du lac Léman présentent des teneurs en calcium fort diverses. Le moins minéralisé se trouve être le Rhône à son embouchure (1,83 mé/l = 36,7 mg/l Ca), le plus, le Grand Canal (9,96 mé/l = 199,6 mg/l) suivi de la Bouverette (7,90 mé/l = 158,3 mg/l).

Les apports en calcium et, après défalcation des tonnages soustraits au lac par l'émissaire, les soldes des bilans subissent d'importantes variations d'une année à l'autre, comme le montre le tableau récapitulatif de la page suivante.

Alors que, comme nous l'avons précédemment relevé, les conditions météorologiques n'ont finalement que peu d'influence sur la composition moyenne en calcium des apports - de 1966 à 1971 les écarts constatés sont de l'ordre

de  $\pm 4\%$  par rapport à la moyenne multiannuelle - par contre elles jouent un rôle certain sur leur importance quantitative. Ainsi 1971 et, dans une moindre mesure, 1969, années relativement sèches, sont caractérisées par des apports faibles, respectivement de 245'000 et 305'000 tonnes, laissant apparaître, après prise en considération de l'émissaire, des soldes négatifs, du reste relativement faibles. L'alternance de soldes positifs et négatifs pourraient, à première vue, jeter un certain discrédit sur les tonnages calculés. Cependant, étant donné que le lac ne semble pas s'enrichir en calcium, tout au moins depuis le début des travaux de la Sous-commission technique et sans vouloir sous-estimer l'influence de la précipitation dans le lac lui-même, des carbonates pendant les périodes d'activité biologique, il n'est peut-être pas faux de penser que les bilans présentés sont le reflet, certes incomplet, de la réalité.

Le Rhône à Genève a donc soustrait au lac, en 1971, 270'500 tonnes de calcium. On en retrouve 345'100 tonnes à Chancy, soit une augmentation de 83'600 tonnes, plus faible que les apports de l'Arve, estimés à 88,300 tonnes ! Il apparaît donc que le bilan, pour le Rhône en aval de Genève, n'est guère exact en 1971. Les chiffres par contre des moyennes multi-annuelles paraissent être plus corrects, puisqu'ils accusent une augmentation de l'ordre de 174'000 tonnes/an entre Genève et Chancy, augmentation due en particulier aux apports de l'Arve (137'700 tonnes/an).

Années	<u>Apports au lac</u> tonnes/an Ca	<u>Emissaire</u> tonnes/an Ca	<u>Soldes</u> tonnes/an Ca
1966	347'657,4	374'038,0	- 26'380,6
1967	347'486,8	345'401,6	+ 2'085,2
1968	348'073,8	338'488,5	+ 9'585,3
1969	305'060,7	320'730,6	- 15'669,9
1970	443'404,7	405'858,9	+ 37'545,8
1971	245'075,9	270'547,0	- 25'471,1

#### 2.16. Magnésium (voir tableaux n° 41 et 42).

La concentration moyenne en magnésium de l'eau des affluents du lac Léman compris dans l'inventaire de la Sous-commission technique, relativement stable de 1966 à 1970, accuse l'année suivante un certain fléchissement:

<u>Années</u>	<u>Concentration moyenne en magnésium</u>	
	mé/l	mg/l
1966	1,02	12,4
1967	0,96	11,7
1968	0,98	11,9
1969	1,09	10,2

Cette tendance est d'autant plus à remarquer qu'en 1969, année également sèche, nous avons, logiquement du fait des dilutions moindres des apports, constaté une augmentation. Elle se retrouve, par rapport aux résultats de 1970, pour 16 affluents sur les 26 faisant l'objet de cette détermination.

(L'eau de la Dranse n'est analysée sous ce rapport que depuis 1971). La plupart des cours d'eau présentent des teneurs en magnésium plus faibles que 1 mé/1 (=  $\approx$  12 mg/1). Font exception à cette règle le Grand Canal (2,33 mé/1 en moyenne annuelle), le Canal Stockalper (2,02), la Bouverette (2,66) et la Morge de St Gingolph.

Les bilans des apports et des soldes positifs sont les suivants pour le magnésium et pour l'ensemble des affluents pris en considération:

<u>Années</u>	<u>Apports totaux</u> t/an Mg	<u>Emissaire</u> t/an Mg	<u>Soldes</u> t/an Mg
1966	58'325,6	48'197,0	10'128,6
1967	63,880,6	42'799,9	21'080,7
1968	53'930,8	41'797,8	12'133,0
1969	64'017,0	41'036,0	22'981,0
1970	48'943,7	48'108,2	835,5
1971	39'869,2	34'593,5	5'275,7

Comme pour le calcium, les apports en magnésium des affluents varient dans d'assez grandes proportions d'une année à l'autre. De 1970 à 1971, du fait de la diminution des concentrations et des débits, ils passent de 49'000 tonnes à 40'000 tonnes. Par contre, en tenant compte de l'émissaire on obtient un solde positif de 835 tonnes la première année et de 5'275 tonnes la seconde.

Le Rhône à Genève est caractérisé par une teneur moyenne en magnésium de 0,46 mé/1 en 1971. Celle-ci augmente légèrement, du fait des apports de l'Arve (0,61 mé/1), et atteint 0,53 mé/1 à Chancy. Cette augmentation, par le jeu des débits, correspond à un enrichissement de quelque 12'600 tonnes, principalement fournies par l'Arve (11'450 tonnes en 1971).

## 2.17. Potassium (voir tableaux no 43 et 44)

Les années précédentes, la détermination du potassium n'était effectuée que sur les affluents vaudois et la Dranse. En 1971, ce dosage a été étendu aux échantillons prélevés sur les cours d'eau valaisans, en particulier le Rhône à son embouchure. De ce fait, les bilans consignés dans ce rapport seront, puisqu'ils ne font abstraction que des affluents genevois, plus précis mais cette extension interdit certaines comparaisons.

En 1971, la concentration moyenne en potassium pour les affluents analysés s'élève à 4,35 mg/1 K. Elle était de 4,29 mg/1 en 1970, sans tenir compte des cours d'eau valaisans. Sur les 16 affluents pour lesquels cette détermination a été effectuée aussi bien en 1970 que l'année suivante, 13 accusent, en 1971, une augmentation de leur teneur en potassium.

Les rivières les plus riches sont, comme l'année précédente, le Flon à Lausanne (11,61 mg/1 K en moyenne annuelle), la Maladaire (9,94), la Chamberonne (7,39), la Morges (7,00) et la Paudèze (6,63). Les affluents valaisans sont relativement pauvres en potassium, les teneurs de leurs eaux s'échelonnent de 0,8 mg/1 pour la Morge de St Gingolph à 2,02 pour le Canal Stockalper.

La concentration moyenne du Rhône à son embouchure s'est élevée à 1,66 mg/l.

Les apports totaux ont été de 10'400 tonnes en 1971 dont 7'300 pour le Rhône à son embouchure, laissant, après défalcation des pertes dues à l'émissaire, un solde positif d'environ 1'500 tonnes de potassium. Dans ce chiffre ne sont pas compris les apports des cours d'eau genevois.

#### 2.18. Analyses bactériologiques (voir tableaux n° 45 et 46).

Ces analyses, portant sur le nombre total des germes et sur celui des coliformes, sont effectuées, depuis quelques années déjà, sur des échantillons prélevés à l'embouchure des cours d'eau valaisans et genevois, au niveau de l'émissaire et sur le trajet genevois du Rhône, de l'Arve et de l'Allondon. Ils n'ont pas encore fait l'objet de rapports spéciaux dans le cadre des travaux de la Sous-commission technique.

Il n'est pas dans notre intention d'étudier en détail les résultats obtenus affluent après affluent. Les tableaux ci-joints sont à notre avis suffisamment explicites. Cependant quelques points particuliers sont à relever. Les affluents valaisans sont caractérisés par un nombre total de germes et de coliformes relativement peu élevé, entre 2'000 et 10'000 au  $\text{cm}^3$  pour les premiers et inférieur ou égal à 300 au  $\text{cm}^3$  pour les seconds. La pollution des affluents genevois est déjà plus marquée. Pour les cours d'eau ne recevant pas d'effluents de stations d'épuration, à savoir les Nants de Rioud, de Pny et du Brassu, la Versoix et l'Hermance, le nombre moyen de germes oscille entre 27'000 et 69'000 au  $\text{cm}^3$  et les coliformes, toujours en moyenne sont présents à raison de moins de 400 individus au  $\text{cm}^3$ . Pour le Vengeron et le Nant d'Aisy par contre, qui recueillent des effluents de stations d'épuration mécano-biologique, les résultats bactériologiques dénotent une pollution nettement plus marquée. En effet, le nombre moyen de germes dépasse 600'000 au  $\text{cm}^3$  pour le Vengeron et 1'450'000 (max. annuel 3'250'000) pour le Nant d'Aisy. Quant aux coliformes, leur nombre moyen est de l'ordre de 3'700 au  $\text{cm}^3$  (max. 10'000) pour celui-là et de 1'300 pour celui-ci. Les résultats légèrement plus favorables obtenus à l'embouchure du Nant d'Aisy sont certainement imputables au fait que, pendant les mois chauds de l'année, l'effluent de la station d'épuration qui s'y déverse est traité au chlore.

D'une façon générale, exception faite du Nant d'Aisy, les résultats de 1971, probablement en fonction des conditions météorologiques (ensoleillement en particulier) sont plus favorables que ceux des années antérieures.

L'émissaire à Genève est caractérisé par une teneur moyenne en germes banaux de l'ordre de 2'700 au  $\text{cm}^3$  et en coliformes de 1,1 au  $\text{cm}^3$ . A Chancy les signes de pollution sont nettement plus évidents, puisque les germes sont au nombre d'environ 110'000 et les coliformes, de 390 au  $\text{cm}^3$ . Cette dégradation provient évidemment des apports de l'Arve et de l'Allondon et des déversements d'eaux usées épurées.

### 3. EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'EAU LE LONG DU COURS DE CERTAINS AFFLUENTS

Dans son programme quinquennal de travaux et recherches, années 1971-1975, la Sous-commission technique a proposé de non seulement poursuivre l'étude de la qualité de l'eau des affluents du lac Léman à leur embouchure, mais encore de contrôler, théoriquement de la source au lac, son évolution le long de leur cours.

Afin de ne pas aboutir à un programme de recherches trop lourd, les études suivantes ont été retenues pour les années 1971 à 1975:

- a) étude de la qualité de l'eau de 27 affluents à leur embouchure
- b) le Rhône affluent: étude le long du cours: influence des rejets des villes et des industries les plus importantes
- c) la Venoge: étude complète (5 points de prélèvement) d'un bassin versant; influence de la Station d'épuration de Penthaz.
- d) l'Aubonne: étude de l'influence du rejet de la station d'épuration de Gimel (2 points de prélèvement)
- e) la Versoix: étude de l'autoépuration sur une partie du cours de cette rivière (3 points de prélèvement)
- f) la Dranse: étude de l'évolution de la qualité de l'eau sur le cours inférieur de la rivière (3 points de prélèvement)
- g) le Vengeron: étude de l'influence du rejet de la station d'épuration (2 points)
- h) le Rhône, émissaire: étude de l'influence du rejet de la station d'épuration d'Aïre.

Le point "a" de ce programme a été pratiquement complètement effectué. Les résultats en ont été étudiés dans la première partie de ce rapport. Le point "b" concernant le Rhône en amont du lac Léman, n'a, sauf erreur de notre part, pas été accompli. Cependant les résultats des recherches sur l'origine du phosphore dans ce fleuve devraient donner quelques indications. Ces recherches feront l'objet d'un rapport spécial établi par le Laboratoire cantonal du Valais à Sion.

Les études "c et d", concernant le Venoge et l'Aubonne, n'ont pas encore été mises en chantier.

Les recherches concernant la Versoix et la Dranse (points "e et f") ont été effectuées. Les résultats s'y rapportant seront discutés dans le présent rapport.

Les points "g et h" enfin, concernant le Vengeron et le Rhône en aval de Genève, n'ont, à notre connaissance, pas fait l'objet de recherches.

Un certain nombre de recherches, non prévues dans le plan quinquennal de travaux et recherches de la Sous-commission technique, a été effectué sur le Nant d'Aisy, l'Arve et l'Allondon. Les résultats obtenus seront brièvement commentés dans ce rapport.

### 3.1. La Dranse.

La qualité de l'eau de la Dranse est contrôlée en 3 points, à savoir au Pont de la Douceur, à l'embouchure rive droite et à l'embouchure rive gauche. En amont du Pont de la Douceur, le bassin versant de la Dranse est essentiellement agricole avec quelques agglomérations équipées pour le tourisme. Entre ce point et son embouchure, cette rivière, surtout sur sa rive gauche, recueille divers rejets d'eaux usées industrielles et ménagères non encore épurées en 1971.

L'évolution de la qualité de l'eau de la Dranse, pour les critères les plus importants du point de vue de la pollution, est la suivante en 1971:

LA DRANSE, évolution de la qualité des eaux - Année 1971 - Moyennes annuelles				
Critères	Pont de la Douceur	Embouchure rive g.	Embouchure rive dr.	Embouchure moy.rives g + dr.
Azote ammoniacal mg/l N	0,004	3,855	0,036	3,567
" nitreux "	0,007	0,032	0,010	0,020
" nitrique "	0,43	0,50	0,45	0,47
" minéral total "	0,441	4,387	0,496	4,057
" organique "	0,291	2,483	0,225	0,483
" total "	0,732	6,870	0,721	4,640
Phosphore soluble mg/l P	0,022	0,915	0,038	0,476
" organique	0,049	0,840	0,061	0,451
" total	0,071	1,755	0,099	0,927
Oxygène dissous mg/l O <sub>2</sub>	11,27	8,74	10,77	9,75
Taux de saturation %	102,0	82,2	100,7	92,1
DBO 5 j. mg/l O <sub>2</sub>	2,45	> 8,21	5,39	> 6,80
Taux de consommation %	22,1	> 95,0	49,7	> 68,0
Température	8,63	11,11	9,59	10,17
pH	0,06	0,04	0,15	0,08
Potassium mg/l K	1,22	4,43	2,26	2,92
Calcium mé/l Ca	3,83	4,01	4,04	4,02
Magnésium mé/l Mg	0,89	1,06	0,87	0,97
Chlorures mg/l Cl	2,1	14,1	3,9	8,7
Détergents (ABS)mg/l	0,01	0,60	0,01	0,30

Ces chiffres, pensons-nous, ne demandent pas de longs commentaires. Ils montrent, au Pont de la Douceur, que l'eau de la Dranse est relativement peu chargée en éléments nutritifs d'origine minérale ou organique, qu'elle est bien oxygénée et peu polluée par les détergents.

Cette qualité favorable se retrouve en partie sur la rive droite à l'embouchure où, si la concentration en azote minéral a quelque peu augmenté, par contre l'azote organique a diminué. Cette évolution semblerait être le signe d'une certaine autoépuration. Par ailleurs, nous constatons une légère augmentation du phosphore total, des chlorures et du potassium, alors que les détergents ne se retrouvent, comme au Pont de la Douceur, qu'à l'état de traces. Si l'oxygène dissous passe de 11,27 à 10,77 mg/l O<sub>2</sub>, par contre, du fait de l'augmentation de la température, le taux de saturation reste pratiquement le même. Le seul critère accusant une augmentation un peu plus élevée est la demande biologique en oxygène qui, de 2,45 mg/l O<sub>2</sub> au Pont de la Douceur, passe à 5,39 mg/l O<sub>2</sub> sur la rive droite à l'embouchure.

Les déversements d'eaux usées industrielles et ménagères ont surtout une influence sur la rive gauche de la Dranse dont l'eau présente de graves modifications. Le taux de saturation en oxygène, de plus de 100 % au Pont de la Douceur, tombe à 82 % à l'embouchure rive gauche. La demande biologique en oxygène passe en taux de consommation, de 22 à plus de 85 %.

Les éléments nutritifs azotés et phosphorés augmentent dans de très fortes proportions: plus de 9 fois pour l'azote total et près de 25 fois pour le phosphore total. Cet enrichissement de l'eau de la Dranse est également élevé pour les chlorures, les détergents et, dans une moindre proportion, pour le potassium.

L'influence des déversements de la région de Thonon est donc clairement démontrée. Cependant le déséquilibre, constaté en 1971, entre rive droite et rive gauche a dû être en partie favorisé par les faibles débits qui ont, en quelque sorte, empêché le mélange des eaux dans le cours inférieur de la Dranse.

Les apports, comme le montrent les chiffres suivants, suivent une évolution parallèle à celle des concentrations:

Critères	Pont de la Douceur	Embouchure rive g.	Embouchure rive dr.	Embouchure moy. rives g. + dr.
Azote minéral total	225,40	1'859,48	244,80	1'050,14
Azote organique	137,37	923,58	105,63	230,25
Azote total	362,77	2'783,06	350,43	1'280,39
Phosphore soluble	10,78	392,09	16,50	204,16
Phosphore organique	33,02	404,36	34,98	221,03
Phosphore total	43,80	796,45	51,48	425,19
Oxygène dissous	5'673,8	4'725,4	5'486,6	5'104,4
DBO 5 jours	1'305,2	4'318,6	2'363,9	3'341,8
Potassium	536,2	1'858,7	603,4	1'227,4
Calcium	35'638,6	37'068,9	36'784,0	36'910,1
Magnésium	4'576,3	5'631,9	4'599,7	5'100,4
Chlorures	849,6	5'606,0	1'549,6	3'456,0
Détergents	3,40	268,34	5,10	134,54

Nous rappelons que nous avons utilisé, pour les bilans des affluents du Léman, dans le cas de la Dranse, les moyennes des résultats fournis par les analyses des échantillons prélevés sur la rive droite et sur la rive gauche, à la même date.

### 3.2. La Versoix (Voir tableau No 47)

Le but de cette étude, entreprise dès 1968 par le Service d'hydrobiologie de Genève et adoptée dans le programme quinquennal de travaux et recherches de la Sous-commission technique, est de suivre l'évolution de la qualité de l'eau de la Versoix tout au long de son cours sur territoire genevois, donc en d'autres termes d'essayer de chiffrer les modifications de la composition chimique et bactériologique de l'eau imputable d'une part à d'éventuels apports et d'autre part aux phénomènes complexes de l'autoépuration.

Les points de prélèvements sont, d'amont en aval, les suivants:

- I : Sauverny, frontière du canton de Genève
- II : La Bâtie sur Versoix
- III : Richelien, en aval de l'usine de Richelien
- IV : Embouchure

Pour suivre cette évolution, nous n'avons pris en considération que les concentrations, nous contentant de calculer uniquement les apports au lac Léman, en prenant comme base les concentrations trouvées à l'embouchure de la Versoix.

Les normes 1968-1970, les moyennes annuelles de 1971 et enfin les normes 1968-1971 sont, pour les 4 points de prélèvement répartis sur le cours de la Versoix, transcrites dans le tableau No 47. Par rapport aux chiffres antérieurs, l'année faisant l'objet de ce rapport est caractérisée d'une façon très générale par une légère augmentation des teneurs en calcium et magnésium, une augmentation légèrement plus marquée de la DBO et de l'oxygène dissous, une augmentation sensible de tous les stades d'oxydation de l'azote minéral et des deux formes dosées du phosphore présent dans les eaux. Par ailleurs, nous constatons une diminution de la température moyenne, du pH, de la demande chimique en oxygène (DCO, méthode au bichromate), des détergents et surtout du nombre total des germes banaux et des coliformes.

Entre Sauverny et l'embouchure nous constatons, en 1971, une augmentation de la température, sensible à partir de Richelien, du pH entre Sauverny et la Bâtie sur Versoix, puis une tendance à la baisse de ce critère entre ce point et l'embouchure. Les concentrations en calcium ont également tendance à augmenter, alors que celles du magnésium restent pratiquement stationnaires.

Pour l'azote ammoniacal, nous rencontrons, entre Sauverny et La Bâtie, une teneur stable de l'ordre de 0,170 mg/l N. Celle-ci s'abaisse ensuite à 0,149 mg/l à Richelien et reste pratiquement stable jusqu'à l'embouchure (0,159 mg/l). L'azote nitreux ne varie presque pas, puisque ses teneurs passent de 0,011 en amont à 0,009 mg/l N en aval. L'azote nitrique augmente très régulièrement de Sauverny (0,86 mg/l N) à l'embouchure (1,20 mg/l N). Il en est de même pour l'azote minéral total.

Les concentrations en phosphore soluble (orthophosphates) et en phosphore total augmentent régulièrement du point amont à l'embouchure. Pour le phosphore organique, nous constatons une évolution identique entre Sauverny et La Bâtie, puis un palier à 0,050 mg/l P jusqu'à l'embouchure.

L'oxygène dissous, si l'on considère les taux de saturation, augmente régulièrement entre le premier point (101,8 %) et le lac (112,3 %). La demande chimique en oxygène présente une évolution un peu plus complexe: entre Sauverny et La Bâtie, elle passe de 2,09 à 2,93 mg/l O<sub>2</sub> soit, en taux de consommation, de 18,7 à 24,6 %. Elle est ensuite légèrement plus faible, 2,62 mg/l O<sub>2</sub> soit 22,1 % au point de contrôle suivant et remonte dans la dernière partie du cours de la Versoix (embouchure: 3,41 mg/l O<sub>2</sub> soit 26,9 %). Quant à la demande chimique en oxygène, elle diminue entre Sauverny et Richelien (de 6,58 à 5,74 mg/l O<sub>2</sub>) puis s'élève à nouveau à l'embouchure (6,84 mg/l).

Du point de vue bactériologique, nous constatons une augmentation du nombre des germes banaux et des coliformes régulière tout au long du cours de la Versoix alors que précédemment, d'après les normes multi-annuelles 1968-1970, les premiers, nombreux à Sauverny, diminuaient jusqu'à Richelien et augmentaient à nouveau à l'embouchure et les seconds, stables entre les deux premiers points, passaient par un maximum à Richelien et un minimum à l'embouchure.

D'une façon très générale l'eau de la Versoix, par les apports externes qu'elle reçoit, s'enrichit, en 1971, d'environ 30 % d'azote minéral et de 61 % de phosphore total entre Sauverny et l'embouchure dans le lac Léman. Cependant, du fait de son pouvoir d'autoépuration encore suffisant, elle est capable de les minéraliser complètement, comme le prouvent la diminution de l'ammoniacal, la stabilité des nitrites et du phosphore organique. Par contre, la charge résiduelle provenant du parcours en amont de Sauverny n'est pas entièrement autoépurée jusqu'à l'embouchure. En considérant l'évolution en particulier de la DBO 5 jours, on est en droit d'admettre que les apports sur territoire "genevois" se font surtout entre Sauverny et La Bâtie d'une part et entre Richelien et le lac d'autre part.

Quant aux apports de la Versoix au lac Léman, ils ont été décrits dans la première partie de ce rapport. Il est donc inutile d'y revenir en détail. Pour mémoire, nous transcrivons ci-dessous les chiffres de 1971:

Apports de la Versoix: année 1971.

en tonnes par an

Calcium	5'435,4
Magnésium	368,4
Azote ammoniacal	10,85
Azote nitreux	0,69
Azote	86,47
Azote minéral total	98,01
Chlorures	470,7
Phosphore soluble	5,75
Phosphore organique	3,72
Phosphore total	9,47
Oxygène dissous	902,2
DBO 5 j. apport négatif	235,6
Solde positif oxygène	666,6
Détergents	1,71

### 3.3. Le Nant d'Aisy. (voir tableau n° 48)

Le Nant d'Aisy, petit affluent secondaire de la rive gauche du Petit Lac, recueille, à peu de distance de son embouchure, l'effluent, éventuellement traité au chlore pendant les mois chauds de l'année, d'une station d'épuration à boues activées traitant les eaux usées d'une population de quelque 1'500 personnes. Le débit de la station représente, surtout pendant les périodes de faibles précipitations, un pourcentage appréciable de celui de l'affluent, voire même sa totalité en période de sécheresse prolongée, tel que ce fut le cas d'août à décembre 1971. Les chiffres de 1971 ne sont donc pas très représentatifs, puisque pendant 5 mois, le débit de la rivière à l'embouchure fut uniquement dû aux apports de la station elle-même et qu'il n'a pas été possible de prélever l'eau du Nant d'Aisy en amont de la station pendant cette période.

L'ensemble des résultats obtenus par le Service d'hydrobiologie de Genève est transcrit dans le tableau No 48, sous forme de normes multiannuelles et de moyennes annuelles pour l'année 1971.

La première constatation que l'on peut formuler au vu de ces chiffres est que le Nant d'Aisy, en amont de la station d'épuration, présente déjà des signes évidents de pollution, en particulier par ses teneurs en ammoniacque, nitrates, phosphore total élevées et par sa richesse en bactéries tant banales que d'origine fécale probable.

En aval de la station, la qualité de l'eau se dégrade encore notablement. Ainsi, en 1971, les concentrations, pour les deux points contrôlés, passent, pour l'azote ammoniacal, de 0,35 à 8,44 mg/l N, pour les nitrites de 0,036 à 0,234 mg/l N, pour l'azote minéral total de 10,33 à 13,95 mg/l. Les nitrates par contre diminuent de 9,94 à 5,28 mg/l N. Les concentrations en phosphore total augmentent d'environ 5 x (de 0,88 à 4,43 mg/l P). L'oxygène dissous diminue d'environ 20 % et les consommations en oxygène présentent des augmentations surtout sensibles pour la DCO (de 8,73 à 26,38 mg/l O<sub>2</sub>). On constate enfin une aggravation très sensible sur le plan bactériologique, malgré la mise en oeuvre d'un traitement au chlore, par ailleurs efficace, de l'effluent de la station d'épuration pendant les mois chauds de l'année.

Il est certain que les chiffres de l'année 1971, du fait des conditions atmosphériques exceptionnelles, sont particulièrement sévères. Cependant, nous retrouvons les mêmes tendances en étudiant les normes établies au vu des résultats des années précédentes, tendances qui indiquent que le rejet de l'effluent de la station d'épuration, du fait des débits minimes du récepteur, détériore la qualité des eaux de celui-ci.

### 3.4. L'Arve. (voir tableau n° 49)

Sur l'initiative du Service d'hydrobiologie de Genève, cet important affluent du Rhône en aval de Genève a été étudié, quant à la composition de ses eaux, d'une part à la frontière franco-suisse et d'autre part juste avant sa jonction avec l'émissaire unique du lac Léman.

En considérant les normes 1963-1970, nous constatons, entre la frontière franco-suisse et l'embouchure de l'Arve dans le Rhône, une augmentation de

la charge polluante, que d'après les concentrations, on peut chiffrer à:

Normes 1963-1970

Azote ammoniacal	+	59,8 %
Azote nitreux	+	137,5 %
Azote nitrique	+	5,6 %
Azote minéral total	+	17,3 %
Phosphore soluble	+	29,0 %
Phosphore total	+	26,0 %
DBO 5 j.	+	34,8 %
DCO	+	3,1 %
Germes totaux	+	13,9 %
Oxygène dissous	-	1,1 %

Seuls les coliformes disparaissent quelque peu, puisqu'ils diminuent, entre les deux points considérés, de 10,4 %.

L'augmentation de la charge polluante est en fait logique, puisque l'Arve recueille, sur territoire genevois les effluents des stations d'épuration de Villette (env. 20'000 habitants), de Veyrier (env. 500 habitants) et l'eau d'un affluent, l'Aire, qui sert de récepteur aux eaux usées, également épurées, de la région de Drize et de la Plaine de l'Aire. En effet, les stations d'épuration, si elles permettent de diminuer dans de bonnes proportions les matières en suspension et les consommations en oxygène, n'ont que relativement peu d'importance sur les éléments nutritifs solubles, pour autant, dans le cas du phosphore, qu'elles ne soient pas équipées de traitements chimiques (épuration tertiaire).

L'année 1971 livre des résultats partiellement différents, puisque seuls la DBO, la DCO, les nitrites et les nitrates subissent une augmentation entre la frontière et l'embouchure dans le Rhône:

Azote ammoniacal	-	28,3 %
Azote nitreux	+	22,2 %
Azote nitrique	+	1,6
Azote minéral total	-	10,2
Phosphore soluble	-	31,6
Phosphore total	-	29,1
DBO 5 jours	+	11,8
DCO	+	13,1
Germes totaux	-	62,5
Coliformes	-	74,1
Oxygène dissous	+	0,3

Nous ne voyons pas à dire vrai d'explications plausibles pour élucider ces phénomènes. Peut-être, du fait des débits faibles, avons-nous été en présence d'une part de phénomène d'absorption, ce qui expliquerait en particulier la diminution des teneurs en phosphore et d'autre part d'antagonismes, voire même de réactions toxiques responsables éventuellement de la diminution des germes banaux et des coliformes.

Les apports n'ont été calculés que pour les échantillons prélevés à l'embou-

chure de l'Arve dans le Rhône. Ils ont déjà été mentionnés dans la première partie de ce rapport. Pour mémoire, nous les transcrivons cependant encore ci-dessous.

Apports de l'Arve Année 1971

---

exprimés en tonnes/an

Calcium	98'361,0
Magnésium	11'451,5
Azote ammoniacal	488,01
Azote nitreux	17,07
Azote nitrique	1'050,75
Azote minéral total	1'555,83
Phosphore total	248,31
Oxygène dissous	19'949,6
D.B.O. 5 j. apport négatif	5'831,4
Solde positif, bilan oxygène	14'118,2
Chlorures	7'287,7
Détergents	39,68

D'une façon générale, vu la diminution des débits et des concentrations, les apports de l'année 1971 sont plus faibles que ceux calculés à partir des chiffres des années 1963 à 1970.

### 3.5. L'Allondon (voir tableau No 50)

Ce cours d'eau, affluent du Rhône en aval de la retenue de Verbois, est étudié depuis 1968 par le Service d'Hydrobiologie de Genève en trois points, à savoir :

Moulin de Fabry  
Pont des Baillels  
Embouchure dans le Rhône

soit, pratiquement, au début, au milieu et à la fin de son parcours sur territoire genevois. Les prélèvements d'eau ont été effectués sans mesure parallèle des débits. En conséquence, il ne nous a pas été possible de chiffrer les apports au Rhône.

L'évolution de la qualité de l'eau de l'Allondon, aux trois points contrôlés, est transcrite dans le tableau No 50. D'après ces résultats, l'eau de l'Allondon subit une certaine dilution, perceptible en particulier par la diminution des teneurs en calcium et chlorures, entre le Moulin de Fabry et le Pont des Baillels. Cette dilution est probablement due à des apports d'eaux moins minéralisées, éventuellement celle de l'Allemogne, affluent de la rive droite, et elle a une influence non seulement sur les éléments dissous stables, tels que calcium et chlorures déjà mentionnés, mais encore sur l'ammoniaque, les nitrates, les orthophosphates et le phosphore total. Par ailleurs, il est certain qu'entre ces deux derniers points de prélèvement, l'eau de l'Allondon s'épure naturellement. Cette amélioration se marque en particulier par une diminution de la DBO, de l'ammoniaque, du phosphore organique, du nombre des germes banaux et des coliformes et par une augmentation appréciable de l'oxygène dissous due probablement plus à

l'aération de l'eau qu'à des phénomènes biologiques.

Entre le Pont des Baillels et l'embouchure dans le Rhône, la qualité de l'eau de l'Allondon continue à s'améliorer, surtout grâce à l'auto-épuration, éventuellement en fonction d'apports assez minimes par des affluents très peu pollués.

Les gains opérés sont, pour quelques éléments et par rapport à la qualité initiale telle qu'elle ressort des analyses faites au Moulin de Fabry, les suivantes en 1971 :

	Parcours Fabry - Pont des Baillels	Parcours Pont des Baillels - embouchure	Parcours total
Azote ammoniacal	- 55,2 %	- 12,2 %	- 67,4 %
Azote nitreux	- 26,3	- 36,9	- 63,2
Azote nitrique	- 24,9	- 1,0	- 25,9
Orthophosphates	- 57,3	- 13,3	- 70,6
Phosphore organique	- 90,0	- 2,8	- 92,8
D.B.O. 5 jours	- 13,3	- 38,3	- 51,6
D.C.O.	- 3,0	- 4,4	- 7,4
Germes totaux	- 58,2	- 10,7	- 68,9
Coliformes	- 83,2	- 7,0	- 90,2

En conclusion, il apparaît, au vu des résultats des recherches effectuées, que la pollution effective de l'eau de l'Allondon doit avoir sa source en amont du Moulin de Fabry. Sur territoire genevois, on constate une amélioration constante de la qualité des eaux, due à l'autoépuration et à des apports moins pollués.

#### 4. RESUME DES CONSTATATIONS, CONCLUSIONS

En guise de préambule au dernier chapitre de ce rapport sur les affluents du lac Léman et du Rhône, année 1971, nous aimerions encore une fois insister sur la valeur relative des chiffres concernant les apports dont il est souvent fait mention. Du fait des méthodes de prélèvement utilisées par les équipes travaillant au sein de la Sous-commission technique (échantillons instantanés), du fait de l'hétérogénéité certaine, dans le temps et dans l'espace, de l'eau de certains affluents - les recherches effectuées sur la Dranse le prouvent amplement - du fait enfin des modifications souvent rapides que subit le débit des cours d'eau étudiés, il est impossible, malgré la périodicité assez grande des prélèvements, de garantir que les chiffres énoncés pour les apports sont parfaitement représentatifs de la réalité. Nous sommes d'avis qu'il convient de les considérer comme représentant des ordres de grandeur probablement assez précis pour pouvoir définir des tendances.

L'année 1971 a été caractérisée par des hauteurs de précipitations faibles, entraînant une diminution générale des débits des affluents. La comparaison de la somme des débits moyens de l'ensemble des affluents inventoriés avec le débit moyen jaugé de l'émissaire, le Rhône à Genève, montre, contrairement aux années précédentes, que les bilans établis en 1971 doivent théoriquement être assez proches de la réalité.

Les conditions météorologiques exceptionnelles de 1971 ont entraîné une baisse de la concentration moyenne en oxygène dissous de l'ensemble des affluents du lac Léman. Celle-ci a atteint la valeur de 9,89 mg O<sub>2</sub>/l, soit, en taux de saturation, 91,8 %. Ce pourcentage est le plus faible depuis le début de l'enquête de la Sous-Commission technique, soit depuis 1963. Par voie de conséquence, les apports ont été minimes - environ 59'000 tonnes -. En tenant compte de l'émissaire, le lac a perdu, dans le bilan général de l'oxygène dû aux affluents et sans tenir compte de leur D.B.O., quelque 12'000 tonnes d'oxygène en 1971.

La demande biologique en oxygène s'est élevée, en 1971 toujours, à 8,68 mg O<sub>2</sub>/l pour l'ensemble des affluents du Léman, soit en moyenne 219 % en taux de consommation. Ce sont les chiffres les plus élevés rencontrés depuis 1968. Pour minéraliser ces apports, le lac a dû fournir 27'000 tonnes d'oxygène qui, ajoutées au solde négatif du bilan de ce gaz dissous, laissent apparaître un déficit total de l'ordre de 40'000 tonnes en 1971, soit pratiquement le même chiffre que l'année précédente.

L'étude des différents stades d'oxydation de l'azote minéral montre d'une part des concentrations en azote ammoniacal et minéral total - respectivement 2,095 et 3,861 mg/l N en moyenne annuelle pour l'ensemble des affluents - jamais atteintes depuis 1963 et d'autre part un affaiblissement progressif du "potentiel d'autoépuration" de l'eau des rivières étudiées se traduisant par une diminution de pourcentage de l'azote nitrrique ( 44 % en 1971 ) au profit de l'azote ammoniacal ( 54,3 % en 1971 ). Les apports en azote minéral total ont été, pour l'ensemble des affluents, de l'ordre de 5'500 tonnes. En tenant compte de l'émissaire, il reste un solde positif d'environ 4'000 tonnes d'azote par an. Si l'on admet les corrections apportées aux apports calculés des années 1970 et 1969, corrections dues à une surestimation probable des débits, nous constatons que le solde positif de l'année 1971 est le plus élevé jamais atteint depuis le début des recherches de la Sous-commission technique.

La concentration moyenne en phosphore total a atteint en 1971 la valeur élevée de 1,222 mg/l P . Seuls les résultats de 1967 ( 1,297 mg/l P total ) dépassent légèrement ce chiffre. Par rapport à 1970, l'augmentation de teneur est presque de 0,2 mg/l P. Les apports atteignent 1'450 tonnes/an de phosphore total en 1971, soit à peine moins que l'année précédente ( 1'550 tonnes ) qui détient le record. Pour ces deux années, le solde positif, obtenu en défalquant les tonnages soustraits au lac par l'émissaire, se monte à quelque 1'150 tonnes de phosphore total.

La concentration moyenne annuelle en détergents des affluents du lac Léman a atteint, en 1971, un maximum avec la valeur de 0,180 mg/l ABS. Le parallélisme qui existe entre concentration en phosphore total et teneur en

détergents suggère que les évolutions défavorables constatées sont, à côté de l'influence certaine des conditions météorologiques, dues en partie à une augmentation des consommations des produits de nettoyage contenant et du phosphore et des détergents. Du fait de l'augmentation des concentrations et malgré la diminution des débits, les apports en détergents atteignent, avec près de 300 tonnes, un maximum en 1971.

Les concentrations en chlorures ont, par rapport aux années précédentes, augmenté. La moyenne annuelle pour l'ensemble des affluents s'élève à 18,3 mg/l Cl<sup>-</sup> en 1971, alors qu'elle était légèrement inférieure à 15 mg/l en 1970 et 1969, et à 13,3 mg/l précédemment. Malgré cette évolution, les apports, du fait de la diminution des débits, régressent en 1971 par rapport aux deux années précédentes. Ils sont de l'ordre de 33'000 tonnes par an.

Les apports des affluents valaisans et vaudois en hydrocarbures se montent à 1'600 tonnes en 1971, dont 950 imputables au Rhône à son embouchure et 230 au Flon à Lausanne.

En conclusion, l'année 1971 ne montre pratiquement pas d'améliorations du point de vue des apports des affluents au lac Léman. Au contraire l'oxygénation de leurs eaux a été faible et leurs apports en éléments nutritifs restent très élevés, en particulier en ce qui concerne l'azote et le phosphore.

---

Tableau No 1

## DEBIT DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN

Exprimé en mètres cube par seconde

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	1,805	1,794	2,400	1,260	1,803
L'Eau froide	1,072	1,060	2,400	0,500	1,070
La Maladaire	0,061	0,061	0,250	0,010	0,061
La Veveyse	1,459	1,216	6,400	0,080	1,419
Le Forestay	0,388	0,215	0,700	0,070	0,360
La Lutrive	0,153	0,055	0,240	0,010	0,137
La Paudèze	0,325	0,118	0,570	0,040	0,291
Le Flon	1,300	1,267	1,600	0,720	1,292
La Chamberonne	0,772	0,176	0,350	0,080	0,675
La Venoge	3,843	2,041	5,350	0,710	3,551
La Morges	0,410	0,539	1,860	0,140	0,431
L'Aubonne	5,883	2,265	9,270	0,270	5,254
La Dullive	0,585	0,317	0,620	0,160	0,446
Totaux	18,056	11,124	-	-	16,790
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	5,876	5,495	6,920	4,705	5,801
La Bouverette	0,576	0,491	0,794	0,141	0,559
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	20,031	16,500	38,000	4,500	19,176
Totaux	26,483	22,486	-	-	25,536
Le Rhône, embouchure	207,680	134,325	223,000	60,000	193,482
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	252,219	167,935	-	-	235,808
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,576	0,570	1,440	0,180	1,413
Le Nant de Riond (Crans)	0,038	0,042	0,080	0,002	0,039
Le Nant de Pry	0,142	-	-	-	0,142
Le Nant du Brassu	0,218	0,129	0,300	0,020	0,196
La Doye	0,151	0,054	0,190	0,010	0,134
La Versoix	4,257	2,277	3,830	0,700	3,970
Le Vengeron	0,253	0,101	0,270	0,030	0,231
L'Hermance	0,440	0,104	0,380	0,010	0,392
Le Nant d'Aisy	0,154	0,046	0,170	0,001	0,137
Totaux	7,229	3,323	-	-	6,654
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Totaux	259,448	171,258	-	-	242,462
Le Rhône, émissaire	241	194	-	-	235
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	-	-	-	-
L'Arve à la Jonction	82,190	55,750	123,000	19,000	77,234
Le Rhône à Chancy	349,333	236,000	455,000	162,000	321,000

Tableau No 2

## TEMPERATURE DE L'EAU

Exprimée en degrés centigrades

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	9,76	9,27	13,30	6,50	9,68
L'Eau froide	8,73	10,17	21,70	5,60	8,95
La Maladaire	11,42	11,71	17,50	5,00	11,46
La Veveyse	8,99	9,13	16,20	2,80	9,01
Le Forestay	10,21	9,96	18,80	3,00	10,17
La Lutrive	11,25	11,55	23,30	2,00	11,29
La Paudèze	10,79	10,59	23,80	1,00	10,76
Le Flon	14,08	15,03	21,20	7,60	14,30
La Chamberonne	11,92	10,80	21,00	2,60	11,75
La Venoge	10,95	10,14	20,20	3,30	10,83
La Morges	11,74	11,09	20,20	2,90	11,53
L'Aubonne	9,57	8,97	17,50	3,30	9,48
La Dullive	8,11	9,84	14,80	4,90	9,01
Moyennes	10,58	10,63	-	-	10,63
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	9,42	8,38	12,20	4,50	9,23
La Bouverette	10,24	9,79	13,80	6,00	10,16
La Morge de St Gingolph	8,06	7,39	12,60	3,80	7,97
La Dranse	10,22	10,17	18,70	2,70	10,21
Moyennes	9,48	8,93	-	-	9,39
Le Rhône, embouchure	8,34	7,87	11,80	3,30	8,26
Ensemble Grand Lac Moyennes	10,21	10,10	-	-	10,22
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	9,05	9,21	16,90	3,60	9,07
Le Nant de Riond (Crans)	9,90	8,39	14,00	2,80	9,68
Le Nant de Pry	8,98	8,09	14,10	2,20	8,76
Le Nant du Brassu	8,26	7,97	15,60	1,40	8,18
La Doye	9,94	9,93	18,90	3,10	9,98
La Versoix	9,11	8,27	16,40	0,60	8,99
Le Vengeron	10,67	9,82	18,00	0,20	10,55
L'Hermance	10,19	9,45	21,40	0,20	10,08
Le Nant d'Aisy	11,21	11,19	17,00	3,50	11,21
Moyennes	9,70	9,15	-	-	9,61
Ensemble Lac Léman Moyennes	10,04	9,78	-	-	10,02
Le Rhône, émissaire	12,37	11,42	22,40	1,80	12,19
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	10,20	10,95	18,80	5,00	10,40
L'Arve à la Jonction	8,49	8,50	14,60	2,00	8,49
Le Rhône à Chancy	11,26	11,02	20,80	3,80	11,20

Tableau No 3

## pH DE L'EAU

mesure directe au prélèvement

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	7,23	7,22	7,40	7,20	7,23
L'Eau froide	7,31	7,37	7,70	7,20	7,32
La Maladaire	7,85	7,82	8,10	7,70	7,85
La Veveyse	7,99	7,90	8,20	7,70	7,98
Le Forestay	8,02	8,07	8,30	7,20	8,03
La Lutrive	7,99	8,04	8,60	7,80	8,00
La Paudèze	8,09	8,11	8,60	7,70	8,09
Le Flon	7,27	7,22	7,40	7,20	7,26
La Chamberonne	7,76	7,82	8,20	7,60	7,77
La Venoge	7,81	7,79	8,00	7,50	7,81
La Morges	8,00	7,77	8,00	7,40	7,97
L'Aubonne	7,99	7,98	8,20	7,70	7,98
La Dullive	7,83	7,87	8,40	7,70	7,85
Moyennes	7,78	7,77	-	-	7,78
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	7,53	7,67	7,80	7,40	7,56
La Bouverette	7,59	7,84	8,00	7,60	7,64
La Morge de St Gingolph	8,05	8,13	8,70	7,70	8,07
La Dranse	8,08	8,08	8,50	7,72	8,08
Moyennes	7,81	7,93	-	-	7,84
Le Rhône, embouchure	7,63	7,84	8,40	7,70	7,67
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	7,78	7,81	-	-	7,79
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	7,89	7,88	8,00	7,70	7,89
Le Nant de Riond (Crans)	8,16	8,22	8,32	8,13	8,17
Le Nant de Pny	8,26	8,22	8,29	8,12	8,25
Le Nant du Brassu	8,28	8,11	8,28	7,89	8,23
La Doye	7,91	7,82	7,90	7,70	7,85
La Versoix	8,18	8,10	8,25	7,98	8,17
Le Vengeron	7,95	7,72	8,04	7,50	7,92
L'Hernance	8,13	7,88	8,22	7,47	8,10
Le Nant d'Aisy	7,92	7,67	7,90	7,44	7,87
Moyennes	8,08	7,96	-	-	8,05
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	7,88	7,86	-	-	7,87
Le Rhône, émissaire	8,25	8,21	8,70	7,81	8,24
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	8,33	8,22	8,33	8,11	8,30
L'Arve à la Jonction	8,13	7,85	8,17	7,92	8,08
Le Rhône à Chancy	8,18	8,04	8,44	7,86	8,14

Tableau No 4

 CONDUCTIVITE DE L'EAU  
 exprimée en  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ 

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	1056	1003	1079	923	1048
L'Eau froide	446	506	790	363	455
La Maladaire	659	705	816	499	666
La Veveyse	378	480	852	331	394
Le Forestay	537	528	618	339	536
La Lutrive	552	576	668	380	556
La Paudèze	490	503	619	297	492
Le Flon	670	689	795	514	675
La Chamberonne	686	619	731	518	676
La Venoge	536	559	615	392	539
La Morges	594	609	670	455	596
L'Aubonne	392	424	525	289	397
La Dullive	519	530	611	476	525
Moyennes	578	595	-	-	581
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	577	528	632	400	568
La Bouverette	710	839	982	616	738
La Morge de St Gingolph	278	310	406	226	284
La Dranse	441	542	730	342	482
Moyennes	501	555	-	-	518
Le Rhône, embouchure	250	254	323	169	251
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	543	567	-	-	549
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	434	456	511	310	437
Le Nant de Riond (Crans)	-	440	538	338	440
Le Nant de Pry	-	394	452	318	394
Le Nant du Brassu	-	401	492	310	401
La Doye	420	477	594	370	429
La Versoix	-	415	452	343	415
Le Vengeron	-	695	780	580	695
L'Hermance	-	486	628	302	486
Le Nant d'Aisy	-	666	753	482	666
Moyennes	427	492	-	-	485
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	531	542	-	-	527
Le Rhône, émissaire	272	278	328	243	275
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	379	419	276	379
L'Arve à la Jonction	-	361	502	208	361
Le Rhône à Chancy	-	295	338	238	295

Tableau No 5

## TURBIDITE DE L'EAU

Unités internationales

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	6,9	6,9	16,0	0,5	6,9
L'Eau froide	11,3	17,4	37,5	10,0	12,2
La Maladaire	35,8	41,1	>200,0	5,0	36,6
La Veveyse	65,2	91,9	>200,0	3,5	69,2
Le Forestay	53,5	102,8	>200,0	12,0	60,9
La Lutrive	34,5	39,6	>200,0	8,0	35,3
La Paudèze	63,9	75,8	>200,0	13,6	65,7
Le Flon	27,0	23,4	40,0	9,0	26,2
La Chamberonne	101,4	36,9	>200,0	10,6	91,7
La Venoge	27,6	15,0	56,0	3,0	25,7
La Morges	39,6	25,6	110,0	3,1	37,5
L'Aubonne	27,0	15,8	114,0	3,2	25,3
La Dullive	59,2	19,9	170,0	2,0	38,7
Moyennes	42,5	39,4	-	-	40,9
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	-	-	-	-	-
La Bouverette	-	-	-	-	-
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	-	-	-	-	-
<u>Le Rhône, embouchure</u>					
-					
<u>Ensemble Moyennes Grand Lac</u>					
-					
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	16,9	28,0	170,0	2,1	18,5
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	32,7	30,9	130,0	6,2	32,4
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Moyennes	24,8	29,4	-	-	25,4
<u>Ensemble Moyennes Lac Léman</u>					
40,2      38,1      -      -      38,9					
<u>Le Rhône, émissaire</u>					
-					
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	-	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-	-	-

Tableau No 6

 CONCENTRATION EN OXYGENE DISSOUS  
 exprimée en mg O<sub>2</sub>/l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	5,59	5,17	8,09	3,35	5,53
L'Eau froide	8,70	7,26	11,38	3,04	8,49
La Maladaire	10,02	9,45	11,53	7,49	9,94
La Veveyse	12,00	11,19	13,34	8,61	11,88
Le Forestay	11,42	11,69	13,55	9,97	11,33
La Lutrive	11,07	11,37	14,34	8,42	11,12
La Paudèze	12,20	12,27	14,84	8,64	12,21
Le Flon	2,48	1,83	4,54	0,26	2,32
La Chamberonne	7,97	9,81	12,81	6,50	8,25
La Venoge	10,43	10,09	12,81	7,25	10,38
La Morges	10,95	7,74	12,55	2,23	10,47
L'Aubonne	11,41	11,25	13,01	9,54	11,39
La Dullive	10,91	10,84	13,97	9,28	10,87
Moyennes	9,63	9,23	-	-	9,55
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stuckalper	9,49	8,92	11,20	7,70	9,38
La Bouverette	11,56	11,55	12,90	9,70	11,56
La Morge de St Gingolph	12,21	12,25	13,80	11,10	12,22
La Dranse	10,87	9,75	12,33	5,73	10,61
Moyennes	11,03	10,62	-	-	10,94
Le Rhône, embouchure	11,48	11,46	12,50	10,50	11,47
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	10,04	9,66	-	-	9,97
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	11,08	11,18	12,82	8,13	11,09
Le Nant de Riond (Crans)	10,21	11,80	14,18	9,72	10,44
Le Nant de Pry	11,01	11,67	13,98	9,94	11,18
Le Nant du Brassu	11,15	11,07	13,98	8,25	11,13
La Doye	10,58	10,01	12,80	7,34	10,49
La Versoix	11,53	12,50	15,80	10,63	11,67
Le Vengeron	8,41	6,31	12,61	0	8,11
L'Hermance	10,46	9,76	14,02	5,66	10,36
Le Nant d'Aisy	9,12	8,76	11,75	6,17	9,06
Moyennes	10,39	10,34	-	-	10,39
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	10,16	9,89	-	-	10,11
Le Rhône, émissaire	11,27	11,65	14,85	9,40	11,34
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	11,32	11,28	13,30	9,80	11,31
L'Arve à la Jonction	11,43	11,80	14,33	10,52	11,49
Le Rhône à Chancy	10,95	10,84	13,00	8,96	10,92

Tableau No 7

TAUX DE SATURATION EN OXYGENE DISSOUS  
exprimé en % .

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	52,9	48,6	79,1	31,4	52,2
L'Eau froide	80,4	70,7	116,8	27,0	78,9
La Maladaire	98,0	91,0	102,1	70,6	97,0
La Veveyse	110,3	103,6	113,8	90,5	109,3
Le Forestay	107,9	110,2	126,2	103,3	108,3
La Lutrive	107,3	111,2	147,7	81,7	107,9
La Paudèze	117,9	117,4	162,9	99,0	117,8
Le Flon	25,1	19,1	42,3	2,8	23,6
La Chamberonne	75,6	93,7	133,3	71,5	78,3
La Venoge	100,1	94,8	110,7	70,4	99,3
La Morges	107,3	72,2	109,3	26,2	102,1
L'Aubonne	107,7	103,9	108,8	97,8	107,2
La Dullive	98,4	102,5	143,0	89,9	100,5
Moyennes	91,5	87,6	-	-	91,0
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	89,2	82,0	106,3	70,5	87,9
La Bouverette	110,6	108,0	129,5	87,2	110,2
La Morge de St Gingolph	110,6	109,8	116,2	105,5	110,5
La Dranse	103,7	92,1	107,2	65,6	101,0
Moyennes	103,5	98,0	-	-	102,4
Le Rhône, embouchure	104,5	103,8	109,1	99,2	104,4
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	94,9	90,8	-	-	94,2
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	100,1	103,6	120,6	89,8	100,7
Le Nant de Riond (Crans)	95,6	106,5	120,0	99,7	97,2
Le Nant de Pry	100,8	104,3	111,8	100,0	101,7
Le Nant du Brassu	101,5	98,2	108,0	82,5	100,6
La Doye	99,8	93,5	103,1	76,9	98,8
La Versoix	107,2	112,3	130,0	99,1	107,9
Le Vengeron	78,7	54,8	95,5	0	75,3
L'Hermance	98,5	88,1	109,0	49,6	97,0
Le Nant d'Aisy	87,6	82,7	96,0	61,4	85,9
Moyennes	96,6	93,8	-	-	96,1
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	95,5	91,8	-	-	94,9
Le Rhône, émissaire	112,6	113,5	157,9	94,2	112,8
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	108,4	107,8	115,1	101,2	108,3
L'Arve à la Jonction	105,2	105,6	111,8	98,8	105,3
Le Rhône à Chancy	106,3	102,8	117,2	96,5	105,3

Tableau No 8

 APPORTS EN OXYGENE DISSOUS  
 en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	319,1	299,5	313,5
L'Eau Froide	308,1	256,9	299,8
La Maladaire	19,6	19,4	19,5
La Veveyse	551,3	430,6	531,7
Le Forestay	143,8	80,5	133,6
La Lutrive	52,7	20,4	47,5
La Paudèze	121,4	47,2	109,4
Le Flon	98,1	71,4	91,7
La Chamberonne	183,2	57,0	162,7
La Venoge	1'331,5	672,8	1'224,7
La Morges	149,5	136,6	147,5
L'Aubonne	2'114,8	808,1	1'902,8
La Dullive	207,2	110,6	156,8
Totaux	5'600,3	3'011,0	5'141,2
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1'759,4	1'548,1	1'717,8
La Bouverette	208,5	177,6	202,4
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	6'901,3	5'104,4	6'461,6
Totaux	8'869,2	6'830,1	8'381,8
Le Rhône, embouchure	73'934,9	47'791,1	68'874,8
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	88'404,4	57'632,2	82'397,8
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	550,9	204,0	494,6
Le Nant de Rioud (Crans)	12,3	15,4	12,8
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	77,5	47,5	70,1
La Doye	49,8	17,7	44,4
La Versoix	1'564,6	902,2	1'468,7
Le Vengeron	83,2	30,0	75,6
L'Hermance	152,9	36,3	136,0
Le Nant d'Aisy	49,9	14,3	44,2
Totaux	2'541,1	1'267,4	2'346,4
Ensemble Lac Léman	90'945,5	58'899,6	84'744,2
Rhône, émissaire	88'108,4	71'282,2	84'596,9
SOLDES	2'837,1	- 12'382,6	147,3
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	29'197,1	19'949,6	27'463,2
Le Rhône à Chancy	120'935,2	80'645,6	110'119,3

Tableau No 9

 DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE  
 exprimée en mg O<sub>2</sub>/l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	4,00	4,69	10,54	2,40	4,10
L'Eau froide	5,83	12,02	21,14	4,49	6,76
La Maladaire	15,64	14,35	29,07	4,54	15,46
La Veveyse	4,25	4,98	6,92	3,36	4,36
Le Forestay	10,65	10,43	12,81	5,49	10,61
La Lutrive	9,73	12,14	26,75	6,68	10,09
La Paudèze	10,86	14,07	30,24	4,69	11,34
Le Flon	23,75	31,07	58,98	5,20	25,47
La Chamberonne	22,12	9,82	23,87	3,19	20,40
La Venoge	5,92	6,50	10,16	3,71	6,00
La Morges	9,29	19,37	35,32	4,56	10,80
L'Aubonne	3,86	5,38	9,79	3,02	4,09
La Dullive	7,42	5,31	8,07	2,09	6,32
Moyennes	10,26	11,55	-	-	10,45
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	2,48	3,49	7,30	2,00	2,66
La Bouverette	3,45	5,56	7,72	0,10	3,84
La Morge de St Gingolph	2,28	3,38	6,40	1,80	2,49
La Dranse	3,95	6,80	11,75	1,83	4,62
Moyennes	3,04	4,81	-	-	3,40
Le Rhône, embouchure	3,34	4,58	5,92	3,20	3,57
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	8,27	9,66	-	-	8,50
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	4,15	5,08	11,59	2,64	4,29
Le Nant de Riond (Crans)	3,36	2,56	3,98	1,78	3,25
Le Nant de Pny	4,06	3,11	10,47	1,67	3,82
Le Nant du Brassu	3,36	3,27	4,71	1,53	3,34
La Doye	7,80	23,10	92,54	2,93	10,19
La Versoix	2,45	3,41	5,27	2,53	2,59
Le Vengeron	7,74	10,43	20,41	3,55	8,13
L'Hermance	3,35	3,67	6,76	1,78	3,40
Le Nant d'Aisy	7,17	5,67	9,07	0,25	6,89
Moyennes	4,83	6,70	-	-	5,10
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	7,12	8,68	-	-	7,37
Le Rhône, émissaire	1,92	2,19	4,66	0,76	1,97
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	1,87	1,82	2,27	1,16	1,85
L'Arve à la Jonction	4,14	3,61	4,71	2,37	4,04
Le Rhône à Chancy	3,04	2,64	4,61	1,96	2,93

Tableau No 10

## DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE TAUX DE CONSOMMATION

exprimée en % de la concentration en O<sub>2</sub> dissous

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	74,4	94,4	230,0	47,5	77,4
L'Eau froide	75,7	204,1	626,2	46,6	95,0
La Maladaire	154,1	157,1	388,1	54,8	154,5
La Veveyse	35,5	45,3	66,5	31,3	37,0
Le Forestay	95,7	88,7	100,0	55,1	94,7
La Lutrive	91,5	106,2	199,3	50,9	93,7
La Paudèze	93,0	120,5	306,6	36,2	97,1
Le Flon	1'777,4	3'473,0	13'814,0	327,6	2'176,4
La Chamberonne	2'021,5	99,9	222,2	35,8	1'754,0
La Venoge	59,3	65,8	97,8	43,3	60,3
La Morges	104,2	303,6	732,3	99,3	134,1
L'Aubonne	34,4	48,0	80,8	26,5	36,4
La Dullive	71,4	49,9	86,5	17,8	60,2
Moyennes	360,6	373,6	-	-	374,7
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	26,1	39,6	90,1	22,7	20,6
La Bouverette	29,8	49,9	71,5	0,9	33,5
La Morge de St Gingolph	19,0	27,8	47,8	15,0	20,7
La Dranse	36,6	68,0	100,0	31,9	44,1
Moyennes	27,9	46,3	-	-	31,7
Le Rhône, embouchure	28,9	40,1	52,8	30,4	31,1
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	268,2	282,3	-	-	279,4
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	38,0	46,7	100,0	24,1	39,3
Le Nant de Riond (Crans)	38,8	21,5	28,1	15,3	36,3
Le Nant de Pry	39,0	27,0	98,0	16,8	36,0
Le Nant du Brassu	29,5	29,2	39,4	18,5	29,4
La Doye	77,8	266,2	1'189,1	23,8	107,2
La Versoix	21,9	26,9	41,9	17,6	22,6
Le Vengeron	117,2	307,3	infini	52,0	142,7
L'Hermance	38,5	39,3	70,6	19,5	38,6
Le Nant d'Aisy	79,9	66,0	100,0	2,9	77,3
Moyennes	53,4	92,0	-	-	58,8
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	196,6	219,0	-	-	205,9
Le Rhône, émissaire	15,9	18,2	37,5	7,5	16,3
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	16,2	15,9	21,1	11,1	16,1
L'Arve à la Jonction	36,3	30,4	38,3	21,3	35,4
Le Rhône à Chancy	27,6	24,3	37,9	18,6	26,7

Tableau No 11

 DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE  
 apport "négatif" en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	232,7	254,8	236,2
L'Eau Froide	187,0	390,1	220,0
La Maladaire	28,7	24,2	28,0
La Veveyse	199,0	173,0	194,8
Le Forestay	123,0	72,0	114,6
La Lutrive	39,7	23,3	37,2
La Paudèze	94,9	51,6	87,8
Le Flon	973,8	1'263,6	1'042,0
La Chamberonne	946,1	57,5	811,9
La Venoge	761,0	394,6	701,6
La Morges	138,1	325,1	168,4
L'Aubonne	699,8	329,3	640,0
La Dullive	146,3	53,1	97,7
Totaux	4'570,1	3'412,2	4'380,2
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	475,6	585,6	497,7
La Bouverette	65,3	82,4	68,7
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	2'355,4	3'341,8	2'602,0
Totaux	2'896,3	4'009,8	3'168,4
Le Rhône, embouchure	21'769,6	19'578,6	21'331,5
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	29'236,0	27'000,6	28'880,1
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	203,4	83,6	184,0
Le Nant de Riond (Crans)	3,9	3,1	3,8
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	26,0	14,3	23,2
La Doye	35,4	23,5	33,4
La Versoix	311,4	235,6	300,5
Le Vengeron	62,8	27,2	57,7
L'Hermance	35,6	13,1	32,4
Le Nant d'Aisy	40,9	7,9	35,6
Totaux	719,4	408,3	670,6
Ensemble Lac Léman	29'955,4	27'408,9	29'550,7
Rhône, émissaire	15'085,6	13,393,3	14'732,4
SOLDES	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	9'492,1	5'831,4	8'805,7
Le Rhône à Chancy	33'964,3	19'679,2	30'068,4

Tableau No 12

DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE ( DCO )  
exprimée en mg O<sub>2</sub> / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<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	-	-	-	-	-
Moyennes	-	-	-	-	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	-	-	-	-	-
La Bouverette	-	-	-	-	-
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	-	-	-	-	-
Le Rhône, embouchure					
Ensemble Moyennes					
<u>Grand Lac</u>					
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Le Nant de Riond (Crans)	6,08	3,80	8,50	1,60	4,94
Le Nant de Pry	8,66	5,11	11,00	1,72	6,97
Le Nant du Brassu	11,28	7,18	13,30	1,30	9,23
La Doye	-	-	-	-	-
La Versoix	7,16	6,84	11,20	2,00	7,00
Le Vengeron	34,84	21,27	36,10	8,10	28,05
L'Hermance	10,43	10,50	18,50	2,60	10,46
Le Nant d'Aisy	20,66	26,38	44,30	7,70	24,65
Moyennes	14,16	11,58	-	-	13,04
Ensemble Moyennes					
<u>Lac Léman</u>					
Le Rhône, émissaire					
	4,77	3,83	8,40	1,60	4,30
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	4,55	4,88	10,20	1,30	4,72
L'Arve à la Jonction	8,65	5,19	14,30	1,00	7,00
Le Rhône à Chancy	6,32	4,39	9,00	2,10	5,36

Tableau No 13

OXYDABILITE DE L'EAU  
exprimée en mg  $\text{KMnO}_4/1$

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<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	-	-	-	-	-
Moyennes	-	-	-	-	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	8,25	7,91	11,23	6,10	8,09
La Bouverette	7,13	7,72	10,88	5,52	7,39
La Morge de St Gingolph	6,08	5,83	9,18	3,78	5,96
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	7,15	7,15	-	-	7,15
Le Rhône, embouchure	6,71	7,82	11,40	4,99	7,22
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	-	-	-	-	-
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	-	-	-	-	-
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Moyennes	-	-	-	-	-
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	-	-	-	-	-
Le Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	-	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-	-	-

Tableau No 14

 AZOTE AMMONIACAL  
 exprimé en mg N / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,191	0,374	0,786	0,117	0,219
L'Eau froide	0,324	0,899	2,365	0,303	0,410
La Maladaire	2,442	6,951	29,570	0,607	3,118
La Veveyse	0,169	0,215	0,467	0,101	0,179
Le Forestay	0,402	0,885	1,633	0,140	0,475
La Lutrive	0,793	1,991	4,418	0,140	0,972
La Paudèze	0,958	1,826	4,706	0,482	1,088
Le Flon	8,131	13,098	18,667	2,077	9,300
La Chamberonne	2,182	1,876	3,632	0,622	2,136
La Venoge	0,328	0,431	0,757	0,148	0,344
La Morges	0,347	1,774	3,422	0,412	0,561
L'Aubonne	0,165	0,202	0,840	0	0,171
La Dullive	0,586	0,383	0,576	0,266	0,480
Moyennes	1,309	2,377	-	-	1,496
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,072	0,241	0,645	0,012	0,103
La Bouverette	0,077	0,180	0,314	0,001	0,095
La Morge de St Gingolph	0,015	0,014	0,074	0	0,015
La Dranse	0,027	3,567	5,467	0,026	0,457
Moyennes	0,048	1,048	-	-	0,167
Le Rhône, embouchure	0,145	0,309	0,890	0,012	0,175
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,964	1,967	-	-	1,128
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,143	0,121	0,303	0	0,140
Le Nant de Riond (Crans)	0,341	0,157	0,386	0	0,315
Le Nant de Pry	0,533	0,169	0,358	0	0,441
Le Nant du Brassu	0,208	0,305	0,716	0,044	0,234
La Doye	0,829	1,199	3,002	0,179	0,887
La Versoix	0,077	0,159	0,372	0,020	0,089
Le Vengeron	5,060	9,942	18,200	2,000	5,758
L'Hermance	0,393	0,670	3,250	0,120	0,433
Le Nant d'Aisy	3,961	8,437	16,900	3,200	4,801
Moyennes	1,283	2,351	-	-	1,455
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	1,070	2,095	-	-	1,237
Le Rhône, émissaire	0,030	0,041	0,096	0	0,032
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,069	0,112	0,250	0	0,080
L'Arve à la Jonction	0,203	0,312	0,572	0,104	0,222
Le Rhône à Chancy	0,211	0,241	0,432	0,142	0,219

Tableau No 15

## AZOTE NITREUX

exprimé en mg N / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,031	0,027	0,048	0,010	0,030
L'Eau froide	0,018	0,019	0,076	0,006	0,018
La Maladaire	0,246	0,246	0,527	0,072	0,246
La Veveyse	0,025	0,016	0,083	0,002	0,023
Le Forestay	0,110	0,117	0,417	0,009	0,111
La Lutrive	0,198	0,158	0,475	0,021	0,192
La Paudèze	0,110	0,129	0,326	0,005	0,113
Le Flon	0,164	0,110	0,622	0	0,151
La Chamberonne	0,224	0,227	1,151	0,045	0,225
La Venoge	0,093	0,058	0,100	0,027	0,087
La Morges	0,104	0,110	0,217	0,004	0,105
L'Aubonne	0,030	0,024	0,052	0,005	0,029
La Dullive	0,095	0,058	0,110	0,019	0,076
Moyennes	0,111	0,100	-	-	0,108
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,029	0,030	0,134	0,003	0,029
La Bouverette	0,028	0,007	0,016	0,002	0,024
La Morge de St Gingolph	0,003	0,002	0,006	0	0,003
La Dranse	0,010	0,020	0,051	0	0,012
Moyennes	0,017	0,015	-	-	0,017
Le Rhône, embouchure	0,025	0,012	0,031	0,003	0,022
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,086	0,076	-	-	0,083
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,022	0,022	0,055	0,012	0,022
Le Nant de Rioud (Crans)	0,049	0,010	0,015	0,004	0,043
Le Nant de Pry	0,039	0,008	0,018	0,004	0,031
Le Nant du Brassu	0,016	0,013	0,024	0,001	0,016
La Doye	0,081	0,098	0,457	0,014	0,084
La Versoix	0,010	0,009	0,015	0,005	0,010
Le Vengeron	0,194	0,075	0,200	0,020	0,177
L'Hermance	0,041	0,030	0,090	0,005	0,039
Le Nant d'Aisy	0,213	0,234	0,600	0,010	0,217
Moyennes	0,074	0,055	-	-	0,071
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,082	0,069	-	-	0,079
Le Rhône, émissaire	0,004	0,003	0,007	0,001	0,003
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,006	0,007	0,012	0,003	0,007
L'Arve à la Jonction	0,019	0,011	0,020	0,006	0,018
Le Rhône à Chancy	0,008	0,005	0,009	0,002	0,007

Tableau No 16

## AZOTE NITRIQUE

exprimé en mg N / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,79	0,75	1,00	0,02	0,78
L'Eau froide	0,31	0,26	0,44	0,07	0,30
La Maladaire	2,67	2,64	5,19	0,14	2,66
La Veveyse	0,55	0,89	1,29	0,37	0,60
Le Forestay	2,12	2,78	9,48	1,51	2,22
La Lutrive	1,73	1,69	5,17	0,60	1,72
La Paudèze	1,29	1,84	5,06	0,94	1,37
Le Flon	0,49	0,40	2,71	0,01	0,47
La Chamberonne	1,49	1,77	2,85	0,61	1,54
La Venoge	1,92	2,00	3,81	0,98	1,93
La Morges	3,13	2,29	5,02	0,02	3,00
L'Aubonne	0,99	1,39	2,33	0,46	1,05
La Dullive	2,61	1,91	3,12	1,31	2,24
Moyennes	1,55	1,59	-	-	1,53
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,37	0,55	0,79	0,27	0,40
La Bouverette	0,27	0,46	0,92	0,03	0,31
La Morge de St Gingolph	0,20	0,31	0,70	0,01	0,22
La Dranse	0,39	0,47	0,84	0,10	0,40
Moyennes	0,31	0,45	-	-	0,33
Le Rhône, embouchure	0,31	0,42	0,87	0,09	0,33
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	1,20	1,27	-	-	1,20
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,33	1,48	2,70	0,79	1,37
Le Nant de Riend (Crans)	4,47	4,32	8,12	1,63	4,45
Le Nant de Pry	1,77	1,57	5,10	0,58	1,72
Le Nant du Brassu	1,03	1,97	7,40	0,75	1,27
La Doye	1,09	1,18	2,09	0,38	1,10
La Versoix	0,97	1,20	1,90	0,75	1,00
Le Vengeron	2,98	3,36	5,50	1,50	3,03
L'Hermance	2,38	2,75	6,30	0,30	2,43
Le Nant d'Aisy	5,52	5,28	11,75	1,25	5,47
Moyennes	2,39	2,57	-	-	2,43
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	1,60	1,70	-	-	1,61
Le Rhône, émissaire	0,29	0,21	0,43	0,01	0,28
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	1,02	1,43	2,20	0,95	1,12
L'Arve à la Jonction	0,57	0,65	1,18	0,35	0,59
Le Rhône à Chancy	0,38	0,39	0,70	0,18	0,38

Tableau No 17

AZOTE MINERAL TOTAL  
exprimé en mg N / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	1,012	1,151	1,683	0,375	1,029
L'Eau froide	0,652	1,262	2,601	0,632	0,728
La Maladaire	5,358	9,837	30,781	3,259	6,024
La Veveyse	0,744	1,121	1,459	0,675	0,802
Le Forestay	2,632	3,782	11,152	2,091	2,806
La Lutrive	2,721	3,839	9,725	1,842	2,884
La Paudèze	2,358	3,795	8,826	1,922	2,571
Le Flon	8,785	13,608	21,381	2,147	9,921
La Chamberonne	3,896	3,873	5,619	1,705	3,901
La Venoge	2,341	2,489	4,238	1,388	2,361
La Morges	3,581	4,174	8,343	1,549	3,666
L'Aubonne	1,185	1,616	3,182	0,675	1,250
La Dullive	3,291	2,351	3,441	1,774	2,796
Moyennes	2,966	4,069	-	-	3,134
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,471	0,801	1,295	0,457	0,532
La Bouverette	0,375	0,647	1,080	0,359	0,429
La Morge de St Gingolph	0,218	0,326	0,743	0,013	0,238
La Dranse	0,427	4,057	5,687	0,514	0,869
Moyennes	0,373	1,458	-	-	0,517
Le Rhône, embouchure	0,480	0,741	1,278	0,378	0,527
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	2,251	3,304	-	-	2,407
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,495	1,623	2,718	0,943	1,532
Le Nant de Riond (Crans)	4,860	4,487	8,465	2,023	4,808
Le Nant de Pny	2,342	1,747	5,190	0,751	2,192
Le Nant du Brassu	1,254	2,288	7,548	0,901	1,520
La Doye	2,000	2,477	4,214	1,502	2,071
La Versoix	1,057	1,368	2,173	0,853	1,099
Le Vengeron	8,234	13,377	20,300	6,950	8,965
L'Hermance	2,814	3,450	6,455	0,741	2,902
Le Nant d'Aisy	9,694	13,951	18,300	9,490	10,488
Moyennes	3,730	4,974	-	-	3,953
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	2,751	3,861	-	-	2,923
Le Rhône, émissaire	0,324	0,254	0,505	0,065	0,315
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	1,095	1,549	2,218	1,013	1,207
L'Arve à la Jonction	0,792	0,973	1,499	0,461	0,830
Le Rhône à Chancy	0,599	0,636	0,871	0,423	0,606

Tableau No 18

AZOTE AMMONIACAL exprimé en N  
Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	11,23	21,44	12,89
L'Eau Froide	10,25	30,52	13,54
La Maladaire	3,82	8,66	4,60
La Veveyse	5,49	10,18	6,26
Le Forestay	3,85	4,66	3,98
La Lutrive	2,11	1,73	2,06
La Paudèze	6,40	4,85	6,15
Le Flon	338,98	540,05	386,29
La Chamberonne	60,36	11,08	52,37
La Venoge	33,84	26,35	32,62
La Morges	4,32	27,41	8,07
L'Aubonne	31,73	15,12	29,03
La Dullive	13,15	3,70	8,22
Totaux	525,53	705,75	566,08
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	11,89	41,19	18,18
La Bouverette	1,45	3,01	1,76
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	13,72	793,96	198,29
Totaux	27,06	838,16	218,23
Le Rhône, embouchure	954,44	1'153,80	993,03
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	1'507,03	2'697,71	1'777,34
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	7,92	2,52	7,03
Le Nant de Riond (Crans)	0,35	0,15	0,32
Le Nant de Pny	-	-	-
Le Nant du Brassu	1,21	1,08	1,18
La Doye	5,00	1,55	4,42
La Versoix	8,56	10,85	8,89
Le Vengeron	16,56	21,25	17,23
L'Hermance	4,24	1,95	3,66
Le Nant d'Aisy	14,92	7,85	13,78
Totaux	58,76	47,20	56,51
Ensemble Lac Léman	1'565,79	2'744,91	1'833,85
Rhône, émissaire	222,17	250,58	232,52
SOLDES	1'343,62	2'494,33	1'601,33
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	412,12	488,01	426,35
Le Rhône à Chancy	2'300,76	1'794,88	2'165,86

Tableau No 19

AZOTE NITREUX exprimé en N  
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,73	1,55	1,72
L'Eau Froide	0,57	0,69	0,59
La Maladaire	0,41	0,32	0,39
La Veveyse	1,70	0,50	1,50
Le Forestay	1,20	0,53	1,10
La Lutrive	0,50	0,12	0,44
La Paudèze	0,72	0,26	0,65
Le Flon	6,62	4,43	6,10
La Chamberonne	3,82	0,92	3,34
La Venoge	8,53	3,20	7,67
La Morges	1,29	1,81	1,37
L'Aubonne	3,88	0,88	3,39
La Dullive	1,92	0,53	1,20
Totaux	32,89	15,74	29,46
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	4,92	5,50	5,00
La Bouverette	0,57	0,13	0,48
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	5,52	10,99	6,90
Totaux	11,01	16,62	12,38
Le Rhône, embouchure	141,16	56,92	124,84
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	185,06	82,98	166,68
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	1,07	0,33	0,95
Le Nant de Riond (Crans)	0,05	0,03	0,05
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	0,09	0,06	0,08
La Doye	0,55	0,14	0,48
La Versoix	1,28	0,69	1,19
Le Vengeron	0,78	0,25	0,70
L'Hermance	0,24	0,09	0,22
Le Nant d'Aisy	0,60	0,24	0,54
Totaux	4,66	1,83	4,21
Ensemble Lac Léman	189,72	91,11	170,89
Rhône, émissaire	27,75	15,55	25,20
SOLDES	161,97	75,56	145,69
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	22,95	17,07	21,85
Le Rhône à Chancy	84,15	39,07	72,13

Tableau No 20

AZOTE NITRIQUE exprimé en N  
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	45,41	43,02	44,93
L'Eau Froide	10,10	9,04	9,94
La Maladaire	4,61	5,28	4,72
La Veveyse	23,03	25,36	23,28
Le Forestay	23,65	14,35	22,02
La Lutrive	7,25	2,76	6,59
La Paudèze	13,88	5,55	12,46
Le Flon	18,92	15,82	18,19
La Chamberonne	38,15	10,54	33,57
La Venoge	253,86	119,57	231,98
La Morges	41,67	45,46	42,29
L'Aubonne	143,80	67,36	131,29
La Dullive	54,24	19,97	36,32
Totaux	678,57	384,08	617,58
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	62,76	95,05	69,10
La Bouverette	4,73	6,28	5,08
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	290,45	245,19	279,17
Totaux	357,94	346,52	353,35
Le Rhône, embouchure	1'905,92	1'818,81	1'889,06
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	2'942,43	2'549,41	2'859,99
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	66,86	26,07	60,17
Le Nant de Riond (Crans)	5,47	5,07	5,42
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	7,32	8,69	7,65
La Doye	5,47	2,42	4,95
La Versoix	130,96	86,47	124,52
Le Vengeron	23,93	13,42	22,43
L'Hermance	36,12	9,98	32,34
Le Nant d'Aisy	28,84	10,72	25,92
Totaux	304,97	162,84	283,40
Ensemble Lac Léman	3'247,40	2'712,25	3'143,39
Rhône, émissaire	2'219,50	1'312,82	2'030,27
SOLDES	1'027,90	1'399,43	1'113,12
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	1'406,48	1'050,75	1'339,78
Le Rhône à Chancy	4'307,58	2'902,57	3'932,91

Tableau No 21

AZOTE MINERAL TOTAL exprimé en N  
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	58,37	66,01	59,54
L'Eau Froide	20,92	40,25	24,07
La Maladaire	8,84	14,26	9,71
La Veveyse	30,22	36,04	31,04
Le Forestay	28,70	19,54	27,10
La Lutrive	9,86	4,61	9,09
La Paudèze	21,00	10,66	19,26
Le Flon	364,52	560,30	410,58
La Chamberonne	102,33	22,54	89,28
La Venoge	296,25	149,12	272,27
La Morges	47,28	74,68	51,73
L'Aubonne	179,41	83,36	163,71
La Dullive	69,31	24,20	45,74
Totaux	1'237,81	1'105,57	1'213,12
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	79,57	141,74	92,28
La Bouverette	6,75	9,42	7,32
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	309,69	1'050,14	484,36
Totaux	396,01	1'201,30	593,96
Le Rhône, embouchure	3'001,52	3'029,53	3'006,93
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	4'634,54	5'336,40	4'804,01
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	75,85	28,92	68,15
Le Nant de Rioud (Crans)	5,87	5,25	5,79
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	8,62	9,83	8,91
La Doye	11,02	4,11	9,85
La Versoix	140,80	98,01	134,60
Le Vengeron	41,27	34,92	40,36
L'Hermance	40,60	12,02	36,22
Le Nant d'Aisy	44,36	18,81	40,24
Totaux	368,39	211,87	344,12
Ensemble Lac Léman	5'002,93	5'548,27	5'148,13
Rhône, émissaire	2'469,42	1'578,95	2'287,99
SOLDES	2'533,51	3'969,32	2'860,14
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	1'841,55	1'555,83	1'787,98
Le Rhône à Chancy	6'692,49	4'736,52	6'170,90

Tableau No 22

AZOTE ORGANIQUE  
exprimé en mg N / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<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	---	---	---	---	---
Moyennes	---	---	---	---	---
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	---	---	---	---	---
La Bouverette	---	---	---	---	---
La Morge de St Gingolph	---	---	---	---	---
La Dranse	---	0,483	3,308	0,033	0,483
Moyennes	---	0,483			0,483
Le Rhône, embouchure	---	---	---	---	---
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	---	---	---	---	---
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	---	---	---	---	---
Le Nant de Riond (Crans)	---	---	---	---	---
Le Nant de Pny	---	---	---	---	---
Le Nant du Brassu	---	---	---	---	---
La Doye	---	---	---	---	---
La Versoix	---	---	---	---	---
Le Vengeron	---	---	---	---	---
L'Hermance	---	---	---	---	---
Le Nant d'Aisy	---	---	---	---	---
Moyennes	---	---	---	---	---
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	---	---	---	---	---
Le Rhône, émissaire	---	---	---	---	---
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	---	---	---	---	---
L'Arve à la Jonction	---	---	---	---	---
Le Rhône à Chancy	---	---	---	---	---

Tableau No 23

AZOTE TOTAL  
exprimé en mg N / l

AFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<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	--	--	--	--	--
Moyennes	--	--	--	--	--
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	--	--	--	--	--
La Bouverette	--	--	--	--	--
La Morge de St Gingolph	--	--	--	--	--
La Dranse	--	4,640	7,053	0,687	1,352
Moyennes	--	4,640	--	--	1,352
Le Rhône, embouchure	--	--	--	--	--
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	--	--	--	--	--
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	--	--	--	--	--
Le Nant de Riond (Crans)	--	--	--	--	--
Le Nant de Pry	--	--	--	--	--
Le Nant du Brassu	--	--	--	--	--
La Doye	--	--	--	--	--
La Versoix	--	--	--	--	--
Le Vengeron	--	--	--	--	--
L'Hermance	--	--	--	--	--
Le Nant d'Aisy	--	--	--	--	--
Moyennes	--	--	--	--	--
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	--	--	--	--	--
Le Rhône, émissaire	--	--	--	--	--
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	--	--	--	--	--
L'Arve à la Jonction	--	--	--	--	--
Le Rhône à Chancy	--	--	--	--	--

Tableau No 24

ORTHOPHOSPHATES ( PHOSPHORE SOLUBLE )  
 exprimés en mg P / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,029	0,031	0,073	0,002	0,030
L'Eau froide	0,075	0,176	0,490	0,026	0,090
La Maladaire	0,532	1,506	4,113	0,336	0,678
La Veveyse	0,069	0,106	0,274	0,029	0,075
Le Forestay	0,291	0,461	1,172	0,131	0,317
La Lutrive	0,441	1,117	2,998	0,059	0,542
La Paudèze	0,442	0,965	2,746	0,062	0,520
Le Flon	1,081	2,394	7,345	0,057	1,390
La Chamberonne	0,676	0,552	1,075	0,023	0,658
La Venoge	0,222	0,499	0,960	0,098	0,264
La Morges	0,302	1,103	2,440	0,075	0,423
L'Aubonne	0,090	0,241	0,614	0,022	0,113
La Dullive	0,224	0,327	0,483	0,075	0,278
Moyennes	0,344	0,729	-	-	0,414
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,032	0,045	0,082	0,002	0,034
La Bouverette	0,070	0,102	0,201	0,015	0,076
La Morge de St Gingolph	0,016	0,012	0,024	0	0,015
La Dranse	0,045	0,476	1,763	0,033	0,204
Moyennes	0,041	0,159	-	-	0,082
Le Rhône, embouchure	0,041	0,047	0,075	0,010	0,042
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,260	0,564	-	-	0,319
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,070	0,137	0,215	0,033	0,080
Le Nant de Riond (Crans)	0,201	0,111	0,218	0,066	0,188
Le Nant de Pry	0,221	0,070	0,140	0,040	0,182
Le Nant du Brassu	0,111	0,192	0,440	0,076	0,133
La Doye	0,298	0,935	3,209	0,016	0,397
La Versoix	0,062	0,100	0,266	0,050	0,068
Le Vengeron	1,909	4,187	9,750	0,750	2,238
L'Hermance	0,177	0,323	0,650	0,122	0,199
Le Nant d'Aisy	1,856	3,483	7,400	0,650	2,166
Moyennes	0,545	1,060	-	-	0,628
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,355	0,730	-	-	0,422
Le Rhône, émissaire	0,012	0,022	0,041	0,002	0,014
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,027	0,044	0,055	0,037	0,031
L'Arve à la Jonction	0,089	0,104	0,188	0,018	0,092
Le Rhône à Chancy	0,055	0,063	0,095	0,034	0,057

Tableau No 25

PHOSPHORE ORGANIQUE  
exprimé en mg P / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,168	0,065	0,196	0,001	0,153
L'Eau froide	0,163	0,263	0,598	0,039	0,176
La Maladaire	1,329	1,683	3,902	0,098	1,368
La Veveyse	0,235	0,074	0,216	0,013	0,212
Le Forestay	0,465	0,656	1,476	0,035	0,490
La Lutrive	0,891	1,094	2,012	0,157	0,912
La Paudèze	0,853	0,806	2,232	0,106	0,841
Le Flon	2,629	2,662	11,064	0,020	2,616
La Chamberonne	0,986	0,607	2,419	0,024	0,934
La Venoge	0,380	0,128	0,591	0,010	0,431
La Morges	0,518	0,966	1,949	0,189	0,571
L'Aubonne	0,144	0,100	0,434	0,006	0,136
La Dullive	0,320	0,093	0,228	0,004	0,204
Moyennes	0,699	0,707	-	-	0,689
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,076	0,089	0,196	0,023	0,079
La Bouverette	0,036	0,081	0,156	0,013	0,041
La Morge de St Gingolph	0,020	0,037	0,085	0,003	0,024
La Dranse	0,006	0,451	2,011	0,010	0,183
Moyennes	0,034	0,164	-	-	0,082
Le Rhône, embouchure	0,038	0,104	0,215	0,024	0,050
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,514	0,553	-	-	0,518
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,267	0,072	0,241	0	0,239
Le Nant de Rioud (Crans)	0,252	0,144	0,360	0,018	0,237
Le Nant de Pry	0,238	0,039	0,072	0,012	0,186
Le Nant du Brassu	0,091	0,075	0,164	0,035	0,086
La Doye	0,423	1,026	3,663	0,029	0,504
La Versoix	0,039	0,050	0,170	0,012	0,040
Le Vengeron	1,043	0,888	2,250	0,150	1,021
L'Hermance	0,205	0,107	0,295	0,020	0,190
Le Nant d'Aisy	0,851	0,942	2,250	0,200	0,868
Moyennes	0,379	0,371	-	-	0,375
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,469	0,493	-	-	0,470
Le Rhône, émissaire	0,026	0,024	0,055	0,003	0,026
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,022	0,015	0,039	0,007	0,019
L'Arve à la Jonction	0,080	0,059	0,188	0,010	0,076
Le Rhône à Chancy	0,056	0,040	0,088	0,006	0,052

Tableau No 26

PHOSPHORE TOTAL  
exprimé en mg P / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,197	0,096	0,229	0,047	0,183
L'Eau froide	0,238	0,439	0,938	0,076	0,266
La Maladaire	1,861	3,189	7,117	0,630	2,046
La Veveyse	0,304	0,180	0,300	0,060	0,287
Le Forestay	0,756	1,117	2,093	0,166	0,807
La Lutrive	1,332	2,211	5,010	0,467	1,454
La Paudèze	1,295	1,771	4,606	0,453	1,361
Le Flon	3,710	5,056	14,887	0,676	4,006
La Chamberonne	1,662	1,159	2,442	0,558	1,592
La Venoge	0,602	0,627	1,081	0,167	0,605
La Morges	0,820	2,069	4,267	0,460	0,994
L'Aubonne	0,234	0,341	0,624	0,050	0,249
La Dullive	0,544	0,420	0,614	0,180	0,482
Moyennes	1,043	1,437	-	-	1,102
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,108	0,134	0,248	0,070	0,113
La Bouverette	0,106	0,183	0,238	0,120	0,117
La Morge de St Gingolph	0,036	0,049	0,100	0,015	0,039
La Dranse	0,051	0,927	3,629	0,043	0,387
Moyennes	0,075	0,323	-	-	0,164
Le Rhône, embouchure	0,079	0,151	0,286	0,053	0,092
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,774	1,118	-	-	0,838
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,337	0,209	0,362	0,071	0,319
Le Nant de Riond (Crans)	0,453	0,255	1,020	0,084	0,425
Le Nant de Pry	0,459	0,109	0,184	0,054	0,368
Le Nant du Brassu	0,202	0,267	0,510	0,135	0,219
La Doye	0,721	1,961	5,818	0,059	0,901
La Versoix	0,101	0,150	0,300	0,063	0,108
Le Vengeron	2,952	5,075	10,800	1,500	3,259
L'Hermance	0,382	0,430	0,750	0,240	0,389
Le Nant d'Aisy	2,707	4,425	8,600	1,750	3,034
Moyennes	0,924	1,431	-	-	1,002
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,824	1,222	-	-	0,893
Le Rhône, émissaire	0,038	0,046	0,094	0,010	0,040
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,049	0,059	0,080	0,044	0,050
L'Arve à la Jonction	0,169	0,163	0,240	0,028	0,168
Le Rhône à Chancy	0,111	0,103	0,164	0,052	0,109

Tableau No 27

ORTHOPHOSPHATES exprimés en P  
Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,77	1,88	1,78
L'Eau Froide	2,24	6,92	3,00
La Maladaire	0,95	2,12	1,13
La Veveyse	2,46	2,91	2,54
Le Forestay	2,55	2,26	2,50
La Lutrive	2,40	0,83	2,14
La Paudèze	4,22	1,99	3,85
Le Flon	43,30	92,36	54,85
La Chamberonne	16,11	3,09	14,01
La Venoge	20,81	22,30	21,05
La Morges	3,78	17,91	6,07
L'Aubonne	11,57	6,89	10,81
La Dullive	4,23	3,05	3,66
Totaux	116,39	164,51	127,39
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	7,60	8,10	7,69
La Bouverette	1,36	1,77	1,42
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	24,13	204,16	90,14
Totaux	33,09	214,03	99,25
Le Rhône, embouchure	249,23	190,40	238,61
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	398,71	568,94	465,25
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	2,52	2,00	2,45
Le Nant de Riond (Crans)	0,24	0,13	0,23
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	0,61	0,56	0,60
La Doye	1,36	0,94	1,29
La Versoix	7,72	5,75	7,43
Le Vengeron	6,59	7,80	6,77
L'Hermance	1,26	0,87	1,20
Le Nant d'Aisy	4,27	3,67	4,17
Totaux	24,57	21,72	24,14
Ensemble Lac Léman	423,28	590,66	489,39
Rhône, émissaire	99,30	134,60	106,68
SOLDES	323,98	456,06	382,71
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	197,81	131,88	185,45
Le Rhône à Chancy	606,13	468,26	569,37

Tableau No 28

PHOSPHORE ORGANIQUE exprimé en P  
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	10,71	3,70	9,68
L'Eau Froide	5,33	8,51	5,75
La Maladaire	2,20	1,92	2,17
La Veveyse	15,33	2,22	13,33
Le Forestay	5,37	4,60	5,27
La Lutrive	2,08	1,35	2,00
La Paudèze	5,93	3,17	5,57
Le Flon	109,52	116,69	110,34
La Chamberonne	40,37	3,29	34,92
La Venoge	33,34	10,82	29,93
La Morges	5,14	16,29	6,65
L'Aubonne	47,56	7,70	41,61
La Dullive	6,90	1,22	4,04
Totaux	289,78	181,48	271,26
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	15,64	15,05	15,54
La Bouverette	0,66	1,19	0,77
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	10,69	221,03	87,20
Totaux	26,99	237,27	103,51
Le Rhône, embouchure	233,05	432,22	268,98
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	549,82	850,97	643,75
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	6,59	1,48	5,82
Le Nant de Riond (Crans)	0,22	0,25	0,23
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	0,61	0,27	0,52
La Doye	1,67	1,27	1,61
La Versoix	4,64	3,72	4,50
Le Vengeron	5,39	2,67	5,00
L'Hermance	2,43	0,42	2,12
Le Nant d'Aisy	2,50	1,72	2,38
Totaux	24,05	11,80	22,18
Ensemble Lac Léman	573,87	862,77	665,93
Rhône, émissaire	187,84	149,63	179,85
SOLDES	386,03	713,14	486,08
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	208,85	116,43	191,52
Le Rhône à Chancy	612,38	298,94	528,79

Tableau No 29

PHOSPHORE TOTAL exprimé en P  
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	12,48	5,58	11,46
L'Eau Froide	7,57	15,43	8,75
La Maladaire	3,15	4,04	3,30
La Veveyse	17,79	5,13	15,87
Le Forestay	7,92	6,86	7,77
La Lutrive	4,48	2,18	4,14
La Paudèze	10,15	5,16	9,42
Le Flon	152,82	209,05	165,19
La Chamberonne	56,48	6,38	48,93
La Venoge	54,15	33,12	50,98
La Morges	8,92	34,20	12,72
L'Aubonne	59,13	14,59	52,42
La Dullive	11,13	4,27	7,70
Totaux	406,17	345,99	398,65
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	23,24	23,15	23,23
La Bouverette	2,02	2,96	2,19
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	34,82	425,19	177,34
Totaux	60,08	451,30	202,76
Le Rhône, embouchure	482,28	622,62	507,59
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	948,53	1'419,91	1'109,00
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	9,11	3,48	8,27
Le Nant de Rioud (Crans)	0,47	0,38	0,46
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	1,22	0,83	1,12
La Doye	3,03	2,21	2,90
La Versoix	12,36	9,47	11,93
Le Vengeron	11,99	10,47	11,77
L'Hermance	3,67	1,29	3,32
Le Nant d'Aisy	6,77	5,39	6,55
Totaux	48,62	33,52	46,32
Ensemble Lac Léman	997,15	1'453,43	1'155,32
Rhône, émissaire	287,14	284,23	286,53
SOLDES	710,01	1'169,20	868,79
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	406,66	248,31	376,97
Le Rhône à Chancy	1'218,51	767,20	1'098,16

Tableau No 30

## DETERGENTS

Concentration en mg/l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,06	0,04	0,10	0	0,06
L'Eau froide	0,08	0,10	0,29	0	0,09
La Maladaire	0,19	0,23	0,95	0,04	0,20
La Veveyse	0,06	0,04	0,20	0	0,06
Le Forestay	0,11	0,12	0,36	0	0,11
La Lutrive	0,11	0,21	0,75	0	0,14
La Paudèze	0,10	0,20	0,76	0	0,11
Le Flon	0,29	0,88	2,79	0,30	0,43
La Chamberonne	0,32	0,11	0,19	0	0,29
La Venoge	0,06	0,05	0,14	0	0,05
La Morges	0,06	0,31	0,94	0	0,10
L'Aubonne	0,04	0,07	0,40	0	0,04
La Dullive	0,06	0,02	0,08	0	0,04
Moyennes	0,12	0,18	-	-	0,13
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02
La Bouverette	0,02	0,02	0,05	0,01	0,02
La Morge de St Gingolph	0,01	0,01	0,03	0	0,01
La Dranse	0,01	0,30	1,38	0,02	0,07
Moyennes	0,02	0,09	-	-	0,03
Le Rhône, embouchure	0,02	0,02	0,05	0,01	0,02
Ensemble Grand Lac Moyennes	0,09	0,15	-	-	0,10
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,03	0,02	0,08	0	0,03
Le Nant de Riond (Crans)	0,05	0	0	0	0,05
Le Nant de Pry	0,04	0	0	0	0,03
Le Nant du Brassu	0,01	0	0	0	0,01
La Doye	0,10	0,50	2,38	0	0,17
La Versoix	0,03	0,02	0,10	0	0,03
Le Vengeron	0,87	1,21	3,00	0,10	0,92
L'Hermance	0,08	0,05	0,30	0	0,07
Le Nant d'Aisy	0,52	0,33	0,79	0	0,48
Moyennes	0,19	0,24	-	-	0,20
Ensemble Lac Léman Moyennes	0,12	0,18	-	-	0,13
Le Rhône, émissaire	0	0	0	0	0
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0	0	0	0	0
L'Arve à la Jonction	0,06	0,02	0,10	0	0,05
Le Rhône à Chancy	0,02	0,02	0,10	0	0,02

Tableau No 31

## DETERGENTS

apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	3,72	2,03	3,45
L'Eau Froide	2,74	3,31	2,88
La Maladaire	0,32	0,41	0,33
La Veveyse	2,33	0,79	2,09
Le Forestay	0,69	0,51	0,66
La Lutrive	0,38	0,18	0,35
La Paudèze	0,85	0,33	0,77
Le Flon	12,01	35,84	17,73
La Chamberonne	8,32	0,65	7,18
La Venoge	5,30	2,37	4,88
La Morges	0,79	5,59	1,58
L'Aubonne	7,47	3,10	6,86
La Dullive	1,29	0,50	0,88
Totaux	46,21	55,61	49,64
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,78	3,09	2,85
La Bouverette	0,32	0,39	0,35
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	5,27	134,54	31,12
Totaux	8,37	138,02	34,32
Le Rhône, embouchure	95,81	100,69	97,11
<u>Ensemble</u> Grand Lac Totaux	150,39	294,32	181,07
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	1,77	0,27	1,55
Le Nant de Riend (Crans)	0,04	0	0,04
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	0,07	0	0,05
La Doye	0,39	0,37	0,39
La Versoix	3,45	1,71	3,19
Le Vengeron	3,04	1,77	2,85
L'Hermance	0,41	0,08	0,36
Le Nant d'Aisy	0,86	0,42	0,79
Totaux	10,03	4,62	9,22
Ensemble Lac Léman	160,42	298,94	190,29
Rhône, émissaire	0	0	0
SOLDES	160,42	298,94	190,29
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	79,45	39,68	70,61
Le Rhône à Chancy	192,19	124,04	173,17

Tableau No 32

## CHLORURES

exprimés en mg Cl / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	9,7	10,5	13,6	5,1	9,8
L'Eau froide	3,7	13,1	78,9	3,7	5,1
La Maladaire	14,5	27,4	57,2	13,2	16,4
La Veveyse	3,1	10,2	21,0	4,0	4,2
Le Forestay	10,4	14,2	19,4	8,8	10,9
La Lutrive	15,4	22,0	33,1	11,9	16,4
La Paudèze	14,4	26,8	49,1	12,0	16,3
Le Flon	43,2	57,0	94,4	37,4	46,5
La Chamberonne	40,7	31,0	44,9	18,2	39,3
La Venoge	13,8	19,2	29,0	6,9	14,6
La Morges	18,1	20,8	25,8	11,7	18,5
L'Aubonne	4,4	5,9	11,7	1,5	4,6
La Dullive	19,5	16,2	34,7	7,6	17,8
Moyennes	16,2	21,1	-	-	17,0
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	7,9	9,0	11,4	1,9	8,1
La Bouverette	2,9	3,2	8,0	0,8	3,0
La Morge de St Gingolph	2,5	1,8	4,8	0,3	2,3
La Dranse	2,5	8,7	23,2	1,8	4,0
Moyennes	3,9	5,7	-	-	4,3
Le Rhône, embouchure	4,4	5,6	10,8	1,0	4,6
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	12,8	16,8	-	-	13,5
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	5,9	8,2	13,2	3,6	6,2
Le Nant de Riond (Crans)	23,9	14,7	26,8	6,4	22,6
Le Nant de Pry	13,5	8,5	14,8	4,6	12,2
Le Nant du Brassu	5,1	7,4	12,8	3,6	5,7
La Doye	8,1	20,0	50,7	5,5	9,9
La Versuix	4,6	6,3	9,2	3,0	4,9
Le Vengeron	24,2	57,5	100,0	25,0	29,0
L'Hermance	12,7	17,5	24,8	8,0	13,4
Le Nant d'Aisy	27,9	50,3	68,0	38,0	32,2
Moyennes	14,0	21,2	-	-	15,1
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	13,2	18,3	-	-	14,0
Le Rhône, émissaire	2,7	2,9	2,9	2,8	2,7
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	3,9	5,5	6,8	3,8	4,3
L'Arve à la Jonction	3,4	4,9	8,0	1,6	3,6
Le Rhône à Chancy	3,9	4,4	7,3	3,3	4,0

Tableau No 33

 CHLORURES  
 apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	548,7	594,2	557,2
L'Eau Froide	107,2	390,3	153,5
La Maladaire	25,3	48,1	28,4
La Veveyse	119,8	276,2	145,3
Le Forestay	110,4	92,5	107,4
La Lutrive	56,8	40,2	53,1
La Paudèze	145,1	115,9	139,5
Le Flon	1'778,6	2'271,9	1'895,4
La Chamberonne	883,0	174,0	768,9
La Venoge	1'516,9	1'056,2	1'441,7
La Morges	230,2	341,1	249,0
L'Aubonne	668,6	264,6	603,7
La Dullive	410,0	180,5	289,6
Totaux	6'600,6	5'845,7	6'432,7
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1'453,8	1'535,3	1'471,4
La Bouverette	45,3	45,2	45,3
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'504,3	3'456,0	1'974,3
Totaux	3'003,4	5'036,5	3'491,0
Le Rhône, embouchure	27'004,3	21'175,1	25'732,3
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	36'608,3	32'057,3	35'656,0
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	261,8	128,0	239,7
Le Nant de Riond (Crans)	29,8	25,5	29,2
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	37,8	32,7	36,5
La Doye	39,4	40,7	39,7
La Versoix	602,6	470,7	583,5
Le Vengeron	150,4	142,2	149,2
L'Hermance	142,6	57,3	130,3
Le Nant d'Aisy	120,4	68,4	112,1
Totaux	1'384,8	965,5	1'320,2
Ensemble Lac Léman	37'993,1	33'022,8	36'976,2
Rhône, émissaire	21'460,3	17'538,2	20'640,8
SOLDES	16'532,8	15'484,6	16'335,4
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	7'456,8	7'287,7	7'425,1
Le Rhône à Chancy	42'708,4	32'809,0	40'068,6

Tableau No 34

 HYDROCARBURES  
 concentration en ppm

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	ANNEE 1971			NORMES 1964-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,30	0,38	0,90	0	0,37
L'Eau froide	1,08	1,24	6,30	0,20	1,15
La Maladaire	0,60	10,49	96,00	0	9,67
La Veveyse	0,85	0,68	3,30	0	0,73
Le Forestay	-	1,10	1,50	0,70	1,10
La Lutrive	-	0,98	2,00	0,50	0,98
La Paudèze	71,00	1,12	2,30	0,40	7,47
Le Flon	-	5,73	18,00	1,70	5,73
La Chamberonne	34,01	1,89	7,70	0,40	18,71
La Venoge	5,55	1,24	7,70	0,20	1,90
La Morges	-	14,00	87,00	0,80	14,00
L'Aubonne	-	0,29	0,70	0	0,29
La Dullive	-	0,36	1,20	0	0,36
Moyennes	16,20	3,04	-	-	4,80
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,38	0,45	1,50	0,10	0,40
La Bouverette	0,30	0,52	1,70	0	0,38
La Morge de St Gingolph	0,18	0,20	0,40	0	0,19
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	0,29	0,39	-	-	0,32
Le Rhône, embouchure	0,46	0,22	0,50	0	0,39
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	10,43	2,41	-	-	3,75
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	-	0,73	3,30	0,10	0,73
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	-	4,91	27,00	0	4,91
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Moyennes	-	2,82	-	-	2,82
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	10,43	2,45	-	-	3,66
Le Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	-	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-	-	-

Tableau No 35

## HYDROCARBURES

apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	13,56	21,13	20,50
L'Eau Froide	29,01	30,65	29,74
La Maladaire	0,95	22,59	20,79
La Veveyse	53,93	17,37	25,23
Le Forestay	-	6,83	6,83
La Lutrive	-	1,07	1,07
La Paudèze	694,11	2,59	65,45
Le Flon	-	234,14	234,14
La Chamberonne	2'156,43	10,09	1'134,30
La Venoge	819,60	75,06	189,58
La Morges	-	109,62	109,62
L'Aubonne	-	12,18	12,18
La Dullive	-	4,66	4,66
Totaux	3'767,59	547,98	1'854,09
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	70,96	74,56	72,17
La Bouverette	4,42	6,78	5,34
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	-	-
Totaux	73,58	81,34	77,51
Le Rhône, embouchure	2'980,15	956,61	2'343,90
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	6'823,12	1'594,93	4'275,50
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	-	12,74	12,74
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	-	2,67	2,67
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	-	15,41	15,41
Ensemble Lac Léman	6'823,12	1'610,34	4'290,91
Rhône, émissaire	-	-	-
SOLDES	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-

Tableau No 36

DURETE TOTALE ( TITRE HYDROTOMETRIQUE )  
concentration en mé/l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	12,48	12,19	12,60	10,80	12,43
L'Eau froide	4,43	4,56	6,22	2,54	4,45
La Maladaire	6,40	6,31	7,26	4,82	6,38
La Veveyse	4,05	4,26	4,67	3,42	4,09
Le Forestay	5,71	5,19	5,96	3,28	5,63
La Lutrive	5,38	5,08	5,86	3,01	5,33
La Paudèze	4,62	4,49	5,53	2,92	4,60
Le Flon	4,72	4,02	5,17	3,02	4,56
La Chamberonne	5,87	5,44	6,28	4,57	5,80
La Venoge	5,44	5,33	6,13	3,72	5,43
La Morges	6,05	5,74	6,44	4,22	6,00
L'Aubonne	4,23	4,27	5,20	3,09	4,24
La Dullive	5,24	5,29	6,27	4,01	5,27
Moyennes	5,74	5,55	-	-	5,71
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	6,81	5,88	6,60	5,20	6,60
La Bouverette	8,85	10,56	11,87	8,74	9,22
La Morge de St Gingolph	3,18	3,37	4,60	2,61	3,22
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	6,28	6,60	-	-	6,35
Le Rhône, embouchure	2,69	2,45	3,00	1,86	2,64
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	5,66	5,55	-	-	5,64
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	4,79	4,74	5,60	3,53	4,78
Le Nant de Riond (Crans)	5,54	4,95	5,98	4,11	5,42
Le Nant de Pry	4,76	4,32	4,75	3,48	4,65
Le Nant du Brassu	4,10	4,35	5,14	3,42	4,16
La Doye	4,36	4,23	4,94	3,37	4,34
La Versoix	4,22	4,28	4,80	3,53	4,23
Le Vengeron	5,86	5,77	6,48	4,88	5,85
L'Hermance	4,96	4,88	6,27	2,71	4,95
Le Nant d'Aisy	6,30	5,32	7,35	3,93	6,11
Moyennes	4,99	4,76	-	-	4,94
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	5,42	5,28	-	-	5,40
Le Rhône, émissaire	2,69	2,67	2,95	2,41	2,68
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	4,33	4,41	4,78	3,87	4,35
L'Arve à la Jonction	3,75	3,96	5,36	2,19	3,81
Le Rhône à Chancy	3,00	2,90	3,27	2,40	2,97

Tableau No 37

 TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET  
 concentration en mé/l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	4,60	4,36	4,61	4,16	4,56
L'Eau froide	3,46	3,37	4,45	1,53	3,44
La Maladaire	5,80	5,76	6,43	3,67	5,80
La Veveyse	3,60	3,64	4,00	3,17	3,61
Le Forestay	5,11	4,73	5,60	2,45	5,05
La Lutrive	4,72	4,56	5,13	2,09	4,70
La Paudèze	3,98	3,89	4,67	2,13	3,96
Le Flon	4,34	3,89	4,72	2,62	4,23
La Chamberonne	4,93	4,45	5,22	3,42	4,85
La Venoge	4,67	4,50	5,15	2,67	4,64
La Morges	5,01	4,93	5,74	3,08	5,00
L'Aubonne	3,84	3,84	4,77	2,67	3,84
La Dullive	4,31	4,60	5,26	3,34	4,46
Moyennes	4,49	4,35	--	--	4,47
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	3,45	2,70	2,98	1,60	3,28
La Bouverette	2,98	2,80	2,92	2,71	2,94
La Morge de St Gingolph	2,87	2,70	2,90	2,26	2,83
La Dranse	--	3,77	5,24	2,74	3,77
Moyennes	3,10	2,99	--	--	3,20
Le Rhône, embouchure	1,67	1,36	1,65	0,90	1,60
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	4,08	3,88	--	--	4,03
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	4,35	4,32	4,74	3,32	4,35
Le Nant de Riond (Crans)	4,61	4,16	4,80	3,60	4,52
Le Nant de Pry	4,13	3,88	4,20	3,24	4,07
Le Nant du Brassu	3,69	3,84	4,20	3,12	3,73
La Doye	3,92	3,88	4,32	3,17	3,91
La Versoix	3,83	3,89	4,30	3,67	3,85
Le Vengeron	5,22	5,59	6,42	4,76	5,29
L'Hermance	4,01	3,81	5,06	1,60	3,97
Le Nant d'Aisy	4,92	4,56	5,36	3,06	4,85
Moyennes	4,30	4,21	--	--	4,28
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	4,15	3,99	--	--	4,11
Le Rhône, émissaire	1,70	1,64	1,82	1,38	1,69
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	3,99	4,02	4,32	3,52	4,00
L'Arve à la Jonction	2,62	2,63	3,72	1,32	2,62
Le Rhône à Chancy	2,01	1,84	2,20	1,44	1,97

Tableau No 38

DURETE PERMANENTE  
concentration en mé/1

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	7,88	7,83	8,28	6,51	7,87
L'Eau froide	0,97	1,19	1,77	0,62	1,01
La Maladaire	0,60	0,55	1,32	0	0,58
La Veveyse	0,45	0,62	0,88	0,22	0,48
Le Forestay	0,60	0,46	0,83	0,20	0,58
La Lutrive	0,66	0,52	0,92	0,22	0,63
La Paudèze	0,64	0,60	0,86	0,28	0,64
Le Flon	0,38	0,13	1,00	0	0,33
La Chamberonne	0,94	0,99	2,02	0,60	0,95
La Venoge	0,77	0,83	1,28	0,42	0,79
La Morges	1,04	0,81	1,22	0,38	1,00
L'Aubonne	0,39	0,43	1,33	0,21	0,40
La Dullive	0,93	0,69	1,22	0,44	0,81
Moyennes	1,25	1,20	-	-	1,24
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	3,36	3,18	3,70	2,77	3,32
La Bouverette	5,87	7,76	9,00	5,80	6,28
La Morge de St Gingolph	0,31	0,67	1,70	0,35	0,39
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	3,18	3,87	-	-	3,33
Le Rhône, embouchure	1,02	1,09	1,35	0,73	1,04
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	1,58	1,67	-	-	1,59
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,44	0,42	0,94	0,21	0,43
Le Nant de Riond (Crans)	0,93	0,79	1,55	0,36	0,90
Le Nant de Pny	0,63	0,44	1,05	0,24	0,58
Le Nant du Brassu	0,41	0,51	1,34	0,26	0,43
La Dnye	0,44	0,35	1,05	0,08	0,43
La Versoix	0,39	0,39	0,56	0	0,38
Le Vengeron	0,64	0,18	1,17	0	0,56
L'Hermance	0,95	1,07	1,85	0,64	0,98
Le Nant d'Aisy	1,38	0,76	2,25	0	1,26
Moyennes	0,69	0,55	-	-	0,66
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	1,27	1,28	-	-	1,27
Le Rhône, émissaire	0,99	1,03	1,31	0,87	0,99
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,34	0,39	0,46	0,32	0,35
L'Arve à la Jonction	1,13	1,33	1,98	0,72	1,19
Le Rhône à Chancy	0,99	1,06	1,89	0,96	1,00

Tableau No 39

## CALCIUM

concentration en mé / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	9,97	9,96	10,45	9,52	9,96
L'Eau froide	3,73	3,82	4,81	2,00	3,75
La Maladaire	5,38	5,54	6,47	4,13	5,41
La Veveyse	3,39	3,65	4,26	3,00	3,43
Le Forestay	4,69	4,50	5,49	2,71	4,66
La Lutrive	4,41	4,46	5,33	2,73	4,42
La Paudèze	3,83	3,93	4,87	2,67	3,84
Le Flon	3,81	3,57	4,46	2,65	3,75
La Chamberonne	4,91	4,74	5,45	3,22	4,89
La Venoge	4,72	4,78	5,48	3,60	4,73
La Morges	5,02	5,07	5,71	3,89	5,03
L'Aubonne	3,56	3,83	4,83	2,80	3,60
La Dullive	3,95	4,63	5,53	3,49	4,30
Moyennes	4,72	4,81	-	-	4,75
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	5,05	3,86	5,20	0,29	4,78
La Bouverette	6,57	7,90	10,50	2,07	6,86
La Morge de St Gingolph	2,59	2,29	3,20	0,14	2,52
La Dranse	-	4,02	6,64	2,69	4,02
Moyennes	4,74	4,52	-	-	4,54
Le Rhône, embouchure	2,11	1,83	2,52	0,66	2,05
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	4,57	4,58	-	-	4,57
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	3,94	4,27	4,79	3,48	3,99
Le Nant de Riond (Crans)	4,59	4,12	5,14	3,13	4,50
Le Nant de Pny	4,13	3,74	4,12	2,96	4,03
Le Nant du Brassu	3,65	3,80	4,44	2,89	3,69
La Doye	3,65	3,85	4,48	3,24	3,69
La Versoix	3,65	3,80	4,19	3,41	3,68
Le Vengeron	4,78	4,99	5,63	4,56	4,82
L'Hermance	4,09	4,04	5,32	2,08	4,08
Le Nant d'Aisy	5,35	4,67	5,98	3,34	5,22
Moyennes	4,20	4,14	-	-	4,19
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	4,44	4,43	-	-	4,43
Le Rhône, émissaire	2,22	2,21	2,47	1,87	2,22
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	3,80	3,95	4,33	3,52	3,84
L'Arve à la Jonction	3,22	3,35	4,62	1,76	3,25
Le Rhône à Chancy	2,54	2,37	2,27	1,94	2,49

Tableau No 40

CALCIUM  
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	11'346,6	11'254,4	11'332,7
L'Eau Froide	2'374,7	2'426,7	2'383,1
La Maladaire	179,8	213,7	185,8
La Veveysse	2'784,6	2'646,1	2'760,8
Le Forestay	1'119,5	552,4	1'026,3
La Lutrive	350,0	133,5	314,6
La Paudèze	722,2	257,2	647,2
Le Flon	3'118,9	2'843,2	3'053,5
La Chamberonne	2'280,1	529,8	1'996,7
La Venoge	10'990,3	5'770,8	10'144,4
La Morges	1'233,1	1'722,1	1'313,2
L'Aubonne	12'179,2	4'908,8	10'999,7
La Dullive	1'463,3	919,3	1'179,3
Totaux	50'142,3	34'178,3	47'337,3
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	19'148,7	13'405,7	17'895,9
La Bouverette	2'299,0	2'342,6	2'307,3
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	36'910,1	36'910,1
Totaux	21'447,7	52'658,4	57'113,3
Le Rhône, embouchure	261'897,0	150'027,0	237'488,2
Ensemble Grand Lac	333'487,0	236'863,7	341'938,8
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	3'886,3	1'473,3	3'478,6
Le Nant de Riond (Crans)	112,4	103,8	110,8
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	499,3	302,2	451,1
La Doye	330,2	133,5	296,9
La Versoix	9'511,8	5'435,4	8'776,7
Le Vengeron	815,5	319,9	727,6
L'Hermance	1'104,4	286,7	956,9
Le Nant d'Aisy	578,6	157,4	510,7
Totaux	16'818,5	8'212,2	15'309,3
Ensemble Lac Léman	350'305,5	245'075,9	357'248,1
Rhône, émissaire	348'280,4	270'547,0	332'056,6
SOLDES	2'025,1	- 25'471,1	25'191,5
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	152'054,2	98'361,0	137'736,0
Le Rhône à Chancy	561'406,5	354'101,3	506'125,1

Tableau No 41

## MAGNESIUM

concentration en mé / l

AFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	2,51	2,23	2,65	1,12	2,47
L'Eau froide	0,70	0,74	1,52	0,33	0,70
La Maladaire	1,02	0,77	1,10	0,05	0,97
La Veveyse	0,66	0,61	1,18	0,15	0,66
Le Forestay	1,02	0,69	1,05	0,32	0,97
La Lutrive	0,97	0,62	1,04	0,16	0,91
La Paudèze	0,79	0,56	0,80	0,20	0,76
Le Flon	0,91	0,45	0,71	0,01	0,81
La Chamberonne	0,96	0,70	2,06	0,01	0,91
La Venoge	0,72	0,55	0,88	0	0,70
La Morges	1,03	0,67	0,94	0,22	0,97
L'Aubonne	0,67	0,44	0,99	0,15	0,64
La Dullive	1,29	0,66	1,01	0,36	0,97
Moyennes	1,02	0,75	-	-	0,96
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	1,76	2,02	5,81	0,70	1,82
La Bouverette	2,28	2,66	9,80	1,30	2,36
La Morge de St Gingolph	0,59	1,08	3,48	0,26	0,70
La Dranse	-	0,97	1,29	0,50	0,97
Moyennes	1,54	1,68	-	-	1,46
Le Rhône, embouchure	0,58	0,62	2,04	0,27	0,59
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	1,09	0,95	-	-	1,05
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,85	0,47	0,88	0,01	0,79
Le Nant de Riond (Crans)	0,95	0,83	1,27	0,49	0,92
Le Nant de Pry	0,63	0,58	0,75	0,39	0,62
Le Nant du Brassu	0,45	0,55	0,72	0,23	0,47
La Doye	0,71	0,38	0,66	0,04	0,65
La Versoix	0,57	0,48	0,71	0,12	0,55
Le Vengeron	1,08	0,78	1,10	0,21	1,03
L'Hermance	0,87	0,84	1,41	0,55	0,87
Le Nant d'Aisy	0,95	0,65	1,05	0,21	0,89
Moyennes	0,78	0,62	-	-	0,75
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,98	0,84	-	-	0,95
Le Rhône, émissaire	0,47	0,46	0,66	0,38	0,46
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,53	0,46	0,68	0,35	0,51
L'Arve à la Jonction	0,53	0,61	0,81	0,37	0,56
Le Rhône à Chancy	0,46	0,53	0,65	0,46	0,48

Tableau No 42

MAGNESIUM  
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1'725,0	1'504,5	1'688,2
L'Eau Froide	264,9	275,9	266,2
La Maladaire	25,3	15,5	24,1
La Veveyse	271,2	200,3	258,7
Le Forestay	135,6	50,2	122,8
La Lutrive	41,0	9,7	35,8
La Paudèze	85,2	20,0	74,7
Le Flon	447,2	225,2	408,9
La Chamberonne	236,5	51,0	205,6
La Venoge	1'141,6	366,1	1'074,1
La Morges	151,4	127,7	148,8
L'Aubonne	1'308,7	290,9	1'143,6
La Dullive	274,4	80,2	172,2
Totaux	6'108,0	3'217,2	5'623,7
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	4'051,3	4'053,7	4'051,8
La Bouverette	488,1	494,1	489,4
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	5'100,4	5'100,4
Totaux	4'539,4	9'648,2	9'641,6
Le Rhône, embouchure	44'052,6	26'407,2	40'201,4
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	54'700,0	39'272,6	55'466,7
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	469,9	89,1	407,9
Le Nant de Riond (Crans)	14,2	14,0	14,2
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	36,9	33,5	36,1
La Doye	39,7	9,7	34,6
La Versoix	955,0	368,4	849,2
Le Vengeron	117,9	34,7	103,2
L'Hermance	122,4	32,7	106,2
Le Nant d'Aisy	65,7	14,5	57,4
Totaux	1'821,7	596,6	1'608,8
Ensemble Lac Léman	56'521,7	39'869,2	57'075,5
Rhône, émissaire	44'374,3	34'593,5	42'333,2
SOLDES	12'147,4	5'275,7	14'742,3
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	15'819,1	11'451,5	14'654,4
Le Rhône à Chancy	61'260,6	47'211,2	57'514,1

Tableau No 43

## POTASSIUM

concentration exprimée en mg K / l

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	2,55	3,02	4,20	2,20	2,63
L'Eau froide	1,87	2,61	4,30	1,70	1,99
La Maladaire	7,63	9,94	16,10	5,60	8,01
La Veveyse	1,98	3,21	5,40	2,20	2,19
Le Forestay	3,93	5,24	9,50	3,40	4,14
La Lutrive	4,91	5,78	7,20	2,40	5,06
La Paudèze	3,81	6,63	13,30	3,60	4,27
Le Flon	10,12	11,61	15,90	8,10	10,48
La Chamberonne	7,20	7,39	10,60	4,80	7,24
La Venoge	3,39	4,67	7,20	1,60	3,60
La Morges	6,13	7,00	11,00	2,90	6,27
L'Aubonne	1,32	2,24	8,10	0,50	1,47
La Dullive	3,72	2,77	4,09	1,80	3,22
Moyennes	4,50	5,55	-	-	4,66
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	-	2,02	3,42	0,47	2,02
La Bouverette	-	1,46	2,28	0,58	1,46
La Morge de St Gingolph	-	0,79	2,54	0	0,79
La Dranse	2,04	2,92	6,03	0,90	2,50
Moyennes	2,04	1,80	-	-	1,69
Le Rhône, embouchure	-	1,66	3,42	0,66	1,66
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	4,33	4,50	-	-	3,83
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,69	2,12	3,40	0,90	1,76
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	3,00	3,94	8,20	1,80	3,16
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Moyennes	2,34	3,03	-	-	2,46
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	4,08	4,35	-	-	3,70
Le Rhône, émissaire	-	1,46	1,60	1,30	1,46
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	-	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-	-	-

Tableau No 44

 POTASSIUM  
 apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1970	Année 1971	NORMES 1964-1971
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	146,0	167,4	149,6
L'Eau Froide	57,7	79,6	61,4
La Maladaire	13,3	15,5	13,7
La Veveyse	87,4	121,4	92,9
Le Forestay	42,9	40,6	42,4
La Lutrive	18,9	9,3	17,2
La Paudèze	34,7	23,7	32,8
Le Flon	415,6	463,5	427,2
La Chamberonne	172,5	40,4	150,7
La Venoge	358,9	262,6	343,0
La Morges	72,8	127,1	81,8
L'Aubonne	203,7	118,5	189,7
La Dullive	66,9	28,5	46,8
Totaux	1'691,3	1'498,1	1'649,2
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	-	341,9	341,9
La Bouverette	-	19,2	19,2
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'323,6	1'227,4	1'272,2
Totaux	1'323,6	1'588,5	1'633,3
Le Rhône, embouchure	-	7'304,7	7'304,7
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	3'014,9	10'391,3	10'587,2
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	75,4	34,6	68,7
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	14,9	7,5	13,7
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	90,3	42,1	82,4
Ensemble Lac Léman	3'105,2	10'433,4	10'669,6
Rhône, émissaire	-	8'960,1	8'960,1
SOLDES	-	1'473,3	1'709,5
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-

Tableau No 45

 ANALYSE BACTERIOLOGIQUE  
 nombre de germes par ml

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<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	-	-	-	-	-
Moyennes	-	-	-	-	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	9'886	7'618	20'000	450	8'888
La Bouverette	12'704	10'445	32'000	1'740	11'662
La Morge de St Gingolph	1'775	2'141	10'000	60	1'958
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	8'122	6'735	-	-	7'503
Le Rhône, embouchure	5'318	7'219	20'000	390	6'231
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	7'421	6'856	-	-	7'185
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Le Nant de Riond (Crans)	245'504	27'450	70'000	6'000	170'743
Le Nant de Pny	227'261	26'833	70'000	6'000	158'543
Le Nant du Brassu	316'735	60'550	156'000	31'200	228'900
La Doye	-	-	-	-	-
La Versoix	121'325	53'367	192'000	6'000	103'597
Le Vengeron	1'196'174	603'358	1'350'000	160'000	992'923
L'Hermance	107'518	69'117	248'000	13'200	93'965
Le Nant d'Aisy	427'957	1'451'742	8'250'000	0	694'765
Moyennes	377'496	327'488	-	-	349'491
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	242'923	210'895	-	-	225'016
Le Rhône, émissaire	2'927	2'700	27'000	152	2'862
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	36'385	20'067	92'000	3'600	32'128
L'Arve à la Jonction	129'703	107'017	384'000	7'200	123'653
Le Rhône à Chancy	119'273	110'917	544'000	34'000	117'044

Tableau No 46

## ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Nombre de coliformes par ml (sauf Rhône émissaire)

AFFLUENTS	NORMES 1963-1970	ANNEE 1971			NORMES 1963-1971
		Moyennes	Maxima	Minima	
<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	-	-	-	-	-
Moyennes	-	-	-	-	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	414	125	600	5	227
La Bouverette	814	310	1'453	0	440
La Morge de St Gingolph	67	80	622	0	77
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	432	172	-	-	248
Le Rhône, embouchure	159	171	1'100	3	168
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	363	171	-	-	228
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Le Nant de Riond (Crans)	1'247	160	1'000	10	885
Le Nant de Pry	3'201	152	1'000	0	2'184
Le Nant du Brassu	1'109	361	1'000	0	859
La Doye	-	-	-	-	-
La Versoix	203	212	1'000	0	205
Le Vengeron	19'338	3'775	10'000	100	14'150
L'Hermance	354	317	1'000	0	341
Le Nant d'Aisy	4'123	1'267	10'000	0	3'394
Moyennes	4'225	892	-	-	3'145
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	2'821	630	-	-	2'085
Le Rhône, émissaire *	234	1'100	10'000	0	482
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	427	36	100	0	325
L'Arve à la Jonction	1'297	317	1'000	10	1'036
Le Rhône à Chancy	1'952	392	1'000	10	1'536

\* Rhône émissaire : concentration exprimée en coliformes par litre.

Tableau No 47 LA VERSOIX EVOLUTION DE LA COMPOSITION DES EAUX ANNEE 1971

Déterminations	Unités	NORMES 1968 - 1970				ANNEE 1971				NORMES 1968 - 1971			
		Sau- verny	La Bâtie	Riche- lien	Embou- chure	Sau- verny	La Bâtie	Riche- lien	Embou- chure	Sau- verny	La Bâtie	Riche- lien	Embou- chure
Température	°C	8,41	8,34	8,39	9,11	7,82	7,81	8,25	8,27	8,25	8,20	8,35	8,99
pH		8,12	8,25	8,28	8,18	7,94	8,16	8,15	8,10	8,15	8,22	8,25	8,17
Calcium	mg/l	3,49	3,60	3,61	3,65	3,55	3,68	3,74	3,80	3,74	3,62	3,63	3,68
Magnésium	mg/l	0,41	0,43	0,42	0,57	0,49	0,47	0,45	0,48	0,45	0,44	0,44	0,55
Azote ammoniacal	mg N / l	0,076	0,083	0,088	0,077	0,178	0,172	0,149	0,159	0,149	0,106	0,105	0,089
Azote nitreux	mg N / l	0,007	0,008	0,011	0,010	0,011	0,011	0,011	0,009	0,011	0,009	0,011	0,010
Azote nitrique	mg N / l	0,54	0,65	0,77	0,97	0,86	1,01	1,15	1,20	1,15	0,74	0,88	1,00
Azote min. total	mg N / l	0,623	0,741	0,869	1,057	1,049	1,193	1,310	1,368	1,310	0,855	0,996	1,099
Orthophosphates	mg P / l	0,035	0,043	0,048	0,062	0,062	0,078	0,087	0,100	0,087	0,053	0,059	0,068
Phosphore organ.	mg P / l	0,027	0,035	0,024	0,039	0,035	0,051	0,052	0,050	0,052	0,029	0,031	0,040
Phosphore total	mg P / l	0,062	0,078	0,072	0,101	0,097	0,129	0,139	0,150	0,139	0,091	0,090	0,108
Oxygène dissous	mg O <sub>2</sub> /l	11,14	11,59	11,64	11,53	11,33	11,84	11,79	12,50	11,79	11,66	11,68	11,67
Taux de saturat.	%	103,5	106,7	107,1	107,2	101,8	105,6	106,3	112,3	106,3	106,4	106,9	107,9
DBO 5 jours	mg O <sub>2</sub> /l	2,06	2,29	2,06	2,45	2,09	2,93	2,62	3,41	2,62	2,46	2,21	2,59
Taux de consomm.	%	18,7	20,3	17,7	21,9	18,7	24,6	22,1	26,9	22,1	21,4	18,9	22,6
DCO (bichromate)	mg O <sub>2</sub> /l	5,79	5,97	5,98	7,16	6,58	5,77	5,74	6,84	5,74	5,87	5,86	7,00
Chlorures	mg Cl/l	3,6	3,7	3,8	4,6	4,4	5,2	7,8	6,3	7,8	4,1	4,9	4,9
Détergents (ABS)	mg / l	0	-	-	0,04	0	-	-	0,02	-	-	-	0,03
Germe totaux	par ml	180'106	46'791	41'152	121'325	31'167	33'967	39'333	53'367	39'333	43'371	40'644	103'597
Coliformes	par ml	306	309	409	203	47	70	129	212	129	246	129	205

Tableau No 48 LE NANT D'AISSY EVOLUTION DE LA COMPOSITION MOYENNE DES EAUX ANNEE 1971

	NORMES 1968 - 1970 Aval station	NORMES 1966 - 1970 aval station = embouchure	ANNEE 1971		NORMES 1968 - 1971 Aval station = embouchure	NORMES 1966 - 1971 Aval station = embouchure
			Amont station janv. - juil.	Aval station = embouchure		
Température de l'eau	9,38	11,21	7,50	11,19	9,06	11,21
pH	8,20	7,92	8,07	7,67	8,18	7,87
Calcium	6,47	5,35	7,07	4,67	6,57	5,22
Magnésium	1,33	0,95	1,29	0,65	1,32	0,89
Azote ammoniacal	1,184	3,961	3,350	8,437	1,045	4,801
Azote nitreux	0,087	0,213	3,036	0,234	0,078	0,217
Azote nitrique	6,69	5,52	9,94	5,28	7,23	5,47
Azote minéral total	7,961	9,694	10,326	13,951	8,353	10,488
Orthophosphates	0,406	1,856	0,527	3,483	0,426	2,166
Phosphore organique	0,421	0,851	0,352	0,942	0,410	0,868
Phosphore total	0,827	2,707	0,879	4,425	0,836	3,034
Oxygène dissous	10,70	9,12	11,41	8,76	10,82	9,06
Taux de saturation	98,2	87,6	101,3	82,7	98,7	85,9
D.B.O. 5 jours	3,95	7,17	4,25	5,67	4,00	6,89
Taux de consommation	37,6	79,9	38,6	66,0	37,8	77,3
D.C.O. (bichromate)	13,04	20,66	8,73	26,38	11,32	24,65
Chlorures	34,8	27,9	54,7	50,3	38,1	32,2
Détergents (ABS)	0,05	0,52	0	0,33	0,04	0,48
Germe totaux	143'217	427'957	28'533	1'451'742	123'640	694'765
Coliformes	714	4'123	38	1'267	602	3'394

ANNEE 1971

EVOLUTION DE LA COMPOSITION MOYENNE DES EAUX

L'ARVE

Tableau No 49

Déterminations	Unités	NORMES 1963 - 1970		ANNEE 1971		NORMES 1963 - 1971	
		Frontière	Jonction	Frontière	Jonction	Frontière	Jonction
Température	°C	7,79	8,49	7,19	8,50	7,68	8,49
pH		8,11	8,13	7,93	7,85	8,08	8,08
Calcium	mg / l	3,22	3,22	3,30	3,35	3,24	3,25
Magnésium	mg / l	0,52	0,53	0,55	0,61	0,53	0,56
Azote ammoniacal	mg N / l	0,127	0,203	0,435	0,312	0,181	0,222
Azote nitreux	mg N / l	0,008	0,019	0,009	0,011	0,008	0,018
Azote nitrique	mg N / l	0,54	0,57	0,64	0,65	0,56	0,59
Azote minéral total	mg N / l	0,675	0,792	1,084	0,973	0,749	0,830
Orthophosphates	mg P / l	0,069	0,089	0,152	0,104	0,084	0,092
Phosphore organique	mg P / l	0,056	0,080	0,078	0,059	0,060	0,076
Phosphore total	mg P / l	0,125	0,169	0,230	0,163	0,144	0,168
Oxygène dissous	mg O <sub>2</sub> / l	11,56	11,43	11,76	11,80	11,60	11,49
Taux de saturation	%	104,7	105,2	103,0	105,6	104,4	105,3
D.B.O. 5 jours	mg O <sub>2</sub> / l	2,70	4,14	3,23	3,61	2,79	4,04
Taux de consommation	%	23,0	36,4	28,7	30,4	24,0	35,4
D.C.O. (bichromate)	mg O <sub>2</sub> / l	8,39	8,65	4,59	5,19	6,49	7,00
Chlorures	mg Cl / l	2,8	3,4	6,0	4,9	3,4	3,6
Détergents (ABS)	mg / l	0,05	0,06	0,05	0,02	0,05	0,05
Germes totaux	par ml	113'858	129'703	285'250	107'017	161'688	123'653
Coliformes	par ml	1'447	1'297	1'225	317	1'386	1'036

Tableau No 50 L'ALLONDON EVOLUTION DE LA COMPOSITION MOYENNE DES EAUX ANNEE 1971

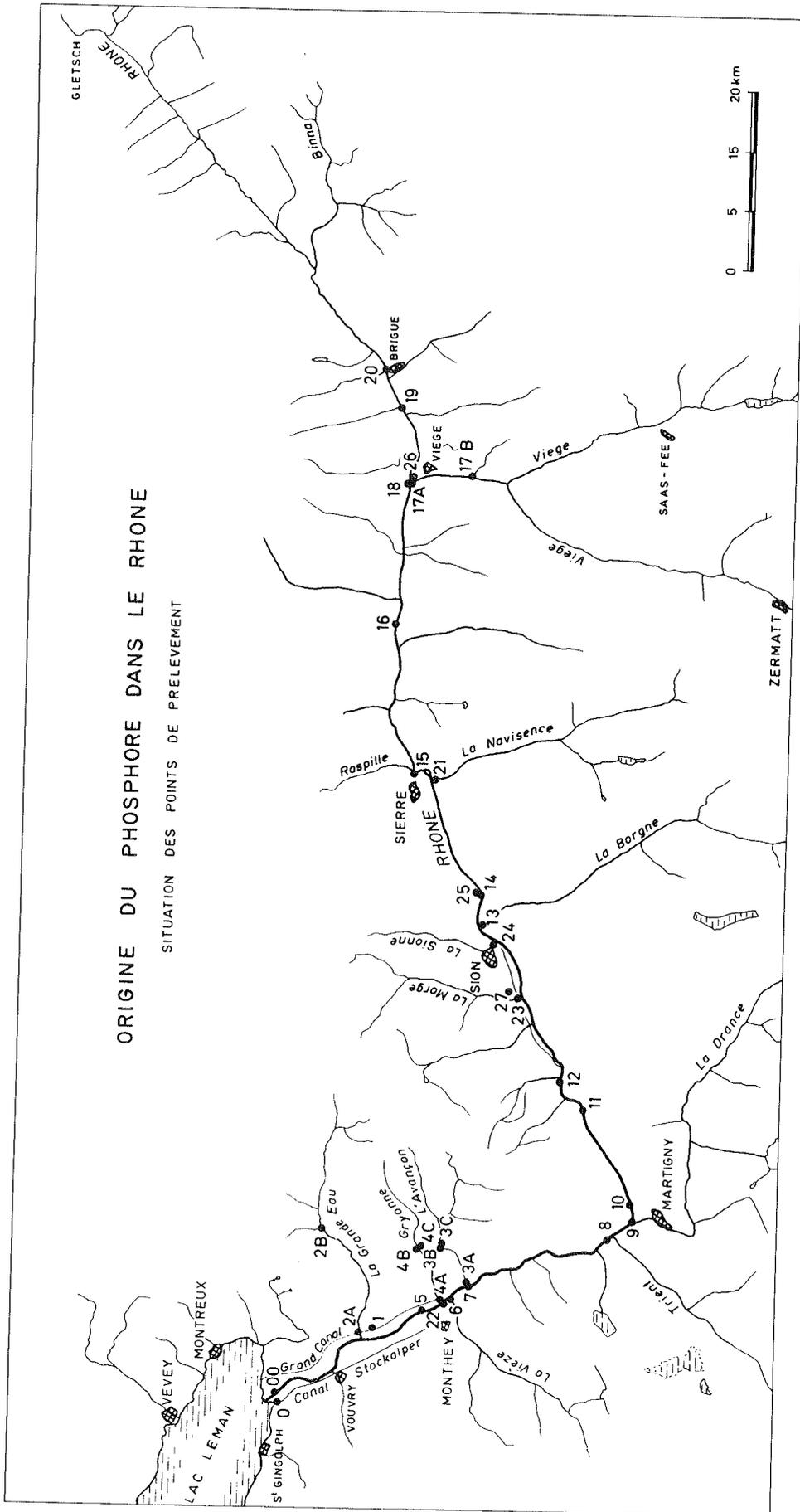
Déterminations	Unités	NORMES 1966 - 1970			ANNEE 1971			NORMES 1968 - 1971		
		Fabry	Bailliets	Embouch.	Fabry	Bailliets	Embouch.	Fabry	Bailliets	Embouch.
Température	°C	9,84	10,29	10,20	10,68	10,82	10,95	10,06	10,43	10,40
pH		8,24	8,41	8,33	8,11	8,35	8,22	8,21	8,39	8,30
Azote ammoniacal	mg N /l	0,156	0,071	0,069	0,344	0,154	0,112	0,206	0,093	0,080
Azote nitreux	mg N /l	0,012	0,011	0,006	0,019	0,014	0,007	0,014	0,012	0,007
Azote nitrique	mg N /l	1,24	0,93	1,02	1,93	1,45	1,43	1,42	1,07	1,12
Azote minéral total	mg N /l	1,408	1,012	1,095	2,293	1,618	1,549	1,640	1,175	1,207
Orthophosphates	mg P /l	0,058	0,044	0,027	0,150	0,064	0,044	0,082	0,049	0,031
Phosphore organique	mg P /l	0,058	0,033	0,022	0,211	0,021	0,015	0,099	0,030	0,019
Phosphore total	mg P /l	0,116	0,077	0,049	0,361	0,085	0,059	0,181	0,079	0,050
Oxygène dissous	mg O <sub>2</sub> /l	10,93	11,78	11,32	10,85	12,01	11,28	10,91	11,84	11,31
Taux de saturation	%	103,6	112,9	108,4	103,0	115,0	107,8	103,0	113,5	108,3
D.B.O. 5 jours	mg O <sub>2</sub> /l	2,29	2,00	1,87	3,76	3,26	1,82	3,15	2,33	1,85
Taux de consommation	%	27,3	17,1	16,2	36,3	27,0	15,9	29,7	19,6	16,1
DCO (bichromate)	mg O <sub>2</sub> /l	5,52	5,92	4,55	5,27	5,11	4,88	5,39	5,52	4,72
Chlorures	mg Cl /l	5,8	3,6	3,9	9,2	5,2	5,5	6,7	4,0	4,3
Détergents (ABS)	mg /l	0,05	-	0	0,03	-	0	0,04	-	0
Germe totaux	par ml	961576	341753	361385	641500	261975	201067	881022	471941	321128
Coliformes	par ml	11327	901	427	369	62	36	11072	682	325
Calcium	mé /l	4,28	3,87	3,80	4,51	4,02	3,95	4,34	3,91	3,84
Magnésium	mé /l	0,48	0,49	0,53	0,44	0,51	0,46	0,47	0,50	0,51

R A P P O R T  
SUR L'ORIGINE DU PHOSPHORE DANS LE RHONE

Période du 1.4. 1971 au 31.5.1972

P.-P. Haenni  
Adjoint du chimiste  
cantonal  
Sion







## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre du programme quinquennal 1971-1975, le Laboratoire cantonal du Valais a été chargé de l'étude de l'origine du phosphore dans le Rhône. Ces recherches dureront environ 2 à 3 ans. Cette étude a débuté au mois d'avril 1971.

### 2. Points de prélèvement. ( Voir carte page 237 et tableau No 1 )

13 points de prélèvement sur le Rhône ont été retenus entre Naters et l'embouchure dans le Léman, ceci pour une première étape. Il s'agit des points suivants:

- Naters, pont amont ( 20 )
- Passerelle Gamsergrund ( 19 )
- Pont route Viège Baltschieder ( 18 )
- Pont Tourtemagne-Niedergampel ( 16 )
- Sierre, pont route cantonale ( 15 )
- Pont St Léonard-Bramois ( 14 )
- Pont Riddes-Leytron ( 12 )
- Pont de Saillon ( 11 )
- Pont de Branson ( 10 )
- Pont Vernayaz-Dorénaz ( 8 )
- Pont de Massongex ( 7 )
- Pont Collombey-Ollon ( 3 )
- Embouchure dans le Léman ( 00 )

D'autre part, 9 affluents ont été contrôlés à leurs embouchure dans le Rhône, notamment:

- Viège ( 17 )
- Navizence ( 21 )
- Borgne ( 13 )
- Dranse ( 9 )
- Canal Ciba-Geigy à Monthey ( 22 )
- Vièze ( 6 )
- Gryonne ( 4 )
- Avançon ( 3 )
- Grande Eau ( 2 )

Comme complément, nous avons également contrôlé le canal Stockalper à son embouchure dans le Léman ( 0 ) et le Grand Canal ( 1 ) à la hauteur de la route Illarsaz-Aigle. Ce qui représente au total 24 points de prélèvement pour la première étape de ces recherches.

### 3. Mesures et analyses. (Voir tableaux No 2 à 9)

(voir figures 1 à 8)

Sur place:

- température

- mesure de débit (seulement sur quelques affluents et lors des premières campagnes);

au laboratoire:

- pH à 20 °C
- conductivité à 20 °C
- dureté passagère, permanente et totale
- phosphore soluble
- phosphore total
- phosphore total après filtration sur membrane filtrante ( 0,8  $\mu$  )

#### 4. Dosage du phosphore.

La méthode utilisée pour le dosage du phosphore est une méthode dérivée de celle de Murphy et Riley, qui a été adaptée par la "Federal Water Pollution Control Administration", qui nous a été communiqué par le Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon.

Le principe de cette méthode consiste à faire réagir les orthophosphates avec le molybdate d'Ammonium et le tartrate de Potassium et d'Antimoine en milieu acide pour former un complexe Antimoine-Phosphate-Molybdate. Ce complexe est réduit par l'acide ascorbique en un composé fortement coloré en bleu. Le phosphore total, y compris celui lié à la matière organique, est obtenu par hydrolyse acide en milieu oxydant (Persulfate d'ammonium).

#### 5. Discussion des résultats.

En première approximation, on peut dire que le Phosphore total après filtration représente environ 50 à 75 % du Phosphore total et que le Phosphore soluble représente environ le 20 à 50 % du Phosphore total.

D'une façon générale, on peut dire que le Rhône entre Naters où nous avons constaté une concentration moyenne de 0,063 mg/l, se charge progressivement en phosphore pour atteindre à son embouchure une concentration en phosphore total de 0,135 mg/l, représentant un apport moyen de 19,06 g/s.

Comme autre affluent du Léman, il faut mentionner le canal Stockalper, qui, à son embouchure, a une concentration moyenne de phosphore total de 0,133 mg/l représentant un apport moyen d'environ 0,465 g/s.

L'autre affluent du Léman contrôlé est le Grand Canal, qui a une concentration moyenne en phosphore total de 0,086 mg/l représentant un apport d'environ 0,043 g/s.

Ci-après, nous mentionnons les différents affluents du Rhône avec leur concentration moyenne à leur embouchure et leurs apports approximatifs de phosphore par unité de temps.

	<u>P tot. en mg/l</u>	<u>P tot. en g/s</u>
N° 17 Viège	0,08	1,5
N° 21 Navizence	0,073	0,03
N° 13 Borgne	0,093	0,2
N° 9 Dranse	0,075	1,1
N° 6 Vièze	0,065	0,2
N° 22 Canal Ciba	2,277	0,91
N° 4 Gryonne	0,309	0,09
N° 3 Avançon	0,088	0,29
N° 2 Grande Eau	0,177	0,53

Ces affluents alimentent le Rhône en phosphore à raison d'environ 5 g/s.

Les plus hautes concentrations ( 0,1 mg/l) se trouvent donc dans les affluents suivants:

- Canal de la Ciba-Geigy à Monthey
- la Gryonne
- la Grande Eau

Les apports les plus importants sont: > 1 g/s :

- la Viège
- la Dranse

100 mg/s > 1000 mg/s :

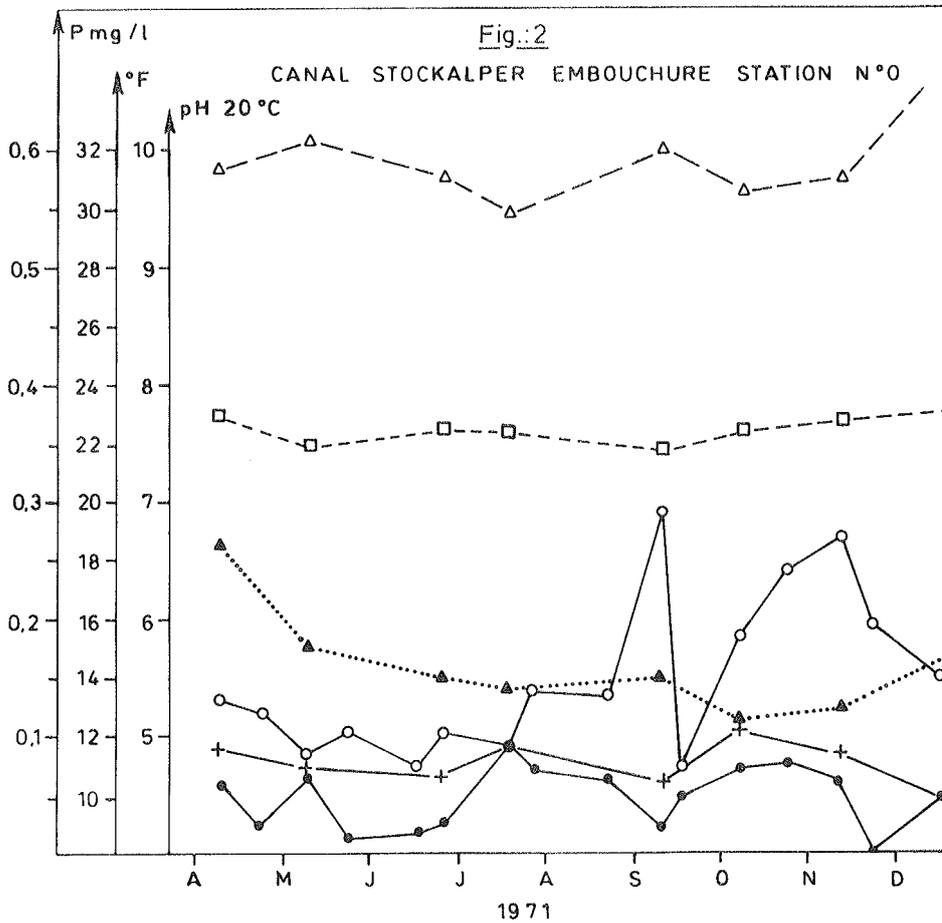
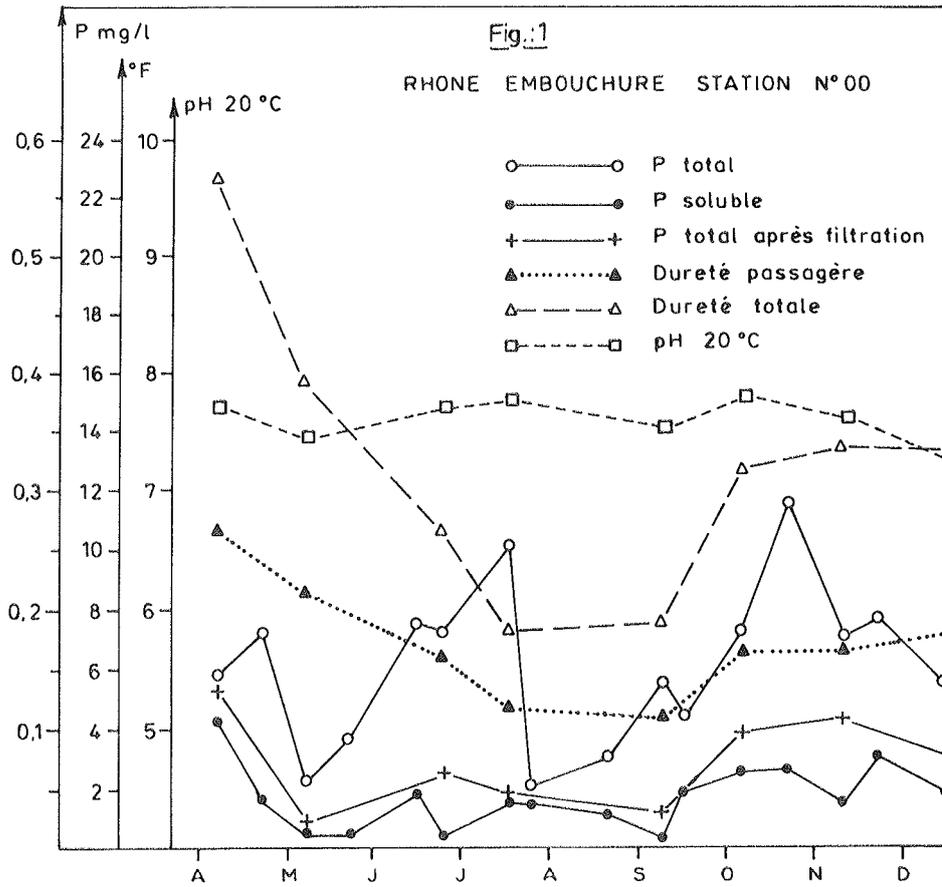
- la Grande Eau
- l'Avançon
- la Borgne
- la Vièze

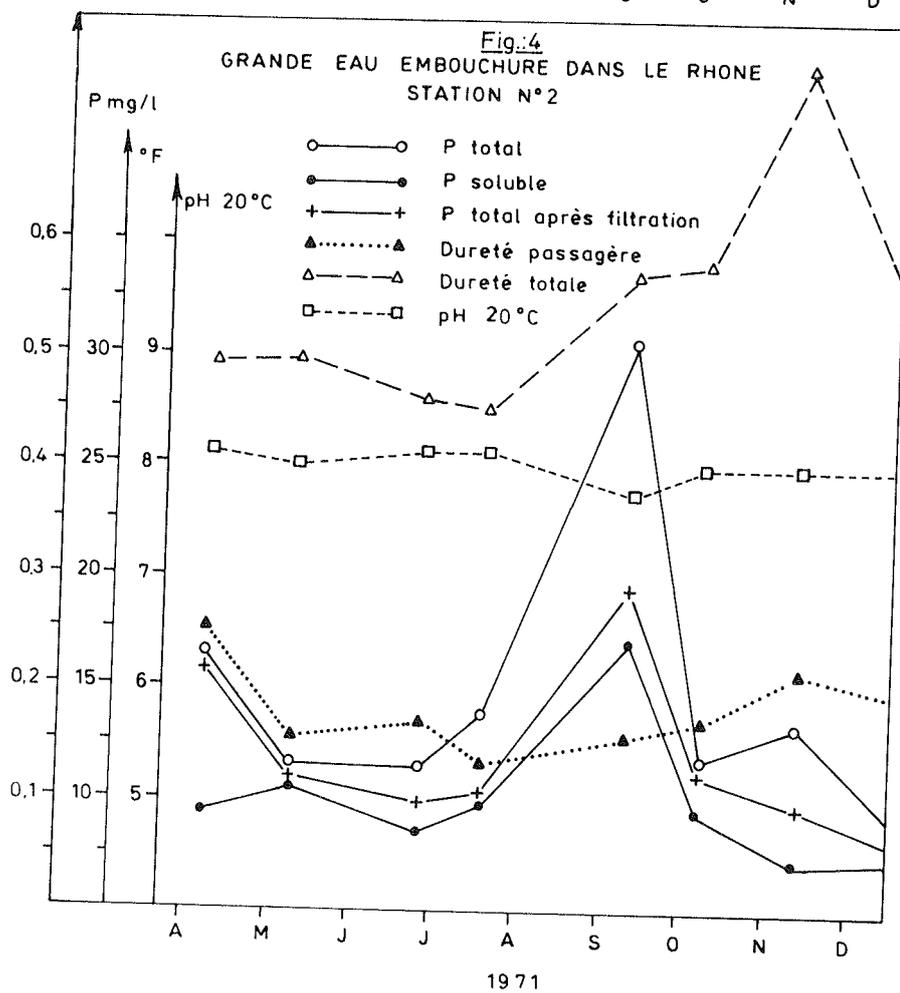
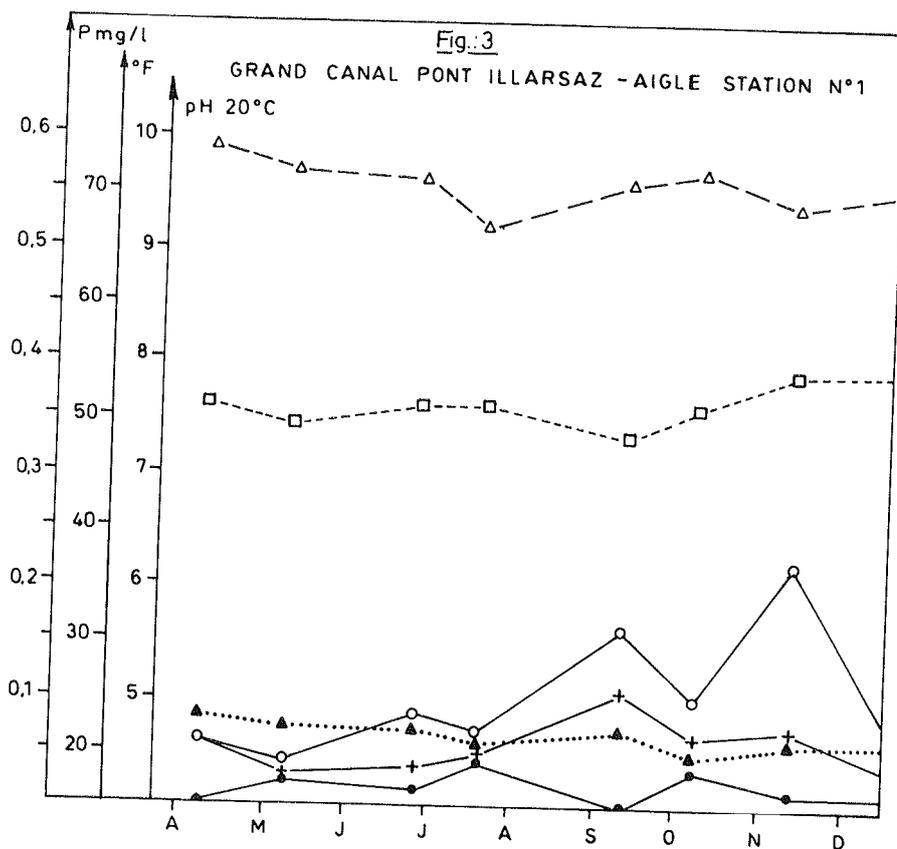
< 100 mg/s :

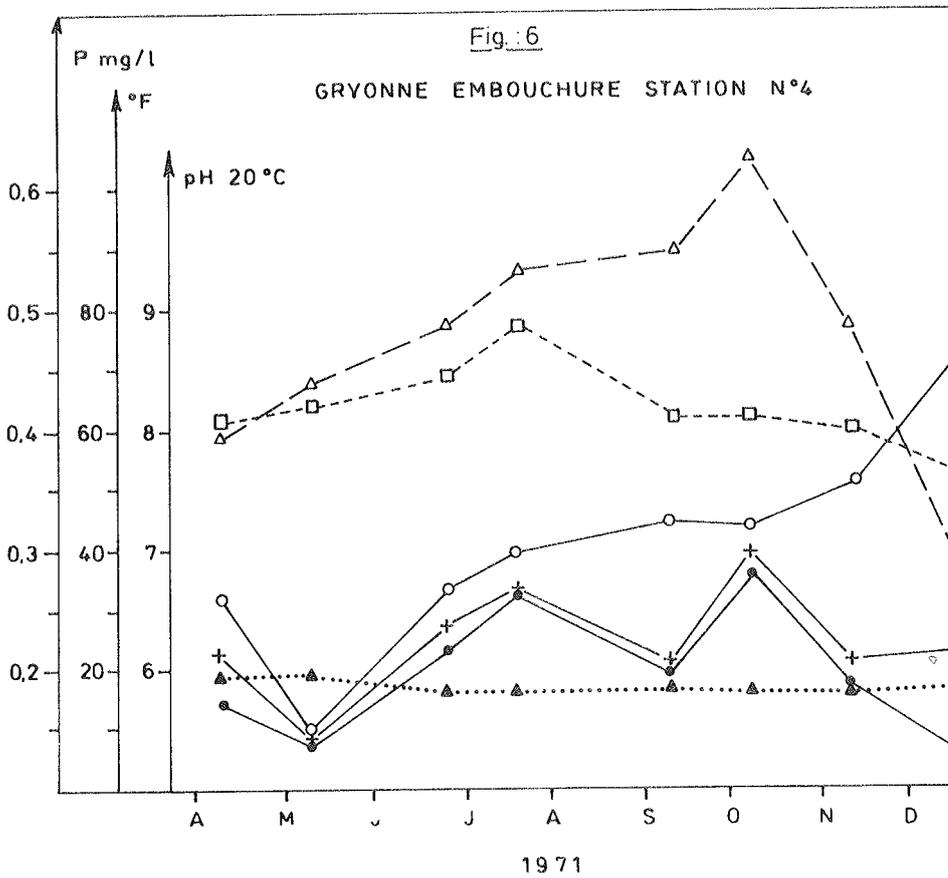
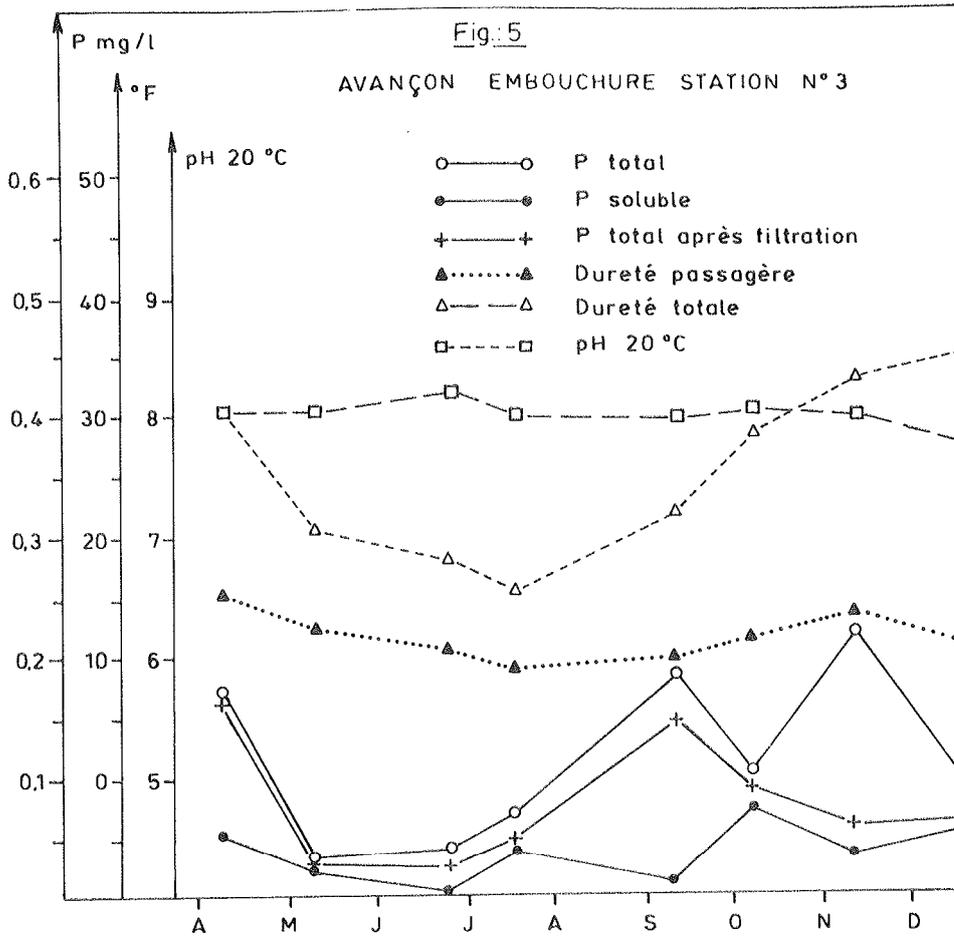
- la Gryonne
- la Navizence

## 6. CONCLUSIONS

Durant cette première étape de contrôle du phosphore dans les eaux du Rhône, on peut constater que la concentration des éléments dosés varie passablement. Les graphiques nous montrent même certains apports élevés qui semblent être momentanés. Cependant, n'oublions pas qu'il ne s'agit que de prélèvements mensuels et que, au moins au début, le dosage du phosphore apportait quelques difficultés.







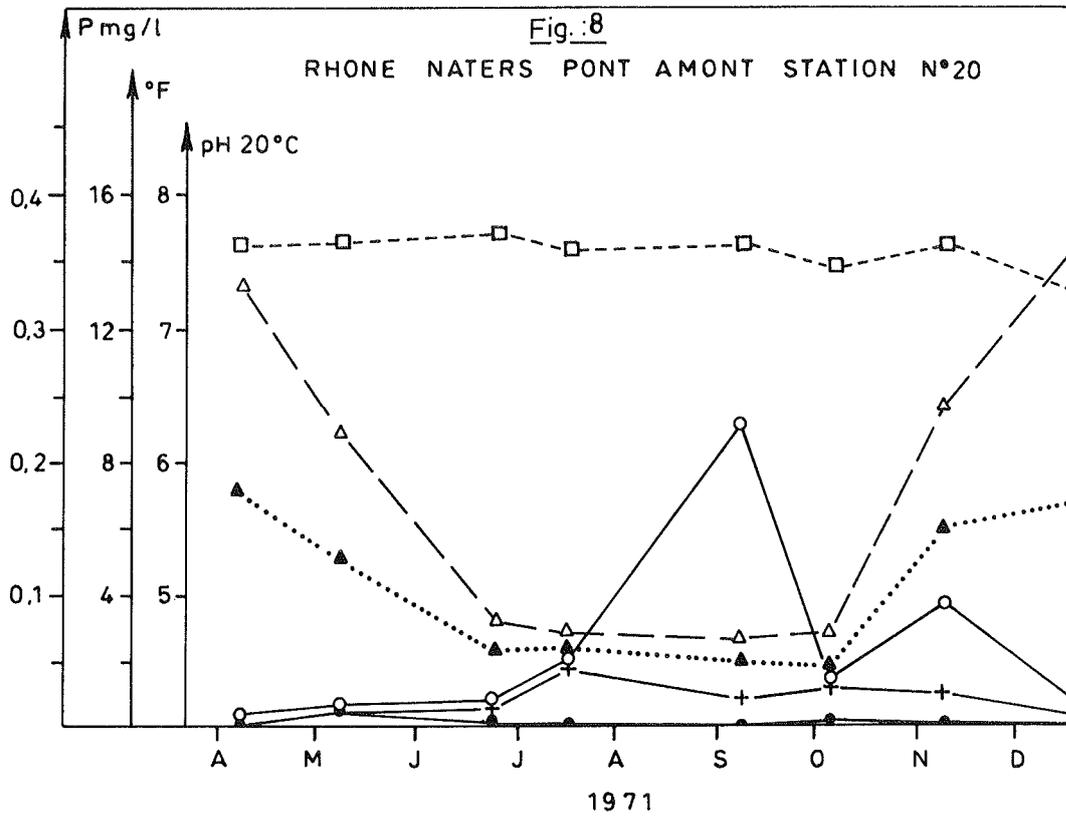
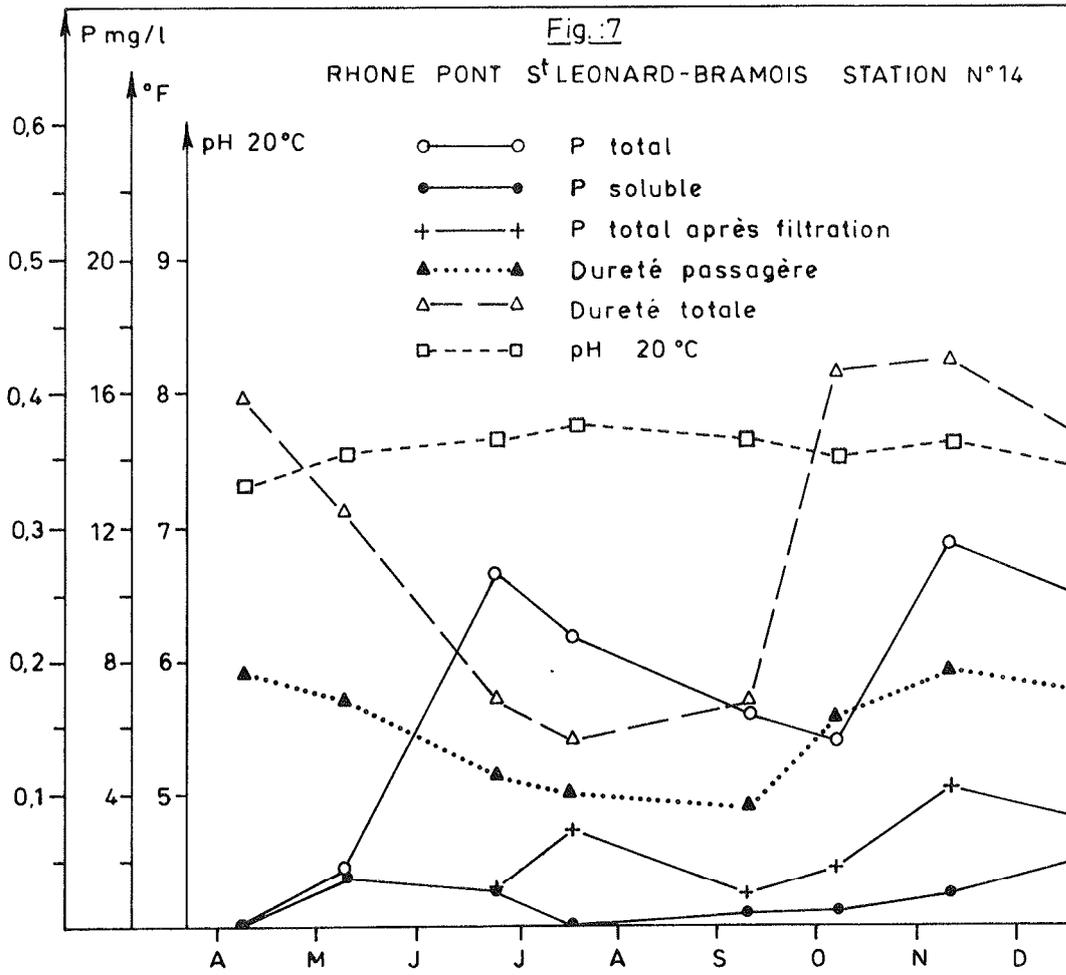


Tableau No 1 SITUATION DES POINTS DE PRELEVEMENTS

No	Désignation	Distance * de l'embou- chure au lac	Coordonnées
00	Rhône, embouchure au Léman	1,5	556 400/137 200
5	Rhône, pont Collombey-Ollon	17,3	563 300/125 100
7	Rhône, pont de Massongex	21,6	565 450/121 400
8	Rhône, pont Vernayaz-Dorénaz	34,2	569 600/110 200
10	Rhône, pont de Branson	38,8	572 700/108 100
11	Rhône, pont de Saillon	48,0	580 750/112 150
12	Rhône, pont Riddes-Leytron	51,4	582 950/114 150
14	Rhône, pont St-Léonard-Bramois	69,5	598 700/121 100
15	Rhône, pont Sierre, route cantonale	81,6	608 900/127 050
16	Rhône, pont Turtmann-Niedergampel	94,6	621 400/128 700
18	Rhône, pont Viège-Baltschieder	106,2	633 250/128 000
19	Rhône, passerelle Gamsergrund	113	639 450/128 650
20	Rhône, Naters, pont amont	116	642 200/130 050
0	Canal Stockalper, embouchure au Léman	0,38	555 550/137 000
1	Grand Canal, pont Illarsaz-Aigle	12	561 750/129 300
2a	Grande Eau, embouchure dans le Rhône	10,6 + 0	561 050/130 550
2b	Grande Eau, amont	10,6 + 6,7	570 150/133 550
3a	Avançon, embouchure dans le Rhône	21,6 + 0	565 550/121 350
3b	Avançon, amont rive droite	21,6 + 6	570 900/123 950
3c	Avançon, amont rive gauche	21,6 + 6	570 950/123 900
4a	Gryonne, embouchure dans le Rhône	19,1 + 0	564 150/123 500
4b	Gryonne, amont rive droite	19,1 + 5	568 425/125 650
4c	Gryonne, amont rive gauche	19,1 + 5	568 450/125 600
6	Vièze, embouchure dans le Rhône	19,8 + 0	564 550/122 900
9	Dranse, embouchure dans le Rhône	36,7 + 0,3	571 200/108 050
13	Borgne, embouchure dans le Rhône	66,3 + 0	595 300/121 350
17a	Viège, embouchure dans le Rhône	106,1 + 0	633 250/127 900
17b	Viège, amont	106,1 + 7,8	633 550/120 650
21	Havizance, embouchure dans le Rhône	79,6 + 0	607 950/125 650
22	Canal STEP Monthey, embouch. au Rhône	18,9 + 0	563 875/123 650
23	Morge, embouchure dans le Rhône	59,7 + 0	590 000/117 600
24	Sionne, embouchure dans le Rhône	64,3 + 0,2	594 500/119 850
25	Lienne, embouchure dans le Rhône	69,6 + 0	598 800/121 200
26	Grossgrundkanal	106,8 + 9,0	633 700/127 700
27	STEP Sion, effluent	-	590 300/118 600

\* Distance de l'embouchure au lac : Le premier nombre indique la distance du point de prélèvement à l'embouchure au Léman, ou la distance du confluent de la rivière avec le Rhône jusqu'à l'embouchure. Le second nombre indique la distance du point de prélèvement au confluent. Les distances sont indiquées en km.

Tableau No 2

Prélèvements des 2 et 5 avril 1971

Point de prél.	Temp. de l'eau °C	pH à 20°C	Conductivité 20°C µS.cm <sup>-1</sup>	Dureté		Phosphore		
				passag. mé/l	totale mé/l	soluble mg P/l	total mg P/l	total eau filtrée mg P/l
00	9,4	7,70	454	2,10	4,49	0,116	0,144	0,132
0	10,4	7,75	714	3,70	5,86	0,061	0,132	0,085
1	12,4	7,60	1'140	4,60	14,83	0,006	0,057	0,057
2	7,4	8,15	508	3,20	5,90	0,088	0,226	0,218
3	5,0	8,05	535	3,00	6,15	0,049	0,171	0,166
4	6,6	8,05	920	3,70	11,60	0,170	0,255	0,210
5	8,2	7,60	394	2,10	4,38	0,006	0,010	0,010
6	5,8	8,00	434	3,30	4,94	0,006	0,010	0,006
7	8,0	7,75	400	2,10	4,20	0,025	0,030	0,025
8	7,8	7,70	379	1,90	3,92	0,022	0,030	0,020
9	5,6	8,05	366	2,20	3,87	0,018	0,022	0,018
10	7,4	7,75	393	1,90	3,95	0,006	0,010	0,006
11	5,6	7,35	263	1,40	2,56	0,010	0,018	0,010
12	6,2	7,70	319	1,50	3,16	0,006	0,022	0,010
13	3,2	8,05	769	2,00	9,08	0,003	0,010	0,006
14	5,0	7,30	314	1,50	3,17	0,003	0,006	0,003
15	7,2	7,90	638	2,70	7,45	0,015	0,018	0,018
16	6,2	7,40	286	1,50	2,72	0,010	0,015	0,015
17	4,6	7,85	179	0,96	1,70	0,015	0,022	0,015
18	5,0	7,55	273	1,50	2,71	0,015	0,022	0,015
19	4,2	7,60	283	7,25	2,86	0,010	0,015	0,010
20	3,5	7,60	266	1,40	2,66	0,006	0,010	0,006

Tableau No 3 Prélèvements des 4 et 6 mai 1971

Point de prél.	Temp. de l'eau °C	pH à 20°C	Conductivité à 20°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
				passag. mé /l	totale mé /l	soluble mg P/l	total mg P/l	total eau filtrée mg P/l
00	8,8	7,45	328	1,74	3,12	0,018	0,053	0,024
0	8,6	7,55	550	3,00	6,01	0,067	0,086	0,073
1	8,6	7,40	1'140	4,50	14,41	0,026	0,034	0,030
2	8,8	8,00	556	2,81	5,95	0,116	0,130	0,120
3	7,6	8,05	447	2,53	4,67	0,026	0,030	0,026
4	13,0	8,25	1'090	3,56	13,43	0,138	0,145	0,140
5	9,0	7,65	363	1,73	3,15	0,053	0,060	0,053
6	8,2	8,10	372	2,65	3,89	0,012	0,015	0,014
7	8,4	7,70	303	1,60	2,92	0,037	0,040	0,039
8	9,4	7,75	285	1,57	2,73	0,056	0,065	0,060
9	10,4	7,90	239	1,43	2,34	0,012	0,015	0,012
10	9,0	7,80	263	1,39	2,55	0,040	0,045	0,041
11	9,6	7,75	270	1,39	2,58	0,015	0,023	0,015
12	9,6	7,80	268	1,36	2,55	0,045	0,052	0,045
13	8,6	8,00	536	2,02	5,91	0,018	0,028	0,018
14	8,2	7,55	286	1,36	2,49	0,042	0,045	0,043
15	10,2	7,85	492	2,34	5,52	0,029	0,030	0,030
16	7,8	7,45	236	1,10	1,96	0,042	0,051	0,040
17	6,2	7,60	136	0,76	1,22	0,015	0,018	0,015
18	6,6	7,75	200	1,10	1,93	0,007	0,013	0,010
19	6,2	7,70	200	1,05	1,85	0,037	0,044	0,037
20	5,4	7,65	185	0,99	1,76	0,015	0,019	0,015

Tableau No 4

Prélèvements des 23 et 24 juin 1971

Point de prél.	Temp. de l'eau °C	pH à 20°C	Conductivité à 20°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
				passag. mé /l	totale mé /l	soluble mg P/l	total mg P/l	total eau filtrée mg P/l
00	12,0	7,70	234	1,25	2,12	0,010	0,179	0,062
0	11,2	7,65	545	2,85	5,82	0,029	0,105	0,064
1	13,2	7,60	1'140	4,40	14,27	0,012	0,081	0,037
2	10,0	8,15	521	2,66	5,60	0,072	0,127	0,097
3	10,8	8,20	349	2,13	3,60	0,002	0,042	0,026
4	22,0	8,45	1'170	3,32	15,33	0,212	0,267	0,234
5	11,6	7,85	234	1,28	2,09	0,031	0,146	0,119
6	14,2	8,35	361	2,45	3,89	0,004	0,075	0,051
7	11,6	7,90	197	1,15	1,78	0,015	0,086	0,034
8	12,4	7,90	197	1,13	1,83	0,010	0,070	0,034
9	13,2	8,25	200	1,25	1,87	0,012	0,070	0,031
10	12,0	7,95	200	1,10	1,79	0,021	0,113	0,045
11	12,2	7,90	211	1,09	1,90	0,026	0,049	0,042
12	12,2	7,85	205	1,05	1,83	0,026	0,228	0,029
13	9,8	8,15	366	1,59	3,85	0,015	0,102	0,031
14	9,6	7,65	156	0,89	1,34	0,031	0,265	0,031
15	9,6	7,85	181	0,94	1,62	0,029	0,122	0,029
16	8,0	7,90	120	0,69	1,00	0,007	0,672	0,029
17	8,6	7,90	109	0,67	0,94	0,007	0,021	0,015
18	6,2	7,95	91	0,57	0,77	0,004	0,058	0,018
19	5,8	7,95	86	0,53	0,74	0	0,021	0,021
20	5,0	7,70	75	0,46	0,62	0,004	0,021	0,015

Tableau No 5

Prélèvements des 14 et 15 juillet 1971

Point de l'eau	Temp. de l'eau °C	pH à 20°C	Conductivité à 20°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
				passag. mé / l	totale mé / l	soluble mg P/l	total mg P/l	total eau filtrée mg P/l
00	11,2	7,80	183	0,94	1,46	0,037	0,254	0,040
0	11,8	7,60	577	2,72	5,50	0,089	0,094	0,085
1	14,0	7,60	1'200	4,34	13,50	0,040	0,064	0,037
2	12,4	8,15	566	2,32	5,50	0,097	0,175	0,105
3	11,1	8,00	351	1,80	3,12	0,040	0,070	0,048
4	24,0	8,80	1'410	3,18	17,12	0,259	0,295	0,257
5	10,6	8,00	211	0,96	1,70	0,042	0,048	0,042
6	15,6	8,20	400	2,40	4,20	0,037	0,119	0,059
7	10,8	7,90	171	0,92	1,38	0,021	0,056	0,048
8	10,2	7,85	168	0,92	1,36	0,021	0,086	0,031
9	13,6	8,5	176	1,02	1,46	0,012	0,048	0,031
10	10,8	7,85	160	0,84	1,28	0,021	0,162	0,094
11	10,1	7,60	162	0,94	1,34	0,003	0,279	0,070
12	10,5	7,65	150	0,84	1,28	0,003	0,244	0,070
13	10,3	8,05	426	1,80	4,14	0,004	0,087	0,073
14	7,6	7,75	145	0,80	1,12	0,003	0,217	0,073
15	7,7	7,65	139	0,78	1,16	0,002	0,081	0,059
16	6,6	7,45	100	0,64	0,82	0,003	0,265	0,078
17	8,2	7,70	137	0,90	1,04	0,004	0,070	0,053
18	5,8	7,75	92	0,58	0,72	0,004	0,056	0,048
19	5,4	7,65	85	0,52	0,66	0,004	0,070	0,061
20	5,2	7,55	72	0,48	0,54	0,004	0,050	0,048
21	12,0	7,75	508	1,64	5,02	0,002	0,108	0,029
22	19,8	7,80	2'050	3,40	3,84	0,003	3,140	2,275

Tableau No 6

Prélèvements des 8 et 9 septembre 1971

Point de préél.	Temp. de l'eau °C	pH à 20°C	Conductivité à 20°C $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
				passag. mé /l	totale mé /l	soluble mg P/l	total mg P/l	total eau filtrée mg P/l
00	9,3	7,75	192	0,83	1,48	0,007	0,135	0,032
0	11,9	7,48	473	2,78	6,00	0,027	0,279	0,062
1	12,2	7,35	1'280	4,38	14,27	0	0,157	0,105
2	9,9	7,75	684	2,55	6,69	0,245	0,516	0,287
3	8,0	8,00	460	2,02	4,41	0,013	0,185	0,147
4	14,4	8,15	1'640	3,17	19,82	0,195	0,320	0,201
5	8,4	7,70	196	0,85	1,43	0,005	0,212	0,031
6	14,2	8,20	510	2,61	4,88	0,021	0,080	0,045
7	8,1	7,65	169	0,79	1,31	0,023	0,190	0,047
8	8,0	7,32	165	0,87	1,32	0,007	0,162	0,036
9	9,0	7,75	234	1,17	1,87	0,006	0,075	0,028
10	7,4	7,62	162	0,72	1,15	0,001	0,190	0,064
11	7,4	6,90	168	0,57	1,32	0,015	0,110	0,025
12	7,2	7,50	141	0,65	1,20	0,029	0,135	0,042
13	10,4	7,80	560	1,92	5,95	0,024	0,185	0,050
14	7,4	7,60	156	0,74	1,34	0,010	0,157	0,023
15	8,1	7,60	149	0,75	1,31	0,008	0,084	0,027
16	6,8	8,90	94	0,48	0,79	0,008	0,053	0,017
17	8,8	8,10	97	0,55	0,83	0,012	0,167	0,025
18	5,4	7,55	85	0,49	0,72	0,007	0,190	0,020
19	5,2	7,70	80	0,46	0,67	0,004	0,189	0,017
20	5,2	7,60	67	0,39	0,54	0,002	0,225	0,018
21	10,0	7,75	2'440	1,34	2,44	0,004	0,151	0,023
22	18,8	7,80	2'170	3,47	3,08	0,130	4,120	3,520

Tableau No 7

Prélèvements du 5 octobre 1971

Point de prél.	Temp. de l'eau °C	pH à 20°C	Conductivité à 20°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
				passag. mé /l	totale mé /l	soluble mg P/l	total mg P/l	total eau filtrée mg P/l
00	-	7,80	263	1,28	2,53	0,063	0,178	0,097
0	-	7,60	517	2,46	5,75	0,075	0,184	0,102
1	-	7,60	1'090	4,28	14,36	0,033	0,096	0,063
2	-	8,00	574	2,72	6,82	0,091	0,132	0,107
3	8,0	8,05	488	2,32	5,68	0,077	0,102	0,091
4	-	8,00	1'490	3,26	21,14	0,281	0,317	0,298
5	-	7,70	234	1,08	2,26	0,061	0,199	0,088
6	-	8,15	468	2,68	5,41	0,031	0,058	0,045
7	8,2	7,70	233	1,19	2,26	0,064	0,173	0,082
8	7,6	7,70	179	0,99	1,67	0,042	0,140	0,058
9	9,0	8,85	165	0,52	1,42	0,004	0,099	0,023
10	7,1	8,0	165	0,88	1,53	0,028	0,151	0,052
11	6,8	7,20	158	0,81	1,42	0,023	0,121	0,047
12	6,5	7,35	164	0,83	1,50	0,041	0,148	0,050
13	7,6	7,70	665	2,25	7,66	0,020	0,159	0,045
14	7,2	7,55	332	1,24	3,33	0,015	0,139	0,042
15	9,0	7,60	456	1,75	5,00	0,018	0,061	0,052
16	6,6	7,45	183	0,87	1,54	0,012	0,140	0,061
17	6,6	7,45	114	0,63	1,02	0,031	0,178	0,072
18	4,1	7,50	112	0,59	0,97	0,023	0,146	0,044
19	4,0	7,40	99	0,52	0,87	0,003	0,146	0,033
20	3,5	7,40	69	0,38	0,56	0,005	0,036	0,028
21	9,9	7,70	791	2,29	9,68	0,002	0,036	0,024
22	-	8,15	1'803	3,87	4,14	0,098	3,140	2,640

Tableau No 8 Prélèvements du 10 novembre 1971

Point de prél.	Temp. de l'eau °C	pH à 20°C	Conductivité à 20°C µS.cm <sup>-1</sup>	Dureté		Phosphore		
				passag. mé /l	totale mé /l	soluble mg P/l	total mg P/l	total eau filtrée mg P/l
00	6,3	7,6	278	1,34	2,62	0,031	0,174	0,108
0	7,5	7,7	513	2,60	5,77	0,065	0,270	0,086
1	10,2	7,9	1'045	4,33	13,91	0,010	0,222	0,070
2	5,4	8,0	709	3,15	8,66	0,048	0,168	0,094
3	5,1	8,0	596	2,67	6,73	0,037	0,220	0,062
4	5,9	8,0	1'146	3,34	15,39	0,192	0,350	0,201
5	6,0	7,9	325	1,43	2,92	0,061	0,185	0,141
6	5,8	8,0	488	2,88	5,34	0,023	0,146	0,146
7	6,0	7,8	278	1,38	2,57	0,064	0,160	0,135
8	5,6	7,7	242	1,26	2,35	0,089	0,122	0,110
9	4,8	7,8	268	1,63	2,67	0,023	0,135	0,059
10	5,4	7,7	258	1,27	2,49	0,067	0,149	0,086
11	5,1	7,5	227	1,12	2,08	0,012	0,094	0,094
12	5,1	7,7	213	1,14	1,98	0,001	0,141	0,067
13	4,0	7,8	701	2,35	8,16	0,007	0,116	0,075
14	5,2	7,6	350	1,49	3,38	0,023	0,284	0,103
15	6,8	7,7	550	2,18	6,10	0,005	0,204	0,032
16	5,1	7,7	295	1,60	2,74	< 0,001	0,402	0,037
17	5,2	7,7	141	0,78	1,22	< 0,001	0,040	0,037
18	4,2	7,7	262	1,50	2,51	0,005	0,437	0,032
19	3,9	7,7	228	1,25	2,14	0,010	0,206	0,032
20	3,4	7,6	201	1,14	1,89	0,007	0,089	0,023
21	7,0	7,8	751	2,43	9,31	0,001	0,092	0,062
22	12,0	7,6	1'723	2,40	5,54	0,029	2,080	1,900

Tableau No 9

Prélèvements du 24 décembre 1971

Point de préél.	Temp. de l'eau à 20°C °C	pH à 20°C	Conduc. tivité à 20°C $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
				passag. mé/1	totale mé/1	soluble mg P/l	total mg P/l	total eau filtrée mg P/l
00	-	7,4	259	1,42	2,62	0,061	0,073	0,068
0	-	7,8	579	3,07	6,87	0,031	0,048	0,048
1	-	7,9	1'036	4,31	14,23	0,015	0,043	0,031
2	-	8,0	526	2,91	6,10	0,053	0,063	0,058
3	-	7,7	579	2,51	7,05	0,061	0,072	0,067
4	-	7,5	1'014	3,24	15,36	0,117	0,487	0,212
5	-	7,7	373	1,63	3,38	0,053	0,147	0,132
6	-	8,1	500	3,09	5,98	0,002	0,012	0,009
7	-	7,2	328	0,83	3,15	0,053	0,158	0,135
8	-	6,9	258	0,82	2,38	0,045	0,112	0,089
9	-	7,2	278	1,27	2,75	0,015	0,083	0,042
10	-	7-2	282	0,84	2,70	0,067	0,112	0,092
11	-	7,0	198	0,93	1,88	0,021	0,095	0,044
12	-	6,9	191	0,83	1,77	0,012	0,084	0,034
13	-	7,5	741	2,43	9,41	0,015	0,075	0,048
14	-	7,4	303	1,43	2,88	0,056	0,245	0,083
15	-	7,7	634	2,65	7,80	0,021	0,161	0,028
16	-	7,2	259	1,23	2,28	0,021	0,073	0,021
17	-	7,3	163	0,75	1,50	0,026	0,052	0,047
18	-	7,1	271	1,33	2,79	0,092	0,116	0,098
19	-	7,3	269	1,35	2,76	0,116	0,172	0,135
20	-	7,2	283	1,37	2,96	0	0,009	0,002
21	-	7,8	833	2,67	7,38	0	0,015	0,002
22	-	7,5	1'214	3,28	5,08	0,002	1,782	0,755

INFLUENCE DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION  
SUR LA QUALITE DE L'EAU DES RECEPTEURS

Campagne 1971

P. Revelly  
Ingénieur-chimiste  
Station de Pompage de la  
Ville de Lausanne  
Lutry

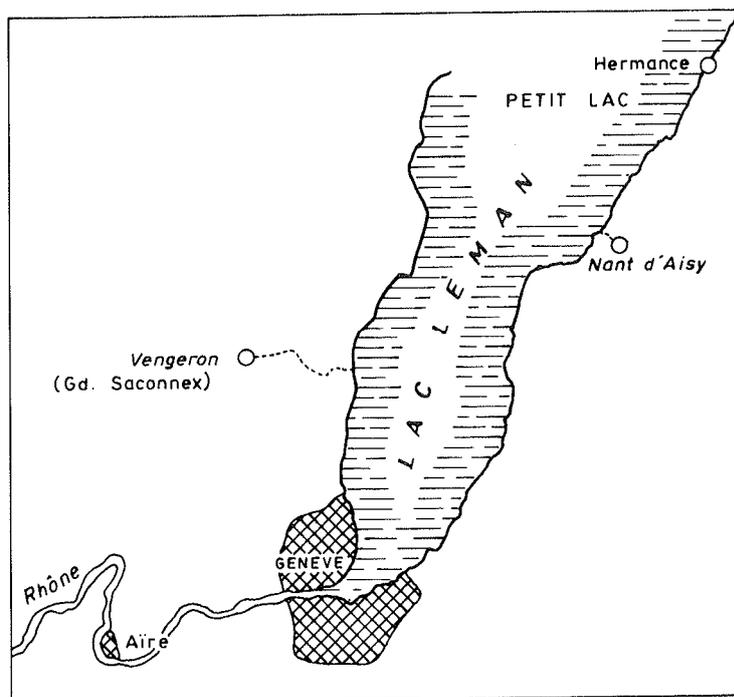


## 1. INTRODUCTION.

L'étude des eaux du lac Léman, entreprise depuis plus d'une décennie déjà, montre qu'au fil des ans les signes de pollution chimique et bactériologique se font toujours plus fréquents. Si les affluents du lac sont l'agent polluant le plus important, ils ne le sont souvent que parce qu'ils servent soit au transport d'eau souillée provenant de l'activité humaine, soit d'exutoire à l'effluent des stations d'épuration. Ainsi, pour préciser le rôle joué par ces dernières, pour mettre en évidence leurs insuffisances ou au contraire leur action bienfaisante, le programme quinquennal de travaux et de recherches établi pour les années 1971 - 1975 prévoit-il l'étude des stations d'épuration et l'influence de leur rejet sur la qualité de l'eau des récepteurs.

Jusqu'à maintenant, pour des raisons essentiellement pratiques, il n'a pas été possible d'entreprendre cette étude sur territoire vaudois et français. Par contre, le canton de Genève, depuis plusieurs années déjà, exécute des contrôles portant sur l'eau brute et l'effluent des stations d'épuration situées sur son territoire. S'il est vrai que l'effluent de ces stations d'épuration n'intéresse pas toujours le Léman, la principale station étant même située à l'aval du lac, il n'en demeure pas moins qu'il est intéressant de regrouper les résultats analytiques obtenus jusqu'ici. Ces derniers permettent en effet, dans une certaine mesure, de mettre en évidence les substances dont l'élimination est la plus malaisée à réaliser, mais dont le rôle peut être important pour la santé du lac.

Fig. : 1 - EMBLACEMENT DES STATIONS D'EPURATION ETUDIEES



### Stations d'épuration étudiées.

Les stations d'épuration suivantes ont été étudiées:

<u>Station du Vengeron</u>	au cours de l'année	1968
	" "	1969
	" "	1971
<u>Station d'Aïre</u>	au cours de l'année	1970
	" "	1971
<u>Station de Nant d'Aisy</u>	au cours de l'année	1968
	" "	1969
<u>Station d'Hermance</u>	au cours de l'année	1968
	" "	1969

L'emplacement de ces différentes stations est reporté sur le schéma de la page précédente.

Les conditions d'exploitation à l'époque où les prélèvements ont été effectués sont rassemblées dans le tableau n° 1.

## 2. REMARQUES PRELIMINAIRES

- Les eaux brutes et les eaux épurées sont en principe l'objet d'un prélèvement mensuel. La moyenne arithmétique des résultats analytiques sert à établir les tableaux de valeurs figurant à la fin de ce travail. La valeur mensuelle la plus élevée apparaît sous la rubrique "maximum".

- Certains prélèvements sont instantanés, d'autres s'étendent sur une période de 24 h. La première façon de procéder ne permet pas d'obtenir un échantillon véritablement représentatif de la masse d'eau traversant la station d'épuration. Un prélèvement sur une période de 24 h. donne une image beaucoup plus proche de la réalité, mais qui va dépendre du début de la période de 24 h. considérée et de sa position dans la semaine, car la qualité et la quantité d'eau arrivant à une station d'épuration suivent un cycle dépendant de l'heure. La météorologie peut aussi influencer l'échantillon si la station d'épuration est alimentée par un réseau d'égouts unitaire. La solution la plus satisfaisante consisterait à prélever en permanence des échantillons; vu que ce n'est pas possible, il vaudrait mieux étudier la marche d'une station pendant une semaine, une ou plusieurs fois par année, plutôt que d'opérer des prélèvements mensuels sur 24 h..

- L'établissement d'un bilan pondéral d'une station d'épuration permettrait une détermination du taux d'épuration bien meilleure que celle observée à partir des variations de concentration. Des dispositions constructives permettent souvent d'évacuer en cours de traitement des volumes d'eau appréciables, soustrayant ainsi de l'épuration complète une partie de l'eau brute. Si le débit de celle-ci est assez facile à mesurer, les autres débits sont difficiles à déterminer et l'établissement d'un bilan devient aléatoire.

- La composition qualitative d'une eau d'égout, brute ou traitée, est excessivement complexe. On dose certaines classes de composés, par exemple les matières en suspension, les composés azotés, les composés du phosphore, etc. On ignore d'autres substances, peu importantes par leur concentration, mais susceptibles d'exercer une action sur la station elle-même et sur le milieu récepteur: oligo-éléments, micro-polluants, produits hormonaux... On peut souhaiter que l'évolution de leur concentration soit suivie.

- L'établissement d'un taux d'épuration est intéressant, mais quelquefois trompeur. Il est souvent plus facile d'abaisser la concentration d'une substance lorsqu'on part de concentrations élevées que lorsqu'on part d'une concentration déjà relativement faible. Ainsi un effluent peut présenter un taux d'épuration élevé et néanmoins être cause d'une pollution importante par sa forte concentration dans le milieu récepteur.

- L'étude de la station d'épuration est liée à celle du milieu récepteur. Il est donc nécessaire de connaître l'évolution de celui-ci en dehors de la zone d'introduction de l'effluent, qu'il s'agisse d'un affluent ou du lac lui-même.

### 3. STATION D'EPURATION DU VENERON

La station d'épuration du Vengeron est étudiée en 1968, 1969 et 1971. En 1968 et 1969, certaines déterminations font l'objet de prélèvements instantanés, d'autres de prélèvements sur 24 heures. En 1971, par contre, tous les prélèvements correspondent à un échantillon moyen sur 24 heures. Aussi allons-nous considérer les années 1968 et 1969 d'une part, 1971 d'autre part.

Années 1968 et 1969.

( Voir tableaux No 2 et 3 )

La détermination des matières totales en suspension est faite sur un échantillon moyen prélevé pendant 24 heures. En 1968, l'eau brute présente une concentration moyenne de 101,6 mg/l, l'eau traitée de 11,5 mg/l, le taux d'élimination est de 89 %. En 1969, la concentration moyenne dans l'eau brute est de 114,0 mg/l, dans l'eau traitée de 14,8 mg/l, le taux d'élimination de 87 %. Ainsi, bien qu'en 1969 les concentrations moyennes soient un peu plus élevées qu'en 1968, le taux d'élimination reste pratiquement constant. Sur la base des maxima, par contre, on constate que si, en 1968, le taux d'élimination est de 86 %, en 1969, ce taux fléchit un peu et atteint 81 %. Dans l'eau traitée, en 1968, le maximum est 1,7 fois la moyenne; en 1969, 2,2 fois la moyenne.

La détermination des matières organiques en suspension, effectuée sur des échantillons moyens de 24 heures montre que le taux d'élimination, de 92 % en 1968 et de 89 % en 1969, est voisin du taux d'élimination des matières totales en suspension. Si l'on compare la proportion des matières organiques en suspension par rapport aux matières totales en suspension pour les concentrations moyennes, on constate qu'en 1968, cette proportion est de 66 % sur l'eau brute et de 47 % sur l'eau traitée; en 1969, de 67 % sur l'eau brute et de 57 % sur l'eau traitée.

Toutes les formes de l'azote sont déterminées sur des échantillons instantanés et sont examinées systématiquement ci-après.

En 1968, la concentration moyenne en azote total de l'eau brute est de 69,1 mg/l, celle de l'eau traitée de 66,8 mg/l; le taux d'élimination est très faible: 3 %. En 1969, les valeurs correspondantes sont de 72,9 mg/l pour l'eau brute et de 79,4 mg/l pour l'eau traitée; on observe ainsi non pas une diminution de l'azote total, mais au contraire une augmentation de 9 % qui peut s'expliquer par le fait que les dosages sont effectués sur des prélèvements instantanés. En 1968, la valeur maximum représente 1,8 fois la valeur moyenne pour l'eau traitée; en 1969, 2,6 fois.

La concentration en azote minéral total est de 20,3 mg/l sur l'eau brute en 1968 et de 20,1 mg/l sur l'eau traitée. Le taux d'élimination est de moins de 1 %. En 1969, l'eau brute présente une concentration de 19,1 mg/l, l'eau traitée de 13,7 mg/l; le taux d'élimination est de 28 %, donc en sensible augmentation par rapport à 1968. Sur l'eau traitée, la concentration maximum est 1,9 fois la concentration moyenne en 1968 et 1,6 fois en 1969.

La concentration en azote ammoniacal est en 1968 de 19,6 mg/l en moyenne dans l'eau brute et de 13,4 mg/l dans l'eau traitée, correspondant à un taux d'élimination de 32 %. En 1969, l'eau brute accuse une concentration de 18,0 mg/l, l'eau traitée de 5,1 mg/l; le taux d'élimination s'élevant à 72 %.

La concentration en azote nitreux, de moins de 0,1 mg/l en moyenne dans l'eau brute en 1968, passe à 0,5 mg/l dans l'eau traitée, soit une augmentation de presque 700 %. En 1969, les valeurs correspondantes sont de 0,1 mg/l pour l'eau brute et de 0,3 mg/l pour l'eau traitée avec une augmentation de 200 %.

L'azote nitrique subit des variations plus spectaculaires encore. En effet, il passe, en 1968, de 0,6 mg/l dans l'eau brute à 4,0 mg/l dans l'eau traitée, soit une augmentation de 900 %. En 1969, la concentration moyenne est 1,0 mg/l dans l'eau brute et de 8,3 mg/l dans l'eau traitée, c'est à dire une augmentation de presque 800 %.

L'azote organique, lui, n'est que peu sensible à l'effet d'épuration en 1968. Sa concentration moyenne passe de 48,8 mg/l dans l'eau brute à 46,7 mg/l dans l'eau traitée, soit une diminution de 4 %. En 1969, par contre, sa concentration passe de 53,8 mg/l dans l'eau brute à 65,7 mg/l dans l'eau traitée, subissant ainsi une augmentation de 22 %. En 1969, on observe donc une diminution de l'azote minéral total et une augmentation de l'azote organique, phénomène explicable par le mode de prélèvement utilisé.

Les dosages de phosphore total, ortho-phosphates et phosphore organique sont tous effectués sur des prélèvements instantanés.

En 1968, la concentration en phosphore total de l'eau brute atteint en moyenne 12,3 mg/l, celle de l'eau traitée 10,6 mg/l, soit un taux d'élimination de 14 %. En 1969, l'eau brute contient en moyenne 10,3 mg/l de phosphore total, l'eau traitée 5,2 mg/l, d'où un taux d'élimination de 50 %.

L'eau brute présente en 1968 une concentration moyenne de 6,1 mg/l d'ortho-phosphates, l'eau traitée de 6,1 mg/l, le taux d'élimination est donc de 0. En 1969, on trouve dans l'eau brute 6,7 mg/l en moyenne, 3,9 mg/l dans l'eau traitée avec un taux d'élimination de 42 %.

Quant au phosphore organique, on en trouve 6,3 mg/l en moyenne dans l'eau

brute, en 1968 et 4,5 mg/l dans l'eau traitée, ce qui donne un taux d'élimination de 28 %. En 1969, les concentrations respectives sont de 3,6 mg/l et de 1,3 mg/l, le taux d'élimination s'élevant à 65 %.

L'analyse de la DBO 5 j se fait sur un échantillon prélevé sur 24 heures. On observe les valeurs suivantes: en 1968, sur l'eau brute en moyenne 108,8 mg/l et sur l'eau traitée 14,9 mg/l; le taux d'élimination se monte à 86 %. En 1969, l'eau brute présente une DBO 5 j de 129,0 mg/l, l'eau traitée de 17,5 mg/l; le calcul du taux d'élimination donne 86 %.

L'oxydabilité au permanganate est déterminée à la fois sur un échantillon instantané et sur un échantillon global pris sur 24 heures. L'analyse donne les valeurs suivantes: en 1968, sur l'eau brute alimentant la station, l'oxydabilité moyenne est de 165,2 mg/l pour le prélèvement instantané et de 213,8 mg/l pour le prélèvement sur 24 heures. Sur l'eau traitée, on obtient 75,4 mg/l pour l'échantillon instantané et 70,0 mg/l pour l'échantillon sur 24 heures. Les taux d'élimination sont de 54 % sur l'échantillon instantané et de 67 % pour l'échantillon sur 24 heures. En 1969, on observe les valeurs suivantes: 138,9 mg/l en moyenne pour l'échantillon instantané d'eau brute et 254,4 mg/l pour l'échantillon sur 24 heures; sur l'eau traitée, on a 43,1 mg/l et respectivement 68,1 mg/l; d'où un taux d'élimination de 69 % pour le prélèvement instantané, de 73 % pour le prélèvement moyen sur 24 heures. Ainsi, pour les deux années, le taux d'élimination est plus élevé pour l'échantillon moyen que pour l'échantillon instantané. La comparaison des maxima montre que les prélèvements instantanés conduisent à des valeurs tantôt plus faibles, tantôt plus fortes que celles obtenues à partir des prélèvements moyens.

L'étude des variations de concentration en détergent montre que le taux d'élimination est élevé. On observe en effet pour 1968, un taux de 89 % en moyenne alors que pour 1969, ce taux s'élève jusqu'à 94 %.

Les matières décantables totales sont déterminées sur un échantillon moyen prélevé pendant 24 heures. En 1968, on observe dans l'eau brute une concentration moyenne de 55,1 mg/l, dans l'eau traitée de 7,9 mg/l, correspondant à un taux d'épuration de 86 %. En 1969, les concentrations correspondantes sont un peu plus élevées, 60,2 mg/l dans l'eau brute et 11,4 mg/l dans l'eau traitée; le taux d'épuration fléchit un peu et représente 81 %.

L'analyse des matières organiques décantables porte sur un échantillon moyen sur 24 heures. Elle donne les résultats suivants: En 1968, 34,6 mg/l dans l'eau brute, 4,4 mg/l dans l'eau traitée et taux d'élimination de 87 %. En 1969, les concentrations sont un peu plus élevées, 37,8 mg/l dans l'eau brute, 5,2 mg/l dans l'eau traitée, mais le taux d'élimination se maintient pratiquement et vaut 86 %.

Année 1971.

( Voir tableau No 4 )

Les analyses effectuées au cours de l'année 1971 l'ont toutes été sur des échantillons prélevés sur une période de 24 heures.

La concentration des matières totales en suspension est de 102,7 mg/l dans l'eau brute et de 12,7 mg/l dans l'eau traitée. Le taux d'élimination de 88 % correspond à la moyenne des taux des années 1968 et 1969. Le taux d'élimination des matières en suspension calculé sur les concentrations maxima est de 87 %, donc un peu plus élevé qu'en 1969 (81 %).

L'analyse des matières organiques en suspension montre que l'eau brute présente une concentration de 79,1 mg/l, l'eau traitée de 8,3 mg/l et que le taux d'élimination est de 90 %, du même ordre de grandeur qu'en 1968 ou 1969.

La proportion des matières organiques par rapport aux matières totales en suspension est de 77 % sur l'eau brute et de 65 % sur l'eau traitée. On constate au fil des années une augmentation de cette proportion: 1968, 68 %, respectivement 47 %; 1969, 67 %, respectivement 57 %; 1971 77 %, respectivement 65 %.

Les concentrations en azote total sont beaucoup plus élevées qu'en 1968 ou 1969: 96,9 mg/l dans l'eau brute et 98,9 mg/l dans l'eau traitée et un taux d'élimination négatif, ou plus exactement une augmentation de 2 % de la concentration en azote total dans l'eau traitée, phénomène déjà constaté en 1969, difficilement explicable si ce n'est par des échantillons non représentatifs, quoique prélevés sur 24 heures ou par des imprécisions dans certains dosages.

Les concentrations en azote minéral total de l'eau brute et de l'eau traitée sont voisines l'une de l'autre: 21,0 mg/l pour l'eau brute et 19,8 mg/l pour l'eau traitée, aussi le taux d'élimination est-il très bas, de l'ordre de 5 %.

Dans l'eau brute, l'azote ammoniacal représente la presque totalité de la forme minérale de l'azote (97%). Sa concentration est de 20,4 mg/l. Dans l'eau traitée, par contre, cette concentration diminue passablement; elle atteint 9,0 mg/l d'où un taux d'élimination de 56 %; dans l'eau traitée, l'azote ammoniacal ne représente plus que 45 % de l'azote minéral total.

Si la concentration en azote nitreux est nulle dans l'eau brute, elle s'élève à 0,7 mg/l dans l'eau traitée.

L'azote nitrique subit, lui aussi, une variation considérable entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration. En effet, l'eau brute accuse une concentration moyenne de 0,26 mg/l, tandis que l'eau traitée contient 10,20 mg/l d'azote nitrique, d'où une augmentation de presque 4'000 %.

L'azote organique traverse la station sans subir de modification importante. En effet, on trouve en moyenne dans l'eau brute 76,3 mg/l, et dans l'eau traitée 79,1 mg/l, d'où une légère augmentation de 4 %.

Si la concentration en phosphore total dans l'eau brute est un peu plus faible en 1971 qu'en 1968 et 1969, atteignant 9,9 mg/l en moyenne, la concentration dans l'eau traitée est sensiblement plus élevée qu'en 1969 et s'élève à 8,8 mg/l. Le taux d'élimination, de 14 % en 1968 et de 50 % en 1969, s'abaisse à 11 %.

Pour les ortho-phosphates, l'évolution des concentrations se fait dans un sens particulièrement inquiétant. En effet, dans l'eau brute, la concentra-

tion moyenne s'élève à 8,2 mg/l, valeur sensiblement plus élevée qu'en 1968 et 1969; dans l'eau traitée, on trouve encore 7,6 mg/l d'ortho-phosphate. Alors qu'en 1968 le taux d'élimination est de 0 %, mais de 42 % en 1969, en 1971 il n'est que de 7 %.

Si les concentrations en phosphore organique dans l'eau brute sont largement inférieures en 1971 aux valeurs observées en 1968 et 1969, soit 1,7 mg/l en moyenne, par contre dans l'eau traitée on retrouve la valeur de 1969: 1,3 mg/l. Aussi le taux d'élimination 1971, de 27 %, est-il plus bas que les taux de 1968 et surtout de 1969.

Pour la DBO 5 j, la valeur moyenne déterminée sur l'eau brute, 164,3 mg/l, est très nettement supérieure aux valeurs de 1968 et 1969. Pour l'eau traitée, par contre, la valeur moyenne est comprise entre celle de 1968 et celle de 1969. Aussi le taux d'élimination, de 90 %, est-il supérieur aux valeurs observées les années précédentes.

L'oxydabilité au permanganate présente un phénomène analogue: valeur un peu plus élevée sur l'eau brute 283,2 mg/l, valeur intermédiaire pour l'eau traitée 75,4 mg/l et taux d'élimination égal à celui de 1969, soit 73 %.

La détermination de la D.C.O. (Demande Chimique en Oxygène) n'intéresse pas tous les mêmes composés que l'oxydabilité au permanganate. Aussi les chiffres ne sont-ils pas directement comparables. En 1971, on observe les valeurs suivantes: sur l'eau brute 200,3 mg/l en moyenne, sur l'eau traitée 39,7 mg/l d'où un taux d'élimination de 80 %, un peu supérieur à la valeur observée pour l'oxydabilité au permanganate.

Pour les détergents, on observe un taux d'élimination de 90 %, avec sur l'eau brute une concentration de 7,3 mg/l et sur l'eau traitée de 0,7 mg/l.

## CONCLUSIONS

L'analyse de l'eau brute et de l'eau traitée de la station d'épuration du Vengeron au cours des années 1968, 1969 et 1971 montre que

- les matières totales en suspension sont assez bien retenues dans la station, les matières minérales comme les matières organiques;
- les matières décantables subissent aussi un effet de rétention marqué.
- les différentes formes de l'azote connaissent un sort variable: l'azote total est relativement peu influencé par l'épuration, l'azote ammoniacal subit une diminution importante mais variable d'une année à l'autre, l'azote nitreux et l'azote nitrique, peu abondants dans l'eau brute, se développent de manière très marquée au cours de l'épuration, vraisemblablement aux dépens de l'azote ammoniacal; quant à l'azote organique, ses variations sont difficilement explicables.
- toutes les formes du phosphore subissent des rétentions dont le taux ne va malheureusement pas en augmentant au cours des années d'exploitation de la station, bien au contraire.
- les composés responsables de la DBO<sub>5j</sub> sont bien retenus et le taux d'élimination est élevé.

- les substances oxydables disparaissent en quantité appréciable au cours de l'épuration.
- les détergents sont éliminés à environ 90 %.

#### 4. STATION D'ÉPURATION D'AIRE

(Voir tableaux No 5 et 6 )

Cette station est étudiée en 1970 et 1971. Toutes les déterminations sont effectuées sur des échantillons prélevés au cours d'une période de 24 heures. C'est de toutes les stations la plus importante par les volumes traités.

Les concentrations des matières totales en suspension dans l'eau brute diffèrent sensiblement d'une année à l'autre. Ainsi, pour 1970, on observe une valeur moyenne de 112 mg/l tandis qu'en 1971, cette valeur s'élève à 171 mg/l. Pour l'eau traitée, par contre, les concentrations sont très voisines l'une de l'autre, 21,5 mg/ en 1970 et 22,9 mg/l en 1971. Les taux d'élimination s'élèvent à 81 % en 1970 et 87 % en 1971. Si la concentration maximum dans l'eau brute vaut deux fois la concentration moyenne en 1970, en 1971 la concentration maximum est cinq fois plus grande que la moyenne.

Les matières organiques en suspension présentent un taux d'élimination un peu moins favorable. En effet, avec en 1970 une concentration moyenne dans l'eau brute de 60,8 mg/l et dans l'eau traitée de 16,1 mg/l, le taux d'élimination est de 74 %, et en 1971, pour une concentration moyenne dans l'eau brute de 86 mg/l et dans l'eau traitée de 18,6 mg/l, le taux d'élimination est de 78 %.

La concentration en azote total subit en 1970 une légère augmentation au cours de l'épuration et en 1971 une faible diminution. En 1970, la concentration moyenne est de 71,0 mg/l dans l'eau brute, de 74,6 mg/l dans l'eau traitée, soit une augmentation de 5 %. En 1971, les valeurs respectives sont de 100,5 mg/l, 91,7 mg/l et le taux d'épuration de 9 %.

Au cours des années 1970 et 1971, on constate que l'azote minéral total augmente au cours de l'épuration. En 1970, l'eau brute accuse une concentration de 12,1 mg/l, l'eau traitée de 14,2 mg/l, l'augmentation étant de 17 %. En 1971, on trouve dans l'eau brute 13,7 mg/l d'azote minéral total, 15,4 mg/l dans l'eau traitée, l'augmentation est alors de 12 %.

L'azote ammoniacal est présent en quantité un peu plus grande en 1971 qu'en 1970. Pour cette année-ci, la concentration moyenne dans l'eau brute est de 11,3 mg/l et dans l'eau traitée, de 12,4 mg/l, d'où une augmentation de 9 %. En 1971, l'eau brute contient 13,4 mg/l d'azote ammoniacal, l'eau traitée 14,1 mg/l, l'augmentation est de 5 %.

En 1970, la concentration en azote nitreux ne subit que peu de modification au cours de l'épuration. En effet, l'eau brute contient 0,4 mg/l en moyenne, et l'eau traitée aussi. En 1971, par contre, si l'eau brute contient moins de 0,1 mg/l d'azote nitreux, l'eau traitée par contre en contient presque 0,2 mg/l, d'où une augmentation de 400 %.

L'azote nitrique subit des augmentations du même ordre de grandeur. En 1970, sa concentration dans l'eau brute est de 0,4 mg/l, dans l'eau traitée de 1,4, d'où une augmentation de 233 %. En 1971, on trouve dans l'eau brute en moyenne 0,3 mg/l, 1,1 mg/l dans l'eau traitée, l'augmentation étant de 272 %.

L'azote organique est presque stable en 1970, avec 58,9 mg/l dans l'eau brute, 60,4 mg/l dans l'eau traitée et une augmentation de 3 % environ. En 1971, il subit une diminution au cours de l'épuration, avec 86,8 mg/l dans l'eau brute, 76,4 mg/l dans l'eau traitée et un taux d'élimination de 12 %. La concentration en phosphore total n'est que peu modifiée par l'épuration.

En 1970, l'eau brute et l'eau traitée contiennent 5,0 mg/l de phosphore total en moyenne. Le taux d'élimination est inférieur à 1 %. En 1971, on dose dans l'eau brute 6,1 mg/l et 5,9 mg/l dans l'eau traitée; le taux d'élimination est de 4 %.

Les ortho-phosphates subissent une très faible augmentation au cours de l'épuration, passant en 1970 de 3,2 mg/l en moyenne dans l'eau brute à 3,4 mg/l dans l'eau traitée, soit une augmentation de 6 %. En 1971, la concentration de l'eau brute 4,3 mg/l passe à 4,4 mg/l dans l'eau traitée, soit une augmentation de 2 %.

Le phosphore organique diminue sensiblement quoique de façon limitée. En effet, en 1970, sa concentration moyenne dans l'eau brute est de 1,8 mg/l et dans l'eau traitée, de 1,6 mg/l, d'où un taux d'élimination de 13 %. En 1971, avec une concentration dans l'eau brute très légèrement supérieure, 1,9 mg/l, la concentration dans l'eau traitée est de 1,5 mg/l; le taux d'élimination s'élève à 20 %.

Si les concentrations en  $DBO_{5j}$  présentées par l'eau brute ne sont pas très élevées, 97,3 mg/l en 1970 et 89,2 mg/l en 1971, les taux d'épuration sont faibles, et l'on retrouve sur l'eau traitée des valeurs relativement élevées: en 1970 34,1 mg/l, en 1971 33,4 mg/l et des taux d'épuration de 65 % en 1970 et de 63 % en 1971.

Pour l'oxydabilité au permanganate, on observe aussi des taux d'élimination faibles. En 1970, la concentration moyenne dans l'eau brute est de 200,2 mg/l, dans l'eau traitée de 104,6 mg/l, le taux d'élimination de 48 %. En 1971, on trouve dans l'eau brute une oxydabilité de 195,3 mg/l, dans l'eau traitée de 120,9 mg/l et un taux d'élimination de 38 %.

Bien que les concentrations en D.C.O. soient un peu différentes en 1970 et en 1971, ainsi en 1970 l'eau brute présente une D.C.O. moyenne de 112,4 mg/l et l'eau traitée de 48,9 mg/l, et en 1971 135,1 mg/l et 59,4 mg/l respectivement, les taux d'élimination sont très voisins: 57 % en 1970 et 56 % en 1971.

L'analyse des détergents mène à des conclusions identiques. En effet, en 1970, la concentration moyenne de l'eau brute est de 3,1 mg/l, celle de l'eau traitée de 0,9 mg/l et le taux d'élimination de 72 %. En 1971, on observe une concentration de 4,1 mg/l dans l'eau brute, 1,2 mg/l dans l'eau traitée et un taux d'élimination de 71 %.

## CONCLUSIONS

Il ressort des analyses effectuées sur la station d'épuration d'Aïre en 1970 et en 1971 que:

- la station d'épuration est capable de retenir une part importante des matières totales en suspension, mais cette action de rétention est plus marquée pour les matières minérales que pour les matières organiques.
- en 1970 l'azote ammoniacal et surtout l'azote nitrique subissent en cours d'épuration une augmentation sensible; en 1971, l'azote nitreux et l'azote nitrique augmentent en cours d'épuration, tandis que l'azote organique diminue.
- si le phosphore total présente une faible diminution de concentration et le phosphore organique une diminution beaucoup plus sensible au cours des années 1970 et 1971, on observe par contre une augmentation, peu importante il est vrai, de la concentration en ortho-phosphate au cours de la même période.
- l'élimination des composés responsables de la  $DBO_{5j}$  est très imparfaite et l'eau traitée renferme encore plus du tiers de la concentration initiale.
- l'épuration des matières oxydables est sensiblement moins bien réalisée que dans d'autres stations et la moitié de la quantité initiale se retrouve dans l'effluent.
- la même remarque peut être faite pour les détergents dont plus de 30 % se retrouve à la sortie de la station.

## 5. STATION D'EPURATION DU NANT D'AISSY

(Voir tableaux No 7-8)

Cette station est étudiée en 1968 et 1969. Un certain nombre de déterminations sont faites sur des prélèvements instantanés, d'autres sur des échantillons moyens sur 24 heures.

Les matières totales en suspension sont déterminées sur un échantillon prélevé sur 24 heures. Leur concentration moyenne est particulièrement basse, 49,9 mg/l en 1968 et 53,4 mg/l en 1969. Mais les taux d'élimination ne sont pas spécialement élevés: 70 % en 1968 et 78 % en 1969.

Les matières organiques en suspension, dosées sur un échantillon moyen sur 24 heures, sont peu abondantes en 1968. Avec une concentration de 20,5 mg/l dans l'eau brute et de 8,6 mg/l dans l'eau traitée, elles ne représentent que 41 % des matières totales en suspension dans l'eau brute et 57 % dans l'eau traitée. Le taux d'élimination est relativement bas avec 58 %. En 1969, les concentrations sont un peu plus élevées: 32,4 mg/l dans l'eau brute et 8,0 mg/l dans l'eau traitée, soit le 61 % respectivement le 68 % des matières totales en suspension. Le taux d'élimination remonte et atteint 75 %.

Pour les matières décantables totales comme pour les matières organiques décantables, on constate une très sensible diminution en 1969 par rapport à 1968. Pour cette année-ci, la concentration dans l'eau brute des matières décantables totales atteint en moyenne 40,1 mg/l et dans l'eau traitée 9,5 mg/l correspondant à un taux d'élimination de 76 %; les valeurs correspondantes pour les matières organiques décantables sont de 13,6 mg/l dans l'eau brute, 4,6 mg/l dans l'eau traitée; le taux d'élimination est de 66 %. En 1969, par contre, on assiste à une chute des concentrations. En effet, dans l'eau brute, la concentration en matières décantables totales est de 13,0 mg/l et en matière organique décantable de 7,1 mg/l. Dans l'eau traitée, les concentrations respectives sont 6,3 mg/l et 2,5 mg/l. Les taux d'élimination, malheureusement, s'abaissent aussi et atteignent 52 % pour les matières totales et 65 % pour les matières organiques décantables.

Les composés azotés sont tous déterminés sur des échantillons instantanés.

La concentration moyenne en azote total, en 1968, atteint 49,9 mg/l dans l'eau brute et dans l'eau traitée: c'est dire que le taux d'élimination est nul. En 1969, on assiste à une augmentation sensible de la concentration qui, dans l'eau brute, s'élève à 61,4 mg/l et dans l'eau traitée à 84,3 mg/l, soit une augmentation de 37 %, difficilement explicable.

L'azote minéral total, en 1968, est peu sensible à l'action de la station d'épuration; sa concentration moyenne dans l'eau brute est en effet de 11,5 mg/l et dans l'eau traitée de 11,1 mg/l, d'où une très faible diminution de 3 %. En 1969, la concentration moyenne dans l'eau brute est un peu plus élevée, 13,6 mg/l, alors qu'elle fléchit dans l'eau traitée et atteint 10,7 mg/l. Le taux d'élimination s'élève à 22 %.

En 1968, la concentration moyenne de l'azote ammoniacal est de 7,0 mg/l dans l'eau brute et de 6,3 mg/l dans l'eau traitée, le taux d'élimination étant de 9 %. En 1969, on trouve dans l'eau brute 10,7 mg/l d'azote ammoniacal, dans l'eau traitée 6,3 mg/l, d'où un taux d'élimination relativement élevé de 41 %.

L'azote nitreux subit une augmentation modérée. En effet, en 1968, sa concentration dans l'eau brute est de 0,3 mg/l; dans l'eau traitée, de 0,5 mg/l; l'augmentation est voisine de 50 %. En 1969, on trouve en moyenne dans l'eau brute 0,1 mg/l et 0,1 mg/l et 0,2 mg/l dans l'eau traitée correspondant à une augmentation de 86 %.

En 1968, les concentrations moyennes en azote nitrique de l'eau brute et de l'eau traitée sont très voisines: 4,2 mg/l et 4,3 mg/l, le taux d'augmentation étant de 3 %. En 1969, l'eau brute est sensiblement moins riche en nitrates, la concentration en azote nitrique étant de 2,9 mg/l, tandis que celle de l'eau traitée est de 4,1 mg/l. d'où une augmentation de 47 %.

Les concentrations moyennes en azote organique ne subissent guère de modification entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration, en 1969. Dans l'eau brute, on trouve en effet 38,5 mg/l et dans l'eau traitée 38,8 mg/l, soit une augmentation de 1 %. En 1969, par contre, on assiste à une assez forte augmentation: 47,8 mg/l dans l'eau brute et 73,7 mg/l dans l'eau traitée, d'où une augmentation de 54 %.

L'analyse des composés phosphorés est faite sur des échantillons instantanés.

En 1968, le phosphore total subit au cours de l'épuration une faible diminution: sa concentration passe de 8,8 mg/l dans l'eau brute à 7,6 mg/l dans l'eau traitée, soit un taux d'épuration de 14 %. En 1969, on assiste à une réduction beaucoup plus importante. Si l'eau brute contient en effet 8,2 mg/l en moyenne, l'eau traitée, elle, ne contient plus que 4,0 mg/l, d'où un taux de réduction de 51 %.

Les ortho-phosphates en 1968 subissent une hausse de 21 %, leur concentration moyenne passant de 2,5 mg/l dans l'eau brute à 3,0 mg/l dans l'eau traitée. En 1969, la diminution est importante: 4,6 mg/l dans l'eau brute contre 2,4 mg/l dans l'eau traitée, avec un pourcentage d'épuration de 49 %.

Le phosphore organique est relativement peu sensible à l'épuration en 1968 ; sa concentration moyenne passe de 6,3 mg/l à 4,6 mg/l, d'où un taux d'épuration de 27 %. Alors qu'en 1969, la concentration dans l'eau brute, de 3,5 mg/l s'abaisse à 1,6 mg/l dans l'eau traitée; le taux d'épuration s'élève à 54 %.

La  $DBO_5$  est déterminée sur un échantillon prélevé sur 24 heures. Sa concentration moyenne, en 1968, est de 35,9 mg/l dans l'eau brute et de 27,2 mg/l dans l'eau traitée. La diminution est faible et ne s'élève qu'à 24 %. En 1969, pour une concentration moyenne dans l'eau brute un peu plus grande, 39,1 mg/l, on observe une valeur plus faible qu'en 1968 dans l'eau traitée, 16,7 mg/l et un taux d'épuration de 57 %.

L'oxydabilité au permanganate est déterminée sur des échantillons instantanés et sur des échantillons moyens sur 24 heures. Si les concentrations mesurées diffèrent un peu selon le mode de prélèvement de l'échantillon, les taux d'épuration sont proches l'un de l'autre, spécialement en 1968, mais malheureusement assez faibles. Ainsi, en 1968, on mesure sur l'eau brute 69,1 mg/l en moyenne pour l'échantillon instantané et 88,3 mg/l pour l'échantillon moyen; sur l'eau d'épuration 32 et 31 %. En 1969, on trouve dans l'eau brute une oxydabilité de 86,2 mg/l pour les prélèvements instantanés et 109,1 mg/l pour l'échantillon moyen; dans l'eau traitée, 39,6 mg/l et 58,3 mg/l d'où des taux d'épuration de 54 % et 47 %.

L'analyse des détergents, effectuée sur des échantillons instantanés, montre que le taux d'épuration moyen en 1968: 68 % s'est élevé en 1969 à 82 %.

## CONCLUSIONS.

L'analyse de l'eau brute et de l'eau traitée de la station d'épuration de Nant d'Aisy, effectuée au cours des années 1968 et 1969, montre que:

- L'élimination des matières totales en suspension est assez bonne, par contre les matières organiques en suspension sont plus difficiles à éliminer.
- Les matières décantables, particulièrement en 1969, sont assez mal retenues.

- En 1968, mis à part peut-être l'azote nitreux, les composés azotés présentent peu de variation de concentration entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration; en 1969, par contre, on observe une hausse de l'azote nitreux, nitrique et organique.
- Le phosphore total subit une diminution peu importante en 1968, beaucoup plus élevée en 1969.
- L'élimination de la DBO<sub>5j</sub> est faible en 1968, heureusement un peu plus élevée en 1969.
- Les substances oxydables ont beaucoup de peine à être retenues dans la station d'épuration.
- L'élimination des détergents est assez bonne.

## 6. STATION D'EPURATION D'HERMANCE

(Voir tableaux No 9 et 10)

L'étude de cette station est suivie au cours des années 1968 et 1969, les analyses étant effectuées tantôt à partir d'échantillons instantanés, tantôt à partir d'échantillons prélevés sur 24 heures.

La détermination des matières totales et des matières organiques en suspension se fait sur un échantillon moyen prélevé sur 24 heures. La concentration moyenne des matières totales en suspension dans l'eau brute est de 64,6 mg/l en 1968 et de 58,6 mg/l en 1969. Dans l'eau traitée, les concentrations respectives sont de 15,9 mg/l et 26,0 mg/l, d'où des taux d'épuration de 75 % en 1968 et de 56 % en 1969.

Pour les matières organiques en suspension, la concentration moyenne dans l'eau brute est de 49,4 mg/l en 1968 et de 44,3 mg/l en 1969. Dans l'eau épurée, ces concentrations sont de 11,2 mg/l et 17,6 mg/l. Les taux d'épuration sont de 77 % et 60 %.

Si les concentrations en matières en suspension sont en 1969 inférieures aux valeurs de 1968, pour les matières décantables, c'est l'inverse que l'on observe. En effet, on mesure en moyenne en 1968 18,8 mg/l de matières décantables totales et 12,7 mg/l de matières organiques décantables dans l'eau brute. En 1969, les concentrations augmentent et l'on trouve 27,8 mg/l de matières décantables totales et 18,8 mg/l de matières organiques décantables. Dans l'eau traitée, si les concentrations moyennes ne sont que de 6,7 mg/l pour les matières décantables totales et de 4,6 mg/l pour les matières organiques décantables, avec un taux d'épuration de 64 % pour les unes et les autres en 1968, par contre pour l'année suivante les concentrations s'élèvent à 18,8 mg/l pour les matières décantables totales et à 11,6 mg/l pour les matières organiques décantables; les taux d'épuration respectifs chutent à 32 % et 38 %.

L'azote total, ainsi que les autres formes azotées, sont déterminés sur des échantillons instantanés.

L'azote total subit une baisse de 17 % en 1968. Sa concentration dans l'eau brute passe de 65,5 mg/l en moyenne à 54,4 mg/l dans l'eau traitée. En 1969, on observe au contraire une augmentation de 1 %, la concentration moyenne dans l'eau brute, de 68,5 mg/l, passant à 69,3 mg/l dans l'eau traitée.

Pour l'azote minéral total, on assiste en 1968 à une baisse du même ordre, soit de 15 %. L'eau brute contient en moyenne 19,4 mg/l et l'eau traitée 16,4 mg/l. En 1969, par contre, si les concentrations diminuent par rapport à 1968, on remarque une augmentation dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute: dans celle-ci 12,5 mg/l, dans celle-là 14,4 mg/l d'où une augmentation de 15 %.

Le phénomène est semblable pour l'azote ammoniacal. En 1968, les concentrations moyennes dans l'eau brute et dans l'eau traitée sont respectivement de 19,0 mg/l et de 16,1 mg/l; le taux d'épuration est de 15 %. En 1969, la concentration moyenne dans l'eau brute est de 11,9 mg/l et dans l'eau traitée de 13,1 mg/l, correspondant à une augmentation de 11 %.

L'augmentation de concentration de l'azote nitreux en 1968 est faible: 18 %. Les concentrations dans l'eau brute et dans l'eau traitée restent inférieures à 0,1 mg/l en moyenne. En 1969, si l'eau brute est toujours pauvre en azote nitreux et si la concentration de ce composé est de l'ordre de 0,1 mg/l, l'eau traitée, par contre, donne des résultats sensiblement plus élevés, 0,5 mg/l en moyenne, d'où une augmentation de concentration de 340 %.

En 1968, il se produit une diminution de la concentration en azote nitrique. On mesure dans l'eau brute, en moyenne, 0,5 mg/l; dans l'eau traitée 0,3 mg/l, d'où une diminution de près de 43 %. En 1969, les concentrations sont un peu plus élevées: 0,6 mg/l dans l'eau brute et 1,0 mg/l dans l'eau traitée correspondant à une augmentation de 59 %.

La station d'épuration exerce, en 1968, une faible action sur l'azote organique. Si l'eau brute entre avec une concentration moyenne de 46,0 mg/l, l'eau traitée ressort avec une teneur de 37,9 mg/l, d'où un taux d'épuration de 18 %. En 1969, cette action est quasi nulle. On mesure en effet 56,0 mg/l d'azote organique dans l'eau brute et 54,9 mg/l dans l'eau traitée, d'où un taux d'épuration de 2 %.

Le dosage des composés phosphorés se fait sur des prélèvements instantanés. On constate en 1968 et en 1969 que tous les composés subissent une rétention plus ou moins marquée. La concentration moyenne en phosphore total dans l'eau brute est de 16,1 mg/l, dans l'eau traitée de 10,0 mg/l et le taux d'épuration de 38 %, pour l'année 1968. Pour 1969, les concentrations sont un peu plus faibles: 12,8 mg/l dans l'eau brute et 5,4 mg/l dans l'eau traitée; le taux d'épuration, lui, est plus élevé: 58 %.

La baisse de concentration pour les ortho-phosphates est assez peu importante en 1968. La concentration dans l'eau brute est de 6,7 mg/l; dans l'eau traitée 5,4 mg/l et le taux d'élimination de 19 % seulement. En 1969, si la concentration dans l'eau brute est un peu plus élevée qu'en 1968, 7,1 mg/l, dans l'eau traitée, par contre, elle est plus basse, 3,4 mg/l; le taux d'épuration se monte à 51 %.

L'élimination du phosphore organique est sensible pour les deux années. En 1968, la concentration moyenne dans l'eau brute est de 9,4 mg/l, dans l'eau traitée de 4,6 mg/l et le taux d'élimination de 51 %. En 1969, les concentrations sont plus basses: 5,7 mg/l dans l'eau brute et 2,0 mg/l dans l'eau traitée: le taux d'élimination, lui, augmente et s'élève à 65 %.

La  $DBO_{5j}$  est déterminée sur des échantillons moyens prélevés au cours de 24 heures. L'action de la station d'épuration est particulièrement élevée en 1968. L'eau brute, d'une concentration moyenne de 111,6 mg/l est épurée jusqu'à 21,7 mg/l, concentration moyenne de l'eau traitée; le taux d'épuration est de 81 %. En 1969, si la concentration moyenne dans l'eau brute est de 88,7 mg/l, la concentration dans l'eau traitée est supérieure à la valeur de 1968 et vaut 28,7 mg/l: le taux d'épuration diminue et ne représente plus que 68 %.

En 1968, l'oxydabilité au permanganate donne des résultats assez voisins, que la détermination porte sur les échantillons instantanés ou sur les échantillons moyens sur 24 heures. Par exemple, sur l'eau brute, la concentration moyenne instantanée est de 237,1 mg/l et la concentration moyenne sur 24 heures de 256,9 mg/l. Sur l'eau traitée, la concentration instantanée est de 237,1 mg/l, et la concentration moyennement de 66 et 64 %. En 1969, Enfin, les taux d'élimination sont respectivement de 204,1 mg/l en moyenne par contre, si les écarts sur l'eau brute sont faibles: 204,1 mg/l en moyenne pour l'échantillon instantané et 194,4 mg/l sur l'échantillon sur 24 heures, dans l'eau traitée, les écarts sont très importants: 46,9 mg/l pour l'échantillon instantané et 103,1 mg/l pour l'échantillon sur 24 heures. Les taux d'épuration présentent évidemment des différences très grandes: 77 % pour l'échantillon instantané et 47 % pour l'échantillon moyen sur 24 heures.

Le dosage des détergents fait apparaître un taux d'épuration de 80 % en 1968 et de 90 % en 1969.

## CONCLUSIONS

L'étude de la station d'épuration d'Hermance en 1968 et en 1969 permet de conclure que:

- l'élimination des matières totales et des matières organiques en suspension est assez bonne en 1968, mais moyenne en 1969.
- l'épuration des matières décantables, spécialement les matières organiques décantables est assez difficile à réaliser, particulièrement en 1969.
- d'une façon générale, les composés azotés diminuent au cours de l'épuration, pour l'année 1968 et augmentent en 1969.
- une certaine proportion des composés phosphorés est retenue par la station d'épuration; cette proportion est plus importante en 1969 qu'en 1968.
- l'élimination de la  $DBO_{5j}$  est assez sensible en 1968, un peu moins en 1969.

- l'épuration des matières oxydables est assez bonne en 1968, et très irrégulière en 1969.
- la station d'épuration retient une partie importante des détergents.

## 7. CONCENTRATIONS OBSERVEES ET EXIGENCES OFFICIELLES

(Voir tableaux No 11 à 13)

Bien que le rôle d'une station d'épuration soit de retirer de l'eau brute la totalité des substances polluantes, il n'est pratiquement pas possible d'exploiter une station en les éliminant entièrement. Aussi la station d'épuration représente-t-elle un compromis entre l'élimination des polluants et le coût de cette élimination. Le caractère polluant d'une substance dépend aussi du milieu récepteur.

L'Etat a fixé des exigences auxquelles doivent satisfaire les eaux traitées, ainsi que des concentrations moyennes et limites à ne pas dépasser pour certains composés dont un petit nombre seulement est étudié dans ce rapport. Par contre, des substances ignorées dans les textes officiels ont fait l'objet de contrôles. Aussi la comparaison entre les valeurs observées et les valeurs officielles n'est-elle possible que pour:

- les matières totales en suspension  
(exigences françaises et helvétiques)
- la  $DBO_{5j}$   
(exigences françaises et helvétiques)
- l'oxydabilité au permanganate ( $KMnO_4$ )  
(exigences helvétiques)
- la demande chimique en oxygène (DCO) au bichromate ( $K_2Cr_2O_7$ )  
(exigences françaises)
- l'azote total  
(exigences françaises)
- l'azote nitreux  
(exigences helvétiques)
- le phosphore  
(exigences helvétiques)

Sur la base des exigences helvétiques, on constate que:

- En moyenne toutes les stations étudiées satisfont aux exigences relatives aux matières totales en suspension, souvent même assez largement. Il n'en existe pas moins certaines concentrations maxima qui s'écartent passablement de la limite supérieure.
- Les difficultés en vue de satisfaire aux exigences relatives à la  $DBO_{5j}$  ne dépendent pas des dimensions de la station étudiée. En effet, la  $5j$

station d'épuration d'Hermance, la plus petite des quatre, semble éprouver des difficultés croissantes (y a-t-il déjà surcharge des installations?); Aïre, la plus importante, dépasse très largement la limite supérieure; la station de Nant d'Aisy s'améliore; seule la station du Vengeron est constamment en deçà de la limite, éventuellement du fait du système dit d'oxydation mis en oeuvre.

- Pour l'oxydabilité au  $\text{KMnO}_4$ , seule la station de Nant d'Aisy satisfait aux exigences, avec quelques restrictions concernant les maxima. Les autres stations sont soit un peu au-dessus de la limite supérieure (Vengeron), soit largement au-delà de cette limite.
- Les dosages de nitrites sont souvent effectués sur des prélèvements instantanés, aussi faut-il interpréter les résultats avec beaucoup de prudence. Mais d'une façon générale, les concentrations moyennes sont voisines de la concentration maximum exigée ou un peu supérieures. Les concentrations maxima, elles, s'écartent largement de cette valeur.
- Pour le phosphore, il convient de remarquer que seul l'effluent de la station d'épuration d'Hermance se jette directement dans le Léman, alors que ceux de la station du Vengeron et de celle du Nant d'Aisy se jettent dans des affluents relativement peu importants.

Les concentrations observées à Hermance sont 5 à 8 fois supérieures à la limite exigée. L'effluent des autres stations d'épuration est d'ailleurs tout aussi riche et le problème de la déphosphatation demeure entier. (Ce traitement sera réalisé au cours des années 1972 - 1973 dans les stations d'Hermance, du Nant d'Aisy et du Vengeron).

Sur la base des exigences françaises, établies pour le cas général et pour les zones dites de proximité, on constate que:

- Le lac Léman servant de réservoir d'eau potable, les exigences applicables aux zones dites de proximité doivent être admises pour les déversements directs le long de ses rives.
- Les concentrations limites relatives aux matières totales en suspension sont respectées par les quatre stations, mis à part certains maxima trop élevés.
- En moyenne les effluents satisfont aux exigences relatives à la  $\text{DBU}_{5j}$  pour le cas général, restent réservées certaines valeurs extrêmes. Pour les zones dites de proximité, par contre, seule la station du Vengeron est à la limite, les autres stations dépassent souvent très largement cette valeur, pour la moyenne sur 24 heures comme en pleine charge.
- La demande chimique en oxygène (DCO) au bichromate ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) n'est étudiée que dans les stations du Vengeron (1971) et d'Aïre (1970 et 1971). Les effluents satisfont toujours aux exigences pour le cas général. Pour les zones dites de proximité, si le Vengeron et Aïre en 1970 conviennent, Aïre en 1971 est un peu au-dessus de la limite.

- Les exigences relatives à l'azote total ne sont établies que pour les zones dites de proximité. Il faut relever qu'un nombre important de dosages est exécuté à partir d'échantillons instantanés. Il n'en demeure pas moins que les concentrations moyennes sont de 5 à 10 fois supérieures à la limite; quant aux concentrations maxima, l'écart est encore plus grand.

## 8. CONCLUSIONS

L'étude des stations d'épuration est entreprise dans le but d'établir leur responsabilité vis à vis de l'augmentation de la pollution du Léman et si possible d'estimer leurs apports en substance eutrophisante. Pour cela, il est indispensable de prélever des échantillons donnant de la qualité de l'eau traversant les stations une image conforme à la réalité et de connaître les débits. En l'absence de données complètes, ce travail a consisté essentiellement à rassembler les valeurs analytiques obtenues jusqu'en 1971, mais malheureusement seules les valeurs concernant les stations genevoises ont été mises à disposition.

L'interprétation des résultats analytiques est délicate. Il est certain qu'une partie des échantillons a été prélevée dans des conditions ne reflétant pas la marche véritable des stations. De plus certaines valeurs sont déjà anciennes et il est fort possible que la station se soit améliorée depuis. Aussi serait-il téméraire de porter un jugement sur ces stations. Les résultats peuvent être brièvement résumés de la façon suivante:

L'élimination des matières totales en suspension est en général bonne avec un taux souvent supérieur à 80 %, mise à part la station d'Hermance. L'élimination des matières organiques en suspension est un peu plus faible.

L'azote total ne subit que des variations insignifiantes. L'élimination de l'azote ammoniacal dépend fortement de la conception de l'installation et de son exploitation. Les taux les plus élevés sont observés à la station du Vengeron et atteignent, en 1969, 72 %. Les taux les plus bas sont ceux de la station d'Aïre où on constate même une faible augmentation de la concentration en ammoniaque. A la station de Nant d'Aisy, l'élimination est moyenne, alors qu'elle est faible à Hermance. L'augmentation de la concentration en azote nitrique et en azote nitreux est particulièrement forte à la station du Vengeron, assez forte à Aïre et plutôt faible à Hermance et au Nant d'Aisy (l'azote nitrique surtout).

L'élimination des ortho-phosphates et souvent même du phosphore total est de l'ordre de 30 à 40 % dans une station d'épuration fonctionnant normalement, sans traitement précipitant particulier. On constate que ce pourcentage est parfois atteint dans les stations d'Hermance, de Nant d'Aisy et du Vengeron, mais en général cette valeur est plus faible. Pour la station d'Aïre, les taux d'élimination sont pratiquement nuls.

Les matières responsables de la DBO<sub>5j</sub> sont retenues en quantité appréciable dans la station du Vengeron (jusqu'à 90 %) et dans la station d'Hermance. Dans la station d'Aïre, les deux tiers environ sont éliminés. Au Nant d'Aisy par contre, les taux d'élimination sont parfois extrêmement bas (24 %), ce qui est un peu surprenant.

La station du Vengeron retient 70 à 80 % des composés oxydables; Hermance un peu moins; Aire la moitié; Nant d'Aisy encore moins.

L'élimination des détergents est en général très bonne et peut même s'élever à plus de 90 %.

Les directives officielles fixant une concentration limite pour l'eau traitée ont une valeur certaine et devraient constituer un minimum à respecter par les exploitants des stations d'épuration. Les exigences actuelles sont satisfaites pour les matières totales en suspension, à moitié seulement pour la DBO<sub>5j</sub>, l'oxydabilité et l'azote nitreux; pour l'azote total et le phosphore, aucune installation n'est satisfaisante, mais il est juste de dire que les installations de déphosphatation actuellement en construction doivent apporter une solution satisfaisante.

Ces résultats peuvent paraître décevants, mais ils ne surprendront que le profane. En effet, des résultats analogues seraient observés dans une foule d'autres stations. Il ne faut pas condamner l'épuration, mais souhaiter qu'au cours des années à venir l'expérience des exploitants permette de mieux respecter les exigences officielles et même d'aller au-delà. On ose en tout cas espérer que les composés présentant un intérêt particulier, par exemple les matières eutrophisantes, seront l'objet d'une attention spéciale.

---

Tableau No 1

STATION	PRINCIPE DE TRAITEMENT ET NATURE DU RECEPTEUR	CAPACITE DE TRAITEMENT (équivalents-habitant)	
		nominale	exploitation
<u>VENGERON</u>			
1968	Oxydation totale par boues activées	5'000 hab.	2'500 hab.
1969	" " " "	"	"
1971	" " " "	"	"
	Récepteur : Vengeron / Léman Déphosphatation prévue pour 1972		
<u>AIRE</u>			
1970	Epuration mécanobiologique par boues activées	400'000 hab.	270'000 hab.
1971	" " " "	"	290'000 hab.
	Récepteur : Rhône Pas de déphosphatation prévue		
<u>NANT D'AISSY</u>			
1968	Epuration mécano-biologique par boues activées	6'000 hab.	1'200 hab.
1969	" " " "	"	1'500 hab.
	Récepteur : Nant d'Aissy / Léman Déphosphatation prévue pour 1972		
<u>HERVANCE</u>			
1968	Epuration mécanobiologique par boues activées	800 hab.	500 hab.
1969	" " " "	"	"
	Récepteur : Léman Déphosphatation prévue pour 1973		

Tableau No 2

STATION D'EPURATION DU VENGERON		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1968		maxima annuels				
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE (effluent)		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%	
A/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS INSTANTANES						
Azote ammoniacal	mg N /l	19,600	48,600	13,366	36,000	- 31,8
Azote nitreux	mg N /l	0,066	0,280	0,523	1,300	+ 692,4
Azote nitrique	mg N /l	0,60	3,96	6,21	15,84	+ 935,0
Azote minéral tot.	mg N /l	20,266	49,280	20,099	37,578	- 0,8
Azote organique	mg N /l	48,827	191,200	46,688	97,000	- 4,4
Azote total	mg N /l	69,093	210,100	66,787	122,480	- 3,3
Orthophosphates	mg P /l	6,052	8,900	6,084	8,300	+ 0,5
Phosphore organique	mg P /l	6,271	29,725	4,543	27,175	- 27,6
Phosphore total	mg P /l	12,323	36,750	10,627	35,050	- 13,8
Détergents	mg ABS /l	4,52	8,00	0,52	1,20	- 88,5
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	165,2	292,0	75,4	111,6	- 54,4
B/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)						
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	213,8	312,0	70,0	103	- 67,3
D.B.O. 5 jours	mg O <sub>2</sub> /l	108,8	120	14,9	20	- 86,3
Matières totales en suspension	mg /l	101,6	140	11,5	20	- 88,7
Matières organiques en suspension	mg /l	66,7	92	5,4	9,4	- 91,9
Matières décantables totales	mg /l	55,1	80	7,9	14	- 85,7
Matières décantables organiques	mg /l	34,6	50	4,4	9	- 87,3
Test de putrescibilité Bleu de méthylène				8 tests négatifs sur 8 prélèvements		

Tableau No 3

STATION D'EPURATION DU VENGÉRON		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1969		maxima annuels				
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE (effluent)		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%	
A/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS INSTANTANES						
Azote ammoniacal	mg N /l	18,033	52,600	5,115	14,200	- 71,6
Azote nitreux	mg N /l	0,098	0,400	0,295	0,950	+ 201,0
Azote nitrique	mg N /l	0,95	3,17	8,33	16,75	+ 776,8
Azote minéral tot.	mg N /l	19,081	53,130	13,740	22,270	- 28,0
Azote organique	mg N /l	53,758	160,900	65,655	192,550	+ 22,1
Azote total	mg N /l	72,839	174,770	79,395	210,100	+ 9,0
Orthophosphates	mg P /l	6,702	16,800	3,904	7,500	- 41,7
Phosphore organique	mg P/l	3,639	10,400	1,271	3,500	- 65,1
Phosphore total	mg P /l	10,341	23,200	5,175	8,500	- 50,0
Détergents	mg ABS /l	4,40	7,60	0,27	0,50	- 93,9
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	138,92	428,00	43,05	62,60	- 69,0
B/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS ( 24 heures )						
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	254,4	350	68,1	84,0	- 73,2
D.B.O. 5 jours	mg O <sub>2</sub> /l	129,0	240	17,5	24	- 86,4
Matières totales en suspension	mg /l	114,0	179	14,8	33	- 87,0
Matières organiques en suspension	mg /l	75,8	142	8,5	16	- 88,8
Matières décantables totales	mg /l	60,2	111	11,4	18	- 81,1
Matières décantables organiques	mg /l	37,8	55	5,2	10	- 86,2
Test de putrescibilité Bleu de méthylène				1 test positif sur 7 prélèvements		

Tableau No 4

STATION D'EPURATION DU VENGERON II		Composition moyenne des eaux			
ANNEE 1971		maxima annuels			
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS ( 24 heures )					
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%
Matières totales en suspension mg /l	102,7	117	12,7	15,7	- 87,6
Matières organiques en suspension mg /l	79,1	95	8,3	12	- 89,5
Azote ammoniacal mg N /l	20,432	23,750	0,950	20,550	- 56,2
Azote nitreux mg N /l	0	0	0,673	1,750	+
Azote nitrique mg N /l	0,26	0,30	10,20	18,00	+ 3823,1
Azote minéral tot. mg N /l	20,962	24,010	19,823	24,400	- 5,4
Azote organique mg N /l	76,250	174,350	79,095	138,450	+ 3,7
Azote total mg N /l	96,942	196,300	98,918	161,350	+ 2,0
Chlorures mg Cl /l	43,1	66,0	46,7	70,0	+ 8,4
Orthophosphates mg P /l	8,155	11,900	7,573	10,650	- 7,1
Phosphore organique mg P/l	1,713	4,800	1,250	3,700	- 27,0
Phosphore total mg P /l	9,868	13,250	8,823	11,100	- 10,6
D.B.O. 5 jours mg O <sub>2</sub> /l	164,3	286	16,5	31	- 90,0
Détergents mg ABS /l	7,27	39,0	0,70	3,20	- 90,4
D.C.O. (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) mg O <sub>2</sub> /l	200,3	250,9	39,7	74,3	- 80,2
Oxydabilité mg KMnO <sub>4</sub> /l	283,2	328	75,4	93	- 73,4
Test de putrescibilité Bleu de méthylène			10 tests positifs sur 10 prélèvs.		

Tableau No 5

STATION D'EPURATION D'AIRE		Composition moyenne des eaux			
ANNEE 1970		maxima annuels			
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)					
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute
	Moyennes	Maxima	Moyennes	Maxima	%
Matières totales en suspension mg /l	112	227	21,5	36	- 80,8
Matières organiques en suspension mg /l	60,8	83	16,1	27	- 73,5
Azote ammoniacal mg N /l	11,317	16,300	12,375	18,150	+ 9,3
Azote nitreux mg N /l	0,395	0,600	0,396	1,250	+ 2,9
Azote nitrique mg N /l	0,43	1,25	1,43	3,33	+ 232,9
Azote minéral tot. mg N /l	12,132	16,280	14,201	19,750	+ 17,1
Azote organique mg N /l	58,892	161,250	60,375	108,850	+ 2,5
Azote total mg N /l	71,024	173,200	74,576	127,825	+ 5,0
Chlorures mg Cl /l	36,0	45,0	36,2	47,0	+ 0,6
Orthophosphates mg P /l	3,171	4,900	3,375	5,200	+ 6,4
Phosphore organique mg P/l	1,821	3,150	1,587	2,800	- 12,9
Phosphore total mg P /l	4,992	6,808	4,962	6,250	- 0,6
D.B.O. 5 jours mg O <sub>2</sub> /l	97,3	126	34,1	64	- 65,0
Détergents mg ABS /l	3,06	4,60	0,86	2,20	- 71,9
D.C.O. (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) mg O <sub>2</sub> /l	112,4	168,2	48,9	81,1	- 56,5
Oxydabilité mg KMnO <sub>4</sub> /l	200,2	254	104,6	160	- 47,8
Test de putrescibilité Bleu de méthylène			3 tests positifs sur 9 prélèvements		

Tableau No 6

STATION D'EPURATION D'AIRE		Composition moyenne des eaux			
ANNEE 1971		maxima annuels			
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)					
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composition effluent comparé à eau brute
	Moyennes	Maxima	Moyennes	Maxima	%
Matières totales en suspension mg /l	171	885	22,9	42	- 86,6
Matières organiques en suspension mg /l	86	332	18,6	34	- 78,4
Azote ammoniacal mg N /l	13,418	18,850	14,123	18,200	+ 5,3
Azote nitreux mg N /l	0,031	0,340	0,156	0,500	+ 403,2
Azote nitrique mg N /l	0,29	1,48	1,08	3,60	+ 272,4
Azote minéral tot. mg N /l	13,739	19,000	15,359	18,620	+ 11,8
Azote organique mg N /l	86,736	241,750	76,377	148,900	- 11,9
Azote total mg N /l	100,475	256,200	91,736	164,300	- 8,7
Chlorures mg Cl /l	40,6	62	40,8	57	+ 0,5
Orthophosphates mg P /l	4,277	6,550	4,376	6,650	+ 2,3
Phosphore organique mg P/l	1,864	4,100	1,497	3,150	- 19,7
Phosphore total mg P /l	6,141	9,250	5,873	9,150	- 4,4
D.B.O. 5 jours mg O <sub>2</sub> /l	89,2	124	33,4	55	- 62,6
Détergents mg ABS /l	4,10	18,00	1,18	5,40	- 71,2
D.C.O. (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) mg O <sub>2</sub> /l	135,1	230,9	59,4	92,9	- 56,0
Oxydabilité mg KMnO <sub>4</sub> /l	195,3	250	120,9	169	- 38,1
Test de putrescibilité			0 test positif sur 9 prélèvements		

Tableau No 7

STATION D'EPURATION DU NANT D'AISSY		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1968		maxima annuels				
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation Composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyennes	Maxima	Moyennes	maxima	%	
<u>A/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS INSTANTANES</u>						
Azote ammoniacal	mg N /l	6,980	11,150	6,325	13,200	- 9,4
Azote nitreux	mg N /l	0,307	0,900	0,450	1,250	+ 46,6
Azote nitrique	mg N /l	4,20	14,80	4,32	13,40	+ 2,9
Azote minéral tot.	mg N /l	11,487	17,835	11,095	18,330	- 3,4
Azote organique	mg N /l	38,460	106,850	38,845	87,250	+ 1,0
Azote total	mg N /l	49,947	122,380	49,940	95,950	0
Orthophosphates	mg P /l	2,453	4,600	2,965	13,000	+ 20,9
Phosphore organique	mg P/l	6,332	33,475	4,598	31,550	- 27,4
Phosphore total	mg P /l	8,785	33,050	7,563	32,850	- 13,9
Détergents	mg ABS /l	1,58	5,50	0,50	1,46	- 68,4
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	69,1	104,8	47,2	58,9	- 31,9
<u>B/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS ( 24 heures )</u>						
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	88,3	179	60,9	138	- 31,0
D.B.O. 5 jours	mg O <sub>2</sub> /l	35,9	93	27,2	108	- 24,3
Matières totales en suspension	mg /l	49,9	232	15,0	24	- 69,9
Matières organiques en suspension	mg /l	20,5	68	8,6	16	- 58,0
Matières décantables totales	mg /l	40,1	189	9,5	17	- 76,3
Matières organiques décantables	mg /l	13,6	59	4,6	10	- 66,2
Test de putrescibilité Bleu de méthylène				2 tests positifs sur 13 prélèvements		

Tableau No 8

STATION D'EPURATION DU NANT D'AISSY		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1969		maxima annuels				
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%	
<u>A/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS INSTANTANES</u>						
Azote ammoniacal	mg N /l	10,698	26,800	6,337	12,600	- 40,8
Azote nitreux	mg N /l	0,127	0,450	0,236	0,800	+ 85,9
Azote nitrique	mg N /l	2,78	8,31	4,08	10,25	+ 46,8
Azote minéral tot.	mg N /l	13,605	27,300	10,653	17,350	- 21,7
Azote organique	mg N /l	47,811	90,500	73,679	216,600	+ 54,1
Azote total	mg N /l	61,416	103,200	84,332	231,400	+ 37,3
Orthophosphates	mg P /l	4,627	14,700	2,384	6,150	- 48,5
Phosphore organique	mg P/l	3,527	6,800	1,616	2,950	- 54,2
Phosphore total	mg P /l	8,154	16,000	4,000	7,400	- 50,9
Détergents	mg ABS /l	2,19	4,80	0,40	1,90	- 81,7
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	86,17	390	39,64	69,2	- 54,0
<u>B/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS ( 24 heures )</u>						
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	109,1	225	58,3	79	- 46,6
D.B.O. 5 jours	mg O <sub>2</sub> /l	39,1	84	16,7	22	- 57,3
Matières totales en suspension	mg /l	53,4	117	11,7	20	- 78,1
Matières organiques en suspension	mg /l	32,4	72	8,0	14	- 75,3
Matières décantables totales	mg /l	13,0	26	6,3	10	- 51,5
Matières décantables organiques	mg /l	7,1	16	2,5	4	- 64,8
Test de putrescibilité Bleu de méthylène				8 tests négatifs sur 8 prélèvements		

Tableau No 9

STATION D'EPURATION D'HERMANCE				Composition moyenne des eaux		
ANNEE 1968		maxima annuels				
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composition effluent comparé à eau brute	
	Moyennes	Maxima	Moyennes	Maxima	%	
<u>A/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS INSTANTANES</u>						
Azote ammoniacal	mg N /l	18,950	34,300	16,146	30,000	- 14,8
Azote nitreux	mg N /l	0,028	0,250	0,033	0,130	+ 17,9
Azote nitrique	mg N /l	0,47	1,48	0,27	0,60	- 42,6
Azote minéral tot.	mg N /l	19,448	36,620	16,449	30,350	- 15,4
Azote organique	mg N /l	46,041	101,200	37,936	82,500	- 17,6
Azote total	mg N /l	65,489	118,200	54,385	101,105	- 17,0
Orthophosphates	mg P /l	6,673	10,800	5,398	14,600	- 19,1
Phosphore organique	mg P/l	9,377	31,800	4,623	27,975	- 50,7
Phosphore total	mg P /l	16,050	36,750	10,021	32,700	- 37,6
Détergents	mg ABS /l	6,58	12,00	1,35	2,80	- 79,5
Oxydabilité	mg $\text{KMnO}_4$ /l	237,1	446,0	80,0	164,0	- 66,3
<u>B/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS ( 24 heures )</u>						
Oxydabilité	mg $\text{KMnO}_4$ /l	256,9	345,0	93,5	190,0	- 63,6
D.B.O. 5 jours	mg $\text{O}_2$ /l	111,6	148	21,7	38	- 80,6
Matières totales en suspension	mg /l	64,6	81	15,9	28	- 77,4
Matières organiques en suspension	mg /l	49,4	64	11,2	21	- 77,3
Matières décantables totales	mg /l	18,8	29	6,7	16	- 64,4
Matières décantables organiques	mg /l	12,7	19	4,6	10	- 63,8
Test de putrescibilité Bleu de méthylène				9 tests positifs sur 13 prélèvements		

Tableau No 10

STATION D'EPURATION D'HERMANCE		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1969		maxima annuels				
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyennes	Maxima	Moyennes	Maxima	%	
<u>A/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS INSTANTANES</u>						
Azote ammoniacal	mg N /l	11,852	21,230	13,096	26,500	+ 10,5
Azote nitreux	mg N /l	0,068	0,240	0,299	1,520	+ 339,7
Azote nitrique	mg N /l	0,61	1,10	0,97	2,50	+ 59,0
Azote minéral tot.	mg N /l	12,530	21,650	14,365	26,760	+ 14,6
Azote organique	mg N /l	56,017	198,200	54,937	159,150	- 1,9
Azote total	mg N /l	68,547	202,760	69,302	169,300	+ 1,1
Orthophosphates	mg P /l	7,079	15,700	3,446	7,400	- 51,3
Phosphore organique	mg P/l	5,675	10,100	1,962	4,100	- 65,4
Phosphore total	mg P /l	12,754	23,400	5,408	8,800	- 57,6
Détergents	mg ABS /l	5,50	11,40	0,57	2,20	- 89,6
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	204,1	643,0	46,9	101,0	- 77,0
<u>B/ ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS ( 24 heures )</u>						
Oxydabilité	mg KMnO <sub>4</sub> /l	194,4	267	103,1	189	- 47,0
D.B.O. 5 jours	mg O <sub>2</sub> /l	88,7	114	28,7	86	- 67,6
Matières totales en suspension	mg /l	58,6	88	26,0	63	- 55,6
Matières organiques en suspension	mg /l	44,3	62	17,6	37	- 60,3
Matières décantables totales	mg /l	27,8	44	18,8	62	- 32,4
Matières décantables organiques	mg /l	18,8	37	11,6	39	- 38,3
Test de putrescibilité Bleu de méthylène				5 tests positifs sur 7 prélèvements		

Tableau No 11

EXIGENCES HELVETIQUES *	STATIONS D'EPURATION ETUDIÉES																				
	VENGERON				AIRE		NANT D'AISSY		HERMANCE												
	1968		1969		1970	1971	1968		1969		1968		1969								
	24 h	inst.	24 h	inst.	24 h	24 h	24 h	inst.	24 h	inst.	24 h	inst.	24 h inst.								
<u>Valeurs maxima observées</u> ( chiffres soulignés )	11,5	20	14,8	33	12,7	15,7	21,5	36	22,9	42	15,0	24	11,7	20	15,9	28	26,0	63			
<u>Matières totales en suspension</u> 20 - 30 mg/l, moyenne sur 24 heures	14,9	20	17,5	24	16,5	31	34,1	64	33,4	55	27,2	108	16,7	22	21,7	38	28,7	86			
<u>D.B.O. 5 jours</u> 20 mg O <sub>2</sub> /l moyenne 24 h 30 mg O <sub>2</sub> /l maximum à pleine charge	70,0	103	68,1	84,0	75,4	93	104,6	160	120,9	169	60,9	138	47,2	58,3	93,5	190,0	103,1	189	46,9		
<u>Oxydabilité au KMnO<sub>4</sub></u> 60 mg/l moyenne 24 h. Max. 90 mg/l pleine charge	0,5	1,3	0,3	1,0	0,7	1,8	0,4	1,3	0,2	0,5	0,5	1,3	0,5	1,3	0,2	0,8	0,1	0,1	0,3	1,5	
<u>Nitrites</u> 1,0 mg NO <sub>2</sub> /l ou 0,7 mg N	6,1	8,3	3,9	7,5	7,6	10,7	3,4	5,2	4,4	6,7	3,0	13,0	3,0	6,2	2,4	5,4	5,4	14,6	3,4	7,4	
<u>Phosphates</u> 2,0 mg PO <sub>4</sub> /l, soit 0,7 mg P, moyenne sur 24 heures, pour déversement dans les lacs.																					

\* Direct ves applicables au déversement des eaux résiduaires (du 1er septembre 1966).

Tableau No 12

EXIGENCES FRANCAISES *	STATIONS D'EPURATION ETUDIÉES									
	VENGERON			AIRE		NANT D'AISSY		HERMANCE		
	1968	1969	1971	1970	1971	1968	1969	1968	1969	
Cas général										
<u>Valeurs maxima observées</u>										
<u>Matières totales en suspension</u>										
30 mg / l	11,5	14,8	12,7	21,5	22,9	15,0	11,7	15,9	26,0	
	<u>20</u>	<u>33</u>	<u>15,7</u>	<u>36</u>	<u>42</u>	<u>24</u>	<u>20</u>	<u>28</u>	<u>63</u>	
<u>D.B.O. 5 jours</u>										
{ 30 mg O <sub>2</sub> /l en moyenne 24 heures	14,9	17,5	16,5	34,1	33,4	27,2	16,7	21,7	28,7	
{ 40 mg O <sub>2</sub> /l en pleine charge	<u>20</u>	<u>24</u>	<u>31</u>	<u>64</u>	<u>55</u>	<u>108</u>	<u>22</u>	<u>38</u>	<u>86</u>	
<u>Demande chimique en oxygène (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)</u>										
{ 90 mg O <sub>2</sub> /l en moyenne 24 heures			39,7	48,9	59,4					
{ 120 mg O <sub>2</sub> /l en pleine charge			<u>74,3</u>	<u>81,1</u>	<u>92,9</u>					

\* Assainissement des agglomérations et protection sanitaire des milieux récepteurs

( Circulaire du 7 juillet 1970 )

Tableau No 13

STATIONS D'EPURATION ETUDIEES											
EXIGENCES FRANCAISES *	VENGERON				AIRE		NANT D'AISSY		HERMANCE		
	1968		1969		1970	1971	1968		1969		
	24 h	inst.	24 h	inst.	24 h	24 h	24 h	inst.	24 h	inst.	
Zones dites de proximité											
<u>Valeurs maxima observées</u> (chiffres soulignés)											
<u>Matières totales en suspension</u> 30 mg / l	11,5		14,8	12,7	21,5	22,9	15,0	11,7	15,9	26,0	
	<u>20</u>		<u>33</u>	<u>15,7</u>	<u>36</u>	<u>42</u>	<u>24</u>	<u>20</u>	<u>28</u>	<u>63</u>	
<u>D.B.O. 5 jours</u> { 15 mg O <sub>2</sub> /l Moy. 24 h. { 20 mg O <sub>2</sub> /l pleine charge	14,9		17,5	16,5	34,1	33,4	27,2	16,7	21,7	28,7	
	<u>20</u>		<u>24</u>	<u>31</u>	<u>64</u>	<u>55</u>	<u>108</u>	<u>22</u>	<u>38</u>	<u>86</u>	
<u>D.C.O.</u> (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) { 50 mg O <sub>2</sub> /l Moy. 24 h. { 80 mg O <sub>2</sub> /l pleine charge											
<u>Azote total</u> 10 mg N / l	66,8		79,4	98,9	74,6	91,7	49,9	84,3	54,4	69,3	
	<u>122,8</u>		<u>210,1</u>	<u>161,4</u>	<u>127,8</u>	<u>164,3</u>	<u>96,0</u>	<u>231,4</u>	<u>101,1</u>	<u>169,3</u>	

\* Assainissement des agglomérations et protection sanitaire des milieux récepteurs  
(Circulaire du 7 septembre 1970)