

S O M M A I R E

PREAMBULE	p. 7
1. RAPPORTS SUR L'EVOLUTION DU LEMAN	9
Carte des stations de prélèvements au lac et aux affluents	10
1.1. EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU LEMAN	11
1. Introduction	11
2. Conditions de prélèvement des échantillons Météorologie, etc.	12
3. La transparence de l'eau	14
4. La thermique du lac	17
5. Le pH de l'eau	21
6. Conductivité de l'eau	24
7. L'oxygène et son taux de saturation	24
7.1. L'oxygène	24
7.2. Le taux de saturation en oxygène	28
8. Evolution de l'azote	31
8.1. L'azote minéral total	31
8.2. L'azote ammoniacal	32
8.3. L'azote nitreux	35
8.4. L'azote nitrique	38
8.5. L'azote organique	41
8.6. L'azote total	41
9. Evolution du phosphore	42
9.1. Les orthophosphates	42
9.2. Le phosphore organique	44
9.3. Le phosphore total	49
10. Autres déterminations	53
11. Tableaux généraux	54
1.2. EXAMENS BIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN	
A. ETUDE DU PHYTOPLANCTON DES EAUX VAUDOISES DU LEMAN	69
1. Situation 1974	69
2. Evolution du phytoplancton de 1965 à 1974	71
3. Conclusions	74
4. Bibliographie	75
5. Tableaux récapitulatifs	76
B. LE PLANCTON DU LEMAN, REGION CENTRALE ET SUD DU GRAND LAC	91
1. Phytoplancton récolté au filet	91
2. Phytoplancton récolté "au tuyau"	94
3. Les rotifères	96
4. Transparence de l'eau	97
5. Conclusions	98
6. Tableaux récapitulatifs	100

C.	ETUDES BIOLOGIQUES DES EAUX DU PETIT LAC	p.	107
1.	Généralités		107
2.	Transparence des eaux du Petit Lac		108
3.	Volumes moyens annuels de micro- et de macro-plancton		108
4.	Evolution des peuplements animaux du plancton au cours de l'année		110
5.	Phytoplancton au point GE 4 et dans la rade de Genève en 1974		111
6.	Résumé et conclusions		114
7.	Tableaux généraux		115
1.3.	EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN		125
1.	Introduction		125
2.	Les germes totaux		125
3.	Les coliformes		129
4.	Les entérocoques		131
5.	Les clostridiums sulfito-réducteurs		132
6.	Les bactériophages fécaux		132
7.	Bactériologie des eaux des stations de pompage		132
8.	Tableaux généraux		133
1.4.	CONCLUSIONS GENERALES SUR L'EVOLUTION DU LEMAN		141
1.	Examens physicochimiques		141
2.	Examens biologiques		144
3.	Examens bactériologiques		146
2.	ETUDE DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN ET DU RHONE ENTRE GENEVE ET CHANCY		149
1.	Généralités		149
1.1.	Remarques préliminaires		149
1.2.	Programme général		150
1.3.	Conditions météorologiques		150
1.4.	Débits des affluents		151
2.	Résultats des analyses, étude des apports des affluents du lac Léman		152
2.1.	Oxygène dissous et demande biologique en oxygène		153
2.2.	Azote minéral et organique		154
2.3.	Orthophosphates, phosphore organique, phosphore total		157
2.4.	Détergents		158
2.5.	Chlorures		159
2.6.	Hydrocarbures		159
2.7.	Potassium		160
3.	Evolution de la qualité de l'eau le long du cours de certains affluents		160
	La Drance		160
	La Versoix		163
	Le Vengeron		164
	L'Arve		165
	L'Allondon		166
	Le Rhône émissaire		167
4.	Résumé des constatations et conclusions		167
5.	Tableaux généraux		171

3. ORIGINE DU PHOSPHORE DANS LE RHONE	p. 245
1. Introduction	245
2. Points de prélèvements	245
3. Analyses	246
4. Résultats analytiques	247
5. Discussion des résultats	247
6. Conclusions	247
7. Tableaux généraux	248
4. INFLUENCE DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION SUR LA QUALITE DE L'EAU DES RECEPTEURS	253
1. Introduction	253
2. Comparaison des rendements d'épuration 1974 avec ceux des années précédentes	253
3. Efficacité des stations d'épuration	254
4. Respect des exigences officielles	255
5. Contrôle des autres stations du bassin lémanique	255
6. Conclusions	256
7. Tableaux généraux	257
5. ETUDE BIOLOGIQUE PROSPECTIVE	275
1. Tests de fertilité potentielle	276
Résultats	277
Discussion des résultats	278
2. Essais d'enrichissement	283
Résultats et discussion	284
3. Conclusions générales	286
4. Tableaux généraux	287
6. ETUDE DES APPORTS ATMOSPHERIQUES AU LAC LEMAN	301
1. Introduction	301
2. Conclusions	302
3. Tableaux généraux	303
7. INFLUENCE DES REJETS DE LA STATION D'EPURATION DE VIDY SUR L'EAU, LES SEDIMENTS ET LA FAUNE BENTHIQUE DU LEMAN	319
1. Introduction	320
2. Région étudiée	321
3. Méthodes	323
4. Influence des rejets sur la zone littorale	326
5. Influence des rejets dans la zone profonde	334
6. Discussion	349
7. Conclusion	351
Résumé	352
Bibliographie	353
Remerciements	355
8. Appendices	356
8. ADRESSES DES AUTEURS DES RAPPORTS	363

P R E A M B U L E

Le présent rapport est le cinquième publié par les soins de la Commission internationale.

Il résume un certain nombre des travaux effectués en 1974 par les laboratoires travaillant pour la Sous-commission technique de la Commission internationale, en application du programme quinquennal de travaux et recherches 1971 - 1975 de mai 1970, que nos lecteurs connaissent déjà.

Il s'agit de rapports techniques, s'intéressant à la recherche appliquée, répondant au but pratique tel qu'il est défini à l'article 3, lettre a de la convention franco-suisse du 16 novembre 1962.

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 les résultats de ces recherches;...

Un lac tel que le Léman est en réalité formé de deux bassins, le Petit Lac et le Grand Lac, de caractéristiques fort différentes. Dans le Grand Lac même, les conditions géographiques et les lieux des apports principaux, les courants, les conditions climatiques obligent souvent à considérer cette grande masse d'eau comme une juxtaposition de masses plus petites qui n'ont pas toujours des relations bien définies entre elles. C'est ce qui explique que les rapporteurs doivent souvent entrer dans des détails locaux qui ne manquent cependant pas d'intérêt.

Les travaux effectués en 1974 sont rassemblés en 7 chapitres de dimensions variées.

1. Etude sanitaire du Léman

Elle est composée comme précédemment par un rapport physicochimique, trois rapports biologiques concernant trois régions distinctes du lac, un rapport bactériologique.

Comme les années passées, les conclusions de ces cinq rapports sont réunies dans un chapitre particulier, qui débute en page 141 du présent rapport.

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

La présentation de cette étude a été simplifiée. Les tableaux récapitulatifs ont été complétés par les pourcentages relatifs des divers apports.

3. Origine du phosphore dans le Rhône

Cette étude est terminée. Le présent rapport fait état de recherches sur l'apport de phosphore d'origine agricole dans certains canaux.

4. Etude de l'influence des stations d'épuration sur la qualité de l'eau des récepteurs

Il s'agit essentiellement de juger, sur un échantillonnage restreint, du fonctionnement de stations d'épuration et du respect de la législation en vigueur.

5. Etude biologique prospective

Cette étude s'étend sur plusieurs années. Elle cherche à déterminer la fertilité potentielle de certaines eaux et à attirer l'attention sur certains facteurs limitants.

6. Etude des apports atmosphériques

Il s'agit de connaître, sur quelques années, les apports au Léman par la pollution atmosphérique. Cette pollution ne semble pas négligeable, au contraire.

7. Influence des rejets de la station d'épuration de Vidy sur la faune benthique du Léman

Cette étude se termine avec le présent rapport. Elle montre que même pour une station d'épuration fonctionnant correctement, les rejets ne sont pas sans effet sur la faune des sédiments du lac.

Parmi d'autres travaux, signalons que le rapport sur la répartition des macrophytes au Léman paraîtra en édition séparée en 1975.

Nous n'avons pas indiqué cette année de bibliographie en fin de volume, nous réservant de le faire de manière plus complète dans une prochaine édition. Le lecteur trouvera certaines références à la fin de quelques rapports.

Comme à l'accoutumée, la liste et l'adresse des auteurs ayant participé à l'élaboration des textes se trouve en fin de volume.

René Monod

Dr ès Sciences

R A P P O R T S
SUR L'EVOLUTION DU LEMAN

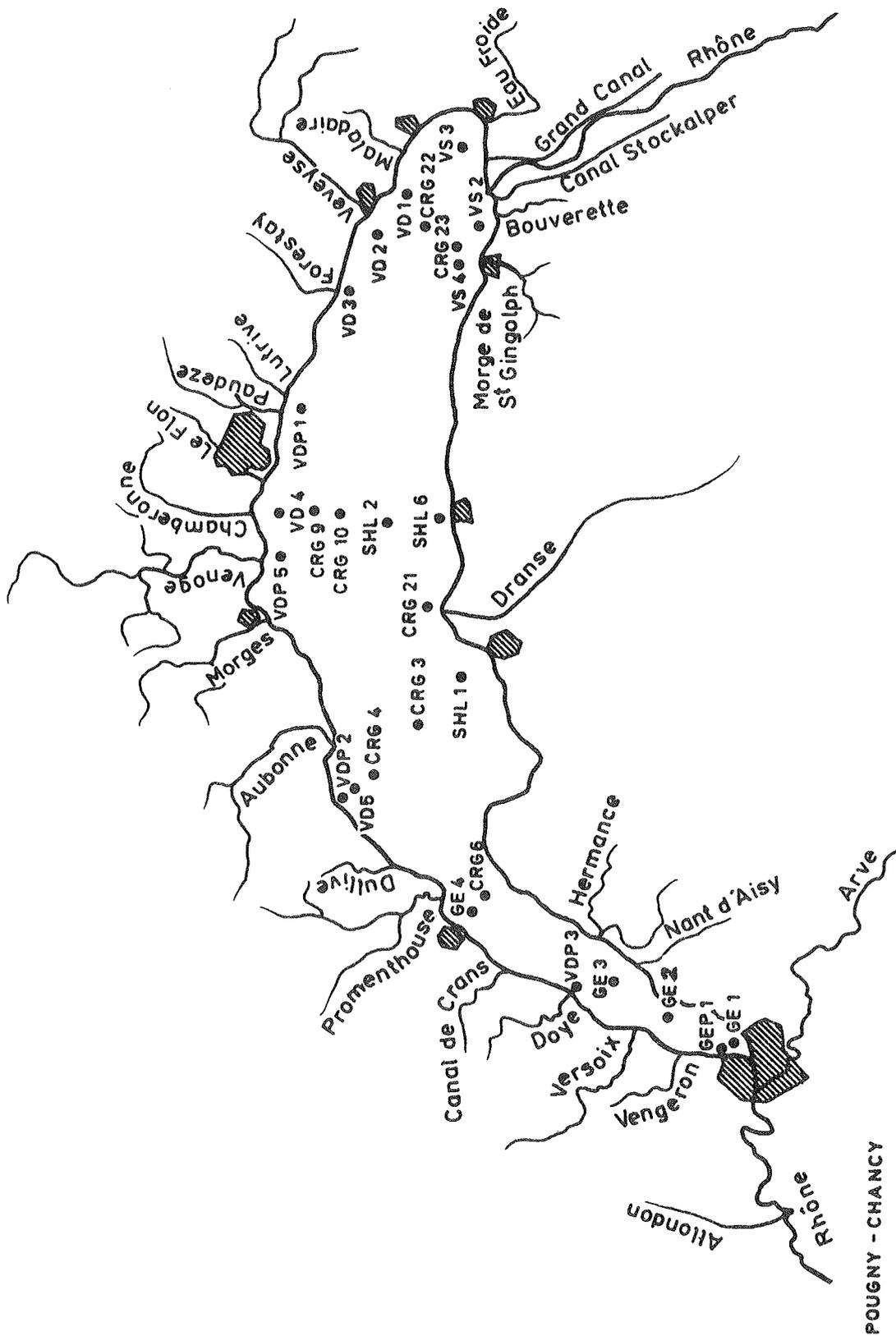
EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU LEMAN

EXAMENS BIOLOGIQUES DES EAUX DU PETIT LAC

EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1974

ETUDE SANITAIRE DU LAC LEMAN - ETUDE DES AFFLUENTS
Situation des Stations de Prélèvement



POUGNY - CHANCY

EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1974

par Ch. Früh
Professeur
Lausanne

et

par R. Monod
Secrétaire de la
Commission internationale
Lausanne

1. INTRODUCTION

Le présent rapport concerne la quatrième année de l'actuel plan quinquennal et la dix-huitième des études systématiques.

Le programme du plan n'a pas été modifié. Il a pu être réalisé presque complètement. Les intempéries de décembre ont fortement handicapé l'équipe vaudoise et mis en danger l'équipe valaisanne. Il faut dire que le calme plat sur l'ensemble du lac est d'une grande rareté.

Les données physico-chimiques et bactériologiques sont toujours mises sur cartes perforées et traitées sur ordinateur CDC Cyber 7326 de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Pour l'an 1974, les résultats des observations figurent sur 7'472 cartes perforées, qui contiennent les renseignements suivants :

3'836 données sur les conditions de prélèvement, la météorologie et l'état de l'eau.

144 données sur les volumes de plancton prélevé dans des conditions standard, - qui ne représentent pas du reste, et de loin, l'ensemble des prélèvements planctoniques -.

2'219 mesures de température de l'eau, non comprises les mesures de m en m dans la zone de 0 à 50 m de profondeur.

42'656 mesures physico-chimiques représentant 48 déterminations différentes, dont un certain nombre ne concerne du reste que quelques stations ou points objectifs.

6'146 résultats d'analyses bactériologiques,

soit au total plus de 55'000 données récoltées par les cinq laboratoires associés au programme.

Le nombre de stations d'observation reste de 28, y compris les quatre pompes où n'a lieu qu'un prélèvement. Pour les détails, le lecteur voudra bien se reporter aux pages 12 et 13 du rapport 1972.

2. CONDITIONS DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

METEOROLOGIE

ETAT DU LAC

En 1974, 98 journées de navigation ont été consacrées aux prélèvements par les cinq laboratoires, non compris les journées ratées pour cause de mauvais temps ou de naufrage. Le nombre de journées par mois varie de 3 à 7 suivant les conditions atmosphériques. En principe, les campagnes mensuelles devraient durer deux jours. Pratiquement, elles durent 4, voire même, par très mauvais temps, le nombre record de 17 jours.

Les heures de prélèvement s'échelonnent entre 0700 h et 1830 h, suivant les saisons.

La nébulosité au moment des prélèvements a été supérieure à celle des deux années précédentes :

	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Ciel sans nuages	13 %	19 %	14 %
Nébulosité inférieure à 50 %	22 %	21 %	9 %
Nébulosité égale à 50 %	10 %	13 %	17 %
Nébulosité comprise entre 50 et 100 %	15 %	19 %	25 %
Ciel entièrement nuageux	40 %	28 %	35 %

Il faut dire, comme cela est mentionné dans le rapport concernant les affluents, que l'année 1974 a été plus pluvieuse que les trois années précédentes, et supérieure à la moyenne générale.

Le ciel fut particulièrement nuageux en février, mars et novembre, clair en avril et août.

Dans 57 % des cas (48 % en 1973, 60 % en 1972), les prélèvements ont eu lieu à l'ombre.

Le temps n'a pas été meilleur en 1974 que les années précédentes. Si l'on a noté moins de brouillard (5,5 % des cas) contre 8 % en 1973 et 5 % en 1972, et toujours en janvier, et surtout sur la rive sud-orientale du Grand Lac, peu ensoleillée, il y a eu plus de brume en 1974 que les années précédentes : 63,2 % des cas contre 38,5 % en 1973 et 50 % en 1972. On en trouve tous les mois, mais spécialement en mars, avril, octobre et novembre.

En fonction de l'année pluvieuse, les observateurs ont rencontré de la pluie 10 mois sur 12, mais dans 7,4 % des cas seulement (9,5 % en 1973, 12 % en 1972).

Il n'y a pas eu de prélèvements sous neige ou grêle.

Dans 24,2 % des cas seulement, le ciel a été qualifié de clair (42,5 % en 1973 et 31 % en 1972).

Les observations relatives aux vents sont résumées dans le tableau suivant :

	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Calme plat	29,8 %	35,1 %	26,4 %
Vent du secteur N	22,2 %	10,2 %	18,1 %
NE	8,5 %	9,9 %	6,8 %
E	2,3 %	3,5 %	6,1 %
SE	5,6 %	5,1 %	8,4 %
S	7,8 %	4,2 %	3,5 %
SW	4,2 %	5,4 %	12,9 %
W	10,1 %	21,8 %	11,6 %
NW	9,5 %	4,8 %	6,4 %

Il y a eu moins de "calme" en 1974 qu'en 1972 et 1973. Les vents des secteurs N à E ont été plus fréquents qu'en 1973. On notera l'augmentation des vents du SE et SW, qui apportent la pluie.

La force du vent, estimée selon l'échelle Beaufort, a été la suivante :

	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Force 0 non mesurable	24,6 %	23,1 %
1	32,5 %	40,2 %
2	18,2 %	15,7 %
3	10,8 %	16,2 %
4	10,4 %	4,4 %
5	3,0 %	0,4 %
6	0,5 %	0 %

On a rencontré plus de vents faibles, beaucoup moins de vents moyens et pas de vents forts.

Le lac a été un peu plus agité en 1974 que les deux années précédentes, mais avec peu de vagues déferlantes et de houle courte :

	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Lac plat	33,5 %	26,9 %	22,6 %
Lac un peu ridé	22,5 %	22,0 %	25,1 %
Vaguelettes	21,0 %	25,5 %	27,6 %
Petites vagues	13,5 %	16,7 %	18,4 %
Vagues plates	4,0 %	2,8 %	2,8 %
Vagues déferlantes	1,0 %	2,1 %	0,7 %
Houle courte	2,5 %	2,5 %	0,4 %
Houle longue	2,0 %	1,4 %	2,5 %

La propreté du lac a été moins satisfaisante que les deux années précédentes. Le lac est signalé comme propre dans 69 % des cas en 1974, contre 86 % en 1973 et 77,5 % en 1972. La présence de branchages et troncs a augmenté de 2,2 % en 1972 et 1973 à 4,7 % en 1974; celle des feuilles a varié de 3,3 % en 1972 à 0,7 % en 1973 et 3,6 % en 1974; celle du pollen de 9,6 % en 1972 à 6,2 % en 1973 et 8 % en 1974.

Par contre, les amas d'algues ont un peu diminué: 1,5 % en 1972 à 1,8 % en 1973 et 1,1 % en 1974.

Le taux de détritux divers reste stationnaire en 1974.

Les observations relatives à la couleur de l'eau, toutes subjectives qu'elles soient, méritent intérêt.

On a les pourcentages suivants :

	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Vert	57,1 %	53,8 %	52,6 % des cas
Vert-jaune ou jaune-vert	24,2 %	26,4 %	30,3 %
Bleu-vert ou vert-bleu	11,2 %	10,8 %	12,4 %
Vert-gris	5,6 %	5,8 %	4,0 %
Jaune-brun	1,5 %	0,4 %	0 %
Jaune	0,4 %	1,1 %	0 %
Gris-bleu et bleu	0 %	1,7 %	0 %
Gris	0 %	0 %	0,36 %

Les teintes vert-jaune et jaune-vert continuent leur nette progression. Les teintes bleu-vert ou vert-bleu, après un fléchissement en 1973, augmentent à nouveau.

La teinte vert-gris est en forte baisse.

Les teintes jaune, jaune-brun, gris bleu et bleu disparaissent complètement.

La couleur grise apparaît dans un prélèvement.

La température de l'air mesurée au moment du prélèvement, a varié de 2°0 en décembre à 28°00 en août, soit une amplitude plus faible que l'an précédent. On trouvera sur le tableau No 1 les moyennes observées dans les diverses régions du lac. La température moyenne de l'air a augmenté (toutes choses étant égales par ailleurs) 10°43 en 1972, 11°76 en 1973 et 12°35 en 1974. Cette augmentation est particulièrement grande de janvier à avril et en décembre; l'hiver 1973-1974 a été peu rigoureux. Par contre mai, juin, août, octobre et novembre ont été déficitaires (voir rapports précédents, page 79 en 1972 et 54 en 1973).

3. LA TRANSPARENCE DE L'EAU

Voir tableau No 2 et 3.

3.1. Le Léman pris dans son ensemble.

L'amélioration moyenne constatée l'an passé n'a pas duré. Il y a de nouveau une diminution en 1974 de plus de 30 cm :

1971 :	6,70 m
1972 :	7,03 m
1973 :	7,57 m
1974 :	7,21 m

Mais il faut rappeler que les conditions atmosphériques ont été plus mauvaises en 1974. Le tableau du haut de la page suivante donne les moyennes mensuelles pour les 4 dernières années.

Transparence moyenne en m

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	13,47	10,71	12,07	12,47
Février	11,39	9,56	11,25	10,50
Mars	11,50	5,88	11,72	8,10
Avril	2,56	4,68	5,17	4,13
Mai	2,41	3,31	2,57	4,47
Juin	7,88	8,44	6,39	6,65
Juillet	4,15	4,54	5,23	6,53
Août	5,30	4,52	6,68	4,40
Septembre	4,50	8,43	5,60	5,36
Octobre	5,69	7,89	7,48	7,32
Novembre	6,77	7,65	7,56	7,90
Décembre	8,78	10,28	9,32	8,86

Dans l'ensemble, par rapport à 1973, la transparence de l'eau a diminué de février à avril, d'août à octobre et en décembre. Elle s'est un peu améliorée en janvier, juin et novembre, et nettement en mai et juillet.

3.2. Maxima et minima

Ils figurent dans le tableau ci-dessous

Mois	Maxima			Minima		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974
Janvier	15,1	17,8	16,0	7,6	9,8	6,3
Février	14,5	16,6	15,0	5,0	8,5	6,3
Mars	12,2	16,7	12,4	2,6	7,0	2,3
Avril	7,9	8,0	8,3	1,3	2,1	2,1
Mai	5,0	4,1	11,8	1,7	1,7	1,8
Juin	11,8	9,4	8,7	4,6	3,5	3,2
Juillet	7,0	7,7	8,3	2,9	3,2	5,0
Août	10,0	9,5	6,7	1,7	3,9	2,9
Septembre	11,6	7,3	6,9	4,9	3,6	4,3
Octobre	10,6	9,9	9,5	5,5	6,2	4,3
Novembre	11,3	9,4	9,6	4,3	5,4	6,8
Décembre	13,3	13,3	12,0	8,5	6,1	7,5

Huit mois de l'année, les maxima de 1974 sont inférieurs à ceux de 1973 et six mois à ceux de 1972. Quant aux minima, ils sont 7 fois inférieurs à ceux de 1973 et 6 fois à ceux de 1972. On n'a pas atteint ou dépassé les minima ou maxima absolus des années précédentes.

3.3. Grand Lac - Petit Lac

Peu de différence réelle entre ces deux lacs, qui sont tous deux devenus plus troubles qu'en 1973, d'environ 30 cm.

3.4. Le Grand Lac

Le tableau du haut de la page suivante donne les observations mensuelles des 4 dernières années.

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	14,0	10,7	12,4	12,9
Février	11,9	9,6	11,6	11,0
Mars	12,3	5,7	12,25	8,2
Avril	2,4	4,3	5,16	4,3
Mai	2,4	3,3	2,45	3,7
Juin	7,6	8,3	5,9	6,4
Juillet	3,9	4,4	5,2	6,7
Août	5,1	3,5	6,5	4,2
Septembre	4,4	8,2	5,6	5,4
Octobre	5,6	7,8	7,4	7,4
Novembre	6,6	7,5	7,3	7,8
Décembre	9,1	10,3	9,5	8,9

On relève une amélioration sensible et progressive en mai et juillet, un déficit marqué en août, une stabilité nette, dès 1972, en octobre et novembre.

3.4.1. Sur la rive sud orientale, la moyenne, qui était montée de 6,69 m à 7,27 m entre 1972 et 1973, redescend à 6,62 m en 1974.

3.4.2. Sur la rive nord orientale, l'amélioration aux stations VD 1 et VD 2, constatée en 1973, s'amplifie en 1974. Par contre, VS 3, un des points les plus obérés du lac, se désagrège quelque peu.

Les moyennes des 4 dernières années figurent dans le tableau suivant :

<u>Années</u>	<u>VS 3</u>	<u>VD 1</u>	<u>VD 2</u>	<u>VD 3</u>	<u>Moyenne</u>
1971	5,64	5,31	5,85	6,56	5,84
1972	4,31	4,53	5,15	7,51	5,38
1973	5,67	6,08	6,49	6,36	6,14
1974	5,57	6,21	6,54	7,21	6,38

3.4.3. Sur l'axe Duchy-Evian, la transparence diminue, par rapport à 1973, pour les six stations envisagées. La moyenne de 1974 est inférieure à celle de 1973, mais supérieure à celles de 1971 et 1972.

<u>Station</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
VD 4	7,30	7,14	7,89	7,15
VDP 5	7,38	7,12	8,27	7,48
CRG 9	5,21	5,96	8,18	7,35
CRG 10	5,26	5,90	8,52	7,34
SHL 2	9,49	8,45	9,32	8,46
SHL 6	9,19	8,69	9,28	7,89
Moyenne	7,37	7,25	8,59	7,61

La région pélagique, et le sud, restent toujours favorisés par rapport au nord.

3.4.4. L'axe Rolle Thonon reprend sa première place dans le Grand Lac.

<u>Station</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
VD 5	7,06	7,60	7,00	8,48
CRG 3	5,57	7,61	7,97	7,31
CRG 4	5,79	7,41	7,84	7,25
SHL 1	9,53	9,52	9,18	8,63
Moyenne	7,05	8,08	8,00	7,92

On observe une forte augmentation de la transparence à la station VD 5 (région nord), une altération notable pour les trois autres stations. La station SHL est en déficit régulier de 1971 à 1974. La moyenne pour cet axe est, grâce à VD 5, supérieure à celle de 1971, mais inférieure à celles de 1972 et 1973.

3.5. Le Petit Lac

L'année 1974 marque une nouvelle rétrogradation.

<u>Station</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
CRG 6	5,06	8,02	7,14	6,48
GE 4	7,48	8,58	7,81	8,05
GE 3	6,50	8,33	7,76	7,67
GE 2	7,21	7,19	7,51	6,78
Moyenne	6,66	8,03	7,55	7,25

Amélioration légère à la station GE 4, altération pour les autres stations, surtout à CRG 6 et GE 2, cette dernière ayant fait une chute importante en dessous du minimum de 1971.

La moyenne de 1974 est intermédiaire entre celles de 1973 et 1971.

3.6. Conclusions

La transparence moyenne de l'eau du lac a baissé de plus 30 cm en moyenne. Il faut y voir une conséquence des conditions climatologiques et de la recrudescence du phytoplancton. La rétrogradation affecte dans une même mesure les deux lacs : Grand Lac (7,19 m) et Petit Lac (7,26 m). A signaler cependant quelques améliorations : VD 1 et VD 2 (influence de la construction de la station d'épuration ?), VD 5 et GE 4.

4. LA THERMIQUE DU LAC

Nous disposons de 2'219 mesures réparties sur les douze mois de l'année. (voir figure 4).

4.1. Température moyenne de l'eau

Comparons 1974 à 1973 : La température moyenne a été plus basse en janvier et février, par contre elle a été plus élevée tous les autres mois.

Dans le Grand Lac, hormis les stations soumises à l'influence du Rhône (VS 2 et VS 4), la température n'est descendue en dessous de 5°C que trois fois, à la station CRG 10, 4°95 à 300 m au fond du lac, 4°90 à 250 m et 300 m de profondeur. Dans le Petit Lac, on a observé des valeurs en dessous de 5°C, atteignant 4°20 en mars.

La moyenne annuelle est de 6,53 ° en 1974 contre 6,36 ° en 1973. L'hiver 1973-1974 n'a pas été rigoureux. Le réchauffement général du lac affecte toutes les profondeurs, sauf un faible pourcentage du volume total, la couche superficielle, de la surface à 10 m.

Le tableau suivant donne les moyennes mensuelles pondérées pour les quatre dernières années:

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	5,30	5,38	5,79	5,50
Février	5,08	5,18	5,50	5,46
Mars	4,84	5,32	5,32	5,43
Avril	5,49	5,60	5,44	6,05
Mai	6,08	6,11	6,10	6,37
Juin	6,26	6,80	6,79	6,83
Juillet	7,03	7,22	7,11	7,41
Août	7,40	7,30	7,37	7,93
Septembre	6,93	7,32	7,56	7,61
Octobre	6,75	6,96	6,80	6,97
Novembre	6,31	6,71	6,56	6,64
Décembre	5,91	6,36	5,84	6,34
Moyenne	6,11	6,37	6,36	6,53

Nous avons déjà mentionné que le réchauffement moyen concerne dix mois sur douze.

Le lac a été plus chaud tous les mois en 1974 par rapport à 1971 et 10 mois sur 12 par rapport à 1972.

En été, les températures superficielles ont été moins élevées. Le maximum moyen a été de 22°07 en août 1974, contre 24°15 en 1973, 19°62 en 1972 et 23°45 en 1971. En moyenne, pour les couches équivalentes, la température de l'eau du Grand Lac est plus élevée que celle du Petit Lac, ce qui est logique, à comparer les masses relatives d'eau en présence.

4.2. Température à la surface du lac

Le tableau du haut de la page suivante donne un résumé des différences.

Le réchauffement vernal n'a débuté qu'en mars. Les températures de 1974 ont été plus élevées que celles de 1973 de février à avril. Par contre, il y a un déficit général de mai à décembre: d'une part l'été a été moins chaud, mais l'automne et le début de l'hiver propices. La température moyenne est supérieure à celle de 1972, mais inférieure à celles de 1971 et de 1973.

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	5,39	6,02	6,33	5,71
Février	4,96	5,46	5,61	5,61
Mars	5,05	6,19	5,46	6,14
Avril	11,61	7,43	6,16	8,98
Mai	15,28	9,91	13,33	12,71
Juin	15,76	14,96	18,17	15,76
Juillet	21,29	19,62	20,85	20,14
Août	23,45	18,01	24,15	22,07
Septembre	17,41	15,12	20,65	20,08
Octobre	13,33	12,51	12,01	11,40
Novembre	9,45	9,46	9,94	8,67
Décembre	7,16	8,21	6,65	7,57
Moyenne	13,14	11,25	12,59	12,07

Si l'on considère les couches superficielles de 0 à 50 m, on note les variations suivantes :

<u>Prof.</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Surface	13,14	11,25	12,59	12,07
5 m	12,39	10,73	11,73	11,09
10 m	11,01	10,26	10,68	10,33
20 m	8,74	8,98	8,29	8,36
30 m	7,15	7,71	7,01	7,30
40 m	6,18	6,85	6,29	6,82
50 m	5,69	6,44	5,92	6,50
Moyenne	9,15	8,88	8,91	8,91

La moyenne annuelle de 1974 est inférieure à celle de 1971, supérieure à celle de 1972 et identique à celle de 1973. En 1974, les couches superficielles, de 0 à 10 m, sont plus froides qu'en 1973, alors que c'est l'inverse pour les couches de 20 à 50 m. Ce bilan de 1974 est exactement l'inverse de celui de 1973.

Les variations régionales sont données dans le tableau suivant :

<u>Régions</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Rive SE	9,13	8,39	9,25	9,57
Rive NE	8,91	8,96	9,27	9,20
Axe Vevey-St-Ging.	9,53	8,86	9,24	9,15
Axe Duchy-Evian	8,83	8,89	8,97	8,97
Axe Rolle-Thonon	9,31	9,03	9,02	8,60
Grand Lac	9,14	8,91	9,09	8,95
Axe Nyon-Messery	9,47	8,84	8,70	8,73
Petit Lac	9,18	8,74	8,16	8,72
Léman	9,15	8,88	8,91	8,91

Entre 1973 et 1974, la température moyenne a augmenté sur la rive SE, baissé quelque peu sur la rive NE et dans le Haut Lac, est restée stationnaire entre Ouchy et Evian, a baissé dans le bas du Grand Lac. En moyenne, la température moyenne du Grand Lac a baissé, alors qu'elle a monté dans le Petit Lac, la moyenne de l'ensemble du système étant stationnaire, du moins pour les couches de 0 à 50 m.

4.3. Température au fond du lac

<u>Prof.</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
100 m	5,08	5,59	5,65	5,83
150 m	4,94	5,10	5,32	5,45
200 m	4,90	4,96	5,16	5,30
250 m	4,88	4,89	5,00	5,13
300 m	4,84	4,87	4,97	5,06

La masse du lac continue à se réchauffer depuis 4 ans, à toutes les profondeurs considérées dans le tableau.

Le minimum observé a été de 4°9 au point CRG 10 en 1974, (4°8 en 1973), le maximum de 5°2, la moyenne annuelle étant de 5°06 à 300 m en 1974 contre 4°97 en 1973.

4.4. Bilan thermique

Il se présente comme suit :

Date	Température	Gain de l'été ou perte de l'hiver °C	Gain de l'été ou perte de l'hiver cal/cm2
1970 juillet	7,40		
1971 mars	4,84	- 2,56	- 39'100
août	7,40	+ 2,56	+ 39'100
1972 février	5,18	- 2,22	- 33'900
septembre	7,32	+ 2,14	+ 32'700
1973 mars	5,32	- 2,00	- 30'500
septembre	7,56	+ 2,24	+ 34'200
1974 mars	5,43	- 2,13	- 32'500
septembre	7,61	+ 2,18	+ 33'300
bilan des quatre dernières années		+ 0,21	+ 3'300

Comme les années précédentes, les pertes hivernales de calories sont plus faibles que les gains estivaux. Mais la différence est cette fois moins nette.

4.5. Conclusions

Le lac réagit aux variations de climat. Mais sa grande masse empêche le réchauffement de l'eau d'atteindre des limites catastrophiques.

Il n'en reste pas moins que l'absence d'hivers froids gêne de plus en plus le ravitaillement en oxygène du lac, ainsi que nous le verrons plus loin.

5. LE pH DE L'EAU

Nous disposons de 2'095 données prises in situ.

5.1. Valeurs annuelles moyennes

(voir tableau No 5)

La moyenne annuelle est un peu plus élevée que les deux années précédentes, à en juger par le tableau ci-dessous.

<u>Prof.</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Surface	8,09	7,98	8,03	8,09
5 m	8,02	7,95	8,00	8,09
10 m	7,87	7,90	7,90	7,96
20 m	7,74	7,81	7,78	7,83
30 m	7,67	7,73	7,72	7,76
40 m	7,65	7,71	7,71	7,76
50 m	7,64	7,67	7,69	7,73
0 - 50 m	7,80	7,81	7,83	7,88
100 m	7,57	7,58	7,64	7,65
150 m	7,55	7,54	7,59	7,60
200 m	7,52	7,50	7,51	7,53
250 m	7,50	7,40	7,50	7,47
300 m	7,44	7,37	7,40	7,42
0 - 300 m	7,76	7,77	7,79	7,83
Moyenne pondérée	7,63	7,62	7,66	7,68

A toutes les profondeurs, la valeur du pH s'est un peu élevée, sauf à 250 m. Tout au fond du lac, nous devons considérer qu'en moyenne l'état est stationnaire. Pour l'ensemble du lac, la moyenne pondérée (7,68) est la plus élevée enregistrée depuis 1971.

En profondeur, (300 m), le minimum moyen reste fixé à 7,30 unités de pH, le minimum absolu étant de 7,20.

5.2. Evolution dans le Grand Lac

Les remarques émises pour l'ensemble du lac s'appliquent sans autre au Grand Lac.

<u>Prof.</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Surface	8,07	7,96	7,99	8,01
5 m	7,98	7,92	7,94	7,99
10 m	7,83	7,88	7,87	7,89
20 m	7,71	7,79	7,74	7,76
30 m	7,64	7,71	7,69	7,70
40 m	7,62	7,67	7,66	7,68
50 m	7,61	7,65	7,65	7,66
Moyenne	7,77	7,79	7,78	7,80

Les moyennes mensuelles pour les quatre dernières années sont les suivantes :

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	7,68	7,66	7,66	7,65
Février	7,65	7,67	7,70	7,67
Mars	7,67	7,73	7,69	7,70
Avril	7,95	7,86	7,77	7,86
Mai	7,92	7,95	7,96	7,99
Juin	7,76	7,81	7,97	7,88
Juillet	7,84	7,94	7,84	7,89
Août	7,78	7,84	7,79	7,84
Septembre	7,80	7,75	7,83	7,84
Octobre	7,74	7,79	7,77	7,77
Novembre	7,71	7,71	7,70	7,78
Décembre	7,69	7,69	7,67	7,69

La valeur du pH a augmenté, par rapport à 1973, lors de 8 mois sur 12. Exceptions : janvier, février, juin. Certaines variations ne sont guère significatives.

5.3. Evolution dans le Petit Lac

<u>Prof.</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Surface	8,19	8,05	8,20	8,37
5 m	8,14	8,06	8,19	8,45
10 m	8,02	7,99	8,04	8,27
20 m	7,88	7,92	7,94	8,14
30 m	7,77	7,81	7,84	8,00
40 m	7,79	7,84	7,93	8,07
50 m	7,76	7,79	7,92	8,12

Par rapport à 1973, le pH a augmenté, quelle que soit la profondeur. Il y a aussi augmentation 10 mois sur 12. Seuls mars et mai font exception, tout en ayant des valeurs élevées.

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	7,84	7,78	7,81	8,10
Février	7,79	7,80	7,99	8,10
Mars	7,90	7,96	8,02	7,92
Avril	8,12	7,92	8,05	8,40
Mai	8,02	7,91	8,24	8,12
Juin	7,90	8,08	8,13	8,25
Juillet	7,99	8,02	8,01	8,28
Août	8,08	8,01	8,03	8,48
Septembre	7,98	7,89	8,10	8,25
Octobre	7,86	7,95	7,79	8,16
Novembre	7,84	7,85	7,98	8,16
Décembre	7,93	7,85	7,89	8,11
Moyenne	7,93	7,92	8,00	8,19

5.4. Evolution dans les couches profondes du lac

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	7,40	7,35	7,30	7,50
Février	7,70	7,35	7,48	7,45
Mars	7,55	7,25	7,50	7,50
Avril	7,60	7,35	7,40	7,55
Mai	7,55	7,30	7,40	7,35
Juin	7,45	7,45	7,50	7,30
Juillet	7,40	7,45	7,40	7,45
Août	7,35	7,45	7,30	7,45
Septembre	7,40	7,40	7,45	7,35
Octobre	7,33	7,35	7,40	7,35
Novembre	7,40	7,30	7,30	7,35
Décembre	7,30	7,40	7,35	7,35
Moyenne	7,44	7,37	7,40	7,42

En moyenne, le pH est en hausse au fond du lac, sans cependant atteindre le chiffre de 1971. Les moyennes mensuelles varient dans un sens ou dans l'autre de manière non significative.

5.5. Valeurs extrêmes

Le maximum de l'année, 8,98, record absolu, a été observé en août en surface à l'entrée du Petit Lac. Le minimum a été relevé en juin, avec 7,20 au fond du lac.

5.6. Conclusions

On note une légère amélioration générale, mais peu significative. Le pH demeure stationnaire, mais faible dans les couches profondes. La masse du lac ne répond que lentement aux facteurs régénérateurs du lac. Cela ressort encore mieux de l'étude de l'oxygène.

6. CONDUCTIVITE DE L'EAU

(voir tableau No 6)

Cette mesure est le reflet de la variation de composition générale du lac. Celui-ci n'atteint son équilibre optimum qu'à la fin de l'hiver (février et mars). On assiste à une déminéralisation moyenne progressive du lac (diminution des bicarbonates), bilan surtout de la décalcification de l'eau dans les couches superficielles, jusqu'en août-septembre, et de la reconcentration dans les couches profondes avec un décalage de un ou deux mois, jusqu'en octobre-novembre.

7. L'OXYGENE ET SON TAUX DE SATURATION

7.1. L'oxygène

Nous disposons de 2'087 observations, dont la synthèse figure au tableau No 7.

7.1.1. Concentration moyenne du Léman

Hivers chauds et étés ternes ne valent rien pour la réoxygénation du lac, dont les teneurs sont de plus en plus faibles, à considérer le tableau récapitulatif ci-dessous:

Concentrations mensuelles moyennes, mg O₂/l

Moyennes pondérées

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	9,77	9,35	8,98	9,27
Février	9,81	9,75	9,49	9,33
Mars	10,40	9,67	10,22	9,54
Avril	10,60	9,68	10,04	9,60
Mai	10,28	9,73	9,89	9,61
Juin	9,72	9,39	9,57	9,07
Juillet	9,56	9,17	8,95	8,78
Août	9,19	8,66	8,84	8,78
Septembre	8,84	8,45	8,59	8,34
Octobre	8,91	8,50	8,58	8,30
Novembre	9,20	8,82	8,74	8,67
Décembre	9,54	8,74	9,01	8,53
Moyenne	9,65	9,18	9,26	8,99

La moyenne pondérée 1974 est inférieure à celle des 3 années précédentes. Par rapport à 1973, il y a déficit 11 mois sur 12 (sauf janvier).

En fait, il s'agit, pour la plupart des mois, des valeurs parmi les plus faibles enregistrées.

Les gains hivernaux des sept derniers hivers sont les suivants :

hiver 1967-1968 :	gain 1,69 mg O ₂ /l
1968-1969	1,44
1969-1970	1,82
1970-1971	1,70
1971-1972	0,91
1972-1973	1,77
1973-1974	1,03
Moyenne	1,48

Du point de vue réoxygénation, l'hiver 1973-1974 est un des plus mauvais enregistrés ces dernières années. (1,03 mg/l entre le minimum d'octobre (8,58) et le maximum moyen de mai (9,61).

Cependant, la perte estivale d'été, bien qu'elle ait été inférieure à celle de l'année précédente, est supérieure au gain de l'hiver précédent, d'où un bilan négatif. La perte estivale de ces sept dernières années a été de :

1,83 mg O ₂ /l	en 1968
1,53	1969
1,76	1970
1,69	1971
1,30	1972
1,64	1973
1,31	1974
Moyenne	1,58

En tenant compte de ces 7 dernières années, on voit que la perte moyenne estivale est de 1,58 mg/l alors que le gain moyen hivernal est de 1,48 mg/l.

7.1.2. Tonnages mensuels moyens

Nous renvoyons le lecteur à la page 25 du rapport 1973 et au tableau No 7 du présent rapport.

On constate que la provision moyenne du lac a passé de 858'000 tonnes en 1971 à 799'000 tonnes, soit une perte de 59'000 tonnes en 4 ans. Perte faible en pourcentage, mais néanmoins effective. 1974 est donc une années des plus déficitaires. Le lac récupérerait 91'000 tonnes d'oxygène pendant l'hiver 1973 et en perdait 116'000 pendant l'été. Le minimum absolu rencontré est de 738'000 tonnes en octobre 1974.

7.1.3. Evolution en fonction de la profondeur

Le tableau de la page suivante est fort intéressant :

<u>Prof.</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
0 m	11,34	10,71	10,86	11,22
5 m	11,10	10,65	10,71	11,24
10 m	10,23	10,41	10,27	10,59
20 m	9,86	10,17	10,09	10,21
30 m	9,91	10,10	10,20	10,30
40 m	9,87	9,96	10,19	10,24
50 m	9,87	9,92	10,18	10,18
0 - 50 m	10,27	10,25	10,34	10,53
100 m	9,75	9,35	9,95	9,74
150 m	9,51	8,82	9,07	8,64
200 m	9,09	8,06	7,68	7,06
250 m	9,02	7,62	6,86	5,55
300 m	7,30	5,49	4,48	3,43
0 - 300 m	10,13	10,00	10,08	10,16

Les résultats de 1974 montrent une différence frappante selon les profondeurs. De la surface à 50 m, toutes les valeurs ont augmenté; de 100 m au fond du lac, elles ont au contraire diminué.

La moyenne annuelle (10,16 mg/l) est la plus élevée de ces quatre dernières années. Mais nous savons que cette moyenne est fallacieuse, car elle donne un poids considérable, beaucoup trop grand, aux couches superficielles.

Le déficit de la partie inférieure du lac (dès 100 m) est important. Il s'accroît au fur et à mesure que l'on va vers le fond. La moyenne annuelle à 300 m de profondeur (3,43 mg/l) est le second minimum absolu, après celui de 1969 (3,19 mg/l). Nos prévisions de l'an passé se vérifient parfaitement.

Le déséquilibre entre les couches superficielles (0-10 m) et celles du fond est de 7,59 mg/l, au deuxième rang parmi les plus forts (7,80 mg/l en 1969).

7.1.4. Evolution dans le fond du lac

Le tableau ci-dessous est suffisamment éloquent :

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	6,21	5,45	4,16	4,64
Février	5,57	7,41	5,57	4,23
Mars	8,72	5,34	5,47	4,29
Avril	9,23	5,57	5,86	3,71
Mai	8,96	6,55	5,48	4,19
Juin	8,54	5,86	5,19	3,59
Juillet	7,27	6,05	4,16	2,98
Août	6,66	5,39	3,25	4,22
Septembre	7,32	4,78	4,52	2,24
Octobre	5,78	4,12	2,57	2,19
Novembre	5,15	4,63	2,36	2,57
Décembre	6,50	4,02	4,26	2,47
Moyenne	7,30	5,49	4,48	3,43

La concentration en oxygène, qui avait régulièrement diminué de 1971 à 1973, continue à baisser fortement en 1974.

Entre 1973 et 1974, elle tombe, en moyenne, de 4,48 à 3,43, soit de 1,05 mg/l. Dix mois sur douze, la concentration a été inférieure à celle de l'année précédente. Le maximum n'a été que de 5,69 mg/l en août 1974 au point CRG 10. Quant au minimum, il ne fut que de 1,63 mg/l en octobre à la station SHL 2, second minimum absolu (1,05 mg/l en septembre 1969).

La quantité d'oxygène actuelle est très inférieure au minimum considéré comme normal.

7.1.5. Les diverses régions du lac

Les concentrations pour les diverses profondeurs (moyennes de douze mois), ainsi que les concentrations mensuelles moyennes (pour la couche superficielle de 0 à 50 m) pour les différentes régions du lac figurent ci-dessous.

Profondeur	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	11,23	11,64	11,03	10,93	11,13	11,53	11,22
5 m	11,13	11,45	11,18	10,66	11,17	11,49	11,24
10 m	10,42	10,88	10,34	10,48	10,50	11,00	10,59
20 m	10,03	10,48	10,05	10,16	10,14	10,51	10,21
30 m	10,14	10,47	10,10	10,31	10,22	10,58	10,30
40 m	10,13	10,52	10,10	10,19	10,22	10,33	10,24
50 m	9,98	10,52	10,11	10,13	10,18	10,17	10,18
Moyenne	10,44	10,84	10,38	10,39	10,47	10,80	10,53

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Duchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	10,61	10,73	10,53	10,74	10,64	10,99	10,70
Février	10,75	10,82	10,81	10,67	10,75	11,46	10,89
Mars	11,51	11,00	10,96	10,97	10,99	12,07	11,20
Avril	11,72	12,05	11,22	11,61	11,57	12,25	11,70
Mai	11,97	12,04	11,66	11,67	11,72	11,25	11,63
Juin	10,60	10,83	10,34	10,39	10,48	10,42	10,47
Juillet	10,00	10,28	10,01	9,81	10,02	10,31	10,08
Août	8,72	10,93	9,64	9,16	9,77	10,33	9,87
Septembre	9,28	9,54	9,61	8,96	9,33	9,39	9,34
Octobre	9,35	10,23	9,47	9,67	9,64	10,08	9,73
Novembre	10,28	10,80	10,01	10,24	10,29	10,50	10,33
Décembre	-	11,20	10,27	10,24	10,21	10,49	10,29

Nous avons vu que, pour les couches considérées, le Léman est plus riche en oxygène que l'an passé; le Petit Lac, comme à l'accoutumée, l'étant plus que le Grand Lac.

L'amélioration affecte toutes les régions du lac sauf sur la rive valaisanne, où la différence n'est pas significative. En mai-juin seulement, hormis la partie nord orientale du lac, il y a régression dans les concentrations moyennes. L'élévation de concentration en oxygène dans les couches superficielles est bien entendu le corollaire de l'augmentation de l'activité planctonique en 1974.

7.2. Le taux de saturation en oxygène

Il y a eu 2'069 mesures calculées, dont la synthèse est donnée dans le tableau No 8.

7.2.1. Le Léman pris dans son ensemble

Le taux de saturation, exprimé en %, pour les quatre dernières années, est donné dans le tableau suivant :

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	83,6	80,2	77,5	79,3
Février	83,2	82,6	81,2	79,7
Mars	87,6	82,4	86,8	81,5
Avril	91,0	83,2	85,8	83,5
Mai	89,8	84,6	86,3	84,5
Juin	84,6	83,2	84,9	80,4
Juillet	85,2	82,5	80,1	79,4
Août	82,8	77,8	79,8	80,4
Septembre	76,1	75,7	77,3	75,8
Octobre	79,8	75,8	76,0	73,8
Novembre	80,4	78,0	77,1	76,7
Décembre	82,3	76,7	77,9	74,8
Moyenne	83,9	80,4	81,0	79,2

De 1973 à 1974, le taux de saturation en oxygène a baissé en moyenne de 81,0 à 79,2 %. Seuls les mois de janvier et d'août sont un peu meilleurs.

L'année 1974 est la plus mauvaise observée depuis 1957.

7.2.2. Evolution selon la profondeur

En 1974, le taux de saturation, à 300 m, a encore fortement diminué (de 37,8 % à 29 %). C'est le plus mauvais résultat de 18 ans d'étude, après celui de 1969 (27,0 %).

Les moyennes des quatre dernières années sont condensées dans le tableau du haut de la page suivante.

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Surface	116,2	105,0	109,2	112,0
5 m	109,9	102,5	105,1	110,6
10 m	99,0	99,3	98,5	101,1
20 m	90,6	94,1	91,7	93,1
30 m	87,7	90,9	90,3	91,9
40 m	85,8	87,9	88,8	90,4
50 m	84,8	86,8	87,9	89,2
100 m	82,3	80,0	85,3	83,9
150 m	80,1	74,7	77,2	73,6
200 m	77,3	67,9	65,1	60,0
250 m	75,8	64,2	57,9	47,0
300 m	61,3	46,1	37,8	29,0

7.2.3. Evolution dans le fond du lac

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	56,0 %	45,7 %	35,0 %	39,1 %
Février	47,2	62,1	47,0	35,7
Mars	73,0	44,8	46,1	36,2
Avril	77,3	46,7	49,3	31,3
Mai	75,1	55,0	46,2	35,4
Juin	71,7	49,4	43,7	30,3
Juillet	60,9	50,9	35,0	25,1
Août	55,8	45,4	27,4	35,6
Septembre	61,8	40,4	38,2	19,0
Octobre	48,4	34,6	21,7	18,5
Novembre	43,3	38,9	19,9	21,7
Décembre	54,7	33,8	36,2	20,9
Moyenne	61,3	46,1	37,8	29,0

Le tableau ci-dessus est très éloquent. Jamais, en 1974, le taux moyen de saturation n'a atteint 40 %. La moyenne annuelle tombe de 37,8 % en 1973 à 29,0 % en 1974, avec un minimum moyen de 18,5 % en octobre 1974. (Minimum absolu : 13,8 % en octobre au point SHL 2).

7.2.4. Les diverses régions du lac

Pour les profondeurs considérées, le Petit Lac est un peu plus saturé que le Grand Lac. Dans toutes les régions, le pourcentage augmente légèrement. Les concentrations diminuent en mai et juin dans le Grand Lac, en janvier, février et juin dans le Petit Lac. Le gain est spécialement marqué sur la rive NE. Les fluctuations superficielles sont la conséquence de deux causes inverses : activité de la photosynthèse et échauffement de l'eau.

Le taux maximum observé a été de 195,5 % en août à la station VD 3; il constitue un record absolu. Notons encore 180,2 % à la station VD P 5 en août. Dans le Petit Lac, nous trouvons 163,3 % au point GE 2.

Taux moyen en fonction de la profondeur

Profondeur	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Surface	112,8	117,9	110,8	107,0	111,3	114,5	112,0
5 m	110,0	114,5	110,4	103,1	110,3	111,6	110,6
10 m	99,9	105,1	98,9	99,3	100,3	104,1	101,1
20 m	92,4	95,3	91,7	92,7	92,5	95,5	93,1
30 m	91,2	93,5	90,1	92,4	91,2	94,3	91,9
40 m	90,8	93,4	88,9	89,7	90,2	91,1	90,4
50 m	89,5	93,9	88,5	88,3	80,4	88,2	89,2
Moyenne	98,1	101,8	96,4	95,4	97,1	99,9	97,7

Taux mensuel moyen (0 - 50 m)

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	87,3	92,7	91,1	92,4	91,3	92,8	91,6
Février	91,8	93,3	92,8	91,9	92,5	96,6	93,3
Mars	99,6	95,1	94,6	94,1	94,7	101,5	96,0
Avril	103,4	108,7	98,9	103,4	102,6	112,6	104,5
Mai	111,8	111,6	106,9	107,0	107,8	106,0	107,4
Juin	101,6	106,2	99,7	98,3	100,8	97,4	100,1
Juillet	105,0	104,8	100,5	96,4	100,8	103,0	101,2
Août	96,6	111,1	98,6	92,9	100,6	110,0	102,4
Septembre	97,2	97,1	97,8	89,0	94,3	95,6	94,5
Octobre	89,3	96,4	90,1	91,9	90,5	96,6	91,8
Novembre	95,2	99,5	92,1	93,8	94,6	95,8	94,9
Décembre	-	100,6	93,1	91,5	91,8	93,1	92,2

7.3. Conclusions

Comme prévu l'an passé, il n'y a pas d'amélioration quant au régime de l'oxygène. Hiver chaud, surproduction d'oxygène en surface, forte consommation en profondeur sans renouvellement sérieux sont l'image de la situation de 1974.

Cette année, la concentration, exprimée en moyenne pondérée, est de 8,99 mg/l, avec un taux de saturation de 79,2 % (respectivement 9,26 mg/l et 81 % en 1973) soit une dégradation.

Les seules améliorations sont constatées dans les couches superficielles, qui n'en ont guère besoin, alors que les deux tiers au moins du volume du lac voient leur déficit s'accroître.

En hiver, le lac a gagné 1,03 mg/l en moyenne, soit 8,5 % en taux de saturation seulement. En été, il a perdu 1,31 mg/l, soit 10,7 % du taux de saturation.

Ce déséquilibre apparaît nettement lorsqu'on considère qu'en moyenne de ces sept dernières années, le lac a perdu 0,1 mg/l par an, soit 0,7 mg/l en sept ans.

A nouveau, l'année 1974 a été déséquilibrée du point de vue de la provision annuelle d'oxygène, avec un déficit annuel de 25'000 tonnes. La provision annuelle moyenne n'est plus que de 799'000 tonnes, avec un minimum absolu de 738'000 tonnes. Tous chiffres records dans le déficit.

Le déficit des couches profondes augmente. En 1974, la concentration moyenne à 300 m n'est plus que de 3,43 mg/l - 29,0 % du taux de saturation - avec un minimum de 1,63 mg/l (13,8 %). Nous avons encore en 1973 une moyenne de 4,48 mg/l - 37,8 % du taux de saturation - avec un minimum de 1,64 mg/l (13,9 %).

Nous ne pensons pas que l'année 1975 sera meilleure. Comme à l'accoutumée, nos conclusions pour l'oxygène sont les suivantes :

" tout concourt à une dégradation de la provision d'oxygène: lac de grandes dimensions, donc ayant une grande inertie et réagissant lentement aux effets bénéfiques; grande profondeur ralentissant les échanges avec le fond; hiver chaud inhibant l'approvisionnement physique en oxygène des couches profondes; forte production planctonique en surface, d'où forte activité de la photosynthèse (inutile du reste pour l'approvisionnement du fond) et pour corollaire, forte consommation d'oxygène en profondeur pour la minéralisation de la matière organique".

8. EVOLUTION DE L'AZOTE

8.1. L'azote minéral total

Le tableau ci-dessous indique les tonnages mensuels moyens pour les quatre dernières années.

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Janvier	37'300	36'800	39'400	42'600
Février	37'400	36'500	38'300	40'500
Mars	34'300	36'200	36'200	43'000
Avril	36'600	34'300	36'400	40'700
Mai	33'100	35'800	35'500	40'100
Juin	34'700	36'800	37'100	39'400
Juillet	33'200	37'200	34'900	38'100
Août	33'400	35'800	39'500	40'900
Septembre	33'100	36'700	36'300	38'600
Octobre	32'300	35'400	37'700	38'200
Novembre	30'000	35'500	35'600	37'900
Décembre	34'800	37'300	36'500	43'400
Moyenne	34'200	36'100	36'900	40'300

La provision d'azote minéral est en hausse par rapport à 1973 pour tous les mois considérés, malgré une reprise de l'activité planctonique. Nous verrons plus loin quelles formes minérales de l'azote participent à cette augmentation.

8.2. L'azote ammoniacal

2'080 analyses ont été effectuées en 1974 (voir tableau No 9).

La concentration en azote ammoniacal s'accroît, ainsi que sa fréquence moyenne.

8.2.1. Fréquence de l'ammoniaque

Le nombre de cas où toute la colonne d'eau contient de l'ammoniaque a baissé en moyenne de 83 % en 1973 à 79 % en 1974. Il a passé dans le Grand Lac, respectivement de 85,5 % à 76 %, dans le Petit Lac, de 73 à 92 %.

Mais, dans le Grand Lac, l'absence d'ammoniaque dans toute la colonne d'eau n'a été constatée que 7 fois sur 205, soit 3,4 % des cas (4,8 % en 1973).

Dans le Petit Lac, cette situation ne s'est plus rencontrée.

Les pourcentages de présence d'ammoniaque dans les deux parties du lac figurent ci-dessous :

	Grand Lac	Petit Lac	Léman
1971	61 %	98 %	68 %
1972	80 %	69 %	78 %
1973	91 %	83 %	89 %
1974	90 %	97 %	91 %

Il y a stabilisation dans le Grand Lac, alors que l'aggravation du Petit Lac se poursuit, mais n'atteint pas encore le maximum de 1971.

Pour les cinq dernières années, les pourcentages de présence dans les diverses régions du Grand Lac ont été :

<u>Région</u>	1970	1971	1972	1973	1974
Rive sud-orientale	39 %	62 %	75 %	57,8 %	71,4 %
Rive nord-orientale	14 %	38 %	96 %	94,3 %	78,1 %
Axe Duchy-Evian	17 %	55 %	63 %	88,8 %	93,8 %
Axe Rolle-Thonon	24 %	58 %	73 %	97,7 %	95,3 %

Nous renonçons à donner un tableau des fréquences mensuelles, en mentionnant simplement qu'elles oscillent entre 79 % en janvier et 99 % en octobre, avec la moyenne annuelle de 91 %, comme en 1973.

8.2.2. Concentration moyenne de l'azote ammoniacal dans le Léman

Les deux tableaux du haut de la page suivante donnent les moyennes mensuelles pour les quatre dernières années.

En moyenne arithmétique, la concentration est en hausse de 19 % depuis l'an passé (0,031 mg/l en 1974 contre 0,026 en 1973). Cette hausse est de 41 % depuis 1971 (0,022).

La moyenne pondérée est bien sûr plus faible, puisque la production d'ammoniaque est un phénomène surtout superficiel, lié au métabolisme de l'azote. Elle est en hausse de 12 % (0,019 mg/l en 1974 contre 0,017 en 1973).

Cette hausse est de 58 % depuis 1971 (0,012), par suite d'une modification survenue dans la répartition.

Moyennes arithmétiques

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,013	0,015	0,027	0,037
Février	0,022	0,016	0,016	0,028
Mars	0,010	0,023	0,011	0,019
Avril	0,014	0,017	0,012	0,030
Mai	0,046	0,032	0,034	0,055
Juin	0,034	0,035	0,040	0,034
Juillet	0,019	0,023	0,024	0,019
Août	0,015	0,030	0,030	0,039
Septembre	0,014	0,026	0,025	0,020
Octobre	0,019	0,028	0,039	0,033
Novembre	0,012	0,016	0,035	0,032
Décembre	0,020	0,014	0,019	0,032
Moyenne	0,022	0,023	0,026	0,031

Moyennes pondérées

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,005	0,013	0,022	0,023
Février	0,009	0,015	0,012	0,021
Mars	0,009	0,015	0,010	0,013
Avril	0,023	0,010	0,009	0,018
Mai	0,023	0,017	0,018	0,023
Juin	0,016	0,022	0,026	0,019
Juillet	0,011	0,020	0,018	0,013
Août	0,009	0,022	0,018	0,022
Septembre	0,008	0,020	0,016	0,013
Octobre	0,011	0,018	0,021	0,019
Novembre	0,010	0,012	0,021	0,020
Décembre	0,016	0,007	0,014	0,029
Moyenne	0,012	0,016	0,017	0,019

L'augmentation n'est pas uniforme dans l'année. Il y a baisse en juin, juillet, septembre, octobre et novembre. On notera la concentration record en moyenne arithmétique de 0,055 mg/l en mai et celle de 0,029 mg/l en moyenne pondérée en décembre.

8.2.3. Tonnages mensuels d'ammoniaque

Nous noterons simplement que l'ammoniaque a augmenté d'environ 200 tonnes, ayant passé de 1'521 tonnes en 1973 à 1'712 tonnes en 1974, près de 600 tonnes depuis 1971 (1'121 tonnes, soit 58 %).

Le record absolu de l'année (2'543 tonnes en décembre) est le 2^e maximum absolu, après les 2'860 tonnes de 1970.

Rappelons qu'il s'agit d'une augmentation de 1'600 % par rapport à 1957 et de 242 % depuis 1967.

8.2.4. Evolution en fonction de la profondeur

Le tableau ci-dessous donne les moyennes des quatre dernières années.

Prof.	1971	1972	1973	1974
Surface	0,025	0,029	0,029	0,041
5 m	0,043	0,038	0,037	0,057
10 m	0,030	0,032	0,037	0,046
20 m	0,026	0,025	0,032	0,034
30 m	0,022	0,020	0,025	0,027
40 m	0,017	0,019	0,021	0,026
50 m	0,020	0,019	0,022	0,023
100 m	0,005	0,012	0,011	0,010
150 m	0,005	0,010	0,010	0,009
200 m	0,009	0,015	0,012	0,013
250 m	0,004	0,008	0,008	0,011
300 m	0,004	0,011	0,011	0,017

L'augmentation moyenne de la concentration affecte surtout les couches superficielles, de 0 à 50 m, et les couches profondes de 200 à 300 m (accumulation! ou réduction de l'azote ?). Entre 100 et 200 m, au contraire, la concentration est très légèrement inférieure à celle de 1973.

Concentration en fonction de la profondeur, mg N/l. Moyenne de 12 mois

Profondeur	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	0,067	0,039	0,022	0,022	0,030	0,079	0,041
5 m	0,086	0,041	0,028	0,041	0,045	0,100	0,057
10 m	0,063	0,050	0,031	0,030	0,038	0,082	0,046
20 m	0,055	0,028	0,019	0,023	0,026	0,065	0,034
30 m	0,056	0,017	0,012	0,019	0,019	0,056	0,027
40 m	0,049	0,012	0,022	0,012	0,018	0,053	0,026
50 m	0,041	0,014	0,012	0,010	0,015	0,072	0,023
Moyenne	0,059	0,028	0,020	0,021	0,026	0,071	0,035

Concentrations mensuelles. Moyennes de 0 à 50 m

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	0,061	0,005	0,007	0,006	0,013	0,159	0,041
Février	0,072	0,005	0,014	0,011	0,018	0,077	0,030
Mars	0,101	0,014	0,007	0,015	0,022	0,012	0,020
Avril	0,093	0,012	0,015	0,025	0,026	0,064	0,033
Mai	0,047	0,105	0,042	0,054	0,060	0,082	0,064
Juin	0,006	0,037	0,037	0,029	0,030	0,070	0,037
Juillet	0,000	0,021	0,022	0,026	0,020	0,019	0,020
Août	0,027	0,035	0,017	0,033	0,026	0,116	0,043
Septembre	0,007	0,018	0,016	0,015	0,015	0,055	0,022
Octobre	0,150	0,029	0,011	0,017	0,032	0,064	0,038
Novembre	0,091	0,028	0,035	0,011	0,031	0,062	0,037
Décembre	-	0,000	0,020	0,012	0,016	0,074	0,034

Le Petit Lac est responsable d'une partie de l'augmentation moyenne de la concentration du Léman. En moyenne annuelle, toujours plus riche à toutes profondeurs que le Grand Lac, il a augmenté de 29 % sa concentration par rapport à 1973 et de 153 % par rapport à 1972; 0,028 mg N/l en 1972, 0,055 mg N/l en 1973, 0,071 mg N/l en 1974. L'augmentation a affecté toutes les profondeurs, et huit mois sur douze (sauf juillet, septembre, octobre et novembre).

A noter le minimum moyen de 0,012 mg/l et les concentrations particulièrement élevées de janvier - 0,159 mg N/l - et d'août - 0,116 mg/l -, chiffres records.

Quant au Grand Lac, il semble que la situation, exprimée en concentration, se soit moins aggravée en 1974, avec une concentration passant de 0,022 mg/l en 1973 à 0,026 mg/l en 1974, accroissement affectant surtout les couches superficielles de l'eau. Ceci est en accord avec la topographie différente du Grand Lac par rapport au Petit Lac.

Notons une aggravation nette sur la rive sud-orientale, (0,059 mg N/l en 1974 contre 0,027 mg N/l en 1973), ceci à toutes profondeurs.

Très faible amélioration sur la rive nord orientale du lac, malgré une aggravation sensible de 0 - 10 m.

Sur l'axe Ouchy-Evian, la concentration moyenne a passé de 0,015 mg/l en 1972 et 0,017 mg/l en 1973 à 0,020 mg/l en 1974. Même phénomène sur l'axe Rolle-Thonon : 0,018 mg/l en 1972 et en 1973, 0,021 mg/l en 1974.

8.2.6. Conclusions

Nous ne pouvons que répéter les conclusions de l'année passée.

La situation très mauvaise de 1973 ne s'est pas améliorée. L'ammoniaque est de plus en plus fréquent un peu partout et en toute saison, sa concentration, son tonnage augmentent. Le Petit Lac a continué à se détériorer. Dans le Grand Lac, seule la rive N-E marque un très léger progrès.

Pour la grande masse du Grand Lac, la situation a empiré: par une aggravation sur l'axe Ouchy-Evian et plus encore sur celui de Rolle-Thonon.

La fréquence de l'ammoniaque a passé de 68 % en 1971 à 78 % en 1972, à 91 % en 1973 et 1974. En moyenne arithmétique, la concentration est en hausse de 19 % (0,031 mg N/l en 1974 contre 0,026 mg N/l en 1973). La moyenne pondérée a augmenté en février, mars, avril, mai, août et décembre. Elle a passé de 0,017 mg/l en 1973 à 0,019 mg/l en 1974 (hausse de 12 % en un an, mais de 58 % en 3 ans).

Le tonnage moyen atteint le chiffre de 1'712 tonnes avec le second maximum mensuel absolu de 2'543 tonnes.

Le métabolisme naturel de l'azote se déroule de plus en plus anormalement, car une bonne partie de l'ammoniaque est manifestement d'origine autochtone.

8.3. L'azote nitreux

(voir tableau No 10)

2'082 mesures de concentration ont été effectuées en 1974. Bien qu'étant en concentration non dangereuse, les nitrites constituent un excellent indicateur de l'état du pouvoir auto-épuration du lac.

8.3.1. Fréquence de l'azote nitreux en %

Elle est donnée dans le tableau ci-dessous pour les 3 dernières années :

Mois	Grand Lac			Petit Lac			Léman		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974	1972	1973	1974
Janv.	50	91	63	81	100	97	55	92	69
Févr.	69	42	56	100	97	72	74	52	58
Mars	71	59	91	100	100	100	76	66	92
Avril	73	70	86	97	100	100	77	75	92
Mai	82	92	95	100	100	100	85	93	96
Juin	73	98	74	94	100	56	76	98	71
Juillet	89	88	97	100	100	84	91	90	95
Août	82	73	82	100	97	81	85	77	81
Sept.	94	72	85	100	100	63	95	77	81
Oct.	74	83	86	94	97	100	77	86	89
Nov.	71	90	95	97	97	100	76	92	96
Déc.	100	82	54	100	97	100	93	85	66
Moy.	76	78	80	97	99	88	80	82	82

L'azote nitreux est de plus en plus fréquent dans le Grand Lac. Dans le Petit Lac, par contre, la fréquence a notablement diminué, particulièrement en février, juin et septembre.

8.3.2. Concentrations moyennes des nitrites dans l'ensemble du lac

Les deux tableaux suivants donnent une synthèse des moyennes enregistrées de 1971 à 1974.

Moyennes arithmétiques

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,002	0,001	0,002	0,001
Février	0,002	0,001	0,001	0,001
Mars	0,002	0,001	0,001	0,002
Avril	0,002	0,002	0,001	0,003
Mai	0,004	0,005	0,005	0,006
Juin	0,004	0,003	0,012	0,005
Juillet	0,002	0,005	0,006	0,006
Août	0,001	0,003	0,003	0,003
Septembre	0,002	0,005	0,002	0,004
Octobre	0,004	0,006	0,005	0,003
Novembre	0,003	0,002	0,003	0,004
Décembre	0,002	0,004	0,002	0,001
Moyenne	0,002	0,003	0,004	0,003

Moyennes pondérées

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,002	0,001	0,002	0,001
Février	0,001	0,001	0,001	0,001
Mars	0,001	0,001	0,001	0,001
Avril	0,001	0,001	0,001	0,002
Mai	0,002	0,002	0,003	0,004
Juin	0,002	0,002	0,008	0,002
Juillet	0,001	0,002	0,003	0,004
Août	0,001	0,001	0,002	0,003
Septembre	0,002	0,002	0,001	0,002
Octobre	0,002	0,003	0,003	0,002
Novembre	0,002	0,001	0,002	0,002
Décembre	0,002	0,002	0,001	0,001
Moyenne	0,002	0,002	0,002	0,002

En moyenne arithmétique, par rapport à 1973, 4 moyennes mensuelles montrent une diminution, 5 une augmentation, les trois autres étant inchangées. La moyenne annuelle passe de 0,004 à 0,003 mg/l.

En moyenne pondérée, il n'y a guère de changement. De toute manière, les concentrations restent faibles.

8.3.3. Tonnages mensuels moyens

Ils passent du maximum moyen absolu de 207 tonnes en 1973 à 178 tonnes en 1974. Les fluctuations mensuelles sont nettement moins marquées qu'en 1973. Le maximum, 340 tonnes en mai 1974, était de 732 tonnes en juin 1973 (record absolu). La valeur de 1974 reste cependant supérieure à celles de 1971 et de 1972 (respectivement 146 et 149 tonnes).

8.3.4. Evolution en fonction de la profondeur

Prof.	1971	1972	1973	1974
Surface	0,003	0,005	0,003	0,005
5 m	0,003	0,005	0,004	0,005
10 m	0,003	0,005	0,005	0,006
20 m	0,003	0,004	0,005	0,003
30 m	0,002	0,003	0,004	0,002
40 m	0,002	0,002	0,004	0,002
50 m	0,002	0,002	0,003	0,002
100 m	0,001	0 *	0,001	0,001
150 m	0,001	0 *	0,001	0,001
200 m	0,001	0,001	0,002	0,002
250 m	0,001	0,001	0,001	0,001
300 m	0,002	0,002	0,003	0,001

* la valeur 0 signifie inférieure à 0,0005 mg N/l

Par rapport à 1973, la concentration augmente de 0 à 10 m, diminue dans les couches de 20 à 50 m. Il y a peu de modifications visibles en dessous, à part l'abaissement au fond du lac.

8.3.5. Les diverses régions du lac

Sans entrer dans les détails, on fait les constatations suivantes par rapport à 1973 :

Dans le Petit Lac, la concentration passe de 0,003 à 0,004 mg/l, augmentant à la surface de 0 à 10 m, diminuant de 20 à 50 m.

Dans le Grand Lac, au contraire, la concentration passe de 0,004 mg/l en 1973 à 0,003 mg/l, avec même processus d'augmentation en surface et diminution en profondeur. Ce processus s'observe du reste dans tout le lac, sauf sur la rive S-E, où les concentrations ont diminué de moitié (de 0,006 mg/l à 0,003 mg/l) depuis l'an passé, à toute profondeur.

8.3.6. Conclusions

La concentration moyenne des nitrites s'est stabilisée en 1974. Leur fréquence a diminué dans toutes les régions, sauf dans le Petit Lac où elle a augmenté.

Quant aux tonnages, la moyenne annuelle est redescendue de 207 à 187 tonnes, et le maximum mensuel de 732 à 340 tonnes. Jusqu'à maintenant, cette diminution des nitrites est le seul facteur réjouissant.

8.4. L'azote nitrique

2'082 analyses ont été effectuées en 1974. Le tableau No 11 en donne la synthèse.

8.4.1. Concentrations moyennes dans le Léman

Moyennes arithmétiques

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,34	0,35	0,38	0,41
Février	0,34	0,36	0,40	0,41
Mars	0,37	0,34	0,39	0,44
Avril	0,32	0,31	0,36	0,37
Mai	0,27	0,30	0,28	0,33
Juin	0,30	0,31	0,30	0,35
Juillet	0,26	0,29	0,29	0,32
Août	0,25	0,27	0,32	0,32
Septembre	0,26	0,28	0,28	0,34
Octobre	0,25	0,26	0,31	0,35
Novembre	0,26	0,32	0,30	0,37
Décembre	0,32	0,32	0,35	0,44
Moyenne	0,29	0,31	0,33	0,37

Moyennes pondérées

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,41	0,40	0,42	0,46
Février	0,41	0,39	0,42	0,43
Mars	0,38	0,39	0,40	0,47
Avril	0,39	0,38	0,40	0,44
Mai	0,35	0,38	0,38	0,42
Juin	0,37	0,39	0,38	0,42
Juillet	0,26	0,40	0,37	0,41
Août	0,36	0,38	0,42	0,44
Septembre	0,36	0,39	0,39	0,42
Octobre	0,35	0,38	0,40	0,41
Novembre	0,33	0,39	0,38	0,40
Décembre	0,37	0,41	0,40	0,46
Moyenne	0,37	0,39	0,40	0,43

Entre 1971 et 1973, nous avons constaté une augmentation régulière des nitrates, surtout dans les zones superficielles. En 1974, cette augmentation s'accroît nettement. Les relevés mensuels montrent une augmentation 11 fois sur 12, en moyennes arithmétiques, et 12 fois sur 12 en moyennes pondérées. La moyenne arithmétique est de 0,37 mg N/l en 1974, oscillant entre 0,32 mg/l en juillet et août et 0,44 mg N/l en mars et décembre. La moyenne pondérée est plus élevée, car elle donne moins de poids aux couches superficielles naturellement appauvries. Elle est de 0,43 mg N/l, oscillant entre 0,40 en novembre et 0,46 en janvier et décembre.

8.4.2. Tonnage annuel moyen

Il découle des observations ci-dessus que le tonnage annuel moyen passe à 38'400 tonnes, oscillant entre 41'700 tonnes en mars et 36'000 tonnes en novembre au gré notamment de l'activité phytoplanctonique. L'augmentation en 1974 est de 9 % par rapport à 1973 et de 17 % par rapport à 1971.

8.4.3. Evolution en fonction de la profondeur

Prof.	1971	1972	1973	1974
Surface	0,15	0,22	0,21	0,27
5 m	0,18	0,22	0,23	0,27
10 m	0,19	0,23	0,25	0,30
20 m	0,28	0,28	0,33	0,37
30 m	0,33	0,32	0,36	0,40
40 m	0,36	0,35	0,38	0,41
50 m	0,38	0,36	0,39	0,42
100 m	0,40	0,42	0,41	0,46
150 m	0,41	0,44	0,44	0,47
200 m	0,40	0,44	0,44	0,47
250 m	0,43	0,47	0,47	0,49
300 m	0,45	0,49	0,48	0,49

Entre 1972 et 1973, on constatait une augmentation de la concentration entre 5 et 50 m de profondeur et une certaine stabilisation dans les couches profondes.

Entre 1973 et 1974, l'augmentation est générale et très nette, à toutes les profondeurs.

L'amplitude moyenne entre la surface et le fond passe de 0,27 mg/l (en 1972 et 1973) à 0,22 mg/l en 1974.

Pour les mois d'été, les concentrations moyennes pour l'ensemble du lac ont été :

	Juillet			Août			Septembre		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974	1972	1973	1974
0 m	0,12	0,04	0,10	0,06	0,04	0,06	0,12	0,05	0,13
5 m	0,14	0,08	0,13	0,06	0,05	0,07	0,14	0,05	0,13
10 m	0,18	0,13	0,17	0,08	0,14	0,16	0,16	0,09	0,18

Les nitrates semblent avoir été moins mis à contribution en 1974 qu'en 1973. Mais il faut dire qu'ils étaient en plus fortes concentrations au départ. La comparaison avec 1972 ne donne pas de renseignements caractéristiques. Le maximum de l'année a été de 0,63 mg/l en avril à la station CRG 22 (Grand Lac) et de 0,69 mg/l dans la rade de Genève en juin.

8.4.4. Répartition régionale de l'azote nitrique en 1974

Concentration en fonction de la profondeur

Moyenne 12 mois

mg N/l

Profondeur	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Surface	0,22	0,22	0,26	0,26	0,25	0,36	0,27
5 m	0,24	0,23	0,26	0,25	0,24	0,37	0,27
10 m	0,28	0,24	0,30	0,28	0,28	0,38	0,30
20 m	0,33	0,31	0,38	0,34	0,35	0,45	0,37
30 m	0,35	0,34	0,41	0,37	0,38	0,46	0,40
40 m	0,35	0,36	0,42	0,39	0,39	0,47	0,41
50 m	0,33	0,35	0,42	0,40	0,39	0,55	0,42
Moyenne	0,30	0,29	0,36	0,34	0,33	0,43	0,35

La concentration en azote nitrique augmente dans toutes les régions, sauf dans les couches profondes des rives S-E et N-E. L'augmentation est particulièrement importante dans le Petit Lac (0,32 mg/l en 1973; 0,43 mg/l en 1974) soit 34 %.

Concentrations mensuelles, moyennes de 0 à 50 m

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Évian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	0,39	0,28	0,41	0,38	0,37	0,51	0,40
Février	0,41	0,30	0,40	0,38	0,37	0,53	0,40
Mars	0,27	0,37	0,45	0,40	0,41	0,56	0,44
Avril	0,35	0,31	0,40	0,31	0,36	0,31	0,35
Mai	0,26	0,33	0,30	0,27	0,30	0,35	0,31
Juin	0,33	0,25	0,33	0,32	0,31	0,46	0,34
Juillet	0,20	0,25	0,29	0,29	0,27	0,39	0,30
Août	0,18	0,23	0,32	0,26	0,27	0,35	0,29
Septembre	0,25	0,30	0,31	0,32	0,30	0,38	0,32
Octobre	0,26	0,27	0,35	0,32	0,31	0,40	0,33
Novembre	0,37	0,34	0,35	0,36	0,35	0,43	0,36
Décembre	-	0,38	0,40	0,41	0,41	0,47	0,43

8.4.5. Conclusions

La concentration a un peu diminué sur les rives S-E et N-E de janvier à août pour dépasser celle de 1973 dès le mois de septembre.

Pour toutes les autres régions, la concentration dépasse celle de l'an passé. La concentration moyenne actuelle est de 0,37 mg/l en moyenne arithmétique ou 0,43 mg/l en moyenne pondérée, contre respectivement 0,33 mg/l et 0,40 mg/l en 1973. La situation continue donc à se détériorer.

Les tonnages atteignent la moyenne record de 38'400 tonnes. Rappelons qu'ils étaient de l'ordre de 29'000 ou 30'000 tonnes en 1967 et 1969, d'où une augmentation de 30 % en moyenne en 5 ou 7 ans.

8.5. L'azote organique

Les mesures effectuées à la station SHL 2 par la méthode de Kjeldahl permettent de se faire une idée sur la teneur en azote organique du lac. Les valeurs moyennes de 1974 et 1973 sont assez semblables (respectivement 0,124 mg N/l et 0,126 mg/l) avec des variations entre 0,066-0,067 pendant l'hiver (février) et 0,223 en juin 1973 et 0,158 en décembre 1974.

De manière tout à fait logique, l'azote organique est abondant dans la zone trophogène pour diminuer progressivement en zone tropholytique, mais de manière irrégulière suivant les saisons. On observe une légère accumulation dans le fond du lac.

8.6. Azote total

Si l'on se base sur les valeurs de la station SHL 2, on observe un tonnage moyen de 51'000 tonnes en 1973 et 52'300 tonnes en 1974, variant entre 48'000 et 56'000 tonnes. A notre avis cette extrapolation prise sur un point profond donne une valeur incertaine. Mais si l'on calcule la différence entre azote total et azote organique, on obtient un résultat moyen de 41'000 tonnes environ, ce qui n'est pas loin des 40'300 tonnes annoncées sous chiffre 7.1., compte tenu de l'ampleur de l'extrapolation.

8. EVOLUTION DU PHOSPHORE

(voir tableau 12, 13 et 14)

9.1. Les orthophosphates

Nous disposons de 2'068 résultats analytiques.

9.1.1 Le Léman pris dans son ensemble

Selon le tableau No 12, la concentration des orthophosphates est de 0,049 mg P/l en moyenne annuelle arithmétique et de 0,064 mg/l en moyenne pondérée. Comme à l'accoutumée, la concentration est minima dans les couches superficielles - un peu plus faible qu'en 1973, (respectivement 0,032, 0,033 et 0,035 mg/l à 0 m, 5 m et 10 m de profondeur) -, et maxima à 300 m (0,107 mg/l).

Les orthophosphates n'ont jamais totalement disparu du lac, ni en 1973 du reste, alors que cela avait été constaté en 1972.

Evolution en fonction de la profondeur, moyennes arithmétiques

Profondeur	1972	1973	1974
Surface	0,029	0,040	0,032
5 m	0,029	0,036	0,033
10 m	0,032	0,040	0,035
20 m	0,036	0,050	0,045
30 m	0,043	0,058	0,051
40 m	0,048	0,060	0,053
50 m	0,052	0,061	0,057
100 m	0,059	0,067	0,065
150 m	0,063	0,073	0,072
200 m	0,070	0,084	0,082
250 m	0,078	0,082	0,089
300 m	0,113	0,106	0,107

Evolution mensuelle mg P/l

Mois	Moyennes arithmétiques			Moyennes pondérées		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974
Janvier	0,046	0,060	0,053	0,056	0,073	0,061
Février	0,053	0,063	0,059	0,062	0,066	0,071
Mars	0,044	0,062	0,056	0,052	0,067	0,064
Avril	0,039	0,062	0,051	0,051	0,067	0,063
Mai	0,043	0,051	0,045	0,054	0,066	0,061
Juin	0,046	0,059	0,053	0,058	0,071	0,065
Juillet	0,043	0,045	0,044	0,063	0,063	0,063
Août	0,037	0,046	0,035	0,055	0,062	0,057
Septembre	0,041	0,039	0,044	0,057	0,057	0,062
Octobre	0,040	0,045	0,045	0,062	0,062	0,066
Novembre	0,045	0,055	0,049	0,059	0,072	0,068
Décembre	0,038	0,064	0,058	0,060	0,077	0,071
Moyenne	0,043	0,054	0,049	0,057	0,067	0,064

Les variations par rapport à 1973 sont données dans les 2 tableaux de la page 42.

Nous constatons que la concentration a légèrement baissé, à toute profondeur, sauf à 300 m où elle a très faiblement augmenté. Cette baisse se chiffre, dans le métalimnion à 0,005, 0,007 et 0,007 mg P/l aux profondeurs respectives de 20 m, 30 m et 40 m. Elle est de 0,005 mg/l en moyenne arithmétique et de 0,003 mg/l en moyenne pondérée. A 300 m de profondeur, la concentration est pratiquement stationnaire (0,107 contre 0,106 mg/l).

En moyenne arithmétique, les concentrations diminuent onze mois sur douze. Seul octobre donne un résultat identique les deux années.

En moyenne pondérée, diminution des concentrations 8 fois, augmentation 3 fois et statu quo une fois sur 12 mesures.

Le rapport orthophosphates/phosphore total, exprimé en moyenne arithmétique, est de 70 %. Exprimé en moyenne pondérée, il est de 80 %, alors qu'en 1973, il était de 81 % et en 1972 de 80 %. Ce rapport est donc remarquablement constant ces trois dernières années.

Le rapport orthophosphates/phosphore total, exprimé en % à la surface et au fond du lac, est donné ci-dessous.

Rapport Orthophosphates / Phosphore total exprimé en %

Mois	Surface			Fond		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974
Janvier	80	84	72	90	91	92
Février	75	87	75	88	94	79
Mars	61	82	69	78	94	88
Avril	57	80	54	95	95	91
Mai	54	51	42	96	96	91
Juin	60	71	54	89	93	81
Juillet	22	30	29	81	93	98
Août	26	27	23	87	91	94
Septembre	51	32	27	93	56	80
Octobre	51	50	60	92	75	91
Novembre	70	61	67	87	91	94
Décembre	61	72	69	85	87	90
Moyenne	58	65	53	88	89	89

En moyenne annuelle, en surface, ce rapport a passé de 58 % en 1972 à 65 % en 1973 et à 53 % en 1974. Ce pourcentage passe progressivement d'un niveau très élevé en hiver à un niveau très bas au gros de l'été. L'utilisation saisonnière du phosphore par le phytoplancton, relevée dans le rapport 1973, se confirme.

Dans les couches profondes -300 m - le rapport P minéral/P total présente moins de fluctuations d'un mois à l'autre, avec un minimum de 79 % en février et un maximum de 94 % en novembre et août.

9.1.2. Les tonnages

Ils figurent dans le tableau ci-dessous :

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	2'900	5'000	6'500	5'500
Février	3'800	5'500	5'800	6'300
Mars	4'000	4'700	5'900	5'700
Avril	3'900	4'600	5'920	5'600
Mai	3'900	4'800	5'850	5'500
Juin	4'000	5'100	6'300	5'800
Juillet	3'700	5'600	5'600	5'600
Août	4'100	4'900	5'600	5'000
Septembre	4'400	5'100	5'100	5'500
Octobre	4'500	5'500	5'500	5'900
Novembre	6'100	5'200	6'400	6'100
Décembre	4'400	5'300	6'800	6'300
Moyenne	4'100	5'100	6'000	5'700

Le tonnage moyen s'est élevé à 5'700 tonnes, en régression de 300 tonnes sur celui de 1973 qui était un maximum absolu. Le minimum mensuel moyen est de 5'000 tonnes en août, le maximum de 6'300 tonnes en février et en décembre. Par rapport à l'année précédente, le tonnage est supérieur trois mois sur douze (soit février, septembre et octobre), inchangé une fois (juillet) et inférieur les huit autres mois.

9.1.3. Les diverses régions du lac en 1974

Prof.	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Surface	0,037	0,028	0,032	0,029	0,032	0,032	0,032
5 m	0,038	0,030	0,031	0,029	0,032	0,036	0,033
10 m	0,038	0,032	0,033	0,034	0,035	0,037	0,035
20 m	0,037	0,041	0,046	0,045	0,045	0,047	0,045
30 m	0,044	0,047	0,054	0,049	0,051	0,050	0,051
40 m	0,044	0,050	0,056	0,053	0,053	0,055	0,053
50 m	0,044	0,052	0,061	0,058	0,057	0,062	0,057
Moyenne	0,040	0,041	0,046	0,044	0,044	0,045	0,044

Comparons avec les résultats 1973 :

Pour l'ensemble du Léman, la concentration moyenne a baissé de 0,050 à 0,044 mg P/l. Cette baisse est sensible dans le Grand Lac (de 0,051 à 0,044 mg P/l), plus faible dans le Petit Lac (de 0,047 à 0,045 mg P/l). Dans le Grand Lac seule la rive S-E présente une augmentation de la concentration (de 0,031 à 0,040 mg P/l).

La plus forte concentration se rencontre sur l'axe Ouchy-Evian (0,046 mg P/l). Il y a donc pratiquement diminution de concentration à toute profondeur (de 0 à 50 m) et tous les mois de l'année sauf sur la rive S-E où il y a augmentation générale et sur l'axe Ouchy-Evian qui donne des résultats quasi semblables à ceux de 1973.

Moyennes mensuelles de 0 à 50 m

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	0,060	0,050	0,051	0,047	0,050	0,050	0,050
Février	0,049	0,051	0,056	0,056	0,055	0,052	0,055
Mars	0,042	0,052	0,060	0,052	0,055	0,046	0,053
Avril	0,047	0,042	0,049	0,052	0,048	0,045	0,048
Mai	0,034	0,044	0,043	0,037	0,041	0,035	0,040
Juin	0,046	0,045	0,046	0,049	0,047	0,061	0,050
Juillet	0,029	0,037	0,047	0,037	0,041	0,029	0,039
Août	0,033	0,016	0,034	0,020	0,027	0,033	0,028
Sept.	0,043	0,036	0,035	0,037	0,037	0,046	0,039
Octobre	0,020	0,033	0,040	0,037	0,037	0,045	0,038
Novembre	0,041	0,041	0,044	0,041	0,043	0,045	0,043
Décembre	-	0,049	0,047	0,051	0,050	0,055	0,051

Pour la couche supérieure de 0 à 50 m, la concentration moyenne a passé de 0,039 mg/l en 1972 à 0,050 mg/l en 1973 et à 0,044 mg/l en 1974, soit une augmentation de 28 % de 1972 à 1973 et une diminution de 12 % de 1973 à 1974.

9.2. Le phosphore organique

Il représente la différence entre le phosphore total et les orthophosphates.

9.2.1. Le Léman pris dans son ensemble

(voir tableau No 13)

La concentration en phosphore organique diminue tout naturellement en fonction de la profondeur. La concentration moyenne est de 0,021 mg P/l en moyenne arithmétique et de 0,015 mg/l en moyenne pondérée avec des variations entre, respectivement, 0,016 et 0,026 mg P/l; 0,013 et 0,022 mg P/l. Par rapport aux deux années précédentes, nous obtenons les différences suivantes : en moyenne arithmétique :

Profondeur	1971	1972	1973	1974
Surface	0,030	0,022	0,022	0,024
5 m	0,031	0,026	0,022	0,029
10 m	0,027	0,022	0,020	0,023
20 m	0,025	0,019	0,019	0,022
30 m	0,024	0,019	0,018	0,022
40 m	0,025	0,018	0,018	0,020
50 m	0,023	0,018	0,016	0,020
100 m	0,014	0,011	0,012	0,012
150 m	0,014	0,010	0,012	0,011
200 m	0,014	0,010	0,018	0,010
250 m	0,022	0,013	0,011	0,009
300 m	0,019	0,016	0,014	0,013

Variations mensuellesMoyennes arithmétiques

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,038	0,010	0,013	0,019
Février	0,032	0,014	0,009	0,016
Mars	0,017	0,024	0,010	0,020
Avril	0,027	0,021	0,013	0,023
Mai	0,021	0,018	0,017	0,023
Juin	0,027	0,017	0,018	0,022
Juillet	0,026	0,041	0,022	0,024
Août	0,032	0,016	0,027	0,025
Septembre	0,019	0,014	0,026	0,026
Octobre	0,021	0,015	0,026	0,016
Novembre	0,019	0,015	0,019	0,018
Décembre	0,018	0,021	0,021	0,018
Moyenne	0,025	0,019	0,018	0,021

Moyennes pondérées

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,036	0,009	0,013	0,013
Février	0,021	0,009	0,007	0,013
Mars	0,014	0,019	0,010	0,015
Avril	0,020	0,014	0,011	0,016
Mai	0,020	0,011	0,010	0,015
Juin	0,020	0,014	0,016	0,017
Juillet	0,020	0,035	0,016	0,014
Août	0,019	0,012	0,019	0,017
Septembre	0,014	0,010	0,030	0,022
Octobre	0,011	0,013	0,019	0,014
Novembre	0,017	0,011	0,014	0,014
Décembre	0,015	0,016	0,020	0,015
Moyenne	0,019	0,014	0,015	0,015

La concentration moyenne en phosphore organique passe, en moyenne arithmétique, de 0,019 mg/l, en 1972, à 0,018 en 1973 et 0,021 en 1974 (respectivement 0,014, 0,015 et 0,015 en moyenne pondérée). Cette évolution n'est pas systématique.

En 1974, le phosphore organique représente 42 % du phosphore total à la surface de l'eau, et 11 % à 300 m de profondeur, montrant les progrès de la minéralisation des composés phosphorés.

Rapport P organique / P totalSurface

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	68 %	20 %	16 %	28 %
Février	54	25	13	26
Mars	30	39	18	31
Avril	70	43	20	46
Mai	81	46	49	58
Juin	68	40	29	47
Juillet	90	78	70	71
Août	87	74	73	77
Septembre	73	49	68	76
Octobre	81	49	50	40
Novembre	37	30	32	33
Décembre	33	38	28	29
Moyenne	63	42	35	42

Fond

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	66 %	10 %	9 %	8 %
Février	4	12	6	21
Mars	16	22	6	12
Avril	8	5	5	9
Mai	25	4	4	9
Juin	25	11	7	19
Juillet	26	19	7	3
Août	15	13	9	6
Septembre	11	7	44	20
Octobre	21	8	25	9
Novembre	23	13	9	6
Décembre	27	15	13	10
Moyenne	22	12	11	11

9.2.2. Les tonnages

Leur évolution est indiquée dans le tableau du haut de la page suivante.

Le tonnage du P organique a sensiblement augmenté, par rapport à 1973, de janvier à juin, de même qu'en novembre. Il a par contre fortement baissé les autres mois. Finalement, la moyenne annuelle reste inchangée. Le maximum est atteint en septembre (1'990 tonnes), le minimum en février (1'110 tonnes).

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	3'150	830	1'120	1'200
Février	1'910	760	650	1'110
Mars	1'270	1'680	860	1'340
Avril	1'800	1'250	980	1'410
Mai	1'800	990	920	1'300
Juin	1'760	1'230	1'440	1'500
Juillet	1'800	3'160	1'420	1'220
Août	2'550	1'060	1'720	1'540
Septembre	1'300	920	2'700	1'990
Octobre	1'030	1'140	1'650	1'200
Novembre	1'520	1'000	1'220	1'270
Décembre	1'260	1'410	1'750	1'320
Moyenne	1'810	1'290	1'370	1'370

9.2.3. Les diverses régions du lac (de 0 à 50 m de profondeur)

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	0,040	0,025	0,013	0,017	0,020	0,022	0,021
Février	0,012	0,019	0,017	0,018	0,015	0,027	0,018
Mars	0,050	0,022	0,014	0,015	0,020	0,028	0,022
Avril	0,021	0,029	0,019	0,031	0,024	0,029	0,025
Mai	0,038	0,018	0,022	0,021	0,022	0,040	0,026
Juin	0,062	0,023	0,013	0,019	0,024	0,018	0,023
Juillet	0,072	0,024	0,015	0,018	0,024	0,040	0,028
Août	0,031	0,035	0,017	0,033	0,025	0,039	0,028
Septembre	0,074	0,013	0,020	0,024	0,026	0,031	0,027
Octobre	0,016	0,017	0,011	0,019	0,015	0,022	0,016
Novembre	0,050	0,015	0,012	0,015	0,018	0,025	0,019
Décembre	-	0,007	0,015	0,019	0,016	0,026	0,019

Prof.	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	0,042	0,022	0,017	0,021	0,022	0,031	0,024
5 m	0,046	0,024	0,019	0,028	0,027	0,033	0,029
10 m	0,040	0,023	0,016	0,021	0,021	0,030	0,023
20 m	0,040	0,023	0,016	0,018	0,020	0,028	0,022
30 m	0,038	0,022	0,015	0,024	0,021	0,028	0,022
40 m	0,045	0,020	0,013	0,017	0,019	0,025	0,020
50 m	0,045	0,019	0,015	0,016	0,019	0,028	0,020
Moyenne	0,042	0,022	0,016	0,020	0,021	0,029	0,023

Comme en 1973, le Grand Lac est plus pauvre en phosphore organique que le Petit Lac. Comme en 1972 et 1973, la région sud-orientale en est la plus riche, plus même qu'en 1973. Entre 1973 et 1974, la rive N-E s'est enrichie ainsi que l'axe Rolle-Thonon, alors que l'axe Ouchy-Evian indique une concentration stationnaire.

Le Grand Lac s'est enrichi entre 1973 et 1974 de 0,018 mg/l à 0,021 mg/l et le Petit Lac de 0,022 mg/l à 0,029 mg/l.

9.3. Le phosphore total

(voir tableau No 14)

2'075 analyses ont été effectuées en 1974.

9.3.1. Concentrations moyennes de l'ensemble du lac

Les variations des concentrations mensuelles, exprimées en mg P/l, sont données dans les tableaux suivants :

Moyennes arithmétiques

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,071	0,056	0,073	0,072
Février	0,068	0,068	0,072	0,075
Mars	0,059	0,069	0,072	0,076
Avril	0,061	0,059	0,076	0,074
Mai	0,060	0,062	0,068	0,068
Juin	0,064	0,060	0,076	0,075
Juillet	0,054	0,085	0,067	0,068
Août	0,055	0,053	0,073	0,060
Septembre	0,053	0,055	0,064	0,070
Octobre	0,050	0,055	0,070	0,060
Novembre	0,057	0,060	0,074	0,068
Décembre	0,067	0,060	0,086	0,076
Moyenne	0,060	0,062	0,073	0,070

Moyennes pondérées

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	0,068	0,065	0,085	0,075
Février	0,064	0,071	0,073	0,084
Mars	0,059	0,072	0,076	0,080
Avril	0,064	0,065	0,078	0,079
Mai	0,064	0,066	0,076	0,076
Juin	0,065	0,068	0,087	0,084
Juillet	0,062	0,098	0,079	0,076
Août	0,075	0,067	0,083	0,074
Septembre	0,064	0,068	0,089	0,084
Octobre	0,062	0,075	0,081	0,080
Novembre	0,086	0,070	0,086	0,083
Décembre	0,064	0,076	0,097	0,086
Moyenne	0,066	0,072	0,083	0,080

Comme le montre le tableau No 14, les concentrations restent importantes tout au cours de l'année. Cependant, dans l'ensemble, elles marquent un léger recul par rapport à 1973. Elles s'accroissent au fur et à mesure qu'on approche du fond. La concentration en surface varie de 0,075 mg P/l en mars à 0,031 mg/l en août.

La diminution de concentration, de 1973 à 1974, est faible, 0,073 à 0,070 mg/l ou 4,1 % en moyenne arithmétique, 0,082 à 0,080 mg/l ou 3,6 % en moyenne pondérée. Cette diminution se manifeste huit mois sur douze alors qu'il y a une faible augmentation en fin d'hiver (février, mars et avril).

Remarquons que l'hiver 1973-1974, trop doux, n'a pas favorisé les échanges sédiments-eau. Rappelons à nouveau l'évolution des concentrations en moyennes pondérées.

1957-1960	0,013 mg P/l
1964	0,066 mg P/l (hiver rigoureux)
1967	0,028 mg P/l
1968	0,043 mg P/l
1969	0,052 mg P/l
1970	0,103 mg P/l (hiver rigoureux)
1971	0,066 mg P/l
1972	0,072 mg P/l
1973	0,083 mg P/l
1974	0,080 mg P/l

9.3.2. Tonnages mensuels moyens

Ils sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Mois	1971	1972	1973	1974
Janvier	6'050	5'760	7'590	6'650
Février	5'710	6'330	6'490	7'430
Mars	5'270	6'370	6'800	7'080
Avril	5'700	5'790	6'900	7'000
Mai	5'700	5'850	6'760	6'770
Juin	5'760	6'020	7'720	7'500
Juillet	5'500	8'740	7'020	6'780
Août	6'650	5'930	7'350	6'610
Septembre	5'700	6'030	7'880	7'490
Octobre	5'530	6'660	7'190	7'070
Novembre	7'620	6'200	7'610	7'350
Décembre	5'660	6'710	8'580	7'640
Moyenne	5'910	6'370	7'340	7'120

Le tonnage a diminué de 220 tonnes en 1974 par rapport à 1973, soit 3 %. Il a varié en 1974 entre 6'610 tonnes en août et 7'640 tonnes en décembre. Ose-t-on affirmer que la déphosphatation chimique des eaux, encore à ses débuts, commence à manifester très modestement ses effets ?

9.3.3. Evolution du phosphore total en fonction de la profondeur

Le tableau suivant en donne les moyennes arithmétiques :

Prof.	1971	1972	1973	1974
Surface	0,049	0,050	0,062	0,057
5 m	0,053	0,054	0,058	0,061
10 m	0,049	0,053	0,061	0,058
20 m	0,053	0,055	0,069	0,067
30 m	0,062	0,062	0,076	0,073
40 m	0,067	0,066	0,078	0,074
50 m	0,068	0,070	0,078	0,078
100 m	0,067	0,070	0,079	0,077
150 m	0,065	0,073	0,086	0,083
200 m	0,073	0,080	0,103	0,093
250 m	0,076	0,090	0,093	0,098
300 m	0,087	0,129	0,119	0,120

La diminution de la concentration intéresse toutes les profondeurs sauf 5 m et le fond du lac. A 300 m de profondeur, les concentrations moyennes se situent entre 0,094 mg/l en juillet et 0,143 mg/l en septembre. Cette accumulation au fond du lac constitue une réserve qui sera remise dans le circuit au cours de l'hiver, plus ou moins selon que l'hiver sera rigoureux ou doux.

9.3.4. Evolution dans les diverses régions du lac

Les tableaux récapitulatifs figurent ci-dessous

Evolution du phosphore total en 1974

Profondeur	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Surface	0,079	0,050	0,049	0,050	0,055	0,063	0,057
5 m	0,084	0,054	0,050	0,057	0,059	0,069	0,061
10 m	0,078	0,055	0,049	0,055	0,056	0,067	0,058
20 m	0,078	0,064	0,062	0,063	0,065	0,075	0,067
30 m	0,083	0,069	0,069	0,074	0,072	0,078	0,073
40 m	0,089	0,070	0,069	0,070	0,072	0,081	0,074
50 m	0,089	0,071	0,076	0,074	0,076	0,090	0,078
Moyenne	0,083	0,062	0,062	0,064	0,065	0,074	0,067

En 1973, on trouvait la même concentration de 0,069 mg P/l dans le Grand Lac et dans le Petit Lac, ce qui correspondait à une augmentation de la concentration dans le Petit Lac par rapport à 1972. Cette augmentation s'accroît en 1974, (Grand Lac: 0,065 mg/l, Petit Lac: 0,074 mg/l).

A l'inverse du Petit Lac, le Grand Lac voit sa concentration diminuer dans toutes les régions sauf la rive S-E. Cette concentration diminue aussi pratiquement à toutes les profondeurs.

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	0,100	0,075	0,064	0,063	0,071	0,072	0,071
Février	0,061	0,069	0,072	0,074	0,071	0,079	0,072
Mars	0,092	0,074	0,077	0,067	0,076	0,074	0,075
Avril	0,068	0,070	0,068	0,084	0,073	0,075	0,073
Mai	0,072	0,062	0,066	0,058	0,063	0,076	0,066
Juin	0,109	0,068	0,058	0,068	0,071	0,079	0,073
Juillet	0,100	0,061	0,062	0,055	0,066	0,070	0,066
Août	0,064	0,051	0,050	0,054	0,052	0,072	0,056
Septembre	0,118	0,049	0,055	0,061	0,063	0,077	0,066
Octobre	0,037	0,050	0,051	0,056	0,052	0,066	0,055
Novembre	0,091	0,055	0,056	0,056	0,061	0,070	0,063
Décembre	-	0,056	0,063	0,071	0,066	0,081	0,071

9.4. Conclusions

I. Orthophosphates :

a) Le Léman dans son ensemble : La concentration est un peu plus faible qu'en 1973. Elle ne s'annule jamais totalement, ainsi que ce fut déjà le cas en 1973. La concentration a légèrement baissé à toutes profondeurs sauf au fond où elle a un peu augmenté. En moyenne arithmétique, les concentrations diminuent onze mois sur douze (octobre étant stationnaire). En moyenne pondérée, il y a 8 fois diminution, 3 fois augmentation et 1 fois statu quo.

b) Rapport orthophosphates / P total. Ce rapport demeure remarquablement constant au cours de ces 3 dernières années. En surface, le pourcentage passe d'un niveau très élevé en hiver à un niveau très bas au gros de l'été, ce qui met en évidence l'action prépondérante du phytoplancton. Comme on pouvait le prévoir, ce rapport présente beaucoup moins de fluctuations mensuelles dans les couches profondes.

c) Tonnages : Le tonnage moyen s'est élevé à 5'700 tonnes, en régression de 300 tonnes sur celui de 1973. Il est supérieur 3 mois sur 12, inchangé 1 fois, et inférieur les 8 autres mois.

d) Les diverses régions du lac : Pour l'ensemble du Léman, la concentration moyenne a baissé de 0,050 à 0,044 mg P/l. Cette baisse est sensible dans le Grand Lac, plus faible dans le Petit Lac. Dans le Grand Lac, seule la rive S-E fait exception. Cette diminution se manifeste pratiquement à toutes profondeurs et tous les mois de l'année.

II. Phosphore organique

a) Le Léman dans son ensemble : La concentration décroît régulièrement de la surface au fond. Comparée à celles de 1972 et 1973, elle ne présente pas de variation caractéristique. En 1974, P organique représente 42 % de P total à la surface de l'eau et 11 % à 300 m, ce qui met en évidence les progrès de la minéralisation des composés phosphorés.

b) Tonnages : Les tonnages augmentent sensiblement de la fin de l'hiver au début de l'été puis diminuent fortement les autres mois. En définitive, la moyenne annuelle reste inchangée.

c) Les diverses régions du lac : Comme en 1973, le Grand Lac est moins riche en P organique que le Petit Lac. Les rives S-E et N-E ainsi que l'axe Rolle-Thonon se sont enrichis, l'axe Duchy-Evian est stationnaire. Le Grand Lac, dans son ensemble, s'est enrichi en P organique tout comme le Petit Lac, mais moins que lui.

III. Phosphore total

a) Le Léman dans son ensemble : Quoique encore importantes tout au long de l'année, les concentrations, dans l'ensemble, marquent un léger recul par rapport à 1973. Elles s'accroissent de la surface au fond. Cette diminution se manifeste 8 mois sur 12.

b) Tonnages : Le tonnage a diminué de 220 tonnes par rapport à 1973, soit 3 %. La déphosphatation chimique des eaux commencerait-elle à manifester ses effets ? Cela reste à prouver ces années prochaines. Cette diminution du tonnage intéresse toutes les profondeurs sauf 5 m et le fond du lac.

c) Les diverses régions du lac : La concentration en P total dans le Petit Lac, qui augmentait déjà en 1973, s'accroît en 1974. Au contraire, elle diminue dans le Grand Lac, à toutes profondeurs et en toutes régions, sauf la rive S-E.

10. Autres déterminations

Nous réservons pour le rapport de synthèse de la fin du programme quinquennal (1975), les autres déterminations fort intéressantes qui ont été rassemblées ces dernières années, car il y a d'autres témoins de la pollution que ceux que nous avons évoqués dans ce travail, par exemple, la silice qui joue le rôle de facteur limitant, les chlorures et les sulfates, certains oligoéléments, etc.

GENERALITES

1974

TABLEAU No 1

TEMPERATURE DE L'AIR, (DEGRES CENTIGRADES)

	JANV.	FEBV.	MARS.	AVRIL	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
RIVE S-E	8.45	7.50	13.50	8.00	22.00	23.50	13.90	23.00	21.50	8.70	9.50		14.50
RIVE N-E	6.20	6.14	9.18	8.98	15.20	14.42	21.06	21.46	19.76	8.56	7.02	5.00	12.41
AXE OUCHY - EVIAN	5.33	5.28	9.05	11.07	13.83	18.82	20.15	21.55	21.53	8.70	6.32	6.43	12.52
AXE ROLLE - THONON	5.72	5.80	8.44	8.42	14.58	14.76	19.48	20.97	18.30	7.18	7.20	5.73	11.14
AXE VEVEY - ST Gingolph	5.75	6.50	9.00	10.33	16.00	18.25	19.68	21.85	21.15	8.75	7.80	7.85	12.95
GRAND LAC AXE NYON -	5.95	6.03	9.14	9.53	15.08	16.87	19.63	21.61	20.14	8.20	7.20	6.32	12.24
AXE MESSERY AXE LONGI, DU PETIT LAC	7.00	5.95	7.30	11.25	16.95	13.65	20.15	25.00	22.10	8.25	10.05	6.35	12.30
AXE LONGI, DU PETIT LAC	8.13	5.95	10.00	12.15	19.55	13.20	18.13	24.75	23.95	7.18	9.18	4.93	13.09
PEIT LAC	7.40	6.30	10.12	11.18	18.90	13.88	18.47	24.00	22.58	7.67	9.05	4.88	12.71
LEMAN	6.27	6.09	9.36	9.90	15.93	16.21	19.37	22.13	20.68	8.09	7.61	5.84	12.35

GENERALITES

1974

TABLEAU No 2

TRANSPARENCE DE L'EAU. (METRES)

	JANV.	FEVR.	MARS.	AVRIL	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
VS 2	14.0	12.0	2.6	2.1	2.8	5.5	5.5	4.0	5.8	9.4	7.4		6.46
VS 4	15.0	10.5	2.3	2.7	2.4	7.2	7.8	5.0	5.7	7.6	8.3		6.77
VS 3	6.3	7.4	3.6	2.9	2.1	7.0	6.5	4.8	6.2	6.8	7.7		5.57
VD 1	10.1	11.5	5.7	2.2	4.3	3.2	6.8	5.1	5.4	6.2	7.8		6.21
VD 2	13.3	10.0	4.1	2.6	4.2	3.4	6.1	5.0	6.1	7.3	8.8		6.54
VD 3	15.5	8.7	5.1	5.2	5.5	6.5	6.9	4.8	6.9	7.4	7.3		7.21
VD 4	11.8	11.7	7.3	7.3	5.0	5.0	6.0	4.4	4.8	8.5	6.8		7.15
VD 5	15.0	11.9	12.3	6.2	5.0	8.0	7.4	5.3	4.5	7.6	9.1		8.48
VD P 1													
VD P 2													
VD P 3													
VD P 5													
SHL 1	16.0	11.5	6.6	8.3	5.1	5.1	5.7	3.1	4.6	8.6	7.6		7.48
SHL 2	15.6	14.0	12.4	5.0	4.5	8.5	7.0	3.8	5.5	9.5	8.8	9.0	8.63
SHL 6	13.5	15.0	8.6	4.7	4.5	7.4	8.3	4.3	5.4	9.3	8.5	12.0	8.46
CRG 3	14.5	10.0	10.3	5.7	2.5	6.5	7.5	4.1	5.4	9.5	8.5	10.2	7.89
CRG 4	12.7	9.0	12.4	3.0	2.7	7.8	7.0		5.5	5.8	7.2		7.31
CRG 6	12.1	10.0	10.3	3.3	2.9	7.9	7.0		5.0	5.9	7.8	7.5	7.25
CRG 9	8.4	10.2	8.3	3.3	2.4	7.2	5.0		4.3	6.2	7.6	8.4	6.48
CRG 10	12.6	11.4	9.8	6.5	2.9	7.4	6.9	2.9	4.9	7.3	7.1	8.5	7.35
CRG 21	12.0	11.0	11.0	4.7	2.8	6.9	6.5	4.0	5.1	7.6	7.2	9.3	7.34
CRG 22	12.2	9.2	9.9	3.0	5.9	5.6	6.5		5.8	4.8	7.9	7.6	7.13
CRG 23	8.5	11.7	10.0	3.3	1.3	5.2	6.5	3.2	4.9	6.3	6.9	7.5	6.22
GE 1	12.7	11.5	11.0	3.2	2.4	7.4	6.0	3.8	4.7	4.3	7.3	8.5	6.90
GE 2	10.0	6.3	7.5	2.8	9.3	8.7	5.1	4.1	4.5	7.0	8.3	7.8	6.78
GE 3	13.0	8.4	7.1	3.3	10.0	7.8	5.7	5.2	6.0	7.7	8.2	9.6	7.67
GE 4	11.0	8.4	7.6	3.8	11.8	7.8	6.5	6.7	6.3	7.0	9.6	9.3	8.05
GE P 1													

GENERALITES

1974

TABLEAU No 3

TRANSPARENCE DE L'EAU. (METRES)

	JANV.	FEVR.	MARS.	AVRIL	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	MOY.
RIVE S-E	14.50	11.25	2.45	2.40	2.60	6.35	6.65	4.50	5.75	8.50	7.85		6.62
RIVE N-E	11.30	9.40	4.75	3.23	4.03	5.03	6.58	4.93	6.15	6.93	7.90		6.38
AXE OUCHY - EVIAN	13.40	11.78	8.93	6.20	3.80	6.38	6.82	3.80	5.03	8.47	7.62	10.00	7.62
AXE ROLLE - THONON	14.10	11.23	11.85	4.38	3.78	8.05	7.10	4.55	5.13	7.20	8.23	8.25	7.95
AXE VEVEY - STINGOLPH	12.38	10.93	7.10	2.95	2.70	5.80	6.60	4.25	5.35	6.38	7.83	8.00	6.63
GRAND LAC AXE NYON -	12.86	10.95	8.20	4.31	3.65	6.39	6.73	4.23	5.38	7.35	7.79	8.90	7.19
MESSERY	9.70	9.30	7.95	3.55	7.10	7.50	5.75	6.70	5.30	7.00	8.60	8.85	7.30
AXE LONGI. DU PTIT.LC	11.33	7.70	7.40	3.30	10.37	8.10	5.77	5.33	5.60	7.50	8.70	8.90	7.50
PETIT LAC	10.60	8.33	7.63	3.30	8.38	7.88	5.58	5.33	5.28	7.18	8.43	8.78	7.26
LEMAN	12.47	10.50	8.10	4.13	4.47	6.65	6.53	4.40	5.36	7.32	7.90	8.86	7.21

DETERMINATION : TEMPERATURE DE L'EAU
(DEGRES CENTIGRADES)

	JANV.	FEVR.	MARS.	AVRIL	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	5.71	5.51	5.14	8.98	12.71	15.76	20.14	22.07	20.08	11.40	8.67	7.57	12.07
5 M	5.65	5.62	5.30	7.91	10.26	14.43	19.06	20.08	18.09	11.44	8.66	7.54	11.09
10 M	5.56	5.63	5.58	7.35	9.14	12.56	16.35	17.56	16.97	11.34	8.61	7.41	10.33
20 M	5.51	5.59	5.54	6.90	7.67	8.94	10.26	12.00	11.52	10.88	8.57	7.41	8.36
30 M	5.52	5.61	5.49	6.76	7.03	7.41	7.82	8.95	8.33	9.41	8.48	7.31	7.30
40 M	5.61	5.59	5.43	6.55	6.51	6.70	7.07	8.05	7.30	7.94	8.27	7.28	6.82
50 M	5.59	5.56	5.40	6.39	6.36	6.38	6.67	7.61	5.90	6.96	7.59	7.02	6.50
0-50	5.59	5.60	5.64	7.26	8.52	10.29	12.44	13.48	12.72	9.94	8.41	7.36	8.91
100 M	5.83	5.63	5.51	5.66	5.73	5.80	5.82	5.93	5.86	5.92	5.98	6.37	5.83
150 M	5.38	5.38	5.42	5.49	5.51	5.43	5.39	5.47	5.57	5.46	5.47	5.50	5.45
200 M	5.22	5.22	5.24	5.32	5.30	5.31	5.32	5.34	5.40	5.32	5.31	5.38	5.30
250 M	5.10	5.10	5.05	5.10	5.15	5.13	5.15	5.10	5.20	5.15	5.20	5.10	5.13
300 M	5.00	4.98	5.00	5.03	5.08	5.08	5.05	5.05	5.15	5.10	5.10	5.10	5.06
0-300	5.57	5.57	5.60	7.01	8.11	9.64	11.49	12.39	11.74	9.27	8.02	7.03	8.43

MOYENNES PONDEREES :

5.50	5.46	5.43	6.05	6.37	6.83	7.41	7.93	7.51	6.97	6.64	6.34	6.53
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

REGION : LEMAN ANNEE : 1974 TABLEAU No 5

DETERMINATION : PH OBSERVE (UNITES DE PH)

	JANV.	FEBR.	MARS.	AVRIL	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	7.60	7.77	7.80	8.09	8.39	8.25	8.39	8.43	8.39	7.97	7.91	7.88	8.09
5 M	7.76	7.79	7.84	8.15	8.43	8.23	8.41	8.32	8.33	7.98	7.85	7.96	8.09
10 M	7.74	7.76	7.76	8.02	8.23	8.11	8.18	8.08	8.01	7.92	7.88	7.82	7.96
20 M	7.73	7.75	7.73	7.95	7.35	7.90	7.79	7.79	7.75	7.87	7.88	7.81	7.83
30 M	7.72	7.73	7.70	7.90	7.79	7.78	7.71	7.74	7.59	7.78	7.84	7.78	7.76
40 M	7.73	7.73	7.72	7.88	7.75	7.77	7.72	7.75	7.70	7.75	7.83	7.82	7.75
50 M	7.72	7.72	7.69	7.83	7.72	7.72	7.70	7.72	7.59	7.70	7.77	7.75	7.73
0-50	7.74	7.75	7.74	7.96	8.02	7.95	7.95	7.96	7.92	7.84	7.85	7.82	7.88
100 M	7.60	7.57	7.69	7.59	7.54	7.66	7.64	7.53	7.53	7.60	7.72	7.58	7.65
150 M	7.60	7.55	7.63	7.67	7.60	7.59	7.57	7.57	7.59	7.59	7.63	7.46	7.60
200 M	7.57	7.35	7.52	7.60	7.47	7.57	7.50	7.50	7.48	7.47	7.65	7.43	7.53
250 M	7.59	7.55	7.50	7.55	7.45	7.45	7.55	7.45	7.35	7.45	7.45	7.40	7.47
300 M	7.50	7.45	7.50	7.55	7.35	7.30	7.45	7.45	7.35	7.35	7.35	7.35	7.42
0-300	7.72	7.73	7.72	7.92	7.95	7.90	7.90	7.90	7.86	7.80	7.82	7.75	7.83

MOYENNES PONDEREES :

7.64	7.57	7.65	7.76	7.70	7.70	7.69	7.58	7.56	7.54	7.71	7.61	7.68
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

REGION : LEMAN

ANNEE : 1974

TABLEAU No 6

DETERMINATION : CONDUCTIVITE DE L'EAU
(MMS/CM)

	JANV.	FEVR.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	NOY.
0 M	287	290	291	288	284	282	267	254	260	274	281	283	279
5 M	289	291	295	292	285	287	272	263	270	283	287	295	284
10 M	287	290	291	288	285	285	271	267	265	275	281	284	281
20 M	287	291	291	289	286	287	283	283	278	279	282	285	285
30 M	287	292	293	290	286	288	287	288	288	282	281	286	287
40 M	288	292	292	290	287	286	287	289	290	287	284	286	288
50 M	291	292	293	289	287	284	288	289	290	288	288	289	289
0-50	288	291	292	289	286	286	280	277	278	281	283	286	285
100 M	286	288	283	282	286	282	277	282	282	282	282	284	283
150 M	267	290	285	285	287	283	282	283	287	289	287	288	286
200 M	291	295	289	289	290	285	286	283	287	288	286	288	288
250 M	290	292	291	290	290	288	286	291	300	300	296	297	292
300 M	293	295	292	293	294	294	289	295	301	305	302	301	296
0-300	288	291	291	289	286	285	280	278	279	282	284	286	285

REGION : LEMAN

ANNEE : 1974

TABLEAU No 7

DETERMINATION : OXYGENE

(MG O2/L)

	JANV.	FEVR.	MARS.	AVRIL	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	10.85	11.08	11.60	12.48	13.09	11.04	10.95	11.36	10.67	10.16	10.61	10.46	11.22
5 M	10.73	11.07	11.74	12.52	13.09	11.01	10.91	11.05	10.98	10.23	10.63	10.55	11.24
10 M	10.69	10.92	11.35	11.94	12.14	10.49	10.24	9.30	8.95	10.00	10.41	10.40	10.59
20 M	10.65	10.91	11.08	11.50	11.33	10.18	9.39	8.79	7.98	9.83	10.40	10.37	10.21
30 M	10.68	10.94	11.03	11.38	10.93	10.32	9.67	9.38	8.90	9.46	10.40	10.37	10.30
40 M	10.74	10.78	10.98	11.21	10.71	10.23	9.79	9.49	9.14	9.33	10.19	10.26	10.24
50 M	10.59	10.59	10.82	11.17	10.68	10.16	9.87	9.94	9.39	9.28	9.76	9.74	10.18

0-50	10.70	10.89	11.20	11.70	11.63	10.47	10.08	9.87	9.34	9.73	10.33	10.29	10.53
100 M	9.46	9.82	10.55	10.14	10.21	9.83	9.75	9.78	9.51	9.32	9.28	9.11	9.74
150 M	8.97	9.22	9.11	8.75	9.05	8.70	8.62	8.71	8.41	7.86	8.18	8.07	8.64
200 M	7.78	6.96	7.33	7.50	7.29	7.62	6.82	7.17	6.62	6.19	6.83	6.60	7.06
250 M	6.19	6.17	5.29	5.39	6.02	5.57	5.75	5.48	5.29	5.36	5.39	4.77	5.55
300 M	4.64	4.23	4.29	3.71	4.19	3.59	2.98	4.22	2.24	2.19	2.57	2.47	3.43
0-300	10.36	10.51	10.81	11.20	11.17	10.17	9.76	9.60	9.10	9.38	9.93	9.67	10.16

MOYENNES PONDEREES :

9.27	9.33	9.54	9.50	9.61	9.07	8.78	8.34	8.30	8.67	8.53	8.99
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

TONNAGES :

824443	829268	848616	853355	854172	806731	780428	780505	741306	737647	771035	758625	799389
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

REGION : LEMAN

ANNEE : 1974 TABLEAU No 8

DETERMINATION : TAUX DE SATURATION EN OXYGENE (%)

	JANV.	FEVR.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	93.2	94.9	100.8	115.9	132.5	119.2	128.6	138.2	125.3	100.0	98.2	94.1	112.0
5 M	91.7	94.8	101.2	114.4	126.7	115.0	125.4	130.5	124.2	99.4	98.3	94.8	110.6
10 M	91.4	93.5	97.4	106.8	113.5	105.8	111.8	104.0	98.9	97.1	96.1	93.2	101.1
20 M	91.0	93.5	94.7	101.8	102.2	94.7	90.1	87.3	78.0	94.3	95.8	93.0	93.1
30 M	91.2	93.8	94.2	100.4	97.0	92.6	87.5	87.1	81.5	88.4	95.6	92.8	91.9
40 M	92.0	92.3	93.6	98.4	93.8	90.1	86.9	86.4	81.2	83.9	93.2	91.8	90.4
50 M	90.7	90.6	92.2	97.5	93.3	88.9	86.9	89.5	83.1	81.8	87.9	86.5	89.2
0-50	91.6	93.3	96.0	104.5	107.4	100.1	101.2	102.4	94.5	91.8	94.9	92.2	97.7
100 M	81.4	84.4	90.2	86.9	87.8	84.4	84.0	84.5	83.4	80.5	80.3	79.6	83.9
150 M	76.5	78.6	77.7	74.7	77.4	72.5	73.5	74.4	72.0	67.1	69.9	69.0	73.6
200 M	66.0	59.1	62.2	63.7	61.9	64.8	58.0	61.0	56.4	52.7	58.1	56.2	60.0
250 M	52.4	52.2	44.7	45.6	51.0	47.1	48.7	46.3	44.8	45.4	45.7	40.3	47.0
300 M	39.1	35.7	36.2	31.3	35.4	30.3	25.1	35.6	19.0	18.5	21.7	20.9	29.0
0-300	88.6	90.0	92.6	99.6	102.3	96.0	96.3	97.5	90.4	87.1	90.5	86.0	93.3

MOYENNES PONDEREES :

79.3	79.7	81.5	83.5	84.5	80.4	79.4	80.4	75.8	73.8	76.7	74.8	79.2
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

REGION : LEMAN

ANNEE : 1974

TABLEAU No 9

DETERMINATION : AZOTE AMMONIACAL (AMMONIAQUE) (MG N/L)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0,058	0,016	0,030	0,037	0,084	0,053	0,028	0,039	0,027	0,041	0,045	0,031	0,041
5 M	0,052	0,021	0,030	0,061	0,125	0,076	0,033	0,080	0,036	0,064	0,063	0,035	0,057
10 M	0,035	0,039	0,023	0,036	0,107	0,061	0,046	0,069	0,040	0,037	0,026	0,030	0,046
20 M	0,028	0,029	0,018	0,036	0,085	0,033	0,018	0,043	0,020	0,030	0,024	0,045	0,034
30 M	0,041	0,038	0,017	0,030	0,046	0,019	0,007	0,032	0,013	0,033	0,023	0,025	0,027
40 M	0,037	0,039	0,013	0,024	0,017	0,018	0,006	0,025	0,011	0,038	0,050	0,033	0,026
50 M	0,041	0,021	0,013	0,020	0,011	0,018	0,009	0,024	0,016	0,033	0,034	0,045	0,023
0-50	0,041	0,030	0,020	0,033	0,064	0,037	0,020	0,043	0,022	0,038	0,037	0,034	0,035
100 M	0,016	0,018	0,013	0,010	0,003	0,008	0,006	0,006	0,004	0,004	0,007	0,018	0,010
150 M	0,008	0,015	0,008	0,010	0,005	0,011	0,009	0,007	0,006	0,005	0,006	0,019	0,009
200 M	0,010	0,017	0,011	0,010	0,006	0,017	0,011	0,008	0,016	0,011	0,012	0,030	0,013
250 M	0,009	0,012	0,006	0,009	0,007	0,011	0,023	0,004	0,012	0,004	0,007	0,027	0,011
300 M	0,007	0,010	0,010	0,007	0,004	0,008	0,009	0,104	0,009	0,006	0,008	0,017	0,017

M O Y E N N E S P O N D E R E E S :

0,021	0,013	0,018	0,018	0,023	0,019	0,019	0,013	0,022	0,013	0,019	0,020	0,029	0,019
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

T O N N A G E S :

2,043	1,857	1,186	1,602	2,053	1,709	1,127	1,929	1,168	1,652	1,738	2,543	1,712
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

DETERMINATION : AZOTE NITREUX (NITRITES) (MG N/L)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0,001	0,001	0,002	0,005	0,006	0,010	0,009	0,003	0,007	0,004	0,005	0,001	0,005
5 M	0,001	0,001	0,002	0,004	0,005	0,012	0,013	0,005	0,007	0,003	0,005	0,001	0,005
10 M	0,001	0,001	0,002	0,005	0,006	0,011	0,016	0,007	0,009	0,004	0,004	0,002	0,006
20 M	0,001	0,001	0,002	0,002	0,006	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,004	0,002	0,003
30 M	0,001	0,001	0,002	0,003	0,007	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,004	0,001	0,002
40 M	0,001	0,001	0,001	0,002	0,007	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002
50 M	0,001	0,001	0,001	0,002	0,006	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,004	0,002	0,002
0-50	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,006	0,007	0,004	0,004	0,003	0,004	0,001	0,004
100 M	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
150 M	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
200 M	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001	0,000	0,002
250 M	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
300 M	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,006	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001
0-300	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,005	0,006	0,003	0,004	0,003	0,004	0,001	0,003

M O Y E N N E S P O N D E R E E S :

0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002
108	70	98	186	340	200	318	231	165	146	196	69	178	
T O N N A G E S :													

REGION : LEMAN ANNEE : 1974 TABLEAU No II

		DETERMINATION : AZOTE NITRIQUE (NITRATES) (MG N/L)												MOY.
		JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	
0 M		0,41	0,41	0,44	0,29	0,17	0,24	0,10	0,06	0,13	0,29	0,36	0,42	0,27
5 M		0,38	0,40	0,42	0,29	0,18	0,23	0,13	0,07	0,13	0,27	0,39	0,46	0,27
10 M		0,40	0,40	0,43	0,33	0,22	0,26	0,17	0,16	0,18	0,28	0,35	0,41	0,30
20 M		0,40	0,40	0,44	0,36	0,32	0,35	0,36	0,36	0,38	0,30	0,35	0,42	0,37
30 M		0,40	0,40	0,44	0,36	0,38	0,39	0,40	0,43	0,44	0,35	0m35	0m43	0,40
40 M		0,40	0,40	0,44	0,39	0,40	0,40	0,41	0,43	0,45	0,39	0,37	0,41	0,41
50 M		0,40	0,40	0,44	0,39	0,43	0,43	0,42	0,42	0,44	0,39	0,40	0,45	0,42
0-50		0,40	0,40	0,44	0,35	0,31	0,34	0,30	0,29	0,32	0,33	0,36	0,43	0,35
100 M		0,48	0,45	0,47	0,46	0,47	0,46	0,45	0,48	0,45	0,44	0,43	0,48	0,46
150 M		0,48	0,46	0,50	0,47	0,48	0,46	0,46	0,51	0,46	0,45	0,42	0,48	0,47
200 M		0,51	0,46	0,50	0,53	0,48	0,46	0,46	0,50	0,44	0,45	0,42	0,47	0,47
250 M		0,52	0,48	0,52	0,55	0,51	0,48	0,49	0,53	0,48	0,48	0,44	0,49	0,49
300 M		0,54	0,47	0,50	0,49	0,47	0,45	0,47	0,53	0,51	0,50	0,45	0,49	0,49
0-300		0,41	0,41	0,44	0,37	0,33	0,35	0,32	0,32	0,34	0,35	0,37	0,44	0,37
M O Y E N N E S P O N D E R E E S :														
		0,46	0,43	0,47	0,44	0,42	0,42	0,41	0,44	0,42	0,41	0,40	0,46	0,43
T O N N A G E S :														
		40'464	38'619	41'721	38'953	37'662	37'525	36'616	38'733	37'223	36'366	36'003	40'775	38'302

REGION : LEMAN

ANNEE : 1974

TABEAU No 12

DETERMINATION : ORTHOPHOSPHATES (PHOSPHORE SOLUBLE) (MG P/L)

	JANV.	FEV.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0.050	0.050	0.052	0.038	0.023	0.032	0.012	0.007	0.010	0.024	0.040	0.045	0.032
5 M	0.053	0.052	0.047	0.041	0.030	0.039	0.008	0.010	0.011	0.025	0.038	0.048	0.033
10 M	0.049	0.054	0.054	0.045	0.032	0.039	0.015	0.008	0.012	0.027	0.039	0.049	0.035
20 M	0.051	0.054	0.053	0.054	0.041	0.057	0.048	0.028	0.036	0.030	0.039	0.051	0.045
30 M	0.050	0.054	0.053	0.049	0.046	0.057	0.058	0.040	0.060	0.043	0.044	0.051	0.051
40 M	0.050	0.054	0.055	0.050	0.051	0.060	0.056	0.049	0.065	0.053	0.045	0.050	0.053
50 M	0.051	0.059	0.056	0.054	0.054	0.062	0.061	0.049	0.066	0.060	0.055	0.067	0.057
0-50	0.050	0.055	0.053	0.048	0.040	0.050	0.039	0.028	0.039	0.038	0.043	0.051	0.044
100 M	0.057	0.076	0.057	0.061	0.061	0.071	0.062	0.064	0.062	0.066	0.070	0.072	0.065
150 M	0.065	0.084	0.058	0.068	0.071	0.068	0.070	0.066	0.068	0.080	0.079	0.075	0.072
200 M	0.076	0.053	0.061	0.077	0.078	0.072	0.081	0.075	0.078	0.092	0.098	0.088	0.082
250 M	0.086	0.097	0.093	0.095	0.095	0.087	0.094	0.084	0.079	0.089	0.090	0.098	0.089
300 M	0.096	0.096	0.096	0.093	0.095	0.084	0.092	0.092	0.095	0.099	0.131	0.126	0.107
0-300	0.053	0.059	0.056	0.051	0.045	0.053	0.044	0.035	0.044	0.045	0.049	0.058	0.049

MOYENNES PONDEREES :

0.061	0.071	0.054	0.063	0.061	0.065	0.053	0.057	0.062	0.066	0.068	0.071	0.064
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

TONNAGES :

5454	5314	5721	5079	5467	5414	5559	5068	5495	5870	6077	6319	5733
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

REGION : LEMAY

ANNEE : 1974

TABEAU No 13

DETERMINATION : PHOSPHORE ORGANIQUE (MG P/L)

	JANV.	FIEVR.	MARS.	AVRIL	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0.019	0.019	0.023	0.032	0.032	0.028	0.029	0.024	0.028	0.016	0.020	0.019	0.024
5 M	0.020	0.023	0.027	0.032	0.040	0.030	0.043	0.033	0.028	0.018	0.023	0.021	0.029
10 M	0.020	0.020	0.019	0.026	0.029	0.027	0.030	0.018	0.026	0.018	0.022	0.019	0.023
20 M	0.019	0.019	0.021	0.023	0.022	0.023	0.027	0.026	0.026	0.018	0.019	0.019	0.022
30 M	0.022	0.016	0.023	0.028	0.021	0.020	0.026	0.032	0.030	0.016	0.017	0.020	0.022
40 M	0.022	0.015	0.020	0.020	0.019	0.019	0.021	0.032	0.024	0.015	0.020	0.020	0.020
50 M	0.021	0.015	0.020	0.019	0.021	0.018	0.023	0.030	0.026	0.015	0.017	0.018	0.020
0-50	0.021	0.018	0.022	0.025	0.026	0.023	0.028	0.028	0.027	0.016	0.019	0.019	0.023
100 M	0.009	0.009	0.011	0.013	0.008	0.014	0.007	0.009	0.020	0.014	0.011	0.013	0.012
150 M	0.010	0.009	0.011	0.011	0.008	0.014	0.006	0.011	0.019	0.010	0.012	0.011	0.011
200 M	0.008	0.007	0.011	0.009	0.007	0.014	0.004	0.009	0.018	0.012	0.013	0.012	0.010
250 M	0.005	0.008	0.011	0.007	0.010	0.010	0.003	0.010	0.020	0.009	0.007	0.011	0.009
300 M	0.008	0.026	0.013	0.009	0.009	0.020	0.003	0.008	0.028	0.012	0.009	0.014	0.013
0-300	0.019	0.016	0.020	0.023	0.023	0.022	0.024	0.025	0.026	0.016	0.018	0.018	0.021

MOYENNES PONDEREES :

0.013	0.013	0.015	0.016	0.015	0.017	0.014	0.014	0.017	0.022	0.014	0.014	0.015	0.015
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

TONNAGES :

1198	1114	1341	1414	1303	1504	1219	1544	1201	1991	1270	1321	1369
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

REGION : LEMAN

ANNEE : 1974

TABLEAU No 14

DETERMINATION : PHOSPHORE TOTAL (MG P/L)

	JANV.	FEVR.	MARS.	AVRIL	MAI.	JUIN.	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0.069	0.073	0.075	0.070	0.055	0.059	0.041	0.031	0.037	0.040	0.060	0.065	0.057
5 M	0.074	0.075	0.074	0.073	0.070	0.069	0.051	0.043	0.039	0.043	0.061	0.068	0.061
10 M	0.070	0.074	0.073	0.071	0.061	0.065	0.047	0.026	0.038	0.044	0.061	0.068	0.058
20 M	0.070	0.072	0.077	0.077	0.063	0.080	0.075	0.054	0.061	0.048	0.058	0.069	0.067
30 M	0.072	0.059	0.077	0.076	0.057	0.077	0.084	0.073	0.090	0.059	0.061	0.071	0.073
40 M	0.072	0.059	0.075	0.070	0.070	0.078	0.077	0.081	0.089	0.068	0.064	0.070	0.074
50 M	0.072	0.074	0.076	0.074	0.075	0.080	0.084	0.078	0.091	0.075	0.072	0.085	0.078
0-50	0.071	0.072	0.075	0.073	0.056	0.073	0.056	0.056	0.066	0.055	0.063	0.071	0.067
100 M	0.066	0.085	0.067	0.075	0.070	0.085	0.068	0.073	0.082	0.080	0.081	0.085	0.077
150 M	0.075	0.093	0.079	0.079	0.079	0.081	0.076	0.077	0.087	0.090	0.091	0.086	0.083
200 M	0.083	0.090	0.092	0.086	0.085	0.103	0.085	0.084	0.096	0.104	0.111	0.100	0.093
250 M	0.091	0.095	0.104	0.097	0.105	0.097	0.097	0.093	0.099	0.098	0.097	0.108	0.098
300 M	0.104	0.121	0.109	0.102	0.104	0.104	0.094	0.130	0.143	0.141	0.140	0.140	0.120
0-300	0.072	0.075	0.076	0.074	0.068	0.075	0.068	0.060	0.070	0.060	0.068	0.076	0.070

MOYENNES PONDEREES :

0.075	0.084	0.080	0.079	0.076	0.084	0.076	0.076	0.074	0.084	0.080	0.083	0.086	0.080
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

TONNAGES :

5653	7428	7082	6996	6759	7500	6783	5612	7487	7071	7346	7640	7119
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

ETUDE DU PHYTOPLANCTON DES EAUX VAUDOISES DU LEMAN

Campagne 1974

par C. Lang, hydrobiologiste
Conservation de la faune, Lausanne

Les méthodes et les stations de prélèvements utilisées en 1974 sont les mêmes que celles des années précédentes. Les récoltes de phytoplancton au filet ne sélectionnent qu'une partie de la biocénose et laissent échapper le nanoplancton dont l'importance relative semble croître dans le Léman. Mais nous bénéficions, par ailleurs, avec le phytoplancton récolté au filet d'un échantillonnage s'étendant sur une longue série d'années, ce qui nous permet de disposer d'un matériel comparatif qui manque dans le cas du nanoplancton. Pour cette raison, bien que conscients du caractère fragmentaire de ces résultats, nous avons concentré notre analyse sur l'évolution du plancton récolté au filet.

1. Situation 1974

La structure des communautés planctoniques présentes dans les quatre stations étudiées en 1974 est analysée au moyen du coefficient de corrélation de rang de Spearman (Southwood 1966). Les dix ou douze espèces d'algues les plus abondantes sont classées en fonction de leur rang dans chacune des stations et pour chaque mois. Le rang 1 est attribué à l'espèce la plus abondante, le rang 2 à l'espèce suivante, etc. Il est ainsi possible de comparer les positions relatives des différentes espèces dans les quatre stations. Deux stations où les positions relatives des espèces sont semblables peuvent être considérées comme écologiquement comparables.

Par cette méthode, les stations sont comparées entre elles deux par deux. Les résultats obtenus (tabl. 1) montrent qu'à l'exception des mois de janvier,

de mai et de juin, les stations sont très semblables entre elles du point de vue de la composition des populations planctoniques. La station la moins semblable aux autres est VD 5, tandis que les affinités des trois autres stations entre elles sont assez comparables. Il semble donc exister une certaine homogénéité des communautés planctoniques à l'échelle du Léman lui-même, en tout cas sur la rive nord du Grand Lac.

Les espèces planctoniques numériquement dominantes (formant plus de 5 % de la population totale) sont très semblables dans les quatre stations au cours de 1974, (tab. 2, 3, 4 et 5). La dominance numérique des espèces présentes dans chaque station est calculée au moyen de l'indice de diversité proposé par Mac-Arthur (1972).

$$\frac{1}{\sum_i p_i^2} \quad \text{où} \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

où p_i est égal au nombre d'individus de l'espèce i (n_i) divisé par le nombre total d'individus présents dans le prélèvement (N). Des valeurs de l'indice voisines de 1 indiquent qu'une seule espèce domine numériquement l'ensemble du prélèvement.

Le tableau 6 résume des diversités spécifiques enregistrées dans les quatre stations en 1974. Les valeurs moyennes de la diversité spécifique obtenues dans les quatre stations ne sont pas très différentes. Les diversités spécifiques mensuelles dans la station VD 1 ne sont pas supérieures à celles observées dans VD 3 (test de Wilcoxon $T = 29 > W_{0,05} = 14$ pour $n = 11$, Conover 1971). De même celles de la station VD 4 ne sont pas supérieures à celles de VD 5 (test de Wilcoxon $T = 29 > W_{0,05} = 14$ pour $n = 11$). Ces résultats indiquent que la prédominance numérique des espèces planctoniques ne semble pas plus accentuée dans une station que dans une autre. De ce fait, le degré d'eutrophisation des différentes stations peut être considéré comme analogue.

Le synchronisme des variations de la diversité spécifique dans les quatre stations est également analysé au moyen du coefficient de corrélation de rang de Spearman (tabl. 7). Contrairement aux résultats obtenus en 1973, les variations de la diversité spécifique ne sont semblables que dans la station VD 1 comparée à VD 5 et dans la station VD 4 comparée à VD 5.

De façon simultanée, des espèces semblables sont numériquement dominantes dans les quatre stations étudiées. Cependant, elles ne représentent pas au même moment une fraction semblable de la biocénose, ce qui expliquerait les divergences constatées au niveau des fluctuations de la diversité spécifique. Il faut pourtant constater que l'évolution dans VD 1, VD 4 et VD 5 est synchrone, ce qui laisse supposer une unité de structure à l'échelle du lac.

Les résultats obtenus à partir des diverses méthodes d'analyses montrent que les communautés planctoniques observées dans les régions vaudoises du Léman paraissent très semblables entre elles. De ce fait, il semble possible d'étudier l'évolution du plancton au cours des années à partir d'une seule station. Cette limitation permet de diminuer le nombre de variables à traiter.

2. Evolution du phytoplancton de 1965 à 1974

L'évolution du phytoplancton a été suivie pendant dix ans, de 1965 à 1974, dans la station VD 4. Tout d'abord, les variations de la diversité spécifique sont calculées mois par mois (tabl. 8). La signification globale de ces résultats est analysée au moyen du test de Wilcoxon (Conover 1971). Le principe de ce test consiste à comparer les diversités spécifiques observées de 1965 à 1969 à celles rencontrées de 1970 à 1974. L'hypothèse nulle de ce test peut être formulée ainsi: les diversités spécifiques observées de 1970 à 1974 n'ont pas tendance à être plus élevées que celles enregistrées de 1965 à 1969. L'hypothèse alternative consiste à dire que les valeurs calculées de 1970 à 1974 tendent à être plus élevées que celles de 1965 à 1969. L'hypothèse nulle doit être acceptée, ($T = 288 > W_{0.05} = 201$ pour $n=34$). D'une façon globale, la diversité spécifique n'a pas tendance à diminuer dans les communautés phytoplanctoniques du Léman, ce qui indiquerait une dominance numérique de plus en plus accentuée de certaines espèces. Contrairement à cette analyse globale, l'examen des graphiques (fig. 1) qui donnent pour chaque mois l'évolution de la diversité spécifique de 1965 à 1974, révèle un certain nombre de tendances. En février, la diversité spécifique augmente de 1965 à 1971 puis diminue fortement en 1972 pour rester assez constante par la suite. En mars, la diversité spécifique reste assez constante de 1965 à 1970 puis elle diminue en 1972. Les tendances générales observées en mai et en juin sont assez semblables, la diversité spécifique augmente de 1965 - 1969, (de 1965 à 1970) puis diminue ensuite. Juillet présente une structure particulière: constantes de 1965 à 1970, les valeurs de la diversité spécifique s'accroissent fortement en 1971, puis décroissent de 1972 à 1974 tout en n'étant pas inférieures aux valeurs de 1965 à 1970. Les diversités enregistrées au cours des mois d'août 1966 et 1967 sont maximales. Par la suite, elles sont basses sauf en 1972 et 1974. En septembre et en novembre, les fluctuations de la diversité spécifique semblent suivre une sinusoïde qui fait alterner valeurs hautes et basses.

L'examen de ces graphiques permet de distinguer une évolution générale visible en février, en mai, en juin et en juillet. La diversité spécifique augmente de 1965 à 1969-1971, puis elle diminue par la suite. La moyenne annuelle des diversités spécifiques confirme cette tendance (fig. 2). L'interprétation de ces résultats est délicate. L'augmentation de la diversité spécifique traduit une diminution de la dominance de certaines espèces phytoplanctoniques, ce qui correspondrait grosso modo à un ralentissement des processus d'eutrophication. Dans cette optique, l'évolution du Léman se serait effectuée dans un sens plutôt positif de 1965 à 1970 et dans une direction plutôt négative de 1971 à 1974. Une telle conclusion semble contredire les analyses chimiques effectuées. Cependant, il ne faut pas oublier que le phytoplancton ne réagit pas de façon linéaire aux modifications de l'environnement physico-chimique. L'accroissement de la concentration de certains facteurs chimiques de 1965 à 1970 a pu favoriser la coexistence de nombreuses espèces planctoniques, puis passé un seuil donné, seules certaines espèces ont pu proliférer, ce qui a eu pour conséquence une diminution de la diversité spécifique.

Une autre méthode d'analyse des communautés phytoplanctoniques peut être utilisée. Elle se base uniquement sur la présence-absence des espèces dans

Fig. 1 Fluctuations annuelles de la diversité spécifique mensuelle dans la station VD 4 de 1965 à 1974

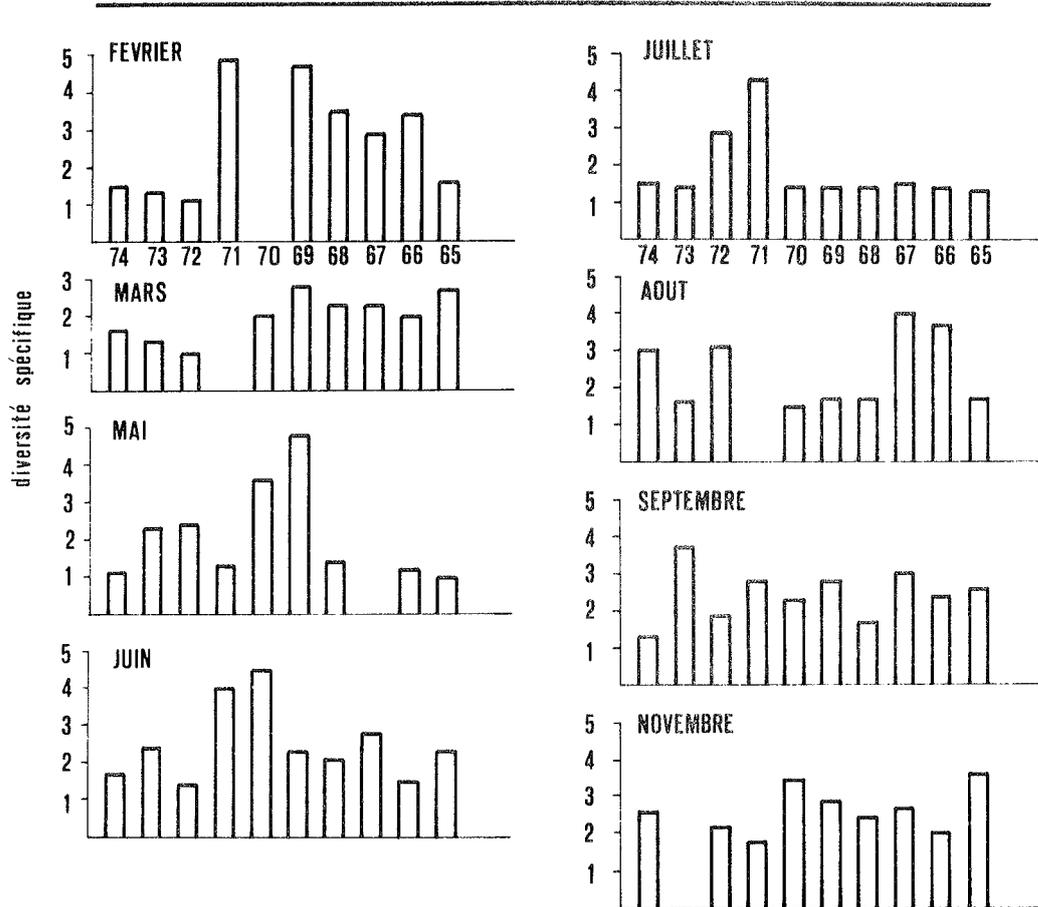
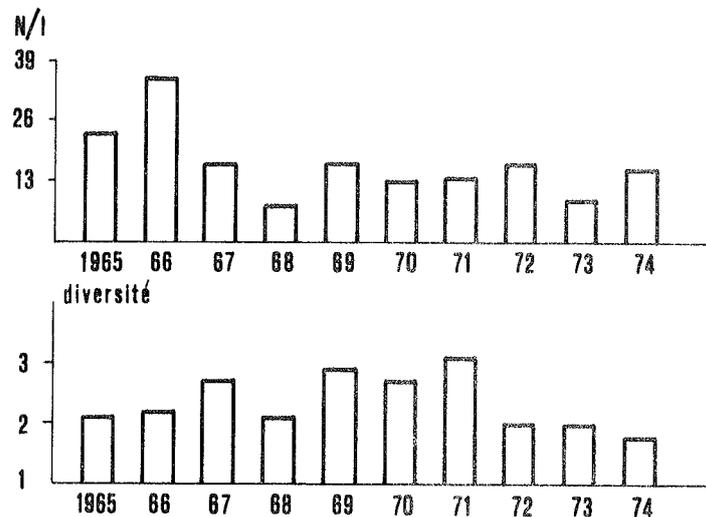


Fig. 2 Moyennes annuelles de la densité (N = nombre de cellules par litre) et de la diversité spécifique du phytoplancton dans la station VD 4 de 1965 à 1974



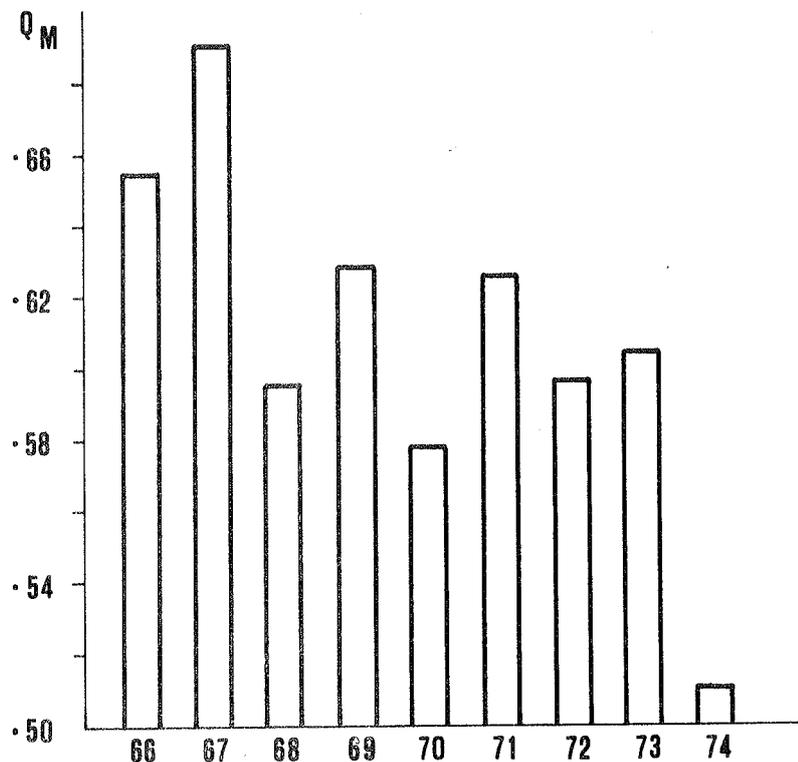
les prélèvements sans tenir compte de leur abondance numérique. Le but de cette analyse est de mettre en évidence d'éventuelles modifications de la composition spécifique du plancton et surtout du rythme d'apparition et de disparition des espèces. Le coefficient de similarité de Sorensen (Southwood 1966) permet cette analyse.

$$QS = \frac{2j}{a + b}$$

j représente le nombre d'espèces communes aux deux prélèvements; a et b le nombre total d'espèces présentes dans chacun des deux prélèvements.

Les coefficients de similarité sont calculés pour les mois de juillet et de novembre de 1966 à 1974 dans la station VD 4. La comparaison globale des années entre elles qui serait plus probante n'est guère possible du fait de l'absence de certains prélèvements mensuels. Les coefficients de similarité sont calculés pour chaque année par rapport aux autres années. En juillet (tabl. 9), la comparaison de ces moyennes annuelles entre elles montre que le coefficient de similarité tend à diminuer entre 1965 et 1974 (fig. 3).

Fig. 3 Moyenne des coefficients de similarité de Sorensen de chaque année comparée aux autres années. Mois de juillet dans la station VD 4



En d'autres termes, le nombre d'espèces disparaissant pour être remplacées par d'autres ne cesse de s'accroître. Une semblable évolution est le signe d'un déséquilibre croissant du lac. En novembre, cette tendance n'est guère évidente (tabl. 10). Cette divergence des résultats s'explique peut-être par les conditions climatiques des deux mois considérés, les températures élevées et les conditions de luminosité élevées de l'été permettent le développement d'une flore plus variée.

L'examen des espèces phytoplanctoniques numériquement dominantes (plus de 5 % du nombre total de cellules) montre une remarquable constance de certaines espèces depuis dix ans (tabl. 11). Les Diatomées *Asterionella formosa* et *Fragilaria crotonensis* forment la masse du phytoplancton ceci pendant presque tous les mois de l'année (tabl. 12). Trois autres espèces d'algues sont présentes de façon quasi-constante pendant certaines saisons. Au cours de l'hiver, il s'agit de la Diatomée *Melosira islandica* ; pendant l'été et l'automne, de la Chlorophycée *Mougeotia pusillima* et du Péridinien *Ceratium hirundinella*. La Diatomée *Fragilaria virescens* est devenue, depuis les années 70, une espèce dominante du Léman en juin et juillet. La Cyanophycée *Aphanizomenon flos-aquae* apparaît en masse dans le Léman en décembre 1973 et persiste jusqu'en janvier 1974. Elle réapparaît en août de la même année. En considérant les résultats des récoltes faites au filet, le Léman demeure un lac à Diatomées. Cette dominance numérique est contestée de plus en plus souvent par d'autres groupes d'algues. Les observations effectuées sur l'eau brute (tuyau) donnent une toute autre représentation des groupes dominants (Pelletier 1973). La moyenne mensuelle du nombre total de cellules algales présentes dans les prélèvements depuis 10 ans, était élevée en 1965 et 1966, puis a diminué de 1966 à 1968 (fig. 2 tabl. 13). Les valeurs obtenues ont augmenté en 1969 et sont restées plus ou moins constantes jusqu'en 1974, à l'exception de la baisse observée en 1973, qui est numériquement comparable à celle de 1968.

3. Conclusions

Les résultats obtenus en 1974 montrent que, comme en 1973, les communautés phytoplanctoniques présentent une grande homogénéité à l'échelle du lac lui-même. Les mêmes espèces occupent les mêmes positions relatives dans des stations géographiquement très éloignées les unes des autres. Il semble donc possible de suivre l'évolution biologique du Léman à partir d'un nombre de stations plus restreint que précédemment. Mais en revanche, la fréquence des prélèvements devrait plutôt être augmentée (un prélèvement tous les dix-quinze jours) de façon à mieux suivre la dynamique des communautés algales.

Les diverses méthodes d'analyse des résultats utilisées ne mettent pas en évidence des tendances très nettes. Cependant, la diminution de la diversité spécifique constatée de 1971 à 1974 ainsi que l'accélération du rythme d'apparition et de disparition des espèces algales ne constituent pas des signes encourageants. De plus, l'apparition de poussées de *Cyanophycées* pendant deux années consécutives est la preuve d'une évolution défavorable. Enfin, la diminution du nombre moyen de cellules récoltées au filet ne peut pas être considérée comme un indice positif. En effet, l'importance relative

du nanoplancton semble s'accroître lorsque celle du plancton récolté au filet diminue. Les résultats obtenus en 1974 ne nous autorisent pas à conclure à une amélioration de l'état du lac.

Sur le plan quantitatif, l'analyse des données enregistrées ne permet pas de définir avec précision le degré d'eutrophisation actuel du Léman. La classification d'une année par rapport aux autres est difficile. Les techniques multivariées utilisées par Allen (1973) permettraient de mieux situer les prélèvements les uns par rapport aux autres. Il serait ainsi possible de grouper les prélèvements semblables (cluster analysis), puis de discerner les structures sous-jacentes. A partir de ces résultats, il faudrait tenter de ranger les prélèvements en fonction de leur degré d'eutrophisation. D'un point de vue pratique, les profils verticaux et horizontaux de production primaire (Pelletier 1973) constitueraient de bons indicateurs de pollution à utiliser en parallèle avec l'analyse de la structure des communautés planctoniques. Cette analyse devrait se concentrer sur l'eau brute récoltée tous les dix-quinze jours dans un nombre très restreint de stations.

Bibliographie

Allen, T. F. H. et Koonce, J. F., Multivariate approaches to algal stratagems and tactics in systems analysis of phytoplankton, Ecology, vol. 54, No 6, pp 1234-1246 (1973).

Conover, W. J., Practical Nonparametric Statistics, John Wiley & Sons, New-York (1971).

Mac Arthur, R. H., Geographical Ecology, Harper & Row, New-York (1972).

Pelletier J., Contribution à l'étude de la production primaire du lac Léman, Thèse présentée à l'Université de Provence (1973).

Southwood, T. R. E., Ecological Methods, Chapman and Hall, London (1966).

Remerciements

Mme N. Authier, Mlles M. Bornand et I. Magnenat successivement laborantines à la Conservation de la faune ont réalisé la majeure partie du travail technique sous la direction de M. G. Matthey, hydrobiologiste cantonal.

Tableau No 1

Affinités écologiques existant entre les différentes stations calculées à partir des positions relatives des espèces algales (1974).

Stations	VD 1	VD 3	VD 4	VD 5
<u>Janvier</u>				
VD 1		.121	.075	<u>.957</u>
VD 3			<u>.955</u>	<u>.064</u>
VD 4	n=10			.082
VD 5				
<u>Février</u>				
VD 1		<u>.937</u>	.131	<u>.913</u>
VD 3			.227	<u>.986</u>
VD 4	n=12			.217
VD 5				
<u>Mars</u>				
VD 1		<u>.781</u>	<u>.588</u>	<u>.676</u>
VD 3			<u>.781</u>	<u>.522</u>
VD 4	n=13			<u>.605</u>
VD 5				
<u>Avril</u>				
VD 1		<u>.915</u>	<u>.830</u>	<u>.758</u>
VD 3			<u>.945</u>	<u>.806</u>
VD 4	n=10			<u>.733</u>
VD 5				
<u>Mai</u>				
VD 1		<u>.661</u>	<u>.697</u>	.370
VD 3			<u>.952</u>	.346
VD 4	n=10			.188
VD 5				
<u>Juin</u>				
VD 1		.125	.082	.461
VD 3			<u>.975</u>	<u>.655</u>
VD 4	n=11			<u>.607</u>
VD 5				

Tableau No 1 (suite)

Stations	VD 1	VD 3	VD 4	VD 5
<u>Juillet</u>				
VD 1	n=10	<u>.879</u>	<u>.831</u>	<u>.928</u>
VD 3			<u>.734</u>	<u>.904</u>
VD 4				<u>.807</u>
VD 5				
<u>Août</u>				
VD 1	n=11	<u>.955</u>	<u>.827</u>	<u>.564</u>
VD 3			<u>.855</u>	<u>.618</u>
VD 4				<u>.782</u>
VD 5				
<u>Septembre</u>				
VD 1	n=10	<u>.697</u>	<u>.588</u>	<u>.661</u>
VD 3			<u>.843</u>	<u>.661</u>
VD 4				<u>.855</u>
VD 5				
<u>Octobre</u>				
VD 1	n=10	<u>.915</u>	<u>.903</u>	<u>.891</u>
VD 3			<u>.988</u>	<u>.952</u>
VD 4				<u>.939</u>
VD 5				
<u>Novembre</u>				
VD 1	n=12	<u>.594</u>	<u>.707</u>	<u>.364</u>
VD 3			<u>.553</u>	<u>.728</u>
VD 4				<u>.672</u>
VD 5				

 $p \geq .05$ $p \geq .01$ $p \geq .001$

n=10
n=11
n=12
n=13

$r_s = .511;$
 $r_s = .527;$
 $r_s = .496;$
 $r_s = .478;$

$r_s = .733;$
 $r_s = .700;$
 $r_s = .671;$
 $r_s = .643;$

$r_s = .867$
 $r_s = .836$
 $r_s = .818$
 $r_s = .791$

Tableau No 2 Espèces dominantes (> 5%) en 1974
dans la station VD 1

Mois	Nombre cellules	Espèces	%
Janvier	61'499	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	16 78
Février	56'863	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	18 76
Mars	48'172	<i>Melosira islandica</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	8 25 62
Avril	56'071	<i>Melosira islandica</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Synedra ulna</i>	83 8 7
Mai	1'874	<i>Melosira islandica</i> <i>Closterium aciculare</i>	90 6
Juin	29'611	<i>Fragilaria</i> sp. <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Fragilaria virescens</i> <i>Asterionella formosa</i>	32 31 15 17
Juillet	91'185	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	83 12
Août	57'398	<i>Aphanizomenon flos aquae</i> <i>Mougeotia gracillima</i> <i>Ceratium hirundella</i>	53 21 13
Septembre	33'824	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Mougeotia gracillima</i>	58 23 8
Octobre	257'338	<i>Melosira binderana</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Mougeotia gracillima</i>	83 9 6
Novembre	71'822	<i>Melosira binderana</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Mougeotia gracillima</i>	36 10 6 42

Tableau No 3 Espèces dominantes ($> 5\%$) en 1974
dans la station VD 3

Mois	Nombre cellules	Espèces	%
Janvier	37'185	<i>Aphanizomenon flos aquae</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	6 13 77
Février	31'883	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	22 70
Mars	144'017	<i>Melosira islandica</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	6 8 83
Mai	5'914	<i>Melosira islandica</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Closterium aciculare</i>	83 6 8
Juin	684'655	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Fragilaria virescens</i> <i>Asterionella formosa</i>	6 88 5
Juillet	72'687	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	85 7
Août	55'416	<i>Aphanizomenon flos aquae</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Mougeotia gracillima</i>	64 15 10
Septembre	84'036	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Mougeotia gracillima</i>	15 78
Octobre	48'614	<i>Melosira binderana</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Mougeotia gracillima</i>	44 27 18
Novembre	91'966	<i>Melosira binderana</i> <i>Diatoma elongatum</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Mougeotia gracillima</i>	53 6 6 29

Tableau No 4 Espèces dominantes ($>5\%$) en 1974
dans la station VD 4

Mois	Nombres cellules	Espèces	%
Janvier	45'015	<i>Aphanothece clathrata</i>	6
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	11
		<i>Asterionella gracillima</i>	81
Février	61'393	<i>Fragilaria crotonensis</i>	13
		<i>Asterionella gracillima</i>	81
Mars	109'461	<i>Melosira islandica</i>	10
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	11
		<i>Asterionella formosa</i>	77
Avril	37'602	<i>Melosira islandica</i>	76
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	10
		<i>Asterionella formosa</i>	6
		<i>Synedra ulna</i>	6
Mai	16'298	<i>Melosira islandica</i>	95
Juin	362'884	<i>Fragilaria crotonensis</i>	14
		<i>Fragilaria virescens</i>	74
		<i>Asterionella formosa</i>	10
Juillet	79'367	<i>Melosira binderana</i>	5
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	79
		<i>Asterionella formosa</i>	11
Août	103'191	<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	50
		<i>Melosira binderana</i>	12
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	26
		<i>Mougeotia gracillima</i>	5
Septembre	286'140	<i>Fragilaria crotonensis</i>	89
		<i>Mougeotia gracillima</i>	9
Octobre	29'978	<i>Melosira binderana</i>	32
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	17
		<i>Asterionella formosa</i>	28
		<i>Mougeotia gracillima</i>	14
Novembre	110'665	<i>Melosira binderana</i>	56
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	6
		<i>Asterionella formosa</i>	9
		<i>Mougeotia gracillima</i>	26

Tableau No 5 Espèces dominantes ($> 5\%$) en 1974
dans la station VD 5

Mois	Nombre cellules	Espèces	%
Janvier	48'518	<i>Aphanothece clathrata</i>	6
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	17
		<i>Asterionella formosa</i>	74
Février	87'777	<i>Fragilaria crotonensis</i>	20
		<i>Asterionella formosa</i>	74
Mars	74'277	<i>Melosira islandica</i>	19
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	26
		<i>Asterionella formosa</i>	52
Avril	137'416	<i>Melosira islandica</i>	88
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	8
Mai	12'121	<i>Melosira islandica</i>	94
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	5
Juin	10'628	<i>Melosira islandica</i>	17
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	18
		<i>Fragilaria virescens</i>	42
		<i>Asterionella formosa</i>	17
		<i>Staurastrum paradoxum</i>	5
Juillet	60'102	<i>Fragilaria crotonensis</i>	84
		<i>Asterionella formosa</i>	9
Août	69'483	<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	10
		<i>Melosira islandica</i>	7
		<i>Melosira binderana</i>	5
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	14
		<i>Asterionella formosa</i>	48
		<i>Mougeotia gracillima</i>	10
Septembre	196'261	<i>Fragilaria crotonensis</i>	92
		<i>Mougeotia gracillima</i>	5
Octobre	114'787	<i>Melosira binderana</i>	56
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	5
		<i>Asterionella formosa</i>	30
		<i>Mougeotia gracillima</i>	6
Novembre	124'660	<i>Melosira binderana</i>	69
		<i>Asterionella formosa</i>	13
		<i>Mougeotia gracillima</i>	15

Tableau No 6

Diversité spécifique des espèces phytoplanctoniques
du Léman en 1974

Mois	Station VD 1	Station VD 3	Station VD 4	Station VD 5
Janvier	1,571	1,609	1,494	1,712
Février	1,637	1,816	1,467	1,677
Mars	2,178	1,420	1,637	2,637
Avril	1,413	1,315	1,676	1,287
Mai	1,216	1,436	1,104	1,128
Juin	3,937	1,291	1,716	3,676
Juillet	1,423	1,378	1,552	1,389
Août	2,851	2,241	2,967	3,541
Septembre	2,463	1,586	1,258	1,166
Octobre	1,423	3,360	4,316	2,468
Novembre	3,154	2,699	2,544	1,935
Décembre	-	-	-	-
Moyenne mensuelle	2,115	1,832	1,976	2,056

Tableau No 7

Synchronisme des variations de la diversité spécifique dans
les différentes stations (1974)

Stations	VD 1	VD 3	VD 4	VD 5
VD 1	-	.121	.357	<u>.603</u>
VD 3		-	.319	.137
VD 4			-	<u>.737</u>
n = 11 ; $r_s = .527$ p. .05 ; $r_s = .700$ p .01				

Tableau No 8 Diversité spécifique du phytoplancton du Léman de 1965 à 1974 à la station VD 4

Mois	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Janvier	-	-	-	-	-	1,305	2,431	1,064	1,795	1,494
Février	1,606	3,411	2,943	3,533	4,730	-	4,866	1,063	1,216	1,467
Mars	2,668	1,974	2,322	2,316	2,759	2,003	-	1,009	1,341	1,637
Avril	-	-	2,302	-	-	2,322	2,437	3,693	1,092	1,676
Mai	1,027	1,139	-	1,435	4,824	3,560	1,307	2,385	2,262	1,104
Juin	2,340	1,538	2,773	2,072	2,331	4,460	4,040	1,337	2,395	1,716
Juillet	1,348	1,378	1,510	1,422	1,430	1,437	4,273	2,945	1,360	1,552
Août	1,668	3,368	3,952	1,689	1,680	1,498	-	3,079	1,620	2,967
Septembre	2,563	2,405	3,024	1,691	2,818	2,302	2,845	1,947	3,734	1,258
Octobre	-	-	-	-	-	2,579	2,818	1,912	3,082	4,316
Novembre	3,602	2,010	2,659	2,411	2,830	3,399	1,701	2,113	-	2,544
Décembre	-	-	-	-	-	1,501	5,017	4,697	2,140	-

Tableau No 9 Quotients de similarité de Sorensen calculés à partir du nombre d'espèces phytoplanctoniques communes à 2 prélèvements. Mois de juillet dans la station VD 4

Années	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	Qm
1966	-	.789	.706	.703	.588	.706	.600	.632	.514	.655
1967		-	.706	.811	.706	.706	.650	.579	.571	.690
1968			-	.606	.533	.667	.500	.588	.452	.595
1969				-	.606	.606	.615	.541	.529	.627
1970					-	.600	.556	.588	.452	.579
1971						-	.611	.588	.516	.625
1972							-	.750	.486	.596
1973								-	.571	.604
1974									-	.511

Qm = valeur moyenne du coefficient de similarité pour chaque année comparée aux autres années.

Tableau No 10

Quotient de similarité de Sorensen calculé à partir du nombre d'espèces phytoplanctoniques communes à deux prélèvements. Mois de novembre dans la station VD 4.

Années	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972*	1974	Qm
1966	-	.359	.424	.457	.486	.485	.545	.267	.432
1967	-	-	.619	.591	.435	.381	.524	.308	.460
1968	-	-	-	.632	.700	.722	.667	.485	.607
1969	-	-	-	-	.476	.526	.684	.400	.538
1970	-	-	-	-	-	.650	.600	.541	.555
1971	-	-	-	-	-	-	.556	.364	.526
1972	-	-	-	-	-	-	-	.485	.580
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	.407

* Le prélèvement de novembre 1973 manque.

Tableau No 11 Espèces phytoplanctoniques dominantes (>5%) dans le Léman de 1964 à 1974
Station VD 4. Légende voir tableau 12

Mois	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Janvier	-	-	-	-	-	FC8 AF87	AF26 MG58 CA7	AF97	AF73	APH6 FC11 AG81
Février	MI11 FC10 AF78	MI32 FC33 AF28	MI38 FC42 AF11	MI14 FC24 AF45 MG6	MI30 FC13 AF15	-	MI26 MG21 FC14 CA5 AF26	AF97	AF90	FC13 AG81
Mars	MI38 FC13 AF46	MI22 FC67	MI45 FC47 AF7	MI17 FC14 AF62	MI47 AF36 DE5	FC63 AF31	-	AF99	AF86 FC7	MI10 FC11 AF77
Avril	-	-	FC43 S050	-	-	MI14 FC59 AF25	MI57 MG6 FC6 AF28	MI42 CH9 FC25 AF16	AF96	MI76 SU6 FC10 AF6
Mai	FC99	FC94	-	FC83 AF6	DE11 FC36 AF21 SU7 EE10 MG5	MI6 MG8 FC21 PW47 AF7 CH5	MI87 FC8	MI62 PW9 FC6 CH7 SU12	AF61 FC15	MI95
Juin	CH8 AF12 MI16 FC62	FC78 MG22	FC21 TA56 CH5	FC52 AF46	EE60 PW8 CH25	FC23 AF25 PW32	MI5 FC32 FV13 AF6 EE7 SG20	FV86 AF7	FC13 PV62 SS10	FC14 FV74 AF10

Juillet	FC85 AF14	FC9 AF84 MG6	FC80 AF11	FC83 SG11	FC83 FV12	FC16 AF82	FC11 AF8 MG30 CH33 DV11	FC51 SG5 FV11 AF19	FC85 AF6 CH7	MB5 FC79 AF11
Août	FC73 MG25	FC25 CH8 AF7 MG47	M57 FC25 AF21 MG37	FC10 MG9 CH76	AF7 MG76	FC81 CH13	-	FC47 CH31	FC77 MG13	AP50 MG5 MB12 FC26
Septem.	FC46 AF12 MG41	FC58 MG26 SY5 CH5	FC36 AF7 MG42 CH13	AF23 CH73	FC28 MG51 AF13 SU5	FC34 CH56	FC50 AF8 MG27 CH13	FC69 AF15 MG14	FC30 MG37 CH19	FC89 MG9
Octobre	-	-	-	-	-	FC8 MG55 AF29 CH10	FC38 MG45 CA9	MB8 MG9 FC70 AF11	DE12 FC38 MG40	MB32 MG14 FC17 AF28
Novembre	CH10 FC16 AG34 MG35	AF66 MG24	DE9 AF30 MG52	FC58 MG25 AF5 CH10	FC45 AF7 MG37	OT12 AF16 FV6 MG48 CH12	AF10 CA76	FC22 AF5 MG65	-	MB56 MG26 FC6 AF9
Décembre	-	-	-	-	-	AF11 MG81	DE21 CA19 AG26 MG15	FC13 MA19 AF23 CH33	AP62 FC6	-

Tableau No 13 Nombre total de cellules récoltées dans le phytoplancton de 1965 à 1974.
Le nombre de cellules est exprimé en milliers d'individus par litre.

Mois	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Janvier	-	-	-	-	-	7,31	2,63	7,54	0,18	5,85
Février	2,93	1,22	3,25	0,31	1,01	-	0,60	8,45	0,52	7,98
Mars	2,64	2,81	55,86	3,30	4,28	0,82	-	48,96	1,79	14,24
Avril	-	-	2,68	-	-	2,20	46,74	0,25	3,84	4,89
Mai	142,29	117,30	-	2,98	2,57	0,04	8,59	0,09	5,93	2,12
Juin	0,04	89,66	0,38	3,68	0,91	0,03	1,03	9,80	1,04	47,18
Juillet	14,05	32,88	49,74	30,04	88,08	57,20	5,86	24,90	18,88	10,32
Août	12,96	7,89	8,37	8,24	4,08	8,96	-	8,28	43,50	13,42
Septembre	5,23	22,35	11,14	2,13	38,74	12,31	39,91	36,39	6,97	37,19
Octobre	-	-	-	-	-	42,52	9,26	55,51	8,10	3,90
Novembre	7,36	11,99	7,53	9,98	1,12	4,77	10,30	1,44	-	14,38
Décembre	-	-	-	-	-	10,69	10,10	0,03	13,69	-
Moyenne mensuelle	23,44	35,75	17,37	7,61	17,60	13,36	13,49	16,80	9,49	14,68

LE PLANCTON DU LEMAN
REGION CENTRALE ET SUD DU GRAND LAC

Campagne 1974

par J.-P. Pelletier
Station d'Hydrobiologie lacustre de Thonon
Institut Nationale de la Recherche Agronomique

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

Conformément au programme fixé pour l'année 1974, le plancton a été récolté chaque mois aux points SHL 1, SHL 2 et SHL 6 à l'aide de filets. Cette méthode standardisée étant appliquée depuis 1957, nous disposons ainsi d'une série de résultats comparables entre eux.

Toutefois, les filets conviennent mal à une étude quantitative exacte. Pour combler les lacunes inhérentes à ce mode d'échantillonnage, nous avons effectué en outre au point SHL 2 des prélèvements d'eau brute d'où le plancton est extrait par sédimentation.

Nous tenterons enfin d'interpréter les variations de la transparence en fonction de la nature et de l'abondance du plancton.

1. PHYTOPLANCTON RECOLTE AU FILET

Les filets sont tirés verticalement d'une profondeur de cinquante mètres jusqu' en surface. La description détaillée de la méthode figure dans le rapport relatif à l'année 1971.

1.1. Volumes de microplancton mesurés après sédimentation

1.1.1. Variations saisonnières

Volumes de microplancton (ml/m³ d'eau)

	Point SHL 1	Point SHL 2	Point SHL 6
Janvier	0,29	0,17	0,19
Février	0,19	0,25	0,21
Mars	0,33	0,29	0,29
Avril	0,54	0,56	0,91
Mai	1,04	0,79	0,48
Juin	1,21	2,49	3,33
Juillet	0,62	1,14	0,87
Août	0,75	1,58	0,81
Septembre	4,16	6,23	3,33
Octobre	2,18	3,12	2,08
Novembre	0,98	0,98	0,89
Décembre	1,25	0,60	0,69
Moyenne	1,13	1,51	1,17
Moyenne générale	1,27		

Les volumes de microplancton récolté aux trois stations suivent au cours de l'année des variations sensiblement parallèles. Un seul maximum apparaît nettement en septembre. Les volumes mesurés restent faibles de janvier à mars.

1.1.2. Comparaison avec les années antérieures

Les volumes mensuels moyens du microplancton récolté aux trois points de prélèvement, portés sur le tableau ci-dessus, ne diffèrent pas significativement entre eux, du fait du manque de précision de la méthode. Il est intéressant de comparer la moyenne générale des volumes recueillis chaque mois à chaque point en 1974 aux résultats obtenus les années précédentes.

Volumes moyens de microplancton

1968	1,6 ml/m ³ d'eau
1969	1,4
1970	2,8
1971	3,8
1972	1,9
1973	0,9
1974	1,3

Le volume moyen de microplancton mesuré en 1974 accuse une augmentation sensible par rapport à la valeur particulièrement basse qui caractérise l'année précédente. Il reste néanmoins faible comparé aux résultats obtenus en 1970 et 1971.

1.2. Dénombrement des cellules algales

1.2.1. Comptage global

En 1974, le nombre moyen de cellules dénombrées par litre d'eau se répartit dans les trois stations de la façon suivante :

Point SHL 1 : 21'700 cellules/litre
 Point SHL 2 : 29'900 cellules/litre
 Point SHL 6 : 26'300 cellules/litre

Les résultats obtenus d'une station à l'autre sont du même ordre de grandeur. En revanche, les moyennes annuelles varient notablement d'une année à l'autre.

1969 : 20'200 cellules/litre
 1970 : 16'500 cellules/litre
 1971 : 31'700 cellules/litre
 1972 : 8'700 cellules/litre
 1973 : 8'100 cellules/litre
 1974 : 26'000 cellules/litre

Par rapport aux deux années précédentes, l'année 1974 se caractérise par une augmentation importante de l'effectif global du microplancton récolté au filet. Le résultat obtenu se rapproche de celui de l'année 1971. Toutefois, une interprétation correcte de ces résultats très globaux ne peut être avancée qu'à partir de la connaissance de la composition spécifique du peuplement phytoplanctonique.

1.2.2. Composition du phytoplancton récolté au filet

L'abondance relative des espèces dominantes figure dans le tableau 1. Celui-ci fait ressortir une très grande analogie dans la composition du phytoplancton aux trois points considérés.

Le tableau 2 récapitule l'importance relative des différentes classes, telle qu'elle apparaît d'après l'examen des organismes récoltés au filet.

Les *Diatomées* représentent sur l'ensemble de l'année 1974, 64 % des individus dénombrés et constituent à elles seules plus de 90 % du peuplement de février à juillet. Notons l'abondance et la permanence de *Fragilaria crotonensis* et la fréquence d'*Asterionella formosa*. *Melosira islandica* est très abondante de février à mai alors que *Melosira binderana* se développe seulement à partir du mois d'août. *Synedra acus* prolifère au printemps. La pullulation de *Fragilaria virescens* ne s'observe qu'en juin.

Les *Conjuguées* atteignent 25 % du peuplement, alors que les autres *Chlorophycées* ne représentent que 0,3 % du phytoplancton. A partir du mois d'août, on observe un développement important de *Mougeotia* accompagné en septembre et octobre de *Closterium aciculare*. Bien que fréquent, *Staurastrum gracile* ne devient jamais abondant.

Les *Cyanophycées* constituent près de 10 % du peuplement. *Aphanizomenon flos-aquae* se rencontre de janvier à mars, ainsi qu'en juillet, et devient prépondérant en août. En revanche, *Oscillatoria bouvrellyi* se développe à la fin de l'année.

Les *Dynophycées* restent faiblement représentées (0,6 %) par *Ceratium hirundinella* qui, bien que fréquent, ne prend de l'importance qu'en octobre.

Le tableau ci-dessous récapitule la composition relative (exprimée en pour cent) du phytoplancton récolté au filet depuis 1968 et permet de comparer les résultats obtenus en 1974 aux résultats antérieurs.

	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
<i>Diatomées</i>	66,8	65,6	64,2	66,9	89,3	69,7	63,9
<i>Conjuguées</i>	8,4	16,0	18,2	24,6	6,6	8,9	25,4
<i>Euchlorophycées</i>	1,4	1,2	0,5	0,3	0,9	1,2	0,3
<i>Xanthophycées</i>	1,4	0	0	0	0	0	0
<i>Cyanophycées</i>	8,4	15,9	1,8	0,4	0,3	16,2	9,7
<i>Dinophycées</i>	19,3	1,2	15,0	6,5	2,5	3,8	0,6
<i>Chrysophycées</i>	1,3	0,3	0,2	1,3	0,5	0,2	0

Bien qu'en régression par rapport au peuplement de 1972, les *Diatomées* restent toujours nettement dominantes, en particulier grâce à l'importance que conserve *Fragilaria crotonensis*.

Les *Conjuguées* accusent en 1974 une augmentation sensible par rapport aux deux années précédentes et arrivent au pourcentage déjà atteint en 1971. Notons la présence quasi permanente mais discrète de *Staurastrum gracile*, espèce susceptible d'un développement important.

Les *Cyanophycées* régressent légèrement en 1974 par rapport à l'année précédente, mais la persistance d'*Aphanizomenon flos aquae* qui a envahi le Léman à la fin de l'année 1973 reste préoccupante. Cette espèce forme en effet fréquemment des fleurs d'eau dans les lacs eutrophes.

L'année 1974 se caractérise encore par l'effacement des *Dinophycées* *Ceratium hirundinella* conserve un développement très modeste qui contraste avec les proliférations observées en 1968 et 1970 en particulier

2. PHYTOPLANCTON RECOLTE "AU TUYAU"

2.1. Méthode

Les inconvénients résultant de l'emploi des filets sont bien connus: d'une part, le nanoplancton n'est pas pris en considération, d'autre part, le volume d'eau réellement filtré est très souvent surestimé, du fait du colmatage plus ou moins important des mailles. C'est pourquoi, la méthode du filet ne peut aboutir qu'à des résultats relatifs, comparables entre eux lorsque la méthode est standardisée.

Afin d'obtenir des résultats quantitatifs ayant une signification en valeur absolue, nous avons effectué régulièrement au point SHL 2 des prélèvements d'eau entre la surface et dix mètres par la méthode du tuyau. Le plancton, fixé au lugol, est concentré par sédimentation. Les organismes sont examinés et dénombrés au microscope inversé, selon la méthode d'Utermöhl.

2.2. Résultats (tableau No 3)

Bien que la colonne d'eau prospectée par la méthode du tuyau (surface - 10 mètres) ne corresponde pas avec celle explorée par le filet (surface - 50 m), on retrouve dans l'eau brute les espèces récoltées par le filet (microplancton ou net-plancton des anglo-saxons) : les résultats confirment notamment l'abondance de *Fragilaria crotonensis* pendant toute l'année ainsi que la prolifération d'*Anabaena flos aquae* en août et de *Monyectia* en septembre et les mois suivants.

Cependant, le nombre des espèces inventoriées s'accroît considérablement grâce à la mise en évidence des organismes nannoplanctoniques. La place occupée par les diverses classes d'algues (tableau 4) se trouve profondément modifiée. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus (exprimés en % du peuplement global) avec l'une ou l'autre méthode.

	Plancton prélevé au filet	Plancton recueilli dans l'eau brute
<i>Cyanophycées</i>	9,7 %	17,5 %
<i>Dinophycées</i>	0,6 %	0,3 %
<i>Cryptophycées</i>	0,01 %	36,9 %
<i>Chrysophycées</i>	0,01 %	0,2 %
<i>Diatomées</i>	63,9 %	36,2 %
<i>Euchlorophycées</i>	0,3 %	1,1 %
<i>Conjuguées</i>	25,4 %	7,9 %

La classe de *Cryptophycées* pratiquement inexistante dans les échantillons récoltés au filet, devient prédominante. Elle est représentée par le genre *Cryptomonas*, et surtout par l'espèce *Rhodomonas minuta* dont la variété *nannoplanctica* pullule en permanence. Cette dernière atteint une densité de peuplement de 3'860'000 individus/litre en février et de 2'140'000 individus/litre en mai.

Dans la classe des *Diatomées*, les Centriques prennent une place importante: on constate la prolifération vernale de *Stephanodiscus hantzschii* dont la population dépasse 2 millions de cellules en mai. Parmi les *Cyanophycées*, de nombreuses espèces sont mises en évidence. On remarque en particulier la poussée d'*Aphanothece* qui se produit en septembre. Enfin cette méthode révèle la grande variété des *Euchlorophycées*, en permettant le dénombrement de 13 genres ou espèces de ce groupe, apparemment très effacé si l'on s'en tient à la méthode du filet.

Les espèces ou genres représentant plus de 1 % du peuplement global sont classés ci-dessous en fonction de leur abondance :

<i>Rhodomonas minuta</i>	33,9 %
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	19,1 %
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	16,4 %

<i>Fragilaria crotonensis</i>	11,3 %
<i>Mougeotia</i>	6,8 %
<i>Cryptomonas</i>	3,0 %
<i>Melosira binderana</i>	2,7 %
<i>Fragilaria virescens</i>	1,6 %

Un tel classement fait bien ressortir la prédominance des espèces typiquement nanoplanktoniques comme *R. minuta* et *S. hantzschii* qui représentent à elles seules 53 % du peuplement total.

3. LES ROTIFERES

3.1. Variations annuelles de l'abondance des Rotifères

Après l'important développement des Rotifères en 1973, faisant suite à une année pauvre, la population de Rotifères diminue considérablement en 1974 et tend à se rapprocher de celle de 1972.

Années	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Nombre moyen individus/m ³ (prél. au filet)	13'700	19'300	28'000	8'400	22'100	9'400

3.2. Cycle saisonnier des Rotifères

La population hivernale peu abondante (1'250 ind/m³) se développe au printemps (15'300 ind/m³, en avril), puis en été, avec un maximum en fin de saison (22'200 ind/m³ en septembre), et décroît en automne pour reprendre son niveau hivernal.

Il n'y a pas eu de développement explosif des Rotifères comme cela s'était produit en juillet 1973 (148'800 ind/m³). Après la première poussée printanière, la population croît régulièrement de mai à septembre.

3.3. Composition de la biocénose

Une régression du nombre des espèces rencontrées accompagne l'appauvrissement numérique des Rotifères :

Années	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Nombre d'espèces	25	23	26	21	22	16

On note également un changement des espèces dominantes, avec une forte diminution du nombre et du pourcentage de *Keratella cochlearis* alors que *Polyarthra* sp., en légère augmentation numérique, voit son pourcentage accroître énormément.

Pourcentage des principales espèces rencontrées

	1969	1970	1971	1972	1973	1974
<i>Keratella cochlearis</i>	22,0	<u>43,2</u>	<u>51,8</u>	<u>40,6</u>	<u>56,9</u>	27,9
<i>Polyarthra</i> sp.	<u>35,7</u>	20,7	15,1	19,1	12,3	32,7
<i>Synchaeta</i> sp (*)	12,9	10,4	10,4	7,3	8,8	15,2
<i>Keratella quadrata</i>	3,5	3,6	4,7	8,2	8,3	3,8

(*) *S. oblonga* + *S. pectinata*

Toutes les autres espèces sont en diminution numérique, sauf *Asplanchna priodonta* et *Pompholyx sulcata* en légère augmentation. Cependant, on note une augmentation du pourcentage de *Synchaeta pectinata* et *S. oblonga* et une diminution du pourcentage de *Keratella quadrata*.

4. TRANSPARENCE

Les transparences mesurées aux points SHL à l'aide du disque de Secchi sont rapportées ci-dessous :

	Point SHL 1	Point SHL 2	Point SHL 6	Moyenne
Janvier	15,6	13,5	14,5	14,5
Février	14,0	15,0	10,0	13,0
Mars	12,4	8,6	10,3	10,4
Avril	5,0	4,7	5,1	4,9
Mai	4,5	4,5	2,5	3,8
Juin	8,5	7,4	6,5	7,5
Juillet	7,0	8,3	7,5	7,6
Août	3,8	4,3	4,1	4,1
Septembre	5,5	5,4	5,4	5,4
Octobre	9,5	9,3	9,1	9,3
Novembre	8,8	8,5	8,5	8,6
Décembre	9,0	12,0	10,2	10,4
Moyenne	8,6	8,5	7,8	8,3

Les variations restent analogues d'un point à l'autre. Les valeurs maximales s'observent évidemment en hiver. Les mesures les plus faibles ont eu lieu en mai et s'expliquent en grande partie par l'abondance du nanoplankton. On n'observe pas de relation précise entre la transparence et le volume de net-plancton sédimenté qui fournit seulement une indication fragmentaire.

A la suite d'études menées par ailleurs, la transparence apparaît comme un bon indice de l'abondance du phytoplancton, à condition de tenir compte des apports de particules inertes.

L'évolution de la transparence au cours des années peut donc fournir d'utiles indications :

Points	Transparence (en mètres)											
	Maximum				Minimum				Moyenne			
	71	72	73	74	71	72	73	74	71	72	73	74
SHL 1	19,1	13,8	15,2	15,6	3,0	4,9	2,8	3,8	9,2	9,5	9,2	8,6
SHL 2	19,1	15,1	16,8	15,0	3,0	4,4	2,8	4,3	9,1	8,5	9,8	8,5
SHL 6	17,1	14,5	16,7	14,5	7,7	4,6	2,4	2,5	9,1	8,7	9,3	7,8

La transparence moyenne accuse en 1974 une diminution sensible par rapport aux 3 années précédentes. Cette évolution semble correspondre à un accroissement du développement du phytoplancton, comme les comptages tendent à le montrer. Il faut toutefois remarquer que les précipitations (et par la suite le ruissellement et les apports d'eaux turbides) ont été relativement plus abondantes en 1974 que les 3 années précédentes, particulièrement sèches. En effet, les hauteurs de précipitations enregistrées de 1971 à 1974 au port de Thonon présentent des différences considérables:

1971 : 561 mm d'eau

1972 : 642 mm d'eau

1973 : 754 mm d'eau

1974 : 906 mm d'eau

Les particules en suspension ont probablement contribué à la réduction de la transparence moyenne mesurée en 1974.

5. CONCLUSIONS

Lorsqu'on se réfère aux résultats de l'année précédente, on constate un accroissement modéré du volume de microplancton et surtout une augmentation du nombre total d'organismes dénombrés, ces déterminations portant sur le plancton récolté au filet. Cette tendance va de pair avec une diminution de la transparence moyenne, affectée en outre par les précipitations atmosphériques, relativement abondantes en 1974. Toutefois, les valeurs obtenues restent modérées par rapport à certaines données plus anciennes.

Sur le plan qualitatif, le net-plancton ne présente pas de modifications spectaculaires par rapport à l'année précédente. Les *Diatomées* restent dominantes, notamment grâce à *Fragilaria crotonensis*, abondante toute l'année. Les *Conjuguées*, représentées essentiellement par *Mougeotia*, conservent une grande importance en arrière-saison.

Certaines espèces telles que *Ceratium hirundinella* ou *Staurastrum gracile*, qui avaient proliféré occasionnellement par le passé, sont restées relativement discrètes. On doit cependant signaler le développement explosif d'*Aphanizomenon flos aquae* observé en août 1974. Cette espèce était apparue en masse dans le Léman au cours de l'automne 1973. Le maintien de cette *Cyano-phycée*, apte à former des fleurs d'eau, reste préoccupant.

Par ailleurs, la comparaison des résultats obtenus en utilisant deux modes d'échantillonnage (tuyau et filet) montre clairement que le plancton récolté au filet ne donne qu'une image très fragmentaire du peuplement phytoplanctonique. Seul l'examen d'un échantillon d'eau brute permet de prendre en considération le nanoplancton qui représente plus de 50 % de l'effectif global du phyto-plancton.

Tableau No 1 PHYTOPLANKTON RECOLTE AU FILET : ESPECES DOMINANTES EN 1974

	Point	J	F	M	A	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>CHANOPHYCEES</i> (9,69 % du peupl. annuel total)	I	3	2	1	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-
	II	3	2	+	-	-	-	-	+	-	4	-	-	-	-
	VI	3	2	+	-	-	-	-	+	-	4	-	-	-	-
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	3	4	3
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	2	3	3
<i>Oscillatoria bouvrellyi</i>	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	3	4	3
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	2	3	3
<i>DINOPHYCEES</i> (0,56 % du peupl. annuel total)	I	1	-	+	-	-	-	-	1	-	1	1	2	+	+
	II	+	+	+	-	-	-	-	+	+	1	+	3	+	+
	VI	+	1	+	-	-	-	-	1	-	+	+	2	+	+
<i>Ceratium hirundinella</i>	I	-	3	3	4	4	4	4	2	-	2	-	-	-	+
	II	-	3	4	4	4	4	4	-	-	1	-	-	-	-
	VI	2	2	3	4	4	4	4	3	+	1	+	+	-	2
<i>Diatomees</i> (63,90 % du peupl. annuel total)	I	-	3	3	4	4	4	4	-	-	2	-	-	-	+
	II	-	3	4	4	4	4	4	-	-	1	-	-	-	-
	VI	2	2	3	4	4	4	4	3	+	1	+	+	-	2
<i>Melosira islandica</i>	I	-	-	-	+	-	-	-	-	-	3	2	4	4	4
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2	3	4	3
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	+	4	4	4
<i>Melosira binderana</i>	I	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	1	2
	II	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	+	2
	VI	4	4	4	3	4	3	3	4	1	3	4	3	2	2
<i>Fragilaria crotonensis</i>	I	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	1	2
	II	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	+	2
	VI	4	4	4	3	4	3	3	4	1	3	4	3	2	2

Tableau No 1 (suite)

	Point	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Fragilaria virescens</i>	I	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	3	-	4	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
<i>Asterionella formosa</i>	I	3	4	2	+	-	+	+	+	+	2	+	+
	II	4	3	4	+	1	1	3	+	1	3	+	+
	VI	3	4	4	+	-	+	3	+	1	2	+	+
<i>Synedra acus</i>	I	+	+	1	3	3	+	-	-	-	-	+	+
	II	-	+	2	3	3	-	-	-	-	-	-	+
	VI	-	+	1	3	3	-	-	-	-	-	+	3
<i>Diatoma elongatum</i>	I	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	2	3
	II	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1	3
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
EUCHLOROPHYCEES (0,34% du peupl. ann. total)	I	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	II	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	VI	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+
<i>Chlorohormidium subtille</i>	I	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4	4
	II	-	-	-	-	-	-	-	2	4	4	4	4
	VI	-	-	-	-	-	-	-	3	4	3	3	4
CONJUGUEES (25,41 % du peuplement ann. total)	I	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	II	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	VI	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+
<i>Mougeotia sp.</i>	I	1	2	+	-	+	-	-	+	3	3	-	-
	II	+	1	+	+	+	-	-	-	3	4	-	-
	VI	2	1	+	+	+	-	-	+	3	3	+	-
<i>Closterium aciculare</i>	I	1	2	+	-	+	-	-	+	3	3	-	-
	II	+	1	+	+	+	-	-	-	3	4	-	-
	VI	2	1	+	+	+	-	-	+	3	3	+	-

Tableau No 1 (suite)

	Points	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Staurastrum gracile</i>	I	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	II	-	+	+	+	+	2	+	+	+	+	+	+
	VI	-	+	+	+	+	1	+	+	-	-	+	+

Sont considérées comme dominantes, les algues ayant représenté au moins durant un prélèvement, 5 % du nombre total de cellules récoltées.

Signification des indices d'abondance : 5 = plus de 90 % du nombre total de cellules récoltées
 4 = entre 90 et 30 % du nombre total de cellules récoltées
 3 = entre 30 et 5 % du nombre total de cellules récoltées
 2 = entre 5 et 2 % du nombre total de cellules récoltées
 1 = entre 1 et 2 % du nombre total de cellules récoltées
 + = moins de 1 % du nombre total de cellules récoltées
 - = organisme dont la présence n'a pas été détectée dans l'échantillon examiné.

Tableau No 3 PHYTOPLANKTON RECOLTE AU TUYAU EN 1974 AU POINT SHL 2 (nombre de cellules/ml d'eau)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>CYANOPHYCEES</u>												
<i>Microcystis</i>									6			
<i>Aphanothece</i> sp								2	108	2		
<i>Phormidium mucicola</i>									2	5		
<i>Gomphosphaeria rosea</i>									2			
<i>Anabaena</i> sp								3'200	2			
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	22	2		2		1				1		
<i>Oscillatoria bourrellyi</i>		2		3						9	21	47
<i>Oscillatoria limnetica</i>		2										
<u>DINOPHYCEES</u>												
<i>Gymnodinium helveticum</i>	1		1	4	6	1						
<i>Peridinium williei</i>				2			4	6	21	8	1	
<i>Ceratium hirundinella</i>												
<u>CRYPTOPHYCEES</u>												
<i>Cryptomonas</i>	11	3	16	199	56	74	28	62		112	18	10
<i>Rhodomonas minuta</i>	13	23	79	79	16	1	3	2		13	34	26
<i>Rhodomonas minuta</i> var.	136	3'860	795	753	2'140	348	308	488	443	340	146	99
<i>Rhodomonas ranoiplanctica</i>												
<u>CHRYSOPHYCEES</u>												
<i>Dinobryon sociale</i>								8	4			
<i>Salpingoeca</i>									15		7	
<u>DIATOMES</u>												
<i>Melosira islandica</i>		8		41	23	4	36	51		163	221	
<i>Melosira birderana</i>												

Tableau No 3 (suite)

	J	F	M	A	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D		
<i>Stephanodiscus astraea</i>	9	7	10	1												18	
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	17	32	870	499			2'279						10	32		19	
<i>Diatoma elongatum</i>	43	6	38	45			11	245	19		93	4		16		24	
<i>Fragilaria crotonensis</i>								322				1703		4			
<i>Fragilaria virescens</i>	3	13	15	33			12	11			6	8	5	1		2	
<i>Asterionella formosa</i>		2	3											2			
<i>Synedra acus</i>				1													
<i>Gomphonema</i>				2			2										
<i>Nitzschia acicularis</i>													9	4			
<u>EUCHLOROPHYCEES</u>																	
<i>Carteria</i>				2				1	2		2						1
<i>Eudorina elegans</i>			1				22					7					2
<i>Korshikovella judoyi</i>								1	18			15	1				1
<i>Characium</i>								9			13						2
<i>Oocystis solitaria</i>																	1
<i>Selenastrium</i>			3														2
<i>Arkhistrodesmus falcatus</i>			2	7			14	2									1
<i>Ankistrodesmus lacustris</i>		1						3									2
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>											4						1
<i>Crucigenia rectangularis</i>												4					2
<i>Hofmania karstbovii</i>												8					1
<i>Chlorohomidium subtile</i>											23	2					3
<i>Closteriopsis</i>		9	10									13	2	1			
<u>CONJUGALES</u>																	
<i>Mougeotia</i>											15	1109	43	102			72
<i>Closterium aciculare</i>				1			2					163	9	1			
<i>Cosmarium depressum</i>	123	1							2								
<i>Staurastrum gracile</i>			1	1				14			2						

ETUDES BIOLOGIQUES DES EAUX DU PETIT LAC

Campagne 1974

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

Points de contrôle et date de prélèvements :

Au cours de l'année 1974, des échantillons de plancton ont été recueillis aux trois points pélagiques GE 4, GE 3, GE 2 du Petit Lac et dans la rade de Genève (GE 1). Douze campagnes mensuelles ont été exécutées.

Méthodologie :

Les techniques qui ont été utilisées pour les prélèvements (filets jumelés standards, bouteille ou tuyau), les mesures des volumes du "net-plancton" ainsi que pour la détermination de la fréquence et l'abondance des divers organismes planctoniques ont été décrites dans des rapports antérieurs.

Résultats :

Les observations les plus importantes qui ont été faites sur le plan biologique, les résultats des mesures volumétriques et des dénombrements d'organismes planctoniques, leur évolution au cours de l'année, sont résumés dans les tableaux et graphiques suivants. Les résultats des comptages d'organismes ont été "exprimés" soit en indice d'abondance relative (+, ++, ..1,...5), soit en nombre de colonies ou individus par litre soit encore en biomasse (ml/m³).

Transparence des eaux du Petit Lac :

La transparence des eaux est liée à la richesse en particules solides en suspension, organismes phytoplanctoniques notamment. Sur le graphique No 1 sont portées les valeurs de la transparence - mesurées au disque de Secchi - aux trois points pélagiques du Petit Lac et les volumes de micro-plancton (net-plancton) prélevés à ces mêmes points d'observation.

Transparence des eaux du Petit Lac

Année	Maximum	Minimum	Moyenne annuelle
1972	12,0	3,2	8,03
1973	11,6	3,2	7,69
1974	13,0	<u>2,8</u>	<u>7,50</u>

La transparence moyenne des eaux du Petit Lac a été en 1974 de 7,50 m, valeur plus faible que celle de la norme de transparence des douze dernières années (7,77 m).

La transparence minimum de 2,8 m, observée au mois d'avril au point GE 2 est l'une des plus faibles constatées.

Les variations saisonnières de transparence des eaux, en revanche, sont comparables à celles observées les années précédentes, soit deux périodes de forte turbidité (dus aux poussées du phytoplancton) - l'une printanière, l'autre automnale - séparées par une période de clarification des eaux située en mai-juin.

Volumes moyens annuels de micro- et de macro-plancton :

Années	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Micro-plancton	1,78	2,43	2,80	1,62	1,36	1,94	2,22	3,72	2,01	1,13	<u>4,04</u>
Macro-plancton	4,07	2,99	2,85	2,98	3,53	1,88	1,96	5,18	4,46	2,59	<u>6,11</u>

Les valeurs observées en 1974 - influencées par des masses importantes de zooplancton durant plusieurs mois de l'année - sont les plus fortes jamais encore enregistrées dans le Petit Lac.

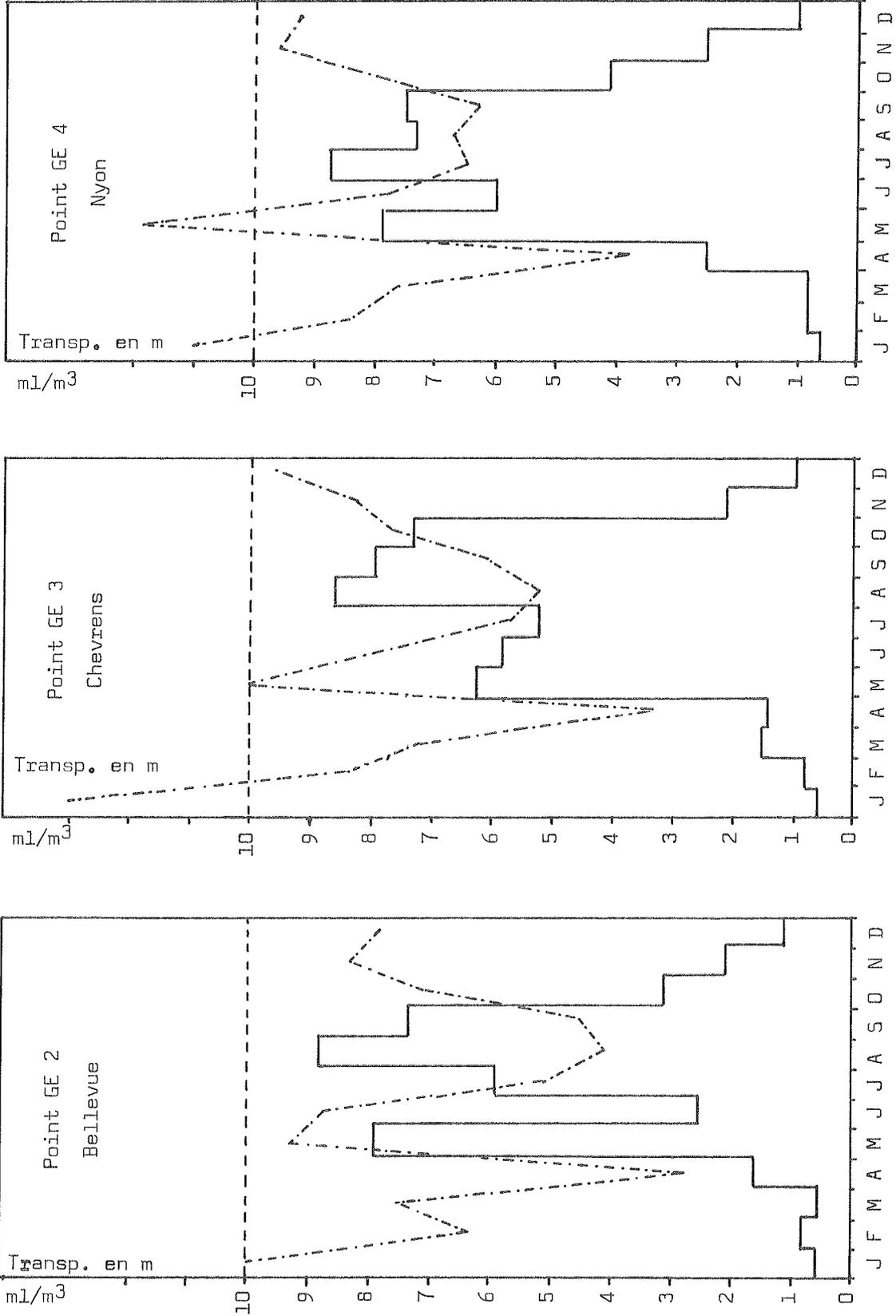
Malgré les imperfections de la méthode d'estimation du volume du plancton par filtration et sédimentation, l'on doit admettre que la production du lac a atteint en 1974 des valeurs records.

L'évolution mensuelle des espèces les plus abondantes du phyto-plancton du Petit Lac est consignée dans le tableau No 1.

On fait en particulier les constatations suivantes :

- Persistance, voire développement important des espèces de *cyanophycées* qui sont apparues récemment dans les eaux lémaniques :
Aphanizomenon flos-aquae en août et *Oscillatoria bournellii* en octobre, novembre et décembre.
- Parmi les *dinophycées*, *Peridinium cinctum* a été très fréquent au début de l'année. *Ceratium hirundinella* qui pérenne dans les eaux du Petit Lac n'a pas présenté en 1974 de période de développement spectaculaire comme ce fut le cas les années précédentes.

Fig. 1 Variations mensuelles des volumes de microplancton (——) et de la transparence (-----) des eaux du Petit Lac en 1974



- Malgré la petitesse de leur taille, les *cryptophycées* (*Cryptomonas* sp, *Rhodomonas minuta*) se rencontraient en grand nombre dans le net-plancton durant les premiers mois de l'année.
- Parmi les diatomées classiques des eaux du lac, *Fragilaria capucina* a fait une apparition brève mais remarquée au mois de juin.
- Plusieurs espèces d'algues vertes, notamment *Closterium aciculare*, *Staurastrum gracile*, *Eudorina elegans* etc. pérennent actuellement dans les eaux du lac; d'autres comme *Mougeotia gracillima* se développent abondamment à certaines périodes de l'année (automne pour *Mougeotia*).

Evolution des peuplements animaux du plancton au cours de l'année.

Le tableau No 2 résume l'évolution des principales espèces de rotifères et d'infusoires dans les eaux du Petit Lac.

Une quinzaine d'espèces sont très fréquentes, voire abondantes dans la zone pélagique du lac (voir tableau). On rencontre occasionnellement encore une dizaine d'autres espèces et notamment : *Gastropus stylifer*, *Ascomorpha saltans*, *Chromogaster ovalis*, *Filinia longisetu*, *Conochilus unicornis*, *Lecane luna*, *Monostyla laravis*, *Lepadella ovalis*, *Floscularia pelagica*, etc.

On observe un développement maximum de la faune rotatorienne au printemps et au début de l'été; les espèces dominantes sont *Keratella cochlearis*, *Polyarthra trigla* et *P. vulgaris*, *Keratella quadrata*, *Kellicottia longispina* et *Notholca acuminata*. Il semble que ces Brachionidae bénéficient directement de la forte production de nanoplancton durant cette partie de l'année.

Durant la période de stagnation estivale, la population rotatorienne diminue - en valeur absolue - dans le plancton. Les espèces typiquement estivales sont *Synchaeta pectinata* et *S. sp*, *Pompholix sulcata*, *Ploesoma hundsoni*, *Trichocerca capucina*. *Asplanchna priodonta*, grande espèce omnivore ou carnassière, présente un développement maximum en mai et en septembre; entre ces deux poussées, il disparaît mystérieusement!!!

Nous avons signalé antérieurement la présence dans notre lac de champignons parasites de la plupart des espèces d'algues planctoniques. Beaucoup d'organismes animaux (protozoaires, rotateurs, crustacés) ont également leurs maladies cryptogamiques spécifiques; fréquemment, l'on rencontre *Synchaeta pectinata*, les *Keratella quadrata* et *cochlearis*, *Pompholix sulcata* etc.. contaminés par des champignons endoparasites (*Bertrania asperospora* et d'autres).

Les copépodes (*Cyclops*, *Diatomus*) ou leurs oeufs et les grandes cladocères (*Leptodora*) ainsi que certains rotateurs (*Asplanchna priodonta*) sont parfois parasités par des phycomycètes du genre *Lagenidium* ou autres.

PHYTOPLANCTON AU POINT GE 4 ET DANS LA RADE DE GENEVE EN 1974
EXAMINE SUR LES PRELEVEMENTS D'EAU BRUTE

Les prélèvements au point GE 4 ont été effectués à l'aide d'un tuyau de 10 m et à l'aide d'une bouteille de van Dorn à 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 et 70 m; dans la Rade, le prélèvement est fait sous la surface à l'aide de la bouteille.

BIOMASSE TOTALE (voir tableaux No 3 et 6)

Volume annuel moyen: ml/m ³	1972	1973	1974
GE 4	0,3	0,4	0,7
Rade	0,5	0,5	1,1

Le volume mensuel maximum mesuré à GE 4 fut de 3,0 ml/m³ au mois de septembre (en août 1973 : 1,0 ml).

BIOMASSE NANNOPLANCTONIQUE AU POINT GE 4 (voir tableau No 3)

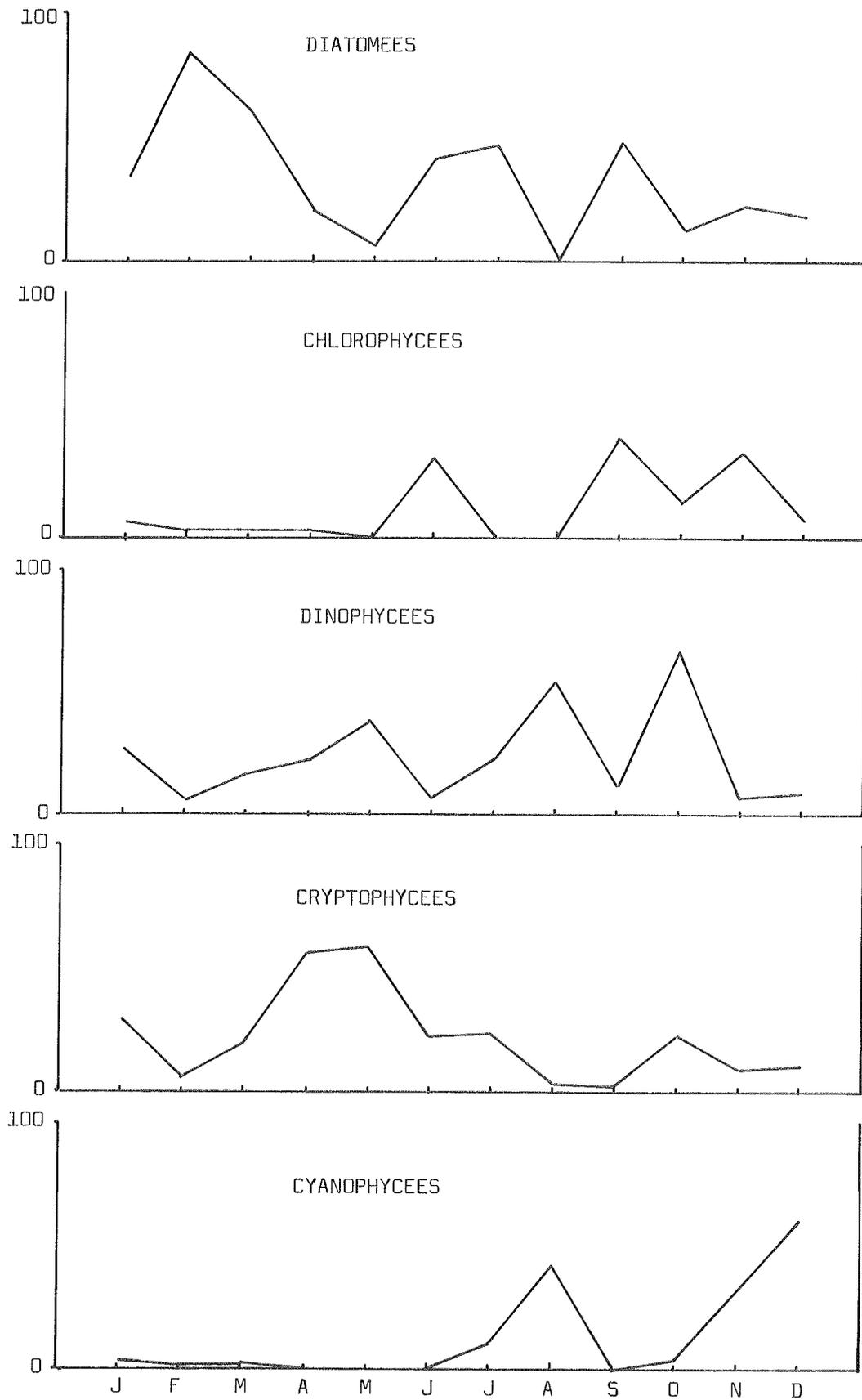
	1972	1973	1974
Volume annuel moyen: ml/m ³	0,09	0,08	0,10
% du volume total	30,7	20,7	15,4

Le volume maximum de nannoplancton a été mesuré en avril : 0,38 ml/m³ représentant le 73,3 % du volume total du phytoplancton (en 1973 0,40 ml/m³, 76,2 %).

SUCCESSION ANNUELLE DES ESPECES DOMINANTES AU POINT GE 4 (voir tableau No 4 et figure No 1.)

- Janvier : la *cryptophycée Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctica* partage la scène avec les *diatomées centrophycidées Stephanodiscus astrea* et *S. hantzschii*.
- Février : la *diatomée pennatophycidée Asterionella formosa* domine nettement (55 % du volume total).
- Mars : la proportion d'*A. formosa* (21 %) a diminué en faveur de *S. hantzschii* (18 %).
- Avril et
Mai : *cryptophycées* (avril 57 %) *Cryptomonas* sp. et *R. minuta* sont accompagnées par des *dinophycées* du genre *Peridinium* (avril 21 %).

Fig. 2 Variations mensuelles (%) de la composition algale du phytoplancton au point GE 4 en 1974



Juin : Les *cryptophycées* sont toujours présentes (21 %) mais cette fois accompagnées de la *diatomée pennatophycidée* en ruban *Fragilaria capucina* (22 %) qui fait une apparition brève mais spectaculaire (env. 820 mm/l) (voir tableau ci-dessous) et de l'algue verte *zygophycée* *Staurastrum gracile* (3'230 cel/l, 27 %). Réapparition d'*Aphanizomenon* (voir ci-après).

Prolifération de *Fragilaria capucina* dans la Rade.

Date	mm/l
4 juin	60
19 juin	1'580
1 juillet	2'240
17 juillet	10

Juillet : Début de la poussée estivale de *Ceratium hirundinella* (17 %); développement de la *Diatomée centrophycidée filamenteuse* *Melosira binderana* avec comme toile de fond toujours les *cryptophycées*.

Août : *C. hirundinella* est à son acmé (47 %; 12'000 cel/l) ainsi qu'*Aphanizomenon*, algue bleue filamenteuse en faisceaux, (398'000 fil/l 41 %), (en 1973 le maximum enregistré était de 217'800 fil/l au point GE 4 et 247'000 dans la Rade), voir tableau No 4.

A. flos-aquae aura donc eu, entre août 1973 et septembre 1974 deux périodes d'intense prolifération, l'une en novembre 1973 : jusqu'à 247'000 fil/l et l'autre en août 1974 : 398'000 fil/l. Cette cyanophycée n'est pas reparue pendant l'hiver 1974-1975 où elle a été "remplacée" par une autre algue bleue du Léman *Oscillatoria bowrelii*.

Septembre : au point GE 4 *C. hirundinella* s'efface temporairement (4'500 cel/l) et cède la première place à la *zygophycée filamenteuse* *Mougeotia gracillima* (34 %) et à la *diatomée rubannée* *Fragilaria crotonensis* (29 %), deux espèces qui vont proliférer massivement et produire le volume phytoplanctonique mensuel le plus important de 1974 (3,0 ml/m³). Il faut signaler aussi la reprise importante (11'600 cel/l) de la petite *zygophycée* du genre *Closterium*, déjà signalée dans le rapport de 1973 et que nous avons identifiée en 1974 comme étant *Closterium acutum* Bréb. var. *variabile* (Lemm) Kriey.

Octobre : Bien que sur le déclin de sa poussée estivale *C. hirundinella* (3'600 cel/l, 47 %) accompagné de *cryptophycées* (22 %) domine ; début de la prolifération d'*Oscillatoria bowrelii*, cyanophycée connue dans le Léman depuis 1969 mais restée jusque-là relativement discrète.

Novembre : nouvelle apparition de *Mougeotia gracillima* (4'600 mm/l; 34 %) accompagnée d'*O. bowrelii* (6'950 mm/l; 31 %) et de *Melosira binderana* (19 %).

Décembre : L'année 1974 se termine sous le signe des *cyanophycées* avec *O. bowrelii* qui fournit le 60 % (5'360 mm/l) du volume de phytoplancton de ce mois.

Le tableau ci-dessous permet de comparer, grosso modo, la répartition des différentes classes algales composant le phytoplancton au point GE 4 en 1972, 1973 et 1974. Le fait majeur à remarquer est la constante progression des cyanophycées encore quantitativement peu représentées en 1972 et qui ont constitué le 13,7 % du volume annuel moyen du phytoplancton récolté en 1974. Un second fait à signaler est la diminution relative du nanoplancton qui en 1972 représentait le 30,7 % du phytoplancton et ne représente plus en 1974 que le 15,4 %, bien que le volume annuel produit reste presque identique d'année en année : de 0,08 à 0,10 ml/m³. Il convient toutefois de rester prudent dans l'appréciation des différents résultats donnés, car l'étude quantitative du plancton reste un problème techniquement difficile et la cadence d'un prélèvement par mois semble bien souvent insuffisante.

VARIATION DE COMPOSITION ALGALE AU POINT GE 4 EN 1972,
1973 et 1974

Classes	1972		1973		1974	
	ml/m ³	%	ml/m ³	%	ml/m ³	%
<i>Diatomées</i>	0,09	31,6	0,08	19,2	0,20	30,6
<i>Chlorophycées</i>	0,01	3,4	0,05	11,4	0,01	1,0
<i>Zycofycées</i>	0,02	7,9	0,03	7,3	0,13	19,6
<i>Dinophycées</i>	0,11	39,2	0,17	41,9	0,16	24,0
<i>Cryptophycées</i>	0,04	15,1	0,04	9,3	0,07	11,0
<i>Cyanophycées</i>	< 0,01	< 0,1	0,04	10,9	0,09	13,7
<i>Nanoplancton</i>	0,09	30,7	0,08	20,7	0,10	15,4

Résumé et conclusions :

En 1974, l'étude du plancton du Petit-Lac a permis de mesurer des volumes de "net-plancton" et des biomasses phytoplanctoniques au-dessus de la moyenne; cette augmentation de la production primaire s'est traduite sur le plan physique par une diminution de la transparence des eaux avec un minimum enregistré très faible : 2,8 m.

Sur le plan qualitatif on peut remarquer que :

- les *cyanophycées* ne cessent de prendre une place de plus en plus importante, tant en valeur relative qu'en valeur absolue dans le Léman, lac autrefois caractérisé par une flore à *diatomées* et *chrysophycées* prédominantes. Il est toutefois curieux de constater que pour l'instant aucune des espèces rencontrées n'a réellement occupé une place dominante stable dans la communauté planctonique. Depuis 1968, après l'apparition assez fugace d'*Oscillatoria rubescens*, on constate de nombreux "essais" tous plus ou moins avortés (*Oscillatoria* sp, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena* spp, *Aphanizomenon flos aquae*). *Oscillatoria bouvella*, la dernière espèce dont la prolifération s'est révélée fort active en fin d'année, s'imposera-t-elle ou sera-t-elle remplacée par une autre espèce ?

- pas de "nouveau" à signaler sinon l'implantation quasi permanente dans le phytoplancton d'une petite *Zygothycée* du genre *Closterium* dont l'apparition a été signalée en 1973 et qui a été identifiée comme étant *Closterium acutum* Brèb: var-*varicibile* (Lemm) Krieg.
- les corrélations physico-chimiques et biologiques de l'année 1974 ont été défavorables dans le Petit Lac à certaines espèces planctoniques classiques et qui ne cessent de régresser année après année, en particulier les *Chryso-phyces* du genre *Dinobryon* et *Mallomonas*, souvent considérés comme des indicateurs d'eaux oligotrophes, autrefois encore abondantes à certaine période de l'année.

Les quelques faits résumés ci-dessus montrent, une fois encore, qu'au point de vue biologique aussi, le lac est en pleine mutation et à la recherche d'un équilibre (un climax) toujours remis en question. Cet état caractérise nettement les milieux naturels perturbés brutalement par les activités humaines qui s'exercent à leur dépens. Le Léman est de ceux-là.

Tableau No 1 EVOLUTION MENSUELLE DES ESPECES LES PLUS ABONDANTES DU PHYTOPLANKTON DU PETIT LAC DURANT 1974

(Echantillons de plancton prélevés au filet à mailles fines de 45 μ)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CYANOPHYCEES : <i>Microcystis</i> sp. <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> <i>Oscillatoria bouvrellii</i>									1-2 1	1		
						1		4				2-3
										2		2-3
DINOPHYCEES : <i>Peridinium cinctum</i> <i>Ceratium hirundinella</i>	3	1	2	+++								
	2	1	1					3		1	1	1-2
CRYPTOPHYCEES : <i>Cryptomonas</i> sp. <i>Rhodomonas minuta</i>	++++	++		+++								
FLAGELLES : <i>Salpingoeca convallaria</i>			+++	+++					+++		+++	
DIATOMES : <i>Melosira binderma</i> <i>Melosira islandica</i> <i>Stephanodiscus Hantzschii</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Fragilaria capucina</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Diatoma tenue elongatum</i> <i>Synedra acus</i>	1	2	3-4	4-5		1	4		1	2	3	3
			+++++			2						1
	3	3	2	2			4		1			1
	4	4	3				4		1	3	1	1
				1-2								
CHLOROPHYCEES : <i>Eudorina elegans</i> <i>Closterium aciculare</i> <i>Staurastrum gracile</i> <i>Mougeotia gracillima</i> <i>Chlorohormidium</i> sp.	1	1	1	1					1 2-3	1-2 2		
						3		1	3	3	4	3

Nannoplankton et zooplankton prédominant

Tableau No 2 EVOLUTION MENSUELLE DES PEUPELEMENTS EN ROTIFERES LES PLUS ABONDANTS DU PLANCTON DU PETIT LAC DURANT 1974

Espèces	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Keratella cochlearis</i>	++	++	++	+++	1	++++	++++	+++	++	++	++	++
<i>Keratella cochlearis</i> var. <i>hispida</i>												
<i>Keratella quadrata</i>	+	+	+	++	+++	+++	+++	+++	+	+	+	+
<i>Kellicottia longispina</i>	+	+	+	+++	+++	+++	+++	+	+	+	+	+
<i>Notholca acuminata</i>				++	++	++	++					
<i>Notholca striata</i>		+	+									
<i>Notholca labis</i>		+	+									
<i>Trichocerca capucina</i>								++	+	+		
<i>Trichocerca</i> cf. <i>similis</i>								++	++	++	++	++
<i>Polyarthra trigla</i> et <i>P. sp.</i>				++++	1	++	++	++	++	++	++	++
<i>Filinia longiseta</i>	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Synchaeta pectinata</i> et <i>S. sp.</i>				+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pompholix sulcata</i>				+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ploesoma hudsonae</i>								+	++	++	++	++
<i>Asplanchna priodonta</i>	++	+	++	1	++	+	+	+++	+++	+++	+++	+++
<u>INFUSOIRES</u>												
<i>Codonella lacustris</i>	++	++	++	+++	1	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	+++	+++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Vorticella fragilaria</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Epistilis rotans</i>					1	++	++	++	++	++	++	++
<i>Cochurnia cristallina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stauronehraya elegans</i>				+	+	+	+	+	+	+	+	+

(dans les échantillons de microplancton prélevés au filet à mailles de 45 µm)

Tableau No 3 VARIATIONS MENSUELLES DE LA BIOMASSE DU PHYTOPLANKTON (ml/m³) DE LA SURFACE A 10 METRES DE PROFONDEUR (prélèvement au tuyau) AU POINT GE 4

Répartition selon les principales classes d'algues représentées

Classes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne	%
<i>Diatomées</i>	0,055	0,161	0,143	0,096	0,002	0,095	0,217	0,001	1,441	0,067	0,115	0,039	0,203	30,6
<i>Euchloro-phyccées</i>	0,003	0,002	0,004	0,015		0,008	0,004	0,029	0,004	0,009	0,001	0,002	0,007	1,0
<i>Zygo-phyccées</i>	0,007	0,004	0,004	0,002		0,065	0,003	0,024	1,192	0,066	0,189	0,008	0,130	19,6
<i>Dino-phyccées</i>	0,044	0,012	0,036	0,112	0,019	0,017	0,101	0,915	0,335	0,362	0,035	0,018	0,159	24,0
<i>Crypto-phyccées</i>	0,046	0,011	0,047	0,292	0,030	0,052	0,109	0,057	0,048	0,122	0,044	0,021	0,073	11,0
<i>Chryso-phyccées</i>									0,005	0,008				
<i>Cyano-phyccées</i>	0,007	0,003	0,003	0,700		0,050	0,017	0,017	0,174	0,134	0,091			13,7
<i>Total</i>	0,162	0,193	0,234	0,517	0,051	0,237	0,484	1,726	3,025	0,551	0,558	0,222	0,664	

Mois	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne	%
<i>Nanno-pluricton</i>	0,010	0,013	0,043	0,076	0,002	0,011					0,005	0,002	0,003	0,014	
<i>Stephano-discus hantzschii</i>	0,044	0,010	0,045	0,160	0,006	0,038	0,064	0,053	0,040		0,057	0,035	0,018	0,048	
<i>Rhodomonas minuta</i>	0,010	0,004	0,008	0,143	0,007	0,016	0,046	0,029	0,022		0,158	0,031	0,004	0,040	
<i>Total</i>	0,064	0,027	0,096	0,379	0,015	0,065	0,110	0,082	0,062	0,220	0,220	0,068	0,025	0,102	
% du total général	39,5	14,0	41,0	73,3	29,4	27,4	22,7	4,8	2,1	39,9	12,3	11,3			15,4

Tableau No 4 ESPECES ET CLASSES DOMINANTES EN 1974

Mois	Espèces	AU POINT GE 4		DANS LA RADE	
		Classes	%	Classes	%
Janvier	<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplactica</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i> et <i>S. Astrea</i>	Cryptophycées	27	Diatomées	28
		Diatomées	19	Diatomées	34
Février	<i>Asterionella formosa</i>	Diatomées	55	Diatomées	83
		Diatomées	21	Diatomées	76
Mars	<i>Asterionella formosa</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Diatomées	18	Diatomées	61
		Diatomées	57	Cryptophycées	79
Avril	<i>Cryptomonas</i> et <i>Rhodomonas minuta</i>	Cryptophycées	47	Cryptophycées	54
		Cryptophycées	57	Cryptophycées	51
Mai	<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplactica</i>	Cryptophycées	47	Diatomées	43
		Cryptophycées	27	Zygophycées	18
Juin	<i>Staurastrum gracile</i> <i>Fragilaria capucina</i>	Zygophycées	22	Diatomées	56
		Diatomées	26	Diatomées	70
Juillet	<i>Melosira birderana</i> <i>Ceratium hirundinella</i>	Diatomées	17	Dinophycées	21
		Dinophycées	47	Dinophycées	89
Août	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aphanizomenon</i>	Dinophycées	41	Cyanophycées	41
		Cyanophycées	34	Zygophycées	39
Septembre	<i>Mougeotia gracillima</i> <i>Fragilaria crotonensis</i>	Zygophycées	29	Diatomées	48
		Diatomées	47	Diatomées *	44
Octobre	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Cryptomonas</i> et <i>Rhodomonas</i>	Dinophycées	22	Dinophycées	21
		Cryptophycées	47	Dinophycées	27
Novembre	<i>Mougeotia gracillima</i> <i>Oscillatoria tourellyi</i>	Cryptophycées	34	Cryptophycées	32
		Cyanophycées	31	Cyanophycées	18
Décembre	<i>Oscillatoria tourellyi</i>	Cyanophycées	60	Diatomées	62
		Diatomées	60	Cyanophycées	47
					30

**Melosira birderana*

Tableau No 5 BIOMASSE DU PHYTOPLANCTON (ml/m³) DANS LA RADE DE GENEVE
EN 1974 (Récapitulation)

Classes	Moyennes	%	Moyenne 12 mois "officiels"	%
<i>Diatomées</i>	0,429	39,3	0,251	23,4
<i>Euchlorophycées</i>	0,031	2,8	0,045	4,2
<i>Zygophycées</i>	0,068	6,2	0,067	6,3
<i>Dinophycées</i>	0,313	28,6	0,475	44,4
<i>Cryptophycées</i>	0,210	19,2	0,156	14,6
<i>Civuysohycées</i>	0,000		0,000	
<i>Cyanophycées</i>	0,042	3,8	0,077	7,2
<i>Total</i>	1,093		1,071	
<i>Nannoplancton</i>	0,359	32,8	0,310	28,9

Tableau No 6 VARIATIONS MENSUELLES DE LA BIOMASSE DU PHYTOPLANCTON (ml/m³) DANS LA RADE DE GENEVE

Classes	Janvier		Février		Mars		Avril			Mai		Juin	
	15	28	6	18	12	18	2	9	23	8	20	4	19
<i>Diatomées</i>	0,116	0,161	0,184	0,282	0,207	0,243	1,708	0,166	0,461	1,848	0,007	0,428	0,179
<i>Euchlorophycées</i>	0,022	0,005	0,010	0,004	0,007	0,006	0,084	0,010	0,031	0,037		0,003	0,022
<i>Zygophycées</i>	0,007	0,011	0,014	0,006	0,003	0,004	0,002	0,003	0,001	0,001		0,004	0,135
<i>Dinophycées</i>	0,051	0,020	0,012	0,010	0,024	0,019	0,799	0,654	0,016	0,047	0,006	0,023	0,019
<i>Cryptophycées</i>	0,060	0,017	0,024	0,058	0,027	0,027	2,089	0,763	1,220	0,571	0,046	0,191	0,034
<i>Chrysophycées</i>													
<i>Cyanophycées</i>	0,005	0,002	0,002	0,001								0,010	
<i>Total</i>	0,261	0,216	0,245	0,361	0,268	0,299	4,682	1,596	1,729	2,504	0,059	0,659	0,389
<i>Nannoplankton</i>	0,145	0,078	0,062	0,127	0,081	0,126	2,501	1,051	1,709	2,425	0,049	0,210	0,051
% du total général	55,6	36,1	25,3	35,2	30,2	42,1	53,4	65,9	98,8	96,9	83,1	31,9	13,1

Tableau No 6 suite

Classes	Juillet		Août			Septembre		Octobre		Novembre		Décembre		
	1	17	2	6	19	29	3	16	2	14	4	18	9	16
<i>Diatomées</i>	1,095	0,544	0,001	0,004	0,024	0,862	0,682	0,014	0,077	1,853	0,159	0,072	0,076	
<i>Euchlorophycées</i>	0,036	0,005	0,008	0,008	0,053	0,380	0,006	0,003	0,008	0,005	0,009	0,004	0,003	
<i>Zygothycées</i>	0,047	0,003	0,010	0,035	0,003	0,512	0,030	0,369	0,002	0,253	0,117	0,052	0,008	
<i>Dinophycées</i>	0,061	0,161	1,152	1,376	4,260	0,094	0,072	0,161	0,095	0,015	0,036	0,009	0,015	
<i>Cryptophycées</i>	0,023	0,100	0,023	0,018	0,081	0,039	0,409	0,125	0,135	0,080	0,020	0,007	0,024	
<i>Chrysophycées</i>		0,021	0,001	0,049	0,537	0,017	0,005		0,004	0,003				
<i>Cyanophycées</i>														
<i>Total</i>	1,262	0,834	1,199	1,491	4,934	0,208	1,200	2,839	0,672	0,321	2,243	0,548	0,213	0,274
<i>Mannoplankton</i>	0,173	0,103	0,030	0,025	0,122	0,040	0,413	0,444	0,027	0,155	0,151	0,033	0,016	0,031
<i>% du total général</i>	13,7	12,4	2,5	1,7	2,5	19,2	8,9	15,6	4,0	48,3	6,7	6,0	7,5	11,3

Tableau No 7

PROLIFERATION D'APHANIZOMENON DANS LA RADE DE GENEVE
ET AU POINT GE 4 EN 1973 ET 1974

(nombre de filaments par litre)

DATE			Point GE 1 Rade de Genève	Point GE 4
1973	Août	31	54	-
	Septembre	4	2'600	-
		19	1'160	23'450
		3	45	-
	Octobre	17	45	12'640
		30	4'550	-
		13	247'200	217'800
	Novembre	28	136'800	-
		12	48'000	60'600
	1974	Janvier	19	2'730
28			910	-
Février		6	1'130	-
		18	630	1'370
Mars		12	710	-
		18	45	770
Juin		4	< 45	-
		19	< 45	115
Juillet		1	< 45	-
		17	< 45	30'000
Août	2	360	-	
	6	28'000	-	
	19	304'800	398'000	
Septembre	29	9'100	-	
	3	< 45	-	
	17	< 45	< 45	

EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1974

par Roger Revaclier

Service d'Hydrobiologie du
canton de Genève

1. INTRODUCTION

L'année 1974 a compté 6'146 analyses bactériologiques des eaux du Léman. Les principaux résultats obtenus seront commentés succinctement dans ce rapport.

Le choix des profondeurs, la localisation des quinze points de prélèvements et le genre d'analyses effectuées en chacun de ces points sont identiques à ceux de l'année précédente. A quelques exceptions près, les prélèvements ont été effectués à la cadence d'une série par mois.

Les techniques bactériologiques utilisées ont été publiées dans un rapport précédent.

2. LES GERMES TOTAUX

2.1. Comparaison de l'évolution de la concentration des eaux du Léman en bactéries aérobies aux différents points étudiés.

Les concentrations en germes aérobies en chaque point de prélèvement ont été distribuées par classes de concentration de 1'000 germes/ml en 1'000 germes/ml jusqu'à 10'000 germes/ml. Deux classes supplémentaires complètent cette répartition : l'une de 10'000 à 20'000 germes/ml et l'autre regroupant les concentrations de plus de 20'000 germes/ml (tableau No 1).

2.1.1. Le Grand Lac

Dans le Grand Lac en 1974 environ 6 prélèvements sur 10 contenaient moins de 2'000 germes/ml contre 4 sur 10 en 1973. Les prélèvements de concentrations en germes supérieures à 20000 germes/ml n'ont représenté que le 1 % des 952 échantillons prélevés (9,6 % en 1973).

L'augmentation de la fréquence des échantillons "pauvres" en germes (moins de 2'000 germes/ml) est très nette surtout au point VS 3 St-Gingolph qui de 15,8 % passe à 50,7 % et surtout au point VD 1 Montreux qui de 9,1 % passe à 52 %.

2.1.2. Le Petit Lac

Du fait de la relative pauvreté en germes du Petit Lac par rapport au Grand Lac, les résultats des analyses du Petit Lac ont été distribués en classes de concentrations plus étroites de 200 germes/ml en 200 germes/ml jusqu'à 1'000 germes/ml avec une classe supplémentaire de 1'000 à 2'000 germes/ml. Dans le Petit Lac, depuis 1971, plus de 9 échantillons sur 10 contiennent moins de 2'000 germes/ml; ce qui représente quatre ans de relative stabilité pour la population bactérienne étudiée. De plus, si l'on considère la fréquence des concentrations inférieures à 400 germes/ml on s'aperçoit qu'elle a légèrement augmenté par rapport à 1973.

2.2. Fréquence des échantillons de faibles concentrations en chaque point depuis 1970 (figures 1 et 2)

2.2.1. La fréquence des échantillons contenant moins de 2'000 germes/ml est en hausse en chaque point de prélèvement dans le Grand Lac. Pour tous les points qui avaient montré une dégradation marquée entre 1972 et 1973, la situation s'est améliorée en 1974, sauf pour les points VD 3 Rivaz et VD 4 Vidy stabilisés au niveau de 1973.

Il semble donc aujourd'hui, au vu de la figure No 1, que depuis cinq ans au moins, la fréquence des échantillons de moins de 2'000 germes/ml oscille autour d'une valeur moyenne - avec une amplitude pouvant dépasser 40 % par année il est vrai - sans montrer de façon certaine une tendance quelconque à l'amélioration ou à la dégradation.

2.2.2. La figure No 2 concerne le Petit Lac, mais cette fois pour la fréquence des échantillons contenant moins de 1'000 germes/ml - le point SHL 2 Centre Lac figurant ici pour permettre une comparaison Grand Lac-Petit Lac.

La figure No 2 montre que depuis 1971 la situation du Petit Lac quant aux germes totaux, s'est stabilisée.: le point GE 3 Chevrens oscillant entre 88 et 100 % d'échantillons contenant moins de 1000 germes/ml, GE 2 Bellevue et GE 4 Nyon entre 75 et 85 % (la moyenne au point SHL 2 se situe aux environs de 50 %).

Fig. 1 Fréquences des échantillons contenant moins de 2'000 germes
par ml de 1970 à 1974

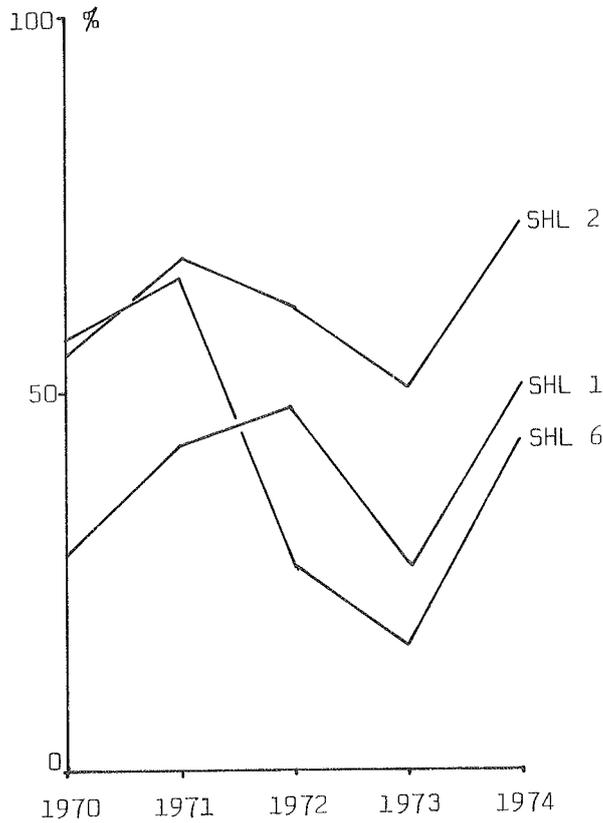
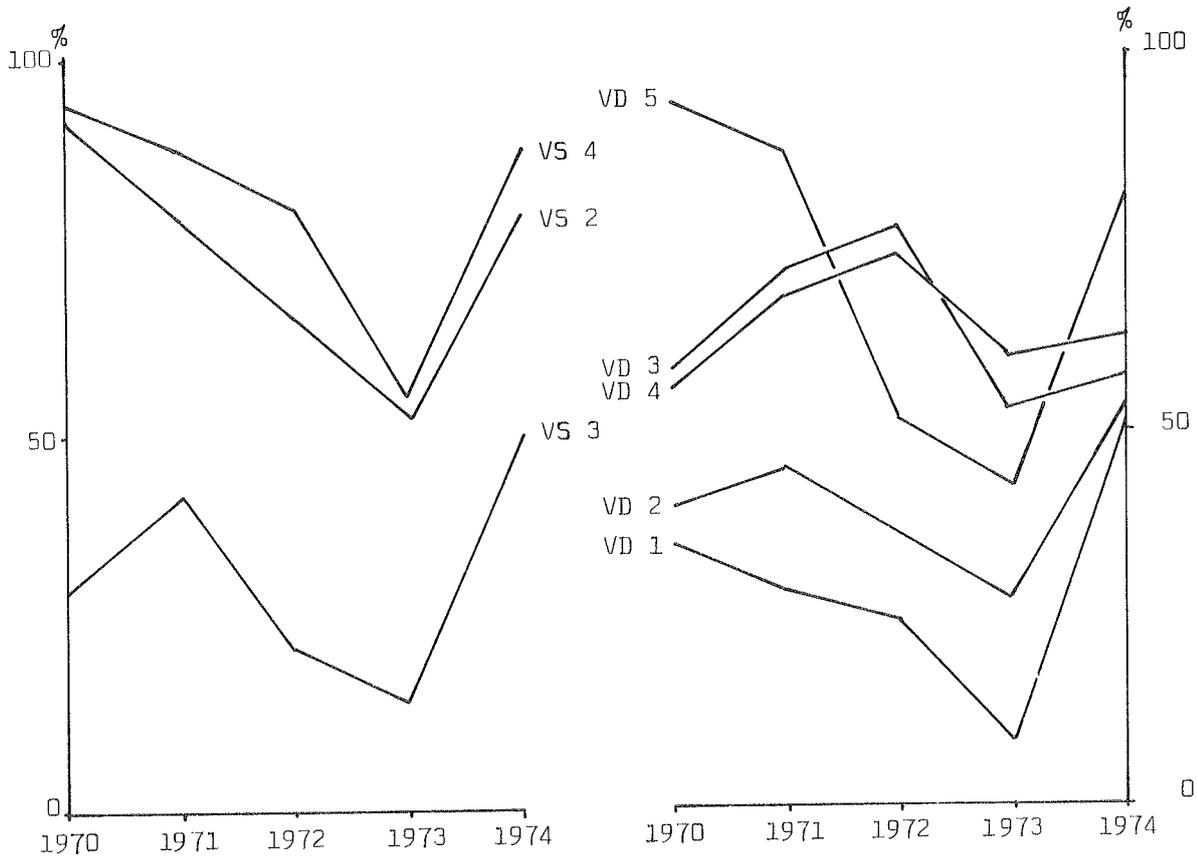
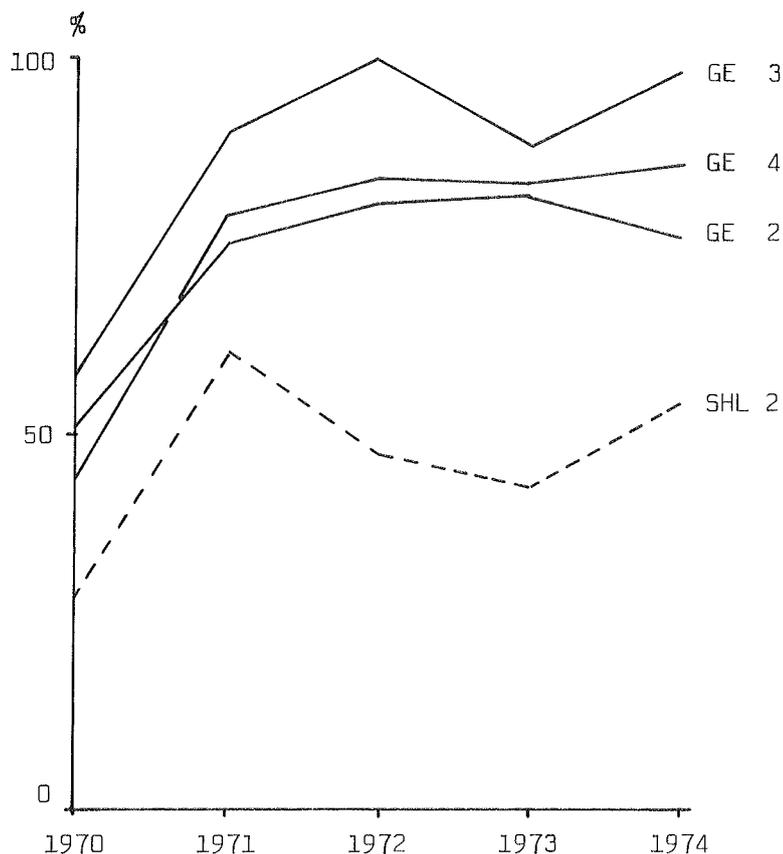


Fig. 2 Fréquences des échantillons contenant moins de 1000 germes par ml dans le Petit Lac et au point SHL 2, de 1970 à 1974



2.3. Moyennes annuelles des concentrations en germes totaux en 1974 comparées aux moyennes multiannuelles des cinq et des dix dernières années (tabl. No 2).

En 1974, seul le point VS 2 Le Bouveret enregistre une moyenne annuelle plus élevée que les moyennes des cinq et des dix dernières années contre 8 points en 1973. Les points VS 4 St-Gingolph, VD 3 Rivaz et GE 1 Rade de Genève ont une moyenne pour 1974 légèrement plus importante que celle des cinq dernières années. Aucune moyenne record ne peut être enregistrée en 1974.

Pour l'ensemble du Léman, la concentration moyenne en germes/ml en 1974 est de 2'252 germes contre 4'203 pour la période 1969-73 et 3'402 pour celle allant de 1964 à 1973.

3. LES COLIFORMES

3.1. Comparaison des concentrations en coliformes des eaux du Léman aux différents points étudiés en 1974.

Les concentrations en coliformes déterminées en chaque point ont été groupées en classes de concentrations de 200 coli (= coliformes)/l en 200 coli/l jusqu'à 1'000 coli/l avec une classe supplémentaire regroupant les échantillons contenant entre 1'000 et 2'000 coli/l et enfin une classe où se retrouvent les échantillons de plus de 2'000 coli/l (voir tabl. No 3).

3.1.1. Le Grand Lac

Si l'on compare le tableau No 3 du présent rapport au tableau équivalent du rapport annuel précédent (p. 119), on peut faire les quelques constatations suivantes :

- en moyenne, dans le Grand Lac, la fréquence des échantillons des concentrations les plus basses est en augmentation: 52,6 % des prélèvements contenaient 200 coli/l et moins en 1974 contre 43,5 % en 1973; et, toujours en moyenne, la fréquence des échantillons de concentration supérieure à 2'000 coli/l a diminué: 16,4 % en 1974 mais 20,1 % en 1973.
- si l'on se penche sur le détail, on voit que :
la fréquence des concentrations supérieures à 2'000 coli/l (1) a augmenté aux points VD 1 Montreux, VD 2 Vevey et VD 4 Vidy

	1973	1974
VD 1	39,8	19,5 % d'échantillons de plus de 2'000 coli/l
VD 2	2,9	28,6
VD 4	16,9	35,1

(2) a diminué dans la partie sud-orientale du Grand Lac aux points SHL 1 Thonon, SHL 2 Centre Lac et SHL 6 Evian

	1973	1974
SHL 1	39,8	16,7 % d'échantillons de plus de 2'000 coli/l
SHL 2	23,6	9,0
SHL 6	53,6	33,3

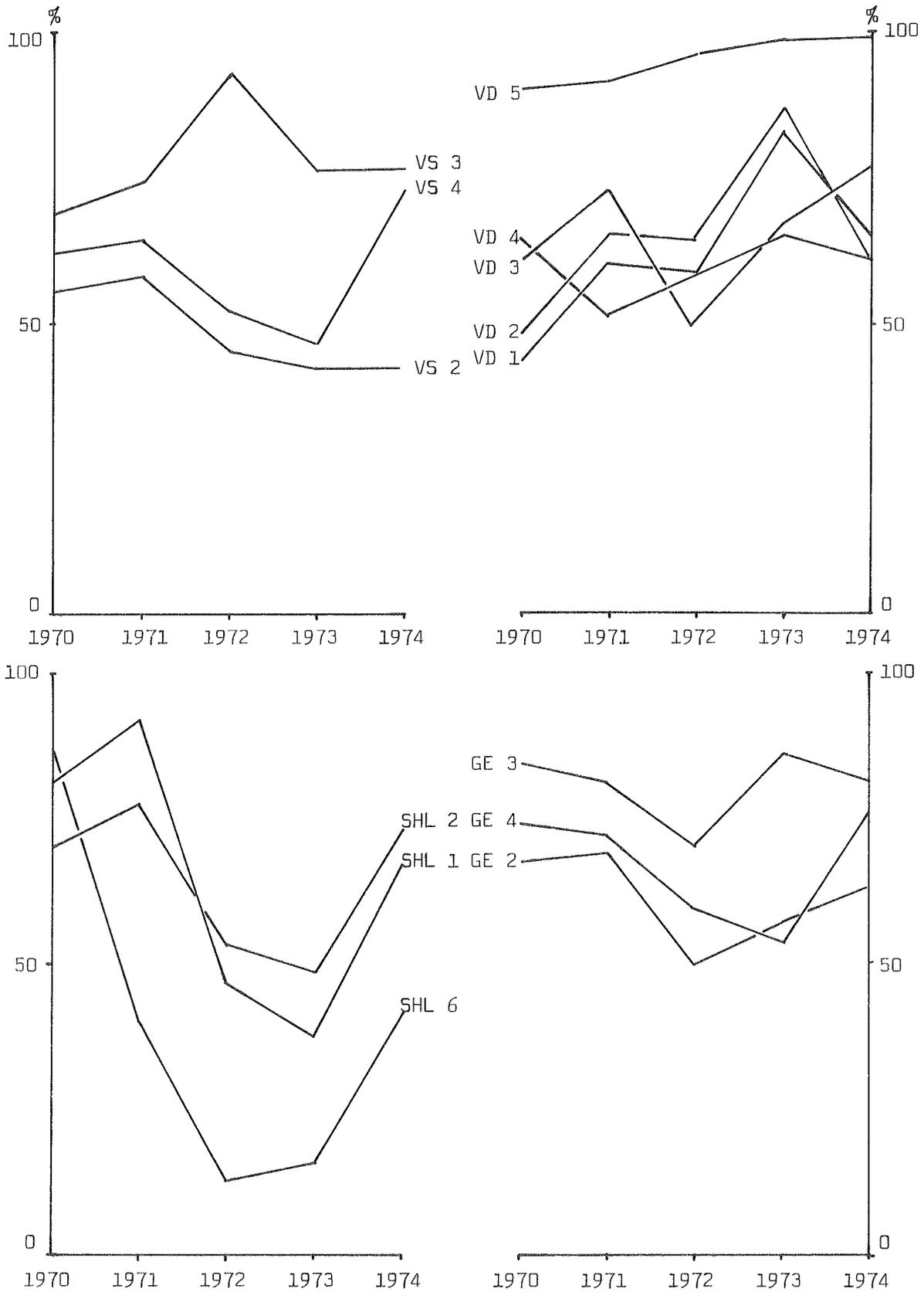
3.1.2. Le Petit Lac

Comme dans le Grand Lac, dans le Petit Lac, la fréquence moyenne des échantillons forts en coliformes a diminué: en 1974 15 % des prélèvements contenaient plus de 1'000 coli/l contre 24 % en 1973. Cela mis à part, les valeurs de fréquences de l'ensemble de la distribution des concentrations en coli restent, aux erreurs près, comparables à celles trouvées en 1973.

3.2. Evolution de la richesse du Léman en coliformes depuis 1970

La figure No 3 permet de comparer la fréquence des échantillons contenant moins de 600 coli/l pour chaque point de prélèvement depuis 1970.

Fig. 3 Fréquence des échantillons contenant moins de 600 coliformes
par litre de 1970 à 1974



3.2.1. La figure No 3 montre que dans le Grand lac, sur le plan de la richesse en coliformes, la situation s'est dégradée aux points VD 1 Montreux et VD 2 Vevey qui se retrouvent légèrement au-dessous du niveau de fréquence atteint en 1972, cette situation n'a que peu varié par rapport à 1973 aux points VS 2 Le Bouveret, VS 3 Villeneuve, VD 4 Vidy et VD 5 Rolle, par contre elle s'est améliorée aux points VS 4 St-Gingolph, VD 3 Rivaz, SHL 1 Thonon, SHL 2 Centre Lac et SHL 6 Evian, mais il faut remarquer que les trois derniers points cités n'ont pas retrouvé leur niveau de 1970-71 (70 à 85 % d'échantillons de moins de 600 coli/l).

3.2.2. Dans le Petit Lac le point GE 4 Nyon, après trois ans de dégradation progressive, s'améliore et se retrouve à un niveau (76 %) légèrement supérieur à celui de 1970 (74 %); GE 2 Bellevue poursuit l'amélioration amorcée en 1973 et seul GE 3 Chevrens voit sa situation s'altérer un peu par rapport à l'année précédente bien qu'en se maintenant au niveau de 1971 (81 %).

4. LES ENTEROCOQUES

4.1. Les résultats moyens de la recherche des entérocoques (streptocoques fécaux du groupe D de Lancefield) en certains points du Léman sont consignés dans le tableau No 4.

Le tableau ci-dessous permet de comparer la fréquence (en %) des échantillons de 100 ml positifs en chaque point étudié, depuis 1971.

Stations	1971	1972	1973	1974
VD 4	91,7	80,7	93,5	93,5
SHL 1	28,7	52,1	45,4	52,8
SHL 2	37,6	25,0	31,9	38,9
SHL 6	60,2	71,4	54,8	63,1
GE 2	34,5	45,2	36,9	41,7
GE 3	26,0	22,9	20,8	26,0
GE 4	30,2	38,5	39,6	25,0

4.1.1. Au point SHL 6 Evian, la fréquence des échantillons positifs a augmenté (63,1 % contre 54,8 %), sans pourtant atteindre celle de 1972 (71,4 %) et cela alors que la concentration moyenne en 1974 est plus faible qu'en 1973. La progression de la fréquence au point SHL 2 Centre Lac pourrait être plus inquiétante, même si, en nombre absolu d'entérocoques/l la moyenne reste faible (12 entero/l), puisque l'on passe de 25 % d'échantillons de 100 ml positifs en 1971 à 39 % en 1974. Mais il convient de rappeler qu'en 1970 on avait enregistré 45 % d'échantillons positifs.

4.1.2. Comme pour les points du Grand Lac étudiés, les résultats du Petit Lac ne permettent pas de dégager une tendance évolutive quelconque. Malgré cela, il convient de ne pas oublier que, tout comme les coliformes, les entérocoques

sont des bactéries tests de la pollutions fécale des eaux. Même si leur nombre absolu ou la fréquence de leur rencontre dans les eaux lémaniques n'augmentent pas, le simple fait de les trouver dans un grand nombre d'échantillons depuis plusieurs années montre que le Léman est souillé en permanence et de façon importante et grave pour un lac de ce type et de cette importance.

5. LES CLOSTRIDIUMS SULFITO-REDUCTEURS

Le tableau No 5 donne les concentrations mensuelles et annuelles moyennes en spores de Clostridium sulfito-réducteurs pour les six points étudiés.

La seule augmentation à signaler est celle enregistrée au point VD 4 Vidy dont la moyenne pour 1974 est de 166 spores/l. Aucun fait notable n'est à relever aux autres points étudiés.

6. LES BACTERIOPHAGES FECAUX

Le tableau No 6 réunit les fréquences annuelles moyennes des échantillons de 20 ml d'eau contenant au moins 1 phage spécifique des quatre souches bactériennes tests, pour 1973, 1974 et leur moyenne multiannuelle.

On peut constater que :

- la fréquence du phage de Coli 36 est en augmentation au point SHL 2 Centre Lac et dans le Petit Lac;
- la fréquence du phage de Shigella paradysenteriae a nettement augmenté au point VD 4 Vidy en 1974, diminué aux points SHL 2, GE 4 Nyon, GE 3 Chevrens, GE 2 Bellevue et se maintient au point GE 1 Rade de Genève;
- la réapparition du phage de Salmonella paratyphi B, signalée en 1973, s'est confirmée en 1974 et sa fréquence se trouve même renforcée aux points GE 3 et GE 4;
- la fréquence du phage de Salmonella typhi est en augmentation au point VD 4, mais elle a diminué aux autres points étudiés.

7. BACTERIOLOGIE DES EAUX DES STATIONS DE POMPAGE

Le tableau No 7 présente les résultats moyens des analyses bactériologiques et virologiques effectuées aux stations de pompage de Lutry, Rolle, Coppet, St-Sulpice et Genève pour l'année 1974.

8. CONCLUSIONS

Elles figurent in extenso à la page 146 des conclusions générales sur l'évolution du Léman

Tableau No 1

NOMBRE DE GERMES PAR ml

REPARTITION EN % SELON LES CONCENTRATIONS

Germes /ml	1974							1973	1972
	0 2000	2000 4000	4000 6000	6000 8000	8000 10000	10000 20000	>20000	>2000	>2000
VS 2	79,2	13,0	1,3	1,3	1,3	2,6	1,3	49,4	66,2
VS 4	88,3	9,1	1,3	0	0	0	1,3	55,9	80,5
VS 3	50,7	11,7	16,9	7,8	2,6	10,4	0	15,8	22,1
VD 1	52,0	23,4	9,1	5,2	2,6	7,8	0	9,1	27,3
VD 2	53,3	18,2	10,4	5,2	7,8	3,9	1,3	27,9	35,1
VD 3	57,1	13,0	14,3	5,2	3,9	6,5	0	54,4	77,1
VD 4	62,3	16,9	7,8	3,9	5,2	2,6	1,3	61,1	80,5
VD 5	80,5	15,6	2,6	0	1,3	0	0	42,8	52,8
SHL 1	50,9	20,4	12,0	5,6	4,6	4,6	1,9	36,1	59,3
SHL 2	72,2	13,2	8,3	3,5	2,8	0	0	60,5	71,5
SHL 6	44,1	31,0	9,5	0	2,4	9,5	3,6	26,2	38,1
Grand Lac	62,9	16,8	8,6	3,5	3,2	4,1	1,0	41,0	56,3
GE 2	88,1	8,3	1,2	1,2	0	0	0	91,6	91,7
GE 3	97,9	2,1	0	0	0	0	0	97,9	100,0
GE 4	94,8	4,2	1,0	0	0	0	0	90,6	92,7
Petit Lac	93,8	4,7	0,7	0	0	0	0	93,5	94,9
Léman	69,9	14,3	6,8	2,8	2,6	3,2	0,1	53,2	65,0

Germes /ml	0 200	200 400	400 600	600 800	800 1000	1000 2000	>2000	>400	>400
GE 2	22,6	27,4	11,9	6,0	8,3	11,9	11,9	40,4	50,0
GE 3	27,1	40,6	10,4	6,3	5,2	8,3	2,1	61,4	67,7
GE 4	18,8	30,2	25,0	7,3	4,2	7,4	5,2	46,9	49,0

Tableau No 2

GERMES TOTAUX

MOYENNES ANNUELLES PAR POINT

Point	Moyennes		1964 - 1973		Moyennes de 1974
	sur 10 ans 1964-1973	sur 5 ans 1969-1973	Maxima	Minima	
VS 2	1'390	1'709	3'643	355	1'859
VS 4	1'134	1'476	3'330	230	1'247
VS 3	6'453	8'464	15'267	2'481	3'501
VD 1	5'606	7'195	11'711	2'357	3'066
VD 2	4'854	7'033	13'090	1'534	3'155
VD 3	3'886	2'353	9'059	1'359	2'876
VD 4	6'326	3'543	21'696	2'155	2'592
VD 5	3'464	5'006	13'053	603	1'181
SHL 1	3'889	6'615	14'260	212	3'528
SHL 2	2'582	3'338	8'100	569	1'744
SHL 6	7'360	12'676	40'785	1'008	4'337
GE 1	1'322	1'141	2'606	503	1'220
GE 2	937	915	1'334	433	909
GE 3	991	736	2'173	952	456
GE 4	1'054	1'060	1'840	361	600
Grand Lac	4'221	5'325	10'765	1'727	2'675
Petit Lac	1'070	952	1'599	530	785
Léman	3'402	4'203	8'035	1'473	2'252

Tableau No 3

NOMBRE DE COLIFORMES PAR LITRE

REPARTITION EN % SELON LES CONCENTRATIONS

Point	0 200	200 400	400 600	600 800	800 1000	1000 2000	> 2000	0 600	0 600	0 600	Moy.	Moy.
								1974	1973	1972	1974	1973
VS 2	41,6	1,3	0	0	19,5	9,1	28,6	42,9	42,9	47,0	213,5	3662
VS 4	72,7	0	0	0	14,3	7,8	5,2	72,7	46,8	51,9	46,9	2364
VS 3	55,8	9,1	11,7	9,1	6,5	5,2	2,6	76,6	76,6	93,5	382	639
VD 1	49,4	7,8	7,8	2,6	6,5	6,5	19,5	65,0	85,7	67,5	1912	553
VD 2	48,1	9,1	3,9	0	5,2	5,2	28,6	61,1	87,0	63,6	2462	524
VD 3	58,4	10,4	7,8	5,2	9,1	2,6	6,5	76,6	68,2	48,6	649	581
VD 4	36,8	13,0	1,3	3,9	0	0	35,1	61,1	68,9	57,8	3367	1239
VD 5	97,4	1,3	0	0	1,3	0	0	98,7	98,5	95,7	57	201
SHL 1	40,7	16,7	10,2	7,4	1,9	6,5	16,7	67,6	36,1	46,3	1789	2294
SHL 2	47,9	15,3	9,7	7,6	2,1	8,3	9,0	72,9	48,6	52,1	718	1550
SHL 6	31,0	4,8	6,0	1,2	6,0	17,9	33,3	41,8	15,5	12,6	3037	5299
Grand Lac	52,6	8,8	5,8	3,8	6,1	6,5	16,4	67,2	58,3	56,6	1543	1776
GE 2	29,8	17,9	19,5	9,5	7,1	13,1	7,1	63,2	67,8	48,8	750	1100
GE 3	60,4	14,6	6,3	6,3	3,1	4,2	5,2	81,3	85,5	69,7	524	494
GE 4	50,0	11,5	14,6	5,2	2,1	10,4	6,3	76,1	57,4	59,4	588	1395
Petit Lac	47,5	14,5	12,0	6,9	4,0	9,1	6,2	74,0	70,6	59,8	621	928
Léman	51,5	10,1	7,2	4,5	5,6	7,1	14,1	68,8	60,9	57,3	1345	1580

Tableau No 4

ENTEROCOQUES PAR LITRE

Mois	VD 4	SHL 1	SHL 2	SHL 6	GE 1	GE 2	GE 3	GE 4	Petit* Lac
Janvier	1'500	31	26	70	20	17	5	6	41
Février	243	13	0	27	0	0	0	0	13
Mars	257	3	4	31	0	9	0	11	7
Avril	37	1	1	4	0	0	0	10	3
Mai	841	6	2	19	0	0	1	0	1
Juin	2'166	6	3	9	0	10	4	8	7
Juillet	329	2	3	3	0	4	1	0	2
Août	179	52	3	43	0	7	1	0	3
Septembre	173	84	51	1	0	0	0	0	0
Octobre	984	21	9	41	0	40	40	29	33
Novembre	1'274	11	14	17	10	10	4	5	9
Décembre	-	30	24	114	40	81	26	36	53
Moyenne 1974	726	22	12	32	14	15	7	9	14
Moyenne 1973	271	13	13	55	20	10	4	13	10
Moyenne 1972	337	13	54	98	27	72	4	15	30
Moyenne 1971	1'490	12	9	47	19	9	5	8	10

* y compris GEP 1

Tableau No 5 CLOSTRIDIUMS SULFITO-REDUCTEURS PAR LITRE

Mois	VD 4	SHL 2	GE 1	GE 2	GE 3	GE 4	Petit Lac
Janvier	274	11	10	3	5	3	4
Février	67	2	0	1	0	3	1
Mars	486	2	0	14	9	14	10
Avril	23	7	10	9	10	14	12
Mai	149	11	0	6	9	1	5
Juin	127	24	0	9	3	4	4
Juillet	84	3	0	4	1	4	2
Août	50	3	10	3	3	4	4
Septembre	157	1	10	1	3	1	2
Octobre	106	1	0	4	4	5	4
Novembre	306	1	0	0	1	4	2
Décembre	-	6	10	16	9	11	11
Moyenne 1974	166	6	4	6	5	6	5
Moyenne 1973	86	4	0	3	3	5	3
Moyenne 1972	90	7	8	33	10	13	16

Tableau No 6

BACTERIOPHAGESECHANTILLONS POSITIFS DANS 20 ml (%)

Point	Coli 36			Shigella Paradyserteriae		
	Moy. * multiann.	1973	1974	Moy. *	1973	1974
VD 4	49,7	37,7	41,3	10,9	6,5	19,1
SHL 2	15,7	19,4	22,9	10,2	5,6	4,9
GE 1	30,0	33,3	66,7	26,7	25,0	25,0
GE 2	21,4	22,6	44,1	16,2	16,7	6,0
GE 3	13,3	12,5	20,2	12,5	11,5	8,3
GE 4	19,6	28,1	29,2	16,9	19,8	6,3

Point	Salmonella paratyphi B			Salmonella typhi		
	Moy. *	1973	1974	1972	1973	1974
VD 4	5,0	7,8	7,9	2,4	7,8	9,5
SHL 2	0,7	2,1	6,3	-	0,7	0
GE 1	1,7	8,3	8,3	-	16,6	0
GE 2	1,6	3,6	3,5	-	6,0	1,2
GE 3	0,8	2,1	5,2	-	2,1	2,1
GE 4	0,2	1,0	5,2	-	7,3	1,0

* Pour les points GE 1, 2, 3 et 4 moyennes des années 1969 à 1973
 Pour les points SHL 2 moyennes des années 1970 à 1973
 Pour les points VD 4 moyennes des années 1971 à 1973

Tableau No 7

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES

EFFECTUEES AUX STATIONS DE POMPAGE EN 1974

STATION	Sigle	GERMES TOTAUX /ml			COLIFORMES /l		
		Moyennes	Maxima	Minima	Moyennes	Maxima	Minima
LUTRY	VD P 1	2'768	9'000	10	431	3'000	0
ROLLE	VD P 2	2'678	13'500	3	159	750	0
COPPET	VD P 3	3'519	13'500	90	63	300	0
ST-SULPICE	VD P 5	944	2'600	1	11'896	100'000	0
GENEVE	GE P 1	358	1'000	141	245	2'500	10

STATION	Sigle	ENTEROCOQUES /l			CLOSTRIDIUMS /l		
		Moyennes	Maxima	Minima	Moyennes	Maxima	Minima
LUTRY	VD P 1	100	400	0	52	150	0
ROLLE	VD P 2	-	-	-	-	-	-
COPPET	VD P 3	-	-	-	-	-	-
ST-SULPICE	VD P 5	144	500	0	79	180	0
GENEVE	GE P 1	105	780	0	5	12	0

STATION	Sigle	BACTERIOPHAGES POSITIFS 20 ml			
		Coli 36	Shigella p-dysenteriae	Salmonella paratyphi B	Salmonella typhi
LUTRY	VD P 1	2/9	2/9	1/9	1/9
ST-SULPICE	VD P 5	2/9	0/9	1/9	2/9

CONCLUSIONS GENERALES SUR L'EVOLUTION DU LEMAN

EXAMENS PHYSICOCHEMISTIQUES

EXAMENS BIOLOGIQUES

EXAMENS BACTERIOLOGIQUES

L'année 1974 a été caractérisée par une nébulosité plus grande que précédemment et par une augmentation de la pluviosité, qui a été un peu plus élevée que la moyenne. Par ailleurs, l'hiver 1973-1974 a été encore trop doux. Ces phénomènes météorologiques expliquent en partie les observations faites en 1974, et qui sont résumées ci-dessous.

1. EXAMENS PHYSICOCHEMISTIQUES

1.1. La transparence moyenne de l'eau du lac a baissé de 0,36 m en moyenne, avec 7,21 m. La cause en est à rechercher dans les conditions météorologiques d'observation, et aussi et surtout dans le développement accru du phytoplancton en 1974 par rapport à 1973.

Le Grand Lac est devenu plus trouble, passant de 7,57 m en 1973 à 7,19 m en 1974. Seuls les points littoraux suivants se sont améliorés: VD 1 et VD 2 sur la rive orientale et surtout VD 5 au large de Rolle, région toujours favorisée, et GE 4, qui reçoit les eaux du Grand Lac.

Le Petit Lac a vu sa transparence passer de 7,55 m en 1973 à 7,26 m en 1974.

Les deux grandes régions du lac, très différentes à de nombreux points de vue, ont donc une transparence très proche l'une de l'autre, comme l'an passé du reste.

1.2. Du point de vue thermique, les hivers chauds se succèdent toujours depuis trois ou quatre ans. Le lac se réchauffe plus en été qu'il ne se refroidit en hiver, ce qui gêne considérablement le ravitaillement en oxygène du lac.

1.3. Les mesures du pH montrent en moyenne une amélioration générale légère un peu plus accentuée dans le Petit Lac. Le pH reste stationnaire au fond du lac, ou hausse peu significative, sans atteindre les valeurs de 1971. On a rencontré encore une fois au fond du lac le minimum absolu de 7,2 unités de pH.

1.4. Le régime de l'oxygène du lac ne s'est pas amélioré. Hiver chaud, surproduction d'oxygène en surface, forte consommation en profondeur sans renouvellement sérieux sont l'image de la situation de 1974.

Cette année, la concentration, exprimée en moyenne pondérée, est de 8,99 mg/l avec un taux de saturation de 79,2 % (respectivement 9,26 mg/l et 81 % en 1973) soit une dégradation.

Les seules améliorations sont constatées dans les couches superficielles, qui n'en ont guère besoin, alors que les deux tiers au moins du volume du lac voient leur déficit s'accroître.

En hiver, le lac a gagné 1,03 mg/l en moyenne, soit 8,5 % en taux de saturation seulement. En été, il a perdu 1,31 mg/l, soit 10,7 % du taux de saturation. Ce déséquilibre apparaît nettement lorsqu'on considère qu'en moyenne de ces sept dernières années, le lac a perdu 0,1 mg/l par an, soit 0,7 mg/l en sept ans.

A nouveau, l'année 1974 a été déséquilibrée du point de vue de la provision annuelle d'oxygène, avec un déficit annuel de 25'000 tonnes. La provision annuelle moyenne n'est plus que de 799'000 tonnes, avec un minimum absolu de 738'000 tonnes. Tous chiffres records dans le déficit.

Le déficit des couches profondes augmente. En 1974, la concentration moyenne à 300 m n'est plus que de 3,43 mg/l - 29,0 % du taux de saturation - avec un minimum de 1,63 mg/l (13,8 %). Nous avons encore en 1973 une moyenne de 4,48 mg/l - 37,8 % du taux de saturation - avec un minimum de 1,64 mg/l (13,9 %).

Nous ne pensons pas que l'année 1975 sera meilleure. Comme à l'accoutumée, nos conclusions pour l'oxygène sont les suivantes :

" tout concourt à une dégradation de la provision d'oxygène : lac de grandes dimensions, donc ayant une grande inertie et réagissant lentement aux effets bénéfiques; grande profondeur ralentissant les échanges avec le fond; hiver chaud inhibant l'approvisionnement physique en oxygène des couches profondes; forte production planctonique en surface, d'où forte activité de la photosynthèse (inutile du reste pour l'approvisionnement du fond) et pour corollaire, forte consommation d'oxygène en profondeur pour la minéralisation de la matière organique."

1.5. La provision d'azote minéral est toujours en hausse, 40'300 tonnes contre 36'900 tonnes en 1973.

1.6. Quant à l'ammoniaque, la situation très mauvaise des années 1972 et 1973 ne s'est pas améliorée. L'ammoniaque est de plus en plus fréquent un peu partout et en toute saison, sa concentration, son tonnage augmente. Le Petit Lac a continué à se détériorer. Dans le Grand Lac, seule la rive N-E marque un très léger progrès. Pour la grande masse du Grand Lac, la situation a empiré : par une aggravation sur l'axe Ouchy-Evian et plus encore sur celui de Rolle-Thonon.

La fréquence de l'ammoniaque a passé de 68 % en 1971 à 78 % en 1972, à 91 % en 1973 et en 1974. En moyenne arithmétique, la concentration est en hausse de 19 % (0,031 mg N/l en 1974 contre 0,026 mg N/l en 1973). La moyenne pondérée a augmenté en février, mars, avril, mai, août et décembre. Elle a passé de 0,017 mg/l en 1973 à 0,019 mg/l en 1974 (hausse de 12 % en un an, mais de 58 % en 3 ans).

Le tonnage moyen atteint le chiffre de 1'712 tonnes avec le second maximum mensuel absolu de 2'543 tonnes.

Le métabolisme naturel de l'azote se déroule de plus en plus anormalement, car une bonne partie de l'ammoniaque est manifestement d'origine autochtone.

1.7. La concentration moyenne des nitrites s'est stabilisée en 1974. Leur fréquence a diminué dans toutes les régions, sauf dans le Petit Lac où elle a augmenté.

Quant aux tonnages, la moyenne annuelle est redescendu de 207 à 178 tonnes, et le maximum mensuel de 732 à 340 tonnes. Jusqu'à maintenant, cette diminution des nitrites est le seul facteur réjouissant.

1.8. La concentration en azote nitrique a un peu diminué sur les rives S-E et N-E, de janvier à août, pour dépasser celle de 1973 dès le mois de septembre. Pour toutes les autres régions la concentration dépasse celle de l'an passé. La concentration moyenne actuelle est de 0,37 mg/l en moyenne arithmétique ou 0,43 mg/l en moyenne pondérée, contre respectivement 0,33 mg/l et 0,40 mg/l en 1973. La situation continue donc à se détériorer. Les tonnages atteignent la moyenne record de 38'400 tonnes. Rappelons qu'ils étaient de l'ordre de 29'000 ou 30'000 tonnes en 1967 et 1969, d'où une augmentation de 30 % en moyenne en 5 ou 7 ans.

1.9. L'azote organique a une concentration en moyenne pondérée de l'ordre de 0,12 mg/l ou 11'000 tonnes, très proche de l'année précédente, et variant suivant les mois entre 6'000 et 17'000 tonnes.

1.10. La concentration en azote total est de l'ordre de 0,59 mg/l, (52'300 tonnes), en légère augmentation sur l'an passé.

1.11. L'évolution du phosphore peut être résumé comme suit :

La concentration en orthophosphates pour le Léman dans son ensemble est un peu plus faible qu'en 1973. Elle ne s'annule jamais totalement, ainsi que ce fût déjà le cas en 1973. La concentration a légèrement baissé à toutes profondeurs sauf au fond où elle a un peu augmenté. En moyenne arithmétique les concentrations diminuent onze mois sur douze (octobre étant stationnaire). En moyenne pondérée il y a 8 fois diminution, 3 fois augmentation et 1 fois statu quo.

Le rapport orthophosphates / P total demeure remarquablement constant au cours de ces 3 dernières années. En surface, le pourcentage passe d'un niveau très élevé en hiver à un niveau très bas au gros de l'été, ce qui met en évidence l'action prépondérante du phytoplancton. Comme on pouvait le prévoir, ce rapport présente beaucoup moins de fluctuations mensuelles dans les couches profondes.

Le tonnage moyen s'est élevé à 5'700 tonnes, en régression de 300 tonnes sur celui de 1973. Il est supérieur 3 mois sur 12, inchangé 1 fois et inférieur les 8 autres mois.

Pour l'ensemble du Léman, la concentration moyenne a baissé de 0,050 à 0,044 mg P/l. Cette baisse est sensible dans le Grand Lac, plus faible dans le Petit Lac. Dans le Grand Lac, seule la rive S-E fait exception. Cette diminution se manifeste pratiquement à toutes profondeurs et tous les mois de l'année.

Quant au phosphore organique dans l'ensemble du Léman, la concentration décroît régulièrement de la surface au fond. Comparée à celles de 1972 et 1973, elle ne présente pas de variation caractéristique. En 1974, P organique représente 42 % de P total à la surface de l'eau et 11 % à 300 m, ce qui met en évidence les progrès de la minéralisation des composés phosphorés.

Les tonnages de phosphore augmentent sensiblement de la fin de l'hiver au début de l'été puis diminuent fortement les autres mois. En définitive, la moyenne annuelle reste inchangée.

Comme en 1973, le Grand Lac est moins riche en P organique que le Petit Lac. Les rives S-E et N-E ainsi que l'axe Rolle-Thonon se sont enrichis, l'axe Duchy-Evian est stationnaire. Le Grand Lac, dans son ensemble, s'est enrichi en P organique tout comme le Petit Lac, mais moins que lui.

Quoiqu'encore importantes tout au long de l'année, les concentrations en phosphore total, dans l'ensemble, marquent un léger recul par rapport à 1973. Elles s'accroissent de la surface au fond. Cette diminution se manifeste 8 mois sur 12.

Le tonnage de P total a diminué de 220 tonnes par rapport à 1973, soit 3 %. La déphosphatation chimique des eaux commencerait-elle à manifester ses effets ? Cela reste à prouver ces années prochaines. Cette diminution du tonnage intéresse toutes les profondeurs sauf 5 m et le fond du lac.

La concentration en P total dans le Petit Lac, qui augmentait déjà en 1973, s'accroît en 1974. Au contraire elle diminue dans le Grand Lac, à toutes profondeurs et en toutes régions, sauf la rive S-E.

En résumé, la météorologie ne favorise pas pour le moment l'amélioration du lac, qui a toujours tendance à se réchauffer.

La transparence moyenne de l'eau est en légère baisse, notamment à cause de la prolifération accrue du phytoplancton.

Le pH s'améliore légèrement.

Le régime de l'oxygène, à cause notamment des hivers chauds qui se sont succédé, est un des plus mauvais qui soient, et sa dégradation se continuera certainement en 1975. Il y a toujours déséquilibre entre surface et fond, entre réoxygénation et consommation.

La production d'azote ammoniacal continue à s'accroître.

Les nitrites sont en baisse. Mais les nitrates sont en notable augmentation.

Seul événement vraiment réjouissant, la stabilisation en 1974 des phosphates. Pourvu que cela ne soit pas un accident passager, car la déphosphatation des eaux ne donne pas encore entière satisfaction.

2. EXAMENS BIOLOGIQUES

2.1. Rive vaudoise

2.1.1. Les résultats obtenus en 1974 montrent que, comme en 1973, les communautés phytoplanctoniques présentent une grande homogénéité à l'échelle du lac lui-même. Les mêmes espèces occupent les mêmes positions relatives dans des stations géographiquement très éloignées les unes des autres. Il semble donc possible de suivre l'évolution biologique du Léman à partir d'un nombre de stations plus restreint que précédemment. Mais en revanche, la fréquence des prélèvements devrait plutôt être augmentée (un prélèvement tous les dix-quinze jours) de façon à mieux suivre la dynamique des communautés algales.

2.1.2. Les diverses méthodes d'analyse des résultats utilisées ne mettent pas en évidence des tendances très nettes. Cependant, la diminution de la diversité spécifique constatée de 1971 à 1974 ainsi que l'accélération du rythme d'apparition et de disparition des espèces algales ne constituent pas de signes encourageants. De plus, l'apparition de poussées de Cyanophycées pendant deux années consécutives est la preuve d'une évolution défavorable. Enfin la diminution du nombre moyen de cellules récoltées au filet ne peut pas être considérée comme un indice positif. En effet, l'importance relative du nannoplancton semble s'accroître lorsque celle du plancton récolté au filet diminue.

Les résultats obtenus en 1974 ne nous autorisent pas à conclure à une amélioration de l'état du lac.

2.1.3. Sur le plan quantitatif, l'analyse des données enregistrées ne permet pas de définir avec précision le degré d'eutrophisation actuel du Léman. La classification d'une année par rapport aux autres est difficile. Les techniques multivariées utilisées par Allen (1973) permettraient de mieux situer les prélèvements les uns par rapport aux autres. Il serait ainsi possible de grouper les prélèvements semblables (cluster analysis), puis de discerner les structures sous-jacentes. A partir de ces résultats, il faudrait tenter de ranger les prélèvements en fonction de leur degré d'eutrophisation. D'un point de vue pratique les profils verticaux et horizontaux de production primaire (Pelletier 1973) constitueraient de bons indicateurs de pollution à utiliser en parallèle avec l'analyse de la structure des communautés planctoniques. Cette analyse devrait se concentrer sur l'eau brute récoltée tous les dix-quinze jours dans un nombre très restreint de stations.

2.2. Région centrale et sud du Grand Lac

2.2.1. Lorsqu'on se réfère aux résultats de l'année précédente, on constate un accroissement modéré du volume de microplancton et surtout une augmentation du nombre total d'organismes dénombrés, ces déterminations portant sur le plancton récolté au filet. Cette tendance va de pair avec une diminution de la transparence moyenne, affectée en outre par les précipitations atmosphériques, relativement abondantes en 1974. Toutefois, les valeurs obtenues restent modérées par rapport à certaines données plus anciennes.

2.2.2. Sur le plan qualitatif, le net-plancton ne présente pas de modifications spectaculaires par rapport à l'année précédente. Les Diatomées restent dominantes, notamment grâce à *Fragilaria crotonensis*, abondante toute l'année. Les Conjuguées, représentées essentiellement par *Mougeotia*, conservent une grande importance en arrière-saison.

2.2.3. Certaines espèces telles que *Ceratium hirundinella* ou *Staurastrum gracile*, qui avaient proliféré occasionnellement par le passé, sont restées relativement discrètes. On doit cependant signaler le développement explosif d'*Aphanizomenon flos-aquae* observé en août 1974. Cette espèce était apparue en masse dans le Léman au cours de l'automne 1973. Le maintien de cette Cyanophycée, apte à former des fleurs d'eau, reste préoccupant.

Par ailleurs, la comparaison des résultats obtenus en utilisant deux modes d'échantillonnage (tuyau et filet) montre clairement que le plancton récolté au filet ne donne qu'une image très fragmentaire du peuplement phytoplanctonique. Seul l'examen d'un échantillon d'eau brute permet de prendre en considération le nanoplancton qui représente plus de 50 % de l'effectif global du phytoplancton.

2.3. Petit Lac

2.3.1. En 1974, l'étude du plancton du Petit Lac a permis de mesurer des volumes de "net-plancton" et des biomasses phytoplanctoniques au-dessus de la moyenne. Cette augmentation de la production primaire s'est traduite sur le plan physique par une diminution de la transparence des eaux avec un minimum enregistré très faible: 2,8 m.

2.3.2. Sur le plan qualitatif on peut remarquer que :

- les cyanophycées ne cessent de prendre une place de plus en plus importante, tant en valeur relative qu'en valeur absolue dans le Léman, lac autrefois caractérisé par une flore à diatomées et chrysophycées prédominantes. Il est toutefois curieux de constater que, pour l'instant, aucune des espèces rencontrées n'a réellement occupé une place dominante stable dans la communauté planctonique. Depuis 1968, après l'apparition assez fugace d'*Oscillatoria rubescens*, on constate de nombreux "essais" tous plus ou moins avortés (*Oscillatoria sp*, *Microcystis aeruginosa*, *Arabaena spp*, *Aphanizomenon flos-aquae*). *Oscillatoria boureltii*, la dernière espèce dont la prolifération s'est révélée fort active en fin d'année, s'imposera-t-elle ou sera-t-elle remplacée par une autre espèce ?

2.3.3.

- pas de "nouveau" à signaler sinon l'implantation quasi permanente dans le phytoplancton d'une petite Zygochloa du genre *Closterium* dont l'apparition a été signalée en 1973 et qui a été identifiée comme étant *Closterium acutum* Bréb.:var-*variable* (Lemm) Krieg.

2.3.4.

- les corrélations physico-chimiques et biologiques de l'année 1974 ont été défavorables dans le Petit Lac à certaines espèces planctoniques classiques et qui ne cessent de régresser année après année, en particulier les chrysophycées du genre *Dinobryon* et *Mallomonas*, souvent considérés comme des indicateurs d'eau oligotrophes, autrefois encore abondantes à certaine période de l'année.

Les quelques faits résumés ci-dessus montrent, une fois encore, qu'au point de vue biologique aussi, le lac est en pleine mutation et à la recherche d'un équilibre (un climax) toujours remis en question. Cet état caractérise nettement les milieux naturels perturbés brutalement par les activités humaines qui s'exercent à leur dépens. Le Léman est de ceux-là.

3. EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DU LEMAN

Les quelques 6'146 analyses bactériologiques diverses exécutées au cours de l'année 1974, comparées aux analyses des quatre années précédentes, permettent de formuler les remarques suivantes :

- la fréquence des fortes concentrations en germes a diminué par rapport à 1973 et se retrouve légèrement en dessous du niveau de 1972 : dans 37 % des échantillons d'eau prélevés on pouvait déceler plus de 2'000 germes/ml en 1974, dans 60 % en 1973 et dans 40 % en 1972;
- stabilité du Petit Lac et sa relative pauvreté en germes une fois encore confirmée en 1974 - cette situation dure depuis 1971;
- en ce qui concerne les coliformes, bactéries indicatrices de la souillure fécale des eaux, 33 % des échantillons prélevés dans le Grand Lac étaient de concentration supérieure à 600 coli/l, cette fréquence atteignait 42 % en 1973;

- dans le Petit Lac, comme dans le reste du Léman, la fréquence moyenne des échantillons les plus riches en coliformes a diminué: 15 % des prélèvements de plus de 1'000 coli/l en 1974 contre 24 % en 1973;
- des résultats de la recherche des entérocoques (streptocoques fécaux) on ne peut dégager aucune direction nette d'évaluation; ces germes tests de souillure d'origine intestinale se trouvent dans le Léman à toutes profondeurs en quantité et en fréquence variables d'une année à l'autre. La même remarque peut être faite en ce qui concerne les Clostridium sulfito-réducteurs;
- la fréquence du phage d'Escherichia coli 36 est en augmentation dans tout le lac; la réapparition du phage de Salmonella paratyphi B pour l'ensemble des points du lac étudiés, signalée en 1973 a été confirmée en 1974, ce qui peut paraître pour le Léman quelque peu inquiétant.

En conclusion, quand bien même, en valeur absolue, les paramètres bactériologiques étudiés peuvent paraître bien modestes à certains comparés aux valeurs décelées dans les eaux les plus souillées d'Europe (les grands fleuves en particulier) et quand bien même l'année 1974 nous apparaît comme une année moyenne pour le Léman au point de vue bactériologique, il n'a pas été possible de constater une quelconque amélioration réelle de la situation hygiénique des eaux de ce lac. La présence indiscutable, en tout point, à toute profondeur et presque en tout temps, en nombre relativement important, des différentes bactéries et virus tests de pollution d'origine fécale montre que le Léman, ce lac merveilleux et qui devrait représenter un capital inestimable pour les générations futures, reste gravement menacé par les activités humaines de toutes sortes qui utilisent ses eaux à des fins bien souvent inadmissibles.

NOTE FINALE

D'une manière générale, les rapports présentés dans les diverses disciplines sont concordants. L'état sanitaire du Léman ne s'améliore toujours pas. Cela n'a rien d'étonnant si l'on tient compte à la fois des dimensions et de la géographie du lac, de la climatologie et du retard à la mise en place des dispositifs d'assainissement et notamment ceux de la déphosphatation.

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

Campagne 1974

par Pierre Burkard
Services Industriels de Genève
Service des eaux
Laboratoire

et par René Monod
Secrétaire de la Commission
internationale
Lausanne

1. GENERALITES

1.1. Remarques préliminaires :

Selon les vœux exprimés par la Commission internationale, le rapport sur les affluents du lac Léman est, pour l'année 1974, présenté sous une forme allégée.

Les conclusions de ce rapport sont essentiellement fondées sur les seules valeurs qui nous semblent être vraiment représentatives - bien qu'elles soient de toute évidence entachées d'erreurs - à savoir les apports annuels, exprimés comme précédemment en tonnes par an. Dans certains cas, il sera encore fait mention des concentrations déterminées par les analyses sous forme soit de moyennes arithmétiques, soit de moyennes pondérées, soit encore de maxima. Au sujet des moyennes pondérées, nous aimerions faire remarquer que leurs valeurs introduites dans le rapport de 1973, fait en réalité double emploi avec la notion d'apports annuels, sauf dans le cas des paramètres qu'il n'est pas possible de quantifier, tels par exemple la température, la turbidité, la conductivité.

Il n'est, à notre avis, pas dans les attributions des rapporteurs, de se prononcer sur la valeur, du point de vue statistique, de l'étude entreprise sur les affluents du lac Léman depuis 1963. Il convient cependant de rappeler que, dans l'esprit de la Commission internationale, cette étude devait non seulement aider à comprendre certaines évolutions de la qualité des eaux du lac Léman, mais encore nous permettre de déterminer certaines sources locales de pollution, plus ou moins importantes et d'y pallier.

Pour cerner ce dernier problème, il est certain que la connaissance de la qualité des eaux des affluents joue un rôle tout aussi grand que le niveau de leurs apports.

Il ne semble pas qu'il soit concevable, en fonction de l'état sanitaire du lac Léman et de son utilisation comme source d'eau potable, de restreindre les recherches sur les affluents à l'étude des 3 ou 4 rivières les plus importantes. En effet, des sources locales de pollution, même relativement minimales, peuvent influencer défavorablement la qualité de l'eau au niveau de certains captages.

1.2. Programme général :

En 1974 le programme général des investigations sur les affluents du lac Léman et du Rhône entre Genève et Chancy ne présente que des modifications mineures par rapport aux recherches des années précédentes, sauf en ce qui concerne la Drance à son embouchure. Pour cette rivière, à partir de mi-juillet 1974, il n'a été conservé qu'un seul point de prélèvement situé sur la rive droite. Précédemment il était pris, comme point représentatif, la moyenne des mesures obtenues à partir de prélèvements effectués pratiquement simultanément sur les deux rives. Par ailleurs, il semble regrettable que les contrôles actuels ne permettent plus d'englober dans les bilans généraux les apports dus à l'exutoire de la station d'épuration de Thonon.

En ce qui concerne le bilan des apports, nous rappelons que pour les affluents principaux du lac Léman (le Rhône à la Porte d'Scex et la Drance), l'émissaire, l'Arve et le Rhône à Chancy, le calcul a été effectué à partir des concentrations moyennes annuelles et des débits moyens annuels obtenus par jaugeage en continu. Pour les affluents secondaires, on a par contre tenu compte des concentrations et des débits instantanés mesurés au moment même des prélèvements.

1.3. Conditions météorologiques :

L'évolution des hauteurs des précipitations annuelles est, pour quelques stations des bords du lac Léman, la suivante de 1963 à 1974 :

Hauteurs des précipitations annuelles en mm

Années	Genève aéroport	Nyon	Morges	Lausanne	Montreux
1963	1'013	1'123	1'063	1'129	1'138
1964	747	816	758	810	981
1965	1'270	1'485	1'454	1'373	1'633
1966	1'068	1'079	1'103	1'123	1'307
1967	992	1'078	1'059	1'113	1'206
1968	1'269	1'258	1'252	1'374	1'421
1969	931	821	845	977	1'000
1970	1'039	1'201	1'211	1'240	1'398
1971	703	715	810	831	957
1972	761	745	805	789	1'026
1973	799	770	874	912	1'158
1974	1'021	1'046	1'125	1'152	1'331
1901-1960	930	1'019	998	1'064	1'151
1901-1970	901	1'029	1'009	1'070	1'160

L'année faisant l'objet de ce rapport se présente donc comme une période relativement humide, contrairement à ce qui avait été constaté de 1971 à 1973. Pour les stations considérées et par rapport aux moyennes multiannuelles 1901-1970, les 4 dernières années présentent les gains ou les déficits suivants :

	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Genève aérop.	- 22 %	- 16 %	- 11 %	+ 13 %
Nyon	- 31 %	- 26 %	- 25 %	+ 2 %
Morges	- 18 %	- 20 %	- 13 %	+ 11 %
Lausanne	- 22 %	- 26 %	- 15 %	+ 8 %
Montreux	- 18 %	- 12 %	0	+ 13 %
Moyennes	- 22 %	- 20 %	- 13 %	+ 9 %

1.4. Débits des affluents (cf. tableaux No 1 et 2)

Pour chiffrer les erreurs commises dans le calcul des apports au lac Léman, nous avons pris l'habitude de comparer la somme des débits moyens annuels de l'ensemble des affluents inventoriés au débit moyen jaugé de l'émissaire, le Rhône à Genève, débit ramené à 88 % pour tenir compte, selon des estimations décrites dans de précédents rapports, des cours d'eau non compris dans l'inventaire de la Sous-commission technique. Cette comparaison ne donne évidemment que des chiffres relatifs. En effet, elle ne tient pas compte des précipitations, de l'évaporation, des pompages d'eau potable et d'eaux industrielles. Comme le montrent les chiffres transcrits ci-dessous, l'erreur commise dans le calcul des apports de l'année 1974 - surestimation de l'ordre de 11 % pour l'ensemble des débits, - est comparativement faible :

Années	Somme des débits moyens annuels de l'ensemble des affluents du Léman m ³ /s	Débits moyens annuels de l'émissaire m ³ /s	Débits moyens annuels de l'émissaire - 12 % m ³ /s	Surestimation des apports liquides totaux %
1964	227'805	171	150	+ 34
1965	247'219	246	216	+ 13
1966	266'847	266	234	+ 12
1967	269'667	248	218	+ 19
1968	240'300	240	211	+ 12
1969	237'380	232	204	+ 14
1970	307'151	285	251	+ 18
1971	171'258	194	171	0
1972	179'221	157	138	+ 26
1973	208'264	192	169	+ 19
1974	200'674	206	181	+ 10
1964-1974	225'677	221,55	194,82	

Etant donné que, pour les deux affluents les plus importants du lac Léman, le Rhône à la Porte du Scex et la Drance, les calculs ont été effectués à partir des débits moyens annuels jaugés, la surestimation des apports liquides, de l'ordre de 10 % en 1974, n'est due qu'aux affluents secondaires. Cette erreur est à notre avis négligeable, d'autant plus que le débit de la Drance est mesuré à Bioge, c'est-à-dire à plus de 10 km en amont de l'embouchure. En effet, compte tenu que ces affluents secondaires ne représentent en gros que le 20 % des apports liquides, l'erreur introduite dans les bilans généraux par ce paramètre est relativement faible.

Parmi les affluents secondaires, il faut noter la relative importance de la Venoge, du Canal Stockalper, de l'Aubonne, de la Veveyse (en 1974) et, se déversant dans le Petit Lac, de la Versoix.

De 206 m³/s à Genève, le Rhône passe à 293 m³/s à Chancy grâce en particulier aux apports de l'Arve (70,5 m³/s) et de l'Allondon (3,2 m³/s).

2. RESULTATS DES ANALYSES, ETUDE DES APPORTS DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN

Comme il a été mentionné précédemment et contrairement à ce qui a été pratiqué dans les précédents rapports - étude détaillée de l'ensemble des paramètres du point de vue des concentrations et, le cas échéant, des apports annuels - le présent rapport, dans sa partie rédactionnelle, ne prendra en considération que les critères pratiques qui nous semblent déterminants dans l'évolution de l'eutrophisation du lac Léman, à savoir oxygène dissous, demande biologique en oxygène, azote minéral sous ses différents stades d'oxydation, phosphore sous ses différentes formes, chlorures, détergents, hydrocarbures et potassium.

Dependant, pour faciliter d'éventuelles recherches plus spécifiques, nous transcrivons ci-dessous, la liste complète des tableaux récapitulatifs, joints au présent rapport, établis au vu de l'ensemble des résultats des études effectuées par la Sous-commission technique sur les affluents du lac Léman et du Rhône jusqu'à Chancy pendant l'année 1974.

LISTE DES TABLEAUX RECAPITULATIFS

<u>Critères</u>	<u>Numérotation des tableaux</u>			
	Moyenne arithmé. max. min.	Moyenne pondérée	Apports en tonnes /an	Apports en %
Débit	1			2
Température de l'eau	3	50		
pH mesuré de l'eau	4	50		
Conductivité	5	50		
Turbidité	6	50		
Oxygène dissous	7	51	9	58
Taux de saturation	8	51		
DBO	10	51	12	59
Taux de consommation	11	51		

LISTE DES TABLEAUX RECAPITULATIFS (suite)

Critères	Numérotation des tableaux			
	Moyenne arithmé. max. min.	Moyenne pondérée	Apports en tonnes /an	Apports en %
* Oxydabilité au permanganate	13	52		
* DCO au bichromate	14	52		
Azote ammoniacal	15	53	19	60
Azote nitreux	16	53	20	61
Azote nitrique	17	53	21	62
Azote minéral total	18	53	22	63
* Azote organique	23	53	24	64
* Azote total	25	53	26	65
Orthophosphates	27	54	30	66
Phosphore organique	28	54	31	67
Phosphore total	29	54	32	68
Détergents	33	55	34	69
Chlorures	35	54	36	70
* Hydrocarbures	37	55	38	71
Potassium	39	56	40	72
Titre Hydrotimétrique	41	57		
Titre alcalimétrique complet	42	57		
Dureté permanente	43	57		
Calcium	44	56	45	73
Magnésium	46	56	47	74
* Germes totaux	48	52		
* Coliformes	49	52		

* Inventaire ne touchant qu'une partie des affluents.

2.1. Oxygène dissous et demande biologique en oxygène

En moyenne arithmétique, la concentration en oxygène dissous de l'ensemble des affluents du lac Léman compris dans l'inventaire de la Sous-commission technique accuse une légère augmentation de 1973 à 1974, passant de 10,14 à 10,23 mg/l O₂, soit de 93,8 à 96,5 % en taux de saturation. En moyenne pondérée par contre, nous constatons un recul certain, puisque de 11,13 mg/l O₂ en 1973 la concentration tombe à 10,77 mg/l O₂ l'année suivante, soit, en taux de saturation, de 103,4 à 100,3 %.

La demande biologique en oxygène s'est élevée à 4,26 mg/l O₂ en moyenne pondérée en 1974 contre 4,66 mg/l O₂ l'année précédente. Exprimés en taux de consommation, ces chiffres sont respectivement de 39,6 et 41,9 %.

Les 24 affluents étudiés représentent en 1974 un apport total en oxygène de l'ordre de 68'500 tonnes, alors qu'il atteignait pratiquement 74'000 tonnes l'année précédente. En tenant compte de la perte due à l'émissaire - 76'000 tonnes - le déficit en 1974 est de l'ordre de 7'500 tonnes, chiffre auquel il convient encore d'ajouter la quantité d'oxygène que le lac a dû fournir pour minéraliser les apports de ses affluents, soit 27'400 tonnes pour l'année considérée. Le bilan total se solde donc par un déficit de quelque 35'000 tonnes d'oxygène.

Ce chiffre est pratiquement le même qu'en 1973. Par rapport aux résultats de l'ensemble des années précédentes, il s'inscrit dans le groupe des exercices plutôt défavorables, d'autant plus qu'il ne tient pas compte des apports de l'exutoire de la station d'épuration de Thonon :

Années	Apports en oxygène t/an	Pertes dues à l'émissaire t/an	Apports négatifs dus à la DBO t/an	Déficits en oxygène t/an
1967	90'687,7	85'267,7	29'052,5	23'620
1968	84'652,1	82'435,1	24'974,1	22'750
1969	82'396,7	83'092,3	35'228,9	35'920
1970	108'882,1	104'532,1	45'328,4	41'000
1971	58'899,6	71'282,2	27'408,9	39'800
1972	61'010,4	56'587,4	27'883,0	23'460
1973	73'912,3	70'739,0	32'542,7	35'716
1974	68'486,5	75'982,6	27'391,9	34'888
1964-1974	78'510,3	78'245,9	29'382,2	29'118

Avec un recul de 11 ans, on constate qu'en moyennes multiannuelles l'émissaire à Genève soustrait au lac une quantité d'oxygène pratiquement équivalente à la valeur des apports des affluents inventoriés et que le lac doit, pour minéraliser ces apports, prélever environ 30'000 tonnes d'oxygène sur ses propres réserves. Cette perte se répartit de la façon suivante :

Rhône, Porte du Scex	72,42 %
Affluents secondaires, rive droite Grand Lac	15,04 %
Affluents secondaires, rive gauche Grand Lac	10,44 % (dont 8,41 % pour la Drance)
Affluents secondaires Petit Lac	2,09

2.2. Azote minéral et organique

Les apports totaux des affluents étudiés s'élèvent à près de 7'600 tonnes d'azote minéral total en 1974, non compris l'exutoire de la station d'épuration de Thonon dont le tonnage annuel a été estimé à environ 70 tonnes d'azote total. La répartition entre les divers stades d'oxydation de l'azote minéral est la suivante pour l'année considérée :

<u>Stade d'oxydation</u>	<u>Apports en t/an N</u>	<u>% N minéral total</u>
Azote ammoniacal	2'564,29	33,9 %
Azote nitreux	166,64	2,2 %
Azote nitrique	4'847,05	63,9 %
Azote minéral total	7'581,29	100,0 %

En tenant compte de l'émissaire à Genève, qui en 1974 a éliminé environ 1'920 tonnes d'azote minéral total, les soldes positifs constatés depuis 1964 sont les suivants :

Années	Soldes calculés t/an N	Soldes corrigés t/an N
1964	+ 2'649,00	(voir rapports précédents)
1965	+ 799,74	
1966	- 1'181,94	
1967	+ 762,61	
1968	+ 2'020,25	
1969	+ 3'916,52	+ 3'300
1970	+ 4'879,62	+ 3'400
1971	+ 3'969,32	
1972	+ 7'173,28	+ 6'000
1973	+ 3'966,11	
1974	+ 4'219,40	

Depuis 1968, mis à part les résultats, probablement surestimés, de 1972, le gain en azote minéral total oscille donc entre 3'000 et 4'000 tonnes/an N. Les apports sont, en ordre décroissant, principalement dus à (résultats 1964-1974) :

	Azote minéral total	
	%	tonnes/an N
Le Rhône, embouchure	50,8 %	3'080
La Drance	16,0	972
Le Flon (STEP Vidy)	7,7	467
La Venoge	7,2	436
L'Aubonne	2,7	162
La Versoix	2,2	130
Le Canal Stockalper	2,0	119

En 1974, du point de vue des concentrations, les rivières les plus préférentielles par rapport aux teneurs en ammoniacque, sont :

	Moyenne annuelle mg/l N	Maximum annuel mg/l N
Le Flon, Lausanne	14,716	22,478
Le Nant d'Aisy	5,768	11,300
Le Vengeron	3,778	12,250
La Maladaine	1,318	7,182
La Chamberonne	0,778	3,220
La Venoge	0,405	1,207
La Dullive	0,460	1,151

Les teneurs maximum suivantes en nitrites ont été mises en évidence en 1974 : 1,75 mg/l N au Vengeron, 0,85 au Nant d'Aisy, 0,53 au Flon, 0,23 à la Maladaire et à la Dullive.

Enfin les cours d'eau les plus riches en nitrates sont en 1974 :

Affluent	Moyenne annuelle, mg/l N	Maximum annuel, mg/l N
Le Nant d'Aisy	13,83	23,50
Le Vengeron	9,04	13,25
L'Hermance	6,67	8,75
La Maladaire	5,79	10,39
La Morges	5,32	8,09
La Dullive	4,35	7,61
La Chamberonne	4,13	6,43

Le dosage de l'azote organique n'a été effectué que sur le Rhône à son embouchure, le Canal Stockalper, la Bouverette, la Morge de St-Gingolph et la Drance.

Par rapport à l'azote minéral total, la proportion d'azote organique est la suivante en 1974 pour les affluents considérés et en effectuant les calculs sur les moyennes pondérées :

Affluent	Azote minéral total moyenne annuelle pondérée mg/l N	Azote organique moyenne annuelle pondérée mg/l N	Azote organique par rapport à a- zote minéral total %
Canal Stock.	1,005	0,131	13,0
Bouverette	0,709	0,110	15,5
La Drance	0,587	0,261	44,5
Le Rhône embouchure	0,843	0,178	21,1

Les proportions sont donc assez différentes selon les affluents.

Les deux affluents principaux du lac Léman, le Rhône à la Porte du Scex et la Drance, ont, en 1974, présenté, en valeurs absolues et en pourcents par rapport aux déversements de tous les cours d'eau étudiés, les apports suivants :

Détermination	Rhône embouchure Porte du Scex		Drance sans STEP Thonon	
	T/an N	%	T/an N	%
Azote ammoniacal	1'662,01	64,81	26,40	1,03
Azote nitreux	121,76	73,07	5,42	3,25
Azote nitrique	2'242,52	46,27	302,46	6,24
Azote minéral total	4'026,29	53,11	334,28	4,41
Azote organique	814,61	(81,54)	157,43	(15,76)
Azote total	4'840,90	(87,02)	491,71	(8,84)

En admettant que la répartition entre azote minéral total et azote organique constatée sur le Rhône et la Drance se retrouve également sur les affluents secondaires, les apports totaux en azote organique et azote total s'élèveraient en 1974 à :

Azote minéral total	7'580 t/an N (calculé)
Azote organique	1'690 t/an N (estimation)
Azote total	9'270 t/an N (estimation)

Dans le cas présent, l'azote organique représenterait donc en chiffres ronds le 20 % de l'azote total. Dans le rapport de 1972, la proportion, pour les 4 affluents analysés sous ce rapport, varie entre 34,5 et 50 %. Les résultats sont donc assez différents. Ils dépendent dans une forte mesure des débits.

2.3. Orthophosphates, phosphore organique, phosphore total

L'évolution des concentrations des orthophosphates, du phosphore organique et du phosphore total est, en moyennes annuelles pour l'ensemble des affluents étudiés, la suivante de 1963 à 1974 :

Années	<u>Orthophosphates</u> mg/l P		<u>Phosphore organique</u> mg/l P		<u>Phosphore total</u> mg/l P	
	Moy. arith.	pondér.	Moy. arith.	pondér.	Moy. arith.	pondér.
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	
1972	0,762		0,425		1,187	
1973	0,441	0,060	0,326	0,099	0,767	0,159
1974	0,359	0,061	0,335	0,074	0,694	0,135
1963-1974	0,443		0,433		0,876	

On constate donc, du point de vue des concentrations, une nette amélioration de 1972 à 1974. Cette tendance se retrouve dans les apports totaux :

Années	Apports en phosphore total	Solde en phosphore total en tenant compte de l'émissaire
	tonnes/an P	tonnes/an P
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
1972	2'555,77	2'322,05
1973	1'105,59	743,30
1974	847,61	428,32
1964-1974	1'354,59	1'047,44

Les apports globaux en phosphore total - chiffrés à environ 850 tonnes en 1974 - se répartissent de la façon suivante :

Rhône, Porte du Scex	49,0 %
Venoge	11,1 %
Flon (STEP Vidy)	7,7 %
Drance	7,6 %
Veveyse	3,8 %
Chamberonne	2,7 %
Grand Canal	2,4 %
Canal Stockalper	2,2 %

Malgré la très nette amélioration constatée en 1973 et 1974 sur le plan des apports, les concentrations en phosphore mises en évidence dans l'eau de certains affluents restent très élevées.

Affluent	Phosphore total, mg/l P	
	Moy. arith. ann.	Maxima annuels
Le Vengeron	3,029	6,900
Le Nant d'Aisy	3,217	6,000
Le Flon, Vidy	2,030	8,120
La Maladaire	1,370	3,048
La Chamberonne	0,864	2,700
Le Forestay	0,748	1,380
La Lutrive	0,724	1,401
La Paudèze	0,682	1,795
La Morges	0,603	0,997
La Venoge	0,463	0,895
Le Grand Canal	0,275	1,234

Ces valeurs sont relativement élevées et il y a tout lieu de croire que le déversement de l'eau de ces affluents dans le lac peut avoir, sous certaines circonstances - absence de courants favorisant la dilution en particulier -, une influence sur le développement de la végétation aquatique.

2.4. Détergents

Les apports en détergents ont tendance à diminuer de 1973 à 1974, puisque le tonnage total entraîné au lac passe de 224 tonnes la première année à 190 tonnes la seconde. Cette amélioration, faible du reste, n'est probablement que fictive étant donné que le chiffre de 1974 ne tient plus compte des déversements de l'exutoire de la station d'épuration de Thonon. Par ailleurs, la méthode employée ne permet de doser qu'une certaine catégorie de détergents.

Du point de vue des teneurs moyennes annuelles pour l'ensemble des cours d'eau inventoriés, on enregistre, pour les deux années considérées, les variations suivantes :

	Moy. arith. mg/l	Moy. pond., mg/l
1973	0,19	0,036
1974	0,14	0,033

Les valeurs les plus élevées l'ont été pour le Flon (maximum annuel 4,40 mg/l). La Chamberonne (1,06), le Nant d'Aisy (0,74), la Lutrive (0,46).

La répartition des apports annuels est la suivante :

Grand Lac, rive droite	59 % (dont 23 % pour le Flon et 11 % pour la Venoge)
Grand Lac, rive gauche	7,3 % (dont 6,5 % pour la Drance)
Rhône, embouchure	30,1 %
Petit Lac	3,6 %

2.5. Chlorures

Les apports en chlorures des affluents étudiés ont progressé de 1973 - 56'800 tonnes - à 1974 - 60'250 tonnes -. En tenant compte des pertes enregistrées par l'émissaire à Genève, le solde positif s'élève à 38'000 tonnes pour l'année que couvre ce rapport contre 35'800 tonnes l'année précédente et 37'600 tonnes en 1972. Il semble que l'on assiste à une certaine stabilisation de la progression de l'enrichissement de l'eau du lac en chlorures, comme le montrent les chiffres suivants :

<u>Années</u>	<u>Soldes positifs en chlorures</u> <u>Tonnes/an</u>
1965	5'770,4
1966	15'418,4
1967	17'784,6
1968	11'868,0
1969	20'182,0
1970	25'254,2
1971	15'484,6
1972	37'590,0
1973	35'830,6
1974	38'026,0

Le Rhône à son embouchure représente le 69 % des apports en chlorures au lac, les affluents secondaires de la rive droite du Grand Lac, 21 % (Venoge 8,0 %, Flon 4,4 %), les affluents secondaires de la rive gauche du Grand Lac, 6,6 % (3,6 % pour la Drance et 3,0 % pour le Canal Stockalper) et les affluents du Petit Lac, 3,2 %.

2.6. Hydrocarbures

La détermination systématique des teneurs en hydrocarbures n'a été effectuée en 1974 que sur les affluents de la rive gauche du Grand Lac et sur le Rhône à son embouchure.

Les teneurs moyennes passent de 0,05 ppm pour la Morge de St-Gingolph à 0,15 ppm pour le Canal de Stockalper. Le Rhône accuse une concentration moyenne de 0,11 ppm avec un maximum de 0,30 ppm. En 1973, les chiffres correspondants sont un peu plus marqués.

Les apports totaux en hydrocarbures pour les 4 affluents considérés s'élèvent à 546 tonnes en 1974, dont 490 tonnes pour le Rhône. L'année précédente, ils avaient été chiffrés à 1'130 tonnes environ, dont 1'090 tonnes pour l'affluent principal. On constate donc une nette amélioration de la situation pour ce paramètre.

2.7. Potassium

Les études entreprises en 1974 sur cet élément livrent les résultats globaux suivants :

Teneur moyenne annuelle (moy. arith.)	:	3,50 mg/l K
Teneur moyenne annuelle (moy. pond.)	:	1,93 mg/l K
Apports totaux	:	12'814,6 tonnes/an
Pertes par l'émissaire	:	9'080,9 tonnes/an
Solde positif	:	3'733,7 tonnes/an

Par rapport à 1973, on enregistre une baisse sensible des apports (de 16'437 à 12'814,6 tonnes/an) et par voie de conséquence une diminution des soldes positifs (de 7'800 à 3'733,7 tonnes/an).

3. EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'EAU LE LONG DU COURS DE CERTAINS AFFLUENTS

Dans ce chapitre, nous n'étudierons que les concentrations moyennes annuelles le long du cours de chaque rivière, les mesures de débit n'étant pas faites en chaque point de prélèvement. Un certain nombre de données moyennes concernant les rivières étudiées ci-dessous figurent dans les tableaux généraux No 1 à 57.

3.1. La Drance

Des observations ont été faites au Pont de la Douceur (abrégé ci-dessous Amont) et à l'embouchure (rive droite et gauche). Nous ne considérerons ici que la rive droite (abrégée ci-dessous aval), qui n'est pas sous l'influence des déversements de la station d'épuration d'Evian -Publier-Thonon. Nous n'étudierons que les quatre dernières années.

3.1.1. Oxygène dissous, Taux de saturation et demande biochimique

<u>Oxygène dissous mgO₂/l</u>	1971	1972	1973	1974
Amont	11,27	11,57	11,58	11,23
Aval	10,77	11,11	11,32	11,20
Diminution	4 %	6 %	2 %	0,3 %
<u>Taux de saturation %</u>				
Amont	102,0	107,2	105,9	104,5
Aval	100,7	103,7	104,9	106,5
Diminution	1 %	3 %	1 %	2 %

<u>DBO 5</u>	1971	1972	1973	1974
Amont	2,45	2,21	2,63	2,82
Aval	5,39	4,64	4,99	4,01
Augmentation	120 %	110 %	90 %	42 %

Entre les deux points considérés, la Drance, quoique à caractère torrentiel, perd un peu de son oxygène mais pas énormément; mais surtout, elle se charge de matière organique dégradable, 47 % en moyenne des 4 années. En 1974, la charge initiale était plus élevée que précédemment, et la charge à l'embouchure moins élevée.

3.1.2. Les matières azotées (exprimées en mg N/l)

<u>Azote ammoniacal</u>	1971	1972	1973	1974
Amont	0,004	0,007	0,055	0,045
Aval	0,036	0,034	0,082	0,050
<u>Azote nitreux</u>				
Amont	0,007	0,009	0,005	0,007
Aval	0,010	0,012	0,008	0,010
<u>Azote nitrique</u>				
Amont	0,43	0,50	0,47	0,49
Aval	0,45	0,50	0,53	0,53
<u>Azote minéral total</u>				
Amont	0,441	0,516	0,530	0,542
Aval	0,496	0,546	0,620	0,590
<u>Azote organique</u>				
Amont	0,291	-	0,169	0,177
Aval	0,225	-	0,297	0,262
<u>Azote total</u>				
Amont	0,732	-	0,699	0,719
Aval	0,721	-	0,917	0,852

De manière générale, les concentrations augmentent presque systématiquement vers l'aval.

L'azote ammoniacal a fait un bond de concentration entre 1972 et 1973. Après un maximum en 1973, la concentration s'abaisse en 1974.

La concentration en azote nitreux est irrégulière, mais augmente vers l'aval.

La concentration en azote nitrique, irrégulière, augmente aussi vers l'aval. Quant à l'azote minéral total, la concentration d'amont augmente d'année en année. La concentration d'aval, toujours plus élevée qu'en amont, s'abaisse quelque peu en 1974.

L'azote organique n'a été mesuré que trois ans sur quatre. Sauf l'exception de 1971 - moyenne sur un nombre différent de mesures -, l'augmentation en aval est importante. Elle s'atténue en 1974.

L'azote total, bilan général, montre une certaine stabilité en amont. Il augmente de 31 % en aval en 1973 et de 18 % seulement en 1974.

3.1.3. Le phosphore (exprimé en mg P/l)

<u>Orthophosphates</u>	1971	1972	1973	1974
Amont	0,022	0,034	0,046	0,035
Aval	0,038	0,047	0,105	0,069
<u>Phosphore organique</u>				
Amont	0,049	0,025	0,028	0,028
Aval	0,061	0,037	0,090	0,050
<u>Phosphore total</u>				
Amont	0,071	0,059	0,074	0,063
Aval	0,099	0,084	0,195	0,119

La concentration en phosphore est plus faible en 1974 qu'en 1972 et 1973. L'augmentation en aval est très nette. Elle varie suivant les années de 38 % à 128 % pour les orthophosphates, de 24 % à 221 % pour le phosphore organique, de 39 % à 164 % pour le phosphore total.

3.1.4. Les chlorures (exprimés en mg Cl/l)

	1971	1972	1973	1974
Amont	2,1	2,8	2,5	2,7
Aval	3,9	3,4	3,6	4,0

L'augmentation de l'amont vers l'aval oscille entre 21 et 86 % suivant les années.

3.1.5. Le potassium (exprimé en mg K/l)

	1971	1972	1973	1974
Amont	1,22	1,19	1,07	1,11
Aval	2,26	1,24	1,20	1,21

L'augmentation atteint 85 % en 1971, et varie entre 4 et 12 % pour les autres années.

Ainsi, en se plaçant dans les conditions les plus favorables (rive droite), la composition de l'eau de la Drance s'altère notablement du Pont de la Douceur à l'embouchure dans le Léman. Exprimés en fonction des tonnages, les pourcentages seraient certainement plus élevés, mais nous ne disposons pas de mesures de débit à l'embouchure, seulement à Bioge, c'est-à-dire très en amont, à environ 10 km de l'embouchure.

3.2. La Versoix

Nous nous en tenons aux trois points suivants : Sauverny, (frontière franco-suisse), aval de l'usine de Richelien, et embouchure au Léman. Les résultats donnés sont les moyennes des moyennes des quatre années 1971 à 1974 et sont énumérés d'amont vers l'aval sans autre indication. Tant que nous ne le signalons pas, il n'y a pas d'aggravation dans le temps.

La température de l'eau s'élève d'environ un demi degré en passant de 8°52 à 8°74, puis 9°08.

L'oxygène voit sa concentration augmenter de 11,39 mg/l à 11,81, puis 12,06. Il s'ensuit que le taux de saturation passe de 104 % à 107 %, puis 111 %.

La DBO₅ passe, en moyenne, de 2,55 à 2,92, puis 3,00 mg O₂/l. En réalité en 1973 et 1974, la DBO₅ diminue entre Richelien et l'embouchure.

L'azote ammoniacal baisse d'amont vers l'aval, passant de 0,153 mg N/l à 0,122, puis 0,112 à l'embouchure. En 1971 et 1972, la concentration a monté légèrement de Richelien à l'embouchure. En 1974, elle a évolué de 0,151 à 0,193, puis à 0,152 mg N/l.

Les nitrites ont une légère tendance à diminuer, leur concentration moyenne passant de 0,009 à 0,008, puis 0,007 mg N/l.

La rivière s'enrichit en nitrates à Richelien, puis se dilue jusqu'à l'embouchure deux ans sur quatre: en moyenne 0,98 mg N/l, puis 1,41 et enfin 1,30. Relevons que l'année 1974 a été la plus riche en nitrates (1,33, 2,07 et 1,70 mg/l). Le phénomène est identique pour l'azote minéral total qui passe de 1,143 mg N/l à 1,536, puis à 1,417 - l'an 1974, on a observé les maxima de 1,494, 2,263 et 1,861 mg N/l -.

La concentration des orthophosphates s'accroît d'amont vers l'aval : 0,066 à 0,081, puis 0,091 mg P/l.

Le phosphore organique fait de même, mais de manière moins marquée entre Richelien et l'embouchure : 0,043 à 0,054, puis 0,054 mg P/l.

Le phosphore total présente bien sûr les mêmes caractéristiques, passant de 0,109 à 0,135, puis 0,145 mg P/l.

Il n'y a pas d'aggravation d'année en année.

Les chlorures, en faible concentration du reste, passent de 5,1 mg Cl/l à la frontière à 7,7 mg/l à Richelien, puis sont dilués à 6,5 mg/l à l'embouchure.

Le potassium, dosé en 1974 seulement, passe de 0,083 mg K/l à 1,35 mg/l, puis est dilué à 0,121 mg/l.

On constate une aggravation bactériologique d'amont en aval. Le nombre moyen de germes au ml passe de 38'000 à 43'000, puis 49'000 (en 1974, l'année la plus mauvaise des quatre : 53'000, 87'000 et 83'000). Pour les coliformes, on observe que leur nombre par ml varie curieusement :

	1971	1972	1973	1974	Moyenne
Sauverny	47	138	153	1'060	349
Aval Richelien	129	32	286	219	167
Embouchure	212	200	103	205	180

Ainsi, hormis les quelques exceptions signalées ci-dessus, l'eau arrivant à la frontière se charge à Richelien, puis s'épure ou se dilue jusqu'à l'embouchure, sauf pour le phosphore.

3.3. Le Vengeron

Trois points ont été analysés en 1973 et 1974 : à l'amont et à l'aval de la station d'épuration et à l'embouchure au Léman.

L'évolution est la suivante :

L'évolution est la suivante :		Amont STEP	Aval STEP	Embouchure
Pour l'oxygène mg O ₂ /l	1973	10,52	8,53	8,20
	1974	10,49	8,96	9,10
Pour le taux de saturation en %	1973	100,2	80,5	76,5
	1974	99,5	85,5	85,9
Pour la DBO ₅ mg O ₂ /l	1973	3,09	9,51	8,69
	1974	3,98	> 8,35	9,23
Pour l'azote ammoniacal mg N/l	1973	0,213	7,188	5,729
	1974	0,237	3,916	3,778
Pour l'azote nitreux mg N/l	1973	0,012	0,120	0,203
	1974	0,025	0,173	0,283
Pour l'azote nitrique mg N/l	1973	3,60	4,42	5,01
	1974	5,19	9,50	9,04
Pour l'azote minéral total mg N/l	1973	3,825	11,728	10,942
	1974	5,452	13,589	13,101
Pour les orthophosphates mg P/l	1973	0,088	3,454	3,150
	1974	0,233	2,150	1,946
Pour le phosphore organique mg P/l	1973	0,066	1,142	0,888
	1974	0,160	1,192	1,083
Pour le phosphore total mg P/l	1973	0,154	4,596	4,038
	1974	0,393	3,342	3,029
Pour les chlorures mg Cl/l	1973	23,2	28,1	45,0
	1974	21,7	53,5	34,4
Pour le potassium mg K/l	1973	4,47	8,78	(9,58) *
	1974	4,83	7,78	7,94

* Moyenne de 6 mois seulement.

En amont de la station d'épuration du Vengeron, la rivière paraît déjà riche en nutriments, surtout en azote, phosphore et potassium. Même la concentration en chlorures est élevée. Mais il faut dire que le Vengeron récolte les eaux de la région de Ferney-Voltaire. Les concentrations ont fortement augmenté en 1974.

L'effet de la STEP du Vengeron est très important: diminution de l'oxygène, augmentation de la DBO₅, apport en nutriments azotés (souvent réduits comme ammoniacal, et nitrites) nitrates, phosphore, potassium.

Les formes de l'azote se sont modifiées en 1974: moins d'ammoniacal, plus d'azote oxydé (nitrites et nitrates). La concentration du phosphore a baissé, comme celle du potassium du reste.

A l'embouchure dans le Léman, la situation n'est que mal rétablie. Tout au plus peut-on dire qu'il y a moins d'azote ammoniacal et qu'une oxydation est en cours. On observe aussi une dilution des diverses formes du phosphore et des chlorures.

3.4. L'Arve

Les mesures ont été effectuées à la frontière franco-suisse et à la Jonction au Rhône. En moyenne des quatre dernières années, on observe les phénomènes suivants :

La concentration en oxygène s'améliore de 11,76 à 11,99 mg O₂/l, le taux de saturation passant de 103,3 % à la frontière à 106,4 %.

La DBO passe de 4,34 à 4,09 mg/l.

L'azote ammoniacal diminue de 24 % avant son embouchure au Rhône, passant de 0,301 à 0,242 mg N/l.

L'azote nitreux reste stable aux environs de 0,011 mg N/l.

L'azote nitrique passe de 0,83 à 0,78 mg N/l.

En conséquence, on observe une diminution d'azote minéral total de 42 %, passant de 1,786 en moyenne quadriennale à 1,036 mg N/l.

Les orthophosphates diminuent de 40 % entre 0,154 mg P/l à la Frontière et 0,110 mg/l à la Jonction.

La concentration du phosphore organique passe de 0,066 à 0,054 mg P/l

Il s'ensuit que l'abaissement du phosphore total est de 34 %, passant de 0,220 mg P/l à 0,164 mg P/l.

Les chlorures passent de 5,5 à 5,2 mg/l.

Le potassium, dosé en 1973 et 1974 seulement, passe de 1,57 mg/l à 1,70 mg/l. (C'est le seul élément qui augmente en aval.)

Ainsi, à la Jonction, l'eau de l'Arve a une qualité meilleure qu'à la frontière, soit qu'il y ait autoépuration, soit qu'il y ait dilution avec des eaux claires. Mais nous ne connaissons pas les différences de débit. Il ne semble pas y avoir dégradation avec les années. A relever que l'eau de l'Arve est plus chargée que l'eau du Rhône émissaire et même à sa sortie de Suisse à Pougny-Chancy.

3.4. L'Allondon

Cet affluent de la rive droite du Rhône est examiné à son entrée en Suisse au Moulin de Fabry et à son embouchure dans le Rhône à la Plaine. D'une manière générale, les concentrations en matières polluantes sont moins élevées

à l'embouchure qu'à la frontière, soit qu'il y ait autoépuration, soit qu'il y ait dilution, ou les deux phénomènes conjoints.

Sur le parcours entre les deux points de prélèvement, la concentration en oxygène s'élève quelque peu, passant en moyenne des quatre dernières années, de 11,44 mg O₂/l à 12,10 mg/l (avec un taux de saturation - respectivement - de 104,8 et 110,6 %.) La demande biologique en oxygène s'abaisse de 22 %, de 3,68 mg O₂/l à 2,88 mg/l.

Tous les composés minéraux de l'azote diminuent :

62 % pour l'azote ammoniacal - de 0,238 à 0,092 mg N/l -
 55 % pour l'azote nitreux - de 0,020 à 0,009 mg N/l -
 20 % pour l'azote nitrique - de 2,12 à 1,69 mg N/l -
 25 % pour l'azote minéral total - de 2,381 à 1,792 mg N/l -

La diminution est encore plus importante pour le phosphore :

57 % pour les orthophosphates - de 0,137 à 0,059 mg P/l -
 69 % pour le phosphore organique - de 0,083 à 0,026 mg P/l -
 61 % pour le phosphore total - de 0,220 à 0,085 mg P/l -

La concentration en chlorures s'abaisse de 26 %, de 8,9 à 6,6 mg Cl/l.

Le potassium baisse d'environ 30 %, sa concentration passant de 1,79 à 1,26 mg K/l.

Mais rappelons qu'il s'agit de concentrations, et non d'apports, les débits à la frontière n'étant pas connus.

3.5. Le Rhône émissaire

A sa sortie du Léman, l'eau du Rhône est, à tous points de vue, de meilleure qualité qu'à son embouchure. Ce fait est relevé par plusieurs rapporteurs, le Léman jouant le rôle de piège à fertilisants. Mais il se dégrade à nouveau jusqu'à la frontière à Chancy. Il reçoit l'eau plus chargée, notamment de l'Arve, de la station d'épuration d'Aïre, de l'Allondon et passe par des bassins de retenue.

Entre les deux points de prélèvement (sortie du lac et Chancy), les constatations suivantes pour les quatre dernières années et pour les concentrations peuvent être faites :

La concentration moyenne en oxygène pour les années 1971 à 1974 baisse légèrement depuis la sortie du lac de 11,62 mg O₂/l à 11,49 mg/l, le taux de saturation, malgré cela favorable, passant de 112,2 % à 105,8 %.

La concentration des autres éléments étudiés augmente fortement d'un point à l'autre, mais dans des proportions variables.

Pour les composés azotés, elle s'élève de 0,066 mg N/l à 0,284 mg/l pour l'ammoniacale (330 %), de 0,004 à 0,009 mg/l pour les nitrites (143 %), de 0,31 à 0,62 mg N/l pour les nitrates (100 %) et pour l'ensemble de l'azote minéral, de 0,375 mg N/l à 0,912 mg/l (143 %).

Il en est de même pour les composés phosphorés, dont les orthophosphates passent de 0,030 mg P/l à 0,108 mg/l (265 %), le phosphore organique de 0,025 à 0,044 mg/l (74 %), le phosphore total de 0,055 à 0,152 mg P/l (177 %).

La concentration des chlorures s'élève de 3,3 à 4,4 mg Cl/l (33 %). Le potassium voit sa concentration s'élever faiblement de 1,46 à 1,55 mg K/l (6 %). Outre l'influence des apports de l'Arve et de l'Allondon notamment, les apports de la station d'épuration d'Aïre sont relativement importants.

Le lecteur intéressé à de plus amples détails concernant les concentrations et les apports voudra bien se rapporter aux tableaux No 1 à 57.

4. RESUME DES CONSTATATIONS ET CONCLUSIONS

En comparant, avec les résultats antérieurs, les données de la campagne de recherches 1974 sur les affluents du lac Léman, force nous est de regretter que les analyses effectuées sur la Drance ne tiennent plus compte des déversements dus à l'exutoire de la station d'épuration de Thonon. Certes la méthode adoptée les années précédentes - considérer la moyenne des résultats des analyses effectuées sur des prélèvements faits pratiquement simultanément sur la rive gauche et sur la rive droite en aval des déversements d'eaux usées comme point représentatif de la qualité de l'eau de cette rivière - était-elle, surtout lors de faibles débits, criticable dans le sens qu'elle conférait à l'exutoire de la station d'épuration de Thonon une importance trop grande, mais de là à purement et simplement ignorer ces apports, il y a un pas qu'il nous semble fâcheux d'avoir franchi. En effet, cet exutoire représente un pourcentage non négligeable des apports de la Drance proprement-dite, comme le montrent quelques contrôles effectués à fin 1974 sur un nombre du reste restreint de paramètres :

	Apports Drance t/an	Apports STEP t/an	%
Phosphore total	64,33	19,0	29,5 %
Azote total	491,7	70,0	14,2 %

Il serait souhaitable que l'exutoire de la station d'épuration de Thonon soit contrôlé, avec mesure des débits, au même rythme et pour les mêmes critères que la Drance, afin de pouvoir en inclure les apports dans les bilans généraux, et de procéder à des jaugeages de débits près de l'embouchure.

L'année 1974 a été relativement humide. Les moyennes annuelles des hauteurs des précipitations pour les cinq stations de mesures prises en considération sont dans l'ensemble de 9 % plus élevées que les moyennes multiannuelles correspondantes.

La somme des débits de l'ensemble des affluents inventoriés s'élève à 200,7 m³/s en 1974. En comparant ce chiffre au débit moyen de l'émissaire diminué en fonction des cours d'eau non étudiés (de 206 à 181 m³/s), on constate que l'erreur commise - surestimation d'environ 10 % des apports liquides - est relativement faible.

Elle n'intéresse du reste que les affluents secondaires. En effet pour le Rhône et la Drance, seuls les débits moyens annuels jaugés ont été pris en considération. Ainsi il est plausible d'admettre, pour autant que les concentrations mesurées soient représentatives de la qualité réelle de l'eau des affluents, que les bilans de 1974 sont relativement exacts.

Les apports totaux en oxygène s'élèvent à quelque 68'500 tonnes. Les pertes dues à l'émissaire sont de l'ordre de 76'000 tonnes. Le bilan se solde donc par un déficit de 7'500 tonnes, chiffre auquel il convient d'ajouter les quantités d'oxygène que le lac a dû fournir pour minéraliser les apports de ses affluents (27'400 tonnes/an O_2). Le déficit total est donc d'environ 35'000 tonnes. Ce résultat place 1974 dans le groupe des années plutôt défavorables (1969-1970-1971-1973-1974). En considérant les moyennes multiannuelles, on constate que le Rhône à Genève soustrait au lac une quantité d'oxygène sensiblement égale aux apports de ses affluents et qu'il doit, pour épurer leurs apports, fournir environ 30'000 tonnes d'oxygène prélevées sur ses propres réserves.

Les apports en azote minéral total se sont élevés en 1974 à 7'580 tonnes/an N, dont le 34 % sous forme réduite (azote ammoniacal). En tenant compte de l'émissaire, il reste un solde positif estimé à environ 4'200 tonnes, ce qui correspond sensiblement aux valeurs des années 1969-1970-1971 et 1973. En extrapolant les chiffres obtenus sur le Rhône, la Drance et les affluents secondaires valaisans à l'ensemble du pourtour du Léman, on obtient des apports en azote organique de l'ordre de 1'700 tonnes/an N, ce qui porte l'ensemble des déversements en azote total à quelque 9'300 tonnes/an N.

Les apports en phosphore, après avoir présenté de 1970 à 1972 des augmentations très sensibles (dues en partie à une surestimation des déversements de la Drance), sont en régression depuis 1973. Ils atteignent, avec 850 tonnes en 1974, les quantités constatées en 1968 et 1969. En tenant compte de l'émissaire, le lac l'enrichit cependant encore en 1974 de plus de 400 tonnes. Malgré cette amélioration bienvenue, certainement due à l'introduction progressive de l'épuration tertiaire, on enregistre cependant encore, pour certains affluents, des concentrations souvent fort élevées, de l'ordre de plusieurs mg/l de P total.

Les déversements en détergents sont en légère régression, puisqu'ils passent de 224 tonnes en 1973 à 190 tonnes en 1974. Mais nous ne sommes pas certains qu'il s'agit de détergents effectivement biodégradables.

Les soldes positifs en chlorures se stabilisent depuis 3 ans autour de 35'000 à 38'000 tonnes/an. Etant donné que cet élément, du fait de la grande solubilité de la plupart de ses composés chimiques, inorganiques, n'est que peu éliminé par dépôt dans les sédiments lacustres, on constate une augmentation progressive des teneurs en chlorures de l'eau du lac qui, d'environ 2,5 mg/l Cl^- il y a dix ans, atteint actuellement presque les 4,0 mg/l Cl^- . Etant donné l'utilisation de l'eau du lac Léman comme source d'eau potable et d'eaux industrielles et étant donné l'influence possible de cet élément dans certains phénomènes de corrosion, il ne faudrait pas que les teneurs de l'eau du lac suivent pendant trop longtemps la même évolution. Il conviendrait donc à notre avis de prêter attention à ce problème.

Les hydrocarbures ont été déterminés uniquement sur 5 affluents, dont le Rhône et la Drance. Les apports correspondants s'élèvent à 550 tonnes en 1974 (dont 490 pour le Rhône) contre 1'130 (Rhône : 1'090) l'année précédente.

Les apports en potassium présentent également une diminution : 16'400 tonnes en 1973 contre 12'800 tonnes en 1974. Compte tenu de l'émissaire, le solde positif s'élève à 3'700 tonnes pour l'année faisant l'objet de ce rapport, alors qu'il était de 7'800 tonnes l'année précédente.

En résumé, si on ne constate, par rapport aux années précédentes, aucune amélioration pour le déficit en oxygène et le solde positif en azote minéral total, par contre on enregistre un certain fléchissement des apports en phosphore total, en détergents, en hydrocarbures et en potassium. Quant aux chlorures, en excès, la situation reste depuis 3 ans stationnaire.

Ces constatations en partie favorables ne doivent cependant pas faire passer au second plan la qualité déplorable de certains affluents, il est vrai le plus souvent peu importants, quant à leur débit liquide moyen. Ce sont en particulier :

- Le Grand Canal : augmentation du phosphore total (max. : 1,234 mg/l P), de l'ammoniaque (moy. ann. 1963-1974 : 0,246 mg/l N; moy. ann. 1974 : 0,432; max. ann. 1974 : 1,14) et de l'azote minéral total (moy. ann. : 1,67; max. ann. 2,72 mg/l N). Cette augmentation est vraisemblablement due au déversement de l'affluent d'une station d'épuration récemment construite.
- La Maladaire, de tout temps fort polluée.
- Le Forestay, également assez préterité.
- La Lutrive et la Paudèze, pour lesquelles il semble qu'il y ait une certaine amélioration mais qui n'en restent pas moins très chargées: plus de 0,5 mg/l N d'azote ammoniacal et 2,2 mg/l N d'azote minéral total, pratiquement 0,7 mg/l P de phosphore total et près de 0,20 mg/l de détergents, en moyennes annuelles.
- La Chamberonne qui, après une période d'amélioration, a vu sa qualité baisser brusquement et très nettement en fin d'année, par suite de déversements à nouveau d'eaux usées.
- La Morges, assez riche en ammoniaque, en phosphore total et présentant une DBO 5 j. supérieure, en moyenne annuelle, à 100 %.
- La Dullive, très riche en azote minéral total (près de 5 mg/l N en moy. ann. et pratiquement 8,0 mg/l N de maximum).
- L'Hermance et la Doye, dont la qualité s'est améliorée mais qui n'en restent pas moins assez chargées.

Enfin, il convient de citer le cas du Flon à Lausanne et, sur le Petit Lac, du Vengeron et du Nant d'Aisy. Ces trois cours d'eau, dans une large proportion directement influencés par l'exutoire de stations d'épuration, présentent une composition de leurs eaux qui, pour certains critères, rappelle plus celle d'un rejet d'eaux usées épurées que celle d'un cours d'eau naturel. Elles devraient figurer dans un inventaire prenant en considération l'ensemble des rejets directs des stations d'épuration dans le lac.

Quant aux rivières étudiées le long de leur cours, il est possible de faire les observations suivantes :

La qualité de l'eau de la Drance entre le Pont de la Douceur et l'embouchure (rive droite) se dégrade nettement. Le point de jaugeage du débit est à revoir.

La Versoix voit sa qualité s'altérer quelque peu depuis la frontière en aval de Richelien, puis s'améliorer souvent jusqu'à son embouchure au Léman.

Le Vengeron a déjà une certaine richesse en nutriments à la frontière, mais le rejet de la station d'épuration du Vengeron modifie fortement ses caractéristiques. On observe une certaine autoépuration jusqu'à l'embouchure.

L'Arve voit sa qualité générale, en concentration, s'améliorer de la frontière jusqu'à l'embouchure dans le Rhône. Mais cette rivière est plus concentrée en nutriments que le Rhône.

L'Allondon voit sa qualité s'améliorer nettement de la frontière à l'embouchure dans le Rhône.

Pour toutes les rivières précédentes, il y aurait intérêt à connaître les débits aux divers points de prélèvement.

Le Rhône issu du Léman voit sa qualité excellente se dégrader qualitativement et quantitativement jusqu'à Chancy. Il reçoit l'eau de rivières plus chargées que lui, notamment l'Arve et l'Allondon, ainsi que l'effluent de la station d'épuration d'Aïre.

Tableau No 1

DEBIT DES AFFLUENTS

exprimé en mètres cube par seconde

AFFLUENTS	NORMES 1963-73	ANNEE 1974			NORMES 1963-74
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	2,028	2,638	6,850	1,490	2,094
L'Eau Froide	1,219	2,001	4,960	0,340	1,304
La Maladaire	0,051	0,023	0,048	0,010	0,048
La Veveyse	2,010	4,816	11,560	1,010	2,316
Le Forestay	0,360	0,334	0,690	0,062	0,357
La Lutrive	0,135	0,121	0,275	0,034	0,133
La Paudèze	0,256	0,148	0,257	0,039	0,244
Le Flon	1,241	1,148	1,350	0,640	1,228
La Chamberonne	0,663	0,750	1,560	0,170	0,672
La Venoge	4,067	8,404	27,570	0,860	4,540
La Morges	0,473	0,966	3,500	0,020	0,527
L'Aubonne	4,861	4,185	11,495	0,457	4,787
La Dullive	0,397	0,371	0,634	0,060	0,392
Totaux	17,761	25,905	-	-	18,642
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	5,877	5,935	7,058	4,775	5,833
La Bouverette	0,565	0,675	0,951	0,392	0,578
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	18,135	18,400	43,600	2,880	18,173
Totaux	24,577	25,010	-	-	24,584
Le Rhône, embouchure	180,352	143,000	213,000	40,000	176,072
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	222,690	193,915	-	-	219,298
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,547	2,722	7,500	0,800	1,675
Le Nant de Riond (Crans)	0,039	-	-	-	0,039
Le Nant de Pry	0,142	-	-	-	0,142
Le Nant du Brassus	0,196	-	-	-	0,196
La Doye	0,108	0,096	0,270	0,003	0,106
La Versoix	3,619	3,411	7,700	1,210	3,600
Le Vengeron	0,199	0,157	0,510	0,050	0,195
L'Hermance	0,324	0,304	0,780	0,020	0,322
Le Nant d'Aisy	0,109	0,069	0,150	0,020	0,104
Totaux	6,283	6,759	-	-	6,379
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Totaux	228,973	200,674	-	-	225,677
Le Rhône, émissaire	223,100	206,000	478,000	106,000	221,550
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	2,457	3,205	10,000	0,720	2,677
L'Arve à la Jonction	72,670	70,500	173,000	27,800	72,410
Le Rhône à Chancy	298,333	293,000	667,000	114,000	297,571

Tableau No 2

APPORTS EN DEBIT %

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	Année 1974	NORMES 1963-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	0,89	1,31	0,93
L'Eau Froide	0,53	1,00	0,58
La Maladaire	0,02	0,01	0,02
La Veveyse	0,88	2,40	1,03
Le Forestay	0,16	0,17	0,16
La Lutrive	0,06	0,06	0,06
La Paudèze	0,11	0,07	0,11
Le Flon	0,54	0,57	0,54
La Chamberonne	0,29	0,37	0,30
La Venoge	1,78	4,19	2,01
La Morges	0,21	0,48	0,23
L'Aubonne	2,12	2,09	2,12
La Dullive	0,17	0,18	0,17
Totaux	7,76	12,90	8,26
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,57	2,96	2,58
La Bouverette	0,25	0,34	0,26
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	7,92	9,17	8,05
Totaux	10,74	12,47	10,89
Le Rhône, embouchure	78,77	71,26	78,02
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	97,27	96,63	97,17
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,68	1,36	0,74
Le Nant de Riond (Crans)	0,02	-	0,02
Le Nant de Pry	0,06	-	0,06
Le Nant du Brassu	0,09	-	0,09
La Doye	0,05	0,05	0,05
La Versoix	1,58	1,70	1,60
Le Vengeron	0,09	0,08	0,09
L'Hermance	0,14	0,15	0,14
Le Nant d'Aisy	0,05	0,03	0,05
Totaux	2,76	3,37	2,84
Ensemble Lac Léman	100,03	100,00	100,01

Tableau No 3

TEMPERATURE DE L'EAU DES AFFLUENTS

en degrés centigrades

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	9,61	10,05	13,90	8,00	9,65
L'Eau froide	9,03	9,58	20,40	7,00	9,09
La Maladaire	11,18	11,48	18,70	7,80	11,21
La Veveyse	8,83	8,14	18,20	4,30	8,76
Le Forestay	9,94	10,13	18,40	5,50	9,96
La Lutrive	10,94	10,43	19,50	5,60	10,88
La Paudèze	10,44	10,34	20,20	4,40	10,43
Le Flon	14,47	15,33	20,00	12,10	14,59
La Chamberonne	11,38	10,93	18,70	5,60	11,33
La Venoge	10,56	10,01	17,30	5,20	10,50
La Morges	11,33	10,75	19,60	5,20	11,27
L'Aubonne	9,15	8,73	13,10	5,90	9,10
La Dullive	9,33	10,64	14,60	6,40	9,59
Moyennes	10,48	10,50	-	-	10,49
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	8,98	8,72	12,90	6,40	8,95
La Bouverette	9,97	9,59	13,20	7,40	9,93
La Morge de St Gingolph	7,89	8,37	12,50	5,80	7,95
La Dranse	10,37	10,37	22,30	4,65	10,37
Moyennes	9,30	9,26	-	-	9,30
Le Rhône, embouchure	8,08	8,28	13,20	4,90	8,10
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	10,08	10,10	-	-	10,09
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	8,98	9,06	13,20	5,70	8,98
Le Nant de Riond (Crans)	9,68	-	-	-	9,68
Le Nant de Pry	8,76	-	-	-	8,76
Le Nant du Brassu	8,18	-	-	-	8,18
La Doye	9,84	9,08	14,80	4,50	9,76
La Versoix	9,06	9,44	15,50	5,60	9,10
Le Vengeron	10,66	10,99	17,00	5,50	10,69
L'Hermance	10,15	10,25	23,00	4,00	10,16
Le Nant d'Aisy	11,28	11,54	18,00	6,40	11,31
Moyennes	9,62	10,06	-	-	9,62
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	9,93	10,09	-	-	9,94
Le Rhône, émissaire	11,77	11,33	23,70	4,80	11,71
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	9,69	9,32	17,90	5,00	9,63
L'Arve à la Jonction	8,26	8,38	14,50	4,20	8,27
Le Rhône à Chancy	10,76	10,54	18,50	5,00	10,73

Tableau No 4

PH MESURE DE L'EAU DES AFFLUENTS

mesure directe au prélèvement

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	7,22	7,24	7,60	7,20	7,23
L'Eau froide	7,31	7,33	7,60	7,20	7,31
La Maladaire	7,84	7,84	7,90	7,70	7,84
La Veveyse	7,99	8,07	8,30	8,00	8,00
Le Forestay	8,04	8,15	8,30	8,00	8,06
La Lutrive	8,01	8,02	8,20	7,90	8,01
La Paudèze	8,10	8,08	8,30	7,90	8,10
Le Flon	7,25	7,22	7,30	7,10	7,24
La Chamberonne	7,79	7,94	8,20	7,80	7,81
La Venoge	7,80	7,83	8,10	7,70	7,80
La Morges	7,94	8,04	8,30	7,90	7,95
L'Aubonne	7,98	7,94	8,10	7,50	7,97
La Dullive	7,84	7,91	8,10	7,80	7,85
Moyennes	7,78	7,82	-	-	7,78
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	7,55	7,47	7,70	7,20	7,54
La Bouverette	7,67	7,64	7,90	7,40	7,67
La Morge de St Gingolph	8,06	8,01	8,20	7,90	8,05
La Dranse	8,07	8,11	8,30	7,90	8,08
Moyennes	7,84	7,81	-	-	7,84
Le Rhône, embouchure	7,70	7,73	8,30	7,40	7,70
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	7,79	7,81	-	-	7,79
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	7,89	7,94	8,10	7,90	7,89
Le Nant de Riond (Crans)	8,17	-	-	-	8,17
Le Nant de Pry	8,25	-	-	-	8,25
Le Nant du Brassu	8,23	-	-	-	8,23
La Doye	7,85	7,92	8,10	7,90	7,86
La Versoix	8,19	8,47	8,70	8,03	8,22
Le Vengeron	7,89	8,16	8,35	7,92	7,92
L'Hermance	8,09	8,37	8,58	7,88	8,12
Le Nant d'Aisy	7,79	8,06	8,30	7,79	7,83
Moyennes	8,04	8,15	-	-	8,05
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	7,87	7,90	-	-	7,88
Le Rhône, émissaire	8,17	8,46	8,95	7,93	8,20
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	8,25	8,45	6,60	8,12	8,28
L'Arve à la Jonction	8,05	8,33	8,49	8,03	8,08
Le Rhône à Chancy	8,06	8,30	8,40	8,19	8,09

Tableau No 5

CONDUCTIVITE DE L'EAU DES AFFLUENTS

en $\mu\text{S.cm}^{-1}$

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	1'055	1'069	1'140	1'005	1'056
L'Eau froide	462	404	520	318	456
La Maladaire	674	701	800	548	676
La Veveyse	398	370	460	293	395
Le Forestay	535	537	630	490	535
La Lutrive	555	546	600	470	554
La Paudèze	496	503	590	410	497
Le Flon	691	774	825	720	702
La Chamberonne	664	653	740	410	663
La Venoge	546	560	670	385	547
La Morges	605	671	750	565	612
L'Aubonne	401	383	465	320	399
La Dullive	544	612	695	520	557
Moyennes	587	599	-	-	588
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	582	633	726	522	588
La Bouverette	772	802	938	522	775
La Morge de St Gingolph	298	328	398	277	301
La Dranse	506	427	570	322	491
Moyennes	540	548	-	-	539
Le Rhône, embouchure	263	299	404	196	267
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	558	571	-	-	560
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	446	471	555	405	449
Le Nant de Riond (Crans)	440	-	-	-	440
Le Nant de Pry	394	-	-	-	394
Le Nant du Brassu	401	-	-	-	401
La Doye	433	439	510	355	434
La Versoix	415	403	465	350	412
Le Vengeron	698	698	811	319	698
L'Hermance	564	643	753	515	585
Le Nant d'Aisy	679	782	933	343	705
Moyennes	497	573	-	-	502
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	538	571	-	-	540
Le Rhône, émissaire	281	290	321	266	283
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	390	429	483	343	400
L'Arve à la Jonction	370	381	505	214	373
Le Rhône à Chancy	324	328	389	267	325

Tableau No 6

TURBIDITE DE L'EAU DES AFFLUENTS

UNITES internationales

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	7,3	8,5	13,6	3,5	7,5
L'Eau froide	17,1	18,7	35,0	2,0	17,3
La Maladaire	34,4	10,1	16,0	5,0	31,8
La Veveyse	70,9	54,6	200,0	7,6	69,2
Le Forestay	66,9	71,9	200,0	9,0	67,4
La Lutrive	43,9	19,6	50,0	6,0	41,4
La Paudèze	69,3	29,4	64,0	7,0	65,1
Le Flon	28,5	19,5	37,5	10,0	27,3
La Chamberonne	77,0	40,0	180,0	4,0	73,1
La Venoge	24,5	26,4	80,0	9,6	24,7
La Morges	40,1	21,1	42,5	9,0	38,1
L'Aubonne	23,3	21,0	80,0	5,0	23,1
La Dullive	27,6	27,7	200,0	3,0	27,6
Moyennes	40,8	28,3	-	-	39,5
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	-	-	-	-	-
La Bouverette	-	-	-	-	-
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	-	-	-	-	-
Le Rhône, embouchure	-	-	-	-	-
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	40,8	28,3	-	-	39,5
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	19,8	16,7	60,0	1,2	19,5
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	31,8	12,8	22,5	4,5	29,8
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Moyennes	25,8	14,8	-	-	24,7
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	38,8	26,5	-	-	37,5
Le Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	-	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-	-	-

Tableau No 7

CONCENTRATION EN OXYGENE DISSOUS

exprimée en mg O₂ par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	5,60	6,39	14,01	3,74	5,69
L'Eau froide	8,31	9,81	11,60	7,85	8,47
La Maladaire	10,08	10,11	11,42	7,45	10,08
La Veveyse	11,88	12,03	13,47	8,01	11,90
Le Forestay	11,33	11,27	12,60	9,06	11,32
La Lutrive	11,09	11,19	12,47	9,17	11,10
La Paudèze	12,23	12,16	13,24	10,49	12,22
Le Flon	2,10	1,76	2,72	0,35	2,05
La Chamberonne	8,78	10,27	12,65	8,30	8,94
La Venoge	10,42	11,06	13,14	8,43	10,49
La Morges	10,08	10,67	12,45	8,56	10,14
L'Aubonne	11,46	11,52	12,33	10,16	11,47
La Dullive	10,75	11,10	14,33	9,45	10,82
Moyennes	9,55	9,95	-	-	9,59
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	9,25	9,40	11,52	6,87	9,26
La Bouverette	11,50	10,32	13,06	7,18	11,37
La Morge de St Gingolph	12,15	11,23	11,97	9,96	12,05
La Dranse	10,35	11,46	13,13	9,71	10,51
Moyennes	10,81	10,60	-	-	10,80
Le Rhône, embouchure	11,44	10,82	12,29	8,98	11,37
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	9,93	10,11	-	-	9,96
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	11,14	11,38	12,56	10,04	11,16
Le Nant de Riond (Crans)	10,44	-	-	-	10,44
Le Nant de Pry	11,18	-	-	-	11,18
Le Nant du Brassu	11,13	-	-	-	11,13
La Doye	10,58	11,60	13,68	9,88	10,69
La Versoix	11,81	11,58	12,48	10,05	11,79
Le Vengeron	7,90	9,10	13,60	7,11	8,02
L'Hermance	10,46	11,34	14,60	7,31	10,55
Le Nant d'Aisy	8,82	8,62	10,68	6,58	8,79
Moyennes	10,38	10,60	-	-	10,42
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	10,08	10,23	-	-	10,11
Le Rhône, émissaire	11,40	11,70	13,92	8,93	11,44
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	11,79	11,67	14,09	10,27	11,78
L'Arve à la Jonction	11,65	11,93	13,03	10,66	16,69
Le Rhône à Chancy	10,93	12,21	14,75	10,72	11,12

Tableau No 8

 TAUX DE SATURATION EN OXYGENE DISSOUS
 exprimé en %

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	52,8	61,6	145,5	37,7	53,7
L'Eau froide	77,4	92,7	117,6	71,8	79,0
La Maladaire	97,6	98,9	107,1	85,3	97,8
La Veveyse	108,8	108,3	115,1	90,8	108,8
Le Forestay	107,4	106,7	112,4	103,0	107,4
La Lutrive	106,8	105,4	114,4	81,7	106,6
La Paudèze	117,0	115,1	131,0	105,2	116,8
Le Flon	21,4	18,9	30,3	3,8	21,1
La Chamberonne	83,1	99,3	113,4	74,4	84,8
La Venoge	98,9	104,4	120,0	89,3	99,5
La Morges	96,8	102,4	108,8	88,5	97,3
L'Aubonne	106,6	106,3	109,2	101,3	106,6
La Dullive	100,0	107,0	135,1	96,8	101,4
Moyennes	90,4	94,4	-	-	90,8
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	86,2	87,2	106,3	66,2	86,3
La Bouverette	109,3	97,5	120,3	65,2	108,0
La Morge de St Gingolph	109,4	102,7	117,5	88,4	108,7
La Dranse	98,5	109,1	122,7	101,8	100,0
Moyennes	100,8	99,1	-	-	100,8
Le Rhône, embouchure	103,8	98,8	108,6	85,0	103,2
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	93,4	95,7	-	-	93,7
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	101,2	105,7	113,6	100,2	101,7
Le Nant de Riond (Crans)	97,2	-	-	-	97,2
Le Nant de Pny	101,7	-	-	-	101,7
Le Nant du Brassu	101,6	-	-	-	101,6
La Doye	99,2	107,6	117,0	100,8	100,1
La Versoix	109,1	106,4	127,7	97,4	108,8
Le Vengeron	73,6	85,9	117,0	72,0	74,8
L'Hermance	97,8	106,2	150,5	75,7	98,6
Le Nant d'Aisy	84,0	82,5	98,1	69,3	83,8
Moyennes	96,0	99,1	-	-	96,5
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	94,3	96,5	-	-	94,6
Le Rhône, émissaire	112,2	114,2	150,5	87,0	112,4
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	110,3	106,4	119,1	94,3	109,7
L'Arve à la Jonction	105,6	106,3	118,7	97,1	105,7
Le Rhône à Chancy	104,5	114,6	139,1	98,4	106,0

Tableau No 9

APPORTS EN OXYGENE DISSOUS

exprimés en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 196-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	358,4	503,5	374,2
L'Eau Froide	349,0	639,5	381,0
La Maladaire	16,5	7,6	15,5
La Veveyse	754,1	1'829,1	871,4
Le Forestay	133,0	121,5	131,8
La Lutrive	48,1	44,1	43,6
La Paudèze	96,7	57,6	92,5
Le Flon	80,2	61,8	77,6
La Chamberonne	175,9	249,8	184,0
La Venoge	1'431,9	3'067,0	1'612,5
La Morges	161,5	346,4	181,9
L'Aubonne	1'766,0	1'549,7	1'742,2
La Dullive	147,2	130,1	143,7
Totaux	5'518,5	8'627,7	5'851,9
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1'711,4	1'749,8	1'715,9
La Bouverette	203,7	225,9	206,3
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	5'942,1	6'651,5	6'044,7
Totaux	7'857,2	8'627,2	7'966,9
Le Rhône, embouchure	64'290,6	48'773,9	62'512,7
<u>Ensemble</u> Grand Lac	Totaux 77'666,3	66'028,8	76'331,5
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	546,7	994,3	595,9
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	35,6	35,1	35,6
La Versoix	1'348,5	1'249,1	1'339,5
Le Vengeron	63,6	45,7	62,0
L'Hermance	113,0	114,6	113,1
Le Nant d'Aisy	34,5	18,9	32,7
Totaux	2'141,9	2'457,7	2'178,8
Ensemble Lac Léman	79'808,2	68'486,5	78'510,3
Rhône, émissaire	78'567,3	75'982,6	78'245,9
SOLDES	1'240,9	- 7'496,1	264,4
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	1'015,2	1'193,6	1'067,7
L'Arve à la Jonction	26'294,5	26'531,2	26'322,9
Le Rhône à Chancy	102'262,4	112'813,3	103'825,5

Tableau No 10

DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE

exprimée en mg O₂ par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	4,19	4,84	15,05	2,02	4,26
L'Eau froide	7,83	4,55	10,00	2,23	7,50
La Maladaire	13,75	9,00	19,67	5,23	13,25
La Veveyse	4,61	3,13	7,13	1,87	4,46
Le Forestay	10,35	8,77	18,66	3,96	10,18
La Lutrive	10,65	6,05	10,19	3,00	10,17
La Paudèze	11,13	6,74	12,73	4,30	10,67
Le Flon	27,79	32,54	83,72	14,93	28,46
La Chamberonne	17,58	11,78	55,23	2,86	16,97
La Venoge	5,77	5,00	10,86	3,05	5,69
La Morges	12,98	12,16	37,67	4,07	12,89
L'Aubonne	4,03	2,92	6,55	1,99	3,92
La Dullive	5,94	6,13	9,14	3,17	5,98
Moyennes	10,51	8,74	-	-	10,34
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	2,73	3,22	6,86	2,03	2,78
La Bouverette	3,91	4,29	7,58	1,71	3,96
La Morge de St Gingolph	2,57	3,08	6,18	1,19	2,63
La Dranse	4,67	3,61	6,79	1,48	4,51
Moyennes	3,47	3,55	-	-	3,47
Le Rhône, embouchure	3,90	4,30	7,37	2,76	3,95
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	8,58	7,34	-	-	8,46
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	4,19	2,98	5,01	1,76	4,06
Le Nant de Riond (Crans)	3,25	-	-	-	3,25
Le Nant de Pry	3,82	-	-	-	3,82
Le Nant du Brassu	3,34	-	-	-	3,34
La Doye	10,79	4,08	7,20	2,09	10,08
La Versoix	2,66	2,80	6,27	1,32	2,67
Le Vengeron	8,59	9,23	14,53	4,05	8,66
L'Hermance	3,85	4,44	7,84	1,05	3,91
Le Nant d'Aisy	6,96	7,93	11,25	2,63	7,08
Moyennes	5,27	5,24	-	-	5,21
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	7,48	6,82	-	-	7,37
Le Rhône, émissaire	2,02	2,13	3,93	0,45	2,03
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	2,43	2,64	6,77	1,16	2,46
L'Arve à la Jonction	4,15	3,83	10,47	1,89	4,11
Le Rhône à Chancy	3,05	4,28	6,41	2,31	3,23

Tableau No 11

DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE

TAUX DE CONSOMMATION EN %

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	79,5	80,2	248,0	27,3	79,6
L'Eau froide	112,7	46,6	98,4	21,7	105,9
La Maladaire	137,0	90,3	205,0	47,4	132,1
La Veveyse	39,4	26,1	59,1	17,3	38,0
Le Forestay	92,4	78,9	154,0	33,2	91,0
La Lutrive	100,8	56,0	103,8	24,5	96,1
La Paudèze	94,6	56,3	105,2	32,5	90,7
Le Flon	2'449,4	4'863,3	24'000,0	560,0	2'786,2
La Chamberonne	1'376,8	127,6	665,0	23,9	1'245,3
La Venoge	58,0	47,7	109,5	27,0	57,0
La Morges	206,2	119,1	440,0	32,7	197,1
L'Aubonne	35,9	25,8	60,4	16,6	34,8
La Dullive	56,9	57,0	88,7	25,8	56,9
Moyennes	372,3	436,5	-	-	385,4
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	29,7	34,5	68,9	19,1	30,2
La Bouverette	34,1	40,4	65,5	19,8	34,8
La Morge de St Gingolph	21,4	27,7	58,8	11,9	22,1
La Dranse	45,5	31,7	57,4	13,1	43,5
Moyennes	32,7	33,6	-	-	32,7
Le Rhône, embouchure	34,0	39,3	59,9	28,2	34,6
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	278,0	324,9	-	-	287,6
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	38,4	26,3	44,2	14,4	37,2
Le Nant de Riond (Crans)	36,3	-	-	-	36,3
Le Nant de Pry	36,0	-	-	-	36,0
Le Nant du Brassu	29,4	-	-	-	29,4
La Doye	128,5	36,1	65,1	18,0	118,6
La Versoix	22,8	24,1	54,1	12,5	22,9
Le Vengeron	155,1	101,2	156,2	48,6	149,6
L'Hermance	42,3	40,3	69,3	11,8	42,1
Le Nant d'Aisy	81,6	94,7	154,7	30,2	83,2
Moyennes	63,4	53,8	-	-	61,7
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	206,5	257,1	-	-	212,3
Le Rhône, émissaire	16,8	17,9	29,7	4,2	17,0
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	20,1	22,6	61,9	11,1	20,5
L'Arve à la Jonction	35,8	31,9	88,0	17,7	35,4
Le Rhône à Chancy	27,7	34,7	45,1	21,4	28,8

Tableau No 12

DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO 5 j)

Apport "négatif" en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	274,8	348,8	282,9
L'Eau Froide	270,4	280,4	271,5
La Maladaire	22,2	6,1	20,4
La Veveyse	295,7	460,1	313,6
Le Forestay	110,1	78,4	106,6
La Lutrive	36,7	20,1	34,9
La Paudèze	76,4	29,5	71,3
Le Flon	1'073,1	1'204,3	1'091,2
La Chamberonne	650,5	370,3	619,4
La Venoge	749,2	1'144,0	792,3
La Morges	195,8	205,7	196,9
L'Aubonne	562,5	348,1	539,1
La Dullive	84,2	72,8	81,9
Totaux	4'401,6	4'568,6	4'422,0
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	512,7	606,1	523,6
La Bouverette	69,3	95,4	72,3
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	2'537,9	2'092,3	2'470,7
Totaux	3'119,9	2'793,8	3'066,6
Le Rhône, embouchure	21'528,4	19'383,3	21'277,4
<u>Ensemble</u> Grand Lac	Totaux 29'049,9	26'745,7	28'766,0
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	194,0	247,0	199,8
Le Nant de Rioud (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	27,3	15,8	26,0
La Versoix	283,3	278,2	282,8
Le Vengeron	51,4	45,9	50,9
L'Hermance	28,4	40,4	29,6
Le Nant d'Aisy	28,2	18,9	27,1
Totaux	612,6	646,2	616,2
Ensemble Lac Léman	29'662,5	27'391,9	29'382,2
Rhône, émissaire	13'878,6	13'843,0	13'874,2
SOLDES			
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	307,4	414,3	338,8
L'Arve à la Jonction	8'702,4	8'505,9	8'678,8
Le Rhône à Chancy	28'586,7	39'555,1	30'232,0

Tableau No 13

OXYDABILITE DE L'EAU DES AFFLUENTS

exprimée en mg KMnO_4 par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	9,24	8,26	10,00	5,90	8,88
L'Eau froide	16,45	8,88	12,30	7,50	13,69
La Maladaire	15,44	14,00	39,00	8,10	14,90
La Veveyse	13,27	10,63	22,50	6,80	12,31
Le Forestay	25,80	17,21	34,00	9,40	22,67
La Lutrive	31,92	11,07	19,00	7,30	24,34
La Paudèze	19,65	11,74	16,00	8,20	16,77
Le Flon	50,83	52,25	82,00	27,00	51,35
La Chamberonne	15,70	39,03	215,00	9,00	24,45
La Venoge	15,34	12,07	22,00	8,80	14,15
La Morges	25,79	19,48	54,00	9,30	23,42
L'Aubonne	12,23	11,13	18,00	8,20	11,83
La Dullive	14,76	9,78	14,00	7,60	12,95
Moyennes	20,49	17,35	-	-	19,36
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	8,31	6,54	9,95	3,70	7,99
La Bouverette	7,47	6,24	10,20	3,79	7,24
La Morge de St Gingolph	6,03	4,75	8,23	3,04	5,78
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	7,27	5,84	-	-	7,00
Le Rhône, embouchure	7,11	6,42	9,32	3,65	6,98
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	17,37	14,68	-	-	16,45
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	10,99	9,60	12,00	8,00	10,48
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	23,55	12,13	15,00	9,00	19,40
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Moyennes	17,27	10,87	-	-	14,94
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	17,36	14,27	-	-	16,29
Le Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	-	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-	-	-

Tableau No 14

DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)

exprimée en mg O₂ par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		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	72,99	6,38	18,00	0	44,62
Moyennes	72,99	6,38	-	-	44,62
Le Rhône, embouchure	-	-	-	-	-
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	-	-	-	-	-
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Le Nant de Riond (Crans)	4,94	-	-	-	4,94
Le Nant de Pry	6,97	-	-	-	6,97
Le Nant du Brassu	9,23	-	-	-	9,23
La Doye	-	-	-	-	-
La Versoix	6,39	10,24	21,00	4,90	7,17
Le Vengeron	22,83	24,95	50,90	13,10	23,26
L'Hermance	10,04	17,29	29,50	5,10	11,49
Le Nant d'Aisy	21,33	20,47	32,50	9,10	21,16
Moyennes	11,68	18,24	-	-	12,03
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	-	-	-	-	-
Le Rhône, émissaire	4,23	4,95	10,50	2,40	4,37
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	4,72	9,57	15,90	3,80	5,69
L'Arve à la Jonction	5,87	7,42	20,40	3,70	6,19
Le Rhône à Chancy	5,46	7,60	16,40	3,60	5,13

Tableau No 15

AZOTE AMMONIACAL

exprimé en mg N par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,246	0,432	1,141	0,050	0,265
L'Eau froide	0,484	0,431	2,362	0,106	0,479
La Maladaire	2,670	1,318	7,182	0,047	2,529
La Veveyse	0,251	0,201	0,461	0,039	0,246
Le Forestay	0,506	0,510	1,346	0,075	0,506
La Lutrive	0,995	0,517	1,085	0,097	0,945
La Paudèze	1,136	0,735	2,732	0,218	1,094
Le Flon	11,016	14,716	22,478	7,622	11,527
La Chamberonne	1,819	0,778	3,220	0,151	1,710
La Venoge	0,357	0,405	1,207	0,241	0,362
La Morges	0,750	0,312	0,786	0,078	0,704
L'Aubonne	0,176	0,115	0,246	0,034	0,170
La Dullive	0,454	0,460	1,151	0,105	0,455
Moyennes	1,605	1,610	-	-	1,615
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,122	0,208	0,614	0,008	0,131
La Bouverette	0,099	0,174	0,528	0,014	0,108
La Morge de St Gingolph	0,023	0,103	0,342	0	0,032
La Dranse	1,376	0,046	0,241	0,003	1,188
Moyennes	0,405	0,133	-	-	0,365
Le Rhône, embouchure	0,181	0,369	1,088	0,015	0,202
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	1,259	1,213	-	-	1,259
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,139	0,120	0,249	0,022	0,137
Le Nant de Riend (Crans)	0,315	-	-	-	0,315
Le Nant de Pry	0,441	-	-	-	0,441
Le Nant du Brassu	0,234	-	-	-	0,234
La Doye	0,858	0,201	0,358	0,053	0,789
La Versoix	0,084	0,152	0,710	0,020	0,091
Le Vengeron	6,288	3,778	12,250	0,105	6,037
L'Hermance	0,664	0,378	1,045	0,050	0,635
Le Nant d'Aisy	5,795	5,768	11,300	1,120	5,792
Moyennes	1,646	1,733	-	-	1,608
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	1,388	1,343	-	-	1,375
Le Rhône, émissaire	0,041	0,098	0,332	0,006	0,048
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,076	0,117	0,532	0,016	0,082
L'Arve à la Jonction	0,216	0,259	0,734	0,108	0,221
Le Rhône à Chancy	0,263	0,202	0,480	0,023	0,254

Tableau No 16

AZOTE NITREUX

exprimé en mg N par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,032	0,040	0,070	0,027	0,033
L'Eau froide	0,017	0,015	0,092	0,004	0,017
La Maladaire	0,227	0,125	0,230	0,040	0,216
La Veveyse	0,022	0,009	0,019	0,005	0,020
Le Forestay	0,103	0,067	0,216	0,017	0,099
La Lutrive	0,174	0,061	0,190	0,024	0,162
La Paudèze	0,104	0,049	0,158	0,012	0,098
Le Flon	0,131	0,166	0,527	0,005	0,136
La Chamberonne	0,199	0,096	0,200	0,051	0,189
La Venoge	0,082	0,058	0,110	0,013	0,079
La Morges	0,109	0,069	0,106	0,038	0,105
L'Aubonne	0,028	0,021	0,120	0,006	0,027
La Dullive	0,069	0,120	0,230	0,056	0,080
Moyennes	0,100	0,069	-	-	0,097
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,028	0,020	0,037	0,009	0,027
La Bouverette	0,025	0,006	0,011	0,002	0,023
La Morge de St Gingolph	0,003	0,002	0,006	0	0,003
La Dranse	0,016	0,009	0,016	0,002	0,015
Moyennes	0,018	0,009	-	-	0,017
Le Rhône, embouchure	0,025	0,027	0,122	0,008	0,025
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,077	0,053	-	-	0,075
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,022	0,023	0,031	0,006	0,022
Le Nant de Riond (Crans)	0,043	-	-	-	0,043
Le Nant de Pry	0,031	-	-	-	0,031
Le Nant du Brassu	0,016	-	-	-	0,016
La Doye	0,073	0,039	0,080	0,015	0,069
La Versoix	0,009	0,009	0,015	0,006	0,009
Le Vengeron	0,175	0,283	1,750	0,010	0,186
L'Hermance	0,040	0,024	0,070	0,004	0,038
Le Nant d'Aisy	0,207	0,353	0,850	0,040	0,224
Moyennes	0,068	0,122	-	-	0,071
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,074	0,070	-	-	0,074
Le Rhône, émissaire	0,004	0,002	0,010	0	0,004
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,007	0,012	0,023	0,004	0,008
L'Arve à la Jonction	0,016	0,013	0,040	0,002	0,016
Le Rhône à Chancy	0,008	0,011	0,023	0,002	0,008

Tableau No 17

AZOTE NITRIQUE

Exprimé en mg N par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,87	1,20	1,78	0,89	0,91
L'Eau froide	0,37	0,47	0,98	0,16	0,38
La Maladaire	2,84	5,79	10,39	3,32	3,14
La Veveyse	0,63	0,59	0,77	0,09	0,63
Le Forestay	2,23	2,68	4,43	1,28	2,27
La Lutrive	1,81	2,33	3,03	1,69	1,86
La Paudèze	1,44	1,50	2,59	0,15	1,44
Le Flon	0,42	0,46	0,83	0,11	0,43
La Chamberonne	2,00	4,13	6,43	1,97	2,22
La Venoge	2,14	3,11	5,53	1,64	2,24
La Morges	3,14	5,32	8,09	2,88	3,37
L'Aubonne	1,14	1,49	6,76	0,79	1,18
La Dullive	2,74	4,35	7,61	1,48	3,07
Moyennes	1,67	2,57	-	-	1,78
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,46	0,78	1,14	0,55	0,49
La Bouverette	0,33	0,55	0,63	0,42	0,36
La Morge de St Gingolph	0,25	0,32	0,42	0,18	0,25
La Dranse	0,64	0,52	0,85	0,16	0,62
Moyennes	0,42	0,54	-	-	0,43
Le Rhône, embouchure	0,35	0,50	0,76	0,24	0,36
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	1,32	2,005	-	-	1,40
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,56	1,99	4,03	0,03	1,61
Le Nant de Riond (Crans)	4,45	-	-	-	4,45
Le Nant de Pry	1,72	-	-	-	1,72
Le Nant du Brassu	1,27	-	-	-	1,27
La Doye	1,30	1,85	2,34	1,27	1,36
La Versoix	1,03	1,70	2,75	1,15	1,10
Le Vengeron	3,48	9,04	13,25	4,75	4,04
L'Hermance	2,82	6,67	8,75	2,25	3,21
Le Nant d'Aisy	5,74	13,83	23,50	2,50	6,70
Moyennes	2,60	5,85	-	-	2,83
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	1,75	2,97	-	-	1,88
Le Rhône, émissaire	0,28	0,42	0,69	0,11	0,30
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	1,25	2,35	3,00	1,65	1,41
L'Arve à la Jonction	0,63	1,01	1,63	0,78	0,67
Le Rhône à Chancy	0,46	0,87	1,18	0,55	0,52

Tableau No 18

AZOTE MINERAL TOTAL

exprimé en mg N par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	1,148	1,672	2,721	1,127	1,208
L'Eau froide	0,871	0,916	2,614	0,550	0,876
La Maladaire	5,737	7,233	17,732	3,994	5,885
La Veveyse	0,903	0,800	1,110	0,134	0,896
Le Forestay	2,839	3,257	4,712	2,003	2,875
La Lutrive	2,979	2,908	4,226	1,923	2,967
La Paudèze	2,680	2,284	4,000	0,414	2,632
Le Flon	11,567	15,342	22,900	8,543	12,093
La Chamberonne	4,018	5,004	7,104	2,516	4,119
La Venoge	2,579	3,573	5,883	1,945	2,681
La Morges	3,999	5,701	8,592	3,105	4,179
L'Aubonne	1,344	1,626	6,810	0,883	1,377
La Dullive	3,263	4,930	8,003	1,870	3,605
Moyennes	3,375	4,250	-	-	3,492
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,610	1,008	1,375	0,570	0,648
La Bouverette	0,454	0,730	1,039	0,442	0,491
La Morge de St Gingolph	0,276	0,425	0,762	0,191	0,285
La Dranse	2,032	0,575	0,892	0,187	1,823
Moyennes	0,843	0,685	-	-	0,812
Le Rhône, embouchure	0,556	0,896	1,569	0,506	0,587
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	2,656	3,271	-	-	2,735
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,721	2,133	4,105	0,140	1,769
Le Nant de Riond (Crans)	4,808	-	-	-	4,808
Le Nant de Pry	2,192	-	-	-	2,192
Le Nant du Brassu	1,520	-	-	-	1,520
La Doye	2,231	2,090	2,664	1,348	2,218
La Versoix	1,123	1,861	2,781	1,264	1,200
Le Vengeron	9,943	13,101	17,720	4,865	10,263
L'Hermance	3,524	7,072	8,868	2,304	3,883
Le Nant d'Aisy	11,732	19,951	26,850	4,300	12,716
Moyennes	4,314	7,701	-	-	4,508
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	3,212	4,379	-	-	3,326
Le Rhône, émissaire	0,325	0,520	0,875	0,143	0,352
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	1,333	2,479	3,063	1,737	1,500
L'Arve à la Jonction	0,862	1,282	1,934	0,958	0,907
Le Rhône à Chancy	0,731	1,083	1,337	0,642	0,782

Tableau No 19

AZOTE AMMONIACAL exprimé en N

Apport en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	16,72	30,68	18,24
L'Eau Froide	15,75	22,73	16,51
La Maladaire	3,66	0,84	3,35
La Veveyse	12,54	31,88	14,65
Le Forestay	4,35	4,40	4,35
La Lutrive	2,04	1,48	1,98
La Paudèze	5,61	2,56	5,28
Le Flon	433,18	531,98	446,81
La Chamberonne	42,29	22,28	40,08
La Venoge	40,36	91,94	45,96
La Morges	10,34	8,01	10,08
L'Aubonne	26,94	14,60	25,59
La Dullive	5,69	5,57	5,67
Totaux	619,47	768,95	638,57
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	22,55	38,31	24,38
La Bouverette	1,76	3,27	1,93
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	695,91	26,40	598,52
Totaux	720,22	67,98	624,83
Le Rhône, embouchure	958,89	1'662,01	1'039,46
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	2'298,58	2'498,94	2'302,86
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	7,12	10,28	7,47
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	3,40	0,55	3,08
La Versoix	8,05	10,47	8,27
Le Vengeron	18,47	18,66	18,48
L'Hermance	3,52	3,64	3,53
Le Nant d'Aisy	12,57	21,75	13,61
Totaux	53,13	65,35	54,44
Ensemble Lac Léman	2'351,71	2'564,29	2'357,30
Rhône, émissaire	262,05	633,94	310,03
SOLDES	2'089,66	1'930,35	2'047,27
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	5,10	6,09	5,39
L'Arve à la Jonction	409,49	576,20	429,49
Le Rhône à Chancy	2'341,70	1'869,57	2'271,75

Tableau No 20

AZOTE NITREUX exprimé en N

Apport en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	2,09	3,50	2,25
L'Eau Froide	0,58	0,80	0,60
La Maladaire	0,32	0,08	0,29
La Veveyse	1,43	1,38	1,42
Le Forestay	0,97	0,50	0,92
La Lutrive	0,39	0,16	0,37
La Paudèze	0,54	0,18	0,50
Le Flon	5,14	5,47	5,18
La Chamberonne	2,94	2,24	2,86
La Venoge	7,86	10,22	8,11
La Morges	1,40	2,07	1,47
L'Aubonne	3,21	1,92	3,07
La Dullive	0,98	1,43	1,07
Totaux	27,85	29,95	28,11
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	4,96	3,82	4,83
La Bouverette	0,47	0,12	0,43
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	8,71	5,42	8,23
Totaux	14,14	9,36	13,49
Le Rhône, embouchure	130,94	121,76	129,89
<u>Ensemble</u> Grand Lac Totaux	172,93	161,07	171,49
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	1,00	1,61	1,07
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,37	0,12	0,34
La Versoix	1,01	0,90	1,00
Le Vengeron	0,64	1,54	0,72
L'Hermance	0,19	0,25	0,19
Le Nant d'Aisy	0,45	1,15	0,53
Totaux	3,66	5,57	3,85
Ensemble Lac Léman	176,59	166,64	175,34
Rhône, émissaire	25,44	15,70	24,18
SOLDES	151,15	150,94	151,16
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	0,47	1,22	0,69
L'Arve à la Jonction	21,54	29,27	22,47
Le Rhône à Chancy	71,08	104,72	76,07

Tableau No 21

AZOTE NITRIQUE exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	63,40	95,21	66,87
L'Eau Froide	16,53	34,77	18,52
La Maladaire	4,19	4,18	4,19
La Veveyse	37,84	90,17	43,55
Le Forestay	23,37	28,15	23,89
La Lutrive	7,24	8,70	7,40
La Paudèze	11,46	6,70	10,94
Le Flon	15,94	14,01	15,67
La Chamberonne	46,42	102,73	52,62
La Venoge	323,52	859,33	381,98
La Morges	57,17	180,44	70,74
L'Aubonne	125,84	191,34	132,98
La Dullive	44,12	52,35	45,79
Totaux	777,04	1'668,08	875,14
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	81,85	146,13	89,29
La Bouverette	5,76	11,78	6,45
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	375,72	302,46	365,06
Totaux	463,33	460,37	460,80
Le Rhône, embouchure	1'868,52	2'242,52	1'911,37
<u>Ensemble</u> Grand Lac Totaux	3'108,89	4'370,97	3'247,31
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	75,96	160,60	85,19
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	4,19	0,21	4,45
La Versoix	115,66	175,88	121,13
Le Vengeron	20,63	45,38	22,86
L'Hermance	28,83	66,66	32,58
Le Nant d'Aisy	20,44	27,35	21,23
Totaux	265,71	476,08	287,44
Ensemble Lac Léman	3'374,60	4'847,05	3'534,75
Rhône, émissaire	1'908,58	2'712,25	2'012,28
SOLDES	1'466,02	2'134,80	1'522,47
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	117,81	242,35	154,44
L'Arve à la Jonction	1'356,88	2'247,37	1'463,74
Le Rhône à Chancy	4'240,20	7'992,64	4'796,12

Tableau No 22

AZOTE MINERAL TOTAL exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	82,21	129,39	87,36
L'Eau Froide	32,86	55,30	35,63
La Maladaire	8,17	5,10	7,83
La Veveyse	51,81	123,43	59,62
Le Forestay	28,69	33,05	29,16
La Lutrive	9,67	10,34	9,75
La Paudèze	17,61	9,44	16,72
Le Flon	454,26	551,46	467,66
La Chamberonne	91,65	127,25	95,56
La Venoge	371,74	961,49	436,07
La Morges	68,91	190,52	82,29
L'Aubonne	155,99	207,86	161,64
La Dullive	50,79	59,35	52,53
Totaux	1'424,36	2'463,98	1'541,82
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	109,36	188,26	118,50
La Bouverette	7,99	15,17	8,81
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'080,34	334,28	971,81
Totaux	1'197,69	537,71	1'099,12
Le Rhône, embouchure	2'958,35	4'026,29	3'080,72
Ensemble Grand Lac Totaux	5'580,40	7'027,98	5'721,66
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	84,08	172,49	93,73
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	7,96	7,19	7,87
La Versoix	124,72	187,25	130,40
Le Vengeron	39,74	65,58	42,06
L'Hermance	32,54	70,55	36,30
Le Nant d'Aisy	33,46	50,25	35,37
Totaux	322,50	553,31	345,73
Ensemble Lac Léman	5'902,90	7'581,29	6'067,39
Rhône, émissaire	2'196,07	3'361,89	2'346,49
SOLDES	3'706,83	4'219,40	3'720,90
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	123,38	249,66	160,52
L'Arve à la Jonction	1'787,91	2'852,84	1'915,70
Le Rhône à Chancy	6'652,98	9'966,93	7'143,94

Tableau No 23

AZOTE ORGANIQUE

exprimé en mg N par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		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	0,273	0,131	0,375	0,036	0,215
La Bouverette	0,233	0,113	0,384	0,028	0,184
La Morge de St Gingolph	0,173	0,088	0,270	0,022	0,139
La Dranse	0,339	0,271	0,689	0,028	0,311
Moyennes	0,255	0,151	-	-	0,212
Le Rhône, embouchure	0,261	0,181	1,150	0,026	0,228
<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 24

AZOTE ORGANIQUE exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	-	-	-
L'Eau Froide	-	-	-
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	-	-	-
Le Forestay	-	-	-
La Lutrive	-	-	-
La Paudèze	-	-	-
Le Flon	-	-	-
La Chamberonne	-	-	-
La Venoge	-	-	-
La Morges	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-
La Dullive	-	-	-
Totaux	-	-	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	49,02	24,58	39,06
La Bouverette	4,74	2,35	3,77
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	164,01	157,43	161,35
Totaux	217,77	184,36	204,18
Le Rhône, embouchure	1'202,66	814,61	1'044,56
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	1'420,43	998,97	1'248,74
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	-	-	-
Le Nant de Riend (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	-	-	-
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	-	-	-
Ensemble Lac Léman	-	-	-
Rhône, émissaire	-	--	-
SOLDES	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-
Le Rhône à Chaney	-	-	-

Tableau No 25

AZOTE TOTAL

exprimé en mg N par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		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	0,883	1,139	1,507	0,651	0,863
La Bouverette	0,687	0,843	1,146	0,502	0,675
La Morge de St Gingolph	0,449	0,513	0,845	0,218	0,424
La Dranse	2,371	0,846	1,312	0,474	2,134
Moyennes	1,098	0,835	-	-	1,024
Le Rhône, embouchure	0,817	1,077	1,853	0,593	0,815
<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 26

AZOTE TOTAL exprimé en N

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	-	-	-
L'Eau Froide	-	-	-
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	-	-	-
Le Forestay	-	-	-
La Lutrive	-	-	-
La Paudèze	-	-	-
Le Flon	-	-	-
La Chamberonne	-	-	-
La Venoge	-	-	-
La Morges	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-
La Dullive	-	-	-
Totaux	-	-	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	158,38	212,84	157,56
La Bouverette	12,73	17,52	12,58
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'244,35	491,71	1'133,16
Totaux	1'415,46	722,07	1'303,30
Le Rhône, embouchure	4'161,01	4'840,90	4'125,28
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	5'576,47	5'562,97	5'428,58
<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	-	-	-
Totaux	-	-	-
Ensemble Lac Léman	-	-	-
Rhône, émissaire	-	-	-
SOLDES	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-

Tableau No 27

ORTHOPHOSPHATES (Phosphore soluble)

exprimés en mg P par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,037	0,083	0,145	0,048	0,042
L'Eau froide	0,098	0,062	0,475	0,009	0,094
La Maladaire	0,686	0,653	1,498	0,345	0,682
La Veveyse	0,088	0,059	0,136	0,026	0,085
Le Forestay	0,313	0,216	0,440	0,064	0,303
La Lutrive	0,548	0,342	0,787	0,088	0,526
La Paudèze	0,524	0,358	0,710	0,130	0,507
Le Flon	1,157	0,493	2,430	0,083	1,065
La Chamberonne	0,623	0,412	1,100	0,147	0,601
La Venoge	0,308	0,313	0,570	0,053	0,308
La Morges	0,482	0,369	0,681	0,180	0,470
L'Aubonne	0,123	0,065	0,180	0,025	0,117
La Dullive	0,297	0,227	0,425	0,115	0,283
Moyennes	0,405	0,281	-	-	0,391
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,036	0,047	0,068	0,020	0,037
La Bouverette	0,076	0,071	0,096	0,036	0,075
La Morge de St Gingolph	0,014	0,017	0,041	0,006	0,014
La Dranse	0,638	0,063	0,144	0,017	0,533
Moyennes	0,191	0,050	-	-	0,165
Le Rhône, embouchure	0,043	0,044	0,075	0,022	0,043
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,337	0,216	-	-	0,321
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,102	0,101	0,220	0,034	0,102
Le Nant de Riond (Crans)	0,188	-	-	-	0,188
Le Nant de Pry	0,182	-	-	-	0,182
Le Nant du Brassu	0,133	-	-	-	0,133
La Doye	0,428	0,209	0,375	0,106	0,404
La Versoix	0,071	0,095	0,284	0,026	0,074
Le Vengeron	2,567	1,946	4,600	0,500	2,504
L'Hermance	0,289	0,267	0,550	0,040	0,287
Le Nant d'Aisy	2,316	2,108	4,400	0,250	2,291
Moyennes	0,697	0,788	-	-	0,685
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,457	0,359	-	-	0,443
Le Rhône, émissaire	0,019	0,032	0,089	0,003	0,020
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,041	0,072	0,172	0,028	0,045
L'Arve à la Jonction	0,098	0,107	0,256	0,048	0,099
Le Rhône à Chancy	0,084	0,099	0,166	0,050	0,087

Tableau No 28

PHOSPHORE ORGANIQUE

exprimé en mg P par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,143	0,192	1,184	0,020	0,148
L'Eau froide	0,208	0,141	0,430	0,034	0,201
La Maladaire	1,195	0,717	1,550	0,210	1,145
La Veveyse	0,232	0,126	0,387	0,015	0,222
Le Forestay	0,494	0,532	1,086	0,140	0,498
La Lutrive	0,909	0,382	0,791	0,135	0,854
La Paudèze	0,824	0,324	1,085	0,070	0,771
Le Flon	2,219	1,537	5,690	0,135	2,121
La Chamberonne	0,814	0,452	2,030	0,027	0,775
La Venoge	0,326	0,150	0,415	0,035	0,308
La Morges	0,676	0,234	0,552	0,053	0,629
L'Aubonne	0,128	0,128	0,340	0,045	0,129
La Dullive	0,173	0,225	0,685	0,025	0,183
Moyennes	0,643	0,395	-	-	0,614
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,076	0,053	0,133	0,014	0,074
La Bouverette	0,049	0,075	0,113	0,004	0,052
La Morge de St Gingolph	0,025	0,036	0,064	0,006	0,027
La Dranse	0,347	0,048	0,151	0,002	0,298
Moyennes	0,124	0,053	-	-	0,113
Le Rhône, embouchure	0,058	0,048	0,111	0,012	0,057
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,496	0,300	-	-	0,472
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,210	0,094	0,163	0,020	0,199
Le Nant de Riond (Crans)	0,237	-	-	-	0,237
Le Nant de Pry	0,186	-	-	-	0,186
Le Nant du Brassu	0,086	-	-	-	0,086
La Doye	0,478	0,128	0,300	0,010	0,445
La Versoix	0,045	0,047	0,072	0,020	0,045
Le Vengeron	0,924	1,083	2,300	0,100	0,940
L'Hermance	0,181	0,187	0,400	0,065	0,182
Le Nant d'Aisy	0,848	1,109	1,850	0,400	0,880
Moyennes	0,355	0,441	-	-	0,356
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,449	0,335	-	-	0,433
Le Rhône, émissaire	0,025	0,033	0,052	0,008	0,026
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,019	0,050	0,116	0,006	0,024
L'Arve à la Jonction	0,071	0,042	0,076	0,010	0,068
Le Rhône à Chancy	0,048	0,054	0,092	0,020	0,048

Tableau No 29

PHOSPHORE TOTAL

exprimé en mg P par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,180	0,275	1,234	0,123	0,190
L'Eau froide	0,306	0,203	0,905	0,061	0,295
La Maladaire	1,881	1,370	3,048	0,760	1,827
La Veveyse	0,320	0,185	0,430	0,085	0,307
Le Forestay	0,807	0,748	1,380	0,310	0,801
La Lutrive	1,457	0,724	1,401	0,250	1,380
La Paudèze	1,348	0,682	1,795	0,320	1,278
Le Flon	3,376	2,030	8,120	0,564	3,186
La Chamberonne	1,437	0,864	2,700	0,270	1,376
La Venoge	0,634	0,463	0,895	0,240	0,616
La Morges	1,158	0,603	0,997	0,360	1,099
L'Aubonne	0,251	0,193	0,520	0,095	0,246
La Dullive	0,470	0,452	0,815	0,255	0,466
Moyennes	1,048	0,676	-	-	1,005
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,112	0,100	0,200	0,035	0,111
La Bouverette	0,125	0,146	0,196	0,077	0,127
La Morge de St Gingolph	0,039	0,053	0,105	0,018	0,041
La Dranse	0,985	0,111	0,213	0,038	0,831
Moyennes	0,315	0,103	-	-	0,278
Le Rhône, embouchure	0,101	0,092	0,169	0,035	0,100
Ensemble Grand Lac Moyennes	0,833	0,516	-	-	0,793
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,312	0,195	0,315	0,134	0,301
Le Nant de Riond (Crans)	0,425	-	-	-	0,425
Le Nant de Pny	0,368	-	-	-	0,368
Le Nant du Brassu	0,219	-	-	-	0,219
La Doye	0,906	0,337	0,593	0,210	0,849
La Versoix	0,116	0,142	0,324	0,080	0,119
Le Vengeron	3,491	3,029	6,900	1,300	3,444
L'Hermance	0,470	0,454	0,690	0,300	0,469
Le Nant d'Aisy	3,164	3,217	6,000	1,650	3,171
Moyennes	1,052	1,229	-	-	1,041
Ensemble Lac Léman Moyennes	0,906	0,694	-	-	0,876
Le Rhône, émissaire	0,044	0,065	0,098	0,032	0,046
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,060	0,122	0,288	0,050	0,069
L'Arve à la Jonction	0,169	0,149	0,276	0,064	0,167
Le Rhône à Chancy	0,132	0,153	0,232	0,092	0,135

Tableau No 30

ORTHOPHOSPHATES (PHOSPHORE SOLUBLE)

Apports en tonnes par an, exprimés en P

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	Année 1974	NORMES 1963-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	2,58	7,89	3,16
L'Eau Froide	3,24	3,05	3,22
La Maladaire	0,96	0,42	0,90
La Veveyse	4,04	7,97	4,46
Le Forestay	2,48	1,73	2,39
La Lutrive	1,90	0,90	1,79
La Paudèze	3,32	1,40	3,11
Le Flon	44,93	15,03	40,81
La Chamberonne	12,40	8,72	11,99
La Venoge	28,04	50,81	30,53
La Morges	6,77	7,29	6,83
L'Aubonne	10,17	6,07	9,72
La Dullive	3,59	2,61	3,39
Totaux	124,42	113,89	122,30
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	7,77	8,67	7,88
La Bouverette	1,40	1,48	1,41
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	317,12	36,46	266,09
Totaux	326,29	46,61	275,38
Le Rhône, embouchure	231,28	197,60	227,38
<u>Ensemble</u> Grand Lac Totaux	681,99	358,10	625,06
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	3,68	7,24	4,06
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	1,06	0,42	0,98
La Versoix	7,12	6,88	7,10
Le Vengeron	7,37	8,69	7,49
L'Hermance	1,23	1,93	1,30
Le Nant d'Aisy	3,84	3,76	3,83
Totaux	24,30	28,92	24,76
Ensemble Lac Léman	706,29	387,02	649,82
Rhône, émissaire	126,50	204,91	136,61
SOLDES	579,79	182,11	513,21
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	3,78	5,41	4,26
L'Arve à la Jonction	193,65	236,78	198,83
Le Rhône à Chancy	733,81	917,84	761,07

Tableau No 31

PHOSPHORE ORGANIQUE exprimé en P

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	9,67	12,39	9,98
L'Eau Froide	7,31	9,27	7,53
La Maladaire	1,74	0,55	1,60
La Veveyse	22,40	23,78	22,53
Le Forestay	5,09	5,21	5,11
La Lutrive	1,98	1,32	1,90
La Paudèze	4,94	1,19	4,52
Le Flon	90,50	49,82	84,65
La Chamberonne	28,51	14,24	26,89
La Venoge	33,86	43,41	34,99
La Morges	8,05	6,38	7,86
L'Aubonne	34,19	10,69	31,80
La Dullive	2,79	2,90	2,82
Totaux	251,03	181,15	242,18
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	15,58	10,15	14,94
La Bouverette	1,04	1,64	1,11
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	164,83	27,87	144,18
Totaux	181,45	39,66	160,23
Le Rhône, embouchure	290,75	217,29	282,25
Ensemble Grand Lac	Totaux 723,23	438,10	684,66
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	6,15	7,21	6,24
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	1,27	0,43	1,20
La Versoix	4,53	5,65	4,63
Le Vengeron	4,27	4,71	4,31
L'Hermance	1,68	1,94	1,71
Le Nant d'Aisy	1,96	2,55	2,02
Totaux	19,86	22,49	20,11
Ensemble Lac Léman	743,09	460,59	704,77
Rhône, émissaire	164,04	214,38	170,54
SOLDES	579,05	246,21	534,23
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	1,18	3,71	1,92
L'Arve à la Jonction	169,32	93,38	160,21
Le Rhône à Chancy	457,84	497,43	463,71

Tableau No 32

PHOSPHORE TOTAL exprimé en P

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	12,25	20,28	13,14
L'Eau Froide	10,55	12,32	10,75
La Maladaire	2,70	0,97	2,50
La Veveyse	26,44	31,75	26,99
Le Forestay	7,57	6,94	7,50
La Lutrive	3,88	2,22	3,69
La Paudèze	8,26	2,59	7,63
Le Flon	135,43	64,85	125,46
La Chamberonne	40,91	22,96	38,88
La Venoge	61,90	94,22	65,52
La Morges	14,82	13,67	14,69
L'Aubonne	44,36	16,76	41,52
La Dullive	6,38	5,51	6,21
Totaux	375,45	295,04	364,48
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	23,35	18,82	22,82
La Bouverette	2,44	3,12	2,52
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	481,95	64,33	410,27
Totaux	507,74	86,27	435,61
Le Rhône, embouchure	522,03	414,89	509,63
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	1'405,22	796,20	1'309,72
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	9,83	14,45	10,30
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	2,33	0,85	2,18
La Versoix	11,65	12,53	11,73
Le Vengeron	11,64	13,40	11,80
L'Hermance	2,91	3,87	3,01
Le Nant d'Aisy	5,80	6,31	5,85
Totaux	44,16	51,41	44,87
Ensemble Lac Léman	1'449,38	847,61	1'354,59
Rhône, émissaire	290,54	419,29	307,15
SOLDES	1'158,84	428,32	1'047,44
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	4,96	9,12	6,18
L'Arve à la Jonction	362,97	330,16	359,04
Le Rhône à Chancy	1'191,65	1'415,27	1'224,78

Tableau No 33

DETERGENTS

Concentration en mg par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,07	0,08	0,22	0	0,08
L'Eau froide	0,09	0,05	0,09	0	0,09
La Maladaire	0,19	0,18	0,28	0,09	0,19
La Veveyse	0,07	0,10	0,15	0,03	0,07
Le Forestay	0,13	0,14	0,29	0,07	0,13
La Lutrive	0,18	0,22	0,46	0,04	0,18
La Paudèze	0,15	0,17	0,31	0,06	0,15
Le Flon	0,71	1,23	4,40	0,37	0,77
La Chamberonne	0,26	0,40	1,06	0,07	0,27
La Venoge	0,06	0,13	0,25	0,03	0,07
La Morges	0,21	0,11	0,20	0,03	0,20
L'Aubonne	0,05	0,05	0,08	0	0,05
La Dullive	0,06	0,13	0,25	0	0,07
Moyennes	0,17	0,23	-	-	0,18
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,02	0,01	0,03	0	0,01
La Bouverette	0,02	0,01	0,03	0	0,02
La Morge de St Gingolph	0,01	0,004	0,01	0	0,01
La Dranse	0,28	0,02	0,11	0	0,22
Moyennes	0,08	0,01	-	-	0,07
Le Rhône, embouchure	0,02	0,01	0,07	0	0,02
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	0,14	0,17	-	-	0,14
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,03	0,08	0,15	0,02	0,04
Le Nant de Riond (Crans)	0,05	-	-	-	0,05
Le Nant de Pny	0,03	-	-	-	0,03
Le Nant du Brassu	0,01	-	-	-	0,01
La Doye	0,21	0,09	0,20	0	0,20
La Versoix	0,03	0,003	0,04	0	0,02
Le Vengeron	0,76	0,07	0,17	0	0,68
L'Hermance	0,06	0,04	0,14	0	0,06
Le Nant d'Aisy	0,40	0,15	0,74	0	0,37
Moyennes	0,17	0,07	-	-	0,16
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,15	0,14	-	-	0,15
Le Rhône, émissaire	0	0	0	0	0
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,002	0,004	0,03	0	0,003
L'Arve à la Jonction	0,03	0	0	0	0,03
Le Rhône à Chancy	0,02	0,03	0,19	0	0,02

Tableau No 34

DETERGENTS

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	4,43	6,60	4,60
L'Eau Froide	2,81	3,38	2,85
La Maladaire	0,27	0,14	0,26
La Veveyse	3,28	14,94	4,20
Le Forestay	0,98	1,25	1,00
La Lutrive	0,41	0,56	0,42
La Paudèze	0,81	0,63	0,80
Le Flon	26,95	44,29	28,90
La Chamberonne	6,19	11,02	6,57
La Venoge	6,60	21,34	7,76
La Morges	2,82	3,30	2,86
L'Aubonne	7,13	3,82	6,87
La Dullive	0,80	1,34	0,88
Totaux	63,48	112,61	67,97
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,76	1,34	2,56
La Bouverette	0,29	0,19	0,28
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	138,82	12,33	109,91
Totaux	141,87	13,86	112,75
Le Rhône, embouchure	87,49	57,40	83,07
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	292,84	183,87	263,79
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	1,63	5,31	1,92
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,34	0,05	0,31
La Versoix	2,41	0,47	2,23
Le Vengeron	2,30	0,29	2,11
L'Hermance	0,28	0,13	0,26
Le Nant d'Aisy	0,63	0,52	0,62
Totaux	7,59	6,77	7,45
Ensemble Lac Léman	300,43	190,64	271,24
Rhône, émissaire	0	0	0
SOLDES	300,43	190,64	271,24
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	0,07	0,19	0,11
L'Arve à la Jonction	50,35	0	43,64
Le Rhône à Chancy	148,37	231,00	160,92

Tableau No 35

CHLORURES

exprimés en mg Cl par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	10,3	13,1	18,2	10,4	10,6
L'Eau froide	5,5	5,1	12,6	2,1	5,5
La Maladaire	17,6	20,1	28,0	14,8	17,8
La Veveyse	4,7	4,0	6,2	2,4	4,6
Le Forestay	12,1	15,6	22,5	11,4	12,4
La Lutrive	17,3	16,8	28,0	7,2	17,3
La Paudèze	17,2	21,5	46,5	13,6	17,7
Le Flon	54,4	72,1	95,0	45,0	56,8
La Chamberonne	36,7	31,6	44,0	17,5	36,2
La Venoge	16,5	20,8	28,0	9,6	17,0
La Morges	20,4	31,1	42,5	21,6	21,5
L'Aubonne	5,0	6,5	13,0	3,0	5,2
La Dullive	18,3	22,3	31,0	14,5	19,1
Moyennes	18,2	21,6	-	-	18,6
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	8,7	9,5	12,6	6,5	8,8
La Bouverette	3,1	3,1	6,4	1,7	3,1
La Morge de St Gingolph	2,3	1,6	3,8	0,9	2,2
La Dranse	7,3	3,7	7,8	1,7	6,8
Moyennes	5,4	4,5	-	-	5,2
Le Rhône, embouchure	5,5	9,2	14,4	3,4	5,9
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	14,6	17,1	-	-	14,9
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	7,3	9,1	12,2	3,2	7,5
Le Nant de Riond (Crans)	22,6	-	-	-	22,6
Le Nant de Pry	12,2	-	-	-	12,2
Le Nant du Brassu	5,7	-	-	-	5,7
La Doye	10,6	13,9	24,0	7,5	11,0
La Versoix	5,4	4,8	10,0	2,8	5,3
Le Vengeron	34,3	34,4	45,5	23,5	34,3
L'Hermance	16,3	22,5	31,8	12,3	16,9
Le Nant d'Aisy	38,3	41,0	51,0	33,0	38,6
Moyennes	17,0	21,0	-	-	17,1
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	15,4	18,1	-	-	15,7
Le Rhône, émissaire	2,9	3,4	3,8	3,2	3,0
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	5,4	5,6	8,6	3,8	5,4
L'Arve à la Jonction	4,2	3,9	8,0	2,3	4,2
Le Rhône à Chancy	4,2	3,9	5,2	3,4	4,2

Tableau No 36

CHLORURES

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	680,1	1'104,8	726,4
L'Eau Froide	173,9	287,0	186,2
La Maladaire	24,8	19,4	24,2
La Veveyse	245,7	543,7	278,2
Le Forestay	123,6	151,9	126,7
La Lutrive	59,8	63,1	60,1
La Paudèze	129,3	98,3	125,9
Le Flon	2'106,7	2'666,6	2'184,0
La Chamberonne	726,1	777,1	731,8
La Venoge	2'083,0	4'846,8	2'384,5
La Morges	325,1	946,9	393,6
L'Aubonne	564,5	902,5	601,4
La Dullive	286,6	264,4	282,1
Totaux	7'529,2	12'672,5	8'105,1
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1'609,1	1'777,8	1'630,0
La Bouverette	50,4	59,3	51,5
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	3'711,5	2'151,8	3'474,6
Totaux	5'371,0	3'988,9	5'156,1
Le Rhône, embouchure	28'170,7	41'652,7	29'837,0
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	41'070,9	58'314,1	43'098,2
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	332,9	835,2	387,7
Le Nant de Rioud (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	33,3	47,6	34,9
La Versoix	582,0	530,1	577,3
Le Vengeron	148,7	173,4	150,9
L'Hermance	120,9	252,3	133,9
Le Nant d'Aisy	98,5	96,5	98,3
Totaux	1'316,3	1'935,1	1'383,0
Ensemble Lac Léman	42'387,2	60'249,2	44'481,2
Rhône, émissaire	20'149,1	22'223,2	20'416,7
SOLDES	22'238,1	38'026,0	24'064,5
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	539,4	625,4	564,7
L'Arve à la Jonction	8'430,7	8'689,4	8'461,7
Le Rhône à Chancy	38'025,1	36'456,2	37'809,4

Tableau No 37

HYDROCARBURES

concentration en ppm

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	0,31	-	-	-	0,31
L'Eau froide	1,25	-	-	-	1,25
La Maladaire	4,10	-	-	-	4,10
La Veveyse	0,54	-	-	-	0,54
Le Forestay	1,24	-	-	-	1,24
La Lutrive	1,26	-	-	-	1,26
La Paudèze	3,21	-	-	-	3,21
Le Flon	4,19	-	-	-	4,19
La Chamberonne	9,85	-	-	-	9,85
La Venoge	1,07	-	-	-	1,07
La Morges	5,53	-	-	-	5,53
L'Aubonne	0,31	-	-	-	0,31
La Dullive	0,49	-	-	-	0,49
Moyennes	2,57	-	-	-	2,57
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	0,35	0,11	0,40	0	0,31
La Bouverette	0,33	0,15	0,60	0	0,30
La Morge de St Gingolph	0,19	0,05	0,40	0	0,16
La Dranse	0,06	0,06	0,15	0	0,06
Moyennes	0,23	0,09	-	-	0,21
Le Rhône, embouchure	0,33	0,11	0,30	0	0,30
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	1,92	-	-	-	1,92
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,48	-	-	-	0,48
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	4,53	-	-	-	4,53
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Moyennes	2,51	-	-	-	2,51
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	1,98	-	-	-	1,97
Le Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	-	-	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-	-	-

Tableau No 38

HYDROCARBURES

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	Année 1974	NORMES 1963-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	22,41	-	22,41
L'Eau Froide	39,67	-	39,67
La Maladaire	8,30	-	8,30
La Veveyse	24,67	-	24,67
Le Forestay	10,05	-	10,05
La Lutrive	2,87	-	2,87
La Paudèze	25,27	-	25,27
Le Flon	161,32	-	161,32
La Chamberonne	567,41	-	567,41
La Venoge	118,06	-	118,06
La Morges	50,70	-	50,70
L'Aubonne	20,55	-	20,55
La Dullive	6,21	-	6,21
Totaux	1'057,49	-	1'057,49
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	63,40	19,93	56,57
La Bouverette	4,78	1,61	4,27
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	30,14	32,80	31,47
Totaux	98,32	54,34	92,31
Le Rhône, embouchure	1'869,32	491,96	1'658,89
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	3'025,13	546,30	2'808,69
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	14,29	-	14,29
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	2,15	-	2,15
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	16,44	-	16,44
Ensemble Lac Léman	3'041,57	546,30	2'825,13
Rhône, émissaire	-	-	-
SOLDES			
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	-	-	-
L'Arve à la Jonction	-	-	-
Le Rhône à Chancy	-	-	-

Tableau No 39

POTASSIUM

Concentration en mg K par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	2,60	2,63	3,00	2,40	2,60
L'Eau froide	2,07	1,62	2,60	1,10	2,02
La Maladaire	7,71	7,13	11,40	5,60	7,65
La Veveyse	2,16	1,61	1,90	1,25	2,10
Le Forestay	4,11	3,69	4,60	2,75	4,06
La Lutrive	5,07	3,81	5,20	2,70	4,93
La Paudèze	4,33	3,38	4,10	2,45	4,23
Le Flon	10,54	10,54	12,60	8,70	10,54
La Chamberonne	6,81	4,55	6,70	3,25	6,55
La Venoge	3,60	2,82	4,70	1,10	3,52
La Morges	6,30	4,86	6,00	3,50	6,14
L'Aubonne	1,43	0,79	1,25	0,60	1,36
La Dullive	2,93	2,55	3,00	1,95	2,86
Moyennes	4,59	3,84	-	-	4,50
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	2,58	2,26	3,76	0,98	2,50
La Bouverette	2,04	1,71	3,91	0,39	1,96
La Morge de St Gingolph	1,14	0,96	3,52	0	1,09
La Dranse	2,91	1,19	1,75	0,82	2,55
Moyennes	2,17	1,53	-	-	2,03
Le Rhône, embouchure	2,37	2,09	3,21	0,78	2,30
Ensemble Grand Lac Moyennes	3,93	3,23	-	-	3,83
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	1,72	1,31	1,60	0,90	1,68
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	2,94	1,60	2,60	1,05	2,79
La Versoix	0,87	1,21	3,80	0,55	1,09
Le Vengeron	9,58	7,94	10,95	6,10	8,49
L'Hermance	5,43	5,30	11,74	2,32	5,35
Le Nant d'Aisy	9,28	8,44	11,45	5,49	8,69
Moyennes	4,97	4,30	-	-	4,68
Ensemble Lac Léman Moyennes	4,19	3,50	-	-	4,04
Le Rhône, émissaire	1,47	1,40	1,54	1,10	1,44
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	1,12	1,39	3,20	0,70	1,30
L'Arve à la Jonction	1,60	1,81	3,10	1,09	1,74
Le Rhône à Chancy	1,48	1,61	1,90	1,28	1,56

Tableau No 40

POTASSIUM

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	167,2	217,5	172,7
L'Eau Froide	71,4	99,3	74,5
La Maladaire	11,4	4,9	10,7
La Veveyse	129,6	242,0	142,0
Le Forestay	42,3	35,7	41,6
La Lutrive	17,2	13,4	16,8
La Paudèze	29,3	14,7	27,7
Le Flon	412,9	384,9	409,0
La Chamberonne	136,6	106,3	133,2
La Venoge	390,3	572,5	410,4
La Morges	86,5	130,6	91,5
L'Aubonne	180,0	93,1	170,5
La Dullive	41,7	30,5	39,4
Totaux	1'716,4	1'945,4	1'740,0
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	460,5	419,1	450,4
La Bouverette	33,3	33,3	33,3
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'466,0	688,3	1'305,1
Totaux	1'959,8	1'140,7	1'788,8
Le Rhône, embouchure	10'740,7	9'417,0	10'417,1
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	14'416,9	12'503,1	13'945,9
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	73,5	105,9	77,1
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	10,8	4,8	10,1
La Versoix	56,2	101,7	84,6
Le Vengeron	21,4	37,9	31,7
L'Hermance	9,7	44,4	32,1
Le Nant d'Aisy	10,0	16,8	14,6
Totaux	181,6	311,5	250,2
Ensemble Lac Léman	14'598,5	12'814,6	14'196,1
Rhône, émissaire	8'515,6	9'080,9	8'743,7
SOLDES	6'082,9	3'733,7	5'452,4
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	57,2	124,2	99,1
L'Arve à la Jonction	3'330,2	4'027,9	3'795,3
Le Rhône à Chancy	12'864,1	14'830,3	14'174,9

Tableau No 41

DURETE TOTALE (TITRE HYDROTOMETRIQUE)

Concentration en mé par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	12,41	12,47	12,98	11,48	12,42
L'Eau froide	4,50	4,23	5,18	3,41	4,47
La Maladaire	6,49	7,35	7,82	6,95	6,58
La Veveyse	4,13	4,25	4,98	3,20	4,14
Le Forestay	5,58	5,81	6,74	5,22	5,60
La Lutrive	5,33	5,55	6,24	5,02	5,35
La Paudèze	4,64	4,95	5,48	4,36	4,67
Le Flon	4,47	5,14	7,74	4,26	4,56
La Chamberonne	5,84	6,50	7,02	3,99	5,92
La Venoge	5,45	5,81	6,96	4,32	5,49
La Morges	6,00	7,03	7,82	6,01	6,11
L'Aubonne	4,23	4,31	5,00	3,68	4,24
La Dullive	5,45	6,42	7,90	5,48	5,65
Moyennes	5,73	6,14	-	-	5,78
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	6,58	6,73	7,53	5,39	6,60
La Bouverette	9,48	9,56	10,91	7,51	9,49
La Morge de St Gingolph	3,27	3,26	3,62	2,86	3,27
La Dranse	4,94	4,60	5,98	3,56	4,82
Moyennes	6,07	6,04	-	-	6,05
Le Rhône, embouchure	2,67	2,61	3,66	1,71	2,66
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	5,64	5,92	-	-	5,67
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	4,80	5,14	6,20	4,00	4,84
Le Nant de Riond (Crans)	5,42	-	-	-	5,42
Le Nant de Pry	4,65	-	-	-	4,65
Le Nant du Brassu	4,16	-	-	-	4,16
La Doye	4,34	4,68	5,52	3,82	4,38
La Versoix	4,21	4,12	4,90	3,23	4,20
Le Vengeron	5,82	6,31	7,65	4,46	5,88
L'Hermance	5,20	5,87	7,46	3,00	5,29
Le Nant d'Aisy	6,05	7,28	9,35	4,73	6,20
Moyennes	4,96	5,57	-	-	5,00
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	5,41	5,83	-	-	5,45
Le Rhône, émissaire	2,71	2,85	2,98	2,48	2,72
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	4,35	4,55	5,24	3,45	4,38
L'Arve à la Jonction	3,86	3,87	5,46	2,04	3,86
Le Rhône à Chancy	3,00	3,11	3,51	2,42	3,02

Tableau No 42

TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET

Concentration en mé par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	4,53	4,58	4,80	4,15	4,54
L'Eau froide	3,46	3,35	4,00	2,58	3,44
La Maladaire	5,77	6,21	6,50	5,85	5,82
La Veveyse	3,62	3,69	4,30	2,63	3,63
Le Forestay	4,95	5,07	5,98	4,44	4,96
La Lutrive	4,64	4,60	5,10	4,25	4,63
La Paudèze	3,96	4,07	4,55	3,59	3,97
Le Flon	4,07	4,28	5,04	3,67	4,10
La Chamberonne	4,80	4,95	5,40	3,02	4,82
La Venoge	4,58	4,69	5,32	3,50	4,59
La Morges	4,94	5,20	5,62	4,38	4,97
L'Aubonne	3,83	3,80	4,36	2,96	3,83
La Dullive	4,52	5,02	5,80	4,00	4,62
Moyennes	4,44	4,58	-	-	4,46
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	3,15	2,97	3,56	2,58	3,12
La Bouverette	2,87	2,79	2,99	2,56	2,86
La Morge de St Gingolph	2,78	2,70	2,98	2,43	2,77
La Dranse	3,85	3,18	3,86	2,66	3,68
Moyennes	3,16	2,91	-	-	3,11
Le Rhône, embouchure	1,53	1,43	1,82	0,98	1,52
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	3,99	4,03	-	-	3,99
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	4,33	4,46	5,06	3,70	4,34
Le Nant de Riend (Crans)	4,52	-	-	-	4,52
Le Nant de Pry	4,07	-	-	-	4,07
Le Nant du Brassu	3,73	-	-	-	3,73
La Doye	3,87	3,97	4,40	3,26	3,88
La Versoix	3,79	3,63	4,15	2,57	3,77
Le Vengeron	5,28	4,84	6,20	3,11	5,23
L'Hermance	4,13	4,39	5,63	1,93	4,17
Le Nant d'Aisy	4,72	4,88	5,91	3,57	4,74
Moyennes	4,27	4,36	-	-	4,27
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	4,08	4,11	-	-	4,09
Le Rhône, émissaire	1,69	1,71	1,86	1,36	1,69
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	3,90	3,94	4,57	2,87	3,91
L'Arve à la Jonction	2,59	2,73	3,56	1,34	2,61
Le Rhône à Chancy	1,94	2,02	2,38	1,53	1,95

Tableau No 43

DURETE PERMANENTE

Concentration en mé par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963 -1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	7,88	7,89	8,66	7,33	7,88
L'Eau froide	1,04	0,88	1,19	0,43	1,03
La Maladaire	0,72	1,14	1,48	0,74	0,76
La Veveyse	0,51	0,56	0,88	0,09	0,51
Le Forestay	0,63	0,74	1,07	0,54	0,64
La Lutrive	0,69	0,95	1,82	0,72	0,72
La Paudèze	0,68	0,88	1,28	0,76	0,70
Le Flon	0,40	0,86	3,75	0,10	0,46
La Chamberonne	1,04	1,55	1,70	0,97	1,10
La Venoge	0,87	1,12	1,64	0,71	0,90
La Morges	1,06	1,83	2,20	1,42	1,14
L'Aubonne	0,40	0,51	0,71	0,30	0,41
La Dullive	0,93	1,40	2,20	0,69	1,03
Moyennes	1,29	1,56	-	-	1,33
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	3,43	3,76	4,63	2,61	3,48
La Bouverette	6,61	6,77	8,09	4,87	6,63
La Morge de St Gingolph	0,49	0,56	0,82	0,35	0,50
La Dranse	1,09	1,42	2,38	0,66	1,14
Moyennes	2,91	3,13	-	-	2,94
Le Rhône, embouchure	1,14	1,18	1,84	0,69	1,14
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	1,65	1,89	-	-	1,68
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,47	0,68	1,14	0,30	0,50
Le Nant de Riond (Crans)	0,90	-	-	-	0,90
Le Nant de Pry	0,58	-	-	-	0,58
Le Nant du Brassu	0,43	-	-	-	0,43
La Doye	0,47	0,71	1,16	0,40	0,50
La Versoix	0,42	0,49	0,75	0,25	0,43
Le Vengeron	0,54	1,47	2,50	0,44	0,65
L'Hermance	1,07	1,48	2,22	0,79	1,12
Le Nant d'Aisy	1,33	2,40	3,44	0,81	1,46
Moyennes	0,69	1,21	-	-	0,73
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	1,33	1,72	-	-	1,36
Le Rhône, émissaire	1,02	1,14	1,21	1,02	1,03
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,45	0,61	1,56	0,25	0,47
L'Arve à la Jonction	1,27	1,14	1,90	0,60	1,25
Le Rhône à Chancy	1,06	1,09	1,33	0,63	1,07

Tableau No 44

CALCIUM

Concentration en mé par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	10,00	10,29	12,16	8,94	10,03
L'Eau froide	3,81	3,69	4,70	2,76	3,80
La Maladaire	5,53	6,42	7,43	5,86	5,63
La Veveyse	3,48	3,59	4,16	2,80	3,49
Le Forestay	4,66	4,92	6,05	4,00	4,69
La Lutrive	4,45	4,82	5,83	4,18	4,49
La Paudèze	3,88	4,26	5,17	3,62	3,92
Le Flon	3,70	4,09	4,56	3,70	3,75
La Chamberonne	4,96	5,74	6,58	3,45	5,05
La Venoge	4,76	5,30	6,18	3,76	4,82
La Morges	5,07	6,17	6,58	4,82	5,19
L'Aubonne	3,64	3,80	4,46	2,96	3,66
La Dullive	4,63	5,63	6,50	4,64	4,84
Moyennes	4,81	5,29	-	-	4,87
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	4,59	3,90	5,48	1,75	4,50
La Bouverette	6,96	5,92	7,69	3,45	6,83
La Morge de St Gingolph	2,31	1,18	2,47	0,58	2,16
La Dranse	3,97	3,77	4,84	2,87	3,92
Moyennes	4,46	3,69	-	-	4,35
Le Rhône, embouchure	2,07	1,96	2,77	1,42	2,06
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	4,58	4,75	-	-	4,60
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	4,05	4,59	5,40	3,67	4,11
Le Nant de Riond (Crans)	4,50	-	-	-	4,50
Le Nant de Pry	4,03	-	-	-	4,03
Le Nant du Brassu	3,69	-	-	-	3,69
La Doye	3,70	4,11	4,54	3,38	3,75
La Versoix	3,67	3,59	4,30	2,86	3,66
Le Vengeron	4,89	4,94	6,21	3,52	4,89
L'Hermance	4,31	4,95	6,78	1,92	4,39
Le Nant d'Aisy	5,16	5,71	7,98	2,49	5,22
Moyennes	4,22	4,65	-	-	4,25
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	4,46	4,72	-	-	4,48
Le Rhône, émissaire	2,24	2,31	2,50	1,93	2,24
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	3,82	4,06	4,70	3,12	3,86
L'Arve à la Jonction	3,31	3,30	4,66	1,66	3,31
Le Rhône à Chancy	2,52	2,58	2,82	1,94	2,53

Tableau No 45

CALCIUM

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	12'811,3	17'250,5	13'295,6
L'Eau Froide	3'695,0	4'602,7	2'903,1
La Maladaire	160,6	95,7	153,4
La Veveyse	4'106,8	10'482,8	4'802,4
Le Forestay	1'043,5	1'056,5	1'044,9
La Lutrive	326,8	367,4	331,3
La Paudèze	582,4	396,8	562,1
Le Flon	2'903,3	2'957,6	2'910,8
La Chamberonne	2'023,9	2'821,4	2'111,7
La Venoge	11'899,3	26'623,5	13'105,5
La Morges	1'494,4	3'918,6	1'761,2
L'Aubonne	10'193,5	9'543,6	10'122,6
La Dullive	1'269,8	1'341,1	1'284,3
Totaux	51'510,6	81'458,2	54'388,9
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	17'250,7	14'705,8	16'936,2
La Bouverette	2'359,7	2'546,4	2'382,5
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	38'817,8	43'853,8	40'090,1
Totaux	58'428,2	61'106,0	59'408,8
Le Rhône, embouchure	224'673,1	195'712,0	221'093,7
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	334'611,9	338'276,2	334'891,4
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	3'883,9	7'668,2	4'296,7
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	239,0	243,6	239,5
La Versoix	7'912,6	7'932,3	7'914,6
Le Vengeron	612,7	527,6	603,8
L'Hermance	774,9	1'022,6	803,3
Le Nant d'Aisy	400,6	259,7	384,6
Totaux	13'823,7	17'654,0	14'242,5
Ensemble Lac Léman	348'435,6	355'930,2	349'133,9
Rhône, émissaire	309'120,5	300'246,5	307'975,4
SOLDES	39'315,0	55'683,7	41'158,5
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	5'406,6	8'493,0	6'314,3
L'Arve à la Jonction	135'295,6	146'882,0	137'012,1
Le Rhône à Chancy	472'707,2	477'894,4	473'475,7

Tableau No 46

MAGNESIUM

Concentration en mé par litre

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		Moyennes	Maxima	Minima	
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	2,41	2,18	3,74	0,12	2,39
L'Eau froide	0,69	0,54	0,88	0,19	0,67
La Maladaire	0,96	0,93	1,43	0,36	0,95
La Veveyse	0,65	0,66	1,20	0,25	0,65
Le Forestay	0,92	0,89	1,92	0,05	0,91
La Lutrive	0,88	0,73	1,14	0,40	0,86
La Paudèze	0,76	0,69	1,28	0,15	0,75
Le Flon	0,77	1,05	3,52	0,50	0,81
La Chamberonne	0,88	0,76	1,46	0,28	0,87
La Venoge	0,69	0,51	0,86	0,01	0,67
La Morges	0,93	0,86	1,34	0,28	0,92
L'Aubonne	0,59	0,51	1,68	0,32	0,58
La Dullive	0,82	0,79	1,40	0,10	0,81
Moyennes	0,92	0,85	-	-	0,91
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	1,99	2,83	5,16	1,56	2,10
La Bouverette	2,52	3,64	6,25	1,61	2,66
La Morge de St Gingolph	0,96	2,08	2,78	0,65	1,11
La Dranse	1,00	0,83	1,14	0,59	0,96
Moyennes	1,61	2,35	-	-	1,71
Le Rhône, embouchure	0,60	0,65	1,44	0,29	0,60
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	1,06	1,17	-	-	1,07
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	0,75	0,55	0,77	0,18	0,73
Le Nant de Riond (Crans)	0,92	-	-	-	0,92
Le Nant de Pry	0,62	-	-	-	0,62
Le Nant du Brassu	0,47	-	-	-	0,47
La Doye	0,64	0,57	0,98	0,36	0,63
La Versoix	0,54	0,53	0,77	0,30	0,54
Le Vengeron	0,93	1,37	2,07	0,70	0,99
L'Hermance	0,89	0,92	1,16	0,65	0,90
Le Nant d'Aisy	0,89	1,57	3,86	0,84	0,98
Moyennes	0,74	0,92	-	-	0,75
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	0,95	1,11	-	-	0,96
Le Rhône, émissaire	0,47	0,54	0,71	0,40	0,48
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	0,53	0,49	0,71	0,20	0,52
L'Arve à la Jonction	0,55	0,57	0,80	0,24	0,55
Le Rhône à Chancy	0,48	0,53	0,66	0,38	0,49

Tableau No 47

MAGNESIUM

Apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1'826,5	2'101,3	1'856,5
L'Eau Froide	274,1	364,2	283,9
La Maladaire	20,1	8,1	18,8
La Veveyse	463,6	1'217,3	545,9
Le Forestay	118,8	125,9	119,6
La Lutrive	37,0	34,2	36,7
La Paudèze	66,1	36,8	62,9
Le Flon	374,9	472,3	388,3
La Chamberonne	202,3	210,8	203,2
La Venoge	1'160,7	1'782,0	1'228,5
La Morges	157,8	364,2	180,6
L'Aubonne	908,5	749,2	955,3
La Dullive	133,7	126,7	132,2
Totaux	5'744,1	7'593,0	6'012,4
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	4'521,6	6'421,3	4'756,4
La Bouverette	532,0	867,0	573,0
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	5'889,7	5'821,2	5'872,2
Totaux	10'943,3	13'109,5	11'201,6
Le Rhône, embouchure	38'201,1	35'644,3	37'885,2
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	54'888,5	56'346,8	55'099,2
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	419,0	561,1	434,5
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	28,1	19,7	27,1
La Versoix	741,4	682,4	735,2
Le Vengeron	81,7	73,2	80,8
L'Hermance	85,8	99,5	87,4
Le Nant d'Aisy	44,7	41,6	44,3
Totaux	1'400,7	1'477,5	1'409,3
Ensemble Lac Léman	56'289,2	57'824,3	56'508,5
Rhône, émissaire	39'416,2	42'789,7	39'851,5
SOLDES	16'873,0	15'034,6	16'657,0
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	502,3	683,1	555,5
L'Arve à la Jonction	13'887,4	15'387,5	14'109,6
Le Rhône à Chancy	54'431,7	58'988,5	55'106,8

Tableau No 48

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Nombre de germes par ml

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		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	10'358	30'545	55'000	8'000	14'122
La Bouverette	12'996	138'773	1'000'000	14'500	36'055
La Morge de St Gingolph	3'621	5'680	25'000	880	4'011
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	8'992	58'333	-	-	18'063
Le Rhône, embouchure	12'735	45'818	120'000	12'000	18'903
Ensemble Grand Lac Moyennes	9'928	55'204			18'273
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Le Nant de Rioud (Crans)	170'743	-	-	-	170'743
Le Nant de Pry	158'143	-	-	-	158'143
Le Nant du Brassu	228'900	-	-	-	228'900
La Doye	-	-	-	-	-
La Versoix	78'565	82'833	480'000	2'000	79'190
Le Vengeron	808'169	250'750	840'000	63'000	780'437
L'Hermance	96'665	92'750	272'000	7'000	95'986
Le Nant d'Aisy	531'179	221'183	570'000	600	485'813
Moyennes	296'051	161'879	-	-	285'602
Ensemble Lac Léman Moyennes	192'006	108'541	-	-	188'391
Le Rhône, émissaire	2'264	981	3'000	50	2'065
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	43'651	60'583	464'000	4'000	46'129
L'Arve à la Jonction	122'316	107'833	440'000	9'000	120'170
Le Rhône à Chancy	112'513	71'583	163'000	13'000	106'449

Tableau No 49

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Nombre de coliformes par ml (sauf Rhône émissaire)

AFFLUENTS	NORMES 1963-1973	ANNEE 1974			NORMES 1963-1974
		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	206	166	610	20	197
La Bouverette	307	385	1'080	100	324
La Morge de St Gingolph	36	9	36	0	30
La Dranse	-	-	-	-	-
Moyennes	183	187	-	-	184
Le Rhône, embouchure	413	222	550	30	372
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Moyennes	241	196	-	-	231
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Le Nant de Riond (Crans)	885	-	-	-	885
Le Nant de Pry	2'184	-	-	-	2'184
Le Nant du Brassu	859	-	-	-	859
La Doye	-	-	-	-	-
La Versoix	188	205	1'000	10	190
Le Vengeron	6'110	3'025	10'000	100	5'596
L'Hermance	1'125	550	1'000	100	1'028
Le Nant d'Aisy	3'490	2'108	10'000	0	3'290
Moyennes	2'120	1'472	-	-	2'005
<u>Ensemble</u> <u>Lac Léman</u> Moyennes	1'436	834	-	-	1'360
Le Rhône, émissaire	309	1	10	0	261
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	239	303	1'000	10	249
L'Arve à la Jonction	980	625	1'000	100	928
Le Rhône à Chancy	1'151	2'043	10'000	10	1'283

Tableau No 50

MOYENNES PONDEREES

AFFLUENTS	DEBIT m ³ /sec.	T. EAU °C	TURBIDITE U.I.	CONDUC- TIVITE µS.cm ⁻¹	pH
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	2,638	10,50	7,24	1062	7,25
L'Eau Froide	2,001	9,55	19,18	393	7,35
La Maladaire	0,023	10,82	10,13	702	7,86
La Veveyse	4,816	8,13	76,03	357	8,05
Le Forestay	0,334	8,96	74,73	541	8,16
La Lutrive	0,121	9,14	23,65	538	8,03
La Paudèze	0,148	9,52	33,88	495	8,07
Le Flon	1,148	15,39	19,52	726	7,21
La Chamberonne	0,750	9,04	34,43	682	7,93
La Venoge	8,404	8,07	28,91	532	7,86
La Morges	0,966	8,35	22,24	680	8,03
L'Aubonne	4,185	7,81	22,11	370	7,94
La Dullive	0,371	10,00	37,30	536	7,90
Moyennes rive droite	25,905	8,82	33,81	524	7,79
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	5,935	8,73	-	635	7,47
La Bouverette	0,675	9,83	-	790	7,64
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	18,400	9,77	-	401	8,09
Moyennes rive gauche	25,010	9,52	-	467	7,93
Le Rhône, embouchure	143,000	8,97	-	280	7,71
Moyennes Grand Lac	193,915	9,02	33,81	338	7,75
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	2,722	8,48	16,63	464	7,94
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant de Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	0,096	8,42	13,34	441	7,95
La Versoix	3,411	8,75	-	413	8,48
Le Vengeron	0,157	9,84	-	728	8,20
L'Hermance	0,304	6,42	-	640	8,40
Le Nant d'Aisy	0,069	10,94	-	728	8,06
Moyennes Petit Lac	6,759	8,58	16,52	455	8,24
Moyennes Léman	200,674	9,01	33,23	342	7,77
Le Rhône, émissaire	206,000	11,79	-	294	8,49
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon	3,205	8,02	-	438	8,48
L'Arve à la Jonction	70,500	9,17	-	355	8,33
Le Rhône à Chancy	293,000	10,57	-	325	8,30

Tableau No 51

MOYENNES PONDEREES

AFFLUENTS	O ₂ mg O ₂ /l	% SAT.	DBO ₅ mg O ₂ /l	DBO ₅ % Cons.
<u>Grand Lac, rive droite</u>				
Le Grand Canal	6,05	58,3	4,19	69,3
L'Eau Froide	10,14	95,7	4,44	43,8
La Maladaire	10,38	100,9	8,33	80,3
La Veveyse	12,04	109,9	3,03	25,2
Le Forestay	11,57	107,6	7,44	64,3
La Lutrive	11,56	108,0	5,25	45,4
La Paudèze	12,30	115,9	6,31	51,3
Le Flon	1,71	18,3	33,28	1'946,2
La Chamberonne	10,56	98,5	15,67	148,4
La Venoge	11,65	106,1	4,32	37,1
La Morges	11,37	104,3	6,75	59,4
L'Aubonne	11,74	106,2	2,64	22,5
La Dullive	11,13	106,1	6,22	55,9
Moyennes, rive droite	10,56	97,9	5,59	52,9
<u>Grand Lac, rive gauche</u>				
Le Canal Stockalper	9,35	86,5	3,24	34,7
La Bouverette	10,62	100,9	4,48	42,2
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-
La Dranse	11,49	109,0	3,21	27,9
Moyennes, rive gauche	10,96	103,3	3,25	29,7
Le Rhône, embouchure	10,74	99,9	4,26	39,7
Moyennes, Grand Lac	10,74	100,0	4,31	40,1
<u>Petit Lac</u>				
La Promenthouse	11,58	106,5	2,88	24,9
Le Nant de Rioud (Crans)	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-
La Doye	11,61	106,6	5,22	44,9
La Versoix	11,72	108,5	2,59	22,1
Le Vengeron	9,23	87,7	9,27	100,4
L'Hermance	11,97	104,6	4,39	36,7
Le Nant d'Aisy	8,69	84,7	8,71	100,2
Moyennes, Petit Lac	11,58	106,7	3,04	26,3
Moyennes Léman	10,77	100,3	4,26	39,6
Le Rhône, émissaire	11,57	114,9	2,11	18,2
<u>Aval Lac Léman</u>				
L'Allondon, embouchure	11,97	108,8	2,43	20,3
L'Arve à la Jonction	11,71	109,4	3,65	31,2
Le Rhône à Chancy	12,17	117,5	4,15	34,1

Tableau No 52

MOYENNES PONDEREES

AFFLUENTS	OXYDABILITE mg KMnO ₄ /l	DCO mg O ₂ /l	GERMES TOTAUX	COLIFORMES
<u>Grand Lac, rive droite</u>				
Le Grand Canal	8,29	-	-	-
L'Eau Froide	9,00	-	-	-
La Maladaire	13,08	-	-	-
La Veveyse	12,98	-	-	-
Le Forestay	14,10	-	-	-
La Lutrive	11,28	-	-	-
La Paudèze	11,39	-	-	-
Le Flon	52,25	-	-	-
La Chamberonne	55,52	-	-	-
La Venoge	13,85	-	-	-
La Morges	16,76	-	-	-
L'Aubonne	11,51	-	-	-
La Dullive	10,09	-	-	-
Moyennes, rive droite	15,31	-	-	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>				
Le Canal Stockalper	6,63	-	30'921	164
La Bouverette	6,32	-	154'033	423
La Morge de St-Gingolph	-	-	-	-
La Dranse	-	6,24	-	-
Moyennes, rive gauche	6,60	6,24	43'493	190
Le Rhône, embouchure	6,69	-	41'410	231
Moyennes, Grand Lac	7,96	6,24	41'502	229
<u>Petit Lac</u>				
La Promenthouse	9,82	-	-	-
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-
La Doye	14,44	-	-	-
La Versoix	-	8,62	39'290	166
Le Vengeron	-	24,04	224'235	2'616
L'Hermance	-	18,10	117'308	531
Le Nant d'Aisy	-	20,23	229'230	3'116
Moyennes, Petit Lac	9,98	10,17	56'001	343
Moyennes, Léman	7,99	6,93	41'874	154
Le Rhône, émissaire	-	4,77	986	1
<u>Aval Lac Léman</u>				
L'Allondon, embouchure	-	9,60	30'939	312
L'Arve à la Jonction	-	6,60	100'338	710
Le Rhône à Chancy	-	7,13	71'882	1'062

Tableau No 53

MOYENNES PONDEREES

AFFLUENTS	N NH ₄ mg N/l	N NO ₂ mg N/l	N NO ₃ mg N/l	N min. tot. mg N/l	N org. mg N/l	N Tot. mg N/l
<u>Grand Lac, rive droite</u>						
Le Grand Canal	0,369	0,042	1,14	1,551	-	-
L'Eau Froide	0,360	0,013	0,55	0,923	-	-
La Maladaire	1,115	0,108	5,68	6,903	-	-
La Veveyse	0,210	0,009	0,59	0,809	-	-
Le Forestay	0,418	0,048	2,67	3,136	-	-
La Lutrive	0,386	0,043	2,29	2,719	-	-
La Paudèze	0,548	0,038	1,44	2,026	-	-
Le Flon	14,701	0,151	0,43	15,282	-	-
La Chamberonne	0,942	0,095	4,34	5,377	-	-
La Venoge	0,347	0,039	3,24	3,626	-	-
La Morges	0,241	0,068	5,92	6,229	-	-
L'Aubonne	0,111	0,015	1,45	1,576	-	-
La Dullive	0,477	0,123	4,48	5,080	-	-
Moyennes, rive droite	0,941	0,037	2,04	3,018	-	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>						
Le Canal Stockalper	0,205	0,020	0,78	1,005	0,131	1,136
La Bouverette	0,154	0,005	0,55	0,709	0,110	0,819
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-	-
La Dranse	0,039	0,008	0,54	0,587	0,261	0,848
Moyennes, rive gauche	0,081	0,011	0,60	0,692	0,226	0,918
Le Rhône, embouchure	0,310	0,023	0,51	0,843	0,178	1,021
Moyennes, Grand Lac	0,365	0,023	0,73	1,118	0,185	1,303
<u>Petit Lac</u>						
La Promenthouse	0,120	0,019	1,87	2,009	-	-
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-	-
Le Nant de Pny	-	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-	-
La Doye	0,174	0,034	2,13	2,338	-	-
La Versoix	0,097	0,008	1,64	1,745	-	-
Le Vengeron	3,768	0,311	9,16	13,239	-	-
L'Hemance	0,380	0,026	6,96	7,366	-	-
Le Nant d'Aisy	5,007	0,370	12,54	17,917	-	-
Moyennes, Petit Lac	0,255	0,024	2,26	2,539	-	-
Moyennes Léman	0,361	0,023	0,78	1,164	0,185	1,349
Le Rhône, émissaire	0,096	0,002	0,44	0,538	-	-
<u>Aval Lac Léman</u>						
L'Allondon, embouchure	0,060	0,012	2,40	2,472	-	-
L'Arve à la Jonction	0,246	0,012	0,97	1,228	-	-
Le Rhône à Chancy	0,201	0,012	0,87	1,083	-	-

Tableau No 54

MOYENNES PONDEREES

AFFLUENTS	Cl mg Cl/l	ORTHO P mg P/l	P ORG. mg P/l	P TOT. mg P/l
<u>Grand Lac, rive droite</u>				
Le Grand Canal	13,3	0,095	0,149	0,244
L'Eau Froide	4,8	0,048	0,147	0,195
La Maladaire	18,9	0,578	0,754	1,332
La Veveyse	3,6	0,052	0,144	0,196
Le Forestay	14,4	0,165	0,494	0,659
La Lutrive	16,5	0,238	0,343	0,581
La Paudèze	20,9	0,300	0,255	0,755
Le Flon	73,7	0,416	1,376	1,792
La Chamberonne	32,8	0,369	0,602	0,971
La Venoge	18,3	0,192	0,163	0,355
La Morges	31,1	0,239	0,210	0,449
L'Aubonne	7,2	0,046	0,098	0,144
La Dullive	22,6	0,223	0,255	0,478
Moyennes, rive droite	15,6	0,139	0,224	0,363
<u>Grand Lac, rive gauche</u>				
Le Canal Stockalper	9,5	0,046	0,055	0,101
La Bouverette	2,8	0,069	0,077	0,146
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-
La Dranse	3,3	0,059	0,054	0,113
Moyennes, rive gauche	4,8	0,056	0,055	0,111
Le Rhône, embouchure	8,2	0,044	0,048	0,092
Moyennes Grand Lac	8,75	0,058	0,073	0,131
<u>Petit Lac</u>				
La Promenthouse	9,7	0,084	0,088	0,172
Le Nant de Rioud (Crans)	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-
La Doye	15,4	0,138	0,133	0,271
La Versoix	4,9	0,064	0,053	0,117
Le Vengeron	35,0	1,756	0,950	2,706
L'Hermance	26,3	0,201	0,204	0,405
Le Nant d'Aisy	42,3	1,722	1,171	2,893
Moyennes Petit Lac	9,0	0,135	0,108	0,243
Moyennes Léman	8,8	0,061	0,074	0,135
Le Rhône, émissaire	3,4	0,033	0,032	0,065
<u>Aval Lac Léman</u>				
L'Allondon, embouchure	6,2	0,054	0,040	0,094
L'Arve à la Jonction	3,5	0,093	0,037	0,130
Le Rhône à Chancy	3,9	0,095	0,053	0,148

Tableau No 55

MOYENNES PONDEREES

AFFLUENTS	Détergents mg/l	Hydrocarbures mg/l
<u>Grand Lac, rive droite</u>		
Le Grand Canal	0,067	-
L'Eau Froide	0,047	-
La Maladaire	0,195	-
La Veveyse	0,098	-
Le Forestay	0,116	-
La Lutrive	0,152	-
La Paudèze	0,159	-
Le Flon	1,263	-
La Chamberonne	0,563	-
La Venoge	0,121	-
La Morges	0,086	-
L'Aubonne	0,042	-
La Dullive	0,109	-
Moyennes, rive droite	0,155	-
<u>Grand Lac, rive gauche</u>		
Le Canal Stockalper	0,007	0,106
La Bouverette	0,009	0,112
La Morge de St Gingolph	-	-
La Dranse	0,020	0,055
Moyennes, rive gauche	0,017	0,069
Le Rhône, embouchure	0,014	0,104
Moyennes Grand Lac	0,033	0,099
<u>Petit Lac</u>		
La Promenthouse	0,079	-
Le Nant de Riond (Crans)	-	-
Le Nant de Pny	-	-
Le Nant du Brassu	-	-
La Doye	0,028	-
La Versoix	0,004	-
Le Vengeron	0,058	-
L'Hermance	0,015	-
Le Nant d'Aisy	0,077	-
Moyennes Petit Lac	0,037	-
Moyennes Léman	0,033	0,099
Le Rhône, émissaire	0	0
<u>Aval Lac Léman</u>		
L'Allondon, embouchure	0,002	-
L'Arve à la Jonction	0	-
Le Rhône à Chancy	0,020	-

Tableau No 56

MOYENNES PONDEREES

AFFLUENTS	Ca mé/1	Ca mg Ca/1	Mg mé/1	Mg mg Mg/1	K mg K/1
<u>Grand Lac, rive droite</u>					
Le Grand Canal	10,35	207,3	2,07	25,2	2,61
L'Eau Froide	3,64	72,9	0,47	5,7	1,57
La Maladaire	6,53	130,9	0,91	11,1	6,64
La Veveyse	3,44	69,0	0,66	8,0	1,59
Le Forestay	5,01	100,3	0,98	11,9	3,39
La Lutrive	4,80	96,2	0,73	8,9	3,49
La Paudèze	4,23	84,7	0,65	7,9	3,15
Le Flon	4,08	81,7	1,07	13,0	10,64
La Chamberonne	5,95	119,2	0,74	9,0	4,50
La Venoge	5,01	100,4	0,56	6,8	2,16
La Morges	6,42	128,7	0,98	11,9	4,29
L'Aubonne	3,61	72,3	0,47	5,7	0,71
La Dullive	5,72	114,6	0,89	10,8	2,60
Moyennes, rive droite	4,97	99,7	0,77	9,3	2,38
<u>Grand Lac, rive gauche</u>					
Le Canal Stockalper	3,92	78,6	2,82	34,3	2,24
La Bouverette	5,97	119,6	3,35	40,7	1,56
La Morge de St Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	3,56	71,3	0,75	9,1	1,12
Moyennes, rive gauche	3,71	74,3	1,46	17,8	1,40
Le Rhône, embouchure	1,85	37,1	0,60	7,3	1,97
Moyennes Grand Lac	2,51	50,2	0,71	8,6	1,95
<u>Petit Lac</u>					
La Promenthouse	4,46	89,4	0,54	6,6	1,23
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	4,02	80,6	0,49	6,0	1,54
La Versoix	3,68	73,7	0,52	6,3	0,95
Le Vengeron	5,31	106,4	1,21	14,6	7,63
L'Hermance	5,32	106,6	0,86	10,5	4,63
Le Nant d'Aisy	5,94	119,0	1,57	19,1	7,70
Moyennes Petit Lac	4,13	82,8	0,57	6,9	1,46
Moyennes Léman	2,56	51,4	0,71	8,6	1,93
Le Rhône, émissaire	2,31	46,3	0,54	6,6	1,40
<u>Aval Lac Léman</u>					
L'Allondon, embouchure	4,19	84,0	0,56	6,8	13,73
L'Arve à la Jonction	3,10	62,1	0,52	6,3	1,68
Le Rhône à Chancy	2,56	51,3	0,52	6,3	1,60

Tableau No 57

MOYENNES PONDEREES

AFFLUENTS	Dureté totale mé/l	Dureté passa- gère mé/l	Dureté perma- nente mé/l
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	12,42	4,57	7,85
L'Eau Froide	4,11	3,31	0,80
La Maladaire	7,44	6,25	1,19
La Veveye	4,10	3,54	0,56
Le Forestay	5,99	5,26	0,73
La Lutrive	5,53	4,66	0,87
La Paudèze	4,88	4,02	0,86
Le Flon	5,15	4,24	0,91
La Chamberonne	6,69	5,10	1,59
La Venoge	5,57	4,45	1,12
La Morges	7,40	5,44	1,96
L'Aubonne	4,08	3,62	0,46
La Dullive	6,61	5,07	1,54
Moyennes rive droite	5,74	4,14	1,60
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	6,74	2,99	3,75
La Bouverette	9,32	2,80	6,52
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	4,31	3,12	1,19
Moyennes, rive gauche	5,02	3,08	1,94
Rhône, embouchure	2,45	1,38	1,07
Moyennes Grand Lac	3,22	1,97	1,25
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	5,00	4,37	0,63
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pny	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	4,51	3,85	0,66
La Versoix	4,20	3,70	0,50
Le Vengeron	6,52	5,04	1,48
L'Hermance	6,18	4,56	1,62
Le Nant d'Aisy	7,51	4,85	2,66
Moyennes Petit Lac	4,70	4,05	0,65
Moyennes Léman	3,27	2,04	1,23
Le Rhône, émissaire	2,85	1,72	1,13
<u>Aval Lac Léman</u>			
L'Allondon, embouchure	4,75	4,11	0,64
L'Arve à la Jonction	3,62	2,62	1,00
Le Rhône à Chancy	3,08	2,03	1,05

Tableau No 58

APPORTS EN OXYGENE DISSOUS %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	0,45	0,74	0,48
L'Eau Froide	0,44	0,93	0,49
La Maladaire	0,02	0,01	0,02
La Veveyse	0,94	2,67	1,11
Le Forestay	0,17	0,18	0,17
La Lutrive	0,06	0,06	0,06
La Paudèze	0,12	0,08	0,12
Le Flon	0,10	0,09	0,10
La Chamberonne	0,22	0,36	0,23
La Venoge	1,79	4,51	2,05
La Morges	0,20	0,51	0,23
L'Aubonne	2,21	2,26	2,22
La Dullive	0,18	0,19	0,18
Totaux	6,91	12,60	7,45
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,14	2,55	2,19
La Bouverette	0,26	0,33	0,26
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	7,45	9,71	7,70
Totaux	9,85	12,60	10,15
Le Rhône, embouchure	80,56	71,22	79,62
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	97,32	96,41	97,22
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,69	1,45	0,76
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,04	0,05	0,05
La Versoix	1,69	1,82	1,71
Le Vengeron	0,08	0,07	0,08
L'Hermance	0,14	0,17	0,14
Le Nant d'Aisy	0,04	0,03	0,04
Totaux	2,68	3,59	2,78
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 59

APPORTS EN DBO %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	0,93	1,27	0,96
L'Eau Froide	0,91	1,02	0,92
La Maladaire	0,07	0,02	0,07
La Veveyse	1,00	1,68	1,07
Le Forestay	0,37	0,29	0,36
La Lutrive	0,12	0,07	0,12
La Paudèze	0,26	0,11	0,24
Le Flon	3,62	4,40	3,71
La Chamberonne	2,19	1,35	2,11
La Venoge	2,53	4,18	2,70
La Morges	0,66	0,75	0,67
L'Aubonne	1,90	1,27	1,83
La Dullive	0,28	0,27	0,28
Totaux	14,84	16,68	15,00
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1,73	2,21	1,78
La Bouverette	0,23	0,35	0,25
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	8,56	7,64	8,41
Totaux	10,52	10,20	10,44
Le Rhône, embouchure	72,58	70,76	72,42
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	97,93	97,64	97,90
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,65	0,90	0,68
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pny	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,09	0,06	0,09
La Versoix	0,96	1,02	0,96
Le Vengeron	0,17	0,17	0,17
L'Hermance	0,10	0,15	0,10
Le Nant d'Aisy	0,10	0,07	0,09
Totaux	2,07	2,36	2,10
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 60

APPORTS EN AZOTE AMMONIACAL %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	0,71	1,20	0,77
L'Eau Froide	0,67	0,89	0,70
La Maladaire	0,16	0,03	0,14
La Veveyse	0,53	1,24	0,62
Le Forestay	0,18	0,17	0,18
La Lutrive	0,09	0,06	0,08
La Paudèze	0,24	0,10	0,22
Le Flon	18,42	20,75	18,95
La Chamberonne	1,80	0,87	1,70
La Venoge	1,72	3,59	1,95
La Morges	0,44	0,31	0,43
L'Aubonne	1,15	0,57	1,09
La Dullive	0,24	0,22	0,24
Totaux	26,34	29,99	27,09
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	0,96	1,49	1,03
La Bouverette	0,07	0,13	0,08
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	29,59	1,03	25,39
Totaux	30,63	2,65	26,51
Le Rhône, embouchure	40,77	64,81	44,10
<u>Ensemble</u> Grand Lac Totaux	97,74	97,45	97,69
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,30	0,40	0,32
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,14	0,02	0,13
La Versoix	0,34	0,41	0,35
Le Vengeron	0,79	0,73	0,78
L'Hermance	0,15	0,14	0,15
Le Nant d'Aisy	0,53	0,85	0,58
Totaux	2,26	2,55	2,31
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 61

APPORTS EN AZOTE NITREUX %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,18	2,10	1,28
L'Eau Froide	0,33	0,48	0,34
La Maladaire	0,18	0,05	0,17
La Veveyse	0,81	0,83	0,81
Le Forestay	0,55	0,30	0,52
La Lutrive	0,22	0,10	0,21
La Paudèze	0,31	0,11	0,29
Le Flon	2,91	3,28	2,95
La Chamberonne	1,66	1,34	1,63
La Venoge	4,45	6,13	4,63
La Morges	0,79	1,24	0,84
L'Aubonne	1,82	1,15	1,75
La Dullive	0,55	0,86	0,61
Totaux	15,76	17,97	16,03
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,81	2,29	2,75
La Bouverette	0,27	0,07	0,25
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	4,93	3,25	4,69
Totaux	8,01	5,62	7,69
Le Rhône, embouchure	74,15	73,07	74,08
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	97,93	96,66	97,80
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,57	0,97	0,61
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pny	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,21	0,07	0,19
La Versoix	0,57	0,54	0,57
Le Vengeron	0,36	0,92	0,41
L'Hermance	0,11	0,15	0,11
Le Nant d'Aisy	0,25	0,69	0,30
Totaux	2,07	3,34	2,20
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 62

APPORTS EN AZOTE NITRIQUE %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,88	1,96	1,89
L'Eau Froide	0,49	0,72	0,52
La Maladaire	0,12	0,09	0,12
La Veveyse	1,12	1,86	1,23
Le Forestay	0,69	0,58	0,68
La Lutrive	0,21	0,18	0,21
La Paudèze	0,34	0,14	0,31
Le Flon	0,47	0,29	0,44
La Chamberonne	1,38	2,12	1,49
La Venoge	9,59	17,73	10,81
La Morges	1,69	3,72	2,00
L'Aubonne	3,73	3,95	3,76
La Dullive	1,31	1,08	1,30
Totaux	23,03	34,41	24,76
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,43	3,01	2,53
La Bouverette	0,17	0,24	0,18
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	11,13	6,24	10,33
Totaux	13,73	9,50	13,04
Le Rhône, embouchure	55,37	46,27	54,07
<u>Ensemble</u> Grand Lac	Totaux 92,13	90,18	91,87
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	2,25	3,31	2,41
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,12	0,01	0,13
La Versoix	3,43	3,63	3,43
Le Vengeron	0,61	0,94	0,65
L'Hermance	0,85	1,38	0,92
Le Nant d'Aisy	0,61	0,56	0,60
Totaux	7,87	9,82	8,14
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,01

Tableau No 63

APPORTS EN AZOTE MINERAL TOTAL %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,39	1,71	1,44
L'Eau Froide	0,56	0,73	0,59
La Maladaire	0,14	0,07	0,13
La Veveyse	0,88	1,63	0,98
Le Forestay	0,49	0,44	0,48
La Lutrive	0,16	0,14	0,16
La Paudèze	0,30	0,12	0,28
Le Flon	7,70	7,27	7,71
La Chamberonne	1,55	1,68	1,57
La Venoge	6,30	12,68	7,19
La Morges	1,17	2,51	1,36
L'Aubonne	2,64	2,74	2,66
La Dullive	0,86	0,78	0,87
Totaux	24,13	32,50	25,41
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1,85	2,48	1,95
La Bouverette	0,14	0,20	0,15
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	18,30	4,41	16,02
Totaux	20,29	7,09	18,12
Le Rhône, embouchure	50,12	53,11	50,78
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	94,54	92,70	94,30
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	1,42	2,28	1,54
Le Nant de Riend (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,13	0,09	0,13
La Versoix	2,11	2,47	2,15
Le Vengeron	0,67	0,87	0,69
L'Hermance	0,55	0,93	0,60
Le Nant d'Aisy	0,57	0,66	0,58
Totaux	5,46	7,30	5,70
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 64

APPORTS EN AZOTE ORGANIQUE %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	-	-	-
L'Eau Froide	-	-	-
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	-	-	-
Le Forestay	-	-	-
La Lutrive	-	-	-
La Paudèze	-	-	-
Le Flon	-	-	-
La Chamberonne	-	-	-
La Venoge	-	-	-
La Morges	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-
La Dullive	-	-	-
Totaux			
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	3,45	2,46	3,13
La Bouverette	0,33	0,24	0,30
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	11,55	15,76	12,92
Totaux	15,33	18,46	16,35
Le Rhône, embouchure	84,67	81,54	83,65
<u>Ensemble</u> Grand Lac Totaux	100,00	100,00	100,00
<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	-	-	-
Totaux			
Ensemble Lac Léman			

Tableau No 65

APPORTS EN AZOTE TOTAL %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	-	-	-
L'Eau Froide	-	-	-
La Maladaire	-	-	-
La Veveyse	-	-	-
Le Forestay	-	-	-
La Lutrive	-	-	-
La Paudèze	-	-	-
Le Flon	-	-	-
La Chamberonne	-	-	-
La Venoge	-	-	-
La Morges	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-
La Dullive	-	-	-
Totaux			
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,84	3,83	2,90
La Bouverette	0,23	0,31	0,23
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	22,31	8,84	20,87
Totaux	25,38	12,98	24,01
Le Rhône, embouchure	74,62	87,02	75,99
<u>Ensemble</u> Grand Lac Totaux	100,00	100,00	100,00
<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	-	-	-
Totaux			
Ensemble Lac Léman			

Tableau No 66

APPORTS EN ORTHOPHOSPHATES %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	0,37	2,04	0,49
L'Eau Froide	0,46	0,79	0,50
La Maladaire	0,14	0,11	0,14
La Veveyse	0,57	2,06	0,69
Le Forestay	0,35	0,45	0,37
La Lutrive	0,27	0,23	0,28
La Paudèze	0,47	0,36	0,48
Le Flon	6,36	3,88	6,28
La Chamberonne	1,76	2,25	1,85
La Venoge	3,97	13,13	4,70
La Morges	0,96	1,88	1,05
L'Aubonne	1,44	1,57	1,50
La Dullive	0,51	0,67	0,52
Totaux	17,62	29,43	18,82
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1,10	2,24	1,21
La Bouverette	0,20	0,38	0,22
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	44,90	9,42	40,95
Totaux	46,20	12,04	42,38
Le Rhône, embouchure	32,75	51,06	34,99
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	96,56	92,53	96,19
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,52	1,87	0,62
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	---	-	-
La Doye	0,15	0,11	0,15
La Versoix	1,01	1,78	1,09
Le Vengeron	1,04	2,25	1,15
L'Hermance	0,17	0,50	0,20
Le Nant d'Aisy	0,54	0,97	0,59
Totaux	3,43	7,47	3,81
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 67

APPORTS EN PHOSPHORE ORGANIQUE %

AFFLUENTS	NORMES 1964- 1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,30	2,69	1,42
L'Eau Froide	0,98	2,01	1,07
La Maladaire	0,23	0,12	0,23
La Veveyse	3,01	5,16	3,20
Le Forestay	0,68	1,13	0,73
La Lutrive	0,27	0,29	0,27
La Paudèze	0,66	0,26	0,64
Le Flon	12,18	10,82	12,01
La Chamberonne	3,84	3,09	3,82
La Venoge	4,56	9,42	4,96
La Morges	1,08	1,39	1,12
L'Aubonne	4,60	2,32	4,51
La Dullive	0,38	0,63	0,40
Totaux	33,78	39,33	34,36
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,10	2,20	2,12
La Bouverette	0,14	0,36	0,16
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	22,18	6,05	20,46
Totaux	24,42	8,61	22,74
Le Rhône, embouchure	39,13	47,18	40,05
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	97,33	95,12	97,15
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,83	1,57	0,89
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,17	0,09	0,17
La Versoix	0,61	1,23	0,66
Le Vengeron	0,57	1,02	0,61
L'Hermance	0,23	0,42	0,24
Le Nant d'Aisy	0,26	0,55	0,29
Totaux	2,67	4,88	2,85
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 68

APPORTS EN PHOSPHORE TOTAL %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	0,85	2,39	0,97
L'Eau Froide	0,73	1,45	0,79
La Maladaire	0,19	0,11	0,18
La Veveyse	1,82	3,75	1,99
Le Forestay	0,52	0,82	0,55
La Lutrive	0,27	0,26	0,27
La Paudèze	0,57	0,31	0,56
Le Flon	9,34	7,65	9,26
La Chamberonne	2,82	2,71	2,87
La Venoge	4,27	11,12	4,84
La Morges	1,02	1,61	1,08
L'Aubonne	3,06	1,98	3,07
La Dullive	0,44	0,65	0,46
Totaux	25,90	34,81	26,91
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	1,61	2,22	1,68
La Bouverette	0,17	0,37	0,19
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	33,25	7,59	30,29
Totaux	35,03	10,18	32,16
Le Rhône, embouchure	36,02	48,95	37,62
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	96,95	93,93	96,69
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,68	1,70	0,76
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,16	0,10	0,16
La Versoix	0,80	1,48	0,87
Le Vengeron	0,80	1,58	0,87
L'Hermance	0,20	0,46	0,22
Le Nant d'Aisy	0,40	0,74	0,43
Totaux	3,05	6,07	3,31
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 69

APPORTS EN DETERGENTS %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,47	3,46	1,70
L'Eau Froide	0,94	1,77	1,05
La Maladaire	0,09	0,07	0,10
La Veveyse	1,09	7,84	1,55
Le Forestay	0,33	0,66	0,37
La Lutrive	0,14	0,29	0,15
La Paudèze	0,27	0,33	0,29
Le Flon	8,97	23,23	10,65
La Chamberonne	2,06	5,78	2,42
La Venoge	2,20	11,19	2,86
La Morges	0,94	1,73	1,05
L'Aubonne	2,37	2,00	2,53
La Dullive	0,27	0,70	0,32
Totaux	21,13	59,07	25,06
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	0,92	0,70	0,94
La Bouverette	0,10	0,10	0,10
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	46,21	6,47	40,52
Totaux	47,22	7,27	41,56
Le Rhône, embouchure	29,12	30,11	30,63
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	97,47	96,45	97,25
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,54	2,79	0,71
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Fry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,11	0,03	0,11
La Versoix	0,80	0,25	0,82
Le Vengeron	0,77	0,15	0,78
L'Hermance	0,09	0,07	0,10
Le Nant d'Aisy	0,21	0,27	0,23
Totaux	2,53	3,55	2,75
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	99,98

Tableau No 70

APPORTS EN CHLORURES %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,60	1,83	1,63
L'Eau Froide	0,41	0,48	0,42
La Maladaire	0,06	0,03	0,05
La Veveyse	0,58	0,90	0,63
Le Forestay	0,29	0,25	0,28
La Lutrive	0,14	0,10	0,14
La Paudèze	0,31	0,16	0,28
Le Flon	4,97	4,43	4,91
La Chamberonne	1,71	1,29	1,65
La Venoge	4,91	8,04	5,36
La Morges	0,77	1,57	0,88
L'Aubonne	1,33	1,50	1,35
La Dullive	0,68	0,44	0,63
Totaux	17,76	21,03	18,22
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	3,80	2,95	3,66
La Bouverette	0,12	0,10	0,12
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	8,76	3,57	7,81
Totaux	12,67	6,62	11,59
Le Rhône, embouchure	66,46	69,13	67,08
<u>Ensemble</u> Grand Lac	Totaux 96,89	96,79	96,89
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,79	1,39	0,87
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,08	0,08	0,08
La Versoix	1,37	0,88	1,30
Le Vengeron	0,35	0,29	0,34
L'Hermance	0,29	0,42	0,30
Le Nant d'Aisy	0,23	0,16	0,22
Totaux	3,11	3,21	3,11
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 71

APPORTS EN HYDROCARBURES %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	0,74		0,79
L'Eau Froide	1,30		1,40
La Maladaire	0,27		0,29
La Veveyse	0,81		0,87
Le Forestay	0,33		0,36
La Lutrive	0,09		0,10
La Paudèze	0,83		0,89
Le Flon	5,30		5,71
La Chamberonne	18,66		20,08
La Venoge	3,88		4,18
La Morges	1,67		1,79
L'Aubonne	0,68		0,73
La Dullive	0,20		0,22
Totaux	34,77		37,43
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	2,08	3,65	2,00
La Bouverette	0,16	0,29	0,15
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	0,99	6,00	1,11
Totaux	3,23	9,95	3,27
Le Rhône, embouchure	61,46	90,05	58,72
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	99,46	100,00	99,42
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,47		0,51
Le Nant de Riond (Crans)	-		-
Le Nant de Pry	-		-
Le Nant du Brassu	-		-
La Doye	0,07		0,08
La Versoix	-		-
Le Vengeron	-		-
L'Hermance	-		-
Le Nant d'Aisy	-		-
Totaux	0,54		0,58
Ensemble Lac Léman	100,00		100,00

Tableau No 72

APPORTS EN POTASSIUM %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1974	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	1,15	1,70	1,22
L'Eau Froide	0,49	0,77	0,52
La Maladaire	0,08	0,04	0,08
La Veveyse	0,89	1,89	1,00
Le Forestay	0,29	0,28	0,29
La Lutrive	0,12	0,10	0,12
La Paudèze	0,20	0,11	0,20
Le Flon	2,83	3,00	2,88
La Chamberonne	0,94	0,83	0,94
La Venoge	2,67	4,47	2,89
La Morges	0,59	1,02	0,64
L'Aubonne	1,23	0,73	1,20
La Dullive	0,29	0,24	0,28
Totaux	11,76	15,18	12,26
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	3,15	3,27	3,17
La Bouverette	0,23	0,26	0,23
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	10,04	5,37	9,19
Totaux	13,42	8,90	12,60
Le Rhône, embouchure	73,57	73,49	73,38
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	98,76	97,57	98,24
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,50	0,83	0,54
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,07	0,04	0,07
La Versoix	0,38	0,79	0,60
Le Vengeron	0,15	0,30	0,22
L'Hermance	0,07	0,35	0,23
Le Nant d'Aisy	0,07	0,13	0,10
Totaux	1,24	2,43	1,76
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 73

APPORTS EN CALCIUM %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	3,68	4,85	3,81
L'Eau Froide	1,06	1,29	0,83
La Maladaire	0,05	0,03	0,04
La Veveyse	1,18	2,95	1,38
Le Forestay	0,30	0,30	0,30
La Lutrive	0,09	0,10	0,09
La Paudèze	0,17	0,11	0,16
Le Flon	0,83	0,83	0,83
La Chamberonne	0,58	0,79	0,60
La Venoge	3,42	7,48	3,75
La Morges	0,43	1,10	0,50
L'Aubonne	2,93	2,68	2,90
La Dullive	0,36	0,38	0,37
Totaux	14,78	22,89	15,58
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	4,95	4,13	4,85
La Bouverette	0,68	0,72	0,68
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	11,14	12,32	11,48
Totaux	16,77	17,17	17,02
Le Rhône, embouchure	64,48	54,99	63,33
<u>Ensemble</u> <u>Grand Lac</u> Totaux	96,03	95,04	95,92
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	1,11	2,15	1,23
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,07	0,07	0,07
La Versoix	2,27	2,23	2,27
Le Vengeron	0,18	0,15	0,17
L'Hermance	0,22	0,29	0,23
Le Nant d'Aisy	0,11	0,07	0,11
Totaux	3,97	4,96	4,08
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

Tableau No 74

APPORTS EN MAGNESIUM %

AFFLUENTS	NORMES 1964-1973	Année 1974	NORMES 1964-1974
<u>Grand Lac, rive droite</u>			
Le Grand Canal	3,24	3,63	3,29
L'Eau Froide	0,49	0,63	0,50
La Maladaire	0,04	0,01	0,03
La Veveyse	0,82	2,11	0,97
Le Forestay	0,21	0,22	0,21
La Lutrive	0,07	0,06	0,06
La Paudèze	0,12	0,06	0,11
Le Flon	0,67	0,82	0,69
La Chamberonne	0,36	0,36	0,36
La Venoge	2,06	3,08	2,17
La Morges	0,28	0,63	0,32
L'Aubonne	1,61	1,30	1,69
La Dullive	0,24	0,22	0,23
Totaux	10,20	13,13	10,63
<u>Grand Lac, rive gauche</u>			
Le Canal Stockalper	8,03	11,10	8,42
La Bouverette	0,95	1,50	1,01
La Morge de St Gingolph	-	-	-
La Dranse	10,46	10,07	10,39
Totaux	19,44	22,67	19,82
Le Rhône, embouchure	67,87	61,64	67,04
<u>Ensemble</u> Grand Lac	Totaux 97,51	97,44	97,51
<u>Petit Lac</u>			
La Promenthouse	0,74	0,97	0,77
Le Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Le Nant de Pry	-	-	-
Le Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	0,05	0,03	0,05
La Versoix	1,32	1,18	1,30
Le Vengeron	0,15	0,13	0,14
L'Hermance	0,15	0,17	0,15
Le Nant d'Aisy	0,08	0,07	0,08
Totaux	2,49	2,56	2,49
Ensemble Lac Léman	100,00	100,00	100,00

R A P P O R T

SUR L'ORIGINE DU PHOSPHORE DANS LE RHONE

Campagne 1974

par P.-P. HAENNI

Adjoint du chimiste
cantonal

Sion

1. INTRODUCTION

L'étude de la recherche de l'origine du phosphore dans les eaux du Rhône prévue au programme quinquennal 1971-1975, s'est poursuivie pour prendre fin en 1974 avec l'étude de 2 canaux valaisans. Il s'agissait en effet d'étudier dans quelles proportions les canaux d'irrigation alimentent le Rhône en phosphore.

2. Points de prélèvements

Dans le choix des canaux il a été tenu compte du passage des canaux, si possible au travers de terrains voués à la culture maraîchère, à l'arboriculture, etc. D'autre part pour des raisons économiques, le choix s'est porté sur des canaux se trouvant à proximité du lieu de travail. Ainsi, le canal du Syndicat et le canal Leytron-Martigny, deux cours d'eau situés de part et d'autre du Rhône, entre Riddes et Martigny, ont été retenus. Les deux canaux se déversent dans le Rhône.

Pendant 8 campagnes, chaque canal a été prélevé sur 6 points. Leur situation est indiquée sur la carte de la page suivante.

Coordonnées des points de prélèvements :

<u>Canal du Syndicat</u>	No 1	581980	/	113450
	No 2	582420	/	112950
	No 3	581820	/	112530
	No 4	580880	/	111890
	No 5	576500	/	108880
	No 6	572620	/	107860

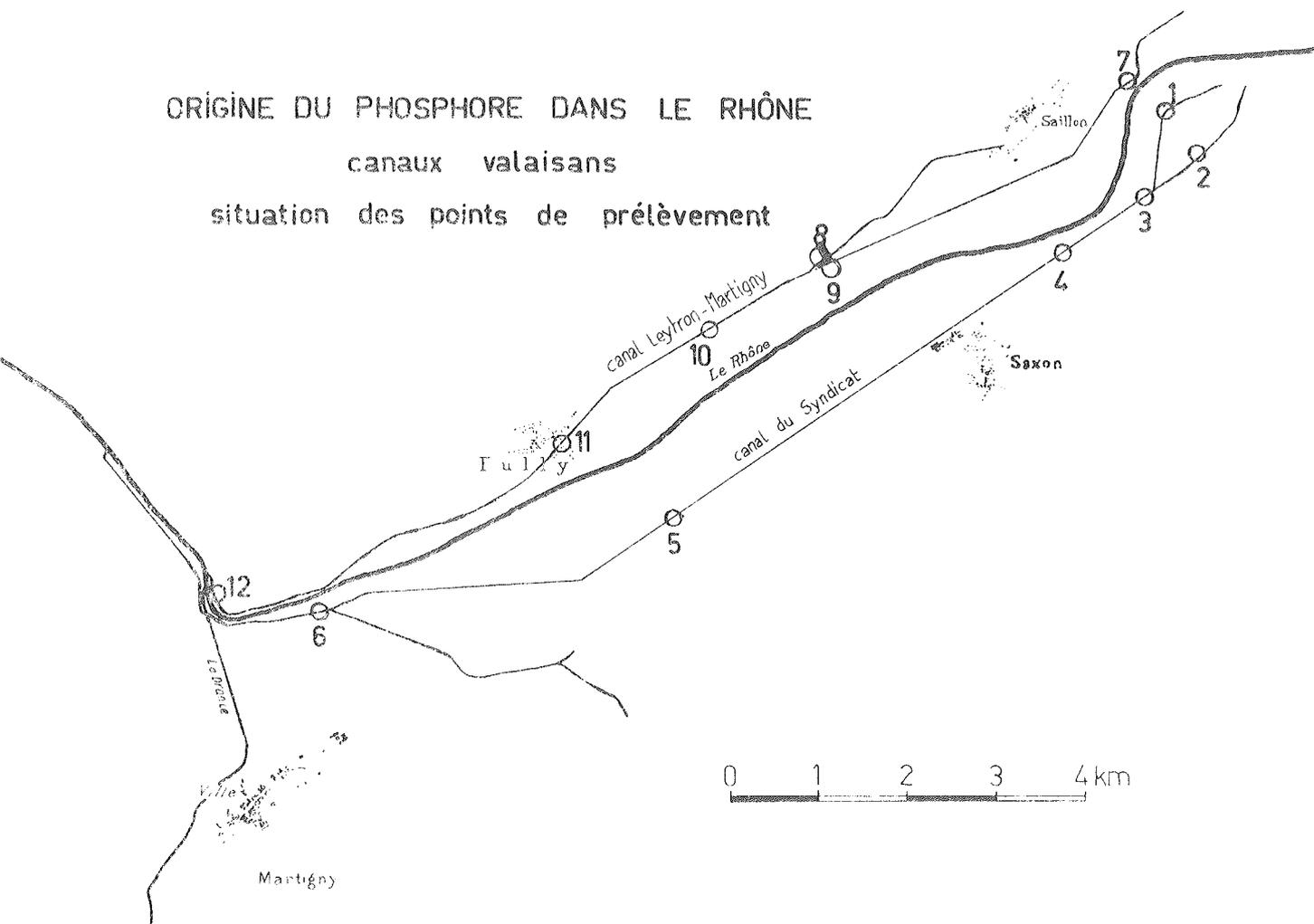
Canal Leytron - Martigny

No 7	581680	/	113820
No 8	578150	/	111790
No 9	578180	/	111720
No 10	576890	/	110990
No 11	575210	/	109720
No 12	571370	/	107880

ORIGINE DU PHOSPHORE DANS LE RHÔNE

canaux valaisans

situation des points de prélèvement



3. Analyses

Les analyses suivantes ont été effectuées en laboratoire :

- pH à 20°C
- Conductivité à 20°C
- Dureté passagère
- Dureté totale
- Orthophosphates (phosphore soluble)
- Phosphore total sur l'eau filtrée (membrane de 0,8 μ)
- Phosphore total

4. Résultats analytiques

Les résultats analytiques des 8 campagnes figurent dans les tableaux rassemblés à la fin de ce rapport.

5. Discussion des résultats

5.1. Canal du Syndicat

Les concentrations en phosphore aux points 1 et 2 sont relativement élevées; cela est dû au faible débit à l'origine de ce canal. Cependant, il est intéressant de relever que l'alimentation de ce canal au point 1, n'est, en aucune façon, liée à l'apport d'eau industrielle ou ménagère. Par contre, entre le point 3 et 6, plusieurs affluents sont constitués, presque exclusivement, d'eaux usées ménagères provenant de petites agglomérations, ce qui, d'une façon inévitable, vient accroître la concentration en phosphore, autant minéral qu'organique, dans le Canal du Syndicat.

5.2. Canal Leytron-Martigny

Pour le Canal Leytron-Martigny, il faut relever d'une manière générale, la concentration en phosphore nettement moins élevée. Elle atteint environ le 50 % des concentrations mesurées dans le canal du Syndicat. Ceci est dû à la proportion différente entre l'eau ménagère et l'eau naturelle qui alimentent ce canal; la quantité d'eau naturelle étant nettement supérieure. De ce fait, le débit est également plus important dans ce cours d'eau que dans le canal du Syndicat.

6. Conclusions

La concentration en phosphore, aussi bien minéral que total, est assez élevée dans l'eau du Canal du Syndicat et dans celui de Leytron-Martigny. Pour le premier on peut noter une pointe, au mois d'avril, de 0,631 mg/l et pour le second, au mois de juin, de 0,311 mg/l de phosphore total à l'embouchure dans le Rhône.

Il n'a malheureusement pas été possible de trouver, dans la Plaine du Rhône, un canal ne recevant pas d'eau ménagère afin d'étudier plus exactement l'influence de l'agriculture sur la concentration en phosphore de ces eaux. Cette étude devrait, peut-être, être refaite lorsque toutes les eaux des petites agglomérations de la plaine du Rhône seraient épurées jusqu'au troisième stade du traitement (déphosphatation).

Néanmoins, il est déjà possible de conclure qu'une partie du phosphore, il va sans dire difficilement chiffrable, est apporté dans les eaux des canaux valaisans par l'agriculture. Ceci est démontré assez clairement aux points initiaux des 2 canaux étudiés où il n'y a pas encore d'apports de phosphore provenant d'eaux usées ménagères.

MOYENNES ANNUELLES DES CONCENTRATIONS EN PHOSPHORE

		PHOSPHORE		
		soluble	total	total eau filtrée
		mg P/l	mg P/l	mg P/l
<u>Canal du Syndicat</u>	1	0,203	0,349	0,498
	2	0,496	0,656	0,939
	3	0,136	0,207	0,266
	4	0,069	0,097	0,147
	5	0,077	0,134	0,211
	6	0,224	0,293	0,422
<u>Canal Leytron-Martigny</u>	7	0,062	0,119	0,158
	8	0,049	0,092	0,127
	9	0,048	0,097	0,149
	10	0,046	0,096	0,162
	11	0,084	0,135	0,164
	12	0,117	0,174	0,228

Prélèvements du 14 février 1974

Point de préél.	pH à 20°C	Conductivité 20°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
			passag.	totale	soluble	total eau filtrée	total
			mé/l	mé/l	mg P/l	mg P/l	mg P/l
1	8,26	460	3,84	5,76	0,004	0,022	0,025
2	7,98	438	3,02	4,99	0,238	0,410	0,454
3	8,25	460	3,81	6,02	0,121	0,169	0,191
4	7,83	219	1,55	2,36	0,033	0,045	0,054
5	8,08	302	2,06	3,35	0,038	0,054	0,061
6	8,03	405	2,57	4,32	0,216	0,410	0,414
7	8,20	479	2,90	5,69	0,116	0,159	0,171
8	8,27	570	3,57	6,34	0,091	0,117	0,132
9	8,19	555	3,73	6,55	0,082	0,119	0,123
10	8,26	523	3,58	6,29	0,082	0,083	0,128
11	8,19	372	2,80	4,18	0,121	0,198	0,209
12	8,29	426	3,63	6,02	0,211	0,192	0,261

Prélèvements du 12 mars 1974

1	8,08	399	3,65	5,62	0,015	0,018	0,025
2	7,71	399	3,12	5,13	0,322	0,612	0,648
3	8,05	528	3,85	6,05	0,189	0,212	0,242
4	7,75	229	1,47	2,23	0,025	0,028	0,076
5	7,83	266	1,76	2,92	0,125	0,147	0,203
6	7,40	368	2,43	3,96	0,259	0,310	0,432
7	7,72	252	1,40	2,67	0,067	0,128	0,165
8	8,05	570	3,57	6,49	0,107	0,128	0,180
9	8,08	453	3,07	5,15	0,144	0,162	0,179
10	8,02	505	3,24	5,58	0,083	0,108	0,218
11	7,98	322	2,23	3,24	0,077	0,090	0,122
12	8,01	374	2,37	4,04	0,161	0,186	0,192

Prélèvements du 8 avril 1974

Point de prél.	pH à 20°C	Conduc. tivité 20°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
			passag. mé/1	totale mé/1	soluble mg P/1	total eau filtrée mg P/1	total mg P/1
1	7,86	1'766	3,60	5,41	1,530	2,220	3,090
2	7,49	436	2,79	4,83	2,040	2,500	4,050
3	8,31	507	3,87	5,99	0,101	0,461	0,614
4	8,13	277	1,79	2,81	0,296	0,322	0,328
5	8,39	451	2,90	5,01	0,058	0,072	0,085
6	8,29	408	2,70	4,25	0,333	0,519	0,631
7	8,11	280	1,87	2,96	0,072	0,226	0,252
8	8,23	408	2,94	4,83	0,090	0,110	0,130
9	8,29	346	2,86	3,95	0,026	0,063	0,091
10	8,23	394	2,86	4,38	0,045	0,112	0,161
11	8,34	394	2,95	4,47	0,172	0,202	0,220
12	8,23	392	2,86	4,43	0,150	0,247	0,272

Prélèvements du 8 mai 1974

1	8,31	461	3,54	5,36	0,009	0,090	0,144
2	7,98	428	2,95	4,57	0,368	0,544	0,640
3	8,16	490	3,77	5,75	0,148	0,156	0,176
4	7,72	220	1,47	2,16	0,009	0,034	0,054
5	7,97	426	2,66	4,82	0,058	0,076	0,098
6	7,82	306	1,88	3,09	0,238	0,336	0,364
7	8,55	368	2,80	4,68	0,198	0,224	0,240
8	8,18	450	3,03	5,15	0,042	0,101	0,128
9	8,21	403	2,97	4,80	0,065	0,168	0,217
10	8,27	431	3,06	4,98	0,088	0,183	0,209
11	8,18	431	3,00	4,77	0,153	0,247	0,272
12	8,15	431	3,02	4,87	0,153	0,205	0,248

Prélèvements du 2 juin 1974

Point de prél.	pH à 20°C	Conduc. tivité 20°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
			passag. mé/1	totale mé/1	soluble mg P/1	total eau filtrée mg P/1	total mg P/1
1	7,70	465	3,72	5,62	0,009	0,104	0,136
2	7,50	209	1,41	2,15	0,147	0,164	0,244
3	7,80	306	2,30	3,40	0,076	0,102	0,178
4	7,60	269	1,83	2,83	0,082	0,092	0,198
5	7,50	363	2,25	3,90	0,132	0,150	0,170
6	7,30	309	1,82	3,10	0,413	0,456	0,622
7	7,70	254	1,52	2,58	0,009	0,074	0,096
8	7,70	302	2,30	3,20	0,016	0,081	0,113
9	7,80	265	1,77	2,79	0,006	0,071	0,085
10	7,70	302	2,26	3,25	0,006	0,088	0,126
11	7,80	299	2,28	3,31	0,038	0,081	0,117
12	7,60	287	2,23	3,24	0,128	0,221	0,311

Prélèvements du 9 juillet 1974

1	7,80	526	3,83	5,97	0,041	0,146	0,180
2	7,80	448	3,05	4,80	0,196	0,321	0,461
3	8,00	512	3,78	5,96	0,072	0,085	0,130
4	8,00	274	1,85	2,80	0,062	0,077	0,162
5	7,90	340	2,17	3,49	0,172	0,258	0,343
6	8,00	342	2,08	3,53	0,183	0,226	0,332
7	8,00	229	1,49	2,36	0,018	0,072	0,122
8	8,00	241	1,90	2,57	0,016	0,076	0,122
9	8,00	244	1,67	2,59	0,012	0,072	0,122
10	7,90	245	1,89	2,62	0,021	0,076	0,096
11	8,00	248	1,92	2,65	0,031	0,085	0,118
12	7,90	257	1,97	2,73	0,051	0,126	0,151

Prélèvements du 6 août 1974

Point de prél.	pH à 20°C	Conduc. tivité 20°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Dureté		Phosphore		
			passag. mé/l	totale mé/l	soluble mg P/l	total eau filtrée mg P/l	total mg P/l
1	8,30	415	3,67	5,49	0,013	0,096	0,242
2	7,80	405	2,49	4,27	0,438	0,475	0,766
3	8,20	441	3,42	5,34	0,251	0,326	0,435
4	7,70	201	1,50	2,46	0,015	0,127	0,248
5	7,90	266	1,75	2,99	0,031	0,175	0,563
6	7,80	284	1,69	2,93	0,105	0,311	0,504
7	7,80	233	1,30	2,55	0,006	0,042	0,191
8	7,90	298	1,99	3,20	0,002	0,085	0,161
9	7,60	271	1,54	2,87	0,015	0,087	0,245
10	7,80	295	1,96	3,20	0,002	0,071	0,215
11	8,00	298	1,99	3,24	0,040	0,128	0,206
12	7,50	298	2,05	3,19	0,026	0,104	0,240

Prélèvements du 8 octobre 1974

1	8,30	509	4,36	6,16	0,006	0,098	0,141
2	7,90	473	3,46	5,11	0,220	0,225	0,252
3	8,00	537	4,16	6,04	0,133	0,145	0,162
4	8,00	384	2,68	4,04	0,031	0,049	0,058
5	8,20	530	3,38	5,76	0,004	0,136	0,162
6	8,10	516	3,10	5,44	0,042	0,045	0,077
7	7,90	289	1,75	3,07	0,013	0,023	0,026
8	8,10	442	2,89	4,63	0,026	0,038	0,049
9	7,90	377	2,41	4,06	0,031	0,032	0,035
10	8,00	418	2,82	4,47	0,040	0,046	0,049
11	7,90	323	2,37	3,36	0,040	0,049	0,051
12	8,00	398	2,85	4,54	0,060	0,113	0,148

INFLUENCE DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION
SUR LA QUALITE DES EAUX DES RECEPTEURS

Campagne 1974

L. Thélin
Docteur ès sciences
Chef du service des contrôles de pollution
Département des travaux publics
Genève

1. INTRODUCTION

Le plan quinquennal 1971-1975 prévoyait l'étude de huit stations d'épuration. En 1974, les contrôles ont été effectués sur 7 stations: mensuellement pour les stations d'Aire, du Grand-Saconnex, de Vidy, de Pully et de Nyon; cinq fois pour les stations de Thonon et quatre fois pour celle de Bussigny (tableaux 1 et 2).

D'autre part, conformément aux vœux exprimés par la Commission internationale lors de sa séance plénière 1973 tenue en Arles, la deuxième partie de ce rapport passera en revue les résultats des contrôles effectués sur les autres stations d'épuration du bassin lémanique.

2. COMPARAISON DES RENDEMENTS D'EPURATION 1974 AVEC CEUX DES ANNEES
PRECEDENTES

La comparaison des résultats 1974 avec ceux des années précédentes n'est pas possible pour les stations de Thonon, Nyon et Bussigny, les contrôles effectués sur ces stations étant trop fragmentaires.

Pour la station du Grand-Saconnex, où l'on dispose maintenant de 6 années de contrôles (tableau 3), on constate que l'introduction intermittente en 1973 et constante en 1974 de la déphosphatation a perturbé le fonctionnement général de l'épuration.

Cependant, la comparaison entre le premier et le deuxième semestre 1974 montre une nette amélioration des rendements. La station a alors retrouvé son équilibre et atteint presque les rendements précédents.

Les stations de Vidy et Pully (tableau 4) montrent une grande régularité dans les rendements d'épuration, tandis que ceux d'Aïre sont en nette amélioration.

3. EFFICACITE DES STATIONS D'EPURATION

Le rendement d'épuration représente l'élimination effectuée dans la station. Il est calculé sur l'eau brute, sauf pour la station de Thonon où il est calculé sur l'eau après décantation. C'est dans ce cas, le rendement de l'épuration biologique uniquement (tableau 5).

Matières totales en suspension

L'élimination des matières en suspension est supérieure à 75 % dans 5 stations, seule celle du Grand-Saconnex n'atteint pas ce chiffre. Le rendement de 45 % pour la partie biologique de Thonon est normal, l'élimination des matières en suspension ayant lieu par définition dans les décanteurs.

DBO₅

Quatre stations présentent des rendements supérieurs à 80 % (jusqu'à 87 %).

Oxydabilité au permanganate

Rendements variant de 40 à 74 %, ce qui est plus faible que pour la DBO et généralement insuffisant.

DCO

Pour les quatre stations où ces analyses ont été effectuées, les rendements sont nettement moins bons, 26 % : Aïre. Seule la station de Vidy a un rendement convenable.

Phosphore et orthophosphates

La station de Vidy est équipée d'une installation de déphosphatation depuis plusieurs années. Elle obtient des diminutions de plus de 85 %.

Les stations du Grand-Saconnex, Pully et Nyon, équipées depuis un an ou deux, n'obtiennent pas encore les résultats souhaités.

Pour Thonon, le fonctionnement est encore trop intermittent pour qu'une moyenne annuelle ait de la signification.

Enfin Aïre et Bussigny ne sont pas équipées.

4. RESPECT DES EXIGENCES OFFICIELLES

Le tableau 5 permet de comparer les concentrations de l'effluent traité, avec les normes de rejets franco-suissees adoptées par la Commission du Léman.

Matières totales en suspension

Norme respectée lorsque l'élimination est de plus de 80 % (Aïre, Vidy, Pully, Bussigny). Les stations du Grand-Saconnex et de Nyon dépassent un peu cette norme, et Thonon de plus du double.

DBO₅

Trois stations respectent la norme de 20 mg (Aïre, Pully, Bussigny), Vidy s'en approche de très près 21 mg/l, tandis que Grand-Saconnex, Thonon et Nyon la dépassent plus ou moins (29 à 67 ! mg/l).

Oxydabilité au permanganate

Cette norme n'est atteinte que par la station de Pully. Les dépassements allant jusqu'au double à Nyon et Thonon.

DCO

Norme respectée au Grand-Saconnex uniquement. Dépassée à Vidy, Aïre et Thonon.

Phosphore

Seule la station de Vidy respecte les normes concernant le phosphore.

Les autres stations pratiquant la déphosphatation s'en approchent mais ne les respectent pas encore.

Les tableaux 6 à 12 donnent les résultats détaillés des sept stations étudiées pour le plan quinquennal.

5. CONTROLES DES AUTRES STATIONS DU BASSIN LEMANIQUE

Le tableau 13 énumère les stations d'épuration du bassin lémanique qui ont été contrôlées au moins une fois en 1974. Il est impossible de porter une appréciation sur le fonctionnement des stations en ne disposant que d'une seule analyse effectuée sur un prélèvement instantané.

Pour les stations contrôlées plusieurs fois au moyen de prélèvements sur 24 heures (dont le fonctionnement n'a pas été commenté au début de ce rapport), il est possible de faire les constatations suivantes :

Pour les stations biologiques de plus petite capacité, malgré des rendements de 60 ou 75 %, les normes ne sont qu'approchées et dans certains cas, pour l'oxydabilité, largement dépassées.

Pour les stations importantes (plus de 800 habitants), les normes de rejet pour la DBO₅ et les matières en suspension sont respectées et les rendements d'épuration importants (75-92 %).

La norme de rejet pour l'oxydabilité est approchée dans ces stations (rendement 50 - 70 %).

6. CONCLUSIONS

Il y a dans le bassin lémanique 2 sortes de stations d'épuration :

- a) Une minorité contrôlée régulièrement avec des prélèvements moyens sur plusieurs heures. L'étude de ces stations montre :
 1. que les rendements d'épuration, pour les principaux paramètres (DBO₅, matières en suspension) sont de l'ordre de 80 à 85 %.
 2. que les normes de rejet pour ces paramètres sont respectées.
 3. que la déphosphatation présente encore des problèmes d'exploitation et n'atteint pas encore l'efficacité désirable.
 - b) La grande majorité des stations d'épuration n'est pas contrôlée...
-

Tableau No 1

CARACTERISTIQUES DES STATIONS D'EPURATION ETUDIEES EN 1974

Aïre - Genève	<p>Mécano-biologique par boues activées Pas de déphosphatation Exutoire : Rhône Capacité nominale : 400'000 éq.-hab. Population raccordée : 280'000 éq.-hab.</p>
Grand-Saconnex (Vengeron) Genève	<p>Oxydation totale par boues activées Déphosphatation en service Exutoire : Le Vengeron/Léman Capacité nominale : 3'500 éq.-hab. Population raccordée : 3'000 éq.-hab.</p>
Vidy - Lausanne	<p>Mécano-biologique par boues activées Déphosphatation en service Exutoire : Léman Capacité nominale : 220'000 éq.-hab. Population raccordée : 220'000 éq.-hab.</p>
Pully - Vaud	<p>Mécano-biologique par boues activées Déphosphatation en service Exutoire : Paudèze/Léman Capacité nominale : 30'000 éq.-hab. Population raccordée : 12'000 éq.-hab.</p>
Bussigny - Vaud	<p>Mécano-biologique par boues activées Pas de déphosphatation Exutoire : Venoge Capacité nominale : 8'000 éq.-hab. Population raccordée : 4'000 éq.-hab.</p>

Tableau No 1 suite

Nyon	Mécano-biologique par boues activées Exutoire : Léman Capacité nominale : 12'000 éq.-hab. Population raccordée : 10'000 éq.-hab.
Thonon	Mécano-biologique par boues activées Déphosphatation en service (intermittent) Exutoire : Drance/Léman Capacité nominale : 114'000 éq.-hab. Population raccordée : 56'000 éq.-hab.

Tableau No 2

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS EN 1974

Point de prélèvement	Dates	Nombre et durée des prélèvements
Aire - Genève Entrée Entrée décantation Entrée aération Sortie	28.1; 6.2; 5.3; 9.4; 9.4; 8.5; 4.6; 1.7; 6.8; 3.9; 2.10; 5.11; 3.12	12 x 24 h
Grand-Saconnex (Vengeron) Entrée Sortie	5.2; 4.3; 8.4; 6.5; 20.5; 4.6; 1.7; 5.8; 2.9; 30.9; 4.11; 2.12; 18.12	13 x 24 h
Vidy - Lausanne Entrée Sortie	26.2; 27.3; 24.4; 28.5; 10.6; 11.6; 14.6; 15.6; 16.6; 17.6; 18.6; 21.8; 10.9; 23.10	14 x 24 h dont 7 jours consécutifs en juin
Pully - Vaud Entrée Sortie	26.2; 26.3; 7.5; 28.5; 2.7; 20.8; 24.9; 9.10; 19.11; 17.12	10 x 24 h
Bussigny Entrée Sortie	2.7; 28.8; 1.10; 3.12	4 x 24 h
Nyon Entrée Sortie	20.2; 20.3; 17.4; 15.5; 12.6; 17.7; 14.8; 16.10; 19.11; 11.12	10 x 24 h
Thonon Entrée des bassins d'aération Sortie	10.8; 9.10; 23.10; 6.11; 29.11	5 jours avec 3 prélèvements de 8 heures

Tableau No 3

COMPARAISON DES RENDEMENTS D'EPURATION (% de diminution) POUR LA STATION DU GRAND-SACONNEX (VENGERON)

	1969	1971	1972	1973	1974 Moy. annuelle	1974 1er semestre	1974 2ème semestre
Matières totales en suspension	- 87 %	- 88	- 83	- 72	- 66	- 61	- 71
DBO 5 jours	- 86	- 90	- 90	- 79	- 71	- 66	- 77
Oxydabilité au permanganate	- 73	- 73	- 72	- 69	- 67	- 67	- 74
DCO	-	- 80	- 81	- 62	- 44	- 37	- 71
Orthophosphate	-	- 7	- 18	- 70	- 71	- 60	- 66
Phosphore total	-	- 10	- 15	- 58	- 64	- 70	- 75

Introduction de la déphosphatation en 1973

Tableau No 4

COMPARAISON DES RENDEMENTS D'EPURATION (% de diminution) POUR LES STATIONS D'AIRE - VIDY ET PULLY

<u>Détermination</u>	<u>Aire</u>		<u>Vidy</u>			<u>Pully</u>	
	1973	1974	1972	1973	1974	1973	1974
	Matières totales en suspension	- 79	- 87	- 94	- 83	- 93	- 91
DBO ₅ jours	- 76	- 85	- 90	- 81	- 83	- 90	- 83
Oxydabilité au permanganate	- 53	- 62	- 78	- 71	- 74	- 73	- 67
DCO	- 30	- 26	-	- 75	- 77	-	-
Orthophosphates	- 10	+ 5	- 90	- 87	- 88	+ 23	- 33
Phosphore total	- 0,5	- 1,5	- 84	- 82	- 85	- 25	- 50

Tableau No 5

COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES EXIGENCES LEGALES

Analyses	stations d'épuration	eau brute	eau filtrée	rendement d'épuration % de diminution	exigences moyennes sur 24 h
Matières en suspension	Aïre	138	18	- 87	Franco-Suisse 20 mg/l
	Vengeron	79	27	- 66	
	Vidy	163	11	- 93	
	Pully	120	11	- 91	
	Bussigny	101	11	- 89	
	Nyon	105	25	- 76	
	Thonon	104	57	- 45 *	
DBO ₅	Aïre	133	20	- 85	Franco-Suisse 20 mg/l
	Vengeron	99	29	- 71	
	Vidy	127	21	- 83	
	Pully	88	15	- 83	
	Bussigny	153	20	- 87	
	Nyon	139	67	- 52	
	Thonon	109	29	- 73 *	
DCO	Aïre	108	70	- 26	Franco-Suisse 60 mg O ₂ /l
	Vengeron	93	51	- 44	
	Vidy	381	88	- 77	
	Pully	-	-	-	
	Bussigny	-	-	-	
	Nyon	-	-	-	
	Thonon	320	156	- 51 *	

* Pour Thonon rendement calculé sur l'eau décantée

Tableau No 5 suite

Analyses	stations d'épuration	eau brute mg/l	eau filtrée mg/l	rendement d'épuration % de diminution	exigences moyennes sur 24 h
Oxydabilité au permanganate	Aïre	270	103	- 62	Suisse 60 mg KMnO_4 /l
	Vengeron	224	74	- 67	
	Vidy	312	79	- 74	
	Pully	181	60	- 67	
	Bussigny	257	74	- 71	
	Nyon	282	143	- 49	
	Thonon	320	156	- 51 *	
Phosphore total	Aïre	6,8	6,7	- 1,5	Franco-Suisse 1 mg/l ou au moins 85 % d'élimination
	Vengeron	8,1	2,9	- 64	
	Vidy	5,7	0,8	- 85	
	Pully	8,6	4,3	- 50	
	Bussigny	7,2	6,4	- 11	
	Nyon	6,9	3,5	- 50	
	Thonon	3,4	2,9	- 14 *	
Ortho- phosphates	Aïre	4,9	5,3	+	Suisse 0,7 mg P/l
	Vengeron	6,2	1,8	- 71	
	Vidy	2,6	0,3	- 88	
	Pully	3,6	2,4	- 33	
	Bussigny	2,3	3,1	+	
	Nyon	3,5	2,9	- 17	
	Thonon	-	-	-	

* pour Thonon rendement calculé sur l'eau décantée

Tableau No 6

STATION D'EPURATION D'AIRE		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1974		Maxima annuel				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)						
Moyennes sur 12 échantillons						
ANALYSES		EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute
		Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%
Matières totales en suspension	mg/l	138	267	18	67	87
Matières organiques en suspension	mg/l	85	115	13	37	84,7
Turbidité	U.I.	-	-	-	-	
pH						
Azote ammoniacal	mg N/l	12,020	16,050	15,990	23,500	-
Azote nitreux	mg N/l	0,096	0,850	0,560	1,500	-
Azote nitrique	mg N/l	0,340	0,980	2,180	5,650	-
Azote minér. tot.	mg N/l	12,456	16,420	19,730	26,400	-
Azote organique	mg N/l	59,000	186,550	54,440	271,450	8
Azote total	mg N/l	71,456	202,970	74,170	297,856	-
Chlorures	mg Cl/l	33,6	43	33,6	42	-
Orthophosphates	mg P/l	4,95	7,55	5,30	8,30	-
Phosphore organ.	mg P/l	1,92	3,05	1,42	4,65	26
Phosphore total	mg P/l	6,87	9,50	6,77	10,00	1,5
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	133	186	20,4	60	85
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	107,7	276	70,9	164,5	26,5
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	270	320	103	144	62
Test de putrescibilité bleu de méthylène		-	-	6 tests > 5 jours sur 12 tests		

Tableau No 7

STATION D'EPURATION GRAND-SACONNEX		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1974		Maxima annuel				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)						
Moyennes sur 13 échantillons						
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%	
Matières totales en suspension	mg/l	79	128	27	66	66
Matières organiques en suspension	mg/l	52	99	14	31	73
Turbidité	U.I.					
pH						
Azote ammoniacal	mg N/l	16,400	23,100	9,300	19,000	43,5
Azote nitreux	mg N/l	0,070	0,650	0,500	1,550	-
Azote nitrique	mg N/l	0,970	1,85	11,720	20,250	-
Azote minéral tot.	mg N/l	17,490	23,550	21,520	30,010	-
Azote organique	mg N/l	66,000	260,850	58,570	143,000	11
Azote total	mg N/l	83,490	283	80,090	173	4
Chlorures	mg Cl/l	34,9	45,5	36,2	47,5	-
Orthophosphates	mg P/l	6,24	9,65	1,8	4,75	71
Phosphore organ.	mg P/l	1,86	3,65	1,1	2,25	41
Phosphore total	mg P/l	8,10	10,65	2,9	4,2	64
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	99	149	29	62	71
Détergents	mg ABS/l	4,3	8,0	0,3	0,8	93
DICO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	93,3	281,4	51,6	126,0	44,5
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	224	298	74	112	67
Test de putrescibilité bleu de méthylène		-	-	13 tests > 5 jours sur 13 tests		

Tableau No 8

STATION D'EPURATION LAUSANNE		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1974		Maxima annuel				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)						
Moyennes sur 14 échantillons						
ANALYSES		EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute
		Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%
Matières totales en suspension	mg/l	163	284	11	30	93
Matières décantables en 2 heures *	ml/l	1,9	3,1	0	0	100
Turbidité	U.I.	-	-	-	-	-
pH		7,5	8,7	7,5	8,6	-
Azote ammoniacal	mg N/l	14,140	28,803	11,075	20,750	21,5
Azote nitreux	mg N/l	0,280	0,750	0,160	0,690	43
Azote nitrique	mg N/l	0,590	1,270	0,330	1,590	44
Azote minéral tot.	mg N/l	14,920	23,380	11,565	21,210	22,5
Azote organique	mg N/l	-	-	-	-	-
Azote total	mg N/l	-	-	-	-	-
Chlorures	mg Cl/l	47,8	58	75,2	84	-
Orthophosphates	mg P/l	2,670	4,200	0,325	0,935	88
Phosphore organ.	mg P/l	3,048	5,140	0,501	1,265	83,5
Phosphore total	mg P/l	5,718	7,350	0,826	1,725	85,5
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	127	171	21	42	83,5
Détergents	mg ABS/l	3,6	5,3	1,7	2,4	53
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	381	416	88	156	77
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	312	442	79	126	74,5
Test de putrescibilité * bleu de méthylène				4 tests > 5 jours sur 7 tests		
Potassium	mg K/l	10,7	12,3	9,7	10,7	9,3

* uniquement sur les prélèvements de juin

Tableau No 9

STATION D'EPURATION DE PULLY		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1974		Maxima annuel				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)						
Moyennes sur 10 échantillons						
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	composit. effluent comparé à eau brute	
					%	
Matières totales en suspension	mg/l	120	227	11	28	91
Matières décantables en 2 heures	mg/l	2,4	6	0	0	100
Turbidité	U.I.	-	-	-	-	-
pH		7,9	8,2	7,7	8,0	2,5
Azote ammoniacal	mg N/l	17,836	32,825	13,127	31,765	26,5
Azote nitreux	mg N/l	0,288	1,060	0,251	0,510	13
Azote nitrique	mg N/l	0,630	1,070	0,940	1,370	-
Azote minéral tot.	mg N/l	18,754	33,110	14,318	31,900	23,5
Azote organique	mg N/l	-	-	-	-	-
Azote total	mg N/l	-	-	-	-	-
Chlorures	mg Cl/l	44	62	50	123	-
Orthophosphates	mg P/l	3,663	8,050	2,453	6,155	33
Phosphore organ.	mg P/l	5,021	11,570	1,893	6,445	62,5
Phosphore total	mg P/l	8,684	14,225	4,346	10,415	50
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	88	137	15	29	83
Détergents	mg ABS/l	2,94	5,12	0,49	0,76	83,5
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l					
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	181	350	60	95	67
Test de putrescibilité bleu de méthylène		-	-	8 tests >5 jours sur 10 tests		
Potassium	mg K/l	9,4	11,3	8,9	11,4	5

Tableau No 10

STATION D'EPURATION DE BUSSIGNY		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1974		Maxima annuel				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)						
Moyennes sur 4 échantillons						
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%	
Matières totales en suspension	mg/l	101	160	11	22	89
Matières décantables en 2 heures	ml/l	2,3	4,5	0	0	100
Turbidité	U.I.					
pH		7,6	7,8	7,7	7,9	-
Azote ammoniacal	mg N/l	13,080	16,800	8,377	10,705	36
Azote nitreux	mg N/l	0,277	0,655	0,607	0,750	-
Azote nitrique	mg N/l	0,210	0,240	1,340	3,210	-
Azote minér. tot.	mg N/l	13,467	17,600	10,324	11,600	23,5
Azote organique	mg N/l	-	-	-	-	-
Azote total	mg N/l	-	-	-	-	-
Chlorures	mg Cl/l	58,7	82	59	103	-
Orthophosphates	mg P/l	2,306	3,330	3,133	5,560	-
Phosphore organ.	mg P/l	4,892	8,870	3,243	7,240	34
Phosphore total	mg P/l	7,198	9,625	6,426	8,785	11
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	153	189	20	28	87
Détergents	mg ABS/l	2,9	4,3	0,4	0,6	86
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	-	-	-	-	-
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	257	285	74	85	71
Test de putrescibilité bleu de méthylène		-	-	4 tests > 5 jours sur 4 tests		

Tableau No 11

STATION D'EPURATION DE NYON		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1974		Maxima annuel				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures) Moyennes sur 10 échantillons						
ANALYSES		EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute
		Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%
Matières totales en suspension	mg/l	105	263	25	57	76
Matières décantables en 2 heures	ml/l	3,4	9,0	0,5	1,3	85,5
Turbidité	U.I.	-	-	-	-	-
pH		7,4	7,9	7,5	7,8	-
Azote ammoniacal	mg N/l	21,652	41,810	19,714	35,166	9
Azote nitreux	mg N/l	0,131	0,730	0,055	0,140	58
Azote nitrique	mg N/l	0,250	0,460	0,200	0,370	20
Azote minéral tot.	mg N/l	22,033	42,200	19,969	35,240	9,5
Azote organique	mg N/l	-	-	-	-	-
Azote total	mg N/l	-	-	-	-	-
Chlorures	mg Cl/l	88	243	80	108	9
Orthophosphates	mg P/l	3,500	6,390	2,912	5,660	17
Phosphore organ.	mg P/l	3,485	5,395	0,588	2,200	83
Phosphore total	mg P/l	6,985	8,780	3,500	6,270	50
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	139	260	67	146	52
Détergents	mg ABS/l	3,2	4,3	3,1	4,4	3
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	-	-	-	-	-
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	282	370	143	182	49,5
Test de putrescibilité bleu de méthylène		-	-	0 tests > 5 jours sur 10 tests		

Tableau No 12

STATION D'EPURATION DE THONON		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1974		Maxima annuel				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 heures)						
Moyennes sur 5 échantillons						
ANALYSES		EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute
		Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%
Matières totales en suspension	mg/l	104	266	57	287	45
Matières organiques en suspension	mg/l	-	-	-	-	-
Turbidité						
pH						
Azote ammoniacal	mg N/l					
Azote nitreux	mg N/l					
Azote nitrique	mg N/l					
Azote minér. tot.	mg N/l					
Azote organique	mg N/l					
Azote total	mg N/l	15,5	16,6	10,6	12,3	31,5
Chlorures	mg Cl/l					
Orthophosphates	mg P/l					
Phosphore organ.	mg P/l					
Phosphore total	mg P/l	3,41	3,88	2,93	4,38	14
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	109	240	29	46	73,5
Détergents	mg ABS/l					
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	320	433	156	264	51,5
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l					
Test de putrescibilité bleu de méthylène						

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1974

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			DCO		
				E	S	%	E	S	%	E	S	%
<u>HAUTE-SAVOIE</u>												
Thonon les Bains	114'000	5	24 h	109	29	73	104	57	45	320	156	51
Sallanches	6'500	2	instant.	207	30	85,5	423	33	92	1210	92	92,5
Taninges	5'740	1 sortie	instant.	-	10	-	-	5	-	-	50	-
St. Foron	4'800	1	instant.	60	11	85	262	33	87,5	370	94	74,5
Saint-Julien	4'500	2 entrée 4 sortie	instant.	117	51	56	167	96	43	316	85	74 *
Avoriaz	4'000	1	instant.	142	393	-	72	918	-	532	558	- **
Collonge s/Salève	4'000	1	instant.	159	13	92	285	26	91	391	60	84,5
Combloux	3'000	2	instant.	104	65	37,5	76	54	29	182	48	73,5
		1	3 x 8 h	135	36	73,5	124	15	88	323	56	82,5
Douvaine	2'800	1	instant.	15	3	80	91	10	89	33	25	24,5
Araches-les-Carroz	1'800	1	instant.	27	10	89,5	83	24	71	393	4	99
		1	3 x 8 h	239	60	75	187	93	50,5	483	160	67

* un prélèvement très mauvais suite à arrivée d'aluminium.

** entraînement de boue

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1974 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			DCO		
				E	S	%	E	S	%	E	S	%
St-Paul en Chablais	1'500	2	instant.	156	61	61	75	40	46,5	281	93	67
Magland	1'500	1	instant.	61	2	97	28	5	82	141	9	93,5
Etrembières	500	1 sortie	instant.	-	94	-	-	169	-	-	163	-
Araches-les-Carroz	200	1 sortie	instant.	-	95	-	-	90	-	-	225	-
<u>AIN</u>												
St-Genis-Pouilly	17'000	1	?	28	6	78,5	37	12	67,5	96	28	71
Ferney-Voltaire	14'000	1	instant.	84	38	55	19	5	74	32	10	69
St-Jean-de- Gonville	1'500	1 sortie	instant.	-	5	-	-	1	-	-	12	-
Challex	1'500	1 sortie	instant.	-	3	-	-	5	-	-	26	-
<u>VAUD</u>												
Vidy-Lausanne	335'000	13	24 h	127	21	83	163	11	93	312	79	74
Pully	30'000	10	24 h	88	15	83	120	11	91	181	60	67
Nyon	12'000	10	24 h	139	67	52	105	25	76	282	143	49
Bussigny	8'000	4	24 h	153	20	87	101	11	89	257	74	71
Founex	2'300	3	24 h	27	5	81,5	34	11	67,5	92	52	43,5

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1974 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			DCO					
				E	S	%	E	S	%	E	S	%			
<u>GENEVE</u>															
Aire	400'000	78	24 h	113	16	86	109	15	86	244	98	59			
Villette	20'000	11	24 h	84	19	77,5	75	21	72	186	89	52			
Grand-Saconnex	3'500	13	24 h	99	29	71	79	27	66	224	74	67			
Nant d'Aisy	6'000	13	24 h	54	14	74	68	18	73,5	142	62	56,5			
Plaine de l'Aire	5'000	6	24 h	82	16	80,5	100	13	87	183	66	64			
Avully-Gennecey	1'800	10	24 h	188	15	92	93	17	82	374	79	79			
Hernance	800	11	24 h	81	21	74	59	19	68	136	69	49,5			
Soral	500	12	24 h	68	27	62,5	50	20	60	154	102	34			
Loëx	500	7	8 h	330	122	63	151	89	41	867	342	60,5			
Dardagny	450	11	24 h	47	8	83	37	10	73	128	64	50			
La Louvière	75	2	24 h	105	27	74,5	45	28	38	243	140	42,5			
Camping Allondon	180	3	24 h	215	53	75,5	103	28	73	460	177	61,5			
Nant d'Avril *	30'000	1	24 h	194	168	13,5	99	87	12	351	399	-			

* Epuration mécanique seulement

ETUDE BIOLOGIQUE PROSPECTIVE

Campagne 1974

par Jean Pelletier

avec la collaboration technique

de Jean-Paul Moille
et de Marie-Thérèse Cherubino

Station d'Hydrobiologie lacustre

INRA

Thonon

Pour déterminer l'état trophique d'un plan d'eau et comprendre son évolution, il est indispensable de connaître les paramètres physico-chimiques du milieu, et notamment les teneurs en éléments nutritifs. Toutefois, l'analyse physico-chimique de routine se limite nécessairement aux déterminations les plus classiques; elle ne permet d'obtenir qu'un aperçu très fragmentaire de la composition réelle du milieu. En particulier, les oligo-éléments et les substances organiques dissoutes restent totalement ignorés. Or, certaines de ces substances sont susceptibles d'intervenir sur le développement du phytoplancton, soit qu'elles jouent un rôle stimulant (oligo-éléments, vitamines, phyto-hormones...), soit qu'elles aient un effet inhibiteur (substances antagonistes, toxiques). L'étude physico-chimique classique ne traduit donc que partiellement la fertilité potentielle d'un milieu.

Afin de pallier à ce manque d'information, on a recours aux tests biologiques. La méthode consiste à déterminer et à quantifier la réponse d'algues mises en culture dans l'eau à tester. Ces organismes réagissent à l'ensemble des conditions du milieu. La mesure de leur développement fournit une information synthétique qui renseigne sur la capacité nutritive globale du milieu et complète les données physico-chimiques.

Comme les années précédentes, l'étude biologique prospective réalisée au cours de la campagne 1974 comporte deux types d'expérimentation: d'une part, des tests de fertilité potentielle effectués au laboratoire avec une algue de culture, d'autre part, des essais d'enrichissement portant sur le phytoplancton du Léman incubé dans le lac même.

1. TESTS DE FERTILITE POTENTIELLE

1.1. Méthodes

Les échantillons faisant l'objet des tests sont prélevés chaque mois aux mêmes points que l'année précédente. Les eaux superficielles du lac sont recueillies à 5 mètres de profondeur aux points SHL 1, SHL 2 et SHL 6, tandis que les eaux profondes proviennent du seul point SHL 2, le prélèvement ayant lieu à proximité du fond, soit à 308 mètres environ. Quant aux affluents, des échantillons ponctuels sont prélevés dans le Rhône valaisan (point VS 1) et dans la Drance du Chablais en amont de Thonon (Pont de la Douceur) et à proximité de l'embouchure, sur la rive droite et la rive gauche. Précisons que ce dernier point, déplacé en 1973, se situe en amont du déversoir de la station d'épuration; par ailleurs, les prélèvements n'ont pu y être réalisés que pendant les six premiers mois de l'année, le site s'étant asséché dès juillet 1974 à la suite d'une modification du lit de la rivière.

Les techniques utilisées sont décrites en détail dans les rapports précédents. Nous nous bornerons à rappeler brièvement les modalités de la méthode, en insistant seulement sur les modifications introduites.

L'eau à tester est débarrassée des particules en suspension qu'elle contient par filtration sur membrane Sartorius (porosité 0,45 μ). Chaque échantillon est réparti dans 3 flacons stériles de 500 ml, une autre partie destinée à la détermination de l'alcalinité et de la teneur en nitrates et en orthophosphates. On procède ensuite sous la hotte stérile à l'ensemencement des échantillons par une souche "standard" de Selenastrum capricornutum. La densité initiale de la population est ajustée à 1'000 cellules/ml. Les cultures sont placées sur un incubateur rotatif et exposées selon les normes de l'AAP (Algal Assay Procedure) à un éclairage continu de 4'000 lux, la température étant maintenue à 24°C.

En 1972 et 1973, les variations de la production, obtenues en mesurant l'incorporation de ^{14}C pendant des temps très courts (3 heures), ont servi de critère pour apprécier le développement des cultures. De telles données se prêtent bien à l'examen de la dynamique de la croissance et se traduisent essentiellement par des courbes. Elles restent toutefois difficiles à quantifier de façon globale.

C'est pourquoi, dès janvier 1974, nous avons adopté d'autres critères pour évaluer la croissance des algues, tout en conservant la technique de marquage par le ^{14}C , précieux en raison de sa grande sensibilité. Le ^{14}C est injecté directement dans les cultures au début de l'expérience, sous forme d'une solution de carbonate de sodium (volume : 1 ml ; activité : 10 microcuries). Un système de canules traversant le bouchon des flacons permet de prélever des petites quantités de culture à l'aide d'une seringue. Il est en effet indispensable de ne jamais mettre les flacons en libre communication avec l'extérieur, afin d'éviter toute perte de ^{14}C sous forme de gaz carbonique marqué. Des prélèvements sont effectués tous les jours au début de la croissance, puis tous les 2 ou 3 jours par la suite. Le développement de la culture est suivi pendant une quinzaine de jours. Chaque échantillon ainsi recueilli est filtré sur une membrane Millipore (porosité 0,8 μ) qui retient les algues. Par précaution, on expose les filtres à des vapeurs d'acide chlorhydrique afin d'éliminer un éventuel dépôt parasite de carbonate radioactif. L'activité des filtres est mesurée au compteur GM à circulation gazeuse. On obtient ainsi aux différentes étapes de la croissance une mesure relative de la quantité de carbone 14 assimilé par les algues.

Connaissant par ailleurs l'activité de la solution de ^{14}C introduite et la teneur en carbone minéral total disponible dans le milieu (déterminée à partir du pH et de l'alcalinité) on calcule la biomasse algale produite depuis la mise en culture, exprimée en carbone. La quantité d'algues inoculée, initialement non marquée, est volontairement très limitée, et du fait des échanges métaboliques, son marquage intervient rapidement. Pratiquement, l'expérience montre qu'au bout de 24 heures la biomasse marquée se confond avec la biomasse totale. Les résultats obtenus permettent de tracer les courbes de croissance correspondant à chaque échantillon.

1.2. Résultats

1.2.1. Expression des résultats (tableaux 1 à 12)

Au cours de la campagne 1974, 90 échantillons ont fait l'objet de tests de fertilité potentielle. Les résultats se traduisent par le tracé d'un nombre équivalent de courbes de croissance. Mais plutôt que de reproduire dans le présent rapport l'ensemble de ces courbes, il nous a paru plus judicieux d'exprimer les résultats des tests par les paramètres essentiels qui caractérisent les courbes de croissance : biomasse maximale produite et taux de croissance. On obtient ainsi une information quantifiée et condensée qui facilite les comparaisons.

Les résultats, portés dans les tableaux 1 à 12, sont en fait les moyennes de 3 résultats individuels, obtenus pour chacun des 3 sous-échantillons, traités séparément. C'est pourquoi chaque valeur est accompagnée par l'indication de l'écart standard de la moyenne, symbolisé par S_m , qui informe sur la dispersion des mesures individuelles.

$$S_m = \sigma / \sqrt{n-1}$$

σ = écart-type d'une mesure individuelle

n = nombre de mesures (3 sous-échantillons traités)

L'intervalle de confiance de la moyenne se détermine alors selon la formule :

$$\text{moy.} \pm t \cdot S_m$$

t désignant le paramètre de Student qui dépend du seuil de probabilité choisi.

La biomasse maximale produite correspond au plateau de la courbe de croissance. Ce paramètre exprime concrètement la fertilité potentielle du milieu testé. Cependant la culture est réalisée en milieu confiné : on observe généralement un vieillissement de la population algale lorsque le développement se ralentit ; de plus, dans le cas de cultures denses, la croissance des algues risque d'être limitée par suite de l'accumulation des déchets dans le milieu, indépendamment de toute carence en éléments nutritifs. Ce paramètre doit donc être interprété avec certaines réserves dans le cas de milieux riches et convient mieux pour caractériser la fertilité potentielle de milieux pauvres.

Le taux de croissance définit le rythme de la croissance pendant la phase exponentielle. Au cours de celle-ci, la biomasse B évolue selon l'équation :

$$B = B_0 \cdot e^{kt}$$

d'où

$$k = \frac{\log_e (B_1/B_0)}{t_1 - t_0}$$

B_0 = biomasse initiale, mesurée au temps t_0
 B_1 = biomasse mesurée au temps t_1
 e = base des logarithmes népériens
 k = taux de croissance
 t = temps exprimé en jours

Pour établir les courbes de croissance, on porte la biomasse sur une échelle logarithmique, en fonction du temps figuré sur une échelle à divisions équidistantes. La phase exponentielle est alors matérialisée par un segment de droite dont la pente est définie précisément par le taux de croissance. Ainsi, plus la croissance est rapide et plus le taux de croissance est élevé.

Ce paramètre relativement abstrait a été complété dans les tableaux de résultats par l'indication du temps de génération T qui exprime l'intervalle de temps nécessaire pour que la biomasse double. Dans ces conditions :

$$B_1 / B_0 = 2$$

d'où

$$k = \frac{\log_e 2}{T}$$

soit

$$T = \frac{0,693}{k}$$

Les tableaux 1 à 12 précisent l'âge de la culture, exprimée en jours, au début (J_0) et à la fin (J_1) de la phase de croissance exponentielle. Celle-ci intervient nécessairement dans les premiers jours qui suivent la mise en culture. Le taux de croissance n'est donc pas influencé par le vieillissement de la culture ni par l'accumulation des déchets dans le milieu. Toutefois, ce paramètre reste imprécis dans le cas de milieux pauvres.

1.2.2. Discussion des résultats

a) Fertilité potentielle du lac

Dans un premier temps, il est intéressant de comparer les trois stations superficielles. Le plus souvent, les différences que l'on peut observer pour une période donnée ne sont pas significatives, du fait de l'importance de l'écart standard de la moyenne. Cependant, des divergences notables se manifestent parfois. On remarque ainsi les fertilités relativement élevées obtenues au point SHL 1 en mars et novembre et au point SHL 6 en juin et juillet, sans qu'une interprétation satisfaisante puisse être proposée à partir des teneurs en phosphore et en azote. De telles situations restent néanmoins occasionnelles.

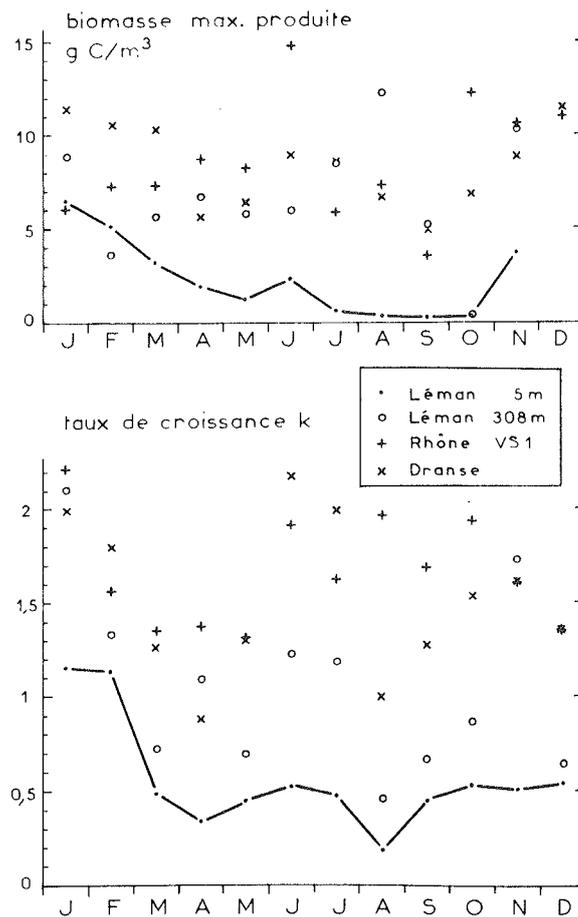
Pour comparer les fertilités respectives aux 3 points étudiés, nous avons pris en considération les moyennes annuelles :

	biomasse max. mg C/m ³	Taux de croissance K
Point SHL 1 (5 m)	2'450	0,60
Point SHL 2 (5 m)	1'710	0,50
Point SHL 6 (5 m)	2'330	0,60

Les valeurs des deux paramètres concordent pour indiquer une grande similitude des points les plus littoraux (SHL 1 et SHL 6), le point SHL 2 étant caractérisé par des valeurs plus faibles. La situation pélagique de ce dernier point explique son originalité. Il convient toutefois de ne pas accorder à ces résultats, exprimés par une moyenne, une valeur générale. Ils indiquent tout au plus une tendance statistique d'ailleurs peu marquée, la zone centrale du lac n'étant pas à l'abri, tant s'en faut, de l'influence des rives.

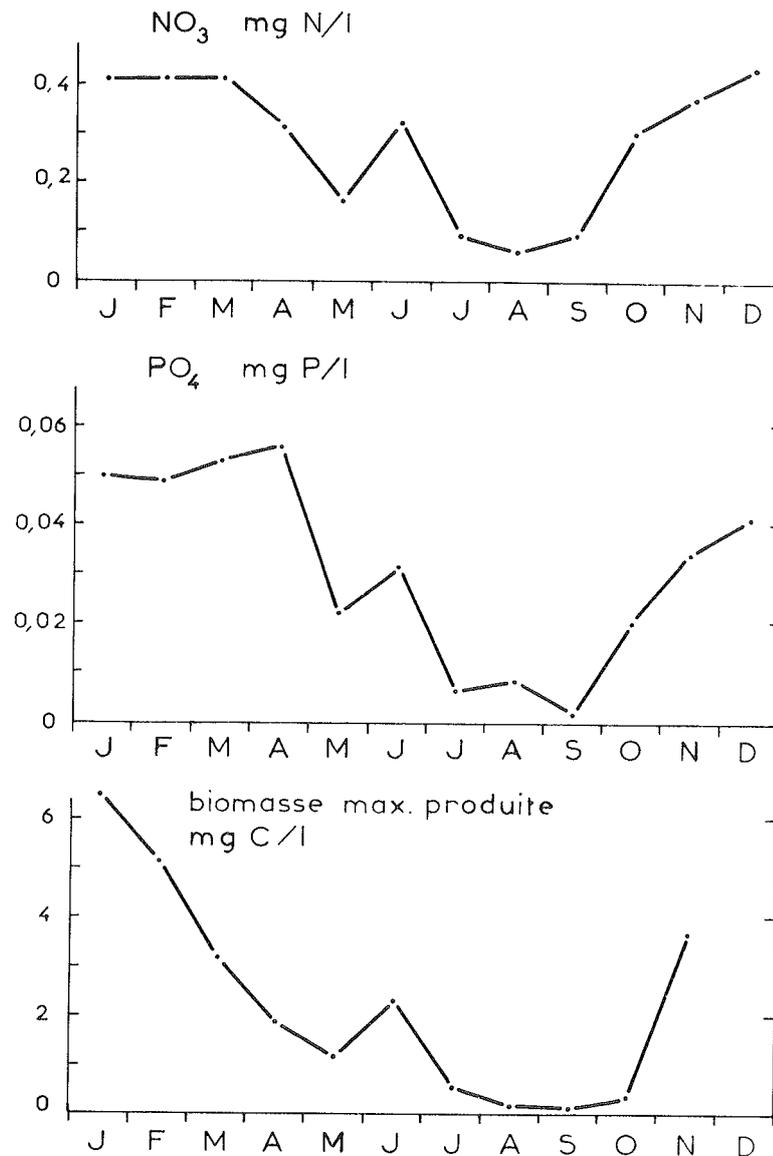
L'évolution de la fertilité potentielle des eaux superficielles du lac apparaît dans la fig. 1, chaque valeur étant représentée par la moyenne des résultats obtenus aux trois stations. On observe des variations saisonnières bien marquées, en particulier si l'on considère la biomasse maximale produite, paramètre mieux adapté que le taux de croissance pour caractériser des eaux relativement pauvre. La quantité d'algues produite au cours des tests, élevée en hiver, décroît jusqu'en mai et remonte légèrement en juin, elle devient extrêmement faible pendant la période estivale pour s'accroître en novembre. Précisons que les cultures obtenues en décembre ont dû exceptionnellement être interrompues au bout de 9 jours et que dans ces conditions, les courbes de croissance relatives aux eaux lacustres n'ont pas atteint leur plateau; il en résulte que la biomasse maximale mesurée est sous-estimée et ne peut être prise en considération.

Fig. No 1 Variations saisonnières des paramètres de la fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Dranse



Cette évolution de la fertilité au cours de l'année reflète assez fidèlement les variations des teneurs en orthophosphates et nitrates (fig. 2), celles-ci en effet diminuent très fortement pendant la période estivale et le "pic" secondaire de fertilité observé en juin correspond à des pics analogues dessinés dans les courbes de variations des fertilisants. Les variations saisonnières de la fertilité potentielle des eaux superficielles du Léman sont donc étroitement liées à la concentration des orthophosphates et des nitrates.

Fig. No 2 Variations saisonnières de la fertilité potentielle (biomasse maximale produite en incubateur) et de la teneur en fertilisants (orthophosphates et nitrates) de l'eau superficielle du Léman



Comme nous l'avons déjà observé les années précédentes, la fertilité des eaux profondes dépasse généralement de beaucoup celle des eaux superficielles. Cette conclusion ressort clairement de l'examen de la fig. 1 et des moyennes annuelles :

	Biomasse maximale mg C/m ³	Taux de croissance k	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
Léman à 5 m	2'164	0,57	0,031	0,28
Léman à 308 m	6'395	1,06	0,107	0,49

Par rapport aux eaux superficielles, la biomasse produite dans les eaux profondes au cours des tests est près de 3 fois supérieure. L'écart paraît moins marqué si l'on considère les taux de croissance, du fait de leur nature logarithmique. Ces observations confirment les résultats de l'analyse physico-chimique (cf. tableau ci-dessus) et illustrent par l'expérimentation biologique l'importance du rôle de piège à fertilisants que joue le Léman.

Les variations saisonnières de la fertilité des eaux profondes (fig. 1) ne présentent pas de structure cohérente. Les fluctuations parfois anarchiques que l'on observe résultent vraisemblablement de la variabilité du niveau auquel les échantillons ont été prélevés; il existe en effet au voisinage du fond un gradient physico-chimique très important dû à l'intense activité bactérienne et chimique dont la vase est le siège. L'utilisation de la bouteille Van Dorn ne permet pas une localisation suffisamment précise du prélèvement à une profondeur supérieure à 300 mètres: elle devrait être remplacée par un procédé mieux adapté à l'échantillonnage à proximité du fond (appareil de Mortimer-Jenkins par exemple).

b) Fertilité potentielle de la Drance et du Rhône valaisan

La fertilité potentielle des affluents exprime leur "charge eutrophisante" globale lorsqu'elle est mesurée à proximité de l'embouchure, comme c'est le cas dans notre étude.

Le caractère ponctuel des prélèvements dans l'espace et dans le temps, joint à l'instabilité des eaux courantes, dépendantes des conditions météorologiques et des activités humaines, expliquent les fluctuations observées au cours de l'année (fig. 1).

Dans le cas de la Drance, les résultats que l'on obtient à une date donnée aux 3 points de prélèvement diffèrent généralement peu les uns des autres. On observe cependant exceptionnellement des écarts importants en contradiction apparente avec les données de l'analyse chimique: ainsi les paramètres de fertilité relativement bas mesurés sur les échantillons prélevés en septembre dans la Drance, rive droite (tabl. 9), correspondent à des concentrations en orthophosphates et en nitrates élevées (0,095 mg P/l, 0,53 mg N/l). Cette situation apparemment paradoxale traduit l'influence d'un facteur inhibiteur, tel qu'une substance toxique déversée occasionnellement dans la rivière. Le démarrage tardif de la croissance exponentielle (au 3^{ème} jour) corrobore cette interprétation.

Les moyennes annuelles des paramètres de fertilité (établie sur 6 mois dans le cas de la rive gauche) ne font pas apparaître de divergences marquées entre les différents points de la Drance :

	Biomasse maximale mg C/m ³	Taux de croissance k
Drance : Pont de la Douceur	8'040	1,54
Rive droite	9'850	1,52
Rive gauche	7'220	1,56
Rhône (pt VS 1)	8'650	1,67

Ce tableau indique en outre que la fertilité potentielle du Rhône valaisan est du même ordre de grandeur que celle de la Drance, si l'on s'en tient à la biomasse maximale produite. Le taux de croissance, paramètre plus précis dans le cas des eaux riches, est sensiblement plus élevé. Par ailleurs, aucun effet d'inhibition n'a pu être décelé dans les échantillons provenant du Rhône (point VS 1).

c) Comparaison du lac et des affluents

Les valeurs annuelles moyennes des paramètres de fertilité sont récapitulées ci-dessous.

	Biomasse maximale mg C/m ³	Taux de croissance k	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
Léman : 5 m	2'164	0,57	0,031	0,28
Léman : 308 m	6'395	1,06	0,107	0,49
Rhône valaisan	8'650	1,67	0,044*	0,46
Drance	8'505	1,54	0,050	0,47

* moyenne établie sur 24 prélèvements différents de ceux destinés aux mesures de fertilité.

Si l'on compare les eaux profondes du lac et les affluents, on constate une discordance entre les résultats des tests biologiques et ceux de l'analyse physico-chimique : la forte concentration des orthophosphates (supérieure à 0,1 mg P/l) dans la couche profonde du lac ne confère à ces eaux qu'une fertilité inférieure à celle des affluents, deux fois moins riches en PO₄. Cette substance ne détermine donc pas à elle seule la fertilité. Il en va de même de nitrates qui, présents en quantités équivalentes dans les milieux considérés, ne jouent pas de rôle discriminant.

Il faut donc admettre l'intervention d'autres facteurs, stimulants ou antagonistes, la fertilité d'une eau étant déterminée par un ensemble de conditions. Seule l'expérimentation et notamment les essais d'enrichissement en P et N, peuvent permettre de préciser le rôle joué par ces éléments.

2. ESSAIS D'ENRICHISSEMENT

2.1. Méthode

Les techniques utilisées sont décrites dans les rapports des deux années précédentes. Le principe de la méthode consiste à évaluer expérimentalement le développement du phytoplancton du Léman après enrichissement du milieu soit par adjonction d'eau provenant du Rhône valaisan, soit par addition de phosphates et de nitrates. Les cultures sont réalisées dans des bidons en verre pyrex transparent de 5 litres de capacité, immergés dans le lac même. Ainsi les conditions de température et d'éclairement restent voisines des conditions naturelles.

Au départ de chaque essai, on adopte le plan expérimental donné ci-dessous :

<u>Eau brute du lac</u> (point SHL 1 à 5)	<u>Eau filtrée</u> sur membrane (porosité : 0,45 μ)	<u>Enrichissement</u>	
		PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
2,5 l	2,5 l Rhône (VS 1)		
id	2,5 l lac (pt SHL 1 à 5 m)		
id	id	+ 0,020	
id	id	+ 0,100	
id	id		+ 0,100
id	id		+ 0,500
id	id	+ 0,020	+ 0,100
id	id	+ 0,100	+ 0,500

Les milieux sont répartis en 2 séries identiques traitées séparément. L'eau brute du lac, prélevée à 5 mètres de profondeur au point SHL 1, constitue l'élément de base commun à tous les milieux expérimentés et assure l'ensemencement des organismes. On complète par un volume égal d'eau filtrée sur membrane (porosité 0,45 μ) provenant soit du Rhône valaisan (point VS 1), soit du Léman (point SHL 1 à 5 m). Dans ce dernier cas on procède à des enrichissements en phosphates et en nitrates.

Les essais ont eu lieu chaque mois, sauf en septembre et décembre. De janvier à mars nous avons poursuivi les déterminations entreprises en 1973 en utilisant le même critère de développement, c'est-à-dire l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne mesurée sur une fraction de la culture; celle-ci est exposée pendant 3 heures à un éclairement artificiel de 4'000 lux, après inoculation de carbonate de sodium marqué au ¹⁴C. Au cours des mois suivants, nous avons adopté une technique analogue à celle utilisée pour les tests de fertilité en incubateur: le carbonate radioactif est injecté au début de l'expérience et la biomasse produite, marquée par le ¹⁴C, est mesurée directement sur des échantillons de 50 ml prélevés dans la culture.

2.2. Résultats et discussion

La croissance du phytoplancton incubé " in situ " dépend non seulement des facteurs trophiques, mais encore des conditions de température et d'éclaircissement. Or, celles-ci étant très variables dans la nature, l'influence éventuelle d'un enrichissement est mise en évidence par comparaison avec des témoins non traités et incubés dans les mêmes conditions.

Les intensités maximales d'assimilation mesurées en janvier, février et mars, figurent dans le tableau ci-dessous. Les valeurs sont exprimées en mg de C assimilé pendant la durée de l'incubation secondaire, soit 3 heures d'exposition à 4'000 lux.

L = échantillon d'eau du lac (point SHL 1 à 5 m)

Rh = échantillon d'eau du Rhône (point VS 1)

P 1 = 0,020 mg P/l (PO_4) ; N_1 = 0,100 mg N/l (NO_3)

P 2 = 0,100 mg P/l (PO_4) ; N_2 = 0,500 mg N/l (NO_3)

	Janvier			Février			Mars
	série 1	série 2	moy.	série 1	série 2	moy.	série 1
L + Rh	7,60	6,47	7,03	152,3	138,5	154,4	329
L (= témoin)	5,33	5,14	5,23	41,8	50,4	46,1	121
L + P 1	7,81	5,35	6,58	63,2	35,8	49,5	142
L + P 2	7,63	4,63	6,13	43,8	33,3	38,6	-
L + N 1	4,74	10,49	7,61	52,3	38,8	45,5	148
L + N 2	5,33	6,01	5,67	43,6	36,3	40,0	135
L + (P_1 + N_1)	5,52	6,42	5,97	31,0	43,4	37,2	151
L + (P_2 + N_2)	4,61	3,88	4,24	64,1	56,3	60,2	137

Les assimilations de carbone mesurées en janvier restent extrêmement basses et rendent compte de la très faible biomasse du phytoplancton. Les résultats obtenus ne présentent pas de différences significatives, compte tenu de la dispersion des données d'une série à l'autre. La lumière joue le rôle de facteur limitant et masque l'influence d'éventuels facteurs trophiques.

En février, les valeurs de l'assimilation chlorophyllienne deviennent nettement plus importantes. Les enrichissements de l'eau du lac en fertilisant ne sont suivis d'aucun effet probant. Seule l'addition d'eau du Rhône permet un accroissement de l'assimilation, celle-ci étant plus que triplée.

On ne dispose en mars que d'une seule série de mesures d'assimilation sur un temps court. (la deuxième série fait l'objet de mesures de biomasses et est examinée plus loin). Les résultats obtenus confirment ceux du mois précédent, l'enrichissement par l'eau du Rhône se traduisant par une production multipliée par un facteur 2,7.

A ce stade de l'interprétation, il est intéressant de compléter le tableau précédent par l'indication des teneurs en phosphates et en nitrates dans les milieux non enrichis artificiellement.

	Janvier		Février		Mars	
	PO ₄ mg P/1	NO ₃ mg N/1	PO ₄ mg P/1	NO ₃ mg N/1	PO ₄ mg P/1	NO ₃ mg N/1
L + Rh	0,057	0,43	0,064	0,45	0,045	0,35
L (témoin)	0,047	0,46	0,050	0,44	0,019	0,24

On en déduit que les enrichissements de l'eau du lac en phosphates et en nitrates aboutissent à des concentrations finales qui encadrent les teneurs de l'échantillon enrichi par l'eau du Rhône. Il apparaît donc que dans ce dernier milieu interviennent des facteurs autres que les phosphates et les nitrates.

A partir du mois de mars, nous disposons de données relatives à la biomasse produite. Du fait de la variabilité de l'éclairement et de l'importance de la biomasse phytoplanctonique initiale, le calcul d'un taux de croissance n'a guère de signification. Les résultats sont donc exprimés uniquement par la biomasse totale produite. Ils sont récapitulés dans le tableau 13.

L'effet des enrichissements apparaît plus nettement lorsqu'on exprime les résultats en pourcentage par rapport aux valeurs de références de l'échantillon témoin. Le tableau du haut de la page suivante récapitule les résultats significatifs. Sont considérés comme tels les résultats atteignant au moins 150 % de la valeur du témoin.

Dans le tableau suivant, et dans le tableau No 13, les symboles sont :

- L = échantillon d'eau du lac (point SHL 1 à 5 m)
- Rh = échantillon d'eau du Rhône valaisan (point VS 1)
- P₁ = 0,020 mg P/1 en PO₄ ; P₂ = 0,100 mg P/1 en PO₄
- N₁ = 0,100 mg N/1 en NO₃ ; N₂ = 0,500 mg N/1 en NO₃

	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Oct.	Nov.
L + Rh	191 %		270 %	393 %		220 %	308 %	463 %
L (témoin)	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
L + P 1				268 %	148 %			
L + P 2				176 %	216 %			
L + N 1								
L + N 2								
L + (P ₁ + N ₁)		177 %		153 %	197 %	278 %		
L + (P ₂ + N ₂)		179 %		317 %	610 %	340 %		

On constate que les enrichissements en nitrates restent sans effet, quelle que soit la quantité ajoutée. En revanche, l'addition de phosphates se traduit en juin et juillet par un accroissement sensible de la biomasse produite. A cette période, les teneurs en orthophosphates dans le lac sont très basses et cet élément joue donc effectivement le rôle de facteur limitant.

L'enrichissement des eaux du Léman par un mélange de phosphates et de nitrates provoque un accroissement de la production non seulement en juin et juillet, mais encore en avril et en août. Au cours de l'été (juillet à août), l'effet produit est particulièrement important dans le cas de l'enrichissement le plus fort : la biomasse produite est multipliée par 6 en juillet.

Ces résultats indiquent qu'au cours de l'été, les orthophosphates constituent dans les eaux superficielles du lac le facteur limitant primaire ; mais si leur concentration augmente, les nitrates deviennent alors limitants.

Comme les années précédentes, on remarque le grand pouvoir fertilisant des eaux du Rhône valaisan. Une forte stimulation de la production se manifeste en effet dans tous les essais, sauf en avril (aucune donnée sur le Rhône n'est disponible en juillet, par suite d'incidents matériels). Si l'on prend en considération les teneurs en phosphates et nitrates dans les divers milieux (tabl. 13), on constate que le grand pouvoir fertilisant des eaux du Rhône valaisan n'est pas uniquement dû aux phosphates et aux nitrates; ceux-ci sont en effet présents à des concentrations relativement modestes par rapport aux milieux enrichis artificiellement. Ces conclusions rejoignent celles qui sont tirées des résultats des tests de fertilité potentielle.

3. CONCLUSIONS GENERALES

En résumé, les tests de fertilité potentielle, complétés par des essais d'enrichissement "in situ", démontrent que la fertilité des eaux superficielles du Léman est contrôlée essentiellement par les phosphates, les nitrates n'intervenant que secondairement. L'effet limitant ne se manifeste que brièvement au cours de la période estivale.

Cette conclusion confirme l'intérêt que présente la mise en oeuvre de la déphosphatation au niveau des stations d'épuration.

En outre, la grande fertilité des eaux apportées par la Drance du Chablais et le Rhône du Valais ne peut être expliquée seulement par les concentrations des phosphates et des nitrates. D'autres facteurs interviennent nécessairement. Leur mise en évidence devrait permettre d'améliorer la protection du lac Léman contre l'eutrophisation.

Tableau No 1

JANVIER 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Point de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy.	6'400	1 - 3	1,35	0,57	0,049	0,40
S_m	540		0,38	0,16		
SHL 2 moy.	6'460	1 - 3	1,07	0,67	0,050	0,42
S_m	280		0,16	0,09		
SHL 6 moy.	6'580	1 - 3	1,09	0,64	0,051	0,42
S_m	210		0,09	0,06		
Moyenne moy.	6'480		1,17	0,63	0,050	0,41
S_m	70		0,11	0,04		
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy.	8'960	1 - 3	2,11	0,33	0,100	0,53
S_m	230		0,05	0,01		
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy.	6'100	1 - 3	2,23	0,32		0,36
S_m	950		0,37	0,05		
<u>DRANCE</u>						
Pont moy.	10'700	1 - 3	1,85	0,38	0,056	0,52
Douceur S_m	420		0,23	0,05		
Rive droite moy.	13'310	1 - 3	2,13	0,33	0,096	0,63
S_m	980		0,05	0,01		
Rive gauche moy.	10'540	1 - 3	2,10	0,33	0,093	0,56
S_m	700		0,10	0,02		
Moyenne moy.	11'520		2,03	0,35	0,081	0,57
S_m	1'100		0,11	0,02		

Tableau No 2 FEVRIER 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/1	NO ₃ mg N/1
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy. s_m	5'370 160	3 - 5	0,87 0,17	0,83 0,14	0,051	0,40
SHL 2 moy. s_m	5'220 240	5 - 8	1,15 0,06	0,61 0,03	0,045	0,42
SHL 6 moy. s_m	4'790 510	3 - 5	1,39 0,49	0,59 0,20	0,052	0,41
Moyenne moy. s_m	5'130 210		1,14 0,18	0,68 0,09	0,049	0,41
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy. s_m	3'700 1'450	3 - 5	1,34 0,08	0,52 0,03	0,094	0,48
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy. s_m	7'390 880	1 - 3	1,57 0,02	0,44 0,01		0,46
<u>DRANCE</u>						
Pont Douceur moy. s_m	9'380 130	1 - 3	1,77 0,04	0,39 0,01	0,047	0,60
Rive droite moy. s_m	12'030 220	1 - 3	1,81 0,03	0,38 0,01	0,065	0,69
Rive gauche moy. s_m	10'770 510	1 - 3	1,81 0,04	0,38 0,01	0,065	0,63
Moyenne moy. s_m	10'730 940		1,80 0,02	0,38 0,01	0,059	0,64

Tableau No 3

MARS 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy. s_m	5'370 230	1 - 7	0,68 0,01	1,02 0,02	0,054	0,43
SHL 2 moy. s_m	1'620 680	1 - 7	0,41 0,04	1,73 0,17	0,054	0,40
SHL 6 moy. s_m	2'540 510	1 - 7	0,39 0,03	1,81 0,15	0,053	0,40
Moyenne moy. s_m	3'180 1'380		0,49 0,11	1,52 0,31	0,054	0,41
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy. s_m	5'730 1'130	1 - 7	0,63 0,13	1,15 0,22	0,087	0,47
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy. s_m	7'420 1'060	1 - 5	1,36 0,03	0,51 0,01		0,40
<u>DRANCE</u>						
Pont Douceur moy. s_m	10'500 530	1 - 5	1,27 0,04	0,55 0,02	0,019	0,48
Rive droite moy. s_m	10'870 250	1 - 5	1,32 0,05	0,53 0,02	0,082	0,50
Rive gauche moy. s_m	9'870 620	1 - 5	1,23 0,09	0,58 0,05	0,029	0,48
Moyenne Moy. s_m	10'410 360		1,27 0,03	0,55 0,02	0,043	0,49

Tableau No 4 AVRIL 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy.	1'910	2 - 13	0,35	1,99	0,043	0,30
S_m	550		0,03	0,20		
SHL 2 moy.	960	2 - 13	0,30	2,35	0,039	0,32
S_m	350		0,03	0,27		
SHL 6 moy.	2'800	2 - 13	0,38	1,80	0,086	0,30
S_m	130		0,02	0,08		
Moyenne moy.	1'890		0,34	2,05	0,056	0,31
S_m	650		0,03	0,20		
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy.	6'810	1 - 5	1,10	0,63	0,097	0,47
S_m	710		0,09	0,05		
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy.	8'840	1 - 5	1,38	0,50		0,39
S_m	580		0,03	0,02		
<u>DRANCE</u>						
Pont moy.	8'370	1 - 5	0,76	0,95	0,041	0,26
Douceur S_m	4'480		0,13	0,17		
Rive droite moy.	7'450	1 - 5	1,23	0,56	0,067	0,30
S_m	370		0,01	0,01		
Rive gauche moy.	1'510	1 - 5	0,68	1,05	0,046	0,13
S_m	410		0,10	0,16		
Moyenne moy.	5'780		0,89	0,85	0,051	0,23
S_m	2'630		0,21	0,18		

Tableau No 5 MAI 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/1	NO ₃ mg N/1
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy.	1'420	3 - 7	0,52	1,47	0,020	0,13
s_m	960		0,13	0,40		
SHL 2 moy.	800	3 - 7	0,39	1,79	0,027	0,18
s_m	330		0,02	0,08		
SHL 6 moy.	1'320	3 - 7	0,43	1,64	0,020	0,16
s_m	260		0,04	0,14		
Moyenne moy.	1'180		0,45	1,63	0,022	0,16
s_m	240		0,05	0,11		
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy.	5'880	3 - 7	0,70	1,05	0,096	0,47
s_m	2'320		0,15	0,21		
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy.	8'280	3 - 5	1,33	0,54		0,50
s_m	530		0,20	0,09		
<u>DRANCE</u>						
Pont moy.	4'480	3 - 5	1,20	0,61	0,025	0,35
Douceur s_m	1'880		0,21	0,12		
Rive droite moy.	7'370	3 - 5	1,36	0,51	0,042	0,37
s_m	1'550		0,03	0,01		
Rive gauche moy.	7'490	3 - 5	1,38	0,50	0,036	0,34
s_m	970		0,02	0,01		
Moyenne moy.	6'450		1,31	0,54	0,034	0,35
s_m	1'210		0,07	0,04		

Tableau No 6

JUN 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy. s_m	670 410	1 - 5	0,53 0,03	1,31 0,07	0,034	0,24
SHL 2 moy. s_m	400 90	2 - 5	0,33 0,01	2,13 0,04	0,028	0,22
SHL 6 moy. s_m	5'770 400	1 - 7	0,71 0,12	1,02 0,20	0,030	0,50
Moyenne moy. s_m	2'280 2'140		0,52 0,13	1,49 0,41	0,031	0,32
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy. s_m	5'990 340	1 - 5	1,23 0,02	0,57 0,01		0,49
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy. s_m	14'820 340	1 - 2	1,92 0,09	0,36 0,02		0,34
<u>DRANCE</u>						
Pont Douceur moy. s_m	6'380 430	1 - 2	2,12 0,16	0,33 0,03	0,016	0,36
Rive droite moy. s_m	17'480 620	1 - 2	2,28 0,15	0,31 0,02	0,027	0,35
Rive gauche moy. s_m	3'140 560	1 - 2	2,14 0,15	0,33 0,03	0,026	0,31
Moyenne moy. s_m	9'000 5'320		2,18 0,06	0,32 0,01	0,023	0,34

Tableau No 7 JUILLET 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy.	340	2 - 5	0,47	1,60	0,004	0,09
S_m	90		0,12	0,43		
SHL 2 moy.	194	2 - 5	0,36	2,08	0,007	0,09
S_m	8		0,08	0,52		
SHL 6 moy.	1'040	2 - 5	0,59	1,22	0,006	0,08
S_m	720		0,10	0,19		
Moyenne moy.	525		0,47	1,63	0,006	0,09
S_m	320		0,08	0,30		
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy.	8'610	2 - 5	1,19	0,59	0,090	0,47
S_m	190		0,10	0,05		
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy.	5'910	2 - 3	1,63	0,43		0,31
S_m	320		0,14	0,04		
<u>DRANCE</u>						
Pont moy.	9'330	2 - 3	2,02	0,34	0,017	0,48
Douceur S_m	380		0,02	0,01		
Rive droite moy.	8'330	2 - 3	1,97	0,35	0,033	0,52
S_m	220		0,05	0,01		
Rive gauche moy.	-	-	-	-	-	-
S_m	-		-	-		
Moyenne moy.	8'830		2,00	0,35	0,025	0,50
S_m	710		0,04	0,01		

Tableau No 8 ADUT 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy.	340	2 - 9	0,25	3,36	0,004	0,114
s_m	170		0,15	2,02		
SHL 2 moy.	55	2 - 9	0,13	6,64	0,004	0,010
s_m	10		0,04	2,74		
SHL 6 moy.	156	2 - 7	0,18	4,71	0,016	0,054
s_m	60		0,08	1,61		
Moyenne moy.	184		0,19	4,90	0,008	0,059
s_m	102		0,04	1,17		
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy.	12'270	2 - 9	0,46	1,50	0,110	0,495
s_m	10'490		0,01	0,04		
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy.	7'350	1 - 3	1,97	0,35		0,362
s_m	760		0,06	0,01		
<u>DRANCE</u>						
Pont moy.	5'770	2 - 5	1,18	0,59	0,026	0,488
Douceur s_m	180		0,05	0,03		
Rive droite moy.	7'910	2 - 5	0,82	0,86	0,040	0,484
s_m	770		0,08	0,09		
Rive gauche moy.	-	-	-	-	-	-
s_m	-					
Moyenne moy.	6'840		1,00	0,73	0,033	0,486
s_m	1'510		0,25	0,19		

Tableau No 9 SEPTEMBRE 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy.	106	1 - 3	0,38	1,84	0,001	0,10
S_m	45		0,03	0,15		
SHL 2 moy.	79	1 - 3	0,44	1,69	0,001	0,09
S_m	3		0,09	0,36		
SHL 6 moy.	126	1 - 3	0,54	1,32	0,001	0,09
S_m	62		0,08	0,19		
Moyenne moy.	104		0,45	1,62	0,001	0,09
S_m	17		0,06	0,19		
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy.	5'170	1 - 7	0,67	1,05	0,108	0,50
S_m	2'340		0,08	0,12		
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy.	3'480	2 - 3	1,69	0,41		0,32
S_m	610		0,04	0,01		
<u>DRANCE</u>						
Pont moy.	8'600	2 - 3	1,83	0,38	0,025	0,46
Douceur S_m	190		0,16	0,04		
Rive droite moy.	1'330	3 - 5	0,72	0,96	0,095	0,53
S_m	1'060		0,02	0,03		
Rive gauche moy.	-	-	-	-	-	-
S_m	-		-	-		
Moyenne moy.	4'970		1,28	0,67	0,060	0,50
S_m	5'140		0,78	0,41		

Tableau No 10 OCTOBRE 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy. s_m	148 70	1 - 3	0,48 0,02	1,46 0,05	0,023	0,31
SHL 2 moy. s_m	589 364	1 - 3	0,52 0,04	1,36 0,11	0,018	0,31
SHL 6 moy. s_m	231 17	1 - 3	0,58 0,03	1,20 0,07	0,020	0,29
Moyenne moy. s_m	323 166		0,53 0,04	1,34 0,09	0,020	0,30
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy. s_m	272 9	1 - 2	0,87 0,15	0,82 0,13	0,132	0,53
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy. s_m	12'280 1'150	2 - 3	1,94 0,08	0,36 0,02		0,80
<u>DRANCE</u>						
Pont Douceur moy. s_m	6'460 330	2 - 3	1,62 0,02	0,43 0,01	0,060	0,51
Rive droite moy. s_m	7'460 140	2 - 3	1,46 0,30	0,51 0,13	0,070	0,55
Rive gauche moy. s_m	- -	-	- -	- -	-	-
Moyenne moy. s_m	6'960 710		1,54 0,11	0,47 0,06	0,065	0,53

Tableau No 11 NOVEMBRE 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. J ₀ -J ₁	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1 moy.	5'150	2 - 4	0,74	0,94	0,031	0,37
S_m	360		0,07	0,08		
SHL 2 moy.	3'780	2 - 4	0,44	1,60	0,036	0,36
S_m	750		0,06	0,21		
SHL 6 moy.	2'020	2 - 4	0,35	2,53	0,035	0,37
S_m	680		0,16	0,86		
Moyenne moy.	3'650		0,51	1,69	0,034	0,37
S_m	1'110		0,14	0,56		
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2 moy.	10'370	2 - 4	1,73	0,40	0,135	0,49
S_m	200		0,01	0,01		
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1 moy.	10'850	2 - 4	1,62	0,43		0,47
S_m	410		0,03	0,01		
<u>DRANCE</u>						
Pont moy.	7'430	2 - 4	1,54	0,45	0,104	0,41
Douceur S_m	850		0,06	0,02		
Rive droite moy.	10'500	2 - 4	1,69	0,41	0,076	0,45
S_m	120		0,07	0,02		
Rive gauche moy.	-	-	-	-	-	-
S_m	-		-	-		
Moyenne moy.	8'970		1,62	0,43	0,090	0,43
S_m	2'170		0,11	0,03		

Tableau No 12 DECEMBRE 1974

Fertilité potentielle du Léman, du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais déterminée par culture de Selenastrum capricornutum en incubateur (24°C, 4'000 lux). S_m désigne l'écart standard de la moyenne.

Points de prélèvement	Biomasse maximale mg C/m ³	Phase expon. $J_0 - J_1$	Taux de crois. k	Temps de générat. jours	PO ₄ mg P/l	NO ₃ mg N/l
<u>LEMAN 5 m</u>						
SHL 1	moy. 2'200 s_m 90	2 - 5	0,62 0,17	1,29 0,46	0,039	0,43
SHL 2	moy. 402 s_m 68	2 - 5	0,48 0,03	1,45 0,09	0,041	0,43
SHL 6	moy. 541 s_m 300	2 - 5	0,52 0,07	1,38 0,21	0,043	0,42
Moyenne	moy. 1'050 s_m 710		0,54 0,05	1,37 0,06	0,041	0,43
<u>LEMAN Fond</u>						
SHL 2	moy. 2'980 s_m 1'260	2 - 5	0,65 0,06	1,08 0,10	0,128	0,52
<u>RHONE DU VALAIS</u>						
VS 1	moy. 11'100 s_m 450	2 - 5	1,37 0,02	0,51 0,01		0,76
<u>DRANCE</u>						
Pont Douceur	moy. 9'080 s_m 410	2 - 5	1,30 0,04	0,53 0,02	0,018	0,52
Rive droite	moy. 14'110 s_m 610	2 - 5	1,40 0,01	0,50 0,01	0,061	0,70
Rive gauche	moy. - s_m -	-	- -	- -	-	-
Moyenne	moy. 11'600 s_m 3'560		1,35 0,07	0,52 0,02	0,040	0,61

Tableau No 13 Biomasse de phytoplancton produite (mg de C/m³) au cours des essais d'enrichissement "in situ"

	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Oct.	Nov.
<u>L + Rh</u>								
PO ₄ : mg P/1	0,045	0,063	0,063	0,047	0,026	0,024	0,074	0,045
NO ₃ : mg N/1	0,35	0,32	0,46	0,49	0,37	0,36	0,79	0,48
Série 1		1'297	2'312	2'452		774	787	638
Série 2	2'958		<u>1'699</u>	<u>2'621</u>		<u>895</u>		<u>292</u>
Moyenne			2'006	2'536		834		465
<u>L (Témoin)</u>								
PO ₄ : mg P/1	0,019	0,045	0,011	0,010	0,004	0,007	0,024	0,037
NO ₃ : mg N/1	0,24	0,27	0,20	0,16	0,01		0,33	0,42
Série 1		1'590	892		537	375	149	184
Série 2	1'550	<u>1'386</u>	<u>596</u>	646	<u>623</u>	<u>384</u>	<u>190</u>	<u>119</u>
Moyenne		1'488	744		580	379	170	151
<u>L + P 1</u>								
Série 1		1'301	1'054	1'825	856	476	147	142
Série 2	1'539	<u>1'313</u>	<u>1'054</u>	<u>1'639</u>	<u>861</u>	<u>621</u>	<u>186</u>	<u>146</u>
Moyenne		1'307	1'054	1'732	858	548	167	144
<u>L + P 2</u>								
Série 1		1'227	744	1'134	998	303	154	114
Série 2	1'434	<u>1'656</u>	<u>748</u>		<u>1'501</u>	<u>370</u>	<u>101</u>	<u>122</u>
Moyenne		1'441	746		1'250	337	128	118
<u>L + N 1</u>								
Série 1		1'743		759	578	362	192	152
Série 2	1'474	<u>1'928</u>		<u>733</u>	<u>429</u>		<u>135</u>	<u>116</u>
Moyenne		1'835		746	503		164	134
<u>L + N 2</u>								
Série 1		1'697	539	691	560	399	144	104
Série 2	1'361	<u>1'040</u>	<u>1'050</u>	<u>978</u>	<u>587</u>	<u>385</u>	<u>96</u>	
Moyenne		1'368	794	835	574	392	120	
<u>L + (P1 + N1)</u>								
Série 1		2'445		1'072	1'226	993	166	119
Série 2	1'739	<u>2'816</u>	746	<u>908</u>	<u>1'064</u>	<u>1'111</u>	<u>140</u>	<u>137</u>
Moyenne		2'631		990	1'145	1'052	153	128
<u>L + (P2 + N 2)</u>								
Série 1		2'671	762	1'360	4'256	1'228	140	168
Série 2	1'612	<u>2'665</u>	<u>732</u>	<u>2'737</u>	<u>2'820</u>		<u>130</u>	<u>187</u>
Moyenne		2'668	747	2'049	3'538		135	178

Symboles du tableau voir page 285

RAPPORT SUR L'ETUDE
DES APPORTS ATMOSPHERIQUES AU LAC LEMAN

Campagne 1974

par B. Chassaing

Centre de Recherches Géodynamiques

L'étude des apports atmosphériques directs au lac Léman prévue au programme quinquennal 1971-1975 s'est poursuivie au cours de l'année 1974.

Ont participé à cette étude en 1974 :

- Le laboratoire de toxicologie industrielle et d'analyse de l'air de l'Institut d'Hygiène de Genève,
- Le laboratoire cantonal de chimie du canton de Vaud à Lausanne,
- Le Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon.

Les précipitations ont été recueillies mensuellement aux stations suivantes :

Canton de Genève :

- Hôtel de Ville de Genève,
- Anières,
- Bellevue,
- Chouilly,
- Salève (à 1000 m d'altitude)

Canton de Vaud :

- Chessel
- Clarens
- Pully
- Vidy
- Tolochenaz
- Changins

France :

- Thonon (C.R.G.)

De plus, quelques prélèvements d'averses isolées ont été réalisés à Thonon C.R.G. Les analyses ont été effectuées après filtration à 0,45 μ . Les résultats obtenus figurent dans les tableaux 1 à 14.

La comparaison des résultats des tableaux 13 et 14 montre l'influence des poussières atmosphériques sur la qualité des précipitations recueillies mensuellement.

Les apports spécifiques moyens mensuels ont été calculés pour les différentes stations (tableau 15).

La comparaison des valeurs obtenues pour les différentes stations confirme les résultats de 1973. Les apports atmosphériques de la région de Lausanne (Vidy, Pully) sont nettement plus importants que ceux évalués pour les autres stations.

Les apports directs totaux au lac Léman ont été calculés en extrapolant à l'ensemble du lac (582 km²) (tableau 16). Les chlorures mis à part, les apports sont légèrement plus élevés qu'en 1973.

Comme pour les années précédentes les sulfates constituent l'apport le plus important avec 5'900 tonnes.

Cette année, l'azote minéral (1'700 tonnes) et le phosphore total (147 tonnes) représentent respectivement 30 et 10 % des apports par les affluents (normes 63-73).

Les analyses effectuées en 1974 confirment l'importance de la pollution atmosphérique sur la qualité des eaux du Léman. Il y aurait lieu de prendre dès maintenant des mesures permettant de limiter au maximum les rejets dans l'atmosphère de fumées et poussières dont les éléments sont susceptibles d'altérer les eaux du Léman.

Tableau No 1 PLUVIOMETRIE EN MM D'EAU

Station / Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total annuel
Chessel	-	-	149	3	64	141	149	71	114	162	125	87	1'065
Clarens	44	81	51	3	83	179	197	85	119	164	133	89	1'228
Pully	52	76	44	6	47	155	144	65	112	149	107	119	1'072
Vidy	44	85	43	5	46	127	136	54	115	92	94	89	930
Tolochenaz	76	93	50	7	52	140	135	37	78	172	88	108	1'036
Changins	35	62	47	13	43	102	66	31	57	132	75	99	762
Hôtel de ville Genève	73	74	52	44	65	103	108	44	108	157	134	77	1'039
Anières	77	91	42	51	72	149	90	32	101	151	103	81	1'040
Bellevue	62	75	44	31	54	118	96	29	113	162	104	77	965
Chouilly	59	55	48	27	57	91	71	34	94	151	91	73	851
Salève	76	*75	58	56	68	152	188	42	108	160	140	64	1'187
Thonon C.R.G.	59	67	33	25	105	151	53	53	161	109	113	49	978

* valeur estimée

Tableau No 5
CALCIUM EN mg/l

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chesnel		-	-	6,0	-	7,4	4,0	3,6	3,4	2,6	2,4	2,8	3,6
Clarens		7,2	4,4	4,8	-	4,4	4,4	2,0	3,6	2,8	4,4	3,6	3,6
Pully		3,2	3,4	4,0	-	16,0	2,0	5,6	12,0	4,0	3,6	3,6	4,0
Vidy		12,0	3,6	6,0	-	16,4	3,6	10,0	5,0	3,4	3,6	6,4	3,6
Tolochenaz		4,0	2,6	3,8	-	18,0	4,4	4,0	7,4	4,8	4,0	3,6	4,4
Changins		-	2,0	3,6	-	7,2	8,0	4,6	4,4	4,0	2,4	2,8	4,0
Hôtel de ville Genève		6,5	10,6	18,4	10,8	7,1	2,0	1,6	17,2	2,4	1,2	4,4	3,6
Anières		1,6	2,4	4,8	7,1	6,7	2,0	0,8	4,2	0,8	1,2	1,6	1,6
Bellevue		1,2	1,4	2,4	2,7	1,4	6,4	0,8	14,8	9,3	1,2	1,6	2,0
Chouilly		1,6	1,6	1,6	4,4	1,9	1,6	1,6	5,6	1,2	1,6	1,5	1,2
Saiève		0,4	1,6	1,6	2,0	1,0	0,8	0,5	5,1	0,8	2,4	2,7	1,6
Thonon C.R.G.		2,5	2,2	4,0	4,0	5,5	4,8	4,0	2,3	0,9	0,9	1,2	1,8

Tableau No 6
AMMONIUM EN mg N/l

Station / Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel	-	-	1,020	-	1,973	0,405	3,609	1,484	1,431	0,760	0,460	0,360
Clarens	0,360	0,213	0,930	-	1,786	0,106	0,171	0,949	0,220	0,280	0,400	0,890
Pully	2,310	1,350	3,180	-	18,600	0,967	9,473	33,160	8,060	4,670	4,340	1,350
Vidy	0,480	0,484	1,280	-	5,100	6,552	31,920	3,142	0,560	0,860	2,310	1,220
Tolochenaz	0,180	0,392	0,320	-	9,280	3,494	2,489	1,626	2,830	0,510	0,380	0,910
Changins	0,970	0,546	1,080	16,870	19,400	12,270	10,217	21,482	10,200	4,000	2,290	0,670
Hôtel de ville Genève	1,170	1,140	2,620	2,420	1,360	7,000	0,050	0,030	0,230	0,330	0,500	0,580
Anières	1,020	0,760	2,520	2,190	9,260	1,610	0,190	0,610	0,020	1,540	1,410	0,580
Bellevue	0,740	0,670	3,420	7,040	2,600	0,270	0,050	0,020	0,010	0,270	0,310	0,130
Chouilly	1,070	0,690	2,550	1,780	2,220	0,500	0,220	1,330	0,590	0,670	0,390	0,180
Salève	0,580	0,460	2,060	1,430	1,520	1,630	1,640	0,310	0,390	0,060	0,010	0,040
Thonon C.R.G.	0,130	0,570	0,040	0,850	0,270	0,050	0,010	0,870	0,290	1,660	0,410	0,120

Tableau No 7
NITRITES EN mg N/l

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel		-	-	0,040	-	0,011	0,070	0,055	0,240	0,041	0,049	0,027	0,107
Clarens		0,245	0,181	0,266	-	0,292	0,166	0,033	0,289	0,128	0,189	0,158	0,216
Pully		0,146	0,138	0,117	-	0,108	0,028	0,105	0,079	0,073	0,049	0,091	0,100
Vidy		0,188	0,162	0,163	-	0,134	0,066	0,107	0,292	0,075	0,093	0,137	0,170
Tolochenaz		0,003	0,076	0,008	-	0,028	0,048	0,093	0,055	0,015	0,018	0,023	0,027
Changins		0,125	0,061	0,072	0,095	0,132	0,064	0,097	0,152	0,046	0,033	0,050	0,050
Hôtel de ville Genève		0,027	0,016	0,019	0,038	0,007	0,008	0,001	0,006	0,001	0,003	0,002	0,004
Anières		0,000	0,002	0,006	0,028	0,035	0,011	0,001	0,005	0,001	0,011	0,004	0,002
Bellevue		0,001	0,002	0,005	0,023	0,014	0,005	0,001	0,003	0,001	0,009	0,002	0,002
Chouilly		0,000	0,002	0,003	0,008	0,002	0,001	0,001	0,003	0,002	0,005	0,001	0,001
Salève		0,001	0,000	0,001	0,004	0,004	0,004	0,006	0,002	0,005	0,003	0,001	0,000
Thonon C.R.G.		0,004	0,009	0,002	0,002	0,006	0,013	0,003	0,002	0,000	0,001	0,006	0,002

Tableau No 8
NITRATES EN mg N/l

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel		-	-	0,20	-	0,34	0,24	0,93	0,62	0,18	0,21	0,25	0,19
Clarens		0,20	0,24	0,48	-	0,54	0,21	0,07	0,25	0,51	0,19	0,21	0,15
Pully		0,26	0,26	0,67	1,50	0,56	0,16	0,25	0,26	0,40	0,22	0,06	0,18
Vidy		0,18	0,16	0,30	1,10	0,69	0,23	0,16	0,34	0,12	0,20	0,25	0,16
Tolochenaz		1,00	1,56	1,03	3,00	1,97	2,38	1,74	3,73	1,93	0,24	1,58	0,58
Changins		0,32	0,13	0,37	0,80	0,41	0,20	0,29	0,16	0,23	0,49	0,13	0,11
Hôtel de ville Genève		0,40	0,83	1,10	1,27	1,26	0,21	0,24	0,10	0,46	0,44	0,27	0,29
Anières		0,39	0,67	0,76	1,10	0,44	0,20	0,12	0,20	0,14	0,28	0,22	0,16
Bellevue		0,35	0,55	0,58	0,97	0,62	0,29	0,00	0,03	0,06	0,24	0,20	0,14
Chouilly		0,50	0,72	0,82	1,47	0,69	0,27	0,26	0,44	0,30	0,32	0,30	0,23
Salève		0,20	0,78	0,70	0,84	0,38	0,29	0,06	0,25	0,14	0,06	0,03	0,08
Thonon C.R.G.		0,16	0,47	0,67	0,29	0,38	0,15	0,06	0,32	0,08	0,07	0,12	0,07

CHLORURES EN mg/l

Tableau No 9

Station	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel	-	-	3,4	-	3,8	1,9	1,3	2,4	0,8	1,0	1,6	1,5
Clarens	4,2	3,5	1,9	-	3,6	1,5	0,3	1,8	1,2	1,2	2,2	2,3
Pully	2,2	2,5	2,6	-	3,6	2,1	1,5	2,0	2,0	2,0	2,2	1,4
Vidy	4,4	2,8	3,2	-	4,4	3,5	3,9	3,3	2,0	1,4	2,8	2,0
Tolochenaz	1,8	1,9	2,7	-	4,0	4,3	1,5	4,0	1,4	1,5	3,2	1,6
Changins	1,2	1,8	2,8	-	4,8	2,9	2,1	10,4	2,0	1,4	1,4	1,7
Hôtel de ville Genève	3,3	2,2	1,1	1,8	0,4	2,6	0,9	2,1	1,2	1,5	0,8	2,1
Anières	2,8	1,3	1,0	1,4	1,5	0,5	1,3	2,3	0,8	0,3	0,6	1,2
Bellevue	1,9	1,0	0,9	1,1	0,7	0,8	0,7	5,2	1,6	0,0	0,5	7,3
Chouilly	2,6	1,3	0,7	0,8	0,9	0,2	0,9	1,4	1,0	0,1	0,7	1,5
Salève	2,6	4,7	0,5	0,6	0,3	0,6	0,5	0,7	0,6	0,4	0,9	0,9
Thonon C.R.G.	0,9	0,5	1,1	3,2	1,1	0,3	1,5	1,4	0,7	0,2	0,8	1,3

Tableau No 10 SULFATES EN mg/l

Station / Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel	-	-	23,6	-	18,1	7,3	8,5	4,5	4,7	4,9	5,5	8,9
Clarens	-	22,5	30,0	-	19,7	4,9	7,5	5,7	6,0	6,9	7,9	9,9
Pully	-	33,8	43,6	-	45,4	11,4	10,2	17,8	10,8	12,0	17,1	16,6
Vidy	-	21,6	49,5	-	42,8	15,5	14,2	9,2	8,3	9,3	20,3	11,4
Tolochenaz	22,7	12,4	46,0	-	25,4	14,3	10,1	10,7	10,6	7,1	10,6	8,2
Changins	-	15,7	35,0	-	30,6	11,7	14,9	16,2	9,1	6,6	7,4	8,5
Hôtel de ville Genève	14,7	20,3	10,2	21,9	14,1	3,3	2,9	15,5	5,6	13,4	7,2	9,8
Anière	4,3	2,3	2,8	16,2	15,8	3,7	3,1	6,0	6,1	6,2	10,3	6,8
Bellevue	4,7	3,6	2,1	9,6	6,3	7,8	2,8	9,1	11,1	4,8	10,3	6,8
Chouilly	3,7	3,3	1,6	9,3	8,2	3,8	3,3	4,1	5,6	4,1	3,9	4,1
Salève	2,3	6,0	0,9	8,4	4,8	5,3	2,2	6,3	3,1	5,5	2,1	14,3
Thonon C.R.G.	7,1	3,8	7,1	12,1	6,0	4,35	6,9	5,7	3,0	3,6	3,6	4,6

Tableau No 11

ORTHOPHOSPHATES EN mg P/l

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chesnel		-	-	0,004	-	0,010	0,029	0,024	0,030	0,030	0,035	0,020	0,010
Clarens		0,115	0,017	0,011	-	0,010	0,028	0,012	0,040	0,030	0,070	0,016	0,010
Pully		0,255	0,090	0,078	0,254	0,463	0,361	0,090	0,710	0,450	0,480	0,280	0,100
Vidy		0,030	0,053	0,019	0,072	0,037	1,150	2,075	0,100	0,015	0,060	0,100	0,096
Tolochenaz		0,476	0,190	0,035	0,048	0,507	0,236	0,295	0,125	0,225	0,140	0,070	0,010
Changins		0,486	0,293	0,054	0,428	0,553	0,976	0,326	0,840	0,520	0,400	0,300	0,200
Hôtel de ville Genève		0,002	0,019	0,008	0,008	0,005	0,010	0,014	0,003	0,010	0,007	0,001	0,002
Anières		0,002	0,008	0,035	0,025	0,430	0,002	0,010	0,001	0,003	0,154	0,160	0,014
Bellevue		0,001	0,032	0,070	0,075	0,023	0,004	0,010	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002
Chouilly		0,008	0,005	0,045	0,013	0,088	0,001	0,006	0,007	0,018	0,086	0,003	0,002
Salève		0,049	0,014	0,012	0,014	0,060	0,114	0,434	0,001	0,037	0,004	0,008	0,001
Thonon C.R.G.		0,015	0,009	0,007	0,014	0,007	0,029	0,006	0,004	0,011	0,180	0,005	0,000

Tableau No 12 PHOSPHORE TOTAL EN mg P/l

Station / Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel	-	-	0,131	-	0,019	0,433	0,123	0,150	0,115	0,060	0,077	0,034
Clarens	0,184	0,126	0,175	1,200	0,019	0,037	0,057	0,130	0,080	0,075	0,116	0,050
Pully	0,391	0,257	1,026	0,613	1,000	0,430	0,175	2,070	0,600	0,540	0,440	0,340
Vidy	0,437	0,084	0,192	0,380	0,097	1,170	3,530	0,280	0,020	0,080	0,425	0,196
Tolochenaz	0,635	0,267	1,282	0,440	0,673	0,536	0,505	0,530	0,405	0,155	0,185	0,215
Changins	0,570	0,442	1,101	0,430	0,635	1,240	0,360	1,890	1,575	0,430	0,375	0,430
Hôtel de ville Genève	0,006	0,025	0,012	0,009	0,005	0,010	0,014	0,060	0,061	0,022	0,004	0,015
Anières	0,053	0,017	0,060	0,028	0,440	0,030	0,010	0,007	0,044	0,160	0,176	0,016
Bellevue	0,001	0,035	0,100	0,082	0,025	0,030	0,010	0,051	0,064	0,037	0,010	0,006
Chouilly	0,018	0,010	0,070	0,018	0,098	0,016	0,007	0,039	0,067	0,146	0,007	0,018
Salève	0,069	0,023	0,018	0,016	0,073	0,131	0,434	0,041	0,101	0,034	0,014	0,020
Thonon C.R.G.	0,030	0,023	0,026	0,038	0,009	0,044	0,037	0,009	0,020	0,194	0,031	0,014

Tableau No 13

PLUIE MENSUELLE A THONON-CRQ (mg/l)

Mois	Éléments en mg/l													P total en P
	SiO ₂	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺ en N	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ en N	NO ₂ ⁻ en N	PO ₄ ⁻⁻⁻ en P	P total en P	
Janv.	0,009	2,5	0,01	0,95	0,18	0,13	0,95	7,14	2,9	0,16	0,004	0,015	0,030	
Févr.	0,04	2,2	0,2	0,69	0,25	0,57	0,50	3,8	1,9	0,47	0,009	0,009	0,023	
Mars	0,16	4,0	0,24	0,45	0,26	0,040	1,13	7,1	2,4	0,67	0,002	0,007	0,026	
Avril	0,18	4,0	0,30	0,58	0,95	0,85	3,18	12,1	0,0	0,29	0,002	0,014	0,038	
Mai	0,09	5,5	0,1	0,50	0,47	0,27	1,12	6,0	12,2	0,38	0,006	0,007	0,009	
Juin	0,17	4,8	0,18	0,14	0,54	0,050	0,32	4,35	12,2	0,15	0,013	0,029	0,044	
Juillet	0,52	4,0	0,34	0,53	1,48	0,011	1,50	6,9	2,9	0,06	0,003	0,006	0,037	
Août	0,24	2,29	0,39	0,63	0,43	0,87	1,40	5,68	3,2	0,32	0,002	0,004	0,009	
Sept.	0,15	0,9	0,20	0,58	0,46	0,29	0,72	3,0	0,0	0,08	0,000	0,011	0,020	
Oct.	0,11	0,9	0,24	0,27	0,57	1,66	0,19	3,6	9,3	0,07	0,001	0,180	0,194	
Nov.	0,06	1,2	0,25	0,37	0,18	0,41	0,84	3,65	7,3	0,12	0,006	0,005	0,031	
Déc.	0,03	1,8	0,27	0,53	0,19	0,12	1,32	4,6	4,9	0,07	0,002	0,000	0,014	

Tableau No 15
APPORTS MOYENS MENSUELS EN kg/km^2

Stations	Résidu sec	Résidu calciné	Calcium	Azote minéral	Phosphore soluble	Phosphore total	Chlorures	Sulfates	pH Moy. mensuelles
Chessel	6'390	4'454	451	199	2,6	16,2	218	1'120	6,79
Clarens	5'389	3'396	420	97	3,3	8,6	198	1'160	6,83
Pully	8'290	4'821	463	681	27,1	49,8	198	1'781	6,94
Vidy	8'278	4'374	507	590	38,9	62,6	259	1'437	6,95
Tolochenaz	7'137	4'187	450	283	17,4	36,3	229	1'183	6,66
Changins	5'468	3'505	301	447	28,2	46,1	169	862	7,30
Hôtel de ville Genève	2'800	1'601	467	189	0,6	1,7	138	894	5,82
Anières	2'164	1'008	204	174	6,4	7,9	94	568	5,69
Bellevue	2'004	1'113	272	83	0,94	2,6	118	530	6,29
Chaully	1'063	496	126	89	2,0	3,7	61	310	5,45
Salève	1'887	902	150	107	9,6	11,4	96	448	5,34
Thonon C.R.G.	1'328 *	-	219	52	2,5	3,6	68	390	-
Moy. Genève	1'984	1'024	245	128	3,9	5,5	101	550	5,72
Moyenne Vaud	6'851	4'138	434	388	20,6	37,5	211	1'264	6,92
Moy. inter-stations	4'397	2'527	330	246	11,9	21,0	149	850	6,36

* valeurs calculées

Tableau No 16 APports ATMOSPHERIQUES DIRECTS AU LEMAN (582 km²)

	Résidu sec	Résidu calciné	Calcium	Chlorures	Sulfates	N minéral	PO ₄	P total
1972 **	* 13'120	-	1'220	845	4'592	1'178	-	9
1973	24'395	-	1'641	1'530	4'470	1'327	-	119
1974	30'700	17'650	2'300	1'040	5'940	1'720	83	147

** En 1972, les précipitations de la rive Vaudoise n'avaient pas été analysées.

* Valeur calculée

INFLUENCE DES REJETS DE LA STATION D'EPURATION
DE VIDY SUR L'EAU, LES SEDIMENTS ET LA FAUNE
BENTHIQUE DU LEMAN

Campagne 1974

par Claude Lang
Hydrobiologiste
Conservation de la Faune, Lausanne

SOMMAIRE

1. Introduction
2. Station
3. Méthodes
 - 3.1. Prélèvements
 - 3.2. Analyses chimiques
 - 3.3. Analyses bactériologiques
 - 3.4. Analyses biologiques
 - 3.5. Densité des tubificidés
4. Influence des rejets sur la zone littorale
 - 4.1. Composition chimique de l'eau
 - 4.2. Composition physico-chimique des sédiments
 - 4.3. Composition du benthos
 - 4.4. Corrélations entre les caractéristiques biologiques et chimiques du milieu
5. Influence des rejets dans la zone profonde
 - 5.1. Composition du benthos
 - 5.2. Analyses bactériologiques des sédiments
 - 5.3. Composition chimique de l'eau
 - 5.4. Composition physico-chimique des sédiments
 - 5.5. Corrélations entre les caractéristiques biologiques et chimiques du milieu

- 6. Discussion
- 7. Conclusion
 - Résumé
 - Bibliographie
 - Appendices

1. INTRODUCTION

La Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman contre la pollution a prévu dans son programme quinquennal 1971-1975 une étude de l'influence des rejets de la station d'épuration de Vidy sur le Léman. Le programme initialement prévu comportait l'étude physico-chimique des eaux du lac, l'analyse du benthos et des sédiments, le marquage biologique et chimique de l'effluent de la station d'épuration au moyen de bactéries chromogènes et d'un élément radioactif. Son but consistait à suivre la dispersion de l'effluent de la station d'épuration. Les expériences de marquage ont l'inconvénient de ne donner qu'une représentation des phénomènes limitée dans le temps. Pour cette raison, il a paru préférable d'y renoncer pour se concentrer sur l'analyse des pollutions au niveau du fond du lac, c'est-à-dire au niveau de l'eau du fond, des sédiments et de la faune benthique. La collaboration de trois laboratoires a permis la réalisation de ces recherches. Le Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon a effectué les analyses de l'eau et des sédiments. Le Service d'Hydrobiologie de Genève a réalisé les analyses bactériologiques tandis que la Conservation de la faune à Lausanne s'est occupée de la faune benthique et de l'analyse des résultats globaux. Le but de ces recherches était de déterminer la nature et l'étendue de l'influence des rejets de la station d'épuration sur l'eau, les sédiments et la faune benthique du Léman. Les résultats obtenus devaient permettre d'estimer l'impact d'une station d'épuration sur le degré de pollution d'un lac, mesurant ainsi l'efficacité de telles installations.

A en juger d'après la littérature consultée, ce genre d'approche n'a pas été utilisé jusqu'à présent. Les recherches effectuées auparavant se sont plutôt consacrées à l'influence des eaux usées sur le phytoplancton des lacs (Bossard et Ambühl 1974). L'intérêt pratique de telles études paraît pourtant évident.

Une analyse préliminaire de la région littorale devant Vidy a été consacrée à la macrofaune benthique (Lang 1973 et publication sous presse). Le travail ci-dessous présente l'influence des rejets tant sur les facteurs abiotiques du milieu (chimie de l'eau et des sédiments) que sur les facteurs biotiques (structures des communautés animales benthiques). Zone littorale (profondeur 0-20 m) et zone profonde (20-200 m de profondeur) sont englobées dans ces recherches. L'analyse des pollutions engendrées par la station d'épuration de Vidy est abordée à partir de deux voies différentes, la voie physico-chimique et la voie biologique. Chacune de ces approches présente des avantages et des inconvénients qui rendent leur confrontation indispensable.

Les communautés animales benthiques constituent d'excellents indicateurs biologiques puisqu'elles intègrent les conditions physico-chimiques présentes et passées du milieu. La structure de ces communautés a l'inconvénient d'être déterminée à la fois par des facteurs abiotiques externes

et par des facteurs biotiques internes (concurrence entre espèces), ce qui rend l'interprétation des résultats délicate.

Dans la station de Vidy, l'essentiel du benthos est formé par les tubificidés. Ces vers constituent de bons indicateurs de pollution tant par leur densité que par la composition spécifique de leurs populations. Milbrink (1973) donne une synthèse de nos connaissances sur ces animaux, synthèse dont j'ai tiré les indications relatives aux espèces rencontrées à Vidy.

Tubifex tubifex et les espèces de *Limnodrilus* (*L. hoffmeisteri*, *L. udekemianus*, *L. claparedeanus*) caractérisent les zones soumises à de fortes pollutions organiques. La densité de ces espèces peut dépasser 100'000 individus/m² dans les sédiments pollués dont les autres tubificidés sont absents. La position du *Tubifex tubifex* est ambiguë du point de vue indicateur de pollution puisque cette espèce peut se rencontrer en petit nombre dans des régions oligotrophes où la densité des autres espèces est faible. Cette distribution peut s'expliquer ainsi: *Tubifex tubifex* présente une grande résistance aux pollutions et une faible tolérance vis-à-vis de la compétition avec les autres espèces. Ces caractéristiques l'éliminent des zones où abondent les autres tubificidés. *Potamothrix hammoniensis* prolifère dans les zones polluées où la quantité d'oxygène reste tout de même appréciable. *Potamothrix heuscheri* semble encore plus résistant au manque d'oxygène. Ce sont des espèces plutôt caractéristiques des régions eutrophes. *Potamothrix vejvodskyi* est abondant dans les sédiments légèrement pollués. *Pelosclex ferox* et le lumbriculidé *Stylodrilus heringianus* constituent d'après Milbrink les meilleurs indicateurs de conditions oligotrophes.

2. REGION ETUDIEE

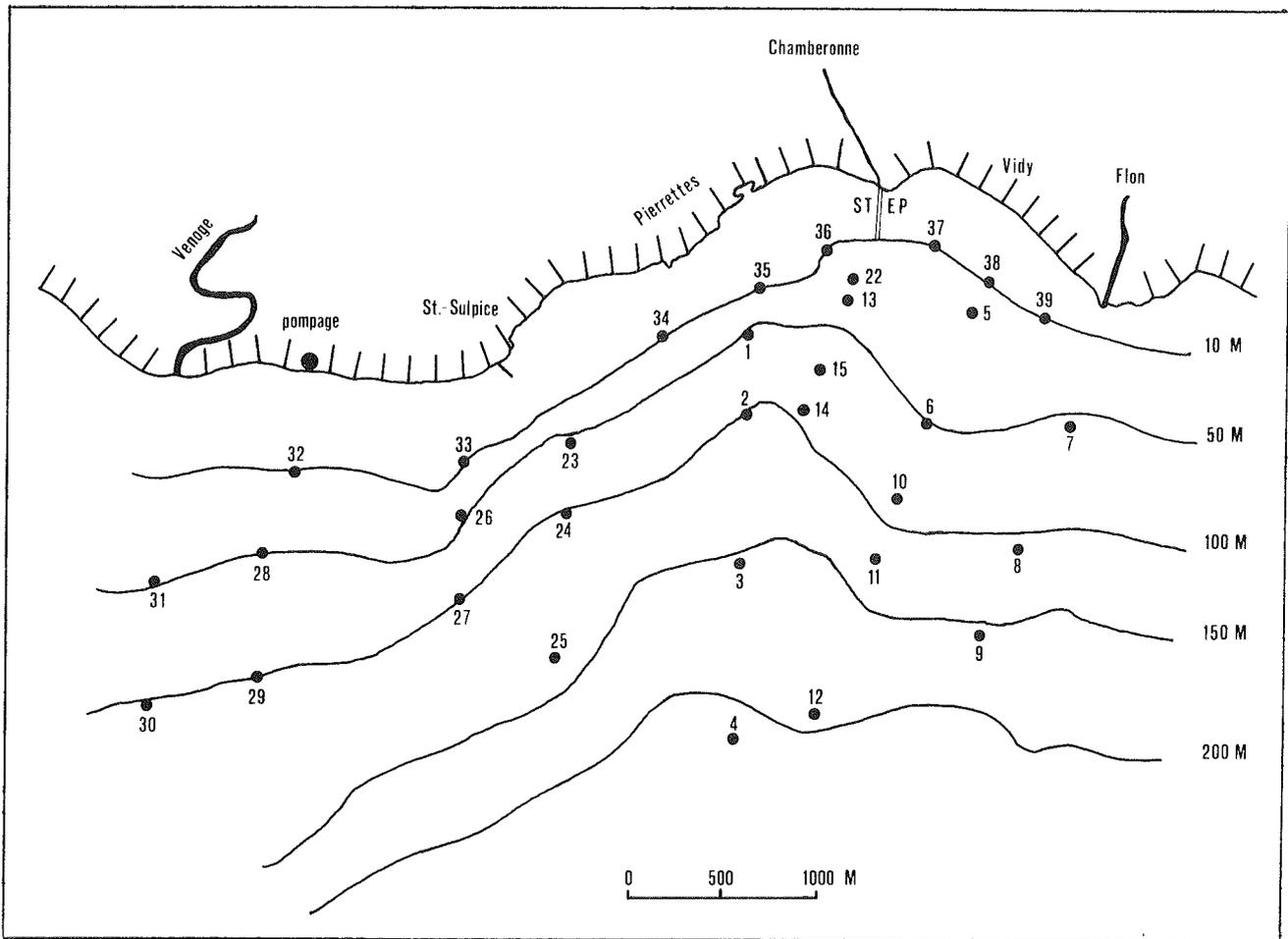
2.1. Situation générale

La région étudiée s'étend de l'embouchure du Flon jusqu'à celle de la Venoge. L'extrémité de la conduite sous-lacustre qui sert d'effluent à la station d'épuration (STEP) de Vidy constitue le point zéro des distances de prélèvement. Cette conduite, longue de 350 m et de 2 m de diamètre, débouche à 10 m de profondeur à la limite de la plate-forme littorale. Les prélèvements effectués en direction de la Venoge sont qualifiés de prélèvements "ouest", ceux en direction du Flon de prélèvements "est". (fig. 1).

La direction ouest est particulièrement intéressante à étudier puisqu'on y rencontre la station de pompage de St-Sulpice située à 3'200 m de l'effluent de la STEP. Ces recherches permettent de juger si les rejets de la STEP seraient susceptibles d'influencer les eaux de pompage.

Les courants sous-lacustres de cette région ont été décrits par Plauchu (1969-1970). Cinq séries de mesures ont été effectuées au large de la Chamberonne, position qui correspond à celle de l'effluent de la STEP. Les courants observés en profondeur (plus de 10 m) se dirigent pour la plupart en direction de l'ouest tandis que les courants superficiels vont à l'est en direction de Lausanne.

Fig. 1 Situation générale des points de prélèvement dans la région de Vidy
(No 32 - 39, 1973 ; No 1 - 31, 1974)



Aucune étude globale du benthos et des sédiments n'a été réalisée avant la mise en service de la STEP. Cette lacune de nos connaissances ne nous permet pas de juger l'évolution des conditions dans le temps. Cependant, le travail de Monod (1956), nous donne des indications utiles sur la qualité de l'eau et des sédiments au voisinage du Flon où se déversaient les égoûts de Lausanne. Toute la baie de Vidy était soumise depuis longtemps aux influences polluantes de cette rivière et plus à l'ouest à celles de la Chamberonne. Depuis la mise en action de la STEP de Vidy, le Flon est épuré. Cependant, il est encore utilisé comme déversoir d'orage. La Chamberonne reste polluée, mais la situation de cette rivière s'est améliorée considérablement depuis 1972 (Burkard 1967, 1972, Siwertz 1973).

L'effluent de la STEP de Vidy se déverse donc dans une région déjà préalablement polluée par des eaux d'égoût. Cependant, le centre de pollution principal se trouve déplacé en direction de l'ouest.

2.2. La station d'épuration de Vidy

Raccordée à 220'000 équivalents-habitants depuis 1973, la station de Vidy possède les trois phases d'épuration : mécanique, biologique et chimique (précipitation des phosphates par le chlorure ferrique). Mise en service en 1964-1965, elle pratique l'épuration chimique depuis 1971.

Au cours de l'année 1973, la station a reçu 1,6 m³/sec. d'eau usée (Moyenne annuelle). Le 79 % de ces eaux usées a passé par les trois phases d'épuration (soit 1,27 m³/sec.). Les analyses effectuées avant et après le traitement montrent que l'efficacité de l'épuration est assez satisfaisante. Cependant, les normes légales de rejets (norme franco-suisse) ne sont pas parfaitement respectées, sauf en ce qui concerne les orthophosphates et les nitrites (Thélin 1973). La charge polluante résiduelle reste encore appréciable, surtout si l'on considère la masse des eaux rejetées au lac (41 millions de m³ par an).

La capacité de traitement de la station est dépassée lors de fortes pluies. Les eaux de pluie et les eaux usées n'étant qu'incomplètement séparées, une masse d'eau considérable peut arriver à la station en quelques heures en cas d'orage (10 m³/sec.) Le trop-plein est évacué par les déversoirs d'orage, ainsi que par l'effluent de la STEP. Ces eaux usées fortement diluées par les eaux de pluie sont ainsi rejetées au lac après traitement mécanique. Le volume total de ces eaux peut être estimé à 9 millions de m³ par an.

Le Léman dans la région de Vidy est donc soumis à une double influence: celle d'une pollution résiduelle continue (eaux usées traitées) et celle d'une pollution plus massive, mais sporadique (eaux usées non traitées, mais diluées).

3. METHODES

3.1. Prélèvements

Dans la zone littorale (profondeur 0-20 m), les prélèvements sont effectués in situ au moyen du scaphandre autonome. Des tubes en PVC transparent de 40 cm de longueur sont enfoncés jusqu'à 20 cm de profondeur dans le sédiment. La partie supérieure du tube est obturée au moyen d'une capsule en polyéthylène. Le tube est retiré du sédiment et son orifice inférieur est fermé de la même façon. Une carotte de sédiment de 15 cm² et de 300 cm³ est ainsi prélevée. L'enfoncement du tube jusqu'à 20 cm de profondeur dans le sédiment permet de récolter tous les animaux présents, puisque ceux-ci ne descendent pas plus bas que 10 cm (Brinkhurst 1971).

Les distances de prélèvement sont déterminées à partir de l'effluent de la STEP soit au moyen d'une hélice reliée à un compte-tour (précision + 10 %) soit grâce à des points de repère terrestres. A chaque distance de prélèvement, quatre carottes sont récoltées. Une d'elles est réservée aux analyses chimiques, les autres aux analyses biologiques.

Dans la zone profonde, les prélèvements sont effectués à partir de la surface au moyen d'une benne Ekman récoltant 4'400 cm² de sédiment. L'eau surnageante prélevée dans la benne au moyen d'une pompe est destinée à l'analyse de l'eau du fond. Deux carottes de 10,5 cm² chacune sont prises

dans la benne elle-même au moyen de tubes en PVC enfoncés jusqu'à 10 cm de profondeur dans le sédiment. Un de ces tubes est réservé aux analyses chimiques, l'autre aux analyses biologiques.

3.2. Analyses chimiques

Toutes les analyses chimiques ont été effectuées par le Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon.

3.2.1. Analyses de l'eau du fond et de l'eau interstitielle

L'eau du fond est filtrée à 0,45 μ tandis que l'eau interstitielle est extraite du sédiment au moyen d'une presse pneumatique (pression 5-6 bars) sur une membrane de 0,45 μ . Les méthodes de détermination sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Analyses chimiques de l'eau

<u>Corps analysés</u>	<u>Méthodes d'analyse</u>
Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Sr ⁺⁺	absorption atomique en présence de lanthane (correcteur d'interaction)
NH ₄ ⁺	colorimétrie à 630 nm. par phénolhypochlorite
NO ₂ ⁻	colorimétrie, à 540 nm avec sulfanilamide et N-(1-naph-(1-naphtyl)-éthènediamine
NO ₃ ⁻	colorimétrie à 407,5 nm (méthode à l'acide phénol-disulfonique)
PO ₄ ^{- - -}	colorimétrie à 882 nm, méthode dérivée de Murphy et Riley, avec molybdate d'ammonium, tartrate d'antimoine, acide ascorbique en milieu sulfurique
P total	comme PO ₄ [≡] après hydrolyse acide oxydante avec H ₂ SO ₄ + (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈
SiO ₂	colorimétrie à 810 nm avec molybdate d'ammonium, acide tartrique et réactif réducteur au bisulfite et acide amino 1 naphtol 4 sulfonique
Chlorures	colorimétrie à 460 nm avec thiocyanate mercurique et nitrate ferrique
Sulfates	turbidimétrie du sulfate de baryum avec agent tensio-actif à 420 nm.
Alcalinité	volumétrie avec H ₂ SO ₄ N/50 et indicateur mixte pour pH = 4,5
Carbone organique	acidification, puis oxydation par voie humide avec K ₂ S ₂ O ₈ en ampoule scellée. Puis dosage quantitatif du CO ₂ produit par analyseur infrarouge non dispersif (Oceanography International, O524 A)

3.2.2. Analyses des sédiments

Le sédiment est séché à l'étuve à 110° dans une capsule en porcelaine. Puis après quartage, il est finement broyé au mortier d'agate.

Pour la mise en solution, une prise d'essai de 100 mg de sédiment est portée au point de fusion dans un creuset de platine en présence de borate de lithium (100 mg sédiment + 250 mg acide borique + 250 mg carbonate de lithium). Le résidu de la fusion est repris par du HCl 50 % (5 ml) et le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau.

Cette solution sert à la détermination des éléments majeurs (Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn, Si) par absorption atomique en présence de lanthane pour corriger les interférences. Les solutions étalons, préparées dans les mêmes conditions que les sédiments contiennent les différents éléments dans les mêmes proportions que les solutions de fusion obtenues à partir des sédiments.

L'oxyde de titane est déterminé par colorimétrie à l'eau oxygénée (lecture à 400 nm. Le P₂O₅ est dosé par colorimétrie au molybdate d'ammonium en présence d'acide ascorbique (lecture à 800 nm. La perte au feu à 600 et 1'000 ° a également été déterminée.

Les pourcentages des différents éléments sont donnés par rapport au poids du sédiment séché à 110°.

3.3. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques effectuées par le Service d'hydrobiologie de Genève portent sur la recherche et la numération des Clostridium sulfite-réducteurs (*W. perfringens*). La présence de cette bactérie est un signe de contamination fécale.

Quelques centimètres cubes de vase sont prélevés dans la benne à la surface du sédiment. Un tube de verre contenant le milieu de Wilson-Blair (Buttiaux) est ensemencé avec 0,01 ml de vase. On incube le tube à 37° pendant 24 heures. On peut alors compter les colonies noires de Clostridium qui s'y sont développées.

3.4. Analyses biologiques

Le sédiment est passé sur un tamis dont les mailles ont une ouverture de 0,2 mm. Le refus du tamis est fixé au formol 10 % additionné de Rose Bengale (1 g/l). Grâce à cette méthode, les animaux colorés en rose se distinguent facilement du sédiment. Le triage s'effectue par petites fractions sous la loupe binoculaire. Les animaux ainsi isolés sont comptés. Chez les vers, seuls les fragments céphaliques sont pris en considération pour éviter de surestimer le nombre des individus. Ces animaux ont en effet tendance à se fragmenter au moment de la fixation.

Les tubificidés, qui constituent l'essentiel de la faune récoltée, sont montés entre lame et lamelle dans du polyvinyl-lactophénol. Après 48 heures, les vers sont suffisamment éclaircis pour être déterminés sous le microscope d'après les ouvrages de Brinkhurst (1963 a, 1963 b), de Brinkhurst et de Jamieson (1971) et de Juget (Clef de détermination).

Certaines espèces de tubificidés rencontrées dans la région de Vidé ne sont discernables l'une de l'autre avec certitude que lorsque les individus sont sexuellement mûrs. Par exemple, les individus immatures de *Tubifex tubifex* ne sont pas distinguables de ceux de *Potamothrix hammoniensis*. Les immatures sont attribués à l'espèce dont les individus mûrs sont seuls présents dans le prélèvement. En cas de présence simultanée de ces deux espèces mûres dans le même prélèvement, les immatures sont répartis entre elles en fonction des pourcentages respectifs des individus mûrs. Cette méthode introduit une certaine incertitude dans les résultats, cependant l'erreur commise reste acceptable. Seules des méthodes de taxonomie chimique (électrophorèse de certaines enzymes) permettraient de distinguer les individus immatures de certaines espèces (Milbrink 1973).

3.5. Densité des tubificidés

Pour chaque point de prélèvement dans la zone littorale, nous disposons de trois échantillons de 15 cm² chacun. La densité des tubificidés par m² est estimée en calculant la moyenne géométrique ainsi que l'erreur standard à partir des données brutes de ces trois prélèvements transformées en logarithmes. La moyenne géométrique donne une meilleure estimation de la moyenne réelle que la moyenne arithmétique dans le cas d'animaux distribués sous forme d'agrégats dans le sédiment (Elliott 1971). La distribution des tubificidés suit ce modèle ainsi qu'en témoignent les quotients variance/moyenne arithmétique significativement supérieurs à l'unité. (Milbrink 1974).

Si le nombre des tubificidés récoltés est trop élevé, la détermination des espèces s'effectue sur un sous-échantillon choisi au hasard. Pour ce faire, les vers sont répartis uniformément dans une cuvette divisée en compartiments longitudinaux. La surface de la cuvette est balayée systématiquement sous la loupe et les vers sont comptés dans l'ordre de leur apparition. En fonction de l'effectif total, tous les trois ou cinq vers comptés sont prélevés en vue de la détermination. La densité des différentes espèces observées dans le sous-échantillon est rapportée à l'échantillon total, ce qui permet de calculer ensuite la densité des espèces par m². Dans la zone profonde, un seul échantillon est prélevé par point, ce qui ne permet pas de déterminer les intervalles de confiance de la densité des vers.

4. INFLUENCE DES REJETS DANS LA ZONE LITTORALE

La zone littorale qui comprend la plate-forme littorale et les bords du mont a été principalement étudiée en plongée jusqu'à la profondeur de 20 mètres. La plupart des prélèvements sont effectués à une profondeur constante de 10 mètres afin de rendre les résultats comparables entre eux, en éliminant l'action du facteur profondeur. Les points de prélèvements sont présentés dans la figure 1. Nous allons examiner successivement l'influence des rejets de la STEP sur l'eau, les sédiments et le benthos.

L'observation directe en plongée (janvier 1973) montre que de l'extrémité de l'effluent sort un flot brun d'une telle densité que, sur quelques mètres, il semble former un prolongement de la conduite. Puis ces rejets s'évalent et forment un nuage qui coule en profondeur en direction de l'est et de l'ouest. De part et d'autre de l'effluent, sur une largeur de 150 m le fond du lac entre 10 et 15 m de profondeur est couvert d'une vase presque liquide qu'un mouvement de la main suffit à soulever.

Les bulles de gaz qui sortent du sédiment y creusent une multitude de cra-
tères. Puis apparaissent des couches blanchâtres de *Sphaerotilus* et de *Beggiatoa*
(déterminations Pongratz) qui recouvrent le sédiment. L'observation directe
révèle que les bords du mont semblent profondément altérés par les rejets de
la STEP. Sur la plate-forme littorale, le sédiment sableux et compact indique
que les rejets de la STEP n'influencent guère cette zone.

4.1. Composition de l'eau

La figure 2 montre la concentration de 14 corps chimiques de 80 à 450 m de
distance à l'ouest de l'effluent de la STEP. La plupart des éléments analysés
présentent leurs valeurs les plus élevées à proximité de l'effluent démontrant
ainsi une nette influence des rejets sur la qualité de l'eau du lac. Cette
influence est particulièrement accentuée en ce qui concerne les phosphates dont
la concentration est très supérieure à celle observée dans le Léman, ceci en
dépit des installations de précipitation. A 160 m de distance, toutes les va-
leurs diminuent fortement et restent plus ou moins constantes jusqu'à 450 m.
A cette distance, les concentrations de certaines substances augmentent à
nouveau indiquant une possible influence des eaux de la Chamberonne.

Les variations observées entre les distances 250 et 3'200 m (fig. 3) sont beau-
coup moins accentuées. Cependant, les concentrations en phosphates et en phos-
phore total restent élevées à 250 et 600 m de distance.

L'étude comparée de la chimie de l'eau à l'est et à l'ouest de la STEP (fig. 4)
révèle que les valeurs de la plupart des éléments sont plus élevées 300 m à
l'est que 300 m à l'ouest, le sodium, les orthophosphates et les nitrites font
exception à cette règle. Cette différence révèle que l'action des rejets se
fait davantage sentir en direction de l'est que vers l'ouest, en ce qui concerne
ce prélèvement tout au moins.

L'analyse de l'eau du fond à deux distances de la STEP, proche (600 m) et loin-
taine (2'400 m) ainsi qu'à trois profondeurs 5, 10 et 15 m (fig. 5) révèle les
faits suivants :

A proximité de l'effluent la concentration de tous les corps chimiques augmente
fortement de 5 à 15 m de profondeur. Le magnésium et les sulfates font exception
à cette règle.

A grande distance de l'effluent, les tendances sont beaucoup plus nuancées.
Contrairement à ce qui se passe à proximité de la STEP, la concentration d'au-
cun corps n'augmente significativement avec la profondeur. Les valeurs de 58 %
des corps analysés restent constantes quelle que soit la profondeur (Ca^{++} , Mg^{++} ,
 K^+ , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , P total). Les concentrations du sodium, du stron-
tium et des sulfates diminuent avec la profondeur. La silice, l'ammonium et
les chlorures présentent une valeur maximale à 10 mètres et deux minima à 5
et 15 mètres.

L'action des eaux de rejets ne se manifeste qu'à proximité de la STEP. Ces eaux
coulent en profondeur et n'atteignent qu'assez peu la plate-forme littorale.
A 2'400 m de distance, il n'existe plus de gradient de distribution en fonction
de la profondeur.

Les concentrations de six éléments sont plus élevées pour toutes les profon-
deurs à proximité de la STEP qu'à grande distance (SiO_2 , Mg^{++} , K^+ , HCO_3^- , PO_4^{3-} ,
P total).

Fig. 2 Composition chimique de l'eau du fond entre 80 et 450 m de distance à l'ouest de la station d'épuration (avril 1973, prof. 10 m)

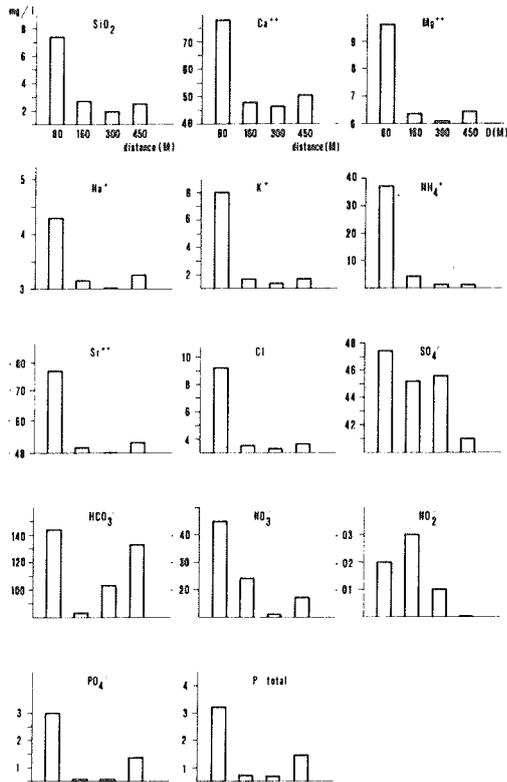


Fig. 3 Composition chimique de l'eau du fond entre 250 et 3200 m de distance à l'ouest de la station d'épuration (mai 1973, prof. 10 m)

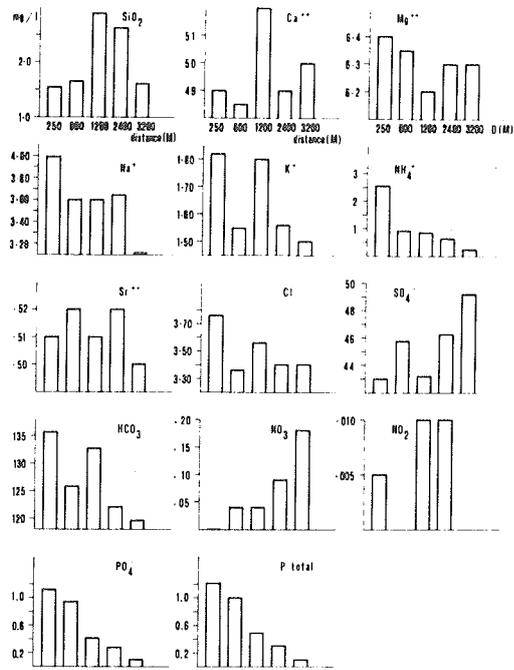


Fig. 4 Composition chimique de l'eau du fond à l'est et à l'ouest de la station d'épuration (novembre 1973, prof. 10 m)

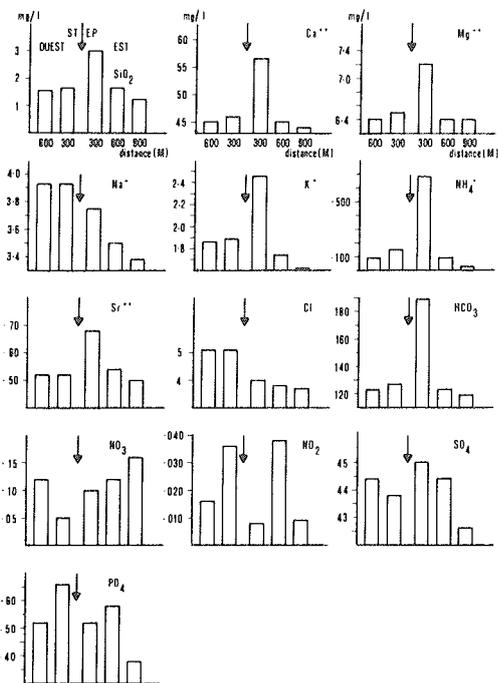
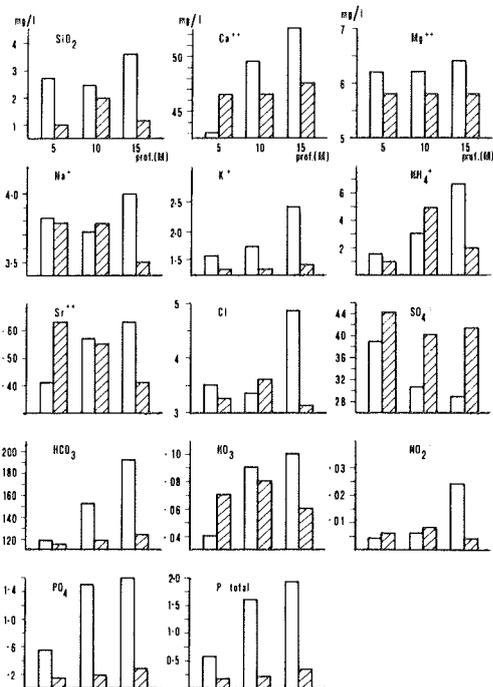


Fig. 5 Composition chimique de l'eau du fond à l'ouest de la station d'épuration à 600 et 2400 m (hachures) de distance (août 1973, prof. 5, 10, 15 m).



Le calcium, le strontium et les nitrates sont plus abondants à proximité de la STEP entre 10 et 15 m de profondeur, tandis qu'à 5 m, leurs valeurs sont inférieures à celles observées à grande distance.

Le sodium, l'ammonium et les chlorures présentent des concentrations plus élevées à proximité de la STEP à 5 et 15 m de profondeur, plus basses à 10 m.

Les sulfates sont plus abondants à grande distance ainsi que les nitrites (la profondeur 15 m constituant une exception pour ce corps).

Ces résultats montrent clairement l'influence des rejets de la STEP sur la qualité des eaux du lac. Cette influence particulièrement marquée à proximité de l'effluent s'accroît de façon significative avec de faibles augmentations de la profondeur (5 - 15 m).

4.2. Composition des sédiments

Les résultats combinés des analyses d'avril et de mai 1973 permettent de suivre l'évolution des sédiments à l'ouest de la STEP de 80 m de distance jusqu'au voisinage de la station de pompage de St-Sulpice (fig. 6).

La composition chimique des sédiments se modifie en fonction de la distance de prélèvement. Tout d'abord, les pourcentages de fer, de phosphates, de titane et les valeurs de la perte au feu à 600°C diminuent quand augmente la distance de prélèvement. Ces éléments ont pour origine les rejets de la STEP. Le fer provient des opérations de précipitation des phosphates par le chlorure ferrique, les phosphates des eaux incomplètement épurées, le titane des résidus industriels concentrés par la STEP. La perte au feu à 600°C donne une estimation de la matière organique rejetée au lac.

La silice augmente légèrement en fonction de la distance de prélèvement. Cet accroissement indique que le sédiment devient de plus en plus sableux.

La composition chimique des sédiments récoltés aux mêmes distances à l'est et à l'ouest de l'effluent présente des différences notables (voir figure 7 à la page suivante). Les pourcentages de tous les éléments sont plus élevés à l'est qu'à l'ouest, seuls le calcium et la silice font exception à cette règle. Cette tendance révèle que l'influence des rejets est plus accentuée à l'est de l'effluent. Une telle orientation correspond à celle du vent d'ouest qui entraîne les eaux superficielles vers l'est (Plauchu 1969-1970). Ces observations corroborent l'hypothèse selon laquelle les modifications des sédiments seraient provoquées par les rejets de la STEP. En effet, en direction de l'est, le Flon constitue la seule source possible de pollution et le prélèvement le plus proche de cette source montre une nette amélioration.

L'influence de faibles variations de profondeur (5 à 15 m) sur la composition chimique des sédiments (fig. 8) se révèle un peu plus accentuée à proximité de l'effluent (600 m) qu'à grande distance (2'400 m), en particulier en ce qui concerne le fer et les phosphates. Aux deux distances étudiées, les valeurs obtenues sur la plate-forme littorale (profondeur 5 m) sont très comparables. Cette concordance s'explique par l'action des vagues et des courants qui empêche l'accumulation des sédiments. Ces résultats confirment l'observation directe qui révèle qu'aux deux distances la plate-forme littorale est recouverte de sable "propre". L'influence des rejets de la STEP ne se marque donc guère dans cette zone.

Fig. 6 Composition chimique des sédiments à l'ouest de la station d'épuration (avril et mai 1973, profondeur 10 m)

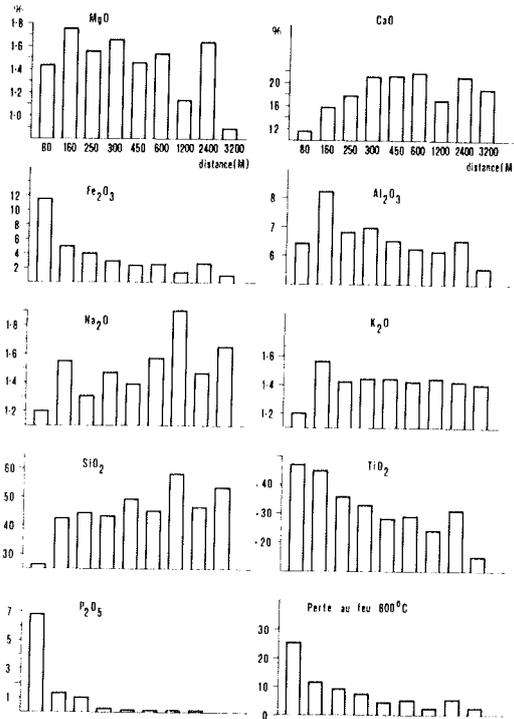
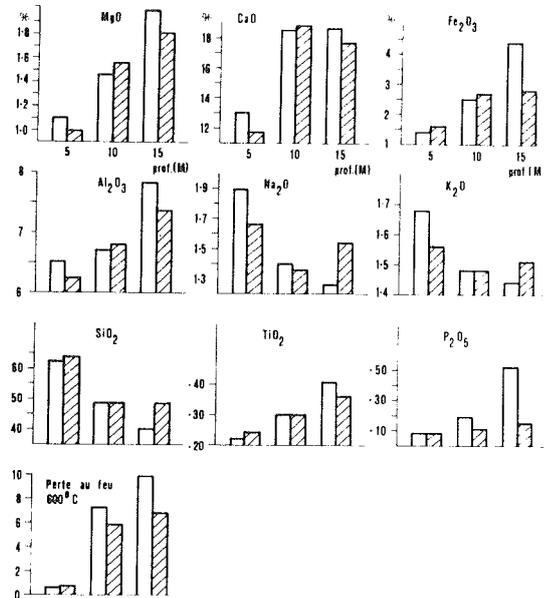
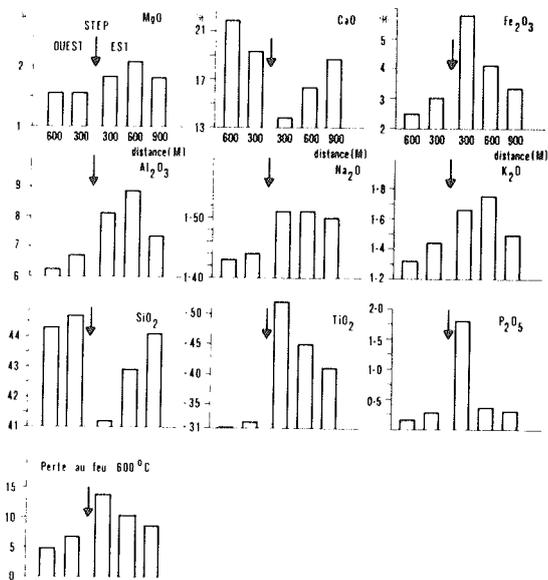


Fig. 7 Composition chimique des sédiments à l'est et à l'ouest de la station d'épuration (novembre 1973, profondeur 10 m)

Fig. 8 Composition chimique des sédiments à l'ouest de la station d'épuration à 600m et 2400 m (hachures) de distance (août 1973, profondeurs 5, 10, 15 m).



A proximité de la STEP, la concentration des éléments amenés par les rejets (fer et phosphates) augmente avec la profondeur. A grande distance, les pourcentages de ces éléments ne changent guère entre 10 et 15 m de fond.

Ces résultats montrent que l'action des rejets détermine sur les bords du mont un gradient de distribution. La concentration de certains éléments amenés par l'effluent augmente en profondeur, ce que laissaient prévoir les analyses d'eau (4.1.).

4.3. Composition du benthos

La densité ainsi que la composition spécifique du benthos littoral dans la région de Vidy, ont déjà été décrites précédemment (Lang rapport 1973 et publication sous-presse). Nous résumerons ainsi l'essentiel de ces résultats.

Entre 5 et 15 mètres de profondeur, les tubificidés constituent le groupe numériquement dominant du macrobenthos dans toute la région étudiée (3'200 m ouest jusqu'à 900 m est de la STEP). Neuf cent mètres de part et d'autre de l'effluent, ces vers forment 98 % des populations benthiques. Le pourcentage des larves de chironomides s'accroît quand la distance de prélèvement augmente sans jamais dépasser 18 % des animaux récoltés (3'200 m à l'ouest de l'effluent).

Les variations de la densité des tubificidés permettent de définir trois zones distinctes de part et d'autre de l'effluent (fig.9).

La faible densité des vers à proximité de la STEP correspond à une très forte pollution. Du point de vue macrofaune, le fond du lac apparaît comme pratiquement abiotique. Les conditions du milieu (absence d'oxygène et présence de substances toxiques) deviennent trop sévères, même pour les tubificidés qui sont pourtant les organismes les plus résistants.

Autour de cette zone fortement influencée par les rejets, la densité des tubificidés augmente fortement (plus de 150'000 individus/m²). Cette abondance peut être expliquée à partir des facteurs suivants (Brinkhurst 1971): Le sédiment riche en substances organiques et en bactéries fournit aux vers une abondante nourriture. La richesse du sédiment en substances organiques y détermine des conditions d'oxygénation défavorables qui éliminent les concurrents des tubificidés moins bien adaptés (compétition pour la nourriture) ainsi que les prédateurs potentiels des vers.

Mille deux cents mètres à l'ouest de l'effluent la densité des vers diminue et redevient plus ou moins "normale" pour le Léman oscillant entre 20'000 et 80'000 individus/m² (Juget 1967).

A en juger d'après les valeurs de la densité, la zone fortement influencée par les rejets qui correspond à une diminution des populations de tubificidés semble s'étendre davantage en direction de l'est que vers l'ouest (fig. 9). La composition spécifique des populations de tubificidés corrobore cette hypothèse. La dominance de *Limnodrilus hoffmeisteri* et de *Tubifex tubifex* 300 et 600 m à l'est indique l'influence de plus fortes pollutions organiques qu'à l'ouest. Du point de vue pollution, les prélèvements 300 m ouest se situent dans une position intermédiaire. Ils se caractérisent par la dominance de *Potamothrix hammoniensis* accompagné de *Tubifex tubifex* et de *Limnodrilus hoffmeisteri*. La composition des populations 600 m à l'ouest est très semblable à celle observée 900 m à l'est. Le niveau de pollution de ces deux points concorde donc bien.

Fig. 9 Densité des tubificidés au m^2 à l'est et à l'ouest de la station d'épuration (avril, mai et novembre 1973, profondeur 10 m)

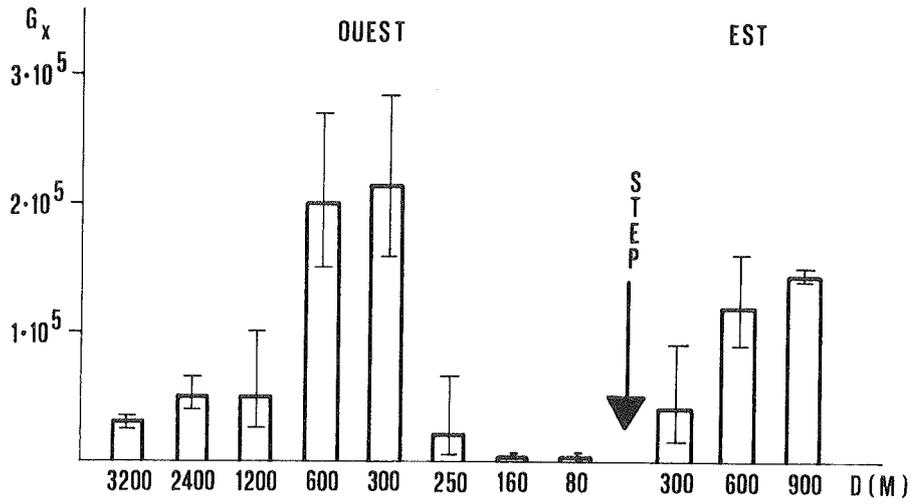
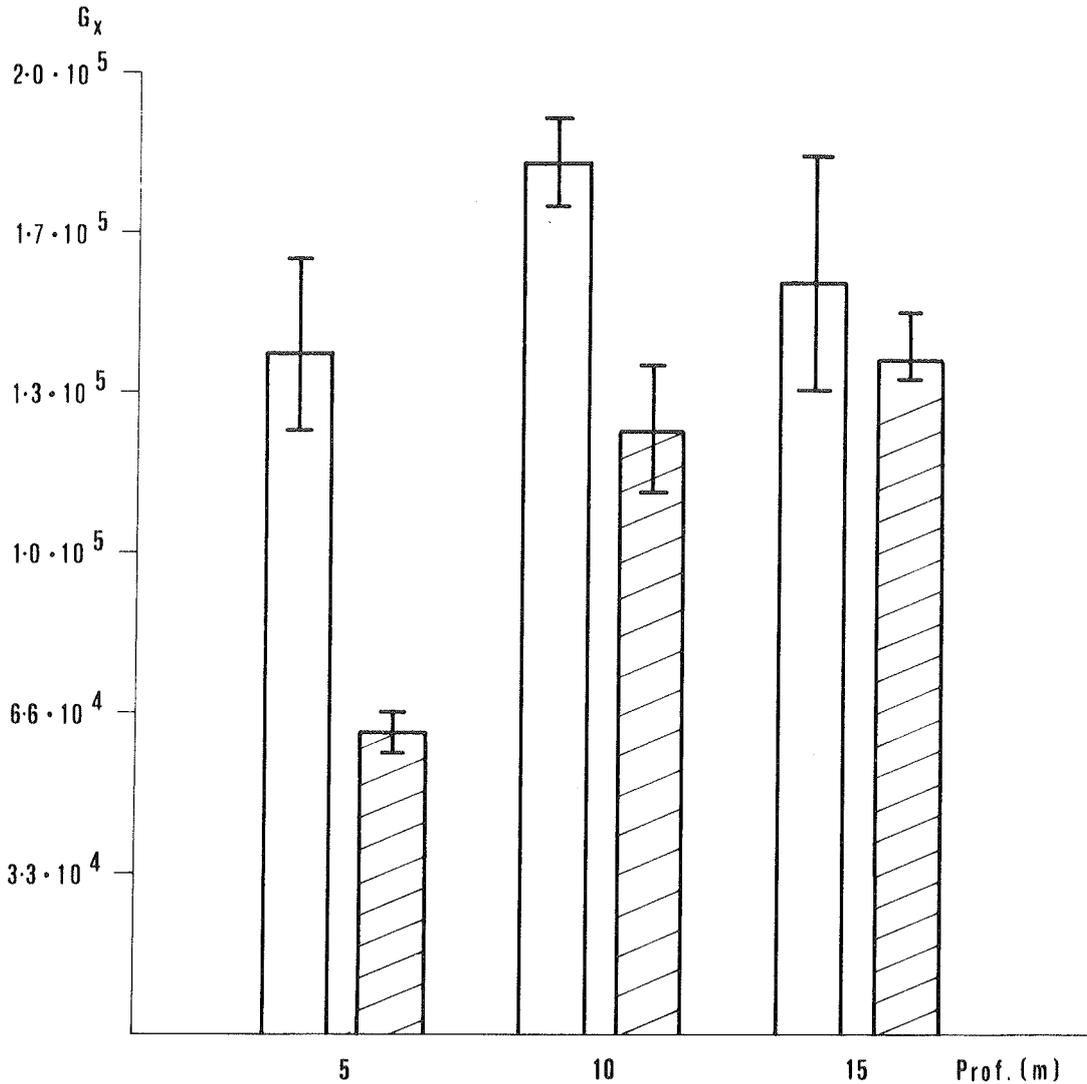


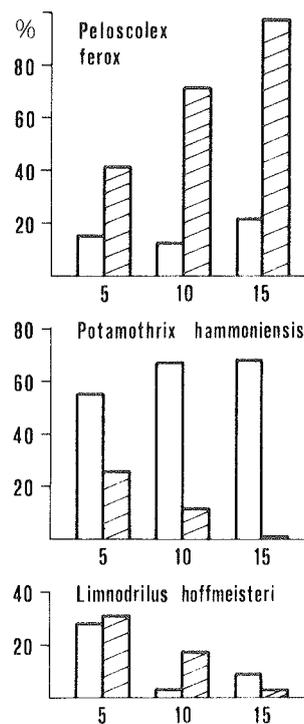
Fig. 10 Densité des tubificidés au m^2 en fonction de la profondeur en août 1973. Distance 600 et 2400 m (hachures) à l'ouest de la station d'épuration.



Une étude plus particulière des bords du mont aboutit aux conclusions suivantes. La densité des vers augmente fortement entre 5 et 15 mètres de profondeur sur les bords du mont à grande distance de l'effluent (2'400 m à l'ouest) tandis qu'à proximité de la STEP (distance 600 m), les variations de densité sont beaucoup moins accentuées (fig. 10).

La composition spécifique des populations se modifie également selon la profondeur du prélèvement (fig. 11). A proximité de l'effluent, le pourcentage de *Potamothenix hammoniensis* augmente en fonction de la profondeur, tandis qu'à 2'400 m de distance, il diminue. A grande distance, la dominance de *Peloscoclex ferox* s'accroît avec la profondeur. L'abondance de *Limnodrilus hoffmeisteri* régresse en profondeur aux deux distances étudiées. Ces résultats montrent l'influence du facteur profondeur sur la densité et la composition spécifique des populations de tubificidés.

Fig. 11 Composition spécifique des populations de tubificidés en fonction de la profondeur en août 1973. Distance 600 et 2400 m (hachures) à l'ouest de la station d'épuration



4.4. Corrélations entre les caractéristiques chimiques et biologiques du milieu (voir chap. 4.1., 4.2., 4.3)

Le but de ce chapitre est de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre la distribution des éléments chimiques dans l'eau du fond et les sédiments et celle du benthos. En d'autres termes, les analyses chimiques permettent-elles d'établir une carte des pollutions qui corresponde à celle obtenue à partir de la faune benthique (zone abiotique, prolifération des tubificidés, puis retour à la normale).

La composition chimique de l'eau du fond peut se modifier rapidement sous l'influence des courants. Elle constitue donc un critère dont l'influence est délicate à apprécier. Seules des analyses chimiques en continu permettraient d'établir un bilan exact des apports. Cependant, la zone abiotique du point de vue macrofaune (distance 80 m) correspond aux concentrations maximales de tous les éléments analysés. La forte diminution de la concentration des orthophosphates et du phosphore total dans l'eau du fond permet

de distinguer la zone où abondent les tubificidés de celle où leur densité diminue radicalement (600 et 1'200 m ouest). Les valeurs de la plupart des éléments chimiques sont plus élevées à l'est de l'effluent qu'à l'ouest, ce qui correspond à la distribution des tubificidés considérée en termes de pollution. A proximité de l'effluent, les concentrations des éléments chimiques augmentent fortement entre 5 et 15 m de profondeur, tendance qui n'est pas celle des populations de tubificidés. Celles-ci s'accroissent avec la profondeur à grande distance de la STEP tandis que les concentrations des éléments chimiques ne se modifient guère.

Ces comparaisons montrent que les analyses d'eau confirment les grandes tendances révélées par l'analyse biologique. Cependant la carte des zones polluées ne peut pas être établie à partir de la composition chimique de l'eau. Les sédiments constituent un milieu relativement stable où les modifications chimiques surviennent à beaucoup plus long terme que dans l'eau du fond. Leur analyse devrait donc donner des informations plus précises que celles obtenues à partir de l'eau du fond.

La zone "abiotique" à proximité de l'effluent correspond à des concentrations très élevées du fer et des phosphates ainsi qu'à la valeur maximum de la perte au feu. D'après Watt (1973), aucun tubificidé ne vit dans des sédiments contenant plus de 25 % de $Fe_2 O_3$. Les concentrations en fer observées à Vidy, bien que moins élevées (12 %), doivent cependant exercer une action inhibitrice. La transition entre la zone riche en tubificidés et la zone "normale" du point de vue densité ne se marque pas dans la composition chimique des sédiments. Les différences observées entre les sédiments situés à l'est et à l'ouest de la STEP se retrouvent dans les populations de tubificidés. Les concentrations du fer, de l'aluminium, du titane et des phosphates indiquent de façon satisfaisante les conditions de pollution différentes existant de part et d'autre de l'effluent. Entre 5 et 15 m de fond, les modifications du sédiment en fonction de la profondeur sont accentuées à proximité de la STEP. La densité des vers augmente entre 5 et 10 m de fond, puis diminue de 10 à 15 m. Cette diminution peut être attribuée à une action inhibitrice des rejets dont l'influence se marque davantage à ce niveau. A grande distance de l'effluent, les tubificidés augmentent nettement avec la profondeur tandis que la concentration des éléments chimiques ne varie pas beaucoup.

Ces résultats montrent clairement que les analyses chimiques révèlent les gradients de pollution généraux sans toutefois permettre de tracer une carte précise des pollutions. Seule l'analyse des communautés animales benthiques, qui intègrent dans leur composition spécifique toutes les données du milieu, conduit à un tel résultat.

5. INFLUENCE DES REJETS SUR LA ZONE PROFONDE

L'influence des rejets de Vidy sur la zone profonde du Léman est particulièrement importante à connaître. En effet, le taux de saturation en oxygène baisse dans le fond de ce lac (Monod 1973). Cette tendance serait renforcée par un apport massif de substances organiques gagnant la profondeur par l'intermédiaire de courants de turbidité.

Les profondeurs 50 et 100 m sont particulièrement bien étudiées (2 x 8 points de prélèvement, fig. 1). Six prélèvements sont effectués entre 150 et 200 m

de fond. Trois points sont situés entre 20 et 40 m de profondeur dans l'axe de la STEP, zone peu accessible à la plongée du fait des mauvaises conditions de visibilité.

L'étude de la zone littorale a révélé que les communautés animales benthiques indiquaient mieux les conditions de pollution que les analyses chimiques. Pour cette raison, l'étude de la zone profonde commence par celle du benthos.

5.1. Composition du benthos

Comme dans la zone littorale, les tubificidés constituent la quasi-totalité de la macrofaune benthique récoltée. Seules quelques larves de chironomides sont rencontrées. La composition spécifique des populations de tubificidés est influencée à la fois par le facteur profondeur et le facteur pollution. Pour cette raison, les résultats sont analysés séparément pour chaque tranche de profondeur. Ce facteur étant constant, nous pouvons estimer l'effet de la distance à la STEP sur la composition du benthos (fig. 12 et 13).

Fig. 12 Densité des tubificidés au m² dans la région de Vidy en mars 1974
La hauteur de la colonne indique la densité en milliers d'individus par m² transformée selon $x = \sqrt{x}$

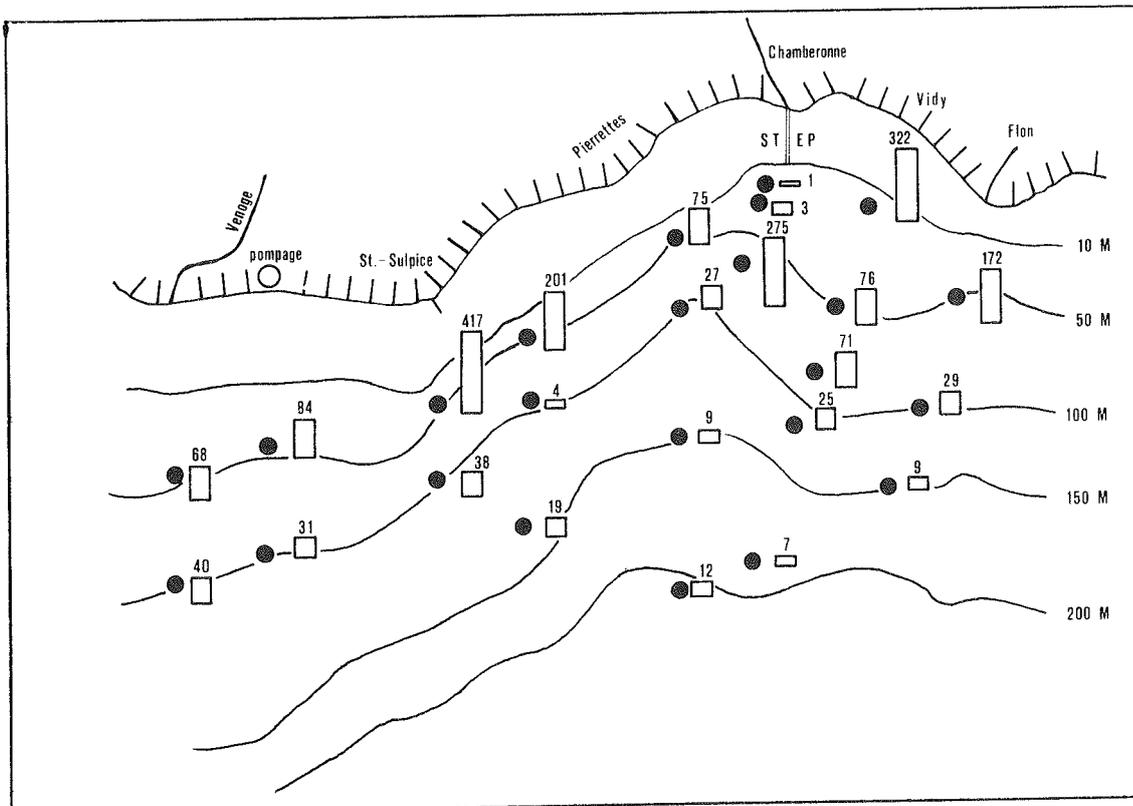
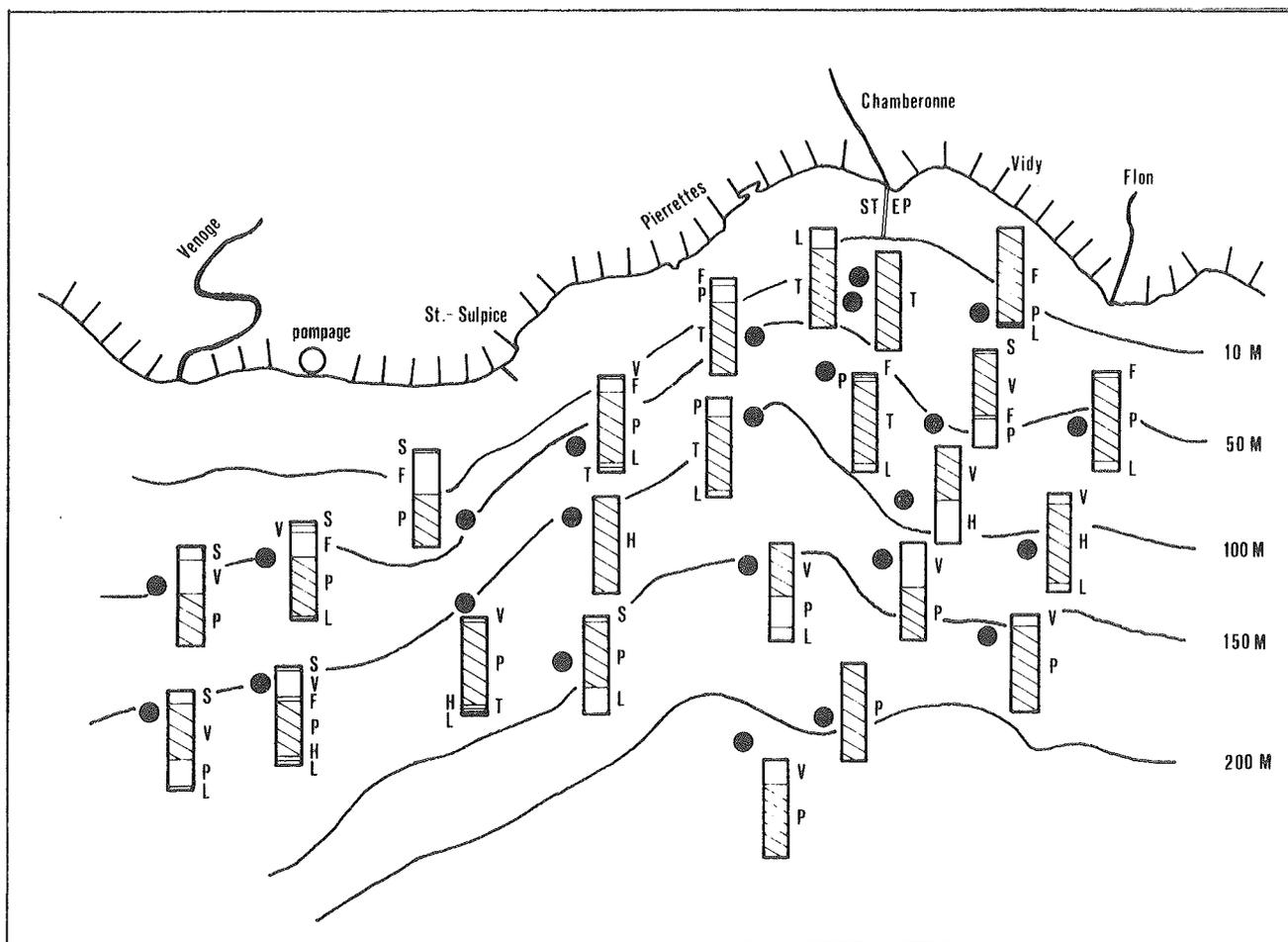


Fig. 13 Pourcentage des différentes espèces de tubificidés rencontrées en mars 1973 dans la région de Vidy. Les hachures représentent l'espèce dominante dans chacun des prélèvements

- T *Tubifex tubifex*
- L *Limnodrilus spec.*
- P *Potamothrix hammoniensis*
- H *Potamothrix heuscheri*
- F *Peloscolex ferox*
- V *Potamothrix vejdvoskyi*
- S *Stylodrilus heringianus*



Profondeur 20 - 50 m. Dans l'axe de la STEP, les densités des tubificidés, faibles entre 20 et 40 mètres de fond, croissent fortement à partir de 50 m. Les espèces dominantes *Tubifex tubifex* et *Limnodrilus hoffmeisteri* indiquent de fortes pollutions organiques. Ces prélèvements correspondent à la périphérie de la zone abiotique, puis à la zone d'enrichissement observée à 10 m de profondeur. A l'ouest de Vidy, la dominance de *Peloscolex ferox* à 20 m de fond montre que la pollution diminue, cependant la densité des vers très élevée révèle une situation eutrophe. A 50 m du fond, la situation s'améliore encore ainsi qu'en témoigne la baisse de la densité des tubificidés et les espèces dominantes oligotrophes. Dans l'axe du Flon, l'augmentation de densité des vers correspond à une aggravation de la pollution. Cependant, la dominance de *Potamothrix hammoniensis* indique des conditions de pollution organique moins intenses ou plus discontinues que dans l'axe de la STEP. En direction de l'ouest, l'influence des rejets se marque au point 1 par la faible

densité des vers et la dominance de *Tubifex tubifex*. De telles caractéristiques montrent que nous nous trouvons à la périphérie de la zone abiotique déjà décrite. Au point 23, la densité des vers augmente, *Potamothenix* remplace *Tubifex* en tant qu'espèce dominante. Les conditions de pollution deviennent moins extrêmes et cette tendance se confirme au point 26. Ce prélèvement se définit par une prolifération de *Potamothenix hammoniensis* et de *Peloscolex ferox* espèce moins résistante aux pollutions. Nous atteignons une zone eutrophe qui se caractérise par une abondance de substances nutritives ne créant pas de conditions anaérobies. Dans l'axe du pompage de St-Sulpice, la situation s'améliore du point de vue pollution, la densité des vers diminue et le pourcentage des espèces oligotrophes telles que *Potamothenix vejvodskyi* s'accroît. Le point 31 devant la Venoge peut être considéré comme représentatif des zones peu polluées du Léman. La densité des tubificidés est relativement faible et *Potamothenix* accompagné de *Stylodrilus heringianus* abondent.

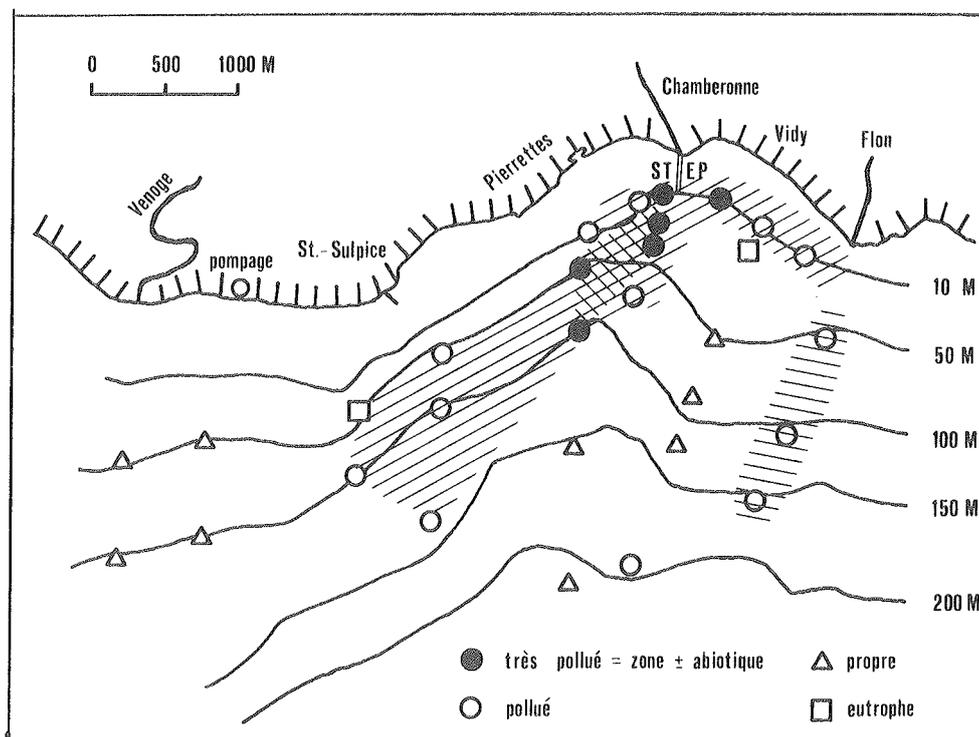
Profondeur 100 m : D'une manière générale, la densité des tubificidés diminue quand la profondeur augmente. La composition spécifique des populations se modifie également. *Peloscolex ferox* est pratiquement absent des prélèvements profonds. *Peloscolex velutinus* qui le remplace en profondeur dans le Léman d'après Juget (1967) n'apparaît pas. Cette absence pourrait être considérée comme un signe de pollution. *Potamothenix heuscheri* prend de l'importance aux dépens de *Potamothenix hammoniensis*.

La dominance de *Tubifex tubifex* au point 2 indique à nouveau une forte influence des rejets. Situation défavorable qui se retrouve au point 24 où *Potamothenix heuscheri* est la seule espèce présente et en faible quantité. Si l'on continue à s'éloigner de la STEP en direction de l'ouest, la même tendance qu'à 50 m se manifeste. L'importance relative de *Potamothenix hammoniensis* diminue tandis que celle de *Potamothenix vejvodskyi* et de *Stylodrilus heringianus* augmente. Cependant, la faune du point 27 révèle encore la présence de pollution. La situation ne se rétablit qu'au point 30 qui représente un état oligotrophe typique. La perte du prélèvement 14 situé dans l'axe de la STEP ne permet pas de définir cette zone. Devant Vidy, l'amélioration déjà constatée à 50 m de profondeur se manifeste à nouveau. *Potamothenix vejvodskyi* constitue l'espèce dominante. Les conditions de pollution s'aggravent dans l'axe du Flon ainsi qu'en témoigne la prépondérance de *Potamothenix heuscheri*.

Profondeur 150 - 200 m : La densité des vers diminue encore et il devient difficile de tirer des conclusions précises. La dominance de *Potamothenix hammoniensis* en compagnie de *Limnodrilus* au point 25 indique une certaine pollution des sédiments. Cette pollution peut être qualifiée de moyenne du fait de la présence de *Stylodrilus heringianus*. Les pourcentages élevés de *Potamothenix vejvodskyi* indiquent que les points 3 et 11 ne sont pas atteints par les rejets. L'importance de cette espèce diminue au point 9, dans l'axe du Flon, ce qui confirme les observations précédentes. L'absence de *Potamothenix vejvodskyi* au point 12 semble indiquer des conditions plus défavorables qu'au point 4. Cependant, du fait du petit nombre d'individus récoltés, l'interprétation reste hasardeuse.

En conclusion, l'analyse biologique du benthos permet de tracer la carte des sédiments influencés par les rejets de Vidy (fig. 14). La zone polluée par la STEP s'étend en profondeur en direction de l'ouest, ce qui correspond à la direction des courants de retour engendrés par les vents dominants (rapport Plauchu 1970-1971). Dans la zone littorale, les pollutions s'étendent en direction de l'est. Les rejets sont poussés dans cette direction par les courants superficiels. Une zone relativement oligotrophe sépare les pollutions de la STEP de celles du Flon dont l'influence se marque jusqu'à 150 m de fond. La région de la Venoge et de la station de pompage de Saint-Sulpice présente des conditions plutôt oligotrophes, ce qui est rassurant. Il conviendrait cependant de surveiller l'évolution de la situation puisque la distance entre la zone polluée et le point de pompage n'excède pas un kilomètre.

Fig. 14 Carte des pollutions provoquées par les rejets de la station d'épuration. Cette carte est basée sur l'analyse du benthos animal. (résultats 1973 et 1974)



L'interprétation des résultats biologiques ci-dessus est reprise à partir d'une autre méthode. La diversité spécifique des populations de tubificidés est calculée d'après la formule proposée par Mac-Arthur (1972)

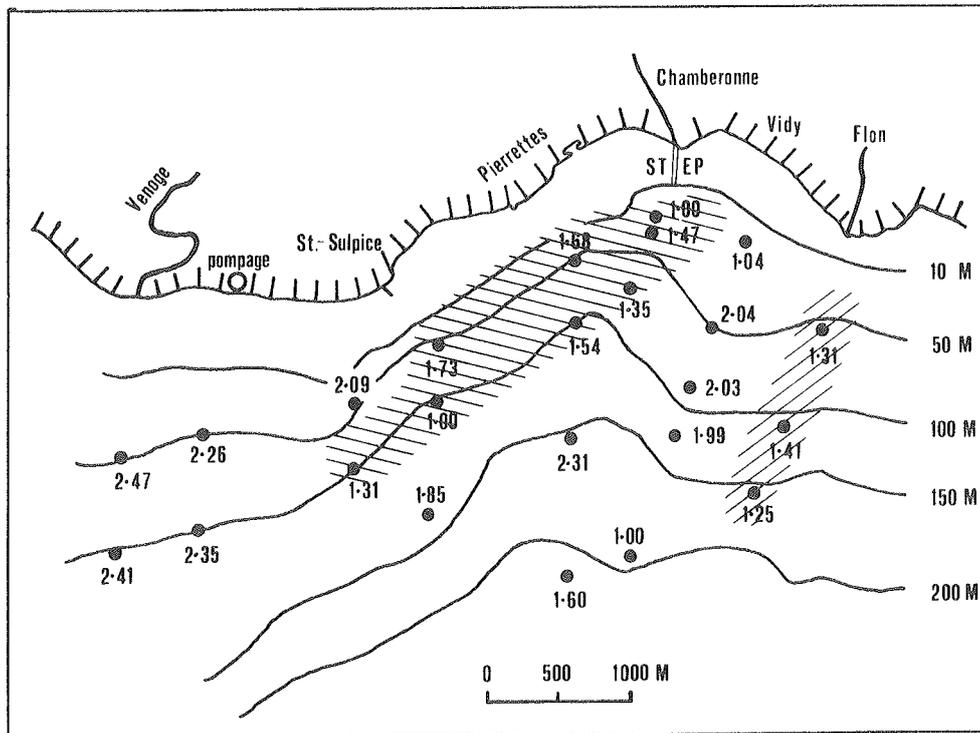
$$\frac{1}{\sum_i p_i^2}$$

où $p_i = \frac{n_i}{N}$

n_i = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus récoltés

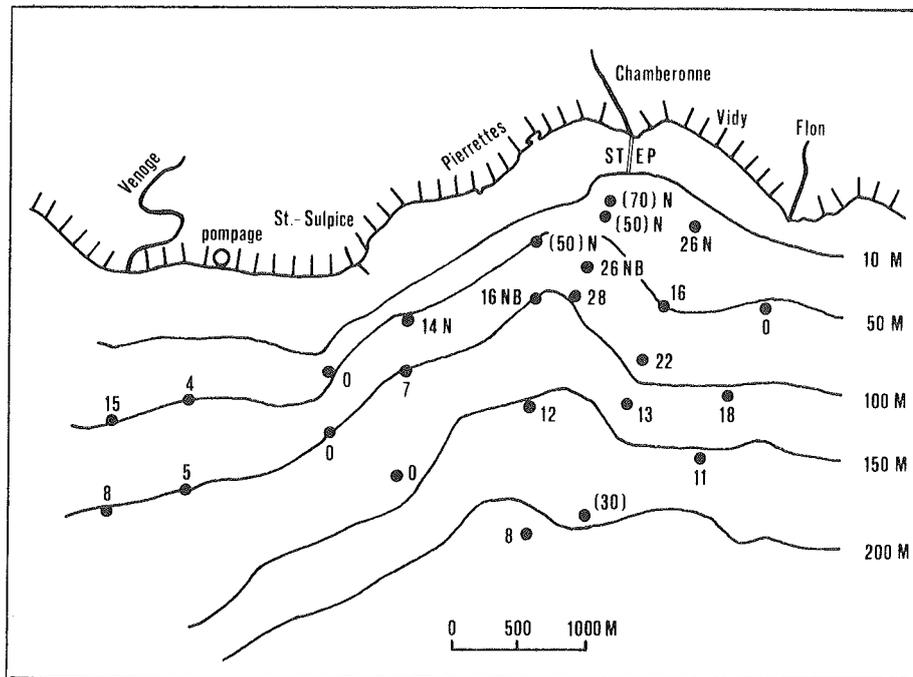
Fig. 15 Diversité spécifique des populations de tubificidés dans la région de Vidy en mars 1974



Cet indice nous donne l'inverse de la somme des probabilités d'apparition des différentes espèces rencontrées. Si une seule espèce est présente dans le prélèvement, la valeur de cet indice sera égale à 1, ce qui correspond à la diversité minimale. D'après les observations de Wilhm (1967), la diversité spécifique du benthos diminue quand la pollution augmente. En d'autres termes, dans un milieu pollué le nombre d'espèces présentes est restreint tandis que le nombre d'individus s'accroît chez certaines espèces résistantes.

Les résultats obtenus dans la région de Vidy confirment cette interprétation (fig. 15 située ci-dessus). La diversité spécifique du benthos augmente quand on s'éloigne de la STEP en direction de l'ouest. La zone peu polluée au large de Vidy se retrouve sur la carte ainsi que les pollutions du Flon. Les valeurs de la diversité spécifique se situent au voisinage de 2 quand les conditions du milieu sont plutôt oligotrophiques. La diversité spécifique observée au point 13 dans l'axe de la STEP est supérieure à celle calculée au point 5 au large de Vidy. En égalant strictement valeur de la diversité spécifique et degré de pollution, nous aboutissons à une classification qui contredit celle basée sur la résistance des espèces aux pollutions. Cet exemple montre que les rapports diversité spécifique - pollution doivent être contrôlés par d'autres méthodes.

Fig. 16 Nombre de colonies de *Clostridium* sulfito-réducteurs observées dans 0,01 ml de sédiment en mars 1974. N = sédiment noir ; NB = sédiment noir avec mince couche brune ; ailleurs, couche brune.



5.2. Analyses bactériologiques (fig. 16)

Les *Clostridium* sulfite-réducteurs constituent des indicateurs de contamination fécale beaucoup plus résistants que les coliformes dans les milieux extérieurs (Buttiaux 1953). Les nombres de colonies les plus élevés sont obtenus dans l'axe de la STEP et au point 1 situé un peu plus à l'ouest. Cette distribution correspond dans ses grandes lignes à celle de la zone "abiotique" du point de vue macrofaune, c'est-à-dire à la zone fortement influencée par les rejets. Cette influence s'atténue considérablement entre 69 et 89 m de fond dans l'axe de la STEP. Les densités observées au large du Flon sont inférieures à celles constatées devant Vidy. La situation semble s'améliorer du point de vue contamination fécale quand on s'éloigne de la STEP en direction de l'est. Une évolution semblable, bien que moins évidente, est visible en direction de l'ouest. Les points 23, 24, 25 dépourvus de germes paraissent délimiter une zone peu polluée. Ces résultats ne correspondent que très partiellement (axe de la STEP) aux données obtenues à partir du benthos. Cependant, cette méthode, améliorée sur le plan quantitatif (plusieurs échantillons par point de prélèvement) serait susceptible de conduire à des résultats intéressants.

5.3. Composition chimique de l'eau

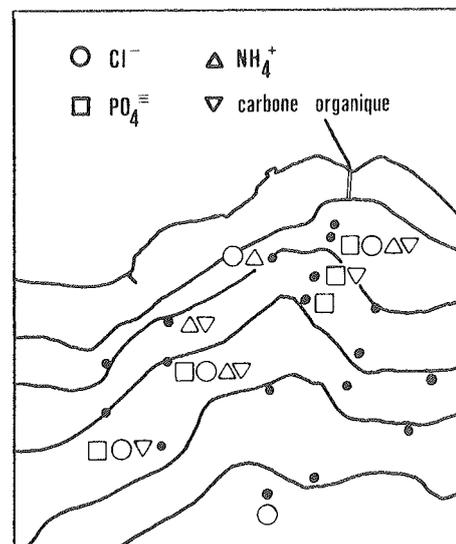
Au cours de cette campagne, les analyses chimiques ont porté sur l'eau du fond et sur l'eau interstitielle extraite du sédiment. La distribution des éléments chimiques dans l'eau du fond devrait nous indiquer la dispersion des rejets présente au moment du prélèvement. Les analyses de l'eau interstitielle donnent au contraire une représentation à plus long terme de l'influence des rejets.

5.3.1. Eau du fond (appendice 2, fig. 17)

Quinze substances ont été analysées dans l'eau du fond. A la suite d'une erreur de manipulation, les analyses du point 22, situé dans l'axe de la STEP, manquent.

Les concentrations de la plupart des corps analysés sont nettement plus élevées au point 13 situé dans l'axe de la STEP à une profondeur de 42 m qu'ailleurs. Une forte influence des rejets de la STEP sur la qualité de l'eau du Léman se manifeste donc jusqu'à environ 400 m de distance de l'extrémité de la conduite. La concentration en strontium, en nitrates et en nitrites ne présente pas un maximum au point 13. Les eaux de rejet semblent couler vers la profondeur en direction de l'ouest à en juger d'après les concentrations de l'ammonium aux points 1, 23 et 24. Les concentrations en orthophosphates sont élevées dans l'axe de la STEP jusqu'à 1000 m de l'effluent (point 14) et à une profondeur de 70 m. Les teneurs observées aux points 24 et 25 suggèrent une influence des rejets sur le point 25 à 150 m de profondeur et à 2'500 m de l'effluent. Les analyses du carbone organique dissous et des chlorures révèlent aussi une tendance des rejets à glisser vers la profondeur (points 23-25). A en juger d'après la figure 17, les valeurs maximales de ces éléments ne se rencontrent pas toujours aux mêmes points. Les numéros 13 et 24 font exception à cette règle. Ces observations peuvent être mises en parallèle avec les faibles densités de tubificidés et la dominance des espèces résistantes constatées dans ces deux prélèvements. Les valeurs de l'ammoniaque et des orthophosphates observées à 400 m de l'embouchure de l'effluent de la STEP sont comparables à celles enregistrées par Monod (1956) à la sortie du Flon.

Fig. 17 Points de prélèvement où la concentration de certains éléments dans l'eau du fond est très élevée

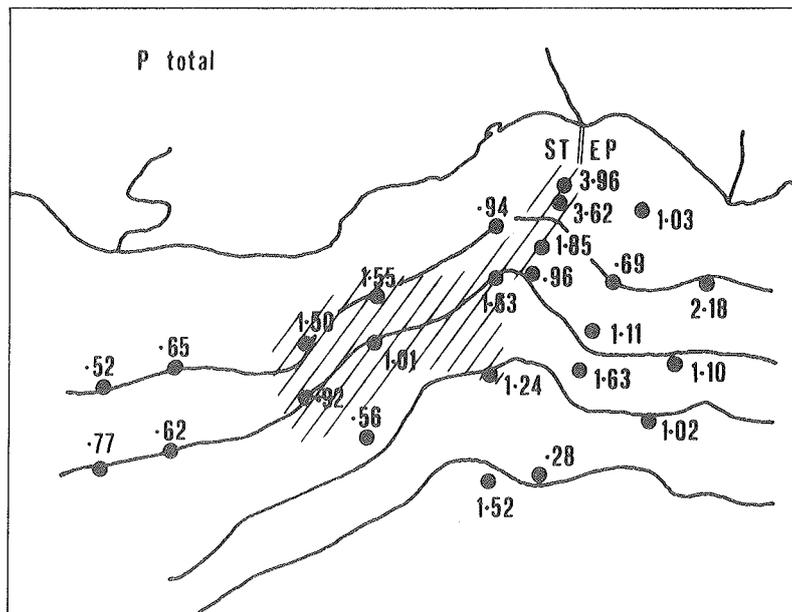


D'une manière générale, les concentrations des différents éléments observées au large du pompage de St-Sulpice et de la Venoge sont très semblables entre elles. Leurs valeurs sont inférieures à celles mesurées plus à l'est. Une semblable amélioration peut souvent être constatée au niveau des points 26 et 27. L'influence directe des rejets semble cesser au-delà des points 23, 24 et 25.

5.3.2. Eau interstitielle (appendice 3)

Comme prévu, les résultats obtenus à partir des analyses de l'eau interstitielle indiquent des tendances plus précises que dans le cas de l'eau du fond. La distribution du carbone organique dissous fait exception à cette règle. Les concentrations de tous les autres corps analysés sont maximales dans l'axe de la STEP jusqu'à 750 m de l'embouchure de l'effluent et une profondeur de 70 m. A l'exception du sodium, les concentrations de ces éléments diminuent au large de Vidy et augmentent devant le Flon. Les concentrations du phosphore révèlent clairement le cheminement des pollutions issues de la STEP (fig. 18). La zone directement influencée s'étend en profondeur en direction de l'ouest. Au large de Vidy, une région moins altérée sépare les pollutions de la STEP de celles du Flon. Cette carte correspond dans ses grandes lignes à celle tracée en se basant sur la structure des communautés benthiques.

Fig. 18 Concentration du phosphore total dans l'eau interstitielle, exprimée en mg P/l



5.4. Composition physico-chimique des sédiments (appendice 4)

Les sédiments prélevés dans l'axe de la STEP présentent un aspect caractéristique jusqu'à 42 m de profondeur et 400 m de distance de l'extrémité de

valeurs de la perte au feu à 600° sont nettement plus élevés dans l'axe de la STEP que partout ailleurs. Ces éléments sont amenés par les rejets et dans cette zone ils prennent de l'importance aux dépens des corps chimiques rencontrés habituellement dans les sédiments du Léman. Cette situation est illustrée par les faibles concentrations en silice, en calcium, en magnésium, observées devant l'effluent. Les pourcentages du phosphore ainsi que les valeurs de la perte au feu à 600° permettent de délimiter les zones influencées par les rejets (fig. 19 et 20). Ces cartes, qui n'indiquent que des tendances générales, ne sont pas superposables. Au voisinage de la STEP, les pourcentages en fer, en phosphore et les valeurs de la perte au feu, sont nettement supérieurs à ceux observés par Meybeck dans le Léman (1970). La teneur en phosphore est supérieure à celle enregistrée par Monod (1956) à l'embouchure de l'égout du Flon. Ces valeurs élevées prouvent l'amplitude de l'influence de la STEP. Le rapport phosphore/silice donne une bonne évaluation des apports allochtones comparés aux substances autochtones (fig. 21). La carte obtenue montre une répartition semblable dans ses grandes lignes à celle déjà enregistrée pour le benthos. Les teneurs en eau du sédiment donnent une évaluation du degré de pollution de chaque point prélevé. Les pourcentages observés sont très élevés aux points 22 et 13. Au large de Vidy, les pourcentages décroissent, puis augmentent devant le Flon. A l'ouest, les teneurs en eau des points 24, 25 et 4 sont particulièrement élevées (fig. 22). Les valeurs obtenues pour les deux premiers prélèvements correspondent à d'autres résultats indiquant eux aussi une pollution à ces emplacements (fig. 23).

Fig. 19 Pourcentage de phosphore dans les sédiments

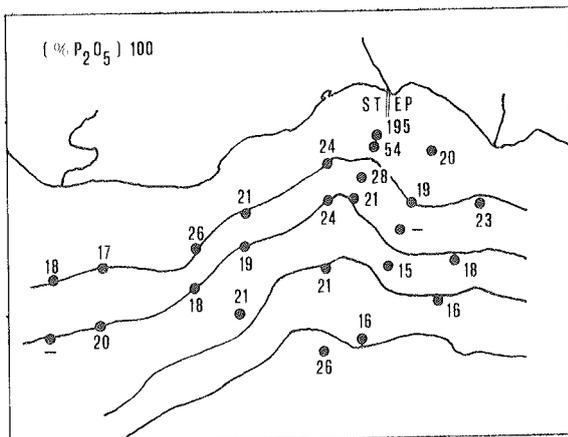


Fig. 20 Valeurs de la perte au feu à 600° C exprimées en %

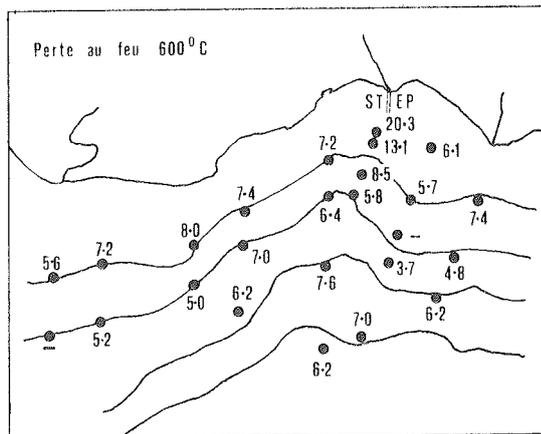


Fig. 21 Rapport phosphore/silice dans les sédiments

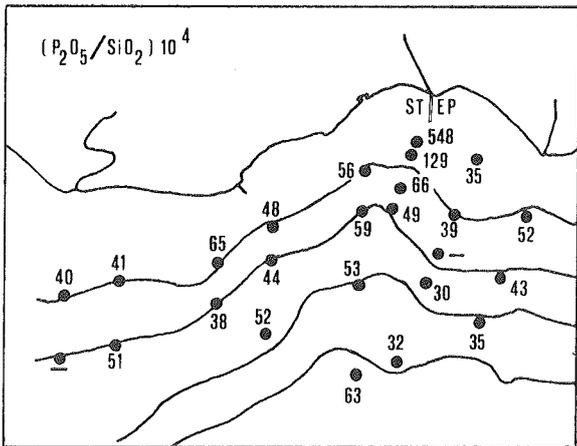


Fig. 22 Pourcentage d'eau contenue dans le sédiment

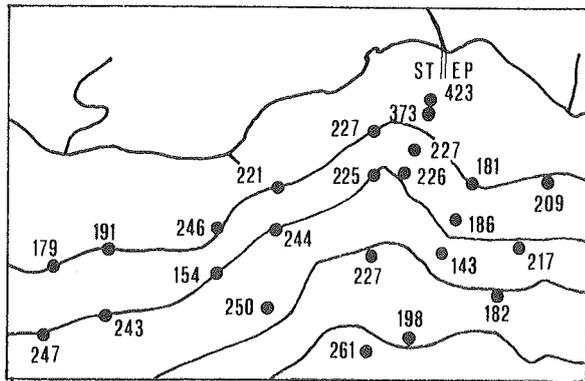
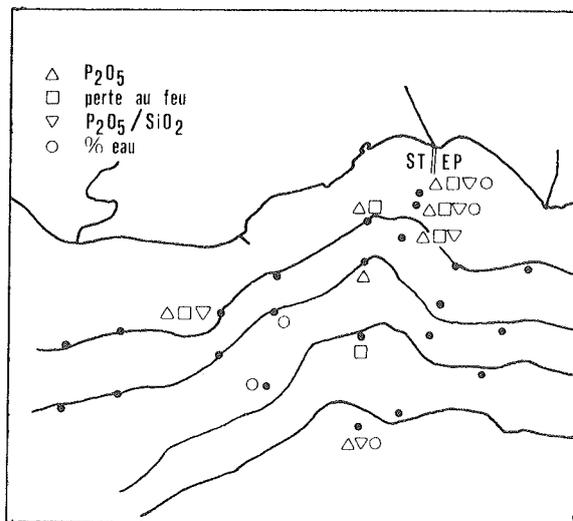


Fig. 23 Points de prélèvement où le pourcentage de certains éléments dans le sédiment est très élevé.



5.5. Corrélations entre les caractéristiques biologiques et chimiques du milieu

Les résultats des chapitres précédents montrent qu'un certain nombre de paramètres tant biologiques que chimiques permettent de tracer différentes cartes des pollutions engendrées par la STEP. Le but de ce chapitre est d'établir les éventuelles corrélations existant entre ces paramètres.

Les variables biologiques considérées sont la densité des tubificidés, leur diversité spécifique et le nombre de colonies de *Clostridium* sulfito-réducteur. Parmi les variables chimiques étudiées, nous trouvons pour l'eau interstitielle, la teneur en orthophosphates; pour le sédiment, le pourcentage du phosphore, le rapport phosphore sur silice, la teneur en eau et la perte au feu à 600°C. Les facteurs choisis comprennent tous ceux dont la distribution en fonction de la distance à la STEP est la plus évidente. Les variables biologiques et chimiques sont comparées entre elles deux par deux au moyen du coefficient de corrélation de rang de Spearman (Conover 1971). L'attribution d'un rang aux faibles densités de tubificidés observées à proxi-

mité de la STEP présente une difficulté. Ces faibles densités sont la conséquence d'une très forte pollution. Elles ne peuvent donc pas être classées de la même façon que les faibles valeurs observées dans les zones oligotrophes. Du fait de la richesse du sédiment en substances organiques, de très fortes densités en tubificidés seraient observées dans ces prélèvements à proximité de la STEP si les conditions d'oxygénation du milieu étaient plus favorables. Pour cette raison, le rang qui est attribué à ces prélèvements correspond aux densités les plus élevées en tubificidés.

Tableau No 2 Corrélations de rang entre facteurs biologiques et chimiques dans la région de la STEP (mars 1974)

	Densité (tubificidés)	Diversité spécifique	nombre de Clostridium
$\text{PO}_4^{=}$	<u>.408</u>	-.308	.218
P_2O_5	<u>.532</u>	-.055	.189
$\text{P}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$	<u>.421</u>	-.005	.110
% eau	.226	.015	.028
Perte au feu	<u>.526</u>	-.145	.240
Clostridium	.313	-.299	--
Densité	--	-.180	.313
<p style="text-align: center;">N = 24 ; p 0,05 $r_s = .352$;</p> <p style="text-align: center;"> p 0,01 $r_s = .475$;</p> <p style="text-align: center;"> p 0,001 $r_s = .607$</p>			

Les corrélations calculées sur l'ensemble des points de prélèvement (24 points) montrent que les valeurs de la densité des tubificidés sont liées positivement à celles de nombreux facteurs chimiques (tabl. 2). En d'autres termes, la densité des tubificidés et la concentration de certains corps chimiques fluctuent de façon semblable.

Les valeurs de la diversité spécifique et du nombre de colonies de *Clostridium* ne sont corrélées à celles d'aucun facteur chimique. L'absence de corrélation entre la densité des tubificidés et leur diversité spécifique ainsi qu'avec le nombre de *Clostridium* laissait prévoir ce résultat négatif.

Dans un deuxième temps, l'analyse statistique se limite aux points situés dans l'axe de la STEP et dans la direction de l'ouest. Grâce à cette restriction du champ d'étude, la zone considérée devient beaucoup plus homogène que précédemment puisque l'influence des pollutions du Flon est éliminée.

Les résultats obtenus (tableau de la page suivante) indiquent que les facteurs chimiques sont plus fortement liés entre eux qu'avec les facteurs biologiques. Le pourcentage de phosphore dans le sédiment et la concentration des orthophosphates dans l'eau interstitielle constituent les facteurs qui sont les

plus liés aux autres facteurs. Contrairement aux résultats observés sur l'ensemble des prélèvements, la densité des tubificidés présente moins de corrélations avec les facteurs chimiques que la diversité spécifique. Toutes les corrélations obtenues à partir de ce dernier facteur sont négatives, ce qui est conforme aux rapports déjà observés entre la diversité spécifique et le degré de pollution. Le nombre de colonies de *Clostridium* constitue le facteur biologique le plus lié aux autres facteurs chimiques.

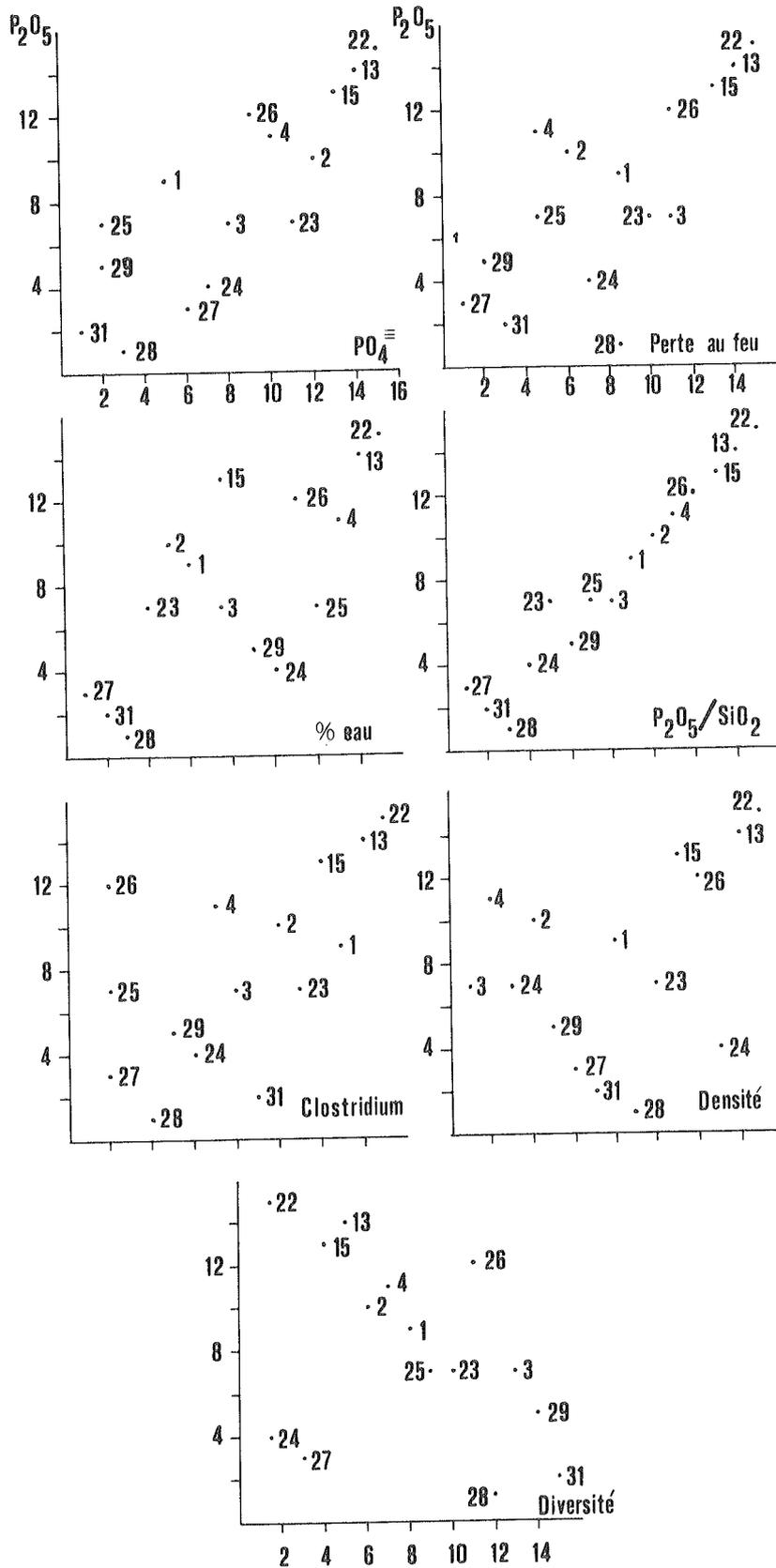
Tableau No 3 CORRELATIONS DE RANG ENTRE FACTEURS BIOLOGIQUES ET CHIMIQUES
A L'OUEST DE LA STEP (mars 1974)

	PO_4^{3-}	Perte au feu	P_2O_5	P_2O_5/SiO_2	% eau	Clos- tridium	Den- sité	Diver- sité
PO_4^{3-} eau interstitielle	--	. <u>717</u>	. <u>814</u>	. <u>746</u>	.417	. <u>610</u>	. <u>441</u>	-. <u>643</u>
Perte au feu (600° C)	. <u>717</u>	--	. <u>696</u>	. <u>553</u>	.208	. <u>628</u>	. <u>635</u>	-.266
P_2O_5 (%)	. <u>814</u>	. <u>696</u>	--	. <u>975</u>	. <u>708</u>	. <u>575</u>	.353	-. <u>436</u>
P_2O_5 / SiO_2	. <u>746</u>	. <u>553</u>	. <u>975</u>	--	. <u>749</u>	. <u>553</u>	.321	-.350
% eau dans sédiment	.417	.208	. <u>708</u>	. <u>749</u>	--	.208	.268	-.326
Nombre de clostridium	. <u>610</u>	. <u>628</u>	. <u>575</u>	. <u>553</u>	.208	--	.353	-.297
Densité (tubificidés)	.441	. <u>635</u>	.353	.321	.268	.407	--	-. <u>459</u>
Diversité (tubificidés)	-. <u>643</u>	-.266	-. <u>437</u>	-.350	-.326	-.297	-. <u>459</u>	--
n = 15 ; $p \leq .05$ $r_s = .443$; $p \leq .01$ $r_s = .600$; $p \leq .001$ $r = .746$								

La figure 24 du haut de la page suivante présente les relations existant entre la teneur des sédiments en P_2O_5 et les autres facteurs.

Les points de prélèvement sont classés les uns par rapport aux autres en examinant les graphiques tracés à partir des rangs des différents facteurs considérés deux par deux. On peut ainsi distinguer les prélèvements où les valeurs des différents facteurs sont en moyenne plus faibles de ceux où elles sont plus élevées. En d'autres termes, les points de prélèvement peuvent ainsi être classés les uns par rapport aux autres en fonction de leur degré de pollution.

Fig. No 24 Corrélations de rang significatives existant entre la teneur du sédiment en phosphore et différents facteurs dans la région de Vidy en mars 1974 (voir texte).



La position des points de prélèvement sur les graphiques de la page 347 permet de localiser ceux qui correspondent à des valeurs extrêmes des facteurs considérés. Le tableau 4 résume la fréquence de ces diverses positions.

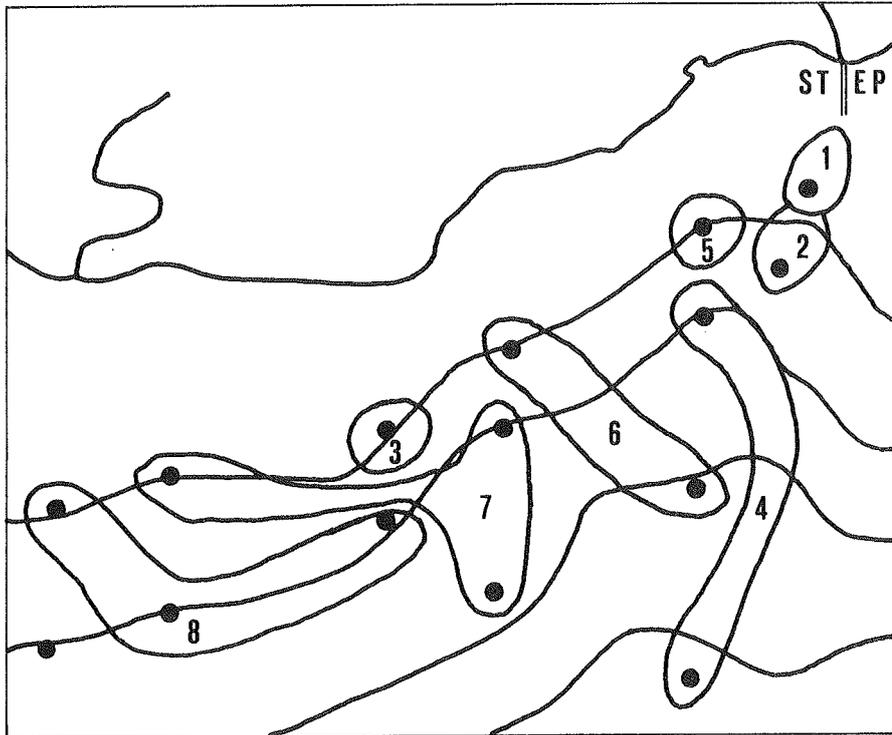
Tableau No 4 Position relative des points de prélèvement à l'ouest de la STEP exprimée en termes de pollution

Prélèvement No	Fréquence des positions correspondant sur les graphiques à des valeurs extrêmes des facteurs considérés deux par deux	
	Valeurs élevées	Valeurs faibles
22	7 (1) *	-
13	7 (1)	-
15	6 (2)	-
26	5 (3)	-
4	4 (4)	-
2	4 (4)	-
1	1 (5)	-
3	-	3 (6)
23	-	3 (6)
24	-	5 (7)
25	-	5 (7)
28	-	5 (7)
27	-	6 (8)
29	-	6 (8)
31	-	6 (8)

Le point 30 n'a pas pu être classé du fait de l'absence de certaines analyses chimiques
 * ces chiffres indiquent le degré de pollution des différents points de prélèvement.

Ces résultats servent à tracer une nouvelle carte des pollutions en groupant les points de prélèvement où la fréquence des valeurs extrêmes est semblable. Cette carte correspond dans ses grandes lignes à celles tracées précédemment (fig. 25). Cependant nous pouvons remarquer le degré de pollution élevé du point 26 qui suggère l'existence d'une autre source de pollution assez localisée.

Fig. 25 Carte des pollutions causées par les rejets de la station d'épuration établie à partir de la position des points de prélèvement sur la figure 23 (voir texte).



6. DISCUSSION

Les résultats obtenus en 1973 et en 1974 montrent clairement une influence des rejets de la STEP de Vidy tant dans la zone littorale que dans la zone profonde du Léman. Cette influence se marque dans la qualité de l'eau du fond et de l'eau interstitielle, dans la composition chimique des sédiments et la structure des communautés animales benthiques.

Les analyses chimiques de l'eau du fond ne donnent que des indications ponctuelles concernant la dispersion des rejets. La composition chimique de l'eau interstitielle constitue un indicateur de pollution beaucoup plus précis, car plus stable. La concentration des orthophosphates et du phosphore total permet de suivre le cheminement des pollutions de façon assez précise. En ce qui concerne les sédiments, les rapports existant entre les éléments autochtones (silice) et les éléments plutôt allochtones comme le phosphore, indiquent l'état de pollution du sédiment. Cependant, du fait de cette interdépendance des éléments, l'interprétation des résultats est assez délicate. L'utilisation de méthodes statistiques plus sophistiquées telles que l'analyse des facteurs principaux préciserait sans doute l'importance relative de ces rapports.

La densité et la composition spécifique des communautés animales benthiques donnent de bonnes indications quant à la pollution "moyenne" du milieu. Ces communautés intègrent en effet les actions de multiples facteurs abiotiques dont l'analyse exhaustive est pratiquement impossible. Cependant, l'interprétation des résultats doit être effectuée avec prudence du fait de l'action de facteurs biotiques au sein même de ces communautés, tels que la concurrence entre espèces.

La macrofaune benthique observée dans la région de Vidy se compose essentiellement de tubificidés. Les résultats obtenus permettent de préciser la signification des tubificidés en tant qu'indicateurs biologiques de pollution dans le Léman. A cinquante mètres de profondeur, nous pouvons distinguer trois degrés de pollution se différenciant les uns des autres par la densité et la composition spécifique des populations de tubificidés. Une vase noire et putride, où la densité des tubificidés n'excède pas 30'000 individus par m² et dont les autres représentants du macrobenthos sont absents, caractérise une région soumise à une très forte pollution organique. Seuls *Tubifex tubifex* et les espèces de *Limnodrilus* sont présents. Des densités dépassant 200'000 individus au m² sont le signe d'un apport massif de substances nutritives, sans toutefois que le sédiment devienne dépourvu d'oxygène ou que des substances toxiques s'y accumulent. Brinkhurst (1970) enregistre des densités de plus de 200'000 individus par m² dans les zones polluées du port de Toronto. Entre 20'000 et 80'000 tubificidés par m², les conditions du milieu peuvent être considérées comme oligotrophes pour le Léman, ceci pour autant que la surface du sédiment reste brune. Juget (1967) a observé une situation comparable dans la baie de Sciez (Léman). Les densités observées dans les zones "oligotrophes" du lac Léman dépassent beaucoup celles indiquées par Watt (1973) pour des situations semblables. Ces faits tendraient à montrer que l'eutrophisation globale du lac est déjà avancée.

En termes de pollution décroissante, la succession des espèces de tubificidés dans la région de Vidy peut se résumer ainsi: Une forte pollution se caractérise par la dominance numérique de *Tubifex tubifex* en compagnie des espèces de *Limnodrilus*. Puis la densité de *Potamothrix hammoniensis* et *heuschleri* s'accroît tandis qu'apparaît *Pelosclex ferox*. Par la suite, l'importance relative de *Pelosclex ferox* s'accroît en présence de *Potamothrix vej dovskii* et du lumbriculidé *Stylodrilus heringianus*, espèces oligotrophes. Enfin, ces deux dernières espèces deviennent dominantes. Une telle succession correspond aux données de la littérature (Milbrink 1974) à l'exception de la situation de *Pelosclex ferox*. La présence de ce ver dans les zones encore polluées du Léman contredit sa classification en tant qu'espèce oligotrophe.

La distribution des tubificidés dans le sédiment en fonction du degré de pollution de celui-ci est déterminée à la fois par des facteurs abiotiques et des facteurs biotiques. La température de l'eau, la quantité d'oxygène disponible au niveau du sédiment ainsi que la concentration de certaines substances toxiques, telles que les métaux lourds ou les insecticides, constituent les principaux facteurs abiotiques limitant la distribution de certaines espèces de tubificidés. Par exemple, quant la température de l'eau s'élève, *Limnodrilus hoffmeisteri* produit davantage de cocons que *Tubifex tubifex* (Aston 1973). Ce fait permet d'expliquer la dominance numérique de *Limnodrilus* dans la zone littorale des lacs, où la température de l'eau est

plus élevée. Les conditions abiotiques du milieu agissent donc à la fois sur les vers adultes et sur leur capacité reproductrice. Lorsque la quantité d'oxygène décroît, certaines espèces diminuent ou cessent même leur reproduction, tandis que d'autres, mieux adaptées à ce type de condition, l'accroissent.

Les tubificidés se nourrissent principalement des bactéries contenues dans le sédiment (Brinkhurst et Chua 1969). Chaque espèce de tubificidés semble utiliser de façon différente les espèces de bactéries qu'elle absorbe avec la vase. De ce fait, l'analyse de la répartition des tubificidés devrait s'appuyer sur celle de la microflore du sédiment. D'autre part, certaines espèces de tubificidés entretiennent d'étroites relations trophiques entre elles. (Brinkhurst 1974). *Limnodrilus hoffmeisteri* recherche activement les excréments de *Tubifex tubifex* pour s'en nourrir. Ceux-ci, du fait de leur passage dans le tube digestif de *Tubifex*, contiennent une plus forte proportion de bactéries prisées par *Limnodrilus* que n'en renferme le sédiment avoisinant.

A l'instigation de la Conservation de la Faune, une étude analogue à celle de Vidy a été entreprise sur la station d'épuration de Rolle (Chevalier et Thonney 1974). L'effluent de cette station de petite taille (7'000 équivalents-habitants), qui se déverse directement sur le rivage du Léman, ne semble influencer que la plate-forme littorale du lac. L'étendue de la zone polluée est susceptible de se modifier sous l'action des vagues et des courants. En mars 1974, la région altérée par les rejets s'étend en direction de l'est parallèlement au rivage. Les larves de chironomides sont pratiquement absentes jusqu'à 170 m de l'effluent et la densité des tubificidés n'excède pas 40'000 individus par m². De 195 à 245 m de distance, la densité des larves de chironomides et des tubificidés augmente nettement (respectivement 20'000 et 90'000 individus au m²). La zone plus ou moins abiotique du point de vue macrofaune observée à Vidy n'existe pas à Rolle. Ces résultats montrent qu'à Rolle également les rejets de la station d'épuration exercent localement une influence polluante.

L'examen des méthodes utilisées et des résultats obtenus dans la mise en évidence des pollutions provoquées par les rejets de Vidy montre que la démarche la plus sûre consiste à multiplier les approches méthodologiques du problème, puis à comparer les résultats ainsi obtenus.

7. CONCLUSION

L'efficacité des installations d'épuration de Vidy permet de réduire considérablement les quantités de substances polluantes qui parviennent au lac. Par exemple 940 tonnes de phosphore total se seraient déversées dans le Léman au lieu de 122 tonnes enregistrées (moyenne annuelle 1972-1974). Les eaux de rejet de la station de Vidy respectent les normes fédérales suisses de 1966.

En dépit de cette épuration poussée, l'énorme volume des eaux usées qui arrivent à la station de Vidy (230'000 équivalents-habitants) explique les pollutions locales constatées. Le déversement des eaux épurées en un seul point de rejet entraîne fatalement des pollutions locales puisqu'une épuration à 100 % semble encore inconcevable sur le plan économique tout au moins. Dans le cas de Vidy, l'agrandissement et le perfectionnement des installations d'épuration qui sont prévus pour 1976 permettront de réduire les pollutions

causées par les eaux incomplètement traitées. On peut aussi se demander si les normes fédérales suisses ne devraient pas être rendues plus sévères en fonction du volume des eaux rejetées.

Cette étude montre qu'il conviendrait de contrôler périodiquement non seulement la chimie des eaux de rejet, mais encore l'étendue de la zone influencée par ces rejets dans le lac. De cette façon, l'impact local des stations d'épuration sur l'état du Léman pourrait être suivi régulièrement. En ce qui concerne Vidy, ce contrôle devrait porter sur une éventuelle extension de la zone influencée en direction de la profondeur et en direction de la station de pompage de St-Sulpice.

Pour terminer, il faut souligner, qu'en dépit de certains de leurs effets secondaires, les stations d'épuration, en diminuant l'apport global en substances polluantes, constituent un de nos meilleurs moyens de lutte contre l'eutrophication des lacs.

RESUME

L'influence des rejets de la station d'épuration de Vidy sur le lac Léman a été étudiée de 1973 à 1974. La plate-forme littorale ne semble pas affectée par les rejets de Vidy. Le fond du lac a été considérablement modifié en dessous de cinq mètres de profondeur. Ces modifications concernent la qualité de l'eau, la composition chimique des sédiments et la structure des communautés animales benthiques. A l'ouest de la station d'épuration, les pollutions atteignent un point situé à une profondeur de 150 m et une distance de 2'800 m.

Les concentrations en phosphore total, en orthophosphates et en ammonium dans l'eau du fond sont élevées à proximité de la station d'épuration; elles décroissent avec la distance. La chimie de l'eau interstitielle suit une évolution semblable, mais plus évidente. L'influence des rejets est également visible au niveau de la composition chimique des sédiments.

Les tubificidés (*Oligochaeta*) forment l'essentiel de la faune benthique. La densité et la composition spécifique de leurs populations permettent de distinguer trois zones. Les alentours de l'effluent constituent une région fortement polluée où la densité des vers est faible (moins de 20'000 individus/m²). Seuls *Tubifex tubifex* et *Limnodrilus hoffmeisteri* sont présents. Puis la densité des tubificidés augmente jusqu'à plus de 200'000 individus/m². L'importance de *Potamothrix hammoniensis* s'accroît tandis que *Petoscolex ferox* apparaît. Cette situation peut être qualifiée d'eutrophe. Lorsque les conditions deviennent plus oligotrophes, la densité des vers diminue (20'000 - 80'000 individus par m²). *Potamothrix vejlovskyi* et *Stylodrilus heringianus* (Lumbriculidae) constituent les espèces numériquement dominantes.

Ces résultats biologiques et chimiques nous donnent la possibilité de tracer une carte des pollutions de la région de Vidy.

Des corrélations significatives entre la densité, la diversité spécifique des populations de tubificidés et la distribution de certains facteurs chimiques ont pu être mises en évidence.

L'efficacité épuratrice de la station de Vidy est discutée et des méthodes de contrôle sont proposées.

SUMMARY

The effect of the sewage plant treatment of Vidy (Switzerland) on the Lake of Geneva has been studied from 1973 to 1974. The littoral platform seems not to be affected by the outfalls of Vidy. On the other hand, the bottom of the lake has been considerably altered deeper than five meters. These modifications pertain to the quality of water, the chemical composition of sediment and the structure of benthic animal communities. On the west side of the plant the pollution reaches a point located at a depth of 150 m as far away as 2'800 m.

On the layers of water nearest the bottom the concentrations of phosphoric compounds and of ammonium high near the plant, decrease with distance from it. Water contained in the sediment shows a similar but more evident evolution. In the chemical composition of sediment, the influence of outfalls are also noticeable.

Tubificid worms form the bulk of bottom macrofauna. Their density and specific composition allow us to describe three areas. The outlet of the plant is surrounded by a highly polluted area where tubificid density is low (less than 20'000 specimens per sq. m.). Only *Tubifex tubifex* and *Limnodrilus hoffmeisteri* are present. Then the worm density reaches a very high level (more than 200'000 specimens per sq. m.). The numerical importance of *Potamothenis hammoniensis* increases and *Pelosclex ferox* appears. Such a situation can be described as eutrophic. When bottom conditions become more oligotrophic, tubificid density diminishes (20'000 - 80'000 specimens per sq. m.). *Potamothenis hammoniensis* and *Stylothrillus heringianus* (*Lumbriculidae*) become preponderant.

These biological and chemical results allows us to draw a map of pollution around the outlet.

Some significant correlations exist between density, specific diversity of tubificids and distribution of some chemical factors.

The purification efficiency of the plant is discussed and control procedures are proposed.

BIBLIOGRAPHIE

Aston, R.J., Field and Experimental Studies on the Effects of a Power Station Effluent on Tubificidae (Oligochaeta, Annelida), *Hydrobiologia* vol. 42,2-3, 225 - 242 (1973).

Bossard, P., et Ambühl, H., Der Einfluss von gereinigtem Abwasser auf das Phytoplankton in Seen, Schweiz Z. Hydrol. 36, 1, 187-200 (1974).

Brinkhurst, R.O., Taxonomic studies on the Tubificidae. *Int. Rev. Hydrobiol.*, *Syst. Beih.* 2, 1-89 (1963a)

Brinkhurst, R.O., A guide to the determination of British aquatic Oligochaeta, *Sci. Publ. Freshw. Biol. Ass.* 22, 5-52 (1963b).

- Brinkhurst, R.O., Distribution and abundance of tubificid (Oligochaeta) species in Toronto Harbour, Lake Ontario, J. Fish. Res. Bd. Can. 27 : 1961 - 1969 (1970).
- Brinkhurst, R.O., Factors Mediating Interspecific Aggregation of Tubificid Oligochaeta, J. Fish. Res. Bd. Can. 31, 4, 460-462 (1974).
- Brinkhurst, R.O., et Chua, K.E., Preliminary investigations of the exploitation of some potential nutritional resources by three sympatric tubificid oligochaetes, J. Fish. Res. Bd. Can. 26 : 2659 - 2668 (1969).
- Brinkhurst, R.O., et Jamieson, B.G.M., Aquatic Oligochaeta of the World, Oliver and Boyd, Edimburgh (1971).
- Burkard, P., Rapport sur l'étude des affluents du Léman. Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman contre la pollution. (1967 et 1972).
- Buttiaux, R., L'analyse bactériologique des eaux de consommation, collection de l'institut Pasteur, éd. Flammarion (1953).
- Chevalier, Y., et Thonney, F., étude de la macrofaune benthique au large de la station d'épuration de Rolle, travail de certificat en zoologie (1974).
- Conover, W.J., Practical nonparametric statistics, John Wiley & Sons Inc., New-York (1971).
- Elliott, J.M., Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates, Sci. Publ. Freshwat. Biol. Ass. No 25.
- Juget, J., La faune benthique du Léman : modalités et déterminisme écologiques du peuplement, thèse de doctorat, Université de Lyon, 360 p. (1967).
- Juget, J., Clef de détermination des Tubificidae d'eau douce (principales espèces de la faune de France), (pas de date).
- Lang, C., Influence des rejets de la station d'épuration de Vidy sur la faune benthique du Léman, Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution (1973).
- Lang, C., Influence des rejets de la station d'épuration de Vidy sur la faune benthique du Léman, Verh. Internat. Verein. Limnol. (sous presse).
- Marc-Arthur, R.H., Geographical Ecology, Harper & Row, New-York (1972).
- Meybeck, M., Bilan Hydrochimique et géochimique du lac Léman, thèse présentée à l'Université de Paris (1970).
- Milbrink, G., Protein Taxonomy of aquatic oligochaetes and its ecological applications. Oikos 24 : 473-474 (1973a).
- Milbrink, G., On the Use of Indicator Communities of Tubificidae and some Lumbriculidae in the Assessment of Water Pollution in Swedish Lakes, Zoon 1: 125-139 (1973b).

Milbrink, G., On the Horizontal Distribution of the Profundal Bottom Fauna in a Limited Area of Central Lake Mälaren, Sweden, Part I and II, *Hydrobiologia* 45, 4, 509 - 541 (1974).

Monod, R., Contribution à l'étude des variations de la composition chimique des eaux du lac Léman, phénomènes de pollution et d'autoépuration à l'embouchure du Flon à Vidy. *Annls. Stn. cent. Hydrobiol. appl.* T VI, 233 - 345 (1956).

Monod, R., Evolution physico-chimique des eaux du Léman, Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman contre la pollution (1973).

Plauchu, J., Etude des courants du lac Léman du Rhône à la frontière Vaud-Genève. Rapport 1969-1970, Tome I et III.

Siwertz, E., Etude des affluents du lac Léman et du Rhône entre Genève et Chancy, Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman contre la pollution (1973).

Thélin, L., Influence des rejets des stations d'épuration sur la qualité de l'eau des récepteurs, Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman contre la pollution (1973).

Watt, W.D., Harding G.H., Caldwell, J. et Mc Minn, A., Ecology of the Saint John River Basin VI Oligochaetes as water pollution indicators, Departement of the Environnement (1973).

Wilhm, J.L., Comparison of some diversity indices applied to populations of benthic macroinvertebrates in a stream receiving organic wastes, *J. Wat. Poll. Contr. Fed.* Vol. 39 No 10.

REMERCIEMENTS

Ces recherches ont été effectuées dans le cadre et grâce à l'appui financier de la Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman contre la pollution. Le Centre de recherches géodynamiques de Thonon s'est chargé de toutes les analyses chimiques. M. B. Chassaing, chimiste, a étroitement collaboré à la réalisation de ce projet. M. E. Pongratz, chef du Service d'Hydrobiologie de Genève, a pris en charge les analyses bactériologiques. M. G. Matthey m'a donné toutes les facilités de travail à la Conservation de la faune à Lausanne. Il n'a pas cessé de m'encourager de ses utiles conseils. Le personnel technique de la Conservation de la faune m'a considérablement aidé. Mlle I. Magnenat a mis au point les dessins définitifs, elle a également participé à la réalisation du travail technique ainsi que Mlle M. Bornand. M. F. Bugnon et Mlle N. Produit ont dactylographié le texte définitif. MM. B. Chassaing, G. Matthey, M. Maulaz, R. Michel, R. Monod ont lu le manuscrit de ce travail. Leurs remarques m'ont permis de l'améliorer.

Appendice 1 LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT DANS LA
REGION DE VIDY EN MARS 1974

Prélèvement No	Profondeur (m)	Distance à l'effluent (m)	Localisation
22	30	200	axe de la STEP
13	42	325	Cap 200
15	69	700	
14	89	900	
3	150	1'800	
5	20	650	Vidy-plage, axe restaurant
6	50	975	et usine à gaz. Cap 200
10	80	1'350	Est de la STEP
11	122	1'625	
12	189	2'475	
7	50	1'400	Embouchure du Flon. Cap 200
8	100	1'750	Est de la STEP
9	147	2'125	
1	51	775	Port des Pierrettes. Cap 180
2	100	1'125	Ouest de la STEP
4	208	2'700	
23	49	1'850	St-Sulpice est. Cap 180
24	98	2'100	Ouest de la STEP
25	136	2'725	
26	47	2'525	St-Sulpice (débarcadère)
27	97	2'825	Cap 180. Ouest STEP
28	48	3'525	Pompage St-Sulpice. Cap
29	98	3'900	180. Ouest STEP
30	98	4'425	Embouchure de la Venoge
31	46	4'100	Cap 180. Ouest STEP

Appendice 2 ANALYSES CHIMIQUES DE L'EAU DU FOND A VIDY EN MARS 1974
LES CONCENTRATIONS SONT EXPRIMEES EN mg/l

Prél. No	SiO ₂	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺ mg N/l	Sr ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ mg N/l	NO ₂ ⁻ mg N/l	PO ₄ ⁼	P total	C org.
13	4,68	52,5	6,45	4,00	1,72	0,990	0,46	3,68	43,8	-	0,05	0,005	0,364	0,444	3,25
15	1,32	50,0	6,20	3,55	1,25	0,023	0,51	3,42	62,2	107,8	0,28	0,010	0,312	-	1,59
14	1,16	46,0	6,40	3,60	1,41	0,016	0,48	3,58	51,6	108,8	0,28	0,005	0,108	-	0,85
3	1,82	46,0	6,40	3,55	1,39	0,013	0,48	3,52	51,6	106,9	0,38	0,002	0,059	-	1,13
5	1,04	47,0	6,40	3,60	1,33	0,020	0,50	3,52	55,0	106,9	0,32	0,004	0,026	0,035	1,12
6	1,30	46,0	6,40	3,55	1,35	0,013	0,48	3,52	51,6	108,8	0,37	0,002	0,030	0,038	0,76
10	1,66	46,0	6,35	3,60	1,39	0,029	0,47	3,52	52,8	108,3	0,36	0,005	0,096	-	1,11
11	4,28	50,0	6,00	3,60	1,54	0,034	0,49	3,52	58,2	110,3	0,31	0,010	0,060	-	2,05
12	2,96	48,0	6,35	3,65	1,47	0,101	0,48	3,52	55,0	109,8	0,28	0,015	0,056	-	1,90
7	1,88	49,0	6,15	3,60	1,33	0,080	0,49	3,52	58,8	106,9	0,19	0,015	0,016	0,040	1,42
8	1,64	46,0	6,40	3,55	1,37	0,056	0,50	3,50	52,2	108,3	0,36	0,010	0,028	0,036	1,16
9	3,20	52,5	6,35	3,85	1,47	0,025	0,52	-	-	-	0,33	0,005	0,028	0,044	3,10
1	1,40	49,0	6,40	3,75	1,33	0,195	0,50	3,62	60,6	107,8	0,22	0,010	0,028	-	1,22
2	1,26	46,0	6,40	3,55	1,39	0,057	0,48	3,50	52,2	106,1	0,23	0,006	0,014	0,017	1,24
4	2,06	47,0	6,35	3,55	1,37	0,032	0,49	3,63	52,2	108,8	0,40	0,004	0,045	0,052	1,27
23	2,60	47,0	5,90	3,60	1,31	0,688	0,48	3,47	51,6	111,8	0,23	0,008	0,052	-	1,84
24	4,22	48,0	6,05	3,60	1,39	0,724	0,49	3,60	51,8	--	0,14	0,008	0,096	-	1,97
25	4,16	46,0	6,30	3,60	1,37	0,025	0,48	3,60	51,8	-	0,40	0,004	0,156	0,168	1,53
26	1,74	46,0	6,40	3,60	1,35	0,017	0,50	3,50	51,1	109,8	0,42	0,004	0,027	0,036	0,95
27	0,98	46,0	6,35	3,55	1,34	0,012	0,48	3,50	52,8	109,3	0,27	0,003	0,017	0,025	0,96
28	1,26	46,0	6,30	3,65	1,35	0,036	0,50	3,60	52,2	109,8	0,30	0,004	0,039	0,048	1,33
29	1,22	46,0	6,40	3,55	1,36	0,009	0,50	3,50	51,1	110,8	0,34	0,003	0,037	0,045	1,03
31	1,42	46,0	6,35	3,55	1,39	0,040	0,50	3,55	51,8	108,8	0,36	0,004	0,031	0,037	0,75
30	1,30	46,0	6,40	3,55	1,39	0,021	0,51	3,45	50,9	108,8	0,39	0,003	0,046	0,053	1,01

Appendice 3 COMPOSITION CHIMIQUE DE L'EAU INTERSTITIELLE A VIDY (mars 1974)

Prélèvement No	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	PO ₄ ⁼ mg/l	P total mg/l	C organ. mg/l
22	213	27,5	16,2	14,1	--	3,240	3,960	-
13	128	14,0	14,0	10,4	--	3,328	3,616	12,7
15	82	9,4	12,5	9,6	5,511	1,728	1,848	12,2
14	60	7,1	10,5	2,5	2,779	0,848	0,960	9,7
3	58	7,0	9,2	2,7	1,808	1,116	1,236	9,9
5	60	6,7	12,4	6,5	2,644	0,920	1,032	13,0
6	62	7,2	13,0	2,9	2,111	0,588	0,692	11,6
10	55	6,6	10,8	2,3	2,182	1,008	1,108	10,5
11	62	7,4	8,5	2,5	1,596	1,432	1,632	12,1
12	62	7,7	7,8	3,0	1,139	0,096	0,276	11,8
7	81	8,4	11,1	4,2	7,254	1,860	2,176	9,6
8	68	8,0	9,9	4,0	3,238	0,936	1,056	12,2
9	62	7,3	11,5	2,4	1,422	0,876	1,020	11,0
1	84	9,2	10,0	4,7	6,500	0,680	0,944	-
2	62	7,0	12,4	3,4	4,074	1,432	1,628	9,9
4	64	7,7	10,0	3,4	2,641	1,364	1,516	9,9
23	74	7,1	11,8	-	6,288	1,424	1,552	9,6
24	68	7,3	10,7	3,8	4,628	0,892	1,008	13,1
25	60	7,0	9,8	3,4	1,796	0,472	0,556	10,8
26	81	8,2	11,0	6,0	7,519	1,288	1,496	12,1
27	66	7,3	7,6	5,3	4,705	0,824	0,924	10,7
28	65	7,0	11,6	4,3	2,538	0,532	0,652	11,3
29	68	7,8	8,5	6,2	2,064	0,512	0,616	13,2
31	65	6,7	11,2	5,0	1,843	0,376	0,524	8,5
30	60	7,0	11,2	4,2	1,681	0,628	0,768	13,9

Appendice 4 ANALYSES CHIMIQUES DES SEDIMENTS A VIDY EN MARS 1974

Prél. No	CaO %	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	Perte au feu 1'000°C	Perte au feu 600°C	% eau dans sédim.
22	11,76	1,66	0,86	1,40	6,01	8,09	0,053	35,6	0,59	1,950	29,00	20,35	422,8
13	13,16	2,17	0,97	1,87	4,90	10,51	0,058	42,0	0,55	0,540	22,70	13,15	372,6
15	14,28	2,92	1,34	2,36	4,86	11,72	0,068	42,2	0,53	0,280	18,75	8,50	226,9
14	14,42	2,89	1,19	2,40	4,62	11,41	0,067	42,6	0,49	0,210	18,25	5,80	226,1
3	14,98	3,25	1,19	2,59	5,16	12,51	0,100	40,2	0,51	0,215	18,35	7,65	226,9
5	11,20	1,92	1,46	1,88	3,43	9,30	0,054	58,8	0,45	0,205	13,85	6,15	111,6
6	12,32	3,25	1,32	2,42	5,00	12,85	0,080	48,2	0,57	0,190	15,90	5,70	181,3
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	185,6
11	12,88	2,47	1,40	2,26	1,92	10,96	0,080	52,0	0,42	0,155	14,65	3,75	142,7
12	12,46	3,25	1,39	2,64	4,88	13,34	0,106	50,8	0,49	0,165	15,50	7,05	198,5
7	14,00	2,64	1,15	2,12	4,60	11,34	0,059	45,4	0,52	0,235	18,50	7,40	209,1
8	14,00	3,14	1,25	2,38	5,03	12,47	0,077	42,2	0,52	0,180	16,85	4,85	216,7
9	12,60	2,92	1,35	2,68	4,58	12,13	0,088	46,8	0,57	0,165	15,50	6,20	182,4
1	14,35	2,90	1,13	2,23	4,83	11,72	0,070	42,6	0,53	0,240	18,30	7,20	226,6
2	14,42	3,07	1,19	2,35	5,05	12,17	0,067	41,2	0,61	0,245	18,70	6,40	224,6
4	15,96	2,97	1,07	2,28	4,75	12,06	0,103	41,6	0,49	0,260	19,05	6,25	261,3
23	16,66	2,34	0,96	1,70	3,97	9,79	0,053	44,6	0,50	0,215	21,30	7,40	221,1
24	15,40	2,75	1,11	2,20	4,42	11,15	0,062	44,0	0,50	0,195	19,50	7,00	244,3
25	14,98	3,19	1,16	2,50	5,06	12,13	0,104	41,0	0,59	0,215	19,00	6,20	250,0
26	16,80	2,32	0,96	1,92	4,09	9,90	0,053	41,0	0,49	0,265	21,70	8,00	245,6
27	17,78	2,79	1,12	2,04	4,35	11,07	0,072	48,8	0,53	0,185	18,70	5,00	154,5
28	13,86	3,10	1,32	2,42	4,79	11,91	0,075	42,8	0,51	0,175	17,30	7,20	190,9
29	14,98	3,12	1,13	2,16	5,22	12,36	0,073	40,0	0,57	0,205	18,40	5,20	243,4
31	13,86	2,94	1,23	2,28	4,50	11,83	0,072	44,8	0,53	0,180	17,60	5,60	179,4
Meybeck Uchy	18,05	2,85	1,06	2,17	3,72	10,20	0,062	40,2	0,49	0,230	20,80	6,10	-
Meybeck max.	25,20	6,20	3,00	3,52	5,15	14,20	0,295	49,2	0,86	0,370	26,00	11,50	-

Appendice 5 DENSITE (N/m²) ET IMPORTANCE RELATIVE (%) DES ESPECES DE TUBIFICIDES A 50 m DE PROFONDEUR
DANS LA REGION FLON-VENOGE (27 mars 1974)

No pré-l. Localisation Espèces	31 Venoge	28 pompage St-Sulpice	26 débarcadère St-Sulpice	23 St-Sulpice Est	1 Pierrettes	15 STEP	6 Vidy	7 Flon
Stylodrilus heringianus *	9'471 14 %	2'823 3 %	11'819 3 %	0	0	0	3'529 5 %	0
Potamothrix vejvodskyi	23'677 34 %	5'710 7 %	0	5'088 2 %	0	0	48'972 63 %	0
Pelosclex ferox	0	21'569 26 %	181'374 43 %	31'373 16 %	5'882 8 %	11'765 4 %	2'941 4 %	8'824 5 %
Potamothrix hammoniensis	35'480 52 %	51'389 61 %	224'457 54 %	149'087 75 %	13'226 17 %	7'648 3 %	21'029 28 %	149'238 87 %
Tubifex tubifex	0	0	0	5'088 2 %	56'383 75 %	235'772 86 %	0	0
Limnodrilus spec.	0	2'823 3 %	0	10'346 5 %	0	20'307 7 %	0	13'508 8 %
Total	68'628	84'314	417'650	200'982	75'491	275'492	76'471	171'570

* Lumbriculidés

Appendice 6 DENSITE (N/m²) ET IMPORTANCE RELATIVE (%) DES ESPECES DE TUBIFICIDES A 100 m DE PROFONDEUR
DANS LA REGION FLON-VENOGE (27 mars 1974)

No prél. Localisation Espèces	30 Venoge	29 pompage St-Sulpice	27 débarcadère St-Sulpice	24 St-Sulpice Est	2 Pierrettes	14 STEP	10 Vidy	8 Flon
<i>Stylodrilus heringianus</i> *	4'902 12 %	980 3 %	0	0	0	-	0	0
<i>Potamothrix vejdvovskyi</i>	22'549 57 %	8'824 29 %	1'961 5 %	0	0	-	39'217 56 %	2'941 10 %
<i>Pelosclex ferox</i>	0	980 3 %	0	0	0	-	0	0
<i>Potamothrix hammoniensis</i>	11'765 29 %	17'648 59 %	33'335 86 %	0	4'902 18 %	-	0	0
<i>Potamothrix heuschleri</i>	0	980 3 %	980 3 %	3'922 100 %	0	-	30'392 43 %	24'510 83 %
<i>Tubifex tubifex</i>	0	0	980 3 %	0	21'569 78 %	-	980 1 %	0
<i>Limnodrilus spec.</i>	980 2 %	980 3 %	980 3 %	0	980 4 %	-	0	1'961 7 %
Total	40'196	30'392	38'236	3'922	27'451	-	70'589	29'412

* = Lumbriculidés

Appendice 7 DENSITE (N/m²) ET IMPORTANCE RELATIVE (%) DES ESPECES DE TUBIFICIDES A 150 ET 200 m DE PROFON-
DEUR DANS LA REGION FLON-VENOGE (27 mars 1974)

Espèces	No prélèvement		25 (150 m)		3 (150 m)		11 (150 m)		9 (150 m)		4 (200 m)		12 (200 m)	
	Localisation		St-Sulpice Est		Pierrettes		Vidy		Flon		Pierrettes		Vidy	
<i>Stylodrilus heringianus</i> *	980	5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamothrix vejdoovskyi</i>	0		4'903	11'765	4'903	11'765	4'903	980	2'941	2'941	2'941	2'941	0	0
<i>Potamothrix hammoniensis</i>	12'746	69 %	2'941	13'725	2'941	13'725	2'941	7'844	8'824	8'824	8'824	8'824	6'863	100 %
<i>Limnodrilus spec.</i>	4'902	26 %	980	0	980	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	18'628		8'824	25'490	8'824	25'490	8'824	8'824	11'765	11'765	6'863	6'863		

* = Lumbriculidés