

S O M M A I R E

PRESENTATION	p. 7
I. PREMIERE PARTIE, RAPPORTS SUCCINCTS	9
Carte des stations de prélèvements au lac et aux affluents	10
1.1. EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU LEMAN	11
Résumé de l'étude	11
1. Introduction	57
2. Conditions de prélèvement des échantillons Météorologie, etc.	58
3. La transparence de l'eau	61
4. La thermique du lac	65
5. Le pH de l'eau	68
6. L'oxygène et son taux de saturation	69
6.1. L'oxygène	69
6.2. Le taux de saturation en oxygène	74
7. Evolution de l'azote	77
7.1. L'azote minéral total	77
7.2. L'azote ammoniacal	77
7.3. L'azote nitreux	81
7.4. L'azote nitrique	83
7.5. L'azote organique	85
7.6. L'azote total	85
8. Evolution du phosphore	86
8.1. Les orthophosphates	86
8.2. Le phosphore organique	88
8.3. Le phosphore total	90
9. Autres déterminations	95
10. Tableaux généraux	96
1.2. EXAMENS BIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN	
A. CONCLUSIONS GENERALES SUR L'ETUDE DU PLANCTON DU LEMAN	17
B. ETUDE DU PHYTOPLANCTON DES EAUX VAUDOISES DU LEMAN	127
1. Situation 1975	127
2. Comparaison entre 1974 et 1975	128
3. Evolution du phytoplancton de 1965 à 1975	128
4. Evolution du zooplancton en 1975	129
5. Figures et tableaux récapitulatifs	130
C. LE PLANCTON DU LEMAN, REGION CENTRALE ET SUD DU GRAND LAC	139
1. Plancton récolté au filet	139
2. Phytoplancton récolté à partir d'un échantillon intégré d'eau brute	140
3. Les rotifères	143
4. La transparence des eaux	145
5. Tableaux récapitulatifs	147

D.	ETUDES BIOLOGIQUES DES EAUX DU PETIT LAC	p. 159
I.	Technique classique	159
II.	Le phytoplancton au Point GE 4 et dans la rade de Genève à partir d'échantillons d'eau brute	162
	Tableaux récapitulatifs	167
1.3.	EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN	19
1.	Introduction	19
2.	Les germes totaux	19
3.	Les germes indicateurs de pollution fécale	20
4.	Conclusions	24
5.	Cartes des pollutions	26
6.	Figures et tableaux	185
2.	ETUDE DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN ET DU RHONE ENTRE GENEVE ET CHANCY	29
A.	Conclusions	29
1.	Evolution des apports des affluents de 1974 à 1975	29
2.	Résultats de l'année 1975	34
3.	Evolution de la qualité de l'eau le long de certains cours d'eau	35
B.	Rapport détaillé	199
1.	Généralités	199
1.1.	Remarques préliminaires	199
1.2.	Programme général	200
1.3.	Conditions météorologiques	201
1.4.	Débits des affluents	201
2.	Résultats des analyses, Etude des apports des affluents du lac Léman	202
2.1.	Température de l'eau des affluents	202
2.2.	pH de l'eau des affluents	203
2.3.	Conductivité	203
2.4.	Turbidité de l'eau des affluents	203
2.5.	Oxygène dissous	203
2.6.	Demande biologique en oxygène	204
	Bilan général de l'oxygène	206
2.7.	Demande chimique en oxygène (DCO) et oxydabilité au permanganate	207
2.8.	Azote minéral et organique	208
	Bilan de l'azote minéral total	210
2.9.	Orthophosphates, phosphore organique et phosphore total	212
	Bilan général du phosphore	213
2.10.	Détergents	215
2.11.	Chlorures	218
2.12.	Hydrocarbures	220
2.13.	Dureté total, titre alcalimétrique	221
2.14.	Calcium et magnésium	221
2.15.	Potassium	222
2.16.	Qualité bactériologique	224
3.	Evolution de la qualité de l'eau le long du cours de certains affluents	224

3.1. La Drance	p.	224
3.2. La Versoix		226
3.3. Le Vengeron		227
3.4. L'Arve		229
3.5. L'Allondon		231
3.6. Le Rhône entre Genève et Chancy		231
4. Tableaux récapitulatifs		235
3. ETUDE DES APPORTS ATMOSPHERIQUES AU LAC LEMAN		37
Rapport		37
Tableaux récapitulatifs		283
4. ETUDE BIOLOGIQUE PROSPECTIVE		39
1. Méthodes		39
2. Résultats		42
3. Discussion		42
4. Conclusions		44
5. Tableaux récapitulatifs		297
5. INFLUENCE DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION SUR LA QUALITE DE L'EAU DES RECEPTEURS		47
1. Introduction		47
2. Comparaison des rendements d'épuration annuels		47
3. Efficacité des stations d'épuration et respect des normes de rejet		48
4. Contrôle des autres stations du bassin lémanique		49
5. Conclusions		49
6. Tableaux récapitulatifs		311
6. POLLUTION MERCURIELLE DANS LE BASSIN LEMANIQUE		51
Résumé et conclusions		51
Préambule		335
Origine du mercure dans le bassin lémanique		337
Toxicité du mercure		338
Mission du groupe "Mercure"		338
Résultats		339
Dosage du plomb, cadmium et PCB dans les poissons		345
Tableaux récapitulatifs		346
7. ADRESSES DES AUTEURS DES RAPPORTS		355

PRESENTATION

Le présent rapport, qui se réfère notamment aux travaux effectués en 1975 sous l'autorité de la Commission internationale, marque la fin du premier programme quinquennal 1971-1975 et annonce le début du programme 1976-1980.

A l'issue de 19 ans d'étude du Léman - les études systématiques ont débuté, rappelons-le, en 1957 - il valait la peine d'essayer de dresser un bilan, tout au moins partiel, de l'évolution du lac et de ses affluents.

C'est ce qu'ont tenté d'esquisser, lorsque le sujet traité s'y prêtait, certains rapporteurs. Il faut remarquer ici que l'élaboration d'un bilan annuel peut donner lieu à des interprétations erronées. Si le lecteur averti sait tenir compte des variations saisonnières et interpréter les fluctuations éventuelles, il n'en est pas toujours de même pour le profane, qui peut être tenté de considérer comme définitive une tendance passagère positive ou négative et de se contenter d'un aspect particulier en oubliant la tendance générale.

Afin d'éviter ces inconvénients, de répondre à certains vœux exprimés et permettre au lecteur d'avoir rapidement une idée générale des travaux effectués et de leurs conclusions, le présent rapport est divisé en deux parties.

Dans la première partie sont réunies les conclusions résumées des rapports d'une certaine dimension et, suivant les cas, les textes complets des rapports succincts.

La seconde partie, plus étendue, comprend, s'il y a lieu, les rapports détaillés, ainsi que tous les tableaux de chiffres y afférents.

Le lecteur trouvera, dans le sommaire, toutes les indications utiles lui permettant de se repérer. En outre, à la fin de chaque résumé figurant en première partie, est indiquée la page où débute le rapport détaillé et les tableaux récapitulatifs.

Les rapports concernent les objets suivants :

1. Etude sanitaire du Léman

Il y a, comme précédemment, un rapport physicochimique, trois rapports biologiques accompagnés de conclusions de synthèse et un rapport bactériologique.

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

Ce rapport fait la synthèse des études effectuées depuis douze ans (1964-1975). Sa présentation, et notamment les tableaux récapitulatifs, ont été modifiés.

3. Etude des apports atmosphériques au Léman

Cette étude a débuté en 1972 seulement. Elle est destinée à connaître la contribution des précipitations atmosphériques à la pollution du lac.

4. Etude biologique prospective

Effectuée "in situ" et "in vitro", elle concerne la fertilité partielle du lac et de certains cours d'eau et quelques facteurs limitants.

5. Influence des rejets des stations d'épuration sur la qualité de l'eau des récepteurs

Sur un échantillonnage de stations, on cherche à porter une appréciation sur le fonctionnement des stations en général et sur le respect des législations.

6. Pollution mercurielle dans le bassin lémanique

Ce rapport de synthèse préparé par un groupe de travail, fait le point sur la situation actuelle et donne notamment les résultats de plus de 1'000 analyses effectuées sur des poissons.

Il faut ajouter à cette présentation que les rapports, et, en particulier les tableaux récapitulatifs, ne donnent pas l'ensemble des analyses effectuées, mais un résumé seulement. Les résultats analytiques complets concernant la physico-chimie, la chimie et la bactériologie du Léman depuis 1957 sont sur cartes perforées. Pour les résultats concernant les rivières, il en sera de même d'ici une année. Ces documents peuvent être mis à disposition des spécialistes intéressés.

Dr R. Monod

Secrétaire de la
Commission internationale

CONCLUSIONS GENERALES

SUR L'ETUDE DU PLANCTON DU LEMAN

Campagne 1975

En dépit de quelques différences essentiellement quantitatives, les biocénoses planctoniques étudiées au cours de la campagne 1975 présentent une grande homogénéité dans l'ensemble du Léman.

Les *Cyanophycées* restent très discrètes en 1975. Seule *Oscillatoria bowrelyi* se rencontre en abondance au début de l'année. Il faut signaler la disparition d'*Aphanizomenon flos aquae*, espèce affectionnant les eaux eutrophes et dont le développement en automne 1974 avait suscité l'inquiétude des hydrobiologistes.

Les *Dinophycées* sont essentiellement représentées par *Ceratium hirundinella* qui prolifère en août et septembre de façon spectaculaire : ces algues sont en effet capables de constituer à proximité de la surface des "nuages" brun-rouge qui diminuent fortement la transparence de l'eau. De telles poussées de *Ceratium*, très peu marquées en 1974, avaient déjà été observées au cours des années précédentes, plus particulièrement à partir de 1968.

Les *Cryptophycées* restent abondantes toutes l'année. *Rhodomonas minuta* var. *nannoplantica* prédomine largement.

Les *Chrysophycées* ont perdu l'importance qu'elles avaient autrefois: *Mallomonas acaroides* n'apparaît qu'en fin d'année et *Dinobryon divergens* et *D. sociale* ne se rencontrent qu'en automne.

Les *Diatomées* sont toujours représentées par un grand nombre d'espèces, en particulier par *Fragilaria crotonensis* et *Asterionella formosa*. L'espèce *Melosira binderana* est abondante au printemps, alors que *M. Binderana* et *M. granulata* se développent en automne. Comme les années précédentes, *Stephanodiscus hantzschii* prolifère au printemps mais cette espèce se maintient désormais pratiquement toute l'année.

Les *Chlorophycées* prennent de l'importance dès la deuxième moitié de l'année, excepté *Monoraphidium contorsum*, abondant en hiver et au printemps. *Dictyosphaerium pulchellum* se développe fortement en juillet. Il en va de même en fin d'année pour *Chlorohormidium subtile*. Mais on remarque surtout la prolifération subite et massive en juin d'*Arkyra judayi* (désignée précédemment sous le nom de *Korshikoviella judayi*), espèce accompagnée de *Sphaerocystis schroeteri*. Les *Chlorophycées* deviennent fréquemment le support d'un *Chlamydomonas* épiphyte, particulièrement abondant en juillet dans le Petit Lac. Signalons encore le développement très important d'*Hydrodictyon* observé pendant l'été dans les parties abritées de la zone littorale (dans les ports en particuliers).

Les *Conjuguées* : comme les années précédentes, une population de *Mougeotia* se développe en fin d'année, sans atteindre toutefois les densités élevées enregistrées au cours des années 60.

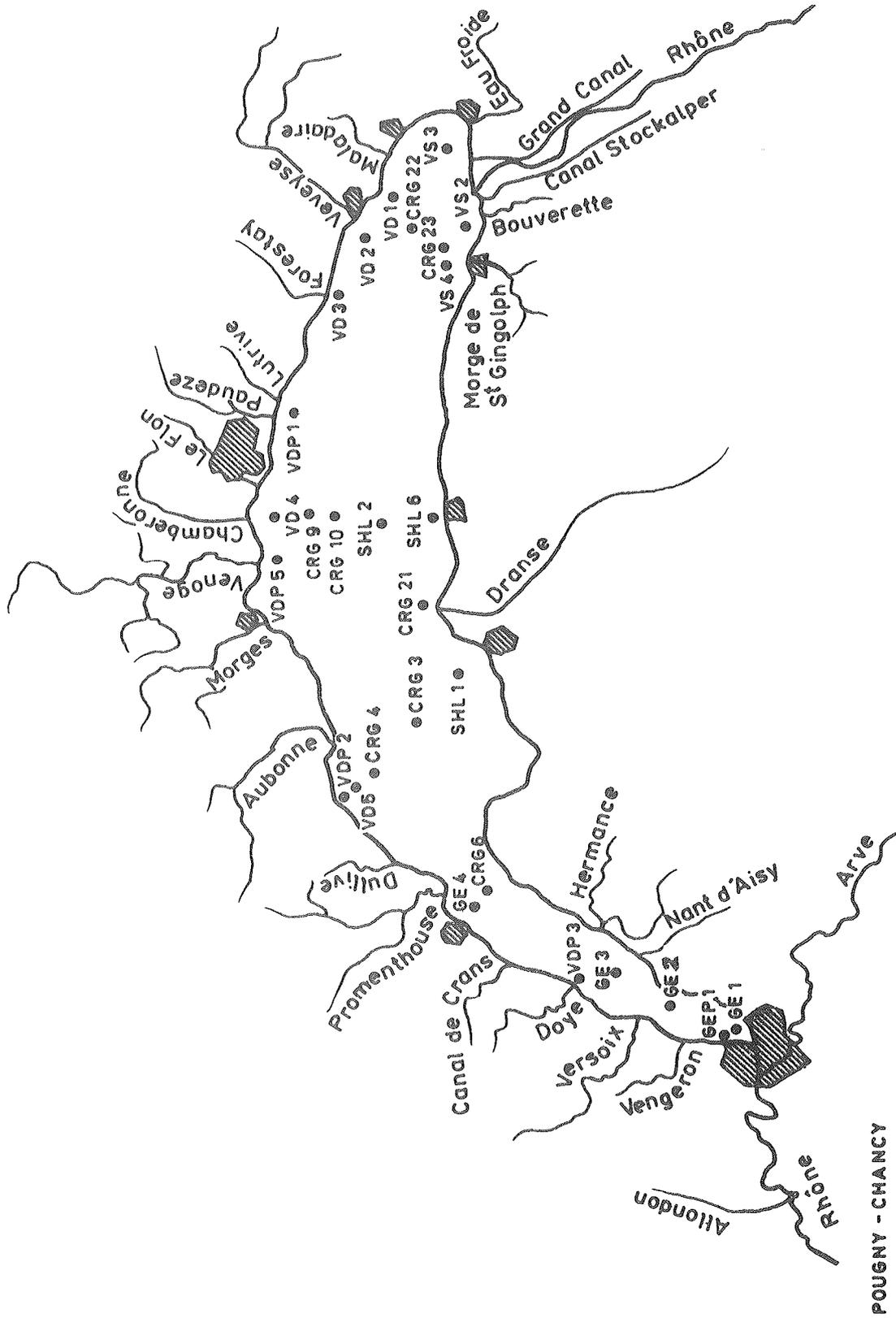
En ce qui concerne le zooplancton, on n'observe pas de changement qualitatif dans le peuplement de Rotifères et d'Entomostracés. Notons encore que les larves de *Dreissena* deviennent de plus en plus rares dans les échantillons de plancton. Enfin, il convient de signaler les hécatombes de perches survenues au cours de l'été, ce phénomène prenant des proportions inaccoutumées dans le Petit Lac.

En résumé, l'évolution des biocénoses planctoniques étudiées en 1975 traduit encore une instabilité biologique. Le Léman reste un lac à Diatomées mais parmi celles-ci, *Stephanodiscus hantzschii* tend à devenir prépondérante. Les Cyanophycées, qui avaient pris de l'importance au cours des années antérieures, régressent nettement. En revanche, on observe à nouveau des poussées spectaculaires de *Ceratium hirundinella* à la fin de l'été.

L'accroissement de la quantité globale de phytoplancton s'accompagne d'une diminution marquée de la transparence. Ce constat indique que l'eutrophisation se poursuit. Les mesures d'assainissement entreprises, et notamment l'élimination du phosphore, n'ont pas encore permis de stopper l'évolution néfaste du Léman.

Les rapports spéciaux provenant des trois laboratoires concernés figurent dans la seconde partie du volume, aux pages 127, 139 et 152.

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



POUGNY - CHANCY

EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1975

RESUME ET CONCLUSIONS

par Ch. Früh

Professeur
Lausanne

et

par R. Monod

Secrétaire de la
Commission internationale
Lausanne

Les observations peuvent être résumées comme suit :

1. La transparence de l'eau en 1975 bat tous les records de médiocrité. Elle s'abaisse de 96 cm de 1974 à 1975 pour atteindre le minimum absolu de 6,25 m. (6,29 m dans le Grand Lac et 6,10 m dans le Petit Lac.) Toutes les régions et toutes les stations participent à cette abaissement. Pour deux-tiers des stations, les moyennes de 1975 sont les plus faibles jamais observées.

Le minimum absolu de transparence (1,2 m) a été observé en mai 1975 à la station CRG 23.

2. Le lac continue à se réchauffer dans toute sa masse. Son bilan thermique montre un gain important de calories (5'300 calories par cm^2 en quatre ans. La température moyenne actuelle (6°83 en moyenne pondérée) est la plus élevée observée depuis 1962. On peut penser que l'élévation progressive de la température du lac peut avoir des conséquences graves pour sa vie biologique, en accélérant les processus vitaux.
3. Le pH de l'eau varie peu. La réserve alcaline joue encore son rôle de tampon. Mais il n'y a aucun signe réel d'amélioration ni dans le Petit Lac, ni dans le Grand Lac.
4. L'hiver trop doux a été néfaste au renouvellement de la provision du lac en oxygène. Cet effet se conjugue à la pollution croissante qui provoque une surproduction d'oxygène en surface et une consommation exagérée en profondeur.

5. La concentration en oxygène, exprimée en moyenne pondérée, est de 8,79 mg/l, avec un taux de saturation de 77,9 %, minima jamais encore atteints depuis 19 ans. La faible amélioration des couches très superficielles est largement annihilée par la détérioration de tout le reste de la masse. Neuf mois sur douze, les records de pauvreté sont battus.
6. En hiver 1974-1975, le lac a gagné 1,15 mg/l d'oxygène seulement (9,3 % en taux de saturation). En été, il en a perdu 1,55 mg/l, (12,1 % en taux de saturation). Le déséquilibre enregistré ces huit dernières années se maintient et s'aggrave.
7. Il y a déséquilibre dans la provision annuelle d'oxygène; ce déficit se monte à 17'000 tonnes. La provision annuelle moyenne est descendue au minimum de 782'000 tonnes, avec un minimum absolu de 702'000 tonnes, record jamais encore atteint.
8. Le déficit en oxygène des couches profondes se creuse encore. En 1975, la concentration moyenne, à 300 m, n'est plus que de 2,50 mg/l - 21,1 % du taux de saturation - avec des minima moyens de 0,91 et 0,84 mg/l en novembre et décembre, et un minimum absolu de 0,42 mg/l (3,6 %), tous chiffres records dans les minima. A 300 m de profondeur, la concentration en oxygène baisse d'environ 1 mg/l en moyenne.
9. Le stock d'azote minéral total continue à augmenter. Il atteint maintenant 40'700 tonnes.
10. Pour la première fois depuis 19 ans, la concentration de l'azote ammoniacal baisse nettement. Ce changement ne peut, dans l'immédiat, être interprété comme un bon signe, d'autant plus que l'ammoniaque n'est qu'un élément du métabolisme de l'azote.
11. La moyenne pondérée de l'azote ammoniacal tombe de 0,019 mg N/l en 1974 à 0,015 mg N/l en 1975, concentration qui se place entre les concentrations de 1971 et celles de 1972.
12. Le stock d'ammoniaque passe de 1'711 tonnes en 1974 à 1'347 tonnes en 1975, stock qui représente cependant 970 % de celui de 1957.

La diminution affecte, à des degrés divers toutes les régions du lac, le Petit Lac restant le plus riche.

Il faut noter cependant que la situation s'aggrave en juin dans le Grand Lac, et de mars à mai dans le Petit Lac.

13. L'azote nitreux, en moyenne n'évolue guère en 1975 par rapport à 1974. La différence entre 178 tonnes (1974) et 175 tonnes (1975) n'est pas significative. A noter une légère augmentation de concentration dans la zone métalmnique et à 300 m de fond. La situation s'aggrave sur la rive valaisanne, reste stable dans le reste du Grand Lac, diminue un peu dans le Petit Lac.
14. L'azote nitrique continue d'augmenter dans le Léman, aussi bien dans le Grand Lac que dans le Petit Lac. Le stock annuel moyen, de 39'200 tonnes, est le plus élevé observé depuis 19 années.

15. En moyenne pondérée, la concentration au Léman passe de 0,43 à 0,44 mg N/l. En moyenne arithmétique (de 0 à 50 m) elle évolue de 0,33 vers 0,35 mg N/l dans le Grand Lac avec une augmentation marquée surtout dans le Haut Lac et le Bas Lac. Dans le Petit Lac, la concentration passe de 0,43 à 0,48 mg N/l. Tous chiffres étant en quelque sorte des records dans leur catégorie.

16. Le stock en azote organique, calculé à partir des mesures effectuées dans le centre du lac (point SHL 2) serait de l'ordre de 10'500 tonnes en 1975 (11'000 en 1974).

La concentration, en moyenne pondérée, est de l'ordre de 0,115 mg N/l. Elle varie de 0,223 mg N/l à la surface de l'eau à 0,084 mg N/l à 250 m et 0,099 mg N/l.

17. Le stock de l'azote total se situe entre 51'000 tonnes et 57'000 tonnes suivant les saisons. Il est en augmentation.

18. La concentration des orthophosphates dans le Léman augmente et passe à 0,067 mg P/l en moyenne pondérée. A la suite d'une forte utilisation dans la zone trophogène, la concentration baisse dans l'épilimnion, mais augmente dans la zone tropholytique, où les orthophosphates sont stockés.

19. Les deux tiers du phosphore du lac sont sous forme minérale. Cette proportion moyenne est de l'ordre de 46 à 50 % près de la surface, avec des minima de 10 % au moins en cas de prolifération phytoplanctonique. Elle atteint 90 % au fond du lac.

20. Le stock moyen d'orthophosphates s'élève à 6'000 tonnes, en hausse de 300 tonnes sur l'an passé. Il atteint le chiffre record de 1973.

21. La baisse de concentration des orthophosphates dans l'épi- et le métalimnion, et la hausse dans l'hypolimnion sont générales dans le Léman. La rive sud-orientale s'enrichit en orthophosphates.

22. La concentration du phosphore organique passe, en moyenne pondérée, de 0,015 mg P/l à 0,019 mg P/l, niveau maximum déjà atteint en 1971. L'augmentation de concentration qui affecte toutes les profondeurs, est une conséquence du développement accru du phytoplancton.

23. Le stock du phosphore organique, en hausse de 300 tonnes sur l'an passé, atteint en 1975 1'650 tonnes, maximum déjà atteint en 1971.

24. La hausse de concentration du phosphore organique est particulièrement forte sur la rive sud-orientale du Grand Lac (55 % par rapport à 1974) avec 0,065 mg P/l.

Le Petit Lac voit sa concentration croître d'année en année pour atteindre le chiffre record (sauf 1964) de 0,030 mg P/l.

25. La concentration en phosphore total de l'année 1975, est en hausse et atteint 0,086 mg P/l. Après la concentration de l'année 1970 (hiver rigoureux), c'est la plus élevée observée.

26. Le stock de 1975 (7'600 tonnes en moyenne annuelle, variant entre 7'100 tonnes et 8'100 tonnes) n'est dépassé que par celui de 1970 (9'300 tonnes). En réalité, le stock de ces six dernières années est trop élevé.
27. Un stock de phosphore se constitue au fond du lac, atteignant à 300 m une concentration moyenne maxima de 0,143 mg F/l, avec des variations entre 0,112 et 0,195 mg P/l. En fait, toute la couche de 200 à 300 m accumule du phosphore.
28. Le Petit Lac, riche en 1974, s'est légèrement appauvri en phosphore total (0,074 à 0,071 mg/l). Cette nouvelle concentration encore élevée, occupe le second rang de ces dix-neuf dernières années.
29. Dans le Grand Lac, la rive valaisanne s'enrichit en phosphore total à raison de 30 % d'augmentation depuis 1974 pour atteindre 0,110 mg P/l en 1975.
30. D'autres critères de l'évolution du Léman seront examinés dans un rapport ultérieur.

CONCLUSIONS

Jamais, dans l'histoire scientifique du Léman, la situation n'a été si sérieuse. Elle est même catastrophique à certains égards.

L'année 1975 peut être considérée comme celle des records de dégradation.

Certaines modifications peuvent être attribuées au climat et à l'absence d'hivers froids. C'est le cas pour la thermique du lac et, pour une part seulement, de la diminution de la réserve d'oxygène, notamment dans les couches profondes. Ces phénomènes de diminution d'oxygène entre deux hivers froids se produisent tous les six ou sept ans. Mais leur conséquence était autrefois bénigne, dans la mesure où la production de matière organique à dégrader était limitée par la rareté de certains nutriments, notamment le phosphore. Actuellement, la quantité de matière organique produite dans le lac et qui doit être minéralisée est telle que la provision d'oxygène des couches profondes n'y suffit plus. C'est une erreur que de compter sur l'action bénéfique du climat pour résoudre le problème de la pollution.

La responsabilité principale de la dégradation du lac incombe à l'homme par ses multiples activités.

Malgré les mesures déjà prises jusqu'à maintenant, les stocks en nutriments (notamment azote et phosphore) ne cessent de s'accroître, et dans le fond du lac s'accumulent des tonnes de phosphore, presque entièrement sous forme minérale donc directement assimilables, qui ne demandent qu'à être remises en circulation lors du prochain hiver froid.

Les affluents du lac apportent sans discontinuer des quantités croissantes de polluants et de nutriments. Les apports atmosphériques ne sont pas négligeables.

La mise en place des dispositifs d'assainissement est en retard sur l'évolution du lac. Le fonctionnement des stations d'épuration est, pour nombre d'entre

elles, loin d'être parfait. Le contrôle de leur fonctionnement n'est pas efficace ou effectif partout. L'élimination des nutriments, et notamment du phosphore, efficace dans quelques grandes stations, est déficiente ou inexistante ailleurs. Des sources de pollution échappent encore à l'assainissement.

Les prévisions pour 1976 et les années suivantes ne sont pas réjouissantes.



Le début du rapport sur l'évolution physico-chimique du Léman figure à la page 57.

EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1975

Evolution 1957-1975

par Ch. Früh

Professeur
Lausanne

et

par R. Monod

Secrétaire de la
Commission internationale
Lausanne

1. INTRODUCTION

Le présent rapport concerne la dernière année du plan quinquennal 1971-1975 et la dix-neuvième des études systématiques du Léman.

Le programme du plan n'a pas été modifié. Il a pu être réalisé à satisfaction, sauf en décembre, pour des raisons qui n'ont généralement rien à voir avec les intempéries.

Les données physicochimiques et bactériologiques sont actuellement toutes mises sur cartes perforées et traitées sur ordinateur CDC Cyber 7326 de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Ainsi nous disposons, sans interruption depuis 1957, d'abondants renseignements sur les diverses régions du lac, d'abord sur six, sept ou huit mois de l'année, puis, sur tous les mois de l'année dès 1965 dans le Petit Lac et dès 1970 dans le Grand Lac.

L'étude complète des renseignements recueillis reste encore à faire. En effet, une synthèse parue en 1964 a fait le point sur les années 1957-1960. Une autre tranche prévue de 1961 à 1964 n'a pas pu être menée à chef, et la tranche de 1965 à 1968 n'a pas même été envisagée. Ce n'est que depuis 1969 que la synthèse a été reprise par l'établissement d'un rapport annuel demandé par la Commission internationale.

Le présent rapport se limite comme précédemment aux grandes lignes de l'évolution du Léman et ne traite qu'occasionnellement des stations individuelles observées.

Mais, outre la description de la situation en 1975, il cherche à préciser le sens de l'évolution dès 1957. En effet, étant donné les dimensions du lac - 582 km² et 89 milliards de m³ - et les conditions météorologiques - rarement comparables d'une année à l'autre -, il est hasardeux sinon présomptueux, de considérer une variation annuelle comme un signe positif ou négatif définitif. Par contre, l'étude des phénomènes sur dix-neuf années consécutives permet de mieux faire ressortir les tendances. Ces dix-neuf années se répartissent en trois périodes succédant à des hivers froids :

- 1957-1962, après l'hiver froid de 1956
- 1963-1970, après l'hiver froid de 1962-1963
- 1971-1975, après l'hiver froid de 1970-1971.

Par ailleurs, l'adoption, dans le plan quinquennal 1976-1980, d'un programme restreint d'investigation du Léman justifie que l'on s'arrête un peu plus sur la période qui s'achève à fin 1975.

Les tableaux figurant habituellement à la fin du rapport sont complétés par des tableaux récapitulatifs 1957-1975.

Nous continuons, comme par le passé, à utiliser la technique de Hubault pour le calcul des moyennes pondérées et des stocks existants. Cette technique simple est considérée comme satisfaisante par les spécialistes.

Les détails d'organisation des programmes d'observation figurent dans les rapports précédents.

2. CONDITIONS DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

METEOROLOGIE

ETAT DU LAC

En 1975, 70 journées de navigation ont été consacrées aux prélèvements, à raison de 4 à 7 par mois suivant les conditions atmosphériques. En principe, le nombre de journées par mois devrait être de deux. Il faut regretter que, en décembre, malgré des conditions atmosphériques satisfaisantes, les prélèvements n'aient été opérés que sur 10 stations seulement. Ces manques rendent plus aléatoires les moyennes annuelles et compliquent l'interprétation des résultats.

Les heures de prélèvement s'échelonnent entre 0700 h et 1900 h suivant les saisons.

La nébulosité au moment des prélèvements a été fréquemment très forte ou au contraire très faible. Par contre, les nébulosités moyennes sont moins fréquentes que les deux années précédentes.

	1972	1973	1974	1975
Ciel sans nuages	13 %	19 %	14 %	19 %
Nébulosité inférieure à 50 %	22 %	21 %	9 %	14 %
Nébulosité égale à 50 %	10 %	13 %	17 %	14 %
Nébulosité comprise entre 50 et 100 %	15 %	19 %	25 %	16 %
Ciel entièrement nuageux	40 %	28 %	35 %	37 %

Le ciel fut particulièrement nuageux en janvier, mars, juin, octobre et novembre, clair en juillet, août et septembre.

Dans 52 % des cas (57 % en 1974, 48 % en 1973), les prélèvements ont eu lieu à l'ombre. Entre 1957 et 1975, ces pourcentages ont évolué entre 33 % et 63 %.

Le temps, en 1975, est caractérisé par davantage de jours vraiment beaux ou franchement pluvieux et moins de journées de "temps variable". On note 6,3 % des cas de brouillard (8 % en 1973, 5,5 % en 1974), essentiellement en janvier. On relève 48,7 % des cas de brume, soit plus qu'en 1973 (38,5 %) mais moins qu'en 1974 (63,2 %) et répartis assez uniformément sur les 9 premiers mois de l'année.

Beaucoup de jours pluvieux (19,9 %) contre 9,5 % en 1973 et 7,6 % en 1974, ceux-ci répartis sur 8 mois.

Il y a eu 5 prélèvements par temps de neige, aucun sous la grêle. Le ciel a été clair dans 26,4 % des cas (42,5 % en 1973 et 24,2 % en 1975).

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

	<u>1972</u>	<u>1972</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Calme plat	29,8 %	35,1 %	26,4 %	28,4 %
Vent du secteur N	22,2 %	10,2 %	18,1 %	12,1 %
NE	8,5 %	9,9 %	6,8 %	11,4 %
E	2,3 %	3,5 %	6,1 %	3,9 %
SE	5,6 %	5,1 %	8,4 %	7,2 %
S	7,8 %	4,2 %	3,5 %	2,9 %
SW	4,2 %	5,4 %	12,9 %	10,5 %
W	10,1 %	21,8 %	11,6 %	13,4 %
NW	9,5 %	4,8 %	6,4 %	10,1 %

En 1975, les jours de calme plat sont plus fréquents qu'en 1974 mais plus rares qu'en 1973. Les vents du NE et du NW ont été plus fréquents qu'au cours des 2 années précédentes. C'est l'inverse pour ceux du sud.

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

	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Force 0 non mesurable	24,6 %	23,1 %	16,6 %
1	32,5 %	40,2 %	37,8 %
2	18,2 %	15,7 %	23,5 %
3	10,8 %	16,2 %	15,7 %
4	10,4 %	4,4 %	3,7 %
5	3,0 %	0,4 %	1,8 %
6	0,5 %	0 %	0,9 %

On a rencontré beaucoup moins de vents faibles qu'en 1974, mais plus de vents moyens et surtout de vents forts.

Quant à l'aspect de l'eau, il faut noter que le lac a été plus agité en 1975

qu'en 1974, surtout en ce qui concerne les vagues plates, déferlantes et la houle longue. Les cas de lac ridé et de vaguelettes sont moins nombreux. Quant au lac plat, la fréquence des observations marque une légère augmentation.

	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Lac plat	33,5 %	26,9 %	22,6 %	25,4 %
Lac un peu ridé	22,5 %	22,0 %	25,1 %	23,6 %
Vaguelettes	21,0 %	25,5 %	27,6 %	21,8 %
Petites vagues	13,5 %	16,7 %	18,4 %	18,7 %
Vagues plates	4,0 %	2,8 %	2,8 %	7,0 %
Vagues déferlantes	1,0 %	2,1 %	0,7 %	1,4 %
Houle courte	2,5 %	2,5 %	0,4 %	0,4 %
Houle longue	2,0 %	1,4 %	2,5 %	1,8 %

La propreté du lac se situe entre les résultats de 1973 et ceux de 1974.

Le lac est signalé comme propre dans 76 % des cas, contre 86 % en 1973 et 69 % en 1974. La présence de branches représente 3,4 % des cas, (2,2 % en 1973 et 4,7 % en 1974); celle des feuilles représente 1,9 % contre 0,7 % en 1973 et 3,6 % en 1974. La proportion de pollen tombe à 3,7 %, (6,2 % et 8 % en 1974). Les amas d'algues ne varient guère : 1,9 % (1,8 % en 1973 et 1,1 % en 1974).

Couleur de l'eau :

	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Vert	57,1 %	53,8 %	52,6 %	56,8 %
Vert-jaune ou jaune-vert	24,2 %	26,4 %	30,3 %	28,6 %
Bleu-vert ou vert-bleu	11,2 %	10,8 %	12,4 %	2,7 %
Vert-gris	5,6 %	5,8 %	4,0 %	1,5 %
Jaune-brun	1,5 %	0,4 %	0 %	0,8 %
Jaune	0,4 %	1,1 %	0 %	1,5 %
Gris-bleu et bleu	0 %	1,7 %	0 %	0 %
Gris	0 %	0 %	0,4 %	0,8 %
Gris-brun	0 %	0 %	0 %	0,4 %
Gris-jaune	0 %	0 %	0 %	0,4 %
Brun	0 %	0 %	0 %	2,3 %
Brun-rouge	0 %	0 %	0 %	0,4 %
Brun-vert	0 %	0 %	0 %	3,9 %

La couleur verte qui était en régression depuis 3 ans, augmente à nouveau, de même que les teintes jaune-brun, jaune et gris.

Les couleurs vert-jaune et jaune-vert diminuent faiblement.

Les couleurs vert-bleu et bleu-vert chutent considérablement, de 12,4 % à 2,7 %, de même que vert-gris et gris-vert, de 4 % à 1,5 %.

Il est intéressant de noter l'apparition de teintes nouvelles :

On trouve, faiblement représentées, les teintes gris-brun, gris-jaune et brun-rouge. Deux couleurs nouvelles se manifestent fréquemment : brun (2,3 %) et brun-vert (3,9 %).

La teinte bleue originelle du lac a presque complètement disparu; Elle n'est signalée qu'en 1958, 1960, 1963, 1965, rare en 1968, 1969 et 1971; elle apparaît

encore une fois en 1973. De même la teinte gris-bleu est rare. Elle n'a été remarquée, depuis 1962, qu'en 1967, 1968 et 1973. Les teintes bleu-vert ou vert-bleu, vert, gris-vert, jaune-vert prédominent et se retrouvent chaque année.

L'apparition de teintes inhabituelles, faute de renseignements précis, ne peut être toujours reliée à l'apparition d'algues à pigments colorés. Notons : rouge-vert en 1964 et 1966; brun en 1968, 1970, 1975 (*Stephanodiscus hantzschii*, *Ceratium hirundinella*); jaune en 1967 et dès 1970 (*Microcystis aeruginosa* ?); gris-jaune en 1973 et 1975; bleu-jaune en 1973-1974 (*Aphanizomenon flos aquae*, *Ceratium hirundinella*); brun-rouge en 1975 (*Ceratium*).

Cette notion de couleur de l'eau, mise en relation avec la pollution, mériterait étude plus approfondie.

Température de l'air : voir tableau No 1

La température moyenne de l'air mesurée au moment des prélèvements, a varié de 2°18 en février, sur la rive N-E, à 24°63 en juillet, sur l'axe Ouchy-Evian, soit une amplitude inférieure à celle de l'an dernier. En valeur absolue, on a observé un minimum de 0°20 à la station VD 1 en février et un maximum de 32°00 en juillet au centre du lac (SHL 2), record absolu.

La température moyenne annuelle de l'air pour l'ensemble du lac est la plus basse de ces 3 dernières années. En effet, on observait ceci :

1972 : 10°43 ; 1973 : 11°76 ; 1974 : 12°35 ; 1975 : 11°20

Si l'on compare 1974 et 1975 on constate que les moyennes annuelles, pour toutes les régions, ont diminué. Il en est de même pour les moyennes mensuelles de l'ensemble du lac, sauf en juillet et octobre.

Il y a eu des prélèvements par gel en 1961, 1962, 1965, 1966, 1967, 1969, 1970 et 1973.

3. LA TRANSPARENCE DE L'EAU

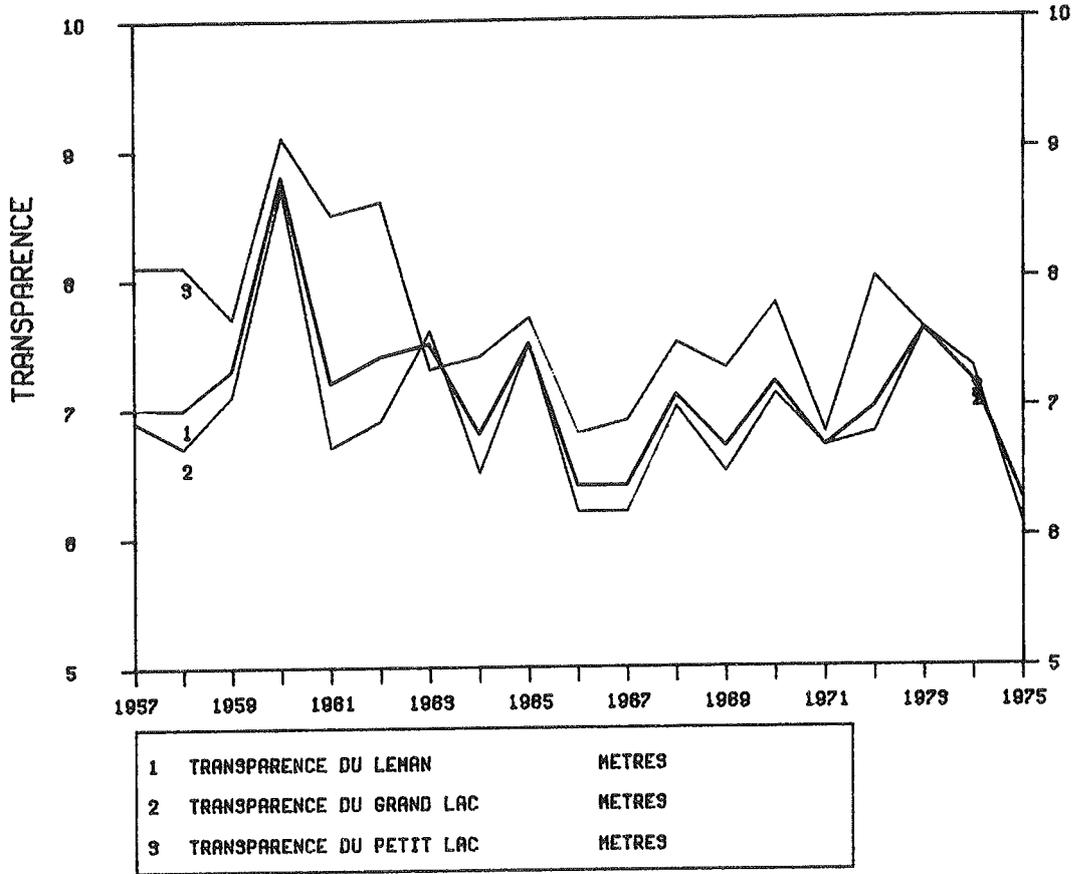
(voir tableaux No 2 à 4)

3.1. Le Léman pris dans son ensemble

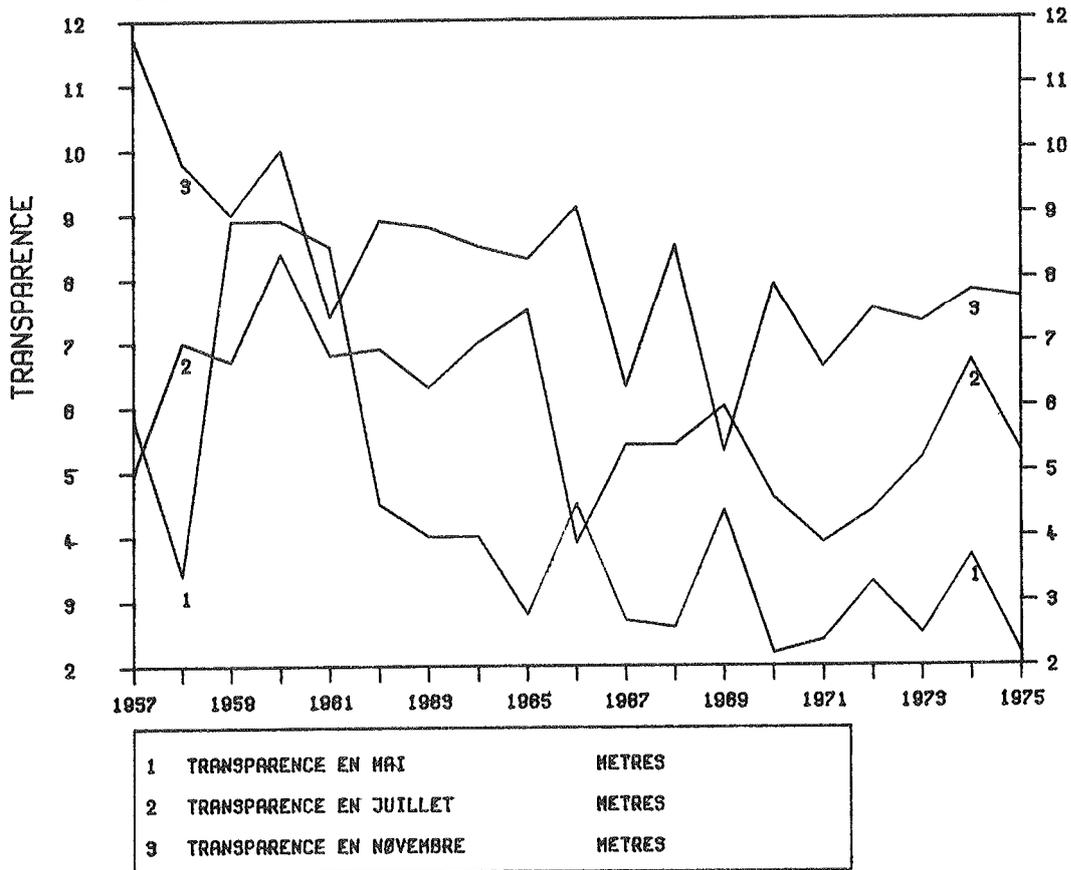
La transparence moyenne a encore diminué depuis l'an passé de 96 cm, pour atteindre le chiffre de 6,25 m, qui est en fait la moyenne la plus faible jamais enregistrée depuis 19 ans. La comparaison du tableau No 2 de ce rapport avec celui du rapport précédent (haut de la page 15) montre que la diminution affecte neuf mois sur douze, et surtout mai, juin, juillet et septembre. Les mois d'exception sont avril, août et décembre.

Le graphique No 1 indique l'évolution de la transparence moyenne depuis 1957. L'abaissement régulier est nettement visible.

TRANSPARENCE DE L'EAU
GRAPHIQUE NØ 1



TRANSPARENCE DE L'EAU GRAND LAC
GRAPHIQUE NØ 2



3.2. Maxima et minima

Le tableau ci-dessous donne les maxima et minima absolus de chaque année :

Année	Maxima			Minima		
	Transp. m	Station	Mois	Transp. m	Station	Mois
1957	16,5	SHL 1	Nov.	3,3	VS 2	Juin
1958	15,0	SHL 2	Mars	2,4	VD 2	Mai
1959	12,0	SHL 6	Mars	2,2	VD 2	Août
1960	13,2	VS 4	Nov.	2,3	CRG 9	Juil.
1961	12,3	GE 2	Janv.	2,6	VS 3	Mars
1962	13,3	GE 3	Déc.	2,6	VS 2	Mai
1963	19,7	CRG 2	Mars	2,0	VD 4	Mai
1964	15,2	GE 3	Déc.	1,6	VD 2	Mai
1965	15,6	GE 4	Janv.	2,0	VD 3	Mai
1966	12,0	SHL 1	Févr.	1,7	CRG 11	Mai
1967	15,0	SHL 2	Févr.	1,4	CRG 9	Juil.
		SHL 6	Févr.		VD 2	Mai
1968	22,0	SHL 2	Févr.		VD 3	Mai
1969	14,2	SHL 2	Févr.	1,6	CRG 21	Sept.
		SHL 2	Mars	2,2	VD 3	Mai
		SHL 6	Févr.			
			Mars			
1970	15,1	VD 2	Janv.	1,5	VS 3	Mai
1971	19,1	SHL 1	Janv.	1,6	VD 5	Mai
		SHL 2	Janv.			
1972	15,1	SHL 2	Janv.	1,3	VS 3	Avril
1973	17,8	CRG 10	Janv.	1,7	CRG 9	Mai
1974	16,0	VD P 5	Janv.	1,8	CRG 23	Mai
1975	14,0	SHL 2	Déc.	1,2	CRG 23	Mai

Le maximum absolu de 1975 est le plus bas de ces 9 dernières années. Quant au minimum, de 1,2 m, il représente le minimum absolu relevé depuis 19 ans.

3.3. Grand Lac - Petit Lac

Le Grand Lac a atteint 6,29 m, moyenne parmi les plus basses enregistrées après 1966 et 1967. Le Petit Lac le dépasse en gravité avec 6,10 m, moyenne annuelle la plus basse des dix-neuf années.

3.4. Le Grand Lac

Le tableau No 4 est très éloquent. L'année 1975 bat des records de turbidité, en janvier (10,31 m), mai (2,20 m), juin (5,21 m) et septembre (2,25 m). Les autres mois ne sont pas particulièrement brillants.

On note :

	1974	1975	diff.
Rive sud-orientale	6,62 m	5,99 m	- 0,63 m
Axe Vevey-St-Gingolph	6,63 m	5,64 m	- 0,99 m
Rive nord-orientale	6,38 m	5,86 m	- 0,52 m
Axe Duchy-Evian	7,62 m	6,55 m	- 1,07 m
Axe Rolle-Thonon	7,95 m	7,09 m	- 0,86 m
Grand Lac	7,19 m	6,29 m	- 0,90 m

Dans aucune région du Grand Lac on ne peut constater d'amélioration. L'aggravation la plus faible se situe sur la rive nord-orientale, région déjà la plus mauvaise, et qui le reste.

En fait, dans toutes les stations du Grand Lac, il y a aggravation. Dans 13 stations sur 22, si l'on compare les mois correspondants, les moyennes 1975 sont les plus basses enregistrées depuis le début des études.

Le graphique No 2, avec ses dents de scie assez typiques, indique la baisse moyenne de transparence de 1957 à 1975 pour trois mois caractéristiques : mai, juillet et novembre.

3.5. Le Petit Lac

Le tableau No 5 se passe de commentaires. La dégradation est encore plus marquée dans le Petit Lac que dans le Grand Lac, avec une baisse moyenne de 1,16 m de 1974 à 1975, pour atteindre 6,10 m. Les moyennes de février, juillet et novembre sont des records de turbidité. L'aggravation atteint toutes les stations. Pour les stations GE 2, GE 3, GE 4, les moyennes annuelles sont les plus basses des 19 années considérées.

3.6. Conclusions

Du point de vue de la transparence, l'année 1975 bat tous les records de médiocrité. La transparence moyenne de l'eau du lac (6,25 m) a baissé de 96 cm de 1974 à 1975. L'abaissement est de 90 cm pour le Grand Lac (6,29 m), de 116 cm pour le Petit Lac (6,10 m). Toutes les régions, toutes les stations, même celles déjà précédemment obérées, participent à cette diminution. Il est particulièrement inquiétant de constater en outre que jamais la situation n'a été si mauvaise dans le Petit Lac (records de turbidité), et que, dans le Grand Lac, les deux-tiers des stations au moins battent le même triste record. Les quelques améliorations observées l'an passé étaient tout à fait fortuites.

Il faut voir la cause de la baisse de transparence dans le développement désordonné du plancton, conséquence d'une pollution accrue non maîtrisée.

4. LA THERMIQUE DU LAC

(voir tableau No 6)

4.1. Température moyenne de l'eau

Par rapport à l'an passé, la température moyenne a été plus basse en avril et en août, plus élevée les 10 autres mois.

Lors de tous les prélèvements opérés sur l'ensemble du lac, on a constaté une seule fois une température inférieure à 5°, soit 4°70 à la station CRG 22, en août, par 200 m de profondeur.

La moyenne annuelle pondérée est de 6°83 en 1975 contre 6°53 en 1974. L'hiver 1974-1975 n'a pas été rigoureux. Le réchauffement général se poursuit. Il affecte toutes les profondeurs, sans exception.

En fait, à considérer le tableau No 7, on s'aperçoit que sauf en 1961 le lac n'a jamais été si chaud. Le maximum de 7°76 en août (moyenne pondérée) n'est dépassé que trois fois depuis 1957 : 7°82 en août 1961, 8°01 en septembre 1962 et 7°92 en août 1974. Comme en 1974, ce réchauffement se manifeste 10 mois sur 12. En juillet, août et septembre les températures superficielles ont été moins élevées qu'en 1974. Le maximum moyen a été de 21°73 en juillet 1975, contre 22°07 en 1974 et 24°15 en 1973.

Pour les couches superficielles, la température moyenne du Grand Lac est plus élevée que celle du Petit Lac.

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

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	5,30	5,38	5,79	5,50	5,97
Février	5,08	5,18	5,50	5,46	5,85
Mars	4,84	5,32	5,32	5,43	5,86
Avril	5,49	5,60	5,44	6,05	5,93
Mai	6,08	6,11	6,10	6,37	6,50
Juin	6,26	6,80	6,79	6,83	7,30
Juillet	7,03	7,22	7,11	7,41	7,61
Août	7,40	7,30	7,37	7,93	7,76
Septembre	6,93	7,32	7,56	7,61	7,75
Octobre	6,75	6,96	6,80	6,97	7,55
Novembre	6,31	6,71	6,56	6,64	7,15
Décembre	5,91	6,36	5,84	6,34	6,65
Moyenne	6,11	6,37	6,36	6,53	6,83

4.2. Température à la surface du lac

Le tableau ci-dessous donne un résumé des différences :

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	5,39	6,02	6,33	5,71	6,51
Février	4,96	5,46	5,61	5,61	6,20
Mars	5,05	6,19	5,46	6,14	6,35
Avril	11,61	7,43	6,16	8,98	7,39
Mai	15,28	9,91	13,33	12,71	10,02
Juin	15,76	14,96	18,17	15,76	15,83
Juillet	21,29	19,62	20,85	20,14	21,73
Août	23,45	18,01	24,15	22,07	19,48
Septembre	17,41	15,12	20,65	20,08	16,72
Octobre	13,33	12,51	12,01	11,40	13,63
Novembre	9,45	9,46	9,94	8,67	10,78
Décembre	7,16	8,21	6,65	7,57	8,16
Moyenne	13,14	11,25	12,59	12,07	12,10

Le réchauffement vernal n'a débuté qu'en mars. Les températures de 1975 ont dépassé celles de 1974 de janvier à mars, en juin et juillet et d'octobre à décembre. Avril, mai, août et septembre ont, au contraire, été plus frais. Le premier et le dernier trimestres, ainsi que le début de l'été ont été plus doux qu'en 1974.

La température moyenne est supérieure à celles de 1972 et 1974, mais inférieure à celles de 1971 et 1973.

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

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Surface	13,14	11,25	12,59	12,07	12,10
5 m	12,39	10,73	11,73	11,09	11,37
10 m	11,01	10,26	10,68	10,33	10,47
20 m	8,74	8,98	8,29	8,36	9,02
30 m	7,15	7,71	7,01	7,30	7,97
40 m	6,18	6,85	6,29	6,82	7,19
50 m	5,69	6,44	5,92	6,50	6,73

La moyenne annuelle de 1975 est supérieure à celles de 1971 à 1974, sans atteindre les valeurs des années 68, 69, etc.

En 1975, la température de toutes les couches est supérieure aux températures correspondantes de l'année précédente.

En 1973, les couches de 0 à 10 m avaient été plus chaudes alors que toutes les couches plus profondes l'avaient été moins.

Les variations régionales sont données dans le tableau du haut de la page suivante.

<u>Régions</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Rive SE	9,13	8,39	9,25	9,57	9,42
Rive NE	8,91	8,96	9,27	9,20	9,46
Axe Vevey-St-Gingolph	9,53	8,86	9,24	9,15	9,29
Axe Duchy-Evian	8,83	8,89	8,97	8,97	9,37
Axe Rolle-Thonon	9,31	9,03	9,02	8,60	9,17
Grand Lac	9,14	8,91	9,09	8,95	9,31
Axe Nyon-Messery	9,47	8,84	8,70	8,73	8,92
Petit Lac	9,18	8,74	8,16	8,72	9,06
Léman	9,15	8,88	8,91	8,91	9,26

Entre 1974 et 1975, la température moyenne a diminué sur la rive SE et augmenté sur la rive NE, ce qui est l'inverse des résultats de l'année précédente. Très légère augmentation pour tous les axes étudiés, le Grand Lac, le Petit Lac et le Léman dans son ensemble.

4.3. Température au fond du lac

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
100 m	5,08	5,59	5,65	5,83	6,31
150 m	4,94	5,10	5,32	5,45	5,68
200 m	4,90	4,96	5,16	5,30	5,45
250 m	4,88	4,89	5,00	5,13	5,26
300 m	4,84	4,87	4,97	5,06	5,21

La masse du lac continue à se réchauffer depuis 5 ans à toutes les profondeurs considérées dans le tableau.

Le minimum observé a été de 5,1° au point CRG 10 en 1975 (4,9° en 1974), le maximum de 5,25°, la moyenne annuelle étant de 5,21° à 300 m en 1975 contre 5,06° en 1974. La température moyenne du fond n'atteint cependant pas encore celles des années 1961-1962 qui atteignaient environ 5,4°.

4.4. Bilan thermique

Le bilan thermique est donné dans le tableau du haut de la page suivante.

Comme les années précédentes, les pertes hivernales de calories sont plus faibles que les gains estivaux. La différence est à nouveau plus forte (+ 0,35 en 1975, + 0,21 en 1974). On peut imaginer quelle influence peut avoir l'appoint de 5'300 calories au centimètre carré si l'on songe aux dimensions du lac : 5'820 milliards de cm².

4.5. CONCLUSIONS

Le lac continue à se réchauffer. Sa masse totale subit les influences du climat : hivers chauds, avec perte faible de calories; étés chauds ou moyens. La température moyenne actuelle est la plus haute enregistrée depuis 1962.

Il ne fait aucun doute que l'élévation progressive de la température du lac, même et surtout de grande masse, peut avoir des conséquences graves pour sa vie biologique, surtout si l'on sait que, conjointement, la provision d'oxygène baisse, et les apports en substances eutrophiantes augmentent.

Date	Température	Gain de l'été ou perte de l'hiver °C	Gain de l'été ou perte de l'hiver cal/cm ²
1971 août	7,40	- 2,22	- 33'900
1972 février	5,18	+ 2,14	+ 32'700
1972 septembre	7,32	- 2,00	- 30'500
1973 mars	5,32	+ 2,24	+ 34'200
1973 septembre	7,56	- 2,13	- 32'500
1974 mars	5,43	+ 2,18	+ 33'300
1974 septembre	7,61	- 1,75	- 26'700
1975 mars	5,86	+ 1,89	+ 28'900
1975 septembre	7,75		
bilan des quatre dernières années		+ 0,35	+ 5'300

5. LE pH DE L'EAU

La technique de mesure étant différente entre Grand Lac et Petit Lac, nous examinerons séparément ces deux subdivisions du Léman.

5.1. Evolution dans le Grand Lac

(voir tableaux No 8 et 9)

D'une manière générale, le pH de l'eau a légèrement augmenté en 1975 par rapport à 1974, indice d'un surcroît d'activité biologique (par exemple, moyenne de 8,10 à 0 m en 1975 et 8,01 en 1974). Dans les couches plus profondes, il y a peu de variations. Tout au plus un abaissement de 0,05 unités en moyenne à 300 m de profondeur, avec un minimum à 7,2.

L'observation du tableau No 9 montre une certaine stabilité au cours de ces dernières années, du moins dans les couches superficielles. La présence d'une certaine réserve alcaline joue vraisemblablement rôle de tampon. Reste à savoir combien de temps ce tampon va résister. Déjà on a observé en 1975 des valeurs de 8,80 un peu partout près de la surface en juillet et août. Ce sont des indices de forte activité phytoplanctonique. A noter que les valeurs faibles de 7,2 et 7,3 unités sont à la limite, sinon en dessous, de la neutralité, pour les températures qui y règnent.

Aucune région du Grand Lac ne montre d'évolution bien nette dans un sens ou dans l'autre.

5.2. Evolution dans le Petit Lac

(voir tableaux No 10 et 11)

Dans cette région peu profonde, le pH moyen baisse en toute profondeur, et huit mois sur douze (exceptions : janvier, février, mars, mai), en moyenne de 0,1 unité. Mais il reste plus élevé que les années 1969 à 1973.

A noter un maximum de 8,85 au point GE 2 (Bellevue) en juillet, 8,80 au point GE 4 (large de Nyon) en juillet. Le record de 8,98 de 1974 n'est pas battu.

Il n'y a pas de minima extrêmes.

5.3. Conclusions

Le pH varie peu. La réserve alcaline joue encore son rôle de tampon. Mais il n'y a aucun signe réel d'amélioration, ni dans le Petit Lac, ni dans le Grand Lac.

6. L'OXYGENE ET SON TAUX DE SATURATION

6.1. L'oxygène

(voir tableaux No 12 à 17)

6.1.1. Concentration moyenne du Léman

Nous ne pouvons que répéter ce que nous disions l'an dernier : 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 :

Moyennes pondérées

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	9,77	9,35	8,98	9,27	8,85
Février	9,85	9,75	9,49	9,33	9,45
Mars	10,40	9,67	10,22	9,54	9,31
Avril	10,60	9,68	10,04	9,60	9,43
Mai	10,28	9,73	9,89	9,61	9,35
Juin	9,72	9,39	9,57	9,07	9,00
Juillet	9,56	9,17	8,95	8,78	9,09
Août	9,19	8,66	8,84	8,78	8,39
Septembre	8,84	8,45	8,59	8,34	8,05
Octobre	8,91	8,50	8,58	8,30	8,09
Novembre	9,20	8,82	8,74	8,67	7,90
Décembre	9,54	8,74	9,01	8,53	8,24
Moyenne	9,65	9,18	9,26	8,99	8,79

La moyenne pondérée de 1975 est inférieure à celle de toutes les années précédentes, probablement la plus basse enregistrée dans l'histoire du Léman. Par rapport à 1974, il y a déficit 10 mois sur 12. Février et juillet font exception.

Pour la plupart des mois, c'est-à-dire 9 mois sur 12, les valeurs relevées sont parmi les plus faibles jamais constatées.

Les gains hivernaux des huit 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
1974-1975	1,15
Moyenne	1,43

Du point de vue réoxygénation, l'hiver 1974-75 est un des plus mauvais enregistrés ces dernières années. Seuls sont pires 1971-1972 et 1973-1974.

La perte estivale est supérieure à celle de 1974. Elle est aussi supérieure au gain de l'hiver 1974-1975. Le bilan reste donc négatif.

La perte estivale de ces huit 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
1,55	1975
1,57	en moyenne

En tenant compte de ces 8 dernières années, on voit que la perte moyenne estivale est de 1,57 mg/l alors que le gain moyen hivernal est de 1,43 mg/l.

6.1.2. Tonnages mensuels moyens

Nous renvoyons le lecteur à la page 25 du rapport 1973 et au tableau No 14 du présent rapport.

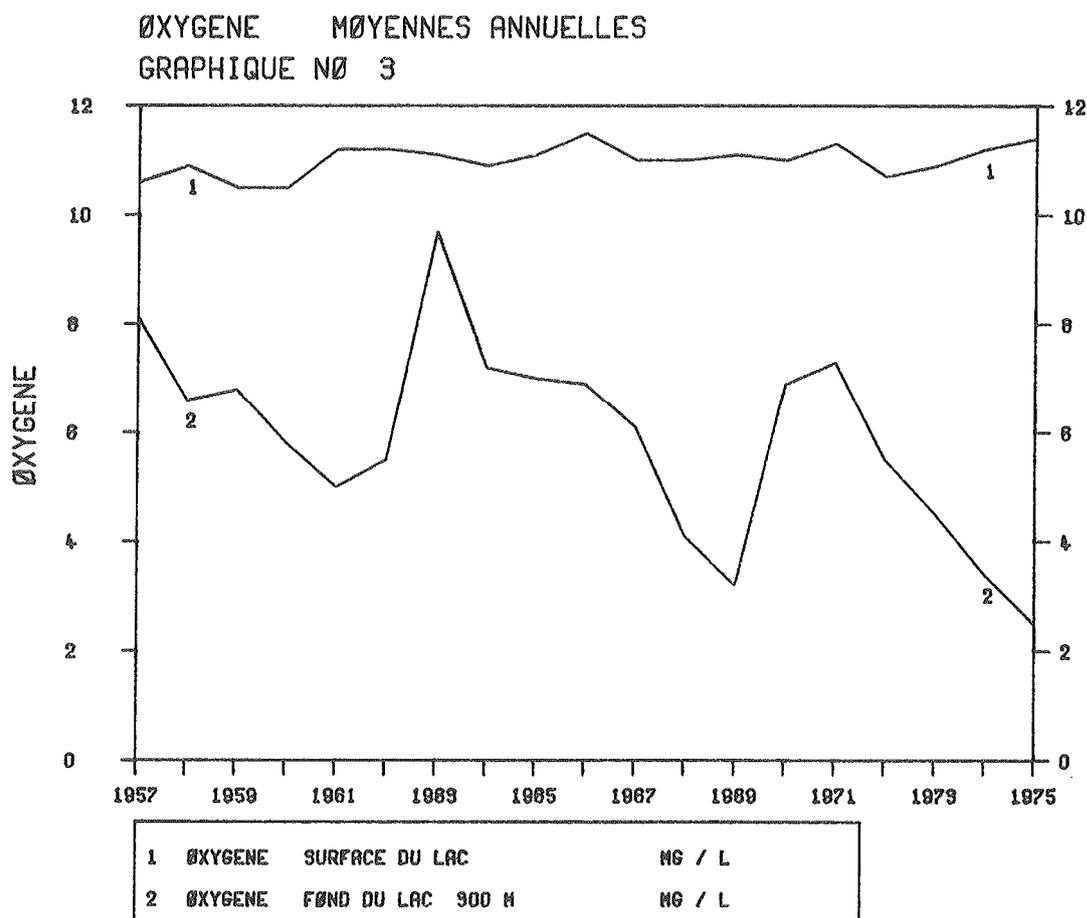
On constate que la provision moyenne du lac a passé de 858'000 tonnes en 1971 à 781'000 tonnes en 1975, soit une perte de 77'000 tonnes en 5 ans. 1975 est une année très déficitaire : 799'000 tonnes en 1974 - 781'000 tonnes en 1975 = une perte de 18'000 tonnes en une année. Le lac récupérait 102'000 tonnes d'oxygène pendant l'hiver 1974-1975 et en perdait 138'000 tonnes pendant l'été 1975. Le minimum absolu rencontré est de 702'000 tonnes en novembre 1975,

record absolu des dix-neuf dernières années. En fait, jamais le lac n'a été si pauvre en oxygène qu'en 1975.

6.1.3. Evolution en fonction de la profondeur

Le tableau ci-dessous est très suggestif, de même que le graphique No 3, qui donne la variation de l'oxygène en surface et au fond du lac depuis 1957.

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
0 m	11,34	10,71	10,86	11,22	11,35
5 m	11,10	10,65	10,71	11,24	11,38
10 m	10,23	10,41	10,27	10,59	10,68
20 m	9,86	10,17	10,09	10,21	10,31
30 m	9,91	10,10	10,20	10,30	10,21
40 m	9,87	9,96	10,19	10,24	10,21
50 m	9,87	9,92	10,18	10,18	10,21
0 - 50 m	10,27	10,25	10,34	10,53	10,58
100 m	9,75	9,35	9,95	9,74	9,71
150 m	9,51	8,82	9,07	8,64	8,24
200 m	9,09	8,06	7,68	7,06	6,37
250 m	9,02	7,62	6,86	5,55	5,10
300 m	7,30	5,49	4,48	3,43	2,50
0 - 300 m	10,13	10,00	10,08	10,16	10,15



Comme en 1974, les résultats de 1975 montrent des différences frappantes selon les profondeurs.

De la surface à 50 m, les valeurs ont augmenté, sauf à 30 et 40 m; de 100 m au fond, elles ont toutes diminué et de plus en plus fortement à mesure que l'on s'enfonce dans les profondeurs.

La moyenne annuelle (10,15 mg/l) est pratiquement inchangée. Mais nous rappelons que cette moyenne est trompeuse, car le système de mesures adopté accorde une importance excessive aux couches superficielles. Le déficit de la partie profonde du lac (dès 100 m) est très important. La moyenne annuelle, à 300 m, (2,50 mg/l), est un minimum absolu qui détrône légèrement celui de 1969, (3,19 mg/l). La situation, tout au fond du lac, est donc très préoccupante.

Le déséquilibre entre les couches superficielles (0-10 m) et celles du fond suit la même évolution. Il atteint 8,63 mg/l, valeur record dépassant celle de 1969 (7,80 mg/l).

Ces observations corroborent celles des pêcheurs qui déclarent ne plus prendre de poisson en dessous de 200 m.

6.1.4. Evolution dans le fond du lac

(voir tableau No 15)

Le tableau ci-dessous pourrait se passer de commentaires :

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	6,21	5,45	4,16	4,64	3,20
Février	5,57	7,41	5,57	4,23	2,81
Mars	8,72	5,34	5,47	4,29	2,83
Avril	9,23	5,57	5,86	3,71	2,84
Mai	8,96	6,55	5,48	4,19	3,42
Juin	8,54	5,86	5,19	3,59	3,15
Juillet	7,27	6,05	4,16	2,98	2,92
Août	6,66	5,39	3,25	4,22	2,43
Septembre	7,32	4,78	4,52	2,24	2,07
Octobre	5,78	4,12	2,57	2,19	1,80
Novembre	5,15	4,63	2,36	2,57	0,91
Décembre	6,50	4,02	4,26	2,47	0,84
Moyenne	7,30	5,49	4,48	3,43	2,50

La concentration en oxygène, qui avait régulièrement diminué de 1971 à 1974, continue à baisser fortement en 1975.

Entre 1974 et 1975, elle tombe en moyenne de 3,43 à 2,50 soit de 0,93 mg/l. Douze mois sur douze la concentration a été inférieure à celle de l'année précédente; neuf mois sur douze, c'est un minimum absolu. Le maximum absolu n'a été que de 3,82 mg/l en janvier 1975 au point CRG 10. Quant au minimum absolu, il ne fut que de 0,42 mg/l en novembre à la station SHL 2.

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

Le graphique No 3 est très parlant à ce sujet.

6.1.5. 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 dans le tableau du haut de la page suivante.

Pour les couches de 0 à 50 m le Léman, dans son ensemble, est plus riche en oxygène qu'en 1974. Contrairement à l'an passé, la moyenne diminue dans le Petit Lac, alors qu'elle augmente dans le Grand Lac. L'augmentation concerne la rive sud-est, l'axe Ouchy-Evian, celui de Rolle à Thonon, le Grand Lac, et l'ensemble du Léman. Les autres zones sont en recul.

L'étude de la variation mensuelle montre que la teneur en oxygène a diminué pratiquement dans toutes les régions au cours du dernier trimestre 1975 par rapport à la période correspondante de 1974.

Profondeur	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
0 m	11,44	11,52	11,32	11,19	11,32	11,47	11,35
5 m	11,16	11,31	11,68	11,05	11,34	11,52	11,38
10 m	10,88	10,61	10,65	10,64	10,67	10,72	10,68
20 m	10,32	10,35	10,25	10,24	10,27	10,50	10,31
30 m	10,21	10,16	10,11	10,20	10,17	10,35	10,21
40 m	10,17	10,19	10,25	10,26	10,21	10,19	10,21
50 m	10,32	10,31	10,19	10,21	10,21	10,18	10,21
Moyenne	10,64	10,62	10,59	10,49	10,55	10,69	10,58

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	10,61	11,05	10,74	10,81	10,75	11,13	10,82
Février	11,13	10,71	10,81	10,81	10,80	11,77	10,99
Mars	11,65	11,13	11,23	11,20	11,25	11,94	11,38
Avril	11,71	11,32	11,50	11,53	11,48	12,27	11,63
Mai	11,84	11,93	12,03	11,53	11,81	11,38	11,74
Juin	10,91	10,60	10,68	10,57	10,66	11,06	10,74
Juillet	11,27	10,96	11,23	11,13	11,09	10,96	11,06
Août	9,62	9,81	9,84	9,47	9,74	9,34	9,67
Septembre	9,43	10,65	9,52	9,52	9,75	9,19	9,65
Octobre	9,39	9,07	9,14	9,25	9,17	9,52	9,24
Novembre	9,85	9,58	9,58	9,84	9,64	9,22	9,56
Décembre	10,33	-	10,43	10,13	10,28	10,07	10,26

6.2. Le taux de saturation en oxygène

(voir tableaux No 16 et 17)

6.2.1. Le Léman dans son ensemble

Le taux de saturation, exprimé en %, pour les 5 dernières années, est donné dans le tableau suivant :

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	83,6	80,2	77,5	79,3	76,7
Février	83,2	82,6	81,2	79,7	78,4
Mars	87,6	82,4	86,8	81,5	80,5
Avril	91,0	83,2	85,8	83,5	81,7
Mai	89,8	84,6	86,3	84,5	82,5
Juin	84,6	83,2	84,9	80,4	81,3
Juillet	85,2	82,5	80,1	79,4	83,1
Août	82,8	77,8	79,8	80,4	76,5
Septembre	76,1	75,7	77,3	75,8	73,7
Octobre	79,8	75,8	76,0	73,8	73,4
Novembre	80,4	78,0	77,1	76,7	71,0
Décembre	82,3	76,7	77,9	74,8	73,0
Moyenne	83,9	80,4	81,0	79,2	77,9

De 1974 à 1975, le taux de saturation en oxygène a baissé en moyenne de 79,2 à 77,9 %. Seuls les mois de juin et de juillet sont un peu meilleurs.

L'année 1975 est la plus mauvaise observée depuis 1957.

6.2.2. Evolution selon la profondeur

En 1975, le taux de saturation, à 300 m, a encore fortement baissé (de 29,0 % à 21,1 %). C'est le plus mauvais résultat absolu de 19 années d'étude.

Les moyennes des cinq dernières années sont résumées dans le tableau ci-dessous :

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Surface	116,2	105,0	109,2	112,0	114,0
5 m	109,9	102,5	105,1	110,6	112,2
10 m	99,0	99,3	98,5	101,1	102,2
20 m	90,6	94,1	91,7	93,1	95,6
30 m	87,7	90,9	90,3	91,9	92,4
40 m	85,8	87,9	88,8	90,4	90,8
50 m	84,8	86,8	87,9	89,2	89,9
100 m	82,3	80,0	85,3	83,9	84,4
150 m	80,1	74,7	77,2	73,6	69,6
200 m	77,3	67,9	65,1	60,0	54,2
250 m	75,8	64,2	57,9	47,0	42,9
300 m	61,3	46,1	37,8	29,0	21,1

6.2.3. Evolution dans le fond du lac

Mois	1971	1972	1973	1974	1975
Janvier	56,0 %	45,7 %	35,0 %	39,1 %	27,0 %
Février	47,2	62,1	47,0	35,7	21,9
Mars	73,0	44,8	46,1	36,2	24,0
Avril	77,3	46,7	49,3	31,3	24,1
Mai	75,1	55,0	46,2	35,4	28,9
Juin	71,7	49,4	43,7	30,3	26,8
Juillet	60,9	50,9	35,0	25,1	24,8
Août	55,8	45,4	27,4	35,6	20,6
Septembre	61,8	40,4	38,2	19,0	17,6
Octobre	48,4	34,6	21,7	18,5	15,3
Novembre	43,3	38,9	19,9	21,7	7,8
Décembre	54,7	33,8	36,2	20,9	7,2
Moyenne	61,3	46,1	37,8	29,0	21,1

Le tableau ci-dessus est aussi inquiétant que caractéristique. Jamais, en 1975, le taux moyen de saturation n'a atteint 30 %. La moyenne annuelle tombe de 29 % en 1974 à 21,1 % en 1975, avec un minimum moyen de 7,2 % en décembre. Le minimum absolu, 3,6 %, a été enregistré en novembre 1975, au point SHL 2.

6.2.4. Les diverses régions du lac

Pour l'ensemble des profondeurs considérées, le Petit Lac est très légèrement plus saturé que le Grand Lac; c'est par contre l'inverse si on n'envisage que les couches de 0 à 10 m.

Entre 1974 et 1975, dans toutes les régions, le pourcentage augmente, sauf pour la rive N-E et le Petit Lac. L'augmentation la plus marquée est relevée sur l'axe Rolle-Thonon (+ 2,4 %).

Le taux maximum observé a été de 196,7 % (record absolu) en juillet à la station SHL 6; dans le Petit Lac nous trouvons 172,4 %, en juillet également, au point CRG 6.

Taux moyen en fonction de la profondeur

Profondeur	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Surface	115,2	115,9	113,9	111,4	114,0	113,7	114,0
5 m	110,5	111,9	115,9	109,5	112,3	111,5	112,2
10 m	104,8	102,2	102,4	101,9	102,5	101,1	102,2
20 m	95,4	96,9	94,9	95,0	95,3	96,9	95,6
30 m	93,4	92,8	91,3	92,1	92,0	93,9	92,4
40 m	90,7	91,3	90,9	91,3	90,8	90,7	90,8
50 m	91,4	91,5	89,6	89,9	89,9	89,5	89,9
Moyenne	100,2	100,1	99,1	97,8	98,8	99,5	98,9

Taux mensuel moyen (0-50 m)

Mois	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Janvier	93,7	97,2	94,4	94,7	94,4	96,6	94,8
Février	97,3	93,2	92,2	93,5	93,4	101,7	95,0
Mars	101,9	97,3	98,2	97,1	97,9	103,7	99,0
Avril	102,7	99,6	101,0	100,8	100,6	106,6	101,8
Mai	109,8	110,1	109,3	105,1	107,9	103,3	107,1
Juin	108,5	103,1	105,0	101,0	104,2	106,1	104,5
Juillet	118,3	109,8	113,6	112,0	111,9	112,3	112,0
Août	98,5	97,5	101,0	95,7	98,4	93,2	97,4
Septembre	93,9	110,0	95,5	94,9	98,0	92,4	96,9
Octobre	93,3	90,5	88,7	91,0	89,8	93,4	90,5
Novembre	91,7	92,3	90,8	93,6	92,0	87,4	91,1
Décembre	92,9	-	95,1	92,7	93,5	91,6	93,3

6.3. Conclusions

Les conclusions auxquelles nous aboutissions l'an dernier peuvent presque mot pour mot être reprises cette année.

Nouvel hiver trop doux, donc néfaste aux indispensables courants de convection de l'eau, surproduction d'oxygène en surface et consommation encore accrue en profondeur.

Cette année, la concentration, exprimée en moyenne pondérée, est de 8,79 mg/l, avec un taux de saturation de 77,9 % (respectivement 8,99 mg/l et 79,2 % en 1974) soit une nouvelle dégradation. La faible amélioration des couches très superficielles est largement annihilée par la détérioration de toute la masse plus profonde. En hiver, le lac a gagné 1,15 mg/l en moyenne, seulement, soit 9,3 % en taux de saturation. En été, il a perdu 1,55 mg/l soit 12,1 % en taux de saturation. Le déséquilibre enregistré ces 8 dernières années se maintient donc et s'aggrave.

Il y a déséquilibre aussi dans la provision annuelle d'oxygène; ce déficit se monte à 17'000 tonnes. La provision annuelle moyenne descend à 782'000 tonnes, avec un minimum absolu de 702'000 tonnes, ce dernier chiffre étant un record encore jamais atteint.

Le déficit des couches profondes se creuse encore. En 1975, la concentration moyenne, à 300 m, n'est plus que de 2,50 mg/l - 21,1 % du taux de saturation - avec un minimum de 0,42 mg/l (3,6 %). Nous avions encore en 1974 une moyenne de 3,43 mg/l - 29,0 % du taux de saturation - avec un minimum de 1,63 mg/l (13,8 %).

Pour de plus amples commentaires et pour éviter des redites, nous renvoyons le lecteur au rapport 1974, pages 30 et 31.

7. EVOLUTION DE L'AZOTE

7.1. L'azote minéral total

Le tableau ci-dessous indique les tonnages mensuels moyens pour les cinq dernières années :

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	37'300	36'800	39'400	42'600	42'500
Février	37'400	36'500	38'300	40'500	41'200
Mars	34'300	36'200	36'200	43'000	41'300
Avril	36'600	34'300	36'400	40'700	41'300
Mai	33'100	35'800	35'500	40'100	43'000
Juin	34'700	36'800	37'100	39'400	40'800
Juillet	33'200	37'200	34'900	38'100	38'700
Août	33'400	35'800	39'500	40'900	40'800
Septembre	33'100	36'700	36'300	38'600	40'300
Octobre	32'300	35'400	37'700	38'200	38'600
Novembre	30'000	35'500	35'600	37'900	39'400
Décembre	34'800	37'300	36'500	43'400	41'600
Moyenne	34'200	36'100	36'900	40'300	40'700

Le stock d'azote minéral continue à augmenter, ce, huit mois sur douze. L'augmentation de 1975 se réduit à 400 tonnes par rapport à 1974, mais à 6'500 tonnes par rapport à 1971.

7.2. L'azote ammoniacal

(voir tableaux No 18-20)

Pour la première fois depuis longtemps, la concentration moyenne en ammoniacque est en baisse. Le graphique No 4 indique les variations annuelles moyennes des trois formes minérales de l'azote (courbes indicatives, toutes choses n'étant pas égales!).

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

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

En moyenne arithmétique, la concentration est en baisse de 23 % depuis l'an passé (0,024 mg/l en 1975 contre 0,031 en 1974. Par rapport à 1972, il y a une hausse de 4 % (0,024 contre 0,023).

Moyennes arithmétiques

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	0,013	0,015	0,027	0,037	0,029
Février	0,022	0,016	0,016	0,028	0,010
Mars	0,010	0,023	0,011	0,019	0,029
Avril	0,014	0,017	0,012	0,030	0,037
Mai	0,046	0,032	0,034	0,055	0,052
Juin	0,034	0,035	0,040	0,034	0,034
Juillet	0,019	0,023	0,024	0,019	0,009
Août	0,015	0,030	0,030	0,039	0,012
Septembre	0,014	0,026	0,025	0,020	0,023
Octobre	0,019	0,028	0,039	0,033	0,019
Novembre	0,012	0,016	0,035	0,032	0,012
Décembre	0,020	0,014	0,019	0,032	0,012
Moyenne	0,022	0,023	0,026	0,031	0,024

Moyennes pondérées

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	0,005	0,013	0,022	0,023	0,019
Février	0,009	0,015	0,012	0,021	0,009
Mars	0,009	0,015	0,010	0,013	0,016
Avril	0,023	0,010	0,009	0,018	0,021
Mai	0,023	0,017	0,018	0,023	0,026
Juin	0,016	0,022	0,026	0,019	0,018
Juillet	0,011	0,020	0,018	0,013	0,013
Août	0,009	0,022	0,018	0,022	0,007
Septembre	0,008	0,020	0,016	0,013	0,015
Octobre	0,011	0,018	0,021	0,019	0,011
Novembre	0,010	0,012	0,021	0,020	0,013
Décembre	0,016	0,007	0,014	0,029	0,010
Moyenne	0,012	0,016	0,017	0,019	0,015

La moyenne pondérée est bien sûr plus faible puisque la production d'ammoniac est un phénomène relativement superficiel.

Elle est en baisse de 21 % (0,015 mg/l en 1975 contre 0,019 en 1974). Cette baisse est de 6 % depuis 1972 (0,016).

La baisse n'est pas uniforme dans l'année. Il y a même augmentation en mars, avril et septembre.

La concentration la plus forte est atteinte en mai (0,052 mg/l en moyenne arithmétique et 0,026 mg/l en moyenne pondérée).

7.2.2. Tonnages mensuels d'ammoniaque

(voir tableau No 20)

Remarquons simplement que l'ammoniaque a diminué de 365 tonnes, ayant passé de 1'712 tonnes en 1974 à 1'347 tonnes en 1975 et d'environ 110 tonnes depuis 1972 (1'461 tonnes, soit 8 %).

Le record de l'année (2'285 tonnes, en mai) est un peu moins décevant que celui de 1974, (2'543 tonnes, en décembre). Mais en moyenne annuelle l'augmentation est, ne l'oublions pas, de 970 % par rapport à 1957. De plus, l'azote ammoniacal n'est qu'un constituant mineur quant au tonnage de l'azote minéral. Le graphique No 4, indicatif, montre l'évolution croissante du stock d'azote ammoniacal. Sa forme cyclique est à étudier de plus près.

7.2.3. Evolution en fonction de la profondeur

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

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Surface	0,025	0,029	0,029	0,041	0,034
5 m	0,043	0,038	0,037	0,057	0,040
10 m	0,030	0,032	0,037	0,046	0,031
20 m	0,026	0,025	0,032	0,034	0,025
30 m	0,022	0,020	0,025	0,027	0,022
40 m	0,017	0,019	0,021	0,026	0,020
50 m	0,020	0,019	0,022	0,023	0,019
100 m	0,005	0,012	0,011	0,010	0,011
150 m	0,005	0,010	0,010	0,009	0,007
200 m	0,009	0,015	0,012	0,013	0,010
250 m	0,004	0,008	0,008	0,011	0,006
300 m	0,004	0,011	0,011	0,017	0,011

Contrairement à l'an dernier, la concentration moyenne a diminué à toutes les profondeurs. A 100 m, elle reste pratiquement inchangée.

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

<u>Profondeur</u>	<u>Rive S-E</u>	<u>Rive N-E</u>	<u>Ouchy Evian</u>	<u>Rolle Thonon</u>	<u>Grand Lac</u>	<u>Petit Lac</u>	<u>Léman</u>
0 m	0,080	0,021	0,016	0,014	0,023	0,077	0,034
5 m	0,070	0,024	0,019	0,014	0,029	0,080	0,040
10 m	0,057	0,022	0,018	0,017	0,023	0,066	0,031
20 m	0,054	0,018	0,013	0,015	0,020	0,049	0,025
30 m	0,043	0,018	0,011	0,011	0,017	0,040	0,022
40 m	0,041	0,015	0,010	0,008	0,014	0,041	0,020
50 m	0,033	0,010	0,011	0,012	0,013	0,060	0,019
Moyenne	0,054	0,018	0,014	0,013	0,019	0,057	0,026

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	0,153	0,002	0,006	0,005	0,023	0,076	0,033
Février	0,047	0,013	0,005	0,005	0,012	0,007	0,011
Mars	0,066	0,033	0,011	0,011	0,023	0,078	0,033
Avril	0,090	0,007	0,007	0,012	0,018	0,138	0,041
Mai	0,099	0,067	0,031	0,026	0,044	0,128	0,059
Juin	0,100	0,042	0,030	0,037	0,042	0,022	0,038
Juillet	0,000	0,002	0,012	0,010	0,008	0,006	0,007
Août	0,050	0,001	0,003	0,006	0,009	0,035	0,014
Septembre	0,013	0,009	0,011	0,008	0,010	0,092	0,026
Octobre	0,000	0,008	0,022	0,010	0,013	0,053	0,021
Novembre	0,006	0,015	0,010	0,012	0,013	0,006	0,012
Décembre	0,026	-	0,010	0,008	0,013	0,007	0,012

L'abaissement de concentration s'observe, à des degrés divers, dans toutes les régions du lac, à presque toutes les profondeurs, et en toute saison, sauf au printemps (mars-avril).

Ce phénomène généralisé ne peut être que constaté. La place nous manque pour procéder à une analyse détaillée.

Le Petit Lac continue à être plus riche en ammoniacque que le Grand Lac (0,057 mg/l contre 0,019 dans le Grand Lac).

Dans le Grand Lac, la rive S-E est toujours riche en ammoniacque et s'est peu améliorée. La situation a été plus favorable dans le reste du bassin. Aggravation cependant en juin.

Dans le Petit Lac (passage de 0,071 mg/l en 1974 à 0,057 mg/l en 1975), il faut noter tout de même une détérioration nette au printemps (mars, avril, mai).

7.2.5. Conclusions

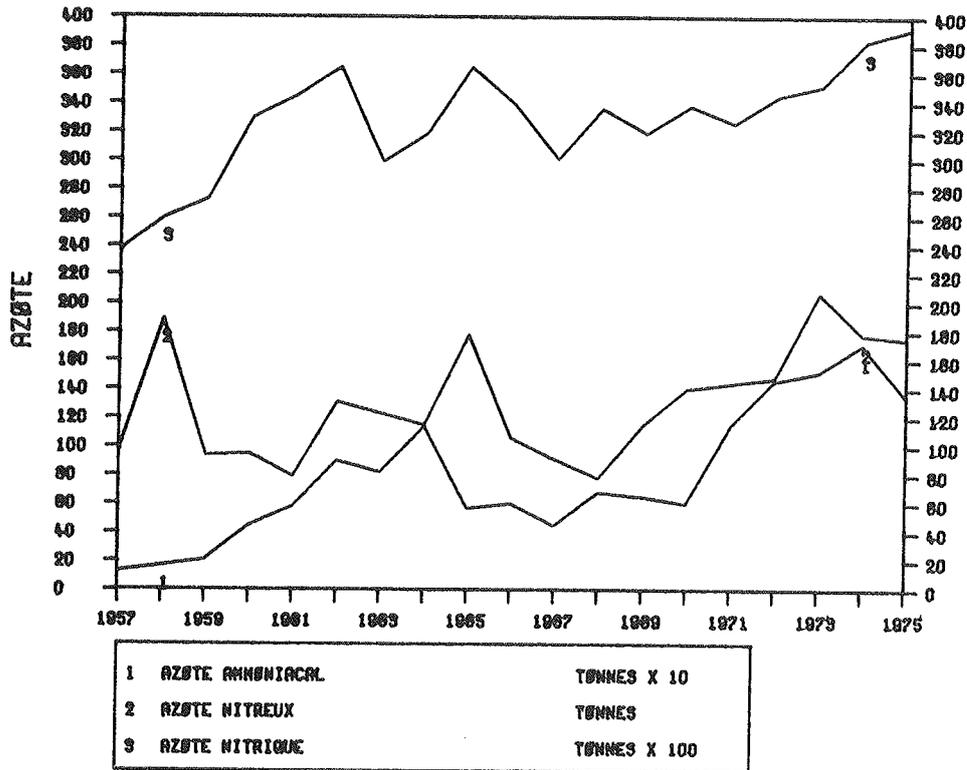
Pour la première fois depuis 19 ans, la concentration de l'azote ammoniacal baisse nettement. Mais l'expérience montre qu'il faut se garder de tirer des conclusions hâtives, d'autant plus que l'ammoniacque est un élément seulement du métabolisme de l'azote.

La moyenne pondérée tombe de 0,019 mg N/l en 1974 à 0,015 mg N/l en 1975, concentration qui se place entre les concentrations de 1971 et celles de 1972. Le stock d'ammoniacque passe de 1711 tonnes en 1974 à 1347 tonnes en 1975, stock qui représente cependant 970 % de celui de 1957. Cette diminution affecte, à des degrés divers, toutes les régions du lac.

Comme à l'accoutumée, les concentrations dans le Petit Lac sont les plus élevées.

A noter en outre que la situation s'aggrave en juin dans le Grand Lac et de mars à mai dans le Petit Lac.

AZOTE MINERAL DANS LE LEMAN
GRAPHIQUE N° 4



7.3. L'azote nitreux

(voir tableaux No 21 et 22 et graphique No 4)

Peu de fluctuations de 1974 à 1975.

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

Les deux tableaux suivants donnent les moyennes observées de 1971 à 1975.

Moyennes arithmétiques

Mois	1971	1972	1973	1974	1975
Janvier	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001
Février	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003
Mars	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
Avril	0,002	0,002	0,001	0,003	0,004
Mai	0,004	0,005	0,005	0,006	0,005
Juin	0,004	0,003	0,012	0,005	0,006
Juillet	0,002	0,005	0,006	0,006	0,006
Août	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003
Septembre	0,002	0,005	0,002	0,004	0,002
Octobre	0,004	0,006	0,005	0,003	0,003
Novembre	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003
Décembre	0,002	0,004	0,002	0,001	0,002
Moyenne	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003

Moyennes pondérées

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001
Février	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Mars	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Avril	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
Mai	0,002	0,002	0,003	0,004	0,002
Juin	0,002	0,002	0,008	0,002	0,002
Juillet	0,001	0,002	0,003	0,004	0,003
Août	0,001	0,001	0,002	0,003	0,002
Septembre	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001
Octobre	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002
Novembre	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002
Décembre	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
Moyenne	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Les différences sont peu marquées. Vaut-il la peine de noter une légère élévation de concentration de mars à avril 1975, un léger abaissement en automne pour les moyennes arithmétiques, tendances estompées dans les moyennes pondérées.

7.3.2. Tonnages annuels moyens

(voir tableau No 22)

La différence entre 1974 (178 t) et 1975 (175 t) n'est pas significative. A noter l'augmentation de stock vernal. Le maximum observé n'est que de 295 tonnes en juillet. Le stock de 1975 est toujours parmi les plus élevés. La courbe des nitrites (graphique No 4) établie à titre d'information, d'apparence cyclique, mériterait étude approfondie.

7.3.3. Evolution en fonction de la profondeur

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Surface	0,003	0,005	0,003	0,005	0,005
5 m	0,003	0,005	0,004	0,005	0,005
10 m	0,003	0,005	0,005	0,006	0,006
20 m	0,003	0,004	0,005	0,003	0,004
30 m	0,002	0,003	0,004	0,002	0,003
40 m	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002
50 m	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
100 m	0,001	0 *	0,001	0,001	0,001
150 m	0,001	0 *	0,001	0,001	0,001
200 m	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
250 m	0,001	0,001	0,001	0,001	0 *
300 m	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002

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

Une légère augmentation dans la zone métalimnique (20-30 m) et à 300 m de fond est le seul événement à signaler.

7.3.4. Les diverses régions du lac

La situation s'est désagrégée sur la rive sud-orientale du lac, (rive valaisanne), avec une concentration annuelle moyenne passant de 0,003 à 0,006 mg N/l de 1974 à 1975; aggravation touchant toutes les profondeurs, et particulièrement marquée de février à juillet. Dans le reste du Grand Lac, il n'y a guère de changement.

Le Petit Lac voit sa concentration en nitrites baisser quelque peu, passant de 0,004 mg N/l en 1974 à 0,003 mg N/l en 1975. La diminution affecte surtout les couches superficielles. La concentration augmente en mars et avril, diminue fortement de mai à juillet, reste quasi stable le reste de l'année.

7.3.5. Conclusions

L'azote nitreux n'évolue guère en 1975 par rapport à 1974. La différence entre 178 t en 1974 et 175 t n'est pas significative. A noter une légère augmentation de concentration dans la zone métalimnique et à 300 m de fond. La situation s'aggrave sur la rive valaisanne, reste stable dans le reste du Grand Lac, diminue un peu dans le Petit Lac (0,004 mg N/l en 1974, 0,003 mg N/l en 1975). Mais on ne peut tirer aucune conclusion définitive quant au sens d'une évolution possible.

7.4. L'azote nitrique

(voir tableaux No 23 à 25)

7.4.1. Concentrations moyennes dans le Léman

Moyennes arithmétiques

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	0,34	0,35	0,38	0,41	0,44
Février	0,34	0,36	0,40	0,41	0,45
Mars	0,37	0,34	0,39	0,44	0,44
Avril	0,32	0,31	0,36	0,37	0,43
Mai	0,27	0,30	0,28	0,33	0,40
Juin	0,30	0,31	0,30	0,35	0,38
Juillet	0,26	0,29	0,29	0,32	0,34
Août	0,25	0,27	0,32	0,32	0,35
Septembre	0,26	0,28	0,28	0,34	0,34
Octobre	0,25	0,26	0,31	0,35	0,33
Novembre	0,26	0,32	0,30	0,37	0,36
Décembre	0,32	0,32	0,35	0,44	0,40
Moyenne	0,29	0,31	0,33	0,37	0,39

L'augmentation régulière des concentrations des nitrates se poursuit, passant de 0,37 mg N/l en 1974 à 0,39 mg N/l en 1975 pour les moyennes arithmétiques (respectivement 0,43 à 0,44 mg N/l en moyenne pondérée). Par rapport à 1971, c'est une augmentation de 34 % en moyenne arithmétique, ou de 19 % en moyenne pondérée. La moyenne arithmétique varie de 0,33 mg N/l en octobre à 0,45 mg N/l en février. La moyenne pondérée varie moins: de 0,42 mg N/l en

Moyennes pondérées

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	0,41	0,40	0,42	0,46	0,46
Février	0,41	0,39	0,42	0,43	0,45
Mars	0,38	0,39	0,40	0,47	0,45
Avril	0,39	0,38	0,40	0,44	0,44
Mai	0,35	0,38	0,38	0,42	0,46
Juin	0,37	0,39	0,38	0,42	0,44
Juillet	0,26	0,40	0,37	0,41	0,42
Août	0,36	0,38	0,42	0,44	0,45
Septembre	0,36	0,39	0,39	0,42	0,44
Octobre	0,35	0,38	0,40	0,41	0,42
Novembre	0,33	0,39	0,38	0,40	0,43
Décembre	0,37	0,41	0,40	0,46	0,46
Moyenne	0,37	0,39	0,40	0,43	0,44

juillet et octobre à 0,46 mg N/l en janvier, juin et décembre. Ce phénomène est normal, étant donné que l'azote nitrique migre d'une profondeur à l'autre en fonction des saisons.

Les nitrates sont en augmentation pendant les deux tiers de l'année, de janvier à août, et en diminution d'octobre à décembre (pour les moyennes arithmétiques).

7.4.2. Tonnage annuel moyen

Il continue à augmenter, passant à 39'200 tonnes en 1975, croissant de 900 tonnes par rapport à 1974 (avec un minimum mensuel de 37'300 tonnes en juillet et un maximum mensuel de 40'800 tonnes en janvier.) Cette augmentation compense largement la diminution de l'azote ammoniacal.

Le tableau No 25 indique les tonnages observés depuis 1957. Le graphique No 4 donne une idée de la tendance de l'évolution.

7.4.3. Evolution en fonction de la profondeur

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Surface	0,15	0,22	0,21	0,27	0,28
5 m	0,18	0,22	0,23	0,27	0,30
10 m	0,19	0,23	0,25	0,30	0,32
20 m	0,28	0,28	0,33	0,37	0,38
30 m	0,33	0,32	0,36	0,40	0,42
40 m	0,36	0,35	0,38	0,41	0,44
50 m	0,38	0,36	0,39	0,42	0,46
100 m	0,40	0,42	0,41	0,46	0,47
150 m	0,41	0,44	0,44	0,47	0,47
200 m	0,40	0,44	0,44	0,47	0,47
250 m	0,43	0,47	0,47	0,49	0,48
300 m	0,45	0,49	0,48	0,49	0,47

L'enrichissement du lac concerne les couches allant de la surface à 50-100 m. Dans les couches profondes, à 250 m et 300 m, les concentrations diminuent, mais restent importantes.

7.4.4. Répartition régionale de l'azote nitrique

Notons simplement les quelques faits suivants.

Sur la rive valaisanne, les concentrations moyennes augmentent de 17 %, passant de 0,30 mg N/l en 1974 à 0,38 mg N/l en 1975.

La rive nord orientale enregistre une augmentation de 14 % (respectivement 0,29 et 0,33 mg N/l).

Sur l'axe Ouchy-Evian, pour les mêmes couches de 0 à 50 m, la concentration se stabilise à 0,38 mg N/l en moyenne. Cette moyenne est le compromis d'une augmentation de concentration de janvier à juillet, et en décembre, et d'une diminution d'août à novembre.

Légère hausse de 3 % sur l'axe Rolle-Thonon.

Dans le Petit Lac, la concentration passe de 0,43 mg N/l en 1974 à 0,48 mg N/l en 1975, soit une hausse de 12 %, qui se manifeste à toute profondeur, et est particulièrement marquée en avril, mai, août et septembre (mois pauvres en 1974.)

7.4.5. Conclusions

L'azote nitrique continue d'augmenter dans le Léman, aussi bien dans le Grand Lac que dans le Petit Lac. Le stock annuel moyen, de 39'200 tonnes, est le plus élevé observé depuis 19 années. En moyenne pondérée, la concentration passe de 0,43 à 0,44 mg N/l. En moyenne arithmétique (de 0 à 50 m), elle passe de 0,33 à 0,35 mg N/l dans le Grand Lac, avec une augmentation marquée surtout dans le Haut Lac et le Bas Lac. Dans le Petit Lac, la concentration passe de 0,43 à 0,48 mg N/l. Mais les concentrations mesurées en 1963 (après un hiver froid), étaient légèrement plus élevées, pour les mois correspondants, bien entendu.

7.5. L'azote organique

De l'ordre de 11'000 tonnes en 1974 (pour 10 mois), le stock serait d'environ 10'500 tonnes en 1975 pour les mois correspondants (ou 10'200 tonnes pour les 12 mois), et pour autant qu'on puisse extrapoler à l'ensemble du Léman les mesures effectuées au point SHL 2. En moyenne pondérée, la concentration est de l'ordre de 0,115 mg N/l. Elle varie progressivement de 0,223 mg N/l à la surface de l'eau à 0,084 mg N/l à 250 m et 0,099 mg N/l à 300 m.

7.6. L'azote total

En extrapolant, à l'ensemble du lac, les mesures faites à la station SHL 2, on obtient 52'300 tonnes en 1974 (pour 10 mois) et 53'600 tonnes en 1975 (pour les mêmes 10 mois) ou 53'800 tonnes pour 12 mois. En additionnant la somme observée en 1975 des trois formes de l'azote (40'700 tonnes) et l'azote

organique estimé à 10'200 tonnes, on obtient le total moyen de 50'900 tonnes, variant d'un minimum de 48'600 tonnes à 58'000 tonnes. Le résultat de l'extrapolation de SHL 2 à tout le lac (53'800 t) oscille entre un minimum de 51'100 tonnes et un maximum de 57'200 tonnes.

L'azote total observé en 1975 est en concentration la plus forte de ces trois dernières années.

8. EVOLUTION DU PHOSPHORE

8.1. Les orthophosphates (voir tableau No 26)

8.1.1. Le Léman pris dans son ensemble

Le tableau No 26 montre que la concentration des orthophosphates est de 0,049 mg P/l en moyenne annuelle arithmétique, donc identique à celle de l'an précédent, ou de 0,067 mg/l en moyenne pondérée, en augmentation par rapport à l'an passé, concentration identique à celle de 1973.

Evolution en fonction de la profondeur, moyennes arithmétiques

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Surface	0,018	0,029	0,040	0,032	0,030
5 m	0,021	0,029	0,036	0,033	0,030
10 m	0,021	0,032	0,040	0,035	0,034
20 m	0,029	0,036	0,050	0,045	0,043
30 m	0,038	0,043	0,058	0,051	0,050
40 m	0,043	0,048	0,060	0,053	0,055
50 m	0,046	0,052	0,061	0,057	0,058
100 m	0,054	0,059	0,067	0,065	0,069
150 m	0,052	0,063	0,073	0,072	0,074
200 m	0,059	0,070	0,084	0,082	0,088
250 m	0,053	0,078	0,082	0,089	0,093
300 m	0,068	0,113	0,106	0,107	0,128

La concentration continue à baisser dans l'épilimnion, vraisemblablement par suite d'une utilisation accrue lors des processus biologiques. Mais, dans l'hypolimnion, à partir de 40 m, les orthophosphates se concentrent de plus en plus au gré de la minéralisation des matières organiques. Ce stockage dans le fonds est bien connu. Cette réserve sera remise en circulation lors du prochain hiver froid.

Evolution mensuelle

Nous la trouvons dans le tableau du haut de la page suivante.

Il se produit une augmentation de concentration 9 mois sur 12 et une diminution (fortuite ?) en février, juin et octobre.

Rapport orthophosphates/phosphore total exprimé en %

En moyenne annuelle, il est de 67 %. Les deux tiers du phosphore stocké dans le

ORTHOPHOSPHATES LEMAN MOYENNES PONDEREES (MG P/L)

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
1970											0,044	0,055	0,058
1971	0,032	0,043	0,044	0,043	0,044	0,045	0,042	0,042	0,050	0,051	0,068	0,049	0,047
1972	0,056	0,062	0,052	0,051	0,054	0,058	0,063	0,055	0,058	0,062	0,059	0,060	0,057
1973	0,074	0,066	0,067	0,067	0,070	0,071	0,063	0,064	0,057	0,062	0,072	0,077	0,068
1974	0,061	0,071	0,064	0,063	0,061	0,065	0,063	0,057	0,062	0,066	0,068	0,071	0,064
1975	0,069	0,070	0,071	0,067	0,064	0,060	0,067	0,066	0,064	0,062	0,075	0,072	0,067

lac sont sous forme minérale. Cette proportion varie, en moyenne annuelle toujours, entre 46-50 % près de la surface, pour croître progressivement avec la profondeur et atteindre 90 % au fond du lac. Il faut noter en outre, aux périodes de forte activité biologique, en automne notamment, le rapport peut s'abaisser au-dessous de 10 %, la plus grande partie du phosphore ayant été assimilée. Dans le fond du lac, le rapport varie entre 82 et 94 %. Il est quasi identique à celui des deux années précédentes. Les valeurs les plus faibles se trouvent en septembre et octobre.

Le rapport varie d'un mois à l'autre. En moyenne pondérée, il est de 78 %, partant d'un maximum de 83 % au printemps, descendant à un minimum de 71 % en juin, remontant à 84 % en juillet pour s'abaisser à 74 % en septembre et remonter à 81 % en fin d'année, ces fluctuations étant dues aux variations des poussées planctoniques.

8.1.2. Les tonnages

Ils figurent dans le tableau ci-dessous :

ORTHOPHOSPHATES LEMAN TONNAGES (MG P/L)

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
1970											3905	4849	5168
1971	2881	3859	3951	3807	3906	3968	3707	3750	4411	4522	6035	4400	4200
1972	4968	5543	4660	4560	4831	5160	5584	4883	5116	5523	5205	5306	5100
1973	6612	5863	6000	5918	6260	6277	5603	5684	5095	5550	6388	6833	6019
1974	5455	6313	5721	5578	5468	5814	5561	5067	5503	5874	6079	6320	5734
1975	6163	6244	6347	5956	5692	5310	5915	5838	5711	5525	6702	6410	5968

Le stock moyen atteint à nouveau la moyenne de l'an 1973, avec un maximum absolu à 6'700 tonnes en novembre, et un minimum de 5'300 tonnes en juin.

8.1.3. Les diverses régions du lac en 1974

Pour l'ensemble du Léman, on note une légère baisse. Rappelons les moyennes de 1971 à 1975 : successivement, 0,031; 0,039; 0,051; 0,044; 0,043.

<u>Profondeur</u>	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy-Evian	Rolle-Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Surface	0,043	0,025	0,027	0,030	0,030	0,028	0,030
5 m	0,040	0,027	0,029	0,029	0,031	0,028	0,030
10 m	0,040	0,030	0,033	0,033	0,034	0,033	0,034
20 m	0,044	0,038	0,041	0,043	0,043	0,041	0,043
30 m	0,046	0,047	0,052	0,047	0,051	0,047	0,050
40 m	0,052	0,053	0,058	0,051	0,055	0,053	0,055
50 m	0,053	0,056	0,059	0,057	0,058	0,056	0,058
Moyenne	0,045	0,040	0,044	0,042	0,044	0,041	0,043

Il y a donc une légère baisse, mais en réalité surtout dans l'épi- et le métalimnion, car on observe une hausse à partir de 40 m et en dessous.

Dans le Grand Lac, la concentration ne change pas, avec cependant le même déséquilibre surface-fond.

La rive sud-orientale s'enrichit encore à toute profondeur (0,040 mg/l en 1974 et 0,045 mg/l en 1975); hausse légère sur la rive nord-orientale. Diminution faible sur les axes Ouchy-Evian (0,046 et 0,044 mg/l) et Rolle-Thonon (0,044 et 0,042).

Diminution également dans le Petit Lac à toute profondeur.

8.2. Le phosphore organique

(voir tableau No 27)

On désigne sous ce terme la différence entre le phosphore total et les orthophosphates. Les commentaires faits au sujet des orthophosphates peuvent être repris en sens inverse pour le phosphore organique.

8.2.1. Le Léman pris dans son ensemble

La concentration en phosphore organique diminue naturellement en fonction de la profondeur. Corollaire d'un plus grand développement planctonique en 1975, la concentration du phosphore organique est en hausse, passant de 1974 à 1975, en moyenne arithmétique, de 0,021 mg/l à 0,024 mg/l, et, en moyenne pondérée, de 0,015 mg/l à 0,019 mg/l.

Rapport Phosphore organique/Phosphore total

Nous renvoyons le lecteur au chiffre 8.1.1., ce rapport étant la différence à 100 du rapport orthophosphates/phosphore total.

Rappelons simplement qu'en moyenne annuelle, le phosphore organique représente environ un tiers du phosphore total. Près de la surface, il représente la moitié du phosphore total, et au fond le dixième seulement. Aux périodes d'intense activité biologique, il peut représenter les neuf dixièmes du total.

Les variations selon la profondeur figurent dans le tableau suivant, en moyenne arithmétique :

<u>Profondeur</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Surface	0,030	0,022	0,022	0,024	0,030
5 m	0,031	0,026	0,022	0,029	0,035
10 m	0,027	0,022	0,020	0,023	0,027
20 m	0,025	0,019	0,019	0,022	0,025
30 m	0,024	0,019	0,018	0,022	0,023
40 m	0,025	0,018	0,018	0,020	0,023
50 m	0,023	0,018	0,016	0,020	0,023
100 m	0,014	0,011	0,012	0,012	0,017
150 m	0,014	0,010	0,012	0,011	0,012
200 m	0,014	0,010	0,018	0,010	0,013
250 m	0,022	0,013	0,011	0,009	0,012
300 m	0,019	0,016	0,014	0,013	0,014

L'augmentation de concentration affecte toutes les profondeurs. Le niveau de 1971 est atteint.

Evolution mensuelle

Le tableau ci-dessous est suffisamment explicite et se passe de commentaires.

PHOSPHORE ORGANIQUE LEMAN MOYENNES PONDEREES (MG P/L)

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
1970											0,084	0,015	0,065
1971	0,036	0,021	0,014	0,023	0,020	0,020	0,021	0,033	0,014	0,015	0,017	0,015	0,019
1972	0,009	0,009	0,019	0,014	0,011	0,014	0,035	0,012	0,010	0,013	0,011	0,016	0,015
1973	0,012	0,007	0,009	0,011	0,010	0,016	0,016	0,019	0,030	0,019	0,014	0,020	0,015
1974	0,014	0,013	0,015	0,016	0,015	0,017	0,014	0,017	0,022	0,014	0,014	0,015	0,015
1975	0,015	0,016	0,016	0,015	0,017	0,025	0,017	0,023	0,024	0,020	0,016	0,016	0,019

8.2.2. Les tonnages

Ils figurent dans le tableau ci-dessous :

PHOSPHORE ORGANIQUE LEMAN TONNAGES (MG P/L)

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
1970											7427	1342	5803
1971	3234	1855	1260	2015	1799	1750	1840	2897	1279	1293	1544	1296	1690
1972	830	767	1683	1264	991	1228	3154	1054	915	1137	997	1405	1290
1973	1093	657	825	979	860	1441	1417	1666	2695	1655	1224	1746	1344
1974	1202	1114	1346	1428	1305	1501	1220	1554	1995	1201	1269	1324	1372
1975	1297	1441	1384	1290	1495	2259	1536	2083	2120	1759	1437	1441	1650

Le stock de phosphore organique atteint le tonnage de l'an 1971. A noter le maximum de juin à environ 2'300 tonnes, et les minima de janvier et avril, à environ 1'300 tonnes.

8.2.3. Les diverses régions du lac en 1975

Pour l'ensemble du lac, nous avons une hausse à toute profondeur et revenons au niveau de 1971.

Profondeur	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Surface	0,063	0,023	0,024	0,024	0,029	0,033	0,030
5 m	0,072	0,033	0,023	0,021	0,035	0,035	0,035
10 m	0,065	0,023	0,019	0,025	0,027	0,030	0,027
20 m	0,055	0,019	0,015	0,027	0,024	0,030	0,025
30 m	0,061	0,016	0,013	0,018	0,021	0,028	0,023
40 m	0,065	0,016	0,013	0,020	0,022	0,026	0,023
50 m	0,071	0,015	0,012	0,018	0,021	0,031	0,023
Moyenne	0,065	0,020	0,016	0,022	0,025	0,030	0,026

Dans le Grand Lac en général, c'est le même schéma, sans atteindre le niveau moyen de 1971 (0,028 mg P/l).

Sur la rive sud-orientale, la hausse est de 55 %, ayant passé de 0,042 mg/l en 1974 à 0,065 mg/l en 1975. En cette région, la concentration croît d'année en année.

Légère diminution sur la rive nord-orientale (0,022 en 1974 et 0,020 mg/l en 1975, avec une augmentation en surface et une diminution en profondeur.

Statu quo moyen sur l'axe Duchy-Evian depuis 3 ans, mais avec aussi augmentation en surface et diminution en profondeur.

Légère augmentation entre Rolle et Thonon, à tous les niveaux, excepté 5 m et 30 m.

Dans le Petit Lac, la concentration en phosphore organique croît d'année en année. L'année 1964 exceptée c'est en 1975 que l'on rencontre le plus de phosphore sous forme organique. L'accroissement, qui concerne toutes les profondeurs, confirme les observations faites par les biologistes au sujet du développement désordonné du plancton.

8.3. Le Phosphore total

(voir tableaux No 28 à 30)

8.3.1. Concentrations moyennes de l'ensemble du lac

Le tableau du haut de la page suivante donne les variations des concentrations mensuelles, en moyennes arithmétiques.

L'examen du tableau No 28 montre que les concentrations restent importantes toute l'année et qu'il se produit une forte accumulation de phosphore dans les zones profondes du lac. La concentration moyenne atteint à nouveau le haut niveau de 1973, qui est, rappelons-le, la plus haute concentration rencontrée en période de repos. On avait observé en 1970, après un hiver rigoureux, une concentration moyenne de 0,109 mg/l.

Les moyennes pondérées figurent au tableau No 29. On observe que l'augmentation de la concentration en phosphore est particulièrement forte depuis 1970.

Moyennes arithmétiques

<u>Mois</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>
Janvier	0,071	0,056	0,073	0,072	0,078
Février	0,068	0,068	0,072	0,075	0,078
Mars	0,059	0,069	0,072	0,076	0,080
Avril	0,061	0,059	0,076	0,074	0,079
Mai	0,060	0,062	0,068	0,068	0,076
Juin	0,064	0,060	0,076	0,075	0,075
Juillet	0,054	0,085	0,067	0,068	0,072
Août	0,055	0,053	0,073	0,060	0,072
Septembre	0,053	0,055	0,064	0,070	0,068
Octobre	0,050	0,055	0,070	0,060	0,061
Novembre	0,057	0,060	0,074	0,068	0,064
Décembre	0,067	0,060	0,086	0,076	0,070
Moyenne	0,060	0,062	0,073	0,070	0,073

Après un repos en 1974, la concentration a repris sa marche ascendante et atteint, l'an 1970 excepté, le maximum annuel absolu de 0,086 mg P/l, avec un minimum en juin de 0,080 mg/l et un maximum de 0,092 en novembre.

8.3.2. Tonnages mensuels moyens

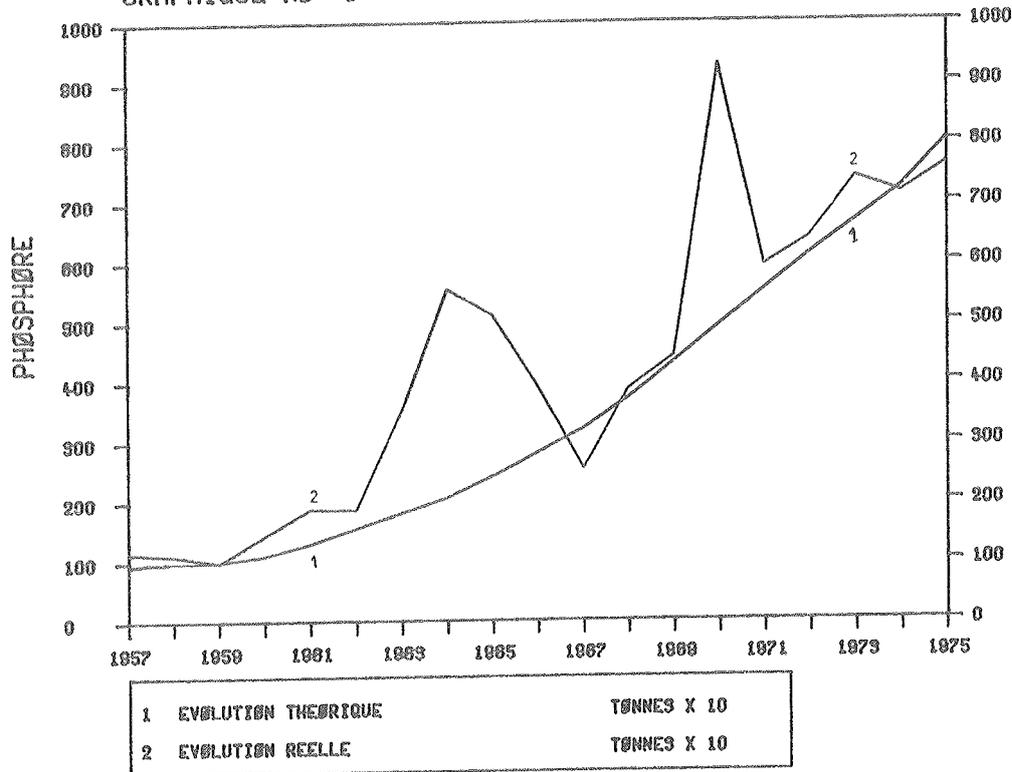
Ils figurent au tableau No 30 qui rassemble toutes les valeurs obtenues depuis 1957.

Le graphique No 5 indique les concentrations annuelles moyennes observées, ainsi que la tendance de l'augmentation exponentielle du phosphore (courbe No 1)

On observera la hausse constante depuis le début des études, les deux maxima de 1964 et 1970, consécutifs à des hivers froids, avec les retours à la normale entre temps, mais partant d'un palier plus élevé.

En 1975, le stock (7'600 tonnes en moyenne) a varié entre 7'100 tonnes en juillet et 8'100 tonnes en novembre. Le stock a été plus riche douze mois sur douze. Le maximum de 1975 n'est pas fortuit. Il s'inscrit dans une série de six années à concentration exagérée.

PHOSPHORE TOTAL MOYENNES ANNUELLES
GRAPHIQUE N° 5



8.3.3. Evolution du phosphore total en fonction de la profondeur

Voici les moyennes arithmétiques de ces cinq dernières années :

Profondeur	1971	1972	1973	1974	1975
Surface	0,049	0,050	0,062	0,057	0,060
5 m	0,053	0,054	0,058	0,061	0,065
10 m	0,049	0,053	0,061	0,058	0,062
20 m	0,053	0,055	0,069	0,067	0,067
30 m	0,062	0,062	0,076	0,073	0,072
40 m	0,067	0,066	0,078	0,074	0,077
50 m	0,068	0,070	0,078	0,078	0,080
100 m	0,067	0,070	0,079	0,077	0,085
150 m	0,065	0,073	0,086	0,083	0,087
200 m	0,073	0,080	0,103	0,093	0,102
250 m	0,076	0,090	0,093	0,098	0,105
300 m	0,087	0,129	0,119	0,120	0,143

Les concentrations s'accroissent à presque à toutes profondeurs, mais surtout dans les couches profondes, où s'accroît un stock, source potentielle de catastrophes biologiques.

A 300 m de profondeur, la concentration est portée à 0,143 mg/l, avec des variations mensuelles allant entre 0,112 mg/l en mai par exemple à 0,195 mg/l en novembre. En fait, toute la couche de 200 à 300 m sert de "piège à fertilisants".

8.3.4. Evolution dans les diverses régions du lac

Le tableau récapitulatif pour 1975 se trouve au haut de la page suivante.

Dans les couches superficielles, le Grand Lac s'est enrichi à nouveau en 1975, alors que le Petit Lac voit sa concentration diminuer quelque peu. S'il n'y avait l'influence du fond, le Petit Lac serait plus pauvre que le Grand Lac en 1975. La concentration de 1975 dans le Petit Lac est la seconde plus élevée depuis 19 ans. Quant au Grand Lac, la moyenne est en troisième position.

Sur la rive sud-orientale du Grand Lac (rive valaisanne), c'est toujours l'augmentation continue des concentrations. Plus de 30 % d'augmentation depuis 1974, et 93 % depuis 1971. Mais on est encore au-dessous des valeurs extrêmes de 1969-1970.

<u>Profondeur</u>	Rive S-E	Rive N-E	Ouchy Evian	Rolle Thonon	Grand Lac	Petit Lac	Léman
Surface	0,106	0,048	0,050	0,055	0,060	0,061	0,060
5 m	0,112	0,060	0,052	0,050	0,066	0,063	0,065
10 m	0,105	0,054	0,051	0,059	0,061	0,063	0,062
20 m	0,099	0,057	0,055	0,070	0,066	0,070	0,067
30 m	0,107	0,063	0,065	0,064	0,072	0,075	0,072
40 m	0,117	0,069	0,071	0,071	0,077	0,078	0,077
50 m	0,123	0,071	0,070	0,075	0,079	0,087	0,080
Moyenne	0,110	0,060	0,060	0,065	0,069	0,071	0,069

Légère amélioration par contre sur la rive nord-orientale (0,060 mg/l au lieu de 0,062), 1975 est en fait la meilleure (relativement) de ces six dernières années.

Légère amélioration aussi sur l'axe Ouchy-Evian où, depuis 5 ans, la concentration moyenne reste entre 0,060 et 0,063 mg P/l.

Statu quo, ou faible aggravation peu significative sur l'axe Rolle-Thonon.

En fait, à part la rive sud-orientale, les concentrations dans le Grand Lac sont du même ordre de grandeur, pour les profondeurs considérées, bien entendu.

8.4. Conclusions

I. Orthophosphates

Pour le lac pris dans son ensemble, on observe une augmentation de la concentration, qui passe à 0,067 mg par litre en moyenne pondérée. Si la concentration baisse dans l'épilimnion, indice d'une utilisation accrue lors de processus biologiques, elle s'accroît par contre dans l'hypolimnion où les orthophosphates constituent une réserve. Les deux tiers du phosphore stocké dans le lac sont sous forme minérale. Cette proportion varie en moyenne annuelle entre 46 à 50 % près de la surface, mais elle peut s'abaisser au-dessous de 10 % certains mois de prolifération phytoplanctonique. La proportion d'orthophosphates atteint 90 % au fond du lac.

Le stock moyen s'est élevé à 6'000 tonnes, en hausse de 300 tonnes sur celui de 1974. On retrouve le niveau maximum de 1973.

Si l'on considère les diverses régions du lac, on remarque qu'une baisse de concentration se manifeste dans l'épi- et le métalimnion, mais qu'une hausse se produit dans l'hypolimnion. La rive sud-orientale s'enrichit en ortho-phosphates, (0,040 mg/l en 1974 et 0,045 mg/l en 1975).

II. Phosphore organique

Il subit, bien entendu, des fluctuations inverses à celle des orthophosphates.

La concentration du phosphore organique est en hausse, passant de 0,015 mg/l à 0,019 mg/l en moyenne pondérée, niveau maximum de 1971. Cette hausse est la conséquence d'un plus grand développement planctonique en 1975. L'augmentation de concentration affecte toutes les profondeurs.

En 1975, ce phosphore représente un tiers du phosphore total. Près de la surface, il représente la moitié du total, et au fond le dixième seulement. Aux périodes d'intense activité biologique, il peut représenter les deux dixièmes du total.

Le stock de 1975 (1'650 tonnes) est en hausse d'environ 300 tonnes sur 1974, atteint le maximum en 1971.

La hausse de concentration s'observe en toute région du lac. Mais elle est particulièrement forte sur la rive sud-orientale, avec une hausse de 55 % (0,042 mg/l en 1974 et 0,065 mg/l en 1975).

Dans le Petit Lac, la concentration en phosphore organique croît d'année en année. L'année 1964 exceptée, c'est en 1975 qu'on y rencontre le plus de phosphore organique (0,030 mg/l).

III. Phosphore total

La concentration de l'année 1975, en hausse sur l'année précédente (0,086 mg/l au lieu de 0,080 mg/l en moyenne pondérée), est la plus élevée observée, (sauf l'année 1970, après un hiver rigoureux).

Le stock de 1975 (7'600 tonnes en moyenne annuelle, variant entre 7'100 tonnes et 8'100 tonnes) n'est dépassé que par celui de 1970 (9'300 tonnes). En réalité, ces six dernières années, le stock était exagéré.

Depuis quelques années, un stock de phosphore se constitue dans le fond du lac, atteignant un maximum de 0,143 mg/l à 300 m en 1975 avec des variations mensuelles allant entre 0,112 mg/l en mai et 0,195 mg/l en novembre.

En fait, toute la couche de 200 à 300 m sert de "piège à fertilisants".

Le Petit Lac, peu profond, riche en phosphore en 1974, s'est légèrement appauvri en 1975, (0,074 à 0,071 mg/l), quoique cette concentration soit la seconde plus élevée depuis 19 ans.

Dans le Grand Lac, c'est surtout la rive valaisanne qui s'enrichit en phosphore (0,110 mg/l en 1975) avec une augmentation de 30 % depuis 1974. Dans les couches superficielles, on note en outre une légère aggravation sur l'axe Rolle-Thonon.

9. AUTRES DETERMINATIONS

La place nous manque pour traiter d'autres critères d'évolution du Léman, tels que silice, chlorures, sulfates, demande biochimique de l'oxygène, etc. Ces données seront étudiées ultérieurement. Nous rappelons que l'ensemble des données acquises sont à disposition des chercheurs intéressés.

TEMPERATURE DE L'AIR (DEGRES CENTIGRADES)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
RIVE S-E	6,15	5,00	3,20	9,85	11,10	15,95	23,20	21,00	16,55	9,40	7,10	4,90	11,12
AXE VEVEY- ST-GINGOLPH	5,80	4,66	5,30	9,20	11,38	16,28	23,25	18,83	16,83	10,20	8,20	4,80	11,65
RIVE N-E	5,72	2,18	4,70	7,90	9,98	16,06	21,98	17,50	17,66	7,80	8,70		10,93
AXE OUCHY- EVIAN	4,32	3,90	4,63	9,55	11,65	14,62	24,63	21,67	17,80	8,03	6,33	3,75	11,33
AXE ROLLE- THONON	3,32	4,68	5,67	7,16	13,06	15,06	22,90	20,03	17,04	10,19	6,48	3,50	10,85
GRAND LAC	4,60	4,02	4,88	8,66	11,58	15,27	23,35	19,81	17,25	8,98	7,03	3,90	11,11
AXE NYON- MESSERY	4,95	9,95	5,45	10,70	11,90	15,60	24,53	17,30	17,00	8,05	4,05	3,90	11,43
AXE LONGITU- DINAL DU PETIT LAC	4,20	7,10	4,53	11,63	12,38	16,18	24,38	15,63	15,23	7,60	3,73		11,14
PETIT LAC	4,57	7,67	5,23	9,95	12,80	16,27	24,03	18,13	15,92	8,48	4,52	3,90	11,48
LEMAN	4,60	4,83	4,96	8,94	11,85	15,49	23,50	19,42	16,95	8,87	6,47	3,90	11,20

TRANSPARENCE DE L'EAU
(METRES)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
RIVE S-E	9,10	10,50	5,00	4,25	2,75	3,30	5,80	3,95	1,90	7,85	8,60	8,90	5,99
AXE VEVEY- ST-GINGOLPH	8,80	9,43	7,50	5,75	1,78	4,43	4,75	3,55	1,98	6,00	7,50	7,90	5,64
RIVE N-E	8,28	10,00	7,53	6,05	1,68	8,53	5,30	2,73	2,03	4,98	7,38		5,86
AXE OUCHY- EVIAN	11,62	9,35	7,48	8,27	2,18	3,90	5,22	5,35	2,85	6,28	7,60	12,50	6,55
AXE ROLLE- THONON	11,68	10,85	9,58	6,53	2,85	6,65	4,97	4,50	2,25	5,75	8,60	10,63	7,09
GRAND LAC	10,31	9,85	7,52	6,66	2,20	5,21	5,26	4,33	2,25	5,93	7,74	10,41	6,29
AXE NYON- MESSERY	10,30	8,75	5,75	6,30	3,05	5,45	4,75	6,55	2,70	6,20	6,80	9,80	6,22
AXE LONGITU- DINAL DU PETIT LAC	9,50	8,33	6,33	5,63	4,13	4,40	4,77	6,77	4,27	6,73	7,03		6,17
PETIT LAC	9,75	8,30	5,88	5,73	3,65	4,83	4,55	6,45	3,70	6,40	6,90	9,80	6,10
LEMAN	10,21	9,58	7,23	6,50	2,45	5,14	5,13	4,72	2,50	6,01	7,59	10,34	6,25

Tableau No 3 TRANSPARENCE DE L'EAU LEMAN (METRES)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957			4,60		6,37	5,83	5,02		7,02		11,69		7,01
1958			10,63	9,20	3,44	4,74	7,08		4,91		10,41		7,03
1959			8,83	6,10	9,21	7,74	6,66	5,02	6,31		8,93		7,25
1960	10,53	8,73	7,73	8,51	10,27	8,34	8,56	7,13	10,67	9,92	10,00		8,81
1961	10,90	8,55	4,57		8,75	8,44	6,96	5,73	7,03		7,65	8,30	7,16
1962	11,77		8,74	4,30	4,89	5,91	7,28	6,66	6,86	9,47	9,42	12,23	7,37
1963		10,57	12,07	4,53	4,04	11,17	6,31	5,16	4,01	7,27	8,58	12,90	7,50
1964	12,67	10,80	7,52	3,40	4,32	8,00	7,09	5,42	6,08	6,87	8,49	14,10	6,75
1965	13,20	11,81	9,19	8,97	3,03	8,42	7,54	6,26	5,25	7,77	8,52	6,67	7,54
1966	8,30	7,46	7,02	5,82	4,62	7,03	4,21	5,12	5,54	9,37	9,08	10,23	6,38
1967	10,40	11,29	7,98	4,17	2,72	5,89	5,63	5,06	5,10	10,27	6,26	8,07	6,37
1968	11,40	14,13	11,69	4,48	2,63	8,87	5,78	3,89	3,47	4,92	8,74	11,30	7,11
1969	10,63	10,92	9,58	6,10	4,25	6,65	5,90	6,58	5,01	5,03	5,70	8,10	6,66
1970	12,62	11,43	10,65	7,03	2,77	7,23	4,86	5,86	5,29	4,02	7,94	8,31	7,21
1971	13,47	11,39	11,50	2,56	2,41	7,88	4,15	5,30	4,50	5,69	6,77	9,18	6,73
1972	10,71	9,56	5,88	4,68	3,31	8,44	4,54	4,52	8,43	7,89	7,65	10,28	7,03
1973	12,07	11,25	11,72	5,17	2,57	6,39	5,23	6,68	5,60	7,48	7,56	9,32	7,57
1974	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
1975	10,21	9,58	7,23	6,50	2,45	5,14	5,13	4,72	2,50	6,01	7,59	10,34	6,25

Tableau No 4 TRANSPARENCE DE L'EAU GRAND LAC (METRES)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957			4,60		5,77	5,08	5,02		7,02		11,69		6,87
1958			11,30	9,20	3,44	4,22	6,96		4,66		9,84		6,74
1959			8,93	6,10	8,88	7,15	6,68	4,88	6,25		8,97		7,13
1960			8,71		8,93	10,21	8,35	8,19	6,71		9,96		8,72
1961			4,40		8,45	7,91	6,80	5,24	6,63		7,36		6,68
1962			9,25		4,54	5,12	6,94	6,51	6,69		8,91		6,85
1963			13,06		4,04	10,86	6,33	5,17	3,99		8,77		7,58
1964			8,01	3,11	4,03	7,69	7,02	5,60	6,49		8,48		6,48
1965		12,55	9,88		2,81	8,15	7,52	5,98	5,19		8,31		7,48
1966		7,92	7,26	3,75	4,54	6,97	3,86	5,17	5,28		9,06		6,22
1967		11,28	8,10		2,71	5,57	5,43	4,77	5,04		6,30		6,18
1968		14,83	12,10	3,85	2,61	8,47	5,44	3,84	3,59	4,60	8,51		6,99
1969		11,33	9,69		4,43	5,45	6,02	6,60	4,72		5,33		6,45
1970	13,03	13,58	10,95	7,41	2,23	6,38	4,56	5,79	4,52	3,44	7,87	8,44	7,06
1971	13,98	11,87	12,31	2,42	2,43	7,58	3,86	5,14	4,42	5,61	6,56	9,09	6,71
1972	10,68	9,55	5,73	4,34	3,27	8,27	4,44	3,54	8,17	7,78	7,47	10,28	6,81
1973	12,38	11,57	12,25	5,16	2,45	5,89	5,18	6,47	5,56	7,38	7,29	9,51	7,57
1974	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
1975	10,31	9,85	7,52	6,66	2,20	5,21	5,26	4,33	2,25	5,93	7,74	10,41	6,29

Tableau No 5 TRANSPARENCE DE L'EAU PETIT LAC (METRES)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957					8,17	8,07							8,12
1958			8,83			6,30	7,43		5,57		12,10		8,05
1959			8,37		10,73	9,62	6,58	5,42	6,50		8,80		7,68
1960		10,53	8,78	7,73	7,10	10,63	8,32	9,78	8,55	10,67	9,78	10,00	9,05
1961	10,90	8,55	5,20		9,83	10,37	7,57	7,53	8,50		8,70	8,30	8,46
1962	11,77		6,87	4,30	6,17	8,80	8,53	7,17	7,50	9,47	11,30	12,23	8,55
1963		10,57	8,80	4,53	4,03	12,03	6,27	5,12	4,06	7,27	7,47	12,90	7,29
1964	12,67	10,80	5,73	4,27	5,17	9,02	7,33	4,83	4,78	6,87	8,55	14,10	7,43
1965	13,20	9,45	7,12	8,97	3,73	9,18	7,60	7,15	5,47	7,77	9,30	6,67	7,68
1966	8,30	6,03	6,28	7,20	4,87	7,22	5,38	4,98	6,43	9,37	9,17	10,23	6,79
1967	10,40	11,35	7,55	4,17	2,75	6,98	6,33	6,05	5,27	10,27	6,00	8,07	6,92
1968	11,40	11,30	10,03	5,43	2,73	10,55	7,15	4,13	2,95	5,40	9,58	11,30	7,50
1969	10,63	9,57	9,08	6,10	3,40	11,47	5,40	6,50	6,30	5,03	7,30	8,10	7,27
1970	11,00	8,57	9,28	5,53	4,97	10,60	6,05	6,10	8,55	5,93	8,23	7,87	7,75
1971	11,43	9,47	7,65	3,23	2,33	9,33	5,33	6,10	5,07	6,05	7,78	9,50	6,82
1972	10,85	9,58	6,60	6,13	3,50	9,25	5,00	9,18	9,68	8,38	8,51	10,30	8,03
1973	10,60	9,78	9,18	5,23	3,13	8,76	5,45	7,70	5,80	7,85	8,65	8,53	7,55
1974	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
1975	9,75	8,30	5,88	5,73	3,65	4,83	4,55	6,45	3,70	6,40	6,90	9,80	6,10

DETERMINATION : TEMPERATURE DE L'EAU (DEGRES CENTIGRADES)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	6,51	6,20	6,35	7,39	10,02	15,83	21,73	19,48	16,72	13,63	10,78	8,16	12,10
5 M	6,50	6,13	6,26	6,66	9,18	14,63	17,75	18,46	16,25	13,60	10,64	8,14	11,37
10 M	6,47	6,12	6,25	6,38	8,46	13,01	13,78	16,37	14,92	13,58	10,57	8,16	10,47
20 M	6,47	6,12	6,21	6,25	7,81	9,97	10,25	10,87	12,26	12,70	10,55	8,14	9,02
30 M	6,44	6,10	6,15	6,18	7,42	8,24	8,24	8,78	9,94	10,20	9,86	8,00	7,97
40 M	6,46	6,10	6,11	6,16	6,96	7,49	7,30	7,49	8,19	8,04	8,51	7,83	7,19
50 M	6,44	6,11	6,07	6,06	6,73	7,06	6,84	6,96	7,09	7,09	7,29	7,53	6,73
0-50	6,47	6,12	6,20	6,44	8,08	10,88	12,26	12,61	12,19	11,27	9,75	8,00	9,26
100 M	6,14	6,22	6,10	6,15	6,34	6,34	6,40	6,51	6,44	6,38	6,33	6,34	6,31
150 M	5,50	5,54	5,56	5,67	5,59	5,73	5,83	5,83	5,77	5,77	5,73	5,63	5,68
200 M	5,38	5,35	5,42	5,35	5,45	5,50	5,45	5,42	5,50	5,53	5,51	5,60	5,45
250 M	5,15	5,20	5,20	5,20	5,20	5,30	5,30	5,30	5,30	5,35	5,30	5,30	5,26
300 M	5,10	5,15	5,15	5,20	5,20	5,20	5,20	5,28	5,25	5,25	5,28	5,30	5,21
0-300	6,35	6,06	6,13	6,34	7,77	10,19	11,39	11,69	11,33	10,53	9,22	7,66	8,78
MOYENNES PONDEREES :													
	5,97	5,85	5,86	5,93	6,50	7,30	7,61	7,76	7,75	7,55	7,15	6,65	6,83

Tableau No 7 TEMPERATURE DE L'EAU LERIAN MOYENNES PONDEREES (DEGRES CENTIGRADES

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957					6,14	6,77	7,06		7,18		6,54		6,73
1958			5,16		6,30	6,80	7,31		7,34		6,64		6,60
1959			5,42		6,72	6,97	7,43	7,67	7,72		6,75		7,07
1960			5,58		6,77	7,11	7,51	7,74	7,27		7,01		6,95
1961			6,00		7,00	7,23	7,68	7,82			6,87		7,15
1962			5,39		6,17	7,09	7,53	7,98	8,01		6,98		6,95
1963			4,58		5,58	6,03	6,66	6,58	6,69		6,21		5,97
1964			4,76	5,21	5,77	6,38	7,13	7,07	6,91		6,17		6,29
1965		4,94	4,67		5,91	6,38	6,61	6,89	6,95		6,14		6,03
1966		5,02	5,12	5,43	6,09	6,59	7,08	7,14	7,31		6,74		6,34
1967		5,23	5,49		6,42	6,91	7,46	7,53	7,53		6,91		6,63
1968		5,39	5,43		6,36	6,95	7,32	7,48	7,55		7,30		6,73
1969		5,19	5,32		6,30	6,77	7,17	7,60	7,31		6,85		6,58
1970	5,28	5,07	5,07	5,30	5,85	6,59	7,40	7,24	7,24	7,08	6,73	6,25	6,28
1971	5,29	5,08	4,84	5,49	6,08	6,25	7,02	7,40	6,92	6,74	6,31	5,90	6,18
1972	5,38	5,17	5,32	5,60	6,11	6,80	7,21	7,29	7,30	6,95	6,71	6,36	6,37
1973	5,79	5,49	5,32	5,44	6,10	6,79	7,10	7,36	7,55	6,79	6,55	5,84	6,35
1974	5,50	5,46	5,43	6,05	6,37	6,83	7,40	7,92	7,60	6,97	6,64	6,34	6,53
1975	5,97	5,85	5,86	5,93	6,50	7,30	7,61	7,76	7,75	7,55	7,15	6,65	6,83

REGION : GRAND LAC

ANNEE : 1975

TABLEAU No 8

DETERMINATION : PH OBSERVE (UNITES DE PH)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	7,75	7,78	7,82	7,87	8,34	8,24	8,44	8,53	8,43	8,07	7,91	7,90	8,10
5 M	7,70	7,71	7,78	7,85	8,14	8,10	8,33	8,34	8,26	8,06	7,91	7,86	8,01
10 M	7,75	7,78	7,80	7,82	8,08	7,97	8,06	8,18	7,98	8,06	7,89	7,87	7,94
20 M	7,73	7,77	7,76	7,79	7,95	7,85	7,78	7,73	7,79	7,92	7,85	7,82	7,81
30 M	7,73	7,76	7,76	7,79	7,87	7,79	7,73	7,71	7,68	7,71	7,75	7,80	7,75
40 M	7,71	7,72	7,71	7,77	7,81	7,76	7,69	7,65	7,65	7,63	7,68	7,75	7,71
50 M	7,69	7,72	7,68	7,77	7,80	7,75	7,68	7,66	7,66	7,66	7,63	7,74	7,71
0-50	7,72	7,75	7,76	7,81	7,99	7,91	7,93	7,95	7,90	7,86	7,80	7,82	7,85
100 M	7,66	7,72	7,68	7,73	7,74	7,72	7,68	7,69	7,69	7,61	7,64	7,62	7,68
150 M	7,61	7,61	7,61	7,66	7,64	7,61	7,56	7,63	7,60	7,60	7,54	7,47	7,60
200 M	7,53	7,57	7,57	7,63	7,58	7,60	7,48	7,50	7,52	7,53	7,48	7,45	7,54
250 M	7,40	7,45	7,40	7,50	7,65	7,55	7,55	7,40	7,45	7,45	7,35	7,40	7,47
300 M	7,40	7,45	7,35	7,50	7,45	7,35	7,40	7,25	7,25	7,35	7,35	7,40	7,37
0-300	7,70	7,73	7,73	7,78	7,93	7,86	7,87	7,88	7,84	7,81	7,75	7,76	7,81

Tableau No 9 PH OBSERVE GRAND LAC MOYENNES DE 0 A 50 M (UNITES DE PH)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957			7,77		7,92	7,90	7,83		7,81		7,73		7,84
1958			7,68	7,80	7,82	7,83	7,91		7,82		7,68		7,79
1959			7,78	7,79	7,93	7,86	7,92	7,87	7,83		7,75		7,86
1960			7,79		7,92	7,86	7,85	7,81	7,77		7,75		7,82
1961			7,90		7,93	7,98	7,91	7,86	7,86		7,79		7,89
1962			7,73		7,94	8,01	7,97	7,89	7,90		7,84		7,90
1963			7,77		7,90	7,90	7,93	7,84	7,91		7,78		7,86
1964			7,81	7,94	7,93	7,89	7,87	7,77	7,82		7,72		7,84
1965		7,69	7,73		7,99	7,95	7,94	7,87	7,86		7,80		7,86
1966		7,79	7,84	7,94	7,96	7,94	7,85	7,83	7,88		7,79		7,86
1967		7,73	7,76		8,01	7,86	7,91	7,85	7,85		7,73		7,84
1968		7,68	7,65	7,81	7,75	7,77	7,81	7,81	7,79	7,94	7,71		7,75
1969		7,65	7,66		7,89	7,90	7,91	7,89	7,89		7,72		7,82
1970	7,52	7,67	7,61	7,61	7,82	7,78	7,79	7,85	7,91	7,80	7,83	7,75	7,75
1971	7,68	7,65	7,67	7,95	7,92	7,76	7,84	7,78	7,70	7,74	7,71	7,69	7,77
1972	7,66	7,67	7,73	7,86	7,95	7,81	7,94	7,84	7,75	7,79	7,71	7,69	7,79
1973	7,66	7,70	7,69	7,77	7,96	7,97	7,84	7,79	7,83	7,77	7,70	7,67	7,76
1974	7,65	7,67	7,70	7,86	7,99	7,88	7,89	7,84	7,84	7,77	7,78	7,69	7,80
1975	7,72	7,75	7,76	7,81	7,99	7,91	7,93	7,95	7,90	7,86	7,80	7,82	7,85

REGION : PETIT LAC
 DETERMINATION : PH OBSERVE (UNITE DE PH)
 ANNEE : 1975 TABLEAU No 10

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	8,29	8,25	8,31	8,51	8,53	8,31	8,68	8,16	8,28	8,13	7,91	7,90	8,30
5 M	8,36	8,31	8,40	8,63	8,45	8,20	8,77	7,89	8,18	8,15	7,95		8,30
10 M	8,20	8,20	8,25	8,43	8,30	8,09	8,26	7,80	8,12	8,13	7,94	7,90	8,15
20 M	8,15	8,20	8,25	8,36	8,24	7,94	7,96	7,78	7,98	7,95	7,84	7,90	8,05
30 M	8,03	8,08	8,13	8,23	8,10	7,83	7,82	7,71	7,81	7,73	7,73	7,80	7,92
40 M	8,11	8,18	8,21	8,32	8,20	7,87	7,83	7,76	7,92	7,76	7,73	7,95	7,99
50 M	8,28	8,29	8,29	8,33	8,22	7,79	7,81	7,77	7,84	7,66	7,67		8,00
0-50	8,19	8,20	8,25	8,39	8,28	8,00	8,15	7,84	8,02	7,92	7,82	7,90	8,09

Tableau No 11 PH OBSERVE PETIT LAC MOYENNE DE 0 A 50 M (UNITES DE PH)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	May.
1957					8,30	8,23	8,17	8,13	8,09		8,03		8,18
1958			8,26		7,70	8,27	8,23		8,17		7,94		8,17
1959			8,24		8,26	8,01	8,04	8,07	8,10		7,96		8,08
1960		8,01	7,93	8,27	8,10	7,83	8,02	8,03	7,72	8,05	7,86	7,96	7,96
1961	7,94	8,12	8,22		8,27	8,02	8,07	8,06	8,04		7,96	8,03	8,08
1962	8,41		8,48	8,61	8,53	8,50	8,51	8,13	8,30	8,35	8,40	8,30	8,41
1963			7,90		7,60	7,94	8,02	7,73	7,88				7,89
1964			7,90		8,07	7,88	7,87	7,70	7,84		7,75		7,85
1965		7,77	7,88		8,03	7,78	7,76	7,87	7,93		7,87		7,86
1966	7,82	7,92	8,01	7,98	7,98	8,03	7,92	8,12	7,96	7,96	7,94	7,88	7,97
1967	8,03	7,98	7,98	8,42	8,18	8,16	8,14	7,91	8,03	8,04	8,42	8,15	8,10
1968	8,06	8,10	8,08	8,39	8,40	8,33	8,05	8,19	8,25	8,32	8,09	8,06	8,20
1969	7,97	8,01	7,85	7,91	8,00	8,03	8,18	7,92	7,67	7,86	7,71	7,96	7,92
1970	8,00	8,09	8,02	8,10	8,12	8,21	8,36	8,17	7,88	8,11	8,11	7,85	8,08
1971	7,85	7,79	7,90	8,12	8,02	7,90	7,99	8,08	7,98	7,86	7,84	7,84	7,93
1972	7,78	7,80	7,96	7,92	7,91	8,08	8,02	8,01	7,89	7,95	7,85	7,85	7,92
1973	7,81	7,99	8,02	8,05	8,24	8,13	8,01	8,03	8,10	7,79	7,98	7,89	8,00
1974	8,10	8,10	7,92	8,40	8,12	8,25	8,28	8,48	8,25	8,16	8,16	8,11	8,19
1975	8,19	8,20	8,25	8,39	8,28	8,00	8,15	7,84	8,02	7,92	7,82	7,90	8,09

REGION : LEMAN
 ANNEE : 1975
 TABLEAU No 12

DETERMINATION : OXYGENE

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	10,90	11,12	11,73	12,00	13,17	11,56	13,11	10,86	11,53	9,63	9,71	10,11	11,35
5 M	11,01	11,05	11,73	12,02	12,35	11,48	14,22	10,32	11,04	9,70	9,98	11,86	11,38
10 M	10,79	10,97	11,51	11,80	11,86	10,91	11,19	9,50	9,28	9,56	10,16	10,32	10,68
20 M	10,82	10,98	11,43	11,55	11,48	10,40	9,80	8,83	8,88	9,30	9,97	10,26	10,31
30 M	10,75	10,98	11,28	11,48	11,35	10,47	9,94	9,17	8,79	8,75	9,36	10,05	10,21
40 M	10,79	10,94	11,10	11,44	11,13	10,35	10,17	9,45	9,12	8,81	9,03	10,06	10,21
50 M	10,79	10,88	10,99	11,25	11,00	10,26	10,18	9,75	9,34	9,09	8,90	9,85	10,21
0-50	10,82	10,99	11,38	11,63	11,74	10,74	11,06	9,67	9,65	9,24	9,56	10,26	10,58
100 M	9,17	10,30	10,13	10,33	10,22	10,03	9,90	9,66	9,21	9,27	8,93	8,69	9,71
150 M	8,28	9,83	8,52	8,78	8,10	8,48	8,52	8,13	7,39	7,67	7,47	7,07	8,24
200 M	6,47	6,63	6,74	5,96	6,36	6,75	6,65	6,23	5,86	6,50	5,77	6,66	6,37
250 M	4,80	5,64	5,03	5,44	5,46	5,00	5,85	4,99	4,73	5,19	4,30	4,58	5,10
300 M	3,20	2,81	2,83	2,84	3,42	3,15	2,92	2,43	2,07	1,80	0,91	0,84	2,50
0-300	10,35	10,61	10,88	11,09	11,18	10,33	10,61	9,36	9,27	8,95	9,16	9,71	10,15
MOYENNES PONDEREES :													
	8,85	9,45	9,31	9,43	9,35	9,00	9,09	8,39	8,05	8,09	7,90	8,24	8,79
TONNAGES :													
	786945	840526	827645	838233	831290	800389	807872	745910	716040	719624	702198	732910	781523

Tableau No 13 OXYGENE LEVAN MOYENNES PONDEREES (MG O2/L)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	May.
1957					10,18	10,12	9,86		8,26		9,24		9,53
1958			10,97		10,56	10,40	10,01		9,42		9,43		10,13
1959			9,87		10,47	9,79	9,69	9,48	9,19		8,15		9,64
1960			10,23		10,21	9,48	9,47	8,97	9,00		8,95		9,48
1961			9,91		9,62	9,39	9,50	9,08			8,83		9,31
1962			10,43		11,05	10,78	10,30	9,91	9,84		9,81		10,30
1963			10,89		11,06	10,37	10,12	9,97	9,96		9,77		10,35
1964			10,78	10,80	10,74	10,29	9,84	9,47	9,63		9,68		10,06
1965		10,78	10,83		10,73	10,12	9,98	9,77	9,79		9,55		10,22
1966		10,47	11,06		10,87	10,27	9,51	9,20	10,81		9,35		10,19
1967		10,28	10,17		10,29	9,86	9,54	9,21	8,99		8,73		9,67
1968		9,76	10,21		9,80	9,53	9,21	8,97	8,83		8,54		9,32
1969		9,15	9,64		9,66	8,89	8,80	8,46	8,13		8,45		8,90
1970	9,16	9,60	10,15	10,66	10,15	9,88	9,87	9,37	9,34	9,13	8,89	9,51	9,60
1971	9,77	9,85	10,40	10,60	10,28	9,70	9,56	9,19	8,84	9,04	9,20	9,54	9,66
1972	9,35	9,75	9,67	9,69	9,73	9,39	9,17	8,66	8,45	8,50	8,82	8,74	9,18
1973	8,99	9,49	10,22	10,04	9,89	9,57	8,95	8,84	8,59	8,58	8,74	9,01	9,26
1974	9,27	9,33	9,54	9,60	9,61	9,07	8,78	8,78	8,34	8,30	8,67	8,53	8,99
1975	8,85	9,45	9,31	9,43	9,35	9,00	9,09	8,39	8,05	8,09	7,90	8,24	8,79

Tableau No 14 OXYGENE (MG O2/L) TONNAGES LEMAN

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957					905556	900120	876945		734600		821452		847133
1958			975391		938949	924662	890129		837462		838533		900674
1959			877761		931158	870240	861853	843015	817593		725037		857128
1960			909293		908288	843093	842187	797675	800468		796257		842567
1961			881204		855058	835206	845076	807727			784965		827508
1962			927190		982290	958820	916301	881354	874817		872110		916202
1963			968026		983349	922264	900181	886275	885572		868968		919934
1964			958395	960311	954741	915408	874874	839411	856190		860358		894474
1965		958254	963305		954090	900189	887437	868828	870725		849425		909142
1966		930678	983135	983017	966475	912785	845773	817963	961326		831223		906115
1967		914397	904265		915405	876834	848331	818520	799564		776204		860101
1968		868040	907534		870991	847491	819289	797835	785221		759580		829032
1969		813680	856910		858835	790651	782298	752686	722761		751573		791537
1970	814247	853590	902459	947922	902436	878744	877805	833552	830482	811758	790877	845748	853458
1971	868935	875647	925018	942721	913809	862224	850421	817457	785929	803765	817696	848302	858980
1972	831550	866625	859827	861198	865039	834797	815806	769809	751450	755924	784105	777164	816485
1973	798953	844004	908901	892953	879152	850940	796217	785973	763848	762559	777105	801231	823213
1974	324508	829358	848608	853406	854186	806845	780448	780632	741524	737624	771035	758678	799446
1975	786945	840526	827645	838233	831290	800389	807872	745910	716040	719624	702198	732910	781523

Tableau No 15 OXYGENE LEMAN MOYENNE A 300 M (MG O2/L)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957					11,17	8,66	7,62		7,52		5,35		8,06
1958			9,75		7,80	6,95	6,60		4,50		4,10		6,62
1959			5,96		6,34	6,34	6,98	7,48	7,71		3,65		6,78
1960			7,44		7,12	6,29	5,35	4,32	5,19		4,66		5,77
1961			4,85		5,75	4,24	4,58	5,16			5,33		4,99
1962			4,99		6,32	5,81	5,74	4,88	4,62		5,77		5,45
1963			10,78		10,47	10,15	9,69	9,36	8,85		8,21		9,70
1964			7,53	8,12	7,97	8,49	7,35	6,13	6,09		6,61		7,22
1965		8,06	7,04		7,84	7,48	6,75	6,29	6,23		6,13		7,01
1966		7,12	7,08	7,54	7,88	7,67	6,83	6,07	6,63		5,43		6,86
1967		7,85	6,00		6,23	6,75	6,22	5,78	5,60		4,51		6,12
1968		4,70	5,44		4,34	4,98	3,88	3,65	2,91		2,68		4,07
1969		4,13	4,10		4,06	3,28	2,55	2,26	1,05		4,09		3,19
1970	4,25	4,02	10,46	9,45	8,48	7,73	6,43	9,06	4,55	6,89	4,69	6,47	6,87
1971	6,61	5,57	8,72	9,24	8,97	8,55	7,27	6,67	7,33	5,78	5,16	6,50	7,30
1972	5,45	7,41	5,34	5,57	6,55	5,86	6,05	5,39	4,79	4,12	4,63	4,02	5,49
1973	4,17	5,57	5,47	5,86	5,48	5,19	4,16	3,26	4,52	2,57	2,37	4,26	4,48
1974	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
1975	3,20	2,81	2,83	2,84	3,42	3,15	2,92	2,43	2,07	1,80	0,91	0,84	2,50

DETERMINATION : TAUX DE SATURATION EN OXYGENE (%)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	95,6	96,7	102,4	107,4	125,8	125,1	158,7	126,1	127,4	99,5	97,1	92,3	114,0
5 M	96,8	96,1	102,7	106,1	115,7	121,4	160,4	116,3	121,5	100,7	97,2	108,3	112,2
10 M	94,5	94,7	100,3	103,1	109,0	111,5	116,1	104,0	98,4	97,8	98,1	94,2	102,2
20 M	94,7	94,8	99,5	100,6	104,0	99,6	93,9	85,9	88,9	94,2	96,2	93,6	95,6
30 M	94,0	94,7	98,0	99,8	101,9	95,8	90,9	84,9	84,2	84,0	88,9	91,4	92,4
40 M	94,5	94,3	96,3	99,3	98,6	92,9	90,8	84,9	83,3	80,2	83,0	91,1	90,8
50 M	94,4	93,8	95,3	97,6	97,0	91,2	90,0	86,4	83,1	80,9	79,6	88,6	89,9
0-50	94,8	95,0	99,0	101,8	107,1	104,5	112,0	97,4	96,9	90,5	91,1	93,3	98,9
100 M	79,2	88,2	97,9	89,8	89,3	87,5	86,5	84,7	80,6	81,0	77,9	75,9	84,4
150 M	70,7	70,5	73,0	75,3	69,4	72,9	73,4	70,0	63,7	66,0	64,2	60,6	69,6
200 M	55,2	54,6	57,5	50,8	54,3	57,7	56,8	53,2	50,1	55,6	49,3	57,1	54,2
250 M	40,7	43,1	42,7	46,1	46,4	42,5	49,8	42,5	40,2	44,2	36,6	39,0	42,9
300 M	27,0	21,9	24,0	24,1	28,9	26,8	24,8	20,6	17,6	15,3	7,8	7,2	21,1
0-300	90,4	90,9	94,6	96,9	101,4	99,3	105,6	92,7	91,7	86,5	86,4	87,9	94,0
MOYENNES PONDEREES :													
	76,7	78,4	80,5	81,7	82,5	81,3	83,1	76,5	73,7	73,4	71,0	73,0	77,9

Tableau No 17 TAUX DE SATURATION EN OXYGENE LEMAN MOYENNES PONDEREES (%)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957					94,0	89,5	87,9		74,0		81,2		84,7
1958			92,9		92,3	92,2	89,8		84,5		83,1		89,2
1959			86,0		92,7	87,1	84,6	82,4	79,7		72,4		84,5
1960			87,7		90,5	84,7	85,5	81,3	80,7		79,8		84,3
1961			86,4		85,8	84,4	86,1	82,7			78,4		83,3
1962			88,8		96,2	96,0	92,7	90,4	89,5		87,0		91,4
1963			90,8		95,0	89,8	89,3	87,4	87,8		85,1		89,5
1964			90,4	91,7	92,8	90,0	87,7	83,8	85,3		84,3		87,7
1965		90,9	91,5		93,1	88,5	87,8	86,6	86,9		83,1		88,6
1966		88,4	93,6	94,6	94,6	91,0	85,0	81,7	97,0		82,6		89,1
1967		87,3	87,0		90,5	87,7	86,2	83,0	81,3		77,6		85,3
1968		83,2	87,3		86,1	84,8	82,9	81,1	80,2		76,6		82,5
1969		77,6	82,0		85,2	79,5	79,3	77,0	73,3		74,6		78,7
1970	77,8	80,6	85,8	90,7	87,8	87,1	89,1	84,2	83,9	81,4	78,8	83,0	83,8
1971	83,1	83,3	87,6	91,0	89,7	84,6	85,2	82,8	78,1	79,7	80,4	82,3	84,0
1972	80,2	82,6	82,4	83,2	84,6	83,2	82,5	77,8	75,7	75,8	78,0	76,7	80,4
1973	77,5	81,2	86,8	85,8	86,3	84,9	80,1	79,8	77,3	76,0	77,2	77,9	81,0
1974	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
1975	76,7	78,4	80,5	81,7	82,5	81,3	83,1	76,5	73,7	73,4	71,0	73,0	77,9

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

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0,030	0,014	0,041	0,065	0,075	0,052	0,008	0,029	0,029	0,033	0,008	0,011	0,034
5 M	0,050	0,014	0,046	0,035	0,120	0,066	0,008	0,015	0,037	0,030	0,010	0,042	0,040
10 M	0,021	0,008	0,037	0,036	0,085	0,069	0,010	0,010	0,033	0,025	0,010	0,005	0,031
20 M	0,046	0,008	0,024	0,044	0,045	0,047	0,007	0,009	0,019	0,019	0,008	0,007	0,025
30 M	0,028	0,013	0,036	0,042	0,038	0,017	0,005	0,010	0,018	0,013	0,020	0,013	0,022
40 M	0,031	0,008	0,031	0,031	0,038	0,014	0,004	0,009	0,029	0,013	0,013	0,009	0,020
50 M	0,027	0,010	0,022	0,033	0,038	0,012	0,009	0,013	0,018	0,015	0,013	0,013	0,019
0-50	0,033	0,011	0,033	0,041	0,059	0,038	0,007	0,014	0,026	0,021	0,012	0,012	0,026
100 M	0,011	0,014	0,007	0,009	0,008	0,011	0,032	0,003	0,006	0,009	0,012	0,008	0,011
150 M	0,007	0,005	0,006	0,008	0,007	0,010	0,008	0,001	0,007	0,005	0,017	0,008	0,007
200 M	0,012	0,007	0,007	0,014	0,005	0,008	0,010	0,006	0,018	0,005	0,013	0,008	0,010
250 M	0,008	0,004	0,005	0,007	0,011	0,005	0,009	0,000	0,010	0,005	0,007	0,007	0,006
300 M	0,007	0,006	0,005	0,006	0,011	0,011	0,008	0,005	0,014	0,006	0,038	0,016	0,011
0-300	0,029	0,010	0,029	0,037	0,052	0,034	0,009	0,012	0,023	0,019	0,012	0,012	0,024
MOYENNES PONDEREES :													
	0,019	0,009	0,016	0,021	0,026	0,018	0,013	0,007	0,015	0,011	0,013	0,010	0,015
TONNAGES :													
	1705	806	1408	1877	2285	1598	1155	594	1358	1011	1170	900	1347

Tableau No 19 AZOTE AMMONIACAL LEMAN MOYENNES PONDEREES (MG N/L)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957					0,001	0,001	0,000		0,003		0,000		0,001
1958			0,002		0,001	0,001	0,001		0,003		0,004		0,002
1959			0,004		0,002	0,002	0,003	0,002	0,001		0,001		0,002
1960			0,001		0,001	0,000	0,002	0,006	0,008		0,008		0,005
1961			0,007		0,006	0,011	0,010	0,004			0,000		0,006
1962			0,016		0,010	0,021	0,005	0,002	0,005		0,006		0,010
1963			0,003		0,017	0,015	0,013	0,004	0,004		0,003		0,009
1964			0,003		0,015	0,012	0,009	0,028	0,007		0,009		0,013
1965		0,005	0,010		0,010	0,003	0,005	0,005	0,004				0,006
1966		0,002		0,008	0,008	0,012	0,013	0,002	0,005		0,004		0,007
1967		0,003	0,002		0,004	0,007	0,007	0,006	0,001		0,006		0,005
1968		0,003	0,004		0,008	0,011	0,006	0,014	0,004		0,006		0,008
1969		0,004	0,008			0,005	0,002	0,002	0,010		0,005		0,007
1970	0,004	0,005	0,007	0,005	0,004	0,019	0,002	0,009	0,004	0,008	0,006	0,002	0,007
1971	0,005	0,009	0,007	0,023	0,023	0,016	0,011	0,009	0,008	0,011	0,010	0,016	0,013
1972	0,013	0,015	0,015	0,010	0,017	0,022	0,020	0,022	0,020	0,018	0,012	0,007	0,016
1973	0,022	0,012	0,010	0,009	0,018	0,026	0,018	0,018	0,016	0,021	0,021	0,014	0,017
1974	0,023	0,021	0,013	0,018	0,023	0,019	0,013	0,022	0,013	0,019	0,020	0,028	0,019
1975	0,019	0,009	0,016	0,021	0,026	0,016	0,013	0,007	0,015	0,011	0,013	0,010	0,015

Tableau No 20 AZOTE AMMONIACAL LEMAN TONNAGES (MG N/L)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avt.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957					84	130	20		296		42		126
1958			182		59	47	51		263		334		168
1959			374		222	200	300	199	124		56		208
1960			123		130	36	156	568	748		674		449
1961			604		553	1004	905	329			34		578
1962			1422		863	1858	451	200	429		504		903
1963			276		1511	1330	1173	379	315		253		818
1964			248		1292	1104	776	2454	655		777		1145
1965			888		867	244	414	436	322				569
1966		211		708	699	1040	1122	213	433		357		597
1967		226	208		341	612	643	513	128		566		446
1968		303	335		726	945	552	1245	382		543		682
1969		386	672			438	175	218	862		450		651
1971	464	821	628	2020	2076	1428	1012	812	715	956	871	1441	1150
1972	1113	1326	1316	851	1516	1977	1769	1998	1820	1586	1049	648	1461
1973	1952	1094	891	802	1644	2284	1582	1626	1455	1825	1879	1232	1520
1974	2042	1857	1188	1603	2063	1705	1125	1921	1172	1653	1735	2531	1711
1975	1075	806	1408	1877	2285	1598	1155	594	1358	1011	1170	900	1347

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

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0,001	0,003	0,003	0,005	0,007	0,011	0,009	0,004	0,003	0,006	0,004	0,003	0,005
5 M	0,001	0,003	0,003	0,005	0,006	0,011	0,010	0,003	0,002	0,006	0,004	0,003	0,005
10 M	0,001	0,004	0,003	0,004	0,006	0,012	0,017	0,005	0,004	0,006	0,004	0,003	0,006
20 M	0,001	0,002	0,003	0,005	0,006	0,008	0,008	0,003	0,004	0,005	0,004	0,003	0,004
30 M	0,001	0,002	0,002	0,005	0,006	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003
40 M	0,001	0,003	0,003	0,005	0,005	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,002	0,002
50 M	0,001	0,004	0,003	0,004	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002
0-50	0,001	0,003	0,003	0,005	0,006	0,006	0,007	0,003	0,002	0,004	0,003	0,002	0,004
100 M	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001
150 M	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
200 M	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
250 M	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
300 M	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,004	0,002	0,010	0,004	0,002
0-300	0,001	0,003	0,002	0,004	0,005	0,006	0,006	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003
MOYENNES PONDEREES :													
	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002
TONNAGES :													
	58	181	136	212	214	219	295	180	131	149	167	125	175

Tableau Nc 22 AZOTE NITREUX LEMAN TONNAGES (MG N/L)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957					102	118	112		81		62		98
1958			13		59	449	306		48		94		189
1959			52		138	146	117	62	81		54		94
1960			39		142	104	93	68	100		125		95
1961			54		144	82	73	47			81		79
1962					145	303	108	125	78		70		131
1963			102		101	377	119	93	64		76		123
1964			25		156	328	86	100	75		84		115
1965		89	38		100	434	71	91	576				178
1966		65		238	274	188	79	52	33		71		106
1967		18	22		127	326	115	25	42		63		91
1968		39	24		164	114	88	59	39		98		73
1969		41	56			162	243	64	67		39		115
1970	38	371	9	120	253	171	177	111	69	165	95	167	140
1971	145	88	128	111	197	210	126	57	170	197	177	157	144
1972	67	81	96	102	218	141	213	133	220	259	86	186	148
1973	165	47	67	71	251	733	305	194	131	221	172	110	207
1974	107	70	97	186	340	200	317	230	165	146	195	69	178
1975	58	181	136	212	214	219	295	180	131	149	167	125	175

DETERMINATION : AZOTE NITRIQUE (NITRATES) (MG N/L)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0,45	0,47	0,44	0,42	0,29	0,25	0,10	0,12	0,12	0,17	0,28	0,35	0,28
5 M	0,43	0,46	0,43	0,45	0,33	0,27	0,14	0,16	0,14	0,17	0,28	0,40	0,30
10 M	0,44	0,44	0,42	0,42	0,37	0,30	0,25	0,21	0,19	0,17	0,27	0,36	0,32
20 M	0,44	0,45	0,42	0,43	0,39	0,36	0,40	0,41	0,33	0,24	0,29	0,37	0,38
30 M	0,44	0,45	0,44	0,42	0,42	0,41	0,44	0,45	0,43	0,38	0,35	0,38	0,42
40 M	0,43	0,44	0,43	0,43	0,44	0,45	0,44	0,47	0,47	0,45	0,42	0,38	0,44
50 M	0,43	0,45	0,45	0,43	0,46	0,45	0,44	0,48	0,49	0,48	0,48	0,43	0,46
0-50	0,44	0,45	0,43	0,43	0,39	0,36	0,33	0,33	0,32	0,30	0,34	0,38	0,37
100 M	0,47	0,45	0,45	0,44	0,49	0,47	0,45	0,47	0,48	0,47	0,46	0,48	0,47
150 M	0,48	0,46	0,47	0,44	0,49	0,47	0,45	0,48	0,48	0,46	0,48	0,51	0,47
200 M	0,47	0,46	0,45	0,45	0,48	0,47	0,45	0,52	0,48	0,47	0,46	0,48	0,47
250 M	0,49	0,46	0,46	0,48	0,49	0,49	0,47	0,50	0,49	0,48	0,46	0,56	0,48
300 M	0,48	0,44	0,44	0,46	0,46	0,44	0,46	0,51	0,50	0,49	0,48	0,53	0,47
0-300	0,44	0,45	0,44	0,43	0,40	0,38	0,34	0,35	0,34	0,33	0,36	0,40	0,39
MOYENNES PONDEREES :													
	0,46	0,45	0,45	0,44	0,46	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42	0,43	0,46	0,44
TONNAGES :													
	40763	40239	39744	39243	40542	39015	37292	40043	38854	37469	38110	40609	39206

Tableau No 24 AZOTE NITRIQUE LEMAN MOYENNES PONDEREES (MG N/L)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957						0,26	0,27						0,27
1958			0,28		0,26	0,29	0,32		0,25		0,34		0,29
1959			0,33		0,29	0,31	0,32	0,30	0,28		0,33		0,31
1960			0,37		0,38	0,36	0,33	0,39	0,39		0,33		0,37
1961			0,33		0,38	0,41	0,39	0,39			0,39		0,39
1962			0,42		0,41								0,41
1963			0,35		0,32	0,31	0,29	0,34	0,36		0,33		0,34
1964			0,33		0,28	0,38	0,38	0,36	0,32		0,40		0,36
1965		0,37	0,40		0,37	0,38	0,39	0,48	0,43				0,41
1966		0,53		0,40	0,33	0,35	0,35	0,36	0,37		0,34		0,38
1967		0,34	0,39		0,33	0,39	0,28	0,30	0,31		0,30		0,34
1968		0,35	0,37		0,41		0,41	0,42	0,33		0,39		0,38
1969		0,37	0,43			0,32	0,34	0,28	0,22		0,38		0,36
1970	0,42	0,38	0,40	0,40	0,34	0,37	0,37	0,34	0,36	0,41	0,37	0,43	0,38
1971	0,41	0,41	0,38	0,39	0,35	0,37	0,36	0,37	0,36	0,36	0,33	0,38	0,37
1972	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,39	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39	0,41	0,39
1973	0,42	0,42	0,40	0,40	0,38	0,38	0,37	0,42	0,39	0,40	0,38	0,40	0,40
1974	0,45	0,43	0,47	0,44	0,42	0,42	0,41	0,44	0,42	0,41	0,40	0,46	0,43
1975	0,46	0,45	0,45	0,44	0,46	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42	0,43	0,46	0,44

Tableau No 25 AZOTE NITRIQUE LEMAN TONNAGES (MG N/L)

Années	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957						22856	24112						23829
1958			24803		23192	25538	28878		22058		30417		25959
1959			29152		25659	27264	28814	26947	24617		29096		27314
1960			32888		34122	31716	29494	34277	34849		29257		32970
1961			29460		33587	36282	34980	34236			34427		34465
1962			36912		36505								36491
1963			31478		28190	27803	25759	30310	31729		29236		29856
1964			28952		25187	34089	33862	32187	28429		35150		31854
1965		33304	35273		33219	33357	35068	42626	38335				36500
1966		47219		35750	29634	31113	31091	31673	33037		30114		33907
1967		30098	34875		29741	34771	24773	27048	27948		26952		30053
1968		31522	33340		36087		36693	37296	29366		34277		33641
1969		32630	37958			28096	29825	24962	28150		33654		31887
1971	36693	36453	33385	34360	30764	33173	32081	32485	32212	31848	28961	33990	32617
1972	35650	35114	34828	33355	34056	34638	35000	33683	34662	33535	34366	36487	34502
1973	37301	37268	35145	35498	33611	34067	32976	37664	34734	35679	33479	35172	35183
1974	40452	38606	41706	38948	37660	37519	36637	38744	37240	36373	36005	40770	38303
1975	40763	40239	39744	39243	40542	39015	37292	40043	38854	37469	38110	40609	39206

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

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0,051	0,049	0,052	0,052	0,025	0,029	0,016	0,007	0,010	0,013	0,025	0,039	0,030
5 M	0,052	0,047	0,050	0,051	0,036	0,037	0,017	0,004	0,010	0,007	0,016	0,038	0,030
10 M	0,056	0,052	0,055	0,053	0,039	0,039	0,023	0,014	0,013	0,011	0,019	0,036	0,034
20 M	0,054	0,055	0,055	0,055	0,047	0,051	0,052	0,036	0,026	0,017	0,022	0,036	0,043
30 M	0,055	0,057	0,057	0,053	0,047	0,051	0,055	0,052	0,049	0,040	0,036	0,041	0,050
40 M	0,052	0,056	0,060	0,052	0,050	0,056	0,058	0,059	0,056	0,054	0,052	0,047	0,055
50 M	0,052	0,054	0,056	0,054	0,050	0,057	0,063	0,064	0,063	0,061	0,062	0,063	0,058
0-50	0,053	0,053	0,055	0,053	0,042	0,046	0,042	0,035	0,034	0,030	0,034	0,043	0,043
100 M	0,069	0,069	0,067	0,064	0,060	0,051	0,070	0,067	0,071	0,061	0,097	0,082	0,069
150 M	0,076	0,074	0,078	0,069	0,078	0,064	0,071	0,077	0,071	0,071	0,083	0,085	0,074
200 M	0,084	0,089	0,094	0,089	0,089	0,075	0,086	0,086	0,086	0,088	0,108	0,083	0,088
250 M	0,100	0,093	0,098	0,089	0,090	0,082	0,095	0,098	0,087	0,097	0,094	0,100	0,093
300 M	0,117	0,153	0,118	0,115	0,105	0,107	0,103	0,123	0,133	0,145	0,178	0,156	0,128
0-300	0,057	0,058	0,059	0,057	0,047	0,049	0,047	0,042	0,041	0,038	0,044	0,051	0,049
MOYENNES PONDEREES :													
	0,069	0,070	0,071	0,067	0,064	0,060	0,067	0,066	0,064	0,062	0,075	0,072	0,067
TONNAGES :													
	6163	6244	6347	5956	5692	5310	5915	5838	5711	5525	6702	6410	5968

ANNEE : 1975

TABLEAU No 27

REGION : LEMAN

DETERMINATION : PHOSPHORE ORGANIQUE

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0,022	0,027	0,021	0,026	0,042	0,031	0,031	0,033	0,044	0,029	0,024	0,020	0,030
5 M	0,028	0,025	0,031	0,033	0,054	0,026	0,044	0,049	0,050	0,035	0,021	0,017	0,035
10 M	0,019	0,021	0,023	0,027	0,035	0,028	0,042	0,037	0,029	0,028	0,019	0,019	0,027
20 M	0,022	0,020	0,019	0,024	0,028	0,032	0,036	0,029	0,023	0,024	0,022	0,018	0,025
30 M	0,021	0,019	0,021	0,023	0,027	0,023	0,026	0,027	0,022	0,021	0,022	0,020	0,023
40 M	0,023	0,019	0,023	0,025	0,025	0,024	0,024	0,026	0,020	0,022	0,022	0,021	0,023
50 M	0,025	0,022	0,021	0,020	0,026	0,025	0,027	0,025	0,019	0,020	0,020	0,019	0,023
0-50	0,023	0,022	0,022	0,025	0,033	0,027	0,032	0,031	0,028	0,025	0,022	0,019	0,026
100 M	0,010	0,015	0,012	0,010	0,009	0,033	0,008	0,024	0,029	0,015	0,014	0,023	0,017
150 M	0,008	0,010	0,009	0,008	0,008	0,015	0,010	0,019	0,020	0,018	0,010	0,011	0,012
200 M	0,006	0,009	0,013	0,006	0,006	0,028	0,007	0,022	0,020	0,018	0,010	0,010	0,013
250 M	0,009	0,014	0,013	0,008	0,005	0,021	0,006	0,009	0,015	0,018	0,016	0,004	0,012
300 M	0,010	0,016	0,010	0,007	0,007	0,014	0,007	0,008	0,029	0,027	0,017	0,013	0,014
0-300	0,021	0,020	0,020	0,022	0,029	0,027	0,031	0,030	0,028	0,024	0,020	0,019	0,024
MOYENNES PONDEREES :													
	0,015	0,016	0,016	0,015	0,017	0,025	0,017	0,023	0,024	0,020	0,016	0,016	0,019
TONNAGES :													
	1297	1441	1384	1290	1495	2259	1536	2083	2120	1759	1437	1441	1650

DETERMINATION : PHOSPHORE TOTAL (MG P/L)

	JANV.	FEVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCTO.	NOVE.	DECE.	MOY.
0 M	0,074	0,077	0,073	0,078	0,067	0,059	0,046	0,040	0,054	0,042	0,049	0,058	0,060
5 M	0,079	0,071	0,081	0,084	0,090	0,063	0,061	0,052	0,059	0,042	0,037	0,055	0,065
10 M	0,075	0,073	0,077	0,079	0,075	0,067	0,065	0,051	0,042	0,039	0,039	0,055	0,062
20 M	0,077	0,075	0,074	0,079	0,075	0,083	0,080	0,065	0,049	0,041	0,044	0,054	0,067
30 M	0,076	0,076	0,078	0,076	0,074	0,073	0,080	0,079	0,071	0,061	0,059	0,061	0,072
40 M	0,075	0,075	0,083	0,078	0,075	0,080	0,079	0,085	0,076	0,076	0,074	0,067	0,077
50 M	0,077	0,076	0,076	0,074	0,077	0,082	0,086	0,089	0,082	0,081	0,082	0,082	0,080
0-50	0,076	0,075	0,077	0,078	0,075	0,073	0,071	0,067	0,062	0,055	0,056	0,062	0,069
100 M	0,079	0,084	0,079	0,074	0,068	0,084	0,071	0,091	0,100	0,076	0,111	0,105	0,085
150 M	0,085	0,084	0,086	0,077	0,086	0,079	0,083	0,096	0,092	0,089	0,093	0,096	0,087
200 M	0,090	0,098	0,107	0,095	0,095	0,103	0,087	0,108	0,106	0,106	0,118	0,093	0,102
250 M	0,109	0,106	0,111	0,097	0,095	0,103	0,099	0,107	0,093	0,115	0,110	0,104	0,105
300 M	0,127	0,169	0,128	0,122	0,112	0,121	0,112	0,131	0,162	0,171	0,195	0,169	0,143
0-300	0,078	0,078	0,080	0,079	0,076	0,075	0,072	0,072	0,068	0,061	0,064	0,070	0,073
MOYENNES PONDEREES :													
	0,084	0,086	0,087	0,081	0,081	0,085	0,080	0,089	0,087	0,082	0,092	0,088	0,086
TONNAGES :													
	7460	7685	7731	7246	7187	7564	7144	7921	7767	7284	8139	7851	7611

Tableau No 29 PHOSPHORE TOTAL LEMAN MOYENNES PONDEREES (MG P/L)

Années	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
1957					0,018	0,012	0,011			0,009		0,016		0,013
1958			0,012		0,011	0,011	0,010			0,018		0,013		0,012
1959			0,009		0,011	0,010	0,013		0,008	0,013		0,013		0,011
1960			0,014		0,016	0,019	0,013		0,017	0,016		0,019		0,016
1961			0,021		0,016	0,024	0,015		0,037			0,019		0,021
1962			0,019		0,025	0,030	0,020		0,021	0,015		0,015		0,021
1963			0,025		0,055	0,018	0,050			0,033		0,062		0,039
1964			0,072		0,091	0,096	0,078		0,060	0,023		0,022		0,062
1965		0,046	0,042		0,048	0,064	0,089		0,025	0,088				0,057
1966		0,042		0,039	0,052	0,044	0,038		0,043	0,038		0,049		0,044
1967		0,013	0,028		0,014	0,023	0,067		0,024	0,029		0,026		0,028
1968		0,032			0,052		0,058		0,039	0,045		0,038		0,043
1969		0,057				0,027	0,032		0,068	0,061		0,068		0,050
1970	0,104	0,145	0,132	0,114	0,144	0,113	0,048		0,080	0,072	0,085	0,127	0,070	0,104
1971	0,069	0,064	0,059	0,065	0,064	0,065	0,062		0,075	0,064	0,064	0,087	0,064	0,067
1972	0,065	0,071	0,072	0,065	0,066	0,066	0,098		0,067	0,068	0,075	0,070	0,075	0,072
1973	0,087	0,073	0,077	0,078	0,080	0,087	0,079		0,084	0,089	0,081	0,086	0,097	0,083
1974	0,075	0,084	0,080	0,079	0,076	0,084	0,076		0,074	0,084	0,080	0,083	0,086	0,080
1975	0,084	0,086	0,087	0,081	0,081	0,085	0,080		0,089	0,087	0,082	0,092	0,088	0,086

Tableau No 30 PHOSPHORE TOTAL LEMAN TONNAGES (MG P/L) Moy.

Années	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
1957					1592	1045	1011			756		1428		1151
1958			1039		939	1018	925			1599		1139		1103
1959			760		1002	893	1169	741		1112		1172		976
1960			1203		1388	1734	1141	1479		1463		1719		1443
1961			1827		1466	2096	1308	3266				1706		1872
1962			1727		2245	2654	1806	1835		1364		1357		1859
1963			2223		4898	1571	4423			2960		5522		3506
1964			6428		8113	8574	6939	5332		2087		1989		5542
1965		4055	3766		4270	5727	7923	2240		7832				5098
1966		3774		3462	4651	3913	3372	3850		3369		4317		3903
1967		1128	2507		1203	2049	5939	2165		2568		2337		2530
1968		2863			4647		5157	3490		3990		3403		3860
1969		5044				2371	2881	6065		5428		6009		4408
1970	9239	12913	11740	10167	12822	10016	4302	7144		6433	7532	11332	6191	9276
1971	5114	5714	5281	5757	5728	5769	5510	6662		5713	5652	7739	5689	5916
1972	5756	6337	6372	5801	5851	6026	8738	5938		6031	6660	6201	6711	6377
1973	7706	6520	6828	6897	7121	7718	7020	7434		7888	7206	7612	8581	7376
1974	6656	7427	7087	7010	6773	7497	6786	6621		7499	7075	7348	7644	7124
1975	7460	7685	7731	7246	7187	7564	7144	7921		7767	7284	8139	7851	7611

ETUDE DU PHYTOPLANCTON DES EAUX VAUDOISES DU LEMAN

Campagne 1975

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

1. Situation 1975

Les stations de prélèvement VD 1, VD 3, VD 4 et VD 5 ont été visitées mensuellement en 1975 et le phytoplancton y a été récolté au filet. Ces résultats ne concernent donc qu'une fraction de la communauté planctonique puisque le nannoplancton s'en trouve exclu. Cependant, une image même fragmentaire offre toujours une valeur comparative et les résultats des années précédentes ne décrivent que le phytoplancton récolté au filet.

En 1975, comme au cours des années 1973 et 1974, les stations VD 1, VD 3 et VD 4 montrent, du point de vue structure des communautés phytoplanctoniques, une grande ressemblance tandis que la station VD 5 présente quelques particularités.

Dans les 4 stations, les valeurs de la diversité spécifique ont été calculées à partir de l'indice de Preston décrit dans le rapport précédent. Si une espèce constitue à elle seule le 100 % de l'effectif total, la diversité spécifique sera minimale et la valeur de l'indice de Preston sera égale à 1. Si par exemple, dans une communauté de 10 espèces, chacune d'elles représente le 10 % de l'effectif total, la diversité spécifique sera élevée et la valeur de l'indice de Preston sera égale à 10. Dans le Léman, les valeurs observées se situent entre 1.3 et 6.5. L'interprétation écologique d'un tel indice est la suivante : dans les eaux où l'eutrophisation augmente, certaines espèces semblent avantagées et elles prolifèrent jusqu'à constituer l'essentiel de la communauté phytoplanctonique. De ce fait, la diversité spécifique diminuera et l'indice de Preston permet de décrire de manière synthétique cette évolution.

Les valeurs et les variations mensuelles de la diversité spécifique calculées dans les 4 stations présentent une grande similarité entre elles (tableau 1). Ces similarités se retrouvent dans la liste des espèces numériquement dominantes (tableaux 2 à 5). D'une manière générale, la succession saisonnière des espèces numériquement dominantes est décrite dans la figure 1. La densité des algues augmente de janvier à avril et les Diatomées *Fragilaria crotonensis*, puis *Melosira islandica* forment l'essentiel des populations. D'avril à juin, la densité du phytoplancton diminue régulièrement tandis que *Melosira islandica* reste prépondérante. Juin se caractérise par une densité algale extrêmement faible où *Staurastrum paradoxum* occupe la place principale. La plus importante poussée planctonique survient en juillet. Elle est constituée par *Fragilaria crotonensis* accompagnée d'*Asterionella formosa* dans les stations VD 1 et VD 2. En août, la densité baisse dans toutes les stations tandis que *Ceratium hirundinella* devient l'espèce dominante. Cette prépondérance s'accroît en septembre avec l'augmentation de la densité de *Ceratium*. Puis la concentration du phytoplancton décroît de septembre à décembre. La tendance observée dans la station VD 5 est un peu différente, car la concentration du plancton y augmente en octobre. A la fin de l'année *Mougeotia* (cf. *gracillima*) devient l'espèce la plus fréquente dans toutes les stations.

En 1975, le Léman reste un lac à Diatomées qui abondent pendant presque toute l'année et constituent la masse de la poussée planctonique de juillet. Le péridinien *Ceratium hirundinella* leur dispute cette suprématie en août et septembre.

2. Comparaison entre 1974 et 1975 (figure 2)

Dans les stations VD 3 et VD 4, les valeurs mensuelles de la diversité spécifique sont significativement plus élevées en 1975 qu'en 1974 (Test de Wilcoxon, $p \leq 0,05$). Dans les stations VD 1 et VD 5, les diversités spécifiques de 1975 ne sont pas significativement différentes de celles de 1974 (Test de Wilcoxon, $p > 0,05$). Les différences observées entre les diversités spécifiques de 1974 et de 1975 sont particulièrement accentuées au cours des mois de janvier et de février. Ces résultats montrent que la dominance numérique d'un nombre restreint d'espèces, caractéristique de 1974, est en recul. Le nombre total d'individus est réparti plus régulièrement entre les différentes espèces.

Les espèces numériquement dominantes en 1975 sont les mêmes qu'en 1974 en ce qui concerne les Diatomées. Ce sont *Fragilaria crotonensis*, *Melosira islandica* et *Asterionella formosa*. L'importance relative de *Melosira binderana* et *Fragilaria virescens* diminuent en 1975 par rapport à 1974. Ces algues ne participent pas à de fortes poussées planctoniques en 1975. Des espèces peu fréquentes en 1974 deviennent abondantes en 1975, ce sont : une espèce d'*Ulothrix*, en octobre et novembre; *Tribonema ambiguum*, en septembre et octobre. L'année 1975 diffère de l'année 1974 par l'absence de fortes poussées planctoniques de Cyanophycées (absence d'*Aphanizomenon flos aquae*) et par la prolifération de *Ceratium hirundinella* en août et septembre.

3. Evolution du phytoplancton de 1965 à 1975

Les résultats obtenus de 1973 à 1975 montrent que la structure des communautés phytoplanctoniques ne diffère guère d'une station à l'autre. Les mêmes espèces sont en général abondantes au même moment dans toutes les stations

étudiées. De même, les densités algales et la diversité spécifique sont comparables.

En raison de cette homogénéité, il semble raisonnable de limiter les comparaisons dans le temps à la station VD 4. Le rapport 1974 donne le détail des résultats obtenus de 1965 à 1974 dans cette station.

Replacée dans ce contexte général, l'année 1975 apparaît comme une année assez "classique" si l'on fait exception de la poussée de *Ceratium hirundinella* qui fait penser à l'année 1968. En effet, les espèces numériquement dominantes au cours de chaque mois de 1975 sont celles qui, en moyenne, étaient le plus souvent abondantes à ce moment-là de l'année entre 1965 et 1974 (tableau 12 du rapport 1974). La moyenne annuelle de la diversité spécifique s'accroît et atteint une valeur qui n'avait pas été observée depuis 1971.

L'augmentation de la diversité spécifique constatée en 1975 ne reflète que l'évolution d'une partie de la communauté planctonique. En effet, au cours de certains mois, où la diversité spécifique du "net-plancton" est élevée, pullulent une ou plusieurs espèces nannoplanctoniques. Cette pullulation, qui n'est pas prise en considération du fait de la méthode de prélèvement utilisée, correspond à une augmentation de la dominance de quelques espèces minuscules, donc à une diminution de la diversité spécifique globale. Les indices de diversité spécifique ne donneront une indication valable de l'évolution du Léman que s'ils tiennent compte de toutes les espèces du phytoplancton, petites ou grandes. Pour cette raison, l'augmentation de la diversité spécifique au niveau du "net-plancton" ne peut pas être considérée comme un signe encourageant.

4. Evolution du zooplancton en 1975 (figure 3)

La densité des Rotifères récoltés au filet à microplancton présente l'évolution suivante : faible de janvier à juin, elle augmente fortement jusqu'en septembre où elle atteint son apogée, puis elle diminue jusqu'en décembre où les valeurs observées sont faibles. Les espèces les plus abondantes sont *Keratella cochlearis*, *Keratella cochlearis* var. *hispida* et *Polyarthra trigla* de juillet à novembre, tandis que *Trichocerca similis* prédomine en octobre.

Les copépodes sont les plus abondants des crustacés planctoniques récoltés au filet au macroplancton. Leur abondance augmente de janvier jusqu'en mai où elle atteint une valeur maximum, puis elle diminue jusqu'en août. Elle augmente à nouveau en septembre, puis baisse par la suite. Les populations de Cladocères suivent une évolution semblable. La forte concentration des crustacés planctoniques observée en mai, peut être mise en parallèle avec la baisse de densité observée au niveau du phytoplancton un mois plus tard.

Fig. 1 Fluctuations mensuelles de la concentration en cellules algales exprimées en milliers de cellules par litre. Les espèces les plus abondantes sont représentées par le code ci-dessous :

FC *Fragilaria crotonensis*, MI *Melosira islandica*, AF *Asterionella formosa*, MG *Mougeotia gracillima*, USP *Ulothrix species*, SP *Staurastrum paradoxum*, CH *Ceratium hirundinella*, MB *Melosira binderana*, FV *Fragilaria virescens*.

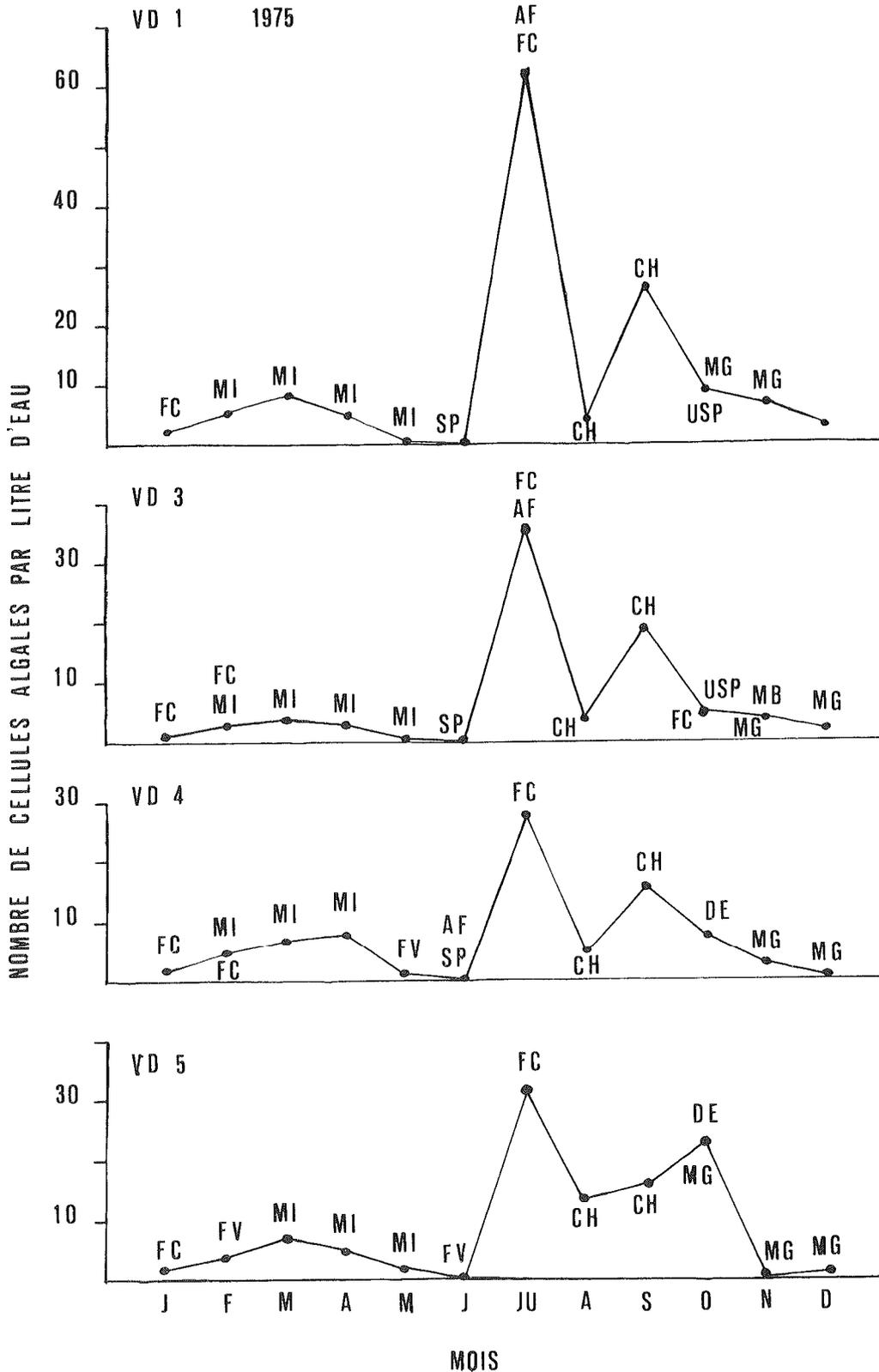


Fig. 2 Fluctuations mensuelles de la diversité spécifique en 1974 et 1975.

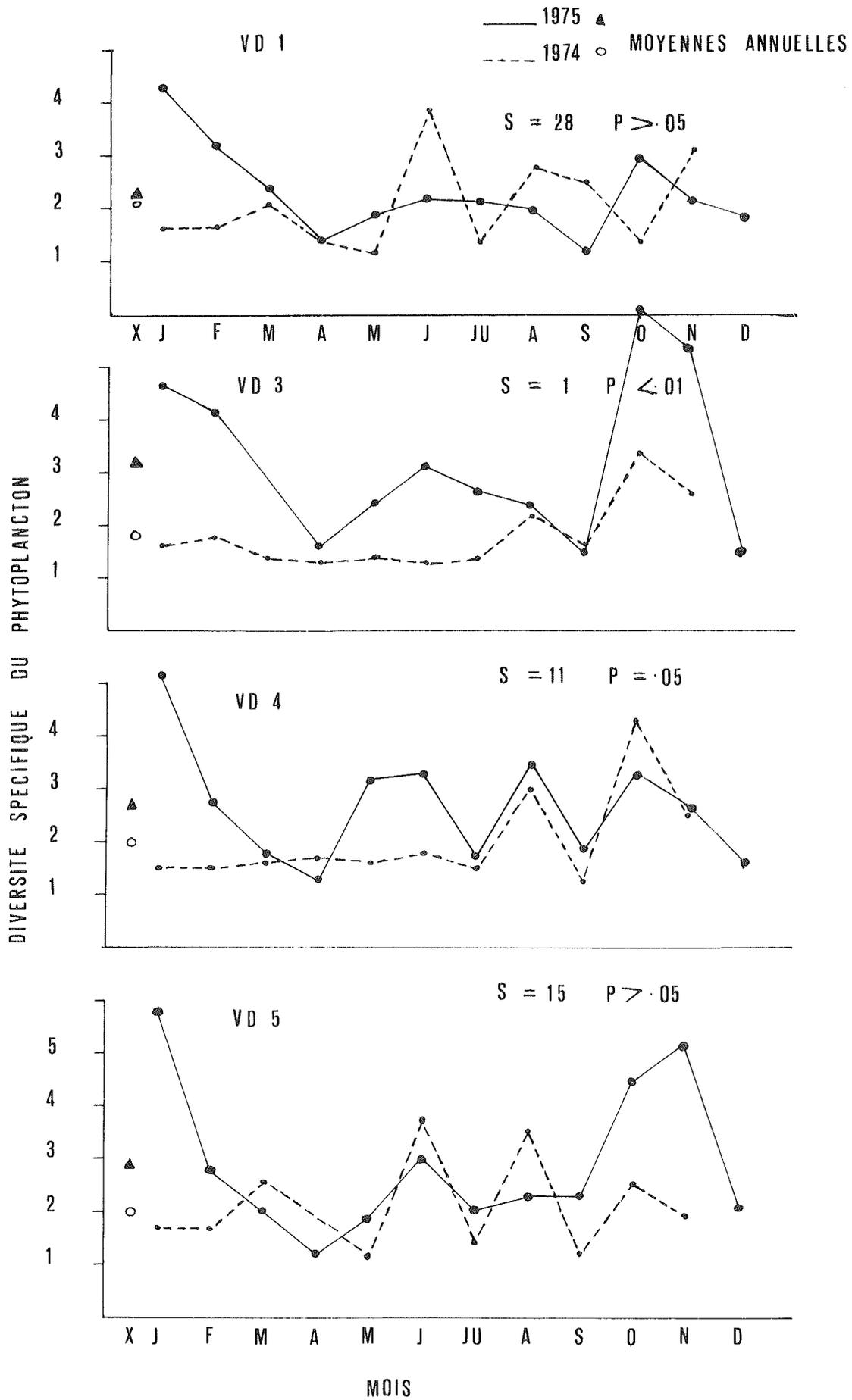


Fig. 3 Fluctuations mensuelles de la densité du zooplancton exprimées en nombre d'individus par trait de filet. Les espèces les plus abondantes sont représentées par le code ci-dessous :

EG *Eudiaptomus gracilis*, CS *Cyclops strenuus*, D *Diaptomus vulgaris*,
 KC *Keratella cochlearis*, NA *Notholca acuminata*, PY *Polyarthra*
trigla, KH *Keratella cochlearis* var. *hispida*, TS *Trichocerca similis*.

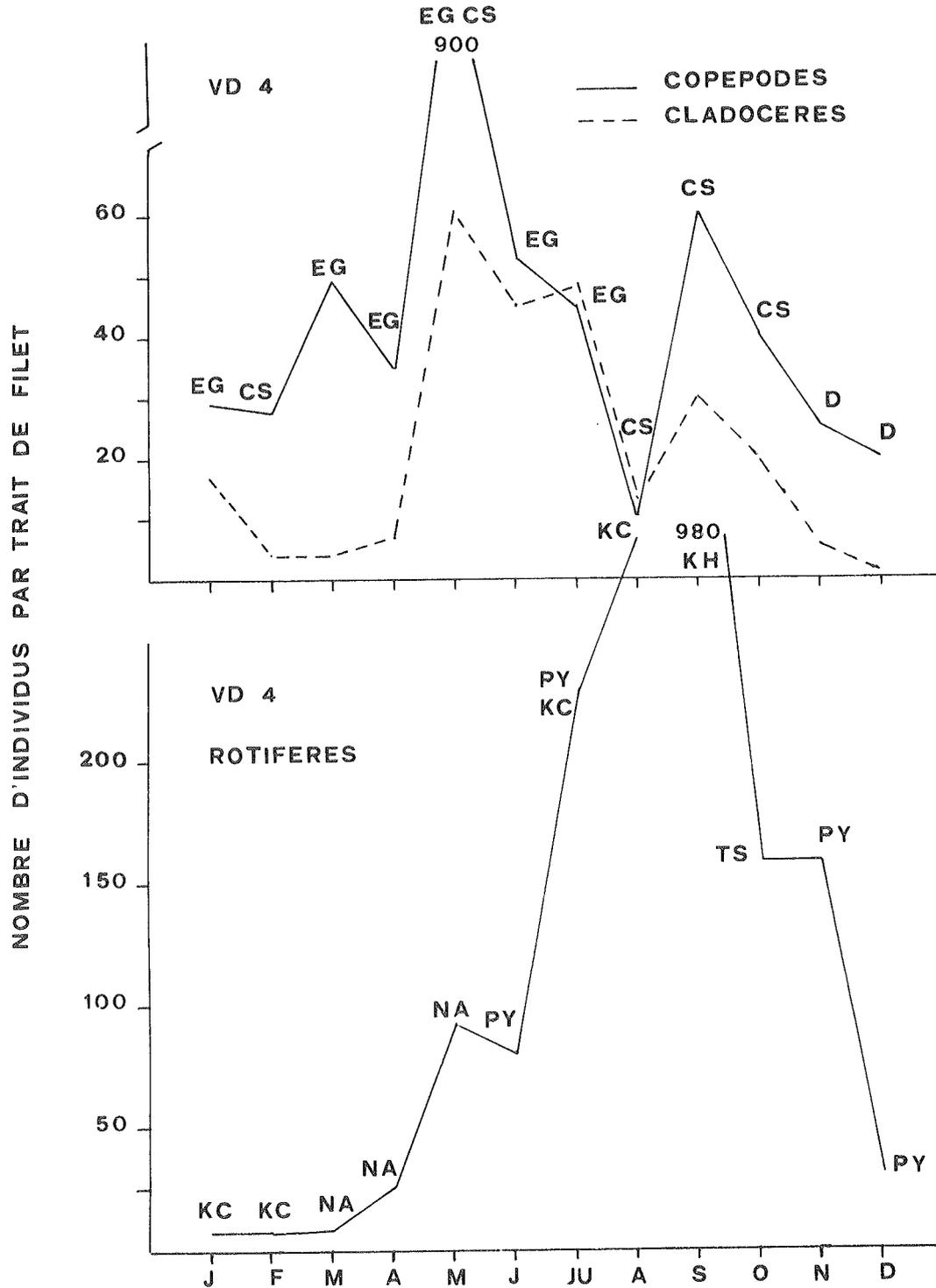


Tableau No 1

DIVERSITE SPECIFIQUE DU PHYTOPLANCTON RECOLTE AU FILET
DANS LA REGION VAUDOISE DU LEMAN (campagne 1975)

Mois \ Station	VD 1	VD 3	VD 4	VD 5
Janvier	4'257	4'668	5'246	5'780
Février	3'224	4'188	2'805	2'768
Mars	2'410	2'879	1'850	2'027
Avril	1'338	1'598	1'267	1'202
Mai	1'914	2'414	3'242	1'939
Juin	2'232	3'150	3'350	3'007
Juillet	2'190	2'694	1'757	2'050
Août	2'037	2'388	3'524	2'317
Septembre	1'190	1'496	1'895	2'280
Octobre	3'001	6'142	3'294	4'506
Novembre	2'209	5'485	2'727	5'258
Décembre	1'944	1'470	1'733	2'108
Moyenne	2'328	3'214	2'728	2'936

Tableau No 2

ESPECES PHYTOPLANKTONIQUES NUMERIQUEMENT DOMINANTES

STATION VD 1

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de cellules/l	2'397	4'989	7'770	5'245	213	22	62'655	4'108	26'117	9'067	6'783	2'812
<u>ESPECES</u> %												
<i>Oscillatoria tenuis</i>	7,7											
<i>Melosira islandica</i>	7,1	43,0	53,1	85,7	70,8							
<i>Melosira binderana</i>	6,0									5,0		9,7
<i>Diatoma elongatum</i>	18,9	9,1										
<i>Fragilaria crotonensis</i>	74,5	32,6	35,6		6,6	40,7	38,5	17,4		17,6		
<i>Fragilaria virescens</i>												
<i>Asterionella formosa</i>	14,1	10,4	7,6	11,4	11,9		55,3	7,1		5,3		7,8
<i>Mougeotia gracillima</i>											46,0	
<i>Ulothrix Sp.</i>											49,1	
<i>Staurastrum paradoxum</i>						52,9	5,0					
<i>Ceratium hirundinella</i>						5,2		67,4	91,6			

Tableau No 4 ESPECES PHYTOPLANKTONIQUES NUMERIQUEMENT DOMINANTES STATION VD 4

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de cellules/l	1'879	5'061	6'518	7'077	828	175	28'240	5'167	15'815	8'321	3'303	850
<u>ESPECES</u> %												
<i>Oscillatoria tenuis</i>	7,7											
<i>Melosira islandica</i>	15,0	42,2	69,3	88,5	24,6						7,2	20,3
<i>Melosira binderana</i>	5,8											
<i>Diatoma elongatum</i>	21,6											
<i>Fragilaria crotonensis</i>	31,2	40,6	24,0		11,3	5,3	73,8	17,4		47,6		
<i>Fragilaria virescens</i>					46,7	21,2				23,8		
<i>Asterionella formosa</i>	11,3	11,1		7,1	12,8	36,0	12,4	6,2			5,0	
<i>Mougeotia gracillima</i>	5,4							23,7			53,3	72,3
<i>Spirogyra</i>										8,4		
<i>Ulothrix Sp.</i>										10,1	27,1	
<i>Tribonema ambiguum</i>									18,3			
<i>Staurastrum paradoxum</i>						35,8	8,8					
<i>Ceratium hirundinella</i>								43,8	70,1			

Tableau No 5 ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES NUMERIQUEMENT DOMINANTES STATION VD 5

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de cellules/l	2'046	3'887	6'988	4'831	1'904	142	32'122	14'114	16'307	22'617	624	1'151
<u>ESPECES</u> %												
<i>Oscillatoria tenuis</i>	5,9	5,0										
<i>Melosira islandica</i>	11,7	39,4	64,5	91,0	69,6				5,0	15,9	8,9	12,2
<i>Melosira binderana</i>	12,0							12,4				
<i>Melosira varians</i>												
<i>Cyclotella</i>												4,6
<i>Diatoma elongatum</i>	22,9									38,6		
<i>Fragilaria crotonensis</i>	26,4		27,1		12,0	17,0	66,1	21,8	5,5	9,7		
<i>Fragilaria virescens</i>		44,0				50,4	5,1					
<i>Asterionella formosa</i>	12,4	10,1	5,7	5,1	12,4	9,1	21,5				9,2	8,6
<i>Mougeotia gracillima</i>	6,5										27,2	67,0
<i>Ulothrix Sp.</i>											24,7	
<i>Staurastrum paradoxum</i>						20,3	5,0					
<i>Tribonema ambiguum</i>									24,6			
<i>Ceratium hirundinella</i>								60,6	61,1	8,2	19,0	

LE PLANCTON DU LEMAN
REGION CENTRALE ET SUD DU GRAND LAC

Campagne 1975

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

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

Au cours de la campagne 1975, les récoltes de plancton au filet ont été poursuivies, en dépit des critiques suscitées par cette méthode (rapport précédent), de façon à assurer une certaine continuité dans l'exécution du programme quinquennal 1971-1975. Toutefois, les échantillons ainsi prélevés n'ont fait l'objet que d'un examen qualitatif et d'une étude quantitative grossière par le biais du volume sédimenté.

L'effort a porté essentiellement sur le plancton prélevé à partir de l'eau brute, cette méthode permettant d'obtenir un échantillon plus représentatif du phytoplancton et des populations de Rotifères.

1. PLANCTON RECOLTE AU FILET

Les techniques de prélèvement et d'évaluation du volume sédimenté sont restées inchangées (voir rapport sur la campagne 1971). Les variations saisonnières du volume de microplancton sédimenté figurent au haut de la page suivante.

Le microplancton sédimenté est en grande partie constitué par le phytoplancton retenu par les filets (vide de maille : 64 microns). En juin, toutefois, il renferme une forte proportions de Cladocères et de Copépodes, particulièrement abondants à cette période.

La moyenne annuelle calculée pour chaque point montre que la quantité de microplancton est plus élevée au point SHL 6, station littorale, qu'aux autres points à caractère plus pélagique.

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

L'évolution, suivie depuis 1968, des volumes moyens annuels de microplancton sédimenté est récapitulée ci-dessous :

1968	:	1,6	cm ³ /m ³	d'eau
1969	:	1,4		
1970	:	2,8		
1971	:	3,8		
1972	:	1,9		
1973	:	0,9		
1974	:	1,3		
1975	:	2,8		

On observe en 1975 une légère augmentation par rapport aux trois années précédentes. Cette valeur est identique à celle signalée en 1970 mais reste inférieure au résultat particulièrement élevé obtenu en 1971.

2. PHYTOPLANCTON RECOLTE A PARTIR D'UN ECHANTILLON INTEGRE D'EAU BRUTE (0-15 m)

Nous avons pris en considération exclusivement le phytoplancton de la zone trophogène où par définition se déroulent la quasi totalité des processus photosynthétiques. D'après les mesures de production primaire réalisées "in situ", la zone trophogène atteint dans le Léman une profondeur moyenne d'environ 15 mètres. La technique dite "prélèvement au tuyau" se prête mal à un échantillonnage dans une couche aussi importante. C'est pourquoi nous avons utilisé un appareil intégrateur de conception originale qui permet de prélever des échantillons d'eau brute représentatifs de la couche surface - 15 mètres.

Le phytoplancton a été fixé au lugol, puis séparé par sédimentation, selon la méthode d'Utermöhl. Les résultats sont exprimés le plus souvent en nombre de cellules, le cas échéant en nombre de colonies ou filaments (cas de toutes les Cyanophycées, des Chrysophycées et Chlorophycées coloniales; quant aux Diatomées, seuls les dénombrements d'*Asterionella* se rapportent aux colonies, celles-ci comportant en moyenne 7 individus environ).

2.1. Variations saisonnières (voir tableaux 1 à 3)

Les données correspondant aux points SHL 1, SHL 2 et SHL 6 sont récapitulées respectivement dans les tableaux 1, 2 et 3. Les successions de populations phytoplanctoniques se déroulent suivant le même processus dans chacune des trois stations considérées, pourtant éloignées les unes des autres d'au moins 6 km.

Les *Cyanophycées* accusent en 1975 une régression certaine par rapport à l'année précédente. Seule *Oscillatoria bouvrellyi* se rencontre en abondance dans les récoltes d'hiver, alors que les *Microcystis* n'apparaissent qu'en août. Signalons que l'on ne trouve plus trace en 1975 d'*Aphanizomenon flos-aquae*, espèce qui avait particulièrement retenu l'attention des biologistes à la suite de son développement explosif en août 1974.

Les *Dinophycées* apparaissent surtout en automne, excepté *Gymnodinium helveticum*, signalé uniquement au printemps. *Ceratium hirundinella*, dont les proliférations subites et massives avaient frappé les observateurs au cours des années précédentes, se développe à nouveau durant l'automne de façon spectaculaire. Le peuplement atteint même en septembre 1975 des maxima très supérieurs à ceux enregistrés en 1974 :

384 cellules/ml au point SHL 1
280 cellules/ml au point SHL 2
402 cellules/ml au point SHL 6

En fait, nous avons observé à cette époque des "nuages" colorés en brun-rouge, constitués par l'accumulation de ces organismes à une faible profondeur. Dans l'échantillon intégré (surface - 15 mètres) la population de *Ceratium* se trouve en réalité diluée par les eaux sous-jacentes pratiquement dépourvues de cette Dinophycée. Des prélèvements ponctuels réalisés à proximité de la surface ont permis de mesurer des concentrations beaucoup plus élevées, dépassant 4'000 cellules/ml. Dans ces conditions, la transparence des eaux se trouve très fortement réduite. C'est ainsi qu'en septembre, le disque de Secchi disparaissait au point SHL 6 dès la profondeur de 1,60 mètre, minimum absolu enregistré jusqu'ici à ce point.

Les *Cryptophycées*, comme par le passé, sont toujours très bien représentées par plusieurs espèces de *Cryptomonas*, et surtout par *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctica*, espèce de très petite taille mais toujours très abondante. La poussée de cette dernière est remarquable en juin :

1'893 cellules/ml au point SHL 1
3'234 cellules/ml au point SHL 2
2'635 cellules/ml au point SHL 6

Les *Chrysophycées*, pratiquement absentes dans la première moitié de l'année, apparaissent tardivement mais restent très discrètes. *Dinobryon divergens* et *D. sociale*, autrefois abondants dans les eaux lémaniques, deviennent relativement rares.

Les *Diatomées* restent abondantes et variées. On rencontre presque en permanence *Fragilaria crotonensis* et *Asterionella formosa*, souvent accompagnées de *Synedra acus*. *Melosira islandica* subsp. *helvetica* se développe au prin-

temps, notamment en mars-avril, alors que *M. granulata* et *M. binderana* prolifèrent uniquement en fin d'année.

Comme les années précédentes, on observe au printemps une poussée intense de *Stephanodiscus hantzschii* dont le peuplement atteint en mai une densité remarquable:

3'270 cellules/ml au point SHL 1
13'830 cellules/ml au point SHL 2
4'230 cellules/ml au point SHL 6

Au lieu de disparaître après l'explosion printanière, selon l'évolution observée les années précédentes, cette espèce tend en 1975 à se maintenir toute l'année et devient même très abondante en juillet et septembre. L'importance numérique des Diatomées s'en trouve accrue. Cette classe comporte en effet environ la moitié du nombre total de cellules dénombrées (45 % au point SHL 1, 57 % au point SHL 2 et 41 % au point SHL 6).

Les *Chlorophycées* sont représentées par un grand nombre d'espèces qui se développent plus particulièrement dans la deuxième moitié de l'année. Certaines prolifèrent sporadiquement; c'est le cas des espèces suivantes :

Monoraphidium contorsum en mai
Dictyosphaerium pulchellum et *Pandorina morum* en juillet
Phacotus lenticularis en août

Signalons par ailleurs une poussée très importante et persistante de *Chlorohormidium subtile*, au cours des trois derniers mois de l'année 1975.

Enfin, l'évènement le plus remarquable est le développement explosif d'*Ankyra judayi* en juin :

2'092 cellules/ml au point SHL 1
2'771 cellules/ml au point SHL 2
3'643 cellules/ml au point SHL 6

Puis le peuplement décroît progressivement au cours des mois suivants. Cet organisme avait déjà été signalé précédemment sous le nom de *Korshikoviella judayi*. En 1975, l'abondance de cette algue a permis d'observer que la scission de la membrane s'effectue par une rupture équatoriale franche lors de la libération des zoospores, ce qui caractérise le genre *Ankyra*.

Les *Conjuguées* : sur le plan de la systématique le *Staurastrum* dénommé précédemment *S. gracile* correspond en fait à deux espèces qui n'ont pas été distinguées au cours des comptages : *S. cingulum* et *S. sebalzii* var. *ornatum* *. Ces deux espèces cohabitent parfois avec *S. pingue*, comme c'est le cas en juillet.

Du point de vue quantitatif, les *Conjuguées* sont essentiellement représentées par *Mougeotia* qui se développe à partir du mois d'août pour atteindre un maximum en octobre. Rappelons toutefois que cette algue a présenté vers les années 60 des poussées beaucoup plus importantes.

* Nous remercions vivement M. P. BOURRELLY qui a aimablement accepté de déterminer ces espèces et de vérifier d'autres déterminations.

2.2. Importance relative des espèces dominantes

Le tableau ci-dessous indique le pourcentage du nombre de cellules de chaque espèce par rapport au nombre total de cellules. Les espèces dominantes sont classées suivant un ordre décroissant :

	Point 1	Point 2	Point 6
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	35,8 %	51,2 %	34,6 %
<i>Rhodomonas minuta</i>	31,7 %	26,8 %	31,4 %
<i>Ankyra judayi</i>	11,4 %	8,9 %	16,0 %
<i>Cryptomonas spp.</i>	3,5 %	2,3 %	4,1 %
<i>Fragilaria crotonensis</i>	3,4 %	2,4 %	2,1 %
<i>Ceratium hirundinella</i>	2,8 %	1,3 %	2,8 %
<i>Melosira granulata</i>	2,2 %	1,1 %	1,5 %
<i>Melosira islandica</i>	2,0 %	1,0 %	1,1 %
<i>Mougeotia sp.</i>	1,3 %	1,0 %	1,3 %

Ce mode d'expression fait ressortir l'importance numérique des espèces nanoplanctoniques. Remarquons toutefois que si l'on tient compte de la taille de chaque espèce en considérant le biovolume qu'elle représente (biovolume = volume cellulaire moyen x nombre d'individus), *Ceratium hirundinella* passe alors au premier rang du fait de sa grande taille. Bien que difficiles à mesurer avec précision, les biovolumes constituent une évaluation des biomasses. Cette détermination sera effectuée systématiquement au cours du programme quinquennal 1976-1980.

3. LES ROTIFERES

(données de G. BALVAY)

3.1. Variations annuelles de l'abondance des Rotifères

La population des Rotifères est toujours aussi fluctuante d'une année à l'autre. En 1975, l'abondance des Rotifères est en très forte progression par rapport à l'année précédente et la population a provisoirement retrouvé le niveau de densité existant en 1971 et 1973.

Années	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Nombre moyens de rotifères ind/m ³	13'700	19'300	28'000	8'400	22'100	9'400	26'000

3.2. Cycle saisonnier des Rotifères en 1975

Le minimum hivernal de la population (900 ind/m³ en février) est faible et doit être mis en relation avec la population réduite de Rotifères en 1974

Le développement des Rotifères commence en mars 1975 (au lieu d'avril 1974) et atteint son maximum printanier en mai (39'600 ind/m³, au lieu de 15'300 en avril 1974).

Deux autres pics saisonniers apparaissent en juillet (47'300 ind/m³) et septembre 1975 (95'100 ind/m³). En automne, la densité de population reste nettement plus élevée que l'année précédente (33'000 ind/m³ au lieu de 6'600 ind/m³).

3.3. Composition de la biocénose

Une augmentation du nombre des espèces rencontrées accompagne la progression numérique des Rotifères.

Années	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Nombre d'espèces	25	23	26	21	22	16	23

Toutes les espèces présentes en 1974 montrent une augmentation importante du nombre des individus. Ce phénomène est très net au niveau des espèces les mieux représentées.

Espèces (ind/m ³)	1974	1975
<i>Keratella cochlearis</i>	2'600	10'500
<i>Polyarthra sp.</i>	3'100	6'100
<i>Synchaeta sp. (*)</i>	1'400	2'100

* *Synchaeta oblonga* + *S. pectinata*

Keratella cochlearis, en forte progression numérique, est devenu l'espèce dominante, suivie par *Polyarthra sp.*

La biocénose est toujours caractérisée par *Keratella cochlearis* et *K. quadrata*, *Polyarthra sp.*, *Synchaeta sp.* (*S. oblonga* + *S. pectinata*) et *Asplanchna priodonta*, qui représentent en permanence les $\frac{3}{4}$ de la population totale.

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
<i>Keratella Cochlearis</i>	22,0	<u>43,2</u>	<u>51,8</u>	<u>40,6</u>	<u>56,9</u>	27,9	<u>40,5</u>
<i>Keratella quadrata</i>	3,5	3,6	4,7	8,2	8,3	3,8	3,3
<i>Polyarthra sp.</i>	<u>35,7</u>	20,7	15,1	19,1	12,3	<u>32,7</u>	23,6
<i>Synchaeta sp.</i>	12,9	10,4	10,4	7,3	8,8	15,2	8,0
<i>Asplanchna priodonta</i>	1,4	3,8	1,5	4,7	2,0	6,0	5,0

4. LA TRANSPARENCE DES EAUX

Les données relatives à la transparence mesurée à l'aide du disque de Secchi aux trois points SHL sont reportées dans le tableau ci-dessous :

	Point SHL 1	Point SHL 2	Point SHL 6	Moyenne
Janvier	12,0 m	12,0 m	12,0 m	12,0 m
Février	11,5	9,7	10,8	10,7
Mars	9,0	8,3	6,0	7,8
Avril	8,5	9,2	8,0	8,6
Mai	3,5	2,5	3,1	3,0
Juin	4,8	4,0	4,3	4,4
Juillet	6,7	5,6	5,0	5,8
Août	-	4,0	5,4	4,7
Septembre	1,6	2,8	3,3	2,6
Octobre	7,7	7,5	7,7	7,6
Novembre	9,4	7,7	7,8	8,3
Décembre	11,0	14,0	11,0	12,0
Moyenne	7,8	7,3	7,0	7,4

Il est clair qu'en dehors de la zone littorale proprement dite, il existe une relation inverse étroite entre la transparence et l'abondance du phytoplancton. Les transparences particulièrement faibles mesurées en mai (3,0 mètres) et en septembre (2,6 mètres) correspondent en effet aux fortes poussées phytoplanctoniques qui caractérisent ces deux mois : l'influence de *Stephanodiscus hantzschii* paraît déterminante en mai; celle de *Ceratium hirundinella* est évidente en septembre (voir § 2.1.).

Par ailleurs, la transparence annuelle moyenne, calculée à partir des données relatives aux trois stations SHL, accuse une diminution très sensible par rapport aux résultats des années antérieures, comme l'indique le tableau suivant :

Années	Transparence (en mètres)
1971	9,1
1972	8,9
1973	9,4
1974	8,3
1975	7,4

Cette diminution très marquée de la transparence ne peut s'expliquer par une augmentation de la pluviosité en 1975 (937 mm d'eau), pratiquement équivalente à celle de l'année précédente (906 mm d'eau). Elle correspond semble-t-il à l'augmentation globale de la quantité de phytoplancton.

Tableau No 1 PHYTOPLANKTON RECOLTE EN 1975 AU POINT SHL I (nombre de cellules ou de colonies/ml)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	D	N	D
CYANOPHYCEES													
<i>Microcystis aeruginosa</i>									6				
<i>Microcystis elachista</i> var. <i>conferta</i>									5				
<i>Anabaena flos-aquae</i> var. <i>treleasei</i>											11		
<i>Anabaena macrospora</i>											1		
<i>Oscillatoria bowrelyi</i>		62	14	1	1	1	1	1		1			
<i>Pseudanabaena galeata</i>			1	1							1	1	
DINOPHYCEES													
<i>Gymnodinium helveticum</i>				7	11	1	1	4		1	1		
<i>Peridinium sp.</i>									2		1	1	
<i>Peridinium willei</i>											5		
<i>Ceratium hirundinella</i>			1	1		7	7	107		384	12	1	
<i>Cyste de Ceratium</i>										2			
CRYPTOPHYCEES													
<i>Cryptomonas</i>		4	51	104	143	88	20	32		6	86	94	14
<i>Rhodomonas minuta</i>		6	13	43	60						2	52	41
<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplantica</i>		172	380	221	927	1893	359	582		8	251	802	98

Tableau No 1 (suite) PHYTOPLANKTON RECOLTE EN 1975 AU POINT SHL 1 (nombre de cellules ou de colonies/ml)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CHLOROPHYCEES												
<i>Chlamydomonas</i>				3								
<i>Carteria</i>									2			
<i>Phacotus lenticularis</i>								15	3	6		
<i>Gonium pectorale</i>										1		
<i>Pandorina morum</i>						27				4		
<i>Pseudosphaerocystis lundii</i>			2	1						1	1	
<i>Ankyra judayi</i>							2092	22		5		
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>							17					
<i>Oocystis solitaria</i>						6			1			
<i>Monoraphidium contorsum</i>			8	7	44	4			2	1	6	7
<i>Richteriella botryoides</i>								1				
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>						170						
<i>Coelastrum microsporum</i>										1		
<i>Hofmania lauterbornii</i>								1	3	2		
<i>Pediastrum boryanum</i>						1						
<i>Chlorohormidium subtile</i>										70	67	20

Tableau No 2 PHYTOPLANKTON RECOLTE EN 1975 AU POINT SHL 2 (nombre de cellules ou de colonies/ml)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CYANOPHYCEES												
<i>Microcystis elachista</i> var. <i>conferta</i>								9				
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>								1	1	5		
<i>Anabaena flos-aquae</i> var. <i>treleaseii</i>				3				1				
<i>Oscillatoria bouvrellyi</i>		56	15						5			
<i>Pseudanabaena galeata</i>			1									
DINOPHYCEES												
<i>Gymnodinium helveticum</i>			3	1	11					1		
<i>Peridinium williei</i>							1		1			2
<i>Ceratium hirundinella</i>							2	127	280	10	2	1
<i>Cyste de Ceratium</i>									12			
CRYPTOPHYCEES												
<i>Cryptomonas</i>			39	50	257	143	39	21	11	53	121	16
<i>Rhodomonas minuta</i>		6	14	60	54						73	35
<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplantica</i>		157	567	219	2270	3234	414	213	14	221	1125	117

Tableau No 2 (suite) PHYTOPLANCTON RECOLTE EN 1975 AU POINT SHL 2 (nombre de cellules ou de colonies/ml)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>DIATOMÉES (suite)</i>												
<i>Navicula</i>		2		1		2						
<i>Cymbella</i>			1								2	
<i>Nitzschia acicularis</i>		1	5			1			9	2	4	
<i>Nitzschia sp.</i>												1
<i>CHLOROPHYCEES</i>												
<i>Chlamydomonas</i>				11								
<i>Carteria</i>					4					5		
<i>Phacotus lenticularis</i>								27		7		
<i>Eudorina elegans</i>									1	1		
<i>Gonium pectorale</i>										1		
<i>Pandorina morum</i>						70		1		5	4	
<i>Pseudosphaerocystis lundii</i>					1					2	4	2
<i>Ankyra judayi</i>							2271	20		8		
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>							15					
<i>Oocystis lucustris</i>												
<i>Oocystis solitaria</i>												
<i>Monoraphidium contortum</i>												
<i>Ankistrodesmus lacustris</i>		4	5	6	100	1		1			11	5
<i>Richeriella botryoides</i>								1	1			1

Tableau No 3 PHYTOPLANKTON RECOLTE EN 1975 AU POINT SHL 6 (nombre de cellules ou de colonies/ml)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D
CYANOPHYCEES													
<i>Microcystis</i> sp.									4	2			
<i>Microcystis aeruginosa</i>									9				
<i>Microcystis elachista</i> var. <i>conferta</i>													
<i>Anabaena flos-aquae</i> var. <i>treleaseii</i>										3	8		
<i>Anabaena macrospora</i>											1		
<i>Oscillatoria bouvrellii</i>		47	5		1						1		
<i>Pseudanabaena galeata</i>				1							2		
DINOPHYCEES													
<i>Gymnodinium helveticum</i>				5	10								2
<i>Peridinium cinctum</i>									1				
<i>Peridinium willei</i>									2				
<i>Ceratium hirundinella</i>								1	244	402	13	2	1
Cyste de <i>Ceratium</i>										3			
CRYPTOPHYCEES													
<i>Cryptomonas</i>		2	16	187	124	312	88		43	8	41	130	27
<i>Rhodomonas minuta</i>		5	15	41	66							81	38
<i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplanctica</i>		158	497	359	1014	2635	510		983	26	170	885	113

Tableau No 3 (suite) PHYTOFLANCTON RECOLTE EN 1975 AU POINT SHL 6 (nombre de cellules ou de colonies/ml)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D
CHLOROPHYCEES													
<i>Chlamydomonas</i>				5							1		
<i>Carteria</i>				1						6			
<i>Phacotus lenticularis</i>									22	4			
<i>Pandorina morum</i>						49			3				2
<i>Pseudosphaerocystis lundii</i>												1	28
<i>Ankyra judayi</i>						157	3643		57	1	9		
<i>Sphaerocystis schwoeteri</i>							1						
<i>Oocystis lacustris</i>				2		7							
<i>Oocystis solitaria</i>						5							
<i>Monoraphidium contortum</i>				7	11					1	1	7	7
<i>Ankistrodesmus lacustris</i>												1	
<i>Richteriella botryoides</i>									3				
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>						177					1		
<i>Coelastrum microsporum</i>									1	1	2		
<i>Scenedesmus eornis</i>												1	1
<i>Scenedesmus spinosus</i>													
<i>Pediastrum duplex</i>						2							
<i>Chlorohormidium subtile</i>											66	121	18

Tableau No 3 (fin) PHYTOPLANKTON RECOLTE EN 1975 AU POINT SHL 6 (nombre de cellules ou de colonies/ml)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CONJUGUES												
<i>Mougeotia</i>								51	1	157	65	33
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>		5					3					
<i>Cosmarium depressum</i>							1					
<i>Staurastrum cingulum</i>						1	9					
<i>Staurastrum sebatdii</i>							5					
var. <i>ornatum</i>												
<i>Staurastrum pingue</i>										1		

ETUDES BIOLOGIQUES DES EAUX DU PETIT LAC

Campagne 1975

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

I. TECHNIQUE CLASSIQUE

Points de contrôle et dates des prélèvements :

Au cours de l'année 1975, des échantillons de plancton ont été recueillis aux trois points pélagiques GE 4, GE 3, GE 2 du Petit Lac - soit respectivement au large de Nyon, Chevrens, Bellevue - et dans la Rade de Genève (GE 1). Au total, onze campagnes mensuelles ont été exécutées (sauf en décembre).

Méthodologie

Les techniques qui ont été utilisées pour les prélèvements (filets standards, tuyau ou bouteille), pour les mesures des volumes du "net-plancton" ainsi que pour la détermination de la fréquence relative des divers organismes planctoniques, ont été les mêmes que celles utilisées précédemment (voir rapports antérieurs).

Résultats

Les observations les plus importantes qui ont été faites sur le plan biologique, les résultats des mesures volumétriques de plancton sédimenté, de la transparence des eaux du Petit Lac ainsi que les dénombrements d'organismes planctoniques et leur évolution au cours de l'année, sont résumés dans les tableaux et graphiques suivants :

Transparence des eaux du Petit Lac

Sur les graphiques (figure 1) sont portées les valeurs de la transparence

- mesurée à l'aide du disque de Secchi - aux trois points pélagiques du Petit Lac ainsi que les concentrations de micro-plancton (net-plancton) mesurées aux mêmes points d'observation.

Transparence des eaux du Petit Lac (m)

<u>Années</u>	<u>Maximum</u>	<u>Minimum</u>	<u>Moyenne annuelle</u>
1971	12,0	2,3	7,26
1972	12,0	3,2	8,03
1973	11,6	3,2	7,69
1974	13,0	2,8	7,50
1975	<u>10,1</u>	3,3	<u>6,30</u>

La transparence maximale (10,1 m en janvier au point GE 4) mesurée au cours de l'année 1975 est la plus faible jamais encore enregistrée. De même la transparence moyenne annuelle des eaux du Petit Lac (6,3 m) a été nettement plus faible que la norme de transparence de ces dix dernières années.

Couleur de l'eau du Petit Lac

A l'époque de F.A. Forel (vers 1900), les eaux du Léman vues en transparence étaient d'un bleu franc toute l'année (No V de l'échelle des teintes, dite "gamme de Forel-Ule"); aujourd'hui, sa couleur très instable oscille entre les valeurs VIII et XII et peut même dépasser XV, lors de poussées massives de certaines algues - *Ceratium hirundinella* par exemple -.

Production du plancton

Les graphiques de la figure 1 montrent que la production de microplancton au cours de l'année 1975 a été importante; des poussées exceptionnelles - telle celle constatée en juin, au point GE 4 - ont été enregistrées. Il s'agit là - avec plus de 12 ml/m³ - de la plus forte concentration de microplancton jamais encore observée.

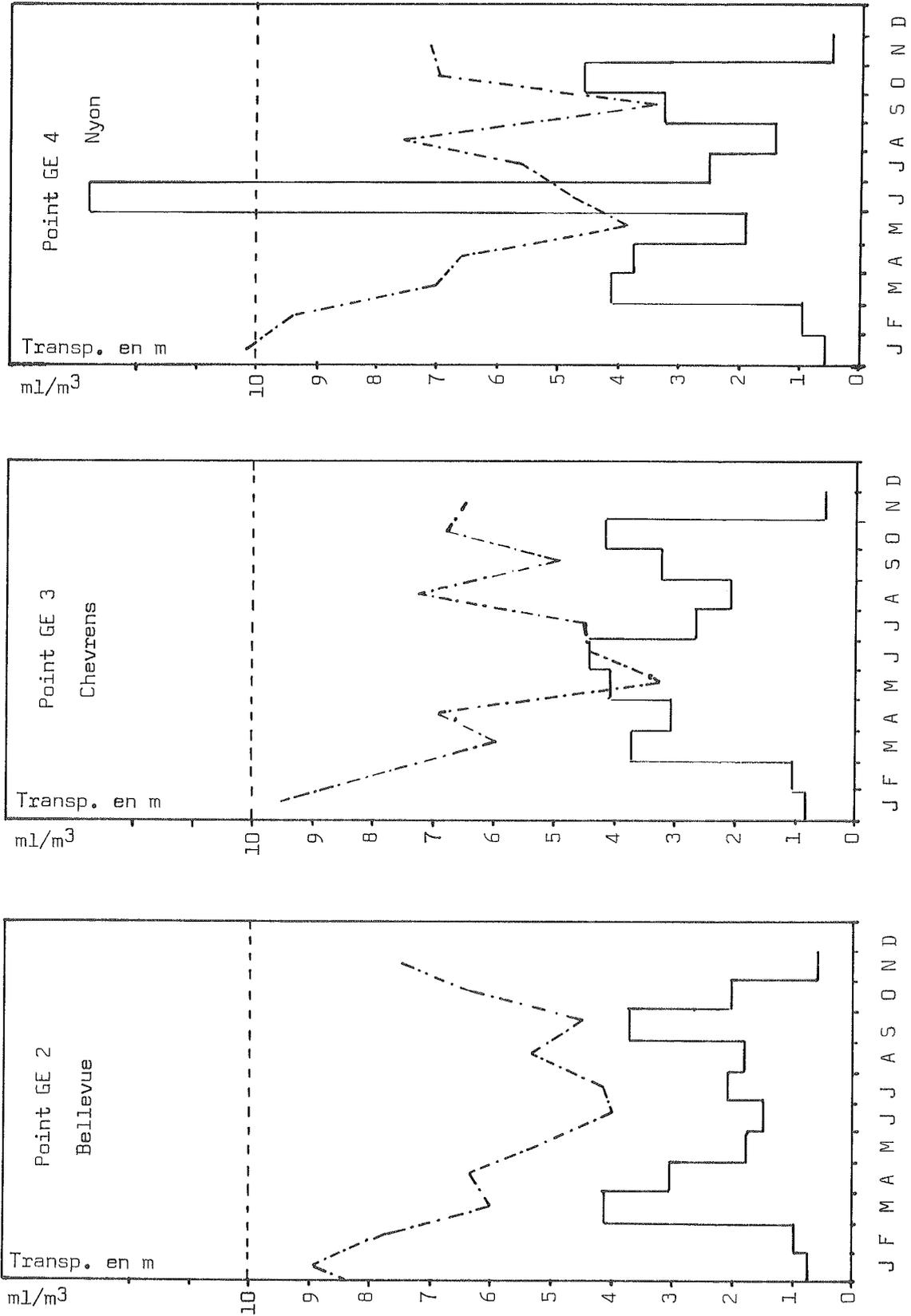
Cependant, il semble qu'en 1975 la production moyenne annuelle de microplancton (avec 2,71 ml par m³) ait été un peu plus faible qu'en 1974.

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

L'évolution mensuelle des espèces les plus abondantes du micro-plancton du Petit lac est consignée dans le tableau 1.

Dans ce tableau - qui donne la moyenne des observations faites aux 3 points GE 2, GE 3 et GE 4 - ne sont mentionnées que les espèces qui atteignent au moins la fréquence de 1 % dans le microplancton; les nombreuses espèces d'algues, moins abondantes, sont négligées ici).

Fig. 1 Variations mensuelles des volumes de microplancton (————) et de la transparence (·-·-·-·-·) des eaux du Petit Lac en 1975



On peut formuler les quelques observations suivantes :

- Pas d'espèces nouvelles à signaler dans le microplancton du Petit Lac en 1975.
- Persistance, voir prolifération importante d'espèces de *cyanophycées* qui sont apparues récemment dans les eaux lémaniques : ce fut le cas notamment d'*Oscillatoria bowrelyi* au début de 1975.
- Disparition presque totale d'*Aphanizomenon flos aquae*.
- *Ceratium hirundinella* a été très abondant toute l'année durant dans les eaux du Petit Lac; à la fin de l'été, cette *dinophycée* s'est développée avec une telle exubérance que les eaux du lac en furent colorées.
- Les *diatomées* "classiques" du Léman (*Fragilaria*, *Asterionella*, *Melosira*) furent particulièrement abondantes la première moitié de l'année.
- Plusieurs espèces de *chlorophycées* ont dominé dans le microplancton au cours de la seconde moitié de l'année; notons les fortes poussées de *Staurastrum* sp. et d'*Eudorina elegans*.

II. LE PHYTOPLANCTON AU POINT GE 4 (NYON) ET DANS LA RADE DE GENEVE, EN 1975, EXAMINE A PARTIR D'ECHANTILLONS D'EAU BRUTE

1. Méthode

En 1975, au point GE 4 (Nyon), les prélèvements d'eau brute - 11 au total, de janvier à novembre - ont été effectués à l'aide d'un tuyau de 10 m de longueur, comme les années précédentes (1972-1973-1974). En outre, des échantillons prélevés à l'aide d'une bouteille type "von Dorn" pris à 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 et 1 m au-dessus du fond ont été examinés (88 échantillons).

Dans la rade, les prélèvements ont été réalisés à la bouteille, environ 20 cm sous la surface (22 échantillons).

Tous les échantillons ont été examinés et comptés selon la technique habituelle, au microscope inversé (Utermöhl).

Les biovolumes ont été calculés principalement à partir des tables de Nauwerck (1963) publiées par Dussart (1966); un certain nombre de biovolumes ont été mesurés ou vérifiés par nous-mêmes.

2. Biovolume total produit en 1975 (tableaux 2 et 3, figures 2 et 3)

Le volume de phytoplancton du mois de décembre au point GE 4 a été extrapolé à partir des valeurs de novembre 1975 (0,38 ml/m³) et de janvier 1976 (0,06 ml/m³).

Les moyennes annuelles de la rade ont été obtenues par pondération sur la base de douze mois.

En 1975, comme chaque année, le phytoplancton a présenté deux poussées prin-

Fig. 2 Biovolume du phytoplancton en 1975 Point GE 4 (tuyau)

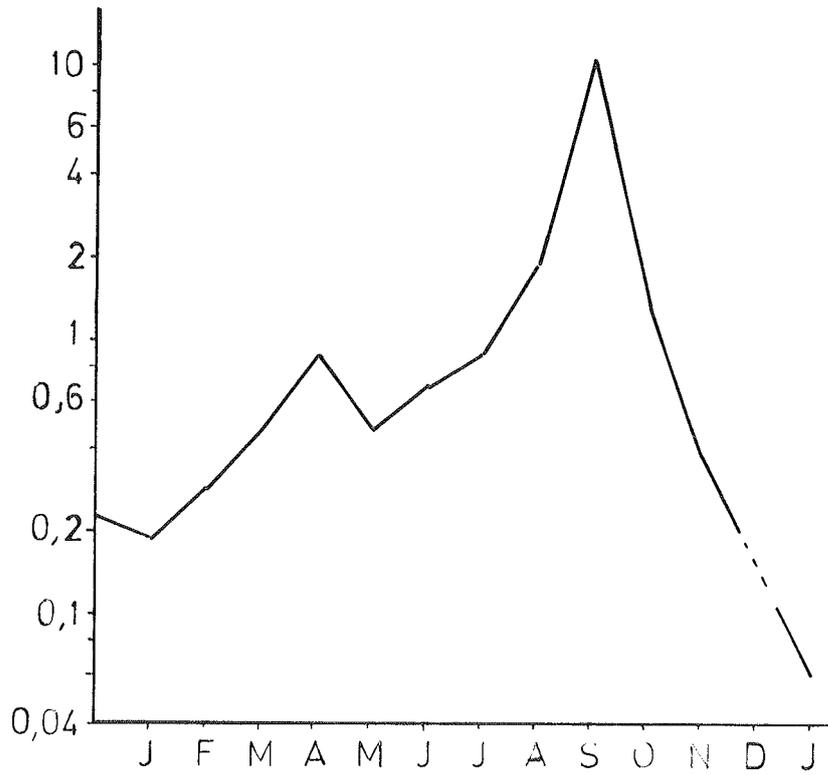
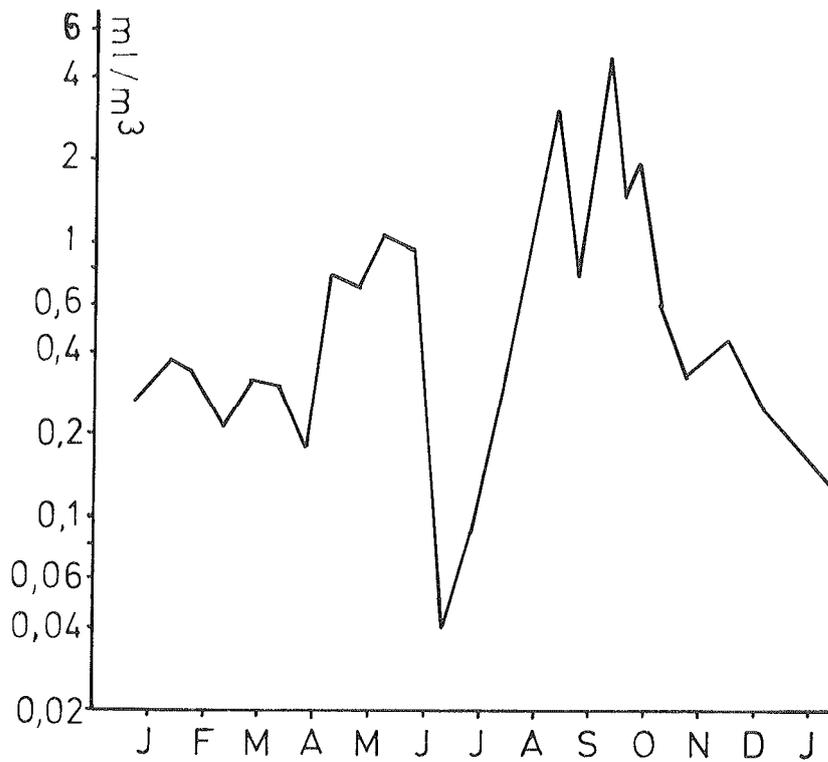


Fig. 3 Biovolume du phytoplancton en 1975 Rade de Genève



cipales : la première au printemps (avril-mai) - 0,9 ml/m³ à GE 4 et la seconde, beaucoup plus massive, en fin d'été (août-septembre) - 9,9 ml/m³ à GE 4. Le maximum printanier était du à une diatomée, *Melosira islandica ssp helvetica*, et le maximum estival à la dinophycée *Ceratium hirundinella*.

3. Evolution du biovolume total phytoplanctonique depuis 1971

(tableaux 2, 3, 7, 8)

L'étude quantitative du phytoplancton à partir de prélèvements d'eau brute a débuté dans le Petit Lac en mars 1971. La méthode utilisée alors et jusqu' en mars 1972 différait de celle utilisée actuellement par l'utilisation de prélèvements à la bouteille et le comptage des espèces après filtration sur membrane bactériologique. Cette technique ne permettait pas de dénombrer les espèces fragiles, principalement les *cryptophycées* ; c'est pourquoi les résultats de l'année 1971 (légèrement sous-estimés) ne peuvent être entièrement comparés à ceux des années précédentes.

Le volume planctonique le plus grand des cinq dernières années reste celui de 1971 : 2,9 ml/m³ en moyenne des 10 mois étudiés ; cette valeur record était due à *Ceratium hirundinella* dans une proportion de 90 %. La forte valeur de 1975 - 1,4 ml/m³ - est due, nous l'avons déjà écrit ci-dessus, elle aussi à *Ceratium*, dont la proportion ne dépasse pas cette fois 70 % du biovolume annuel total (voir tableau 12).

De 1972 à 1974, *Ceratium* ne s'est développé que de façon modeste. Pourquoi ? Aucun des paramètres mesurés, tant physico-chimiques que biologiques, ne permet - semble-t-il - de répondre à cette question.

L'évolution du biovolume phytoplanctonique des cinq dernières années démontre donc, une fois de plus, la nécessité - en écologie lacustre tout au moins - d'étudier un système naturel pendant plusieurs cycles annuels successifs.

Les eaux du lac sont-elles plus riches en phytoplancton maintenant qu'il y a cinq ans ? Les résultats exposés ci-dessus ne permettent pas de répondre à cette question.

4. Nannoplancton (tableau 4)

Le terme de nannoplancton qualifie les algues de taille trop petite pour être quantitativement retenues par le filet classique de 64 µ d'ouverture de maille. Certaines des espèces nannoplanctoniques peuvent, malgré leur petit volume individuel, produire des biomasses fort importantes.

A GE 4, si le biovolume nannoplanctonique n'a pas cessé d'augmenter depuis 1972, la part qu'il prend dans l'ensemble du phytoplancton diminue puisque l'on passe de 31 % à 11 % en 1975.

Dans la rade, le biovolume du nannoplancton ne paraît pas varier de façon décisive, mais il ne représente plus que 19 % du volume total contre 33 % l'année précédente.

Au mois de juin, au point GE 4, une petite chlorophycée flagellée (*Chlamydomonas sp ?*) a proliféré de façon intense : 4 millions de cellules au litre, représentant un biovolume de près de 0,4 ml/m³, soit le 46 % du total mesuré à cette date.

Les deux espèces nannoplanctoniques principales restent au printemps la diatomée centrique *Stephanodiscus hantzschii* et durant toute l'année la cryptophycée *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctica*.

5. Composition des espèces recueillies en 1975 - Espèces dominantes

(Tableau 5, 6, 7, 8, 9)

La part la plus importante des volumes planctoniques revient aux dinophycées avec *Ceratium hirundinella* : 72,7 % du total (la norme pour 1972-1974 est de 32,5 % (tableau 11). Viennent ensuite les diatomées : 11 % du total (norme 72-74 : 27,5 %) ; parmi elles la diatomée centrique en filaments cylindriques *Melosira islandica* ssp. *helvetica* fut particulièrement active en avril; cette diatomée n'avait pas manifesté une telle exubérance depuis 1971 : 9 mm de filaments/ml (5 mm/ml en 1971).

Les autres classes d'algues se partagent les 16 % restants du biovolume total.

Les cyanophycées n'ont représenté que moins de 2 % contre 14 % en 1974; elles ne furent importantes qu'en début d'année avec l'acmé de la prolifération d'*Oscillatoria bowrelyi* (tableau 13) qui débutait en octobre de l'année précédente et qui restait l'algue la plus importante quantitativement jusqu'à la mi-février, dans le Petit Lac en tout cas.

Parmi les chlorophycées, l'ulothricale *Chlorohormidium subtile* fut abondante en octobre-novembre : 6 mm de filaments/ml en octobre.

6. Apparition d'espèces nouvelles (Tableau 14)

Depuis 1964 environ, chaque nouvelle année ou presque a permis de saluer l'apparition d'une ou de plusieurs espèces nouvelles dans le phytoplancton lémanique; 1975 est une exception.

Les diverses espèces signalées comme nouvelles au fil des ans ont été regroupées dans le tableau No 14 où pas moins de 25 espèces sont recensées. La plupart d'entre elles appartiennent au "netplancton", les espèces nannoplanctoniques "apparues" avec l'adoption de nouvelles méthodes d'étude et qui préexistaient certainement à celles-ci n'ont pas été signalées ici. Les espèces marquées d'un astérisque ont parfois occupé une place importante dans le phytoplancton, les autres sont restées plus ou moins rares et quelques-unes, comme *Oscillatoria rubescens*, n'ont fait que des apparitions fugitives (une année ou moins).

On pourrait dresser aussi une liste des espèces disparues ou devenues très rares, mais l'établissement d'une telle liste est beaucoup plus difficile. Disons simplement que depuis une décennie, des espèces appartenant aux genres *Cyclotella*, *Tabellaria*, *Mallomonas* et *Dinobryon* ont virtuellement disparu.

7. Brève discussion

Ces diverses apparitions, disparitions et la prolifération parfois intense d'espèces classiques du Léman, ne peuvent s'expliquer que par la détérioration progressive de la qualité des eaux du lac. Les espèces adaptées à de

faibles teneurs en phosphates, par exemple, se raréfient ou ne prolifèrent un peu que lorsque cet élément fertilisant s'épuise dans la couche trophogène, par contre les espèces adaptées aux eaux plus riches peuvent s'implanter ou prendre un essor inhabituel. Une telle situation est grave, les résultats de l'année 1975 ne permettent pas de dire si l'évolution va dans un sens ou dans un autre ou si elle est stoppée. Les efforts d'auscultation doivent donc se poursuivre.

Tableau No 1 EVOLUTION MENSUELLE DES ESPECES LES PLUS ABONDANTES DU PHYTOPLANCTON DU PETIT LAC DURANT 1975

Espèces planctoniques	J	F	M	A	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CYANOPHYCEES : <i>Oscillatoria bourvellyi</i> <i>Microcystis</i> sp. (<i>holsatica</i>)	4	4											1	
DINOPHYCEES : <i>Ceratium hirundinella</i>	1-2	1	1				1			4	4	3	3	
DIATOMÉES : <i>Melosira islandica</i> <i>Melosira gran.</i> v. <i>angustissima</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Asterionella formosa</i>	2 1 2	3 1 ++++ 3 1	5 5 2 1	5 5 2	3 3 2	1 1 2	1 1 2	1 1 1	3 3 3	2 2 1	1 4 1	1 1 1	1 1 1	
CHLOROPHYCEES : <i>Staurastrum</i> sp. <i>Eudorina elegans</i> <i>Dictyosphaerum pulchellum</i> <i>Sphaerocystis Schroeteri</i> <i>Mougeotia gracillima</i> <i>Chlorohormidium</i> sp. <i>Pediastrum duplex</i>	1						1	4 1-2	3 3 2	2 1 1 2	1 1 1	2 1 1	2 2 2	

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

Tableau No 2

BIOVOLUME PHYTOPLANCTONIQUE (ml/m³) MENSUEL AU POINT GE 4

(Tuyau 10 m)

	1971*	1972	1973	1974	1975
Janvier	-	0,09*	0,04	0,16	0,22
Février	-	0,11*	0,05	0,19	0,30
Mars	0,35	0,28*	0,05	0,23	0,42
Avril	0,78	0,29	0,40	0,52	0,81
Mai	0,42	0,37	0,52	0,05	0,47
Juin	0,05	0,21	0,36	0,24	0,58
Juillet	0,79	1,06	0,68	0,48	0,82
Août	13,48	0,21	1,01	1,73	1,70
Septembre	11,91	0,16	0,55	3,03	9,90
Octobre	0,37	0,40	0,42	0,55	1,25
Novembre	0,24	0,06	0,50	0,56	0,41
Décembre	0,10	0,04	0,19	0,22	0,15**
Moyenne	2,85	0,27	0,40	0,66	1,42

** par extrapolation entre novembre 1975 et janvier 1976

* bouteille 0-5-10; membrane

Tableau No 3 RADE DE GENEVE - BIOVOLUME PHYTOPLANCTONIQUE ml/m³

	1972	1973	1974	1975
Janvier	0,08 0,14	0,05 0,06 0,05	0,26 0,22	0,38 0,94
Février	0,10 0,16 0,35	0,11 0,06	0,24 0,36	0,22 0,31
Mars	0,75 1,28 0,65 4,71 0,45	0,07 0,79	0,27 0,30	0,31 0,18
Avril	0,63 0,89 0,50 0,52	1,18 0,83	4,68 1,60 1,73	0,79 0,70
Mai	1,10 0,58	1,10 0,03	0,25 0,06	1,05 0,82
Juin	0,27 0,22 0,54 0,64	0,19 0,06	0,65 0,39	0,04 0,09
Juillet	1,03 2,00 1,27	0,60 0,26 0,16	1,26 1,02	0,34
Août	1,90 0,18 0,16	3,88 0,57 0,85 0,76 0,99	1,19 1,49 4,93 0,21	3,24 0,75
Septembre	0,24 0,18	1,47 0,22	4,62 2,84	4,96 1,47 1,96
Octobre	0,13 0,29 0,25	1,71 0,38 0,17	0,65 0,32	0,60 0,32
Novembre	0,09 0,08	0,64 0,46	2,34 0,55	0,45
Décembre	0,10	0,20	0,21 0,27	0,25
Moyenne	0,55	0,53	1,10	0,84

Tableau No 4 GE 4 Tuyau (0-10 m)BIOVOLUME DE NANNOPLANCTON

	BIOVOLUME	% DU BIOVOLUME TOTAL
1972	0,09 ml/m ³	31 %
1973	0,09 ml/m ³	21 %
1974	0,10 ml/m ³	15 %
1975	0,17 ml/m ³	11 %
1972-1975	0,11 ml/m ³	15 %

BIOVOLUME DE NANNOPLANCTON RADE

1972	0,23 ml/m ³	40 %
1973	0,13 ml/m ³	26 %
1974	0,36 ml/m ³	33 %
1975	0,16 ml/m ³	19 %
1972-1975	0,22 ml/m ³	29 %

Tableau No 7 GE 4 BIOVOLUME DE PHYTOPLANCTON
(tuyau) (ml/m³) (0-10 m)

	Normes 1972-1974	%	1975	%	Normes 1972-1975	%
<i>Diatomées</i>	0,124	27,5	0,171	11,2	0,136	18,8
<i>Euchlorophycées</i>	0,021	4,6	0,091	6,0	0,038	5,3
<i>Zygophycées</i>	0,061	13,5	0,048	3,1	0,058	8,0
<i>Dinophycées</i>	0,146	32,5	1,112	72,7	0,388	53,9
<i>Cryptophycées</i>	0,051	11,4	0,071	4,6	0,056	7,8
<i>Cyanophycées</i>	0,047	10,5	0,027	1,8	0,042	5,9
<i>Chrysophycées</i>	0,000	0,0	0,010	0,7	0,010	0,4
<i>Total</i>	0,450		1,530		0,720	
<i>Nannoplancton inclus</i>	0,090	20,0	0,169	11,1	0,110	15,3

Tableau No 8 RADE - BIOVOLUME DE PHYTOPLANCTON

	Normes 1972-1974	%	1975	%	Normes 1972-1975	%
<i>Diatomées</i>	0,333	45,0	0,179	21,3	0,295	38,4
<i>Euchlorophycées</i>	0,027	3,7	0,039	4,6	0,030	3,9
<i>Zygophycées</i>	0,043	5,8	0,044	5,2	0,044	5,7
<i>Dinophycées</i>	0,194	26,2	0,471	56,1	0,263	34,2
<i>Cryptophycées</i>	0,119	16,1	0,072	8,6	0,107	13,9
<i>Cyanophycées</i>	0,024	3,2	0,030	3,6	0,026	3,4
<i>Chrysophycées</i>	0,000	0	0,005	0,6	0,003	0,4
<i>Total</i>	0,740		0,840		0,768	
<i>Nannoplancton inclus</i>	0,239	32,3	0,158	18,8	0,219	28,5

Tableau No 5
 VARIATIONS MENSUELLES DU BIOVOLUME DU PHYTOPLANCTON (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>Cyano- phyceés</i>	0,109	0,167	0,008	0,001	0,004	0,000	0,000	0,005	0,000	0,005	0,000	---	0,027	1,8
<i>Dino- phyceés</i>	0,014	0,011	0,028	0,084	0,121	0,004	0,025	1,473	9,621	0,758	0,096	---	1,112	72,7
<i>Crypto- phyceés</i>	0,021	0,035	0,048	0,157	0,047	0,153	0,041	0,117	0,014	0,026	0,126	---	0,071	4,6
<i>Chryso- phyceés</i>	0,000	0,002	0,005	0,002	0,002	0,000	0,002	0,004	0,003	0,052	0,041	---	0,010	0,7
<i>Diatomées</i>	0,070	0,079	0,328	0,559	0,289	0,005	0,242	0,051	0,219	0,011	0,026	---	0,171	11,2
<i>Euchloro- phyceés</i>	0,000	0,001	0,001	0,003	0,002	0,383	0,275	0,006	0,002	0,220	0,111	---	0,091	6,0
<i>Zygo- phyceés</i>	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,031	0,234	0,046	0,016	0,174	0,008	---	0,048	3,1
<i>Total</i>	0,215	0,296	0,420	0,809	0,471	0,576	0,819	1,702	9,875	1,246	0,408	---	1,530	**

* (janvier 1976 : 0,058) Décembre 1975 extrapolé \approx 0,15

** Moyenne sur 12 mois (décembre 0,15) \approx 1,42

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
<i>Nanno- plancton</i>	0,004	0,019	0,070	0,062	0,221	0,002	0,121	0,000	0,026	0,002	0,002	---	0,048
<i>Stephano- discus hantzschii</i>	0,020	0,034	0,039	0,142	0,034	0,146	0,022	0,071	0,008	0,007	0,075	---	0,054
<i>Rhodomonas minuta</i>	0,002	0,005	0,015	0,050	0,005	0,373	0,061	0,053	0,010	0,071	0,091	---	0,067
<i>Autres</i>	0,026	0,058	0,124	0,254	0,260	0,521	0,204	0,124	0,044	0,080	0,168	---	0,169
% du total général	12,1	19,6	29,5	31,4	55,2	90,5	24,9	7,3	0,5	6,4	41,2	---	11,1

(28.1 %
des
diat.)

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

Classes	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin	
	7	14	7	17	5	17	2	14	29	12	3	16
<i>Diatomées</i>	0,130	0,102	0,050	0,091	0,187	0,132	0,724	0,618	0,514	0,601	0,017	0,011
<i>Euchlorophycées</i>	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,000	0,001	0,001	0,014	0,014	0,000	0,019
<i>Zygophycées</i>	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,004	0,001	0,001	0,003	0,016
<i>Dinophycées</i>	0,032	0,021	0,002	0,012	0,008	0,012	0,009	0,020	0,204	0,022	0,006	0,001
<i>Cryptophycées</i>	0,017	0,006	0,034	0,031	0,089	0,036	0,049	0,059	0,322	0,182	0,012	0,042
<i>Chrysophycées</i>	0,003	0,003	0,001	0,001	0,012	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Cyanophycées</i>	0,198	0,202	0,126	0,172	0,007	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Total</i>	0,380	0,335	0,215	0,310	0,307	0,184	0,790	0,702	1,055	0,820	0,038	0,089
<i>Nannoplancton inclus</i>	0,034	0,027	0,040	0,040	0,208	0,086	0,163	0,117	0,854	0,785	0,028	0,049
<i>% du total général</i>	8,9	8,1	18,6	12,9	67,6	46,7	20,6	16,7	80,9	95,7	73,7	55,1

Tableau No 6 (suite)

Classes	Juil.		Août			Septembre			Octobre		Nov.	Déc.	Moy.	%
	14	5	20	3	16	30	14	28	18	2				
<i>Diatomées</i>	0,075	0,021	0,073	0,102	0,353	0,108	0,007	0,017	0,059	0,071	0,179	21,3		
<i>Euchlorophycées</i>	0,140	0,074	0,004	0,004	0,006	0,125	0,072	0,073	0,098	0,074	0,039	4,6		
<i>Zygothycées</i>	0,005	0,012	0,128	0,211	0,202	0,026	0,202	0,047	0,074	0,047	0,044	5,2		
<i>Dinophycées</i>	0,019	3,079	0,482	4,596	0,886	1,449	0,310	0,072	0,042	0,021	0,471	56,1		
<i>Cryptophycées</i>	0,094	0,055	0,057	0,042	0,023	0,144	0,007	0,103	0,161	0,030	0,072	8,6		
<i>Chrysothycées</i>	0,010	0,003	0,005	0,003	0,000	0,017	0,001	0,011	0,013	0,007	0,005	0,6		
<i>Cyanophycées</i>	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,030	3,6		
<i>Total</i>	0,343	3,244	0,750	4,958	1,470	1,962	0,601	0,323	0,447	0,250	0,840			
<i>Nannoplankton inclus</i>	0,253	0,058	0,078	0,074	0,101	0,195	0,011	0,127	0,175	0,038	0,158	18,8		
<i>% du total général</i>	68,5	1,8	10,4	1,5	6,9	9,9	1,8	39,3	39,1	15,2				

Tableau No 9 PHYTOPLANKTON RECOLTE AU TUYAU (10 m) EN 1975 AU POINT GE 4 (NYON) (nombre de cellules/ml
sauf indication)

Èspèces	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
CYANOPHYCEES											
<i>Microcystis</i> (col/ml)								++	(++)	7	(++)
<i>Gomphosphaeria rosea</i> (col/ml)										1	
<i>Anabaena macrospora</i> (10 µ/ml)										1	
<i>Anabaena</i> sp (col/ml)										(++)	
<i>Oscillatoria bowrelijii</i> (10 µ/ml)	354	704	40	5	16						
DINOPHYCEES											
<i>Gymnodinium helveticum</i>								++	++	1	++
<i>Peridinium cinctum</i>	++	++	1	6	8	++	++	++	++	1	1
<i>Peridinium willei</i>				(7)				++	++		
* <i>Peridinium</i> sp. (?)				1					(++)		
<i>Ceratium hirundinella</i>	++	++	++	++	(++)	++	++	22	132	10	1
<i>Ceratium hirundinella</i> kyste								7	7	++	
CRYPTOPHYCEES											
* <i>Cryptomonas</i> spp	2	2	10	80	21	15	32	72	9	32	86
* <i>Rhodomonas minuta</i> var. <i>nannoplanctica</i>	204	293	339	1330	417	1338	330	640	52	61	808
CHRYSOPHYCEES											
<i>Mallomonas acaroides</i>								(++)	(++)	7	9
<i>Dinobryon sociale</i> (col/ml)								++	+	+	
* <i>Ectenia subaequiciliata</i>	(++)	41	78	(++)	(++)	(+)	(++)	(++)	(++)	87	(++)
<i>Uroglena</i>								(++)	(++)	(++)	

Tableau No 9 (suite)

Espèces	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
DIATOMÉES											
<i>Melosira islandica</i> ssp <i>helvetica</i> (10 µ/ml)	5	39	265	932	39						
<i>Melosira binderana</i> (10 µ/ml)	2		4	4					4	2	2
<i>M. granulata</i> var <i>angustissima</i> (10 µ/ml)	2	++							1327		2
<i>Stephanodiscus astrea</i>	83	337	834	999	3476		2210	(++)	417	(++)	(++)
* <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	2	9	(++)	3	5		20	(++)	(++)	(++)	
<i>Diatoma elongatum</i>	3	9	6	3	8			27	(++)	(++)	
<i>Fragilaria crotonensis</i> (10 µ/ml)											
<i>Fragilaria virescens</i> (10 µ/ml)	++	++	++	3	++		++	1	(++)	++	
<i>Asterionella formosa</i> (col/ml)	++	++	44	42	40						
<i>Synedra acus</i>	++	++	++	++	1						
<i>Synedra longissima</i>											
ZYCOPHYCEES											
<i>Mougeotia gracillima</i> (10 µ/ml)	++	1	3	2	1			85	44	502	16
* <i>Closterium acutum</i> var <i>variabile</i>	++	++	++	++	++		1	(++)	++		
<i>Staurastrum</i> spp							10	++	++		
EUCHLOROPHYCEES											
<i>Eudorina elegans</i> (col/ml)							78	++	++	++	++
* <i>Phacotus lenticularis</i>								21	(++)	(++)	
<i>Gonium sociale</i> (col/ml)				5	22			2	2	(++)	
<i>Chlamydomonas</i> sp				6				6	(++)	(++)	
* <i>Hyaloraphidium contortum</i>			1								
* <i>Arbyra judayi</i> (Korshikoviella)							233	63			

Tableau No 9 (suite)

Espèces	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> (col/ml)							50	++	(++)	++	
<i>Coelastrum reticulatum</i> (col/ml)							2				
<i>Pediastrum duplex</i> (col/ml)							++				
<i>Sphaerocystis Schroeterii</i> (col/ml)						2				561	233
<i>Chlorohormidium subtile</i> (10 ⁴ /ml)											
* = μ -algues nanoplanktoniques	(++)	115	135	96	174	104	244	87	(++)	52	52

pas de prélèvements en décembre

Tableau No 11

PROLIFERATION DE CERATIUM HIRUNDINELLA EN 1975 AU POINT GE 4
(0-10 m) ET DANS LA RADE DE GENEVE (0,2 m)

Date	Point GE 4	RADE
1975 Juillet 14	280	240
Août 5	-	40'000
19	19'500	11'800
Septembre 3	-	61'200
16	127'500	11'800
30	-	18'900
Octobre 14	9'500	3'800
28	-	600
Novembre 18	920	280
Décembre 2	-	160

Tableau No 12 CERATIUM HIRUNDINELLA (Dinophycées) au point GE 4 (Petit-Lac) de 1971 à 1975

Années	Moyenne annuelle cel./ml	Moyenne mensuelle max. (0-10 m) cel./ml	Maximum absolu cel./ml	Date	Profondeur (m)
1971	29	179	225	17/8	10
1972	1-2	13	23	17/8	5
1973	2-3	15	47	21/8	10
1974	1	6	20	20/8	surface
1975	13	123	185	16/9	surface

Tableau No 13 OSCILLATORIA BOURRELLYI (mm/l) en 1974-1975

	GE 4	% du biovolume total	RADE	% du biovolume total
14 octobre 1974	1220	3		
4 novembre ""	--	-	1050	1
18 novembre ""	5640	28	8270	38
9 décembre ""	--	-	2760	32
16 décembre ""	5900	65	5900	54
7 janvier 1975	--	-	7940	52
14 janvier ""	3540	46	8070	60
7 février ""	--	-	5050	59
17 février ""	6330	55	6890	56
5 mars ""	--	--	30	5
17 mars ""	400	2	< 30	-
2 avril ""	--	-	120	30
14 avril ""	50	< 1	(+)	-
12 mai ""	160	< 1	-	-

Tableau No 14 ESPECES SIGNALEES COMME NOUVELLES POUR LE LEMAN

	Année d'apparition
* <i>Melosira islandica ssp. helvetica</i>	1948
<i>Gemellicystis lundii</i>	1958
* <i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	1959
* <i>Phacotus lenticularis</i>	1960 (?)
* <i>Staurastrum gracile (ou sp)</i>	vers 1960
* <i>Chlorhormidium sp. (ou subtile)</i>	1962
<i>Microctinium pusillum = Richteriella botrioides forma fenestrata</i>	1964
<i>Synedra acus var. ostenfeldii</i>	1964
* <i>Tribonema ambiguum</i>	1966
<i>Oscillatoria rubescens (disparu depuis)</i>	1967
<i>Staurastrum sp. (4 branches)</i>	1967
<i>Kirchneriella lunaris</i>	1967
<i>Coelastrum reticulatum</i>	1967
* <i>Oscillatoria bouvrellyi</i>	1969 (?)
<i>Oscillatoria tenuis</i>	1969
<i>Hofmania lauterbornii</i>	1969
<i>Staurastrum punctulatum</i>	1969-70
* <i>Melosira granulata angustissima</i>	1970
* <i>Melosira binderana</i>	1971
<i>Cosmarium protractum</i>	1971
<i>Microcystis aeruginosa</i>	1972
* <i>Closterium acutum var. variable</i>	1973
* <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	1973
<i>Anabaena macrospora</i>	1973
<i>Anabaena sp.</i>	1973

* espèces qui ont pris temporairement une certaine importance

EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1975

par Roger Revaclier

Service d'Hydrobiologie du
canton de Genève

1. INTRODUCTION

L'année 1975 a permis d'effectuer quelque 6'050 analyses bactériologiques diverses des eaux du Léman. Le présent rapport constitue une analyse et un commentaire succincts des résultats obtenus.

Le choix des profondeurs, la localisation des lieux de prélèvements et le genre de recherches effectuées sont identiques aux années précédentes. Les techniques bactériologiques utilisées ont été publiées dans un rapport antérieur.

2. LES GERMES TOTAUX

Il faut entendre par "germes totaux", la flore bactérienne aérobie capable de proliférer en l'espace de 10 jours à 20°C. en gélose nutritive; cette flore est constituée par les bactéries Zymogènes au sens de Winogradsky, bactéries non spécifiquement aquatiques que l'on peut retrouver presque partout (Overbeck 1974). Selon cet auteur, ces germes représentent moins de 1 % des bactéries totales comptables par des techniques directes.

2.1. Evolution de la concentration en germes totaux

Les concentrations en chaque point de prélèvement important (de 70 à 144 échantillons prélevés par point, par année) ont été distribuées par classes

de concentration de 1'000 en 1'000 germes/ml, jusqu'à 6'000 germes/ml, seuil de concentration qui a rarement été dépassé en 1975. Une classe supplémentaire complète et affine cette répartition et fait ressortir les différences entre régions; cette classe regroupe les échantillons contenant moins de 400 germes/ml. Cette valeur est arbitraire, mais elle est proche des valeurs moyennes trouvées autrefois et constitue en quelque sorte une "référence"; de plus, elle a permis d'esquisser une carte de la répartition des germes suffisamment diversifiée pour être intéressante (tableau No 1).

2.1.1. Le Grand Lac

Le fait le plus remarquable en bactériologie en 1975 est la diminution de fréquence des échantillons d'eau de "fortes" concentrations en germes (voir le tableau ci-dessous).

Fréquence des échantillons de plus de 6'000 germes/ml dans le Grand Lac.

<u>Année</u>	<u>%</u>
1970	12,8
1971	10,0
1972	23,5
1973	33,0
1974	11,8
1975	3,6

34 échantillons sur les 938 prélevés dans le Grand Lac contenaient plus de 6'000 germes/ml, soit 3,6 %; en 1973, ce chiffre était multiplié par 10.

La diminution du nombre de germes amorcée en 1974 s'est donc poursuivie et même amplifiée en 1975.

Les figures No 1 et 2 permettent de juger graphiquement cette évolution, spectaculaire en certains points :

Echantillons de moins de 1'000 germes/ml :

<u>Points</u>	<u>VS 3</u>	<u>VD 1</u>
1973	12 %	3 %
1974	36 %	35 %
1975	70 %	86 %

D'autres points seraient à citer également : SHL 1, SHL 6, VD 2 et VD 5.

2.1.2. Le Petit Lac

Depuis le début des analyses bactériologiques systématiques, le Petit Lac s'est révélé plus pauvre en germes totaux que le Grand Lac; l'année 1975 n'a pas démenti cette règle, mais la diminution du nombre de germes fut moins marquée que dans le reste du Léman : elle s'est traduite par une augmentation de la fréquence des échantillons de concentration inférieure à

400 germes/ml qui passe de 56 % en 1974 à 65 % en 1975.

2.1.3. Carte schématique de la fréquence des concentrations inférieures à 400 germes/ml (carte No 1)

Cette carte, très simple et grossière, donne une idée de la répartition géographique des germes totaux dans le Léman. On peut la comparer aux cartes dessinées antérieurement (rapports 1969-70, 1971 et 1972).

Le jeu réciproque des apports (Rhône surtout) et des courants peut sans doute expliquer dans une certaine mesure cette image qui à chaque fois révèle la plus grande richesse en germes de la rive sud-orientale.

2.1.4. Moyennes pondérées de 1957 à 1975

La figure No 4, en coordonnée semi-logarithmique et le tableau No 7 présentent les moyennes pondérées de la concentration en germes/ml dans le Léman depuis le début des travaux de la Commission.

Soulignons que la moyenne de l'année 1957 est obtenue à partir de 4 mois d'analyses, celle de 1958 sur 6 mois, de 1959 à 1965 sur 7 mois, de 1966 à 1969 sur 8 mois et qu'à partir de 1970 l'année entière est concertée. Les différentes moyennes annuelles ne sont donc pas strictement comparables.

La pente de la courbe de la figure 4, de 1957 à 1975, qui représente grosso modo une augmentation moyenne de 300 germes/ml par an, montre bien la progression de la concentration en germes au cours des ans; dans ce graphique, l'année 1975 apparaît comme une sorte d'anomalie, sa moyenne étant si faible qu'il faut remonter à 1960 pour trouver une valeur inférieure.

3. LES GERMES INDICATEURS DE POLLUTION FECALE

3.1. Les coliformes

Le terme de coliforme groupe différentes espèces bactériennes dont l'habitat normal est essentiellement l'intestin des animaux à sang chaud. Ces bactéries sont donc introduites dans le milieu lacustre par l'intermédiaire des matières fécales, de façon plus ou moins directe.

3.1.1. Les coliformes dans le Léman

Les concentrations en coliformes dans le Léman, fortes en 1972 et 1973, ont retrouvé leur niveau, important mais plus faible, des années 1961-1970.

En effet, ont diminué notablement de fréquence les concentrations en coliformes les plus importantes dans le lac, celles qui dépassent 800 col/l :

<u>Année</u>	<u>%</u>
1971	27,1 %
1972	38,4 %
1973	35,3 %
1974	26,8 %
1975	15,4 %

Le tableau No 3 de la fréquence de diverses classes de concentrations et la figure No 3 montrent que les points les plus souillés en 1975 ont été, en fréquence d'échantillons supérieurs à 800 col/l :

VS 2	57,1 %
VS 4	35,7 %
SHL 6	21,4 %
GE 2	16,9 %
VD 4	15,6 %

La valeur de cette fréquence était plus forte en 1974 aux points SHL 6 (57,2 %), VD 4 (35,1 %) et GE 2 (27,3 %); au point VS 4, elle était plus faible (27,3 %) et au point VS 2 identique.

Malgré cette amélioration globale, sanctionnée par des moyennes inférieures à celles des années 1971 à 1974, la souillure fécale du Léman reste importante.

3.1.2. Carte de la répartition des coliformes dans le Léman

L'élaboration d'une carte de la répartition des coliformes n'a pas été aisée: partant des fréquences de certaines concentrations ou de moyennes annuelles en chaque point, l'image obtenue était soit trop diversifiée, soit pas assez. Nous avons opté pour la cartographie d'une balance entre deux classes de concentration : la fréquence en % des concentrations inférieures à 200 col/l amputée de la fréquence des échantillons supérieurs à 2'000 coli/l. Un tel procédé revient ainsi à pénaliser les points de prélèvements les plus exposés à des souillures fécales aiguës.

La valeur trouvée pour chaque point a été soustraite de 100 de telle sorte que le point le plus "propre" obtient la note 4 (VD 5) et le plus souillé la note 99 (VS 2). En appliquant la même méthode, on obtient pour l'année 1973 : un minimum de 22 à VD 5 et un maximum de 143 à SHL 6.

La carte très schématique établie à partir de ces données montre que la souillure la plus importante se situe au niveau de l'embouchure du Rhône au Bouveret (VS 2) et suit la côte sud-orientale en diminuant d'intensité jusqu'au large de Thonon-Baie de Sciez. Dans le Petit Lac, la zone la plus souillée s'étend de GE 2 vers l'aval.

3.1.3. Moyennes pondérées, de 1957 à 1975

Les moyennes pondérées des concentrations en coliformes pour les années 1957 à 1975 se trouvent réunies dans le tableau No 8.

En 1957, la moyenne annuelle porte sur 4 mois d'étude, de 1958 à 1969, sur 6 à 8 mois et à partir de 1970 sur 12 mois. En 1970, la technique de culture et de dénombrement a changé: d'une culture en bouillon lactosé on est passé à la filtration sur membrane et culture en milieu solide d'endo. Les résultats, groupés en un tableau unique, ne sont donc pas comparables d'un point de vue scientifique rigoureux.

La courbe de la figure 5 a été tracée à partir des moyennes annuelles pondérées, en coordonnées semi-logarithmiques; elle permet, malgré le changement de technique signalé plus haut, de constater que la concentration en coliformes des eaux du lac Léman n'a cessé d'augmenter depuis 1957, avec, il est vrai, des fluctuations annuelles importantes; cette augmentation peut être estimée à 100 coli/1 par an.

D'autre part, la moyenne de l'année 1975 est la plus faible enregistrée depuis 1970. La moyenne catastrophique de 1972 (plus de 10'000 coli/1) n'apparaît donc pour l'instant que passagère, mais la concentration moyenne des eaux en coliformes reste encore 4 à 5 fois supérieure à celles des années 1957 à 1960.

3.2. Entérocoques (tableau No 4)

Bactéries d'origine fécale, les entérocoques, ou plus précisément les streptocoques fécaux du groupe D de Lancefield, sont, semble-t-il, plus résistants dans les milieux naturels que les coliformes; il y a 4 fois moins d'entérocoques que d'*Escherichia coli* dans les selles humaines, mais 20 fois plus dans les matières fécales du porc ! (Rodier 1975).

Les moyennes de l'année 1975 restent, aux différents points étudiés, comparables aux moyennes multiannuelles 1971-1975. Une seule augmentation nette : au point SHL 1 où l'on passe de 19 entéro/1 à 33 en 1975.

Les fréquences des échantillons de 100 ml positifs (cf le tableau ci-dessous) restent, pour les points VD 4, SHL 1, 2 et 6 du Grand Lac, proches de celles des années antérieures. Dans le Petit Lac en revanche, ces mêmes fréquences paraissent en augmentation.

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	1975
VD 4	91,7	80,7	93,5	93,5	88,3
SHL 1	28,7	52,1	45,4	52,8	51,9
SHL 2	37,6	25,0	31,9	38,9	39,6
SHL 6	60,2	71,4	54,8	63,1	71,4
GE 2	34,5	45,2	36,9	41,7	52,0
GE 3	26,0	22,9	20,8	26,0	34,1
GE 4	30,2	38,5	39,6	25,0	42,1

3.3. Clostridium sulfito-réducteurs

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

Au point VD 4, la moyenne annuelle est en augmentation : 183 /1 (166 en 1974); aux cinq autres points, les moyennes sont en diminution.

3.4. Bactériophages fécaux

Le tableau No 6 réunit les fréquences (%) annuelles des échantillons de 20 ml d'eau contenant au moins 1 phage spécifique des 3 souches bactériennes tests pour 1974 et 1975 et les moyennes multiannuelles.

3.4.1. Phage de Coli 36 :

La fréquence de ce phage est en nette diminution au point VD 4 ; aux autres points, les fréquences de l'année 1975 sont supérieures à la moyenne des années antérieures.

3.4.2. Phage de Shigella paradysenteriae :

On a enregistré une baisse importante de la fréquence de ce phage en 1975, particulièrement dans les eaux du Petit Lac.

3.4.3. Phage de Salmonella paratyphi B :

La présence de ce phage est confirmée dans le Grand Lac, jusqu'au centre (SHL 2) et sa fréquence augmente à l'extrémité du Petit Lac (GE 2 et 1).

Fréquence (%) du phage de Salmonella paratyphi B :

	1972	1973	1974	1975
Petit Lac	1,1	3,8	5,6	8,8
VD 4	0	7,8	7,9	4,3
SHL 2	0	2,1	6,3	2,1

CONCLUSIONS

Les analyses bactériologiques exécutées au cours de l'année 1975 montrent que :

- la fréquence des fortes concentrations en germes totaux a considérablement diminué dans les eaux du Léman :seuls 3,6 % des échantillons prélevés dépassaient 6'000 germes/ml (18,2 % en 1970-74), avec une concentration moyenne annuelle de 1'000 germes/ml, soit 4 fois plus faible que la norme des années 1970-1974 (4'230 germes/ml).
- parmi les bactéries indicatrices de pollution fécale, apportées par les égoûts, les effluents de stations d'épuration et les cours d'eau, les coliformes sont en net recul par rapport aux années précédentes : 362 coli/l en 1975 contre 3'350 en moyenne de 1970 à 1974 malheureusement, les autres indicateurs fécaux (entérocoques, clostridiiums et bactériophages) ne montrent pas de régression significative. Il est donc prématuré de parler de stabilisation de la pollution bactérienne.

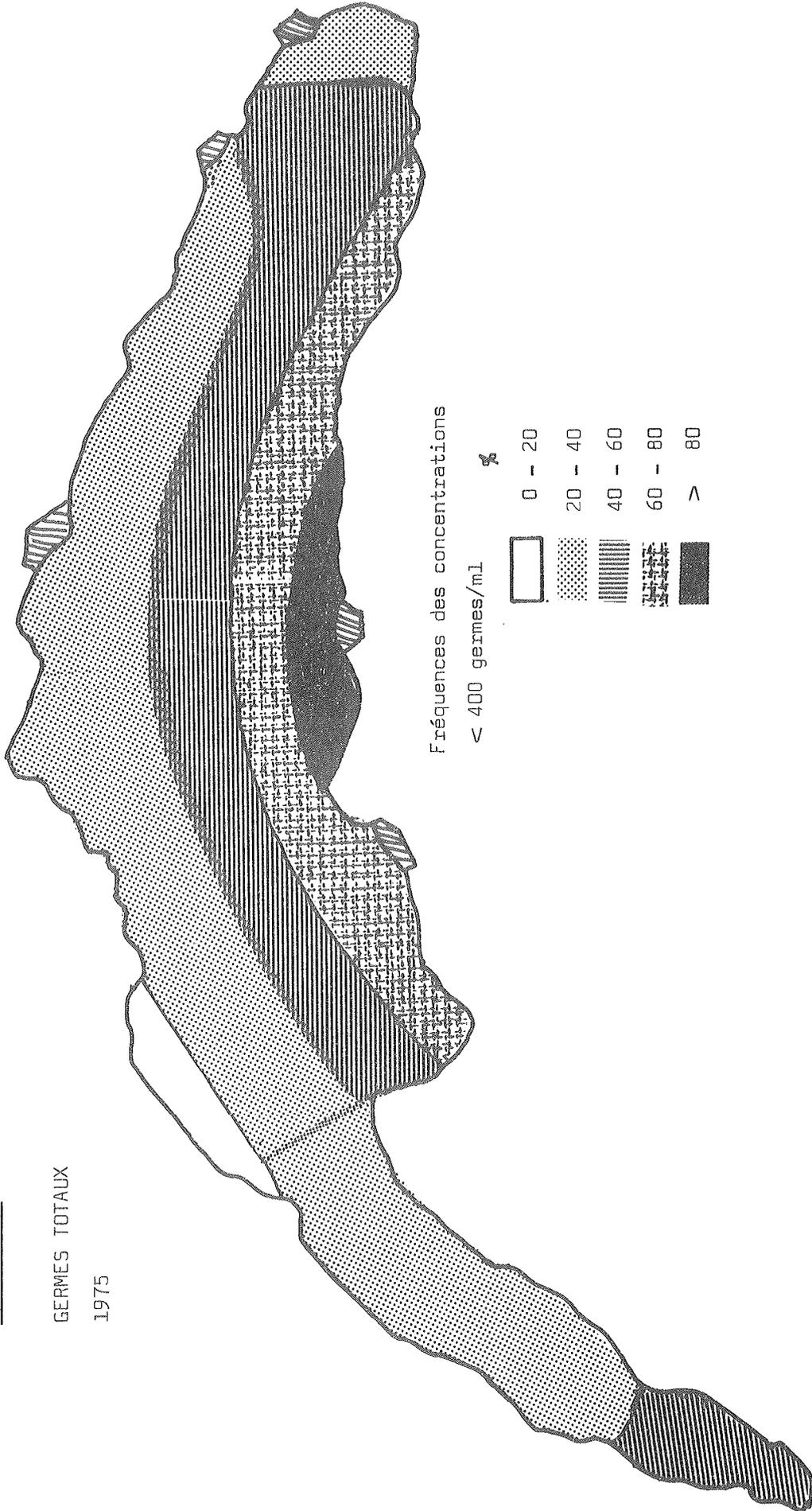
La contamination fécale demeure partout évidente dans les eaux du lac. Cet état bactériologique médiocre doit inciter les autorités riveraines à rester d'une grande vigilance, en particulier dans la surveillance sanitaire des lieux de baignades et de récréation.

Les tableaux récapitulatifs et les figures se trouvent en pages 185 et suivantes du présent volume

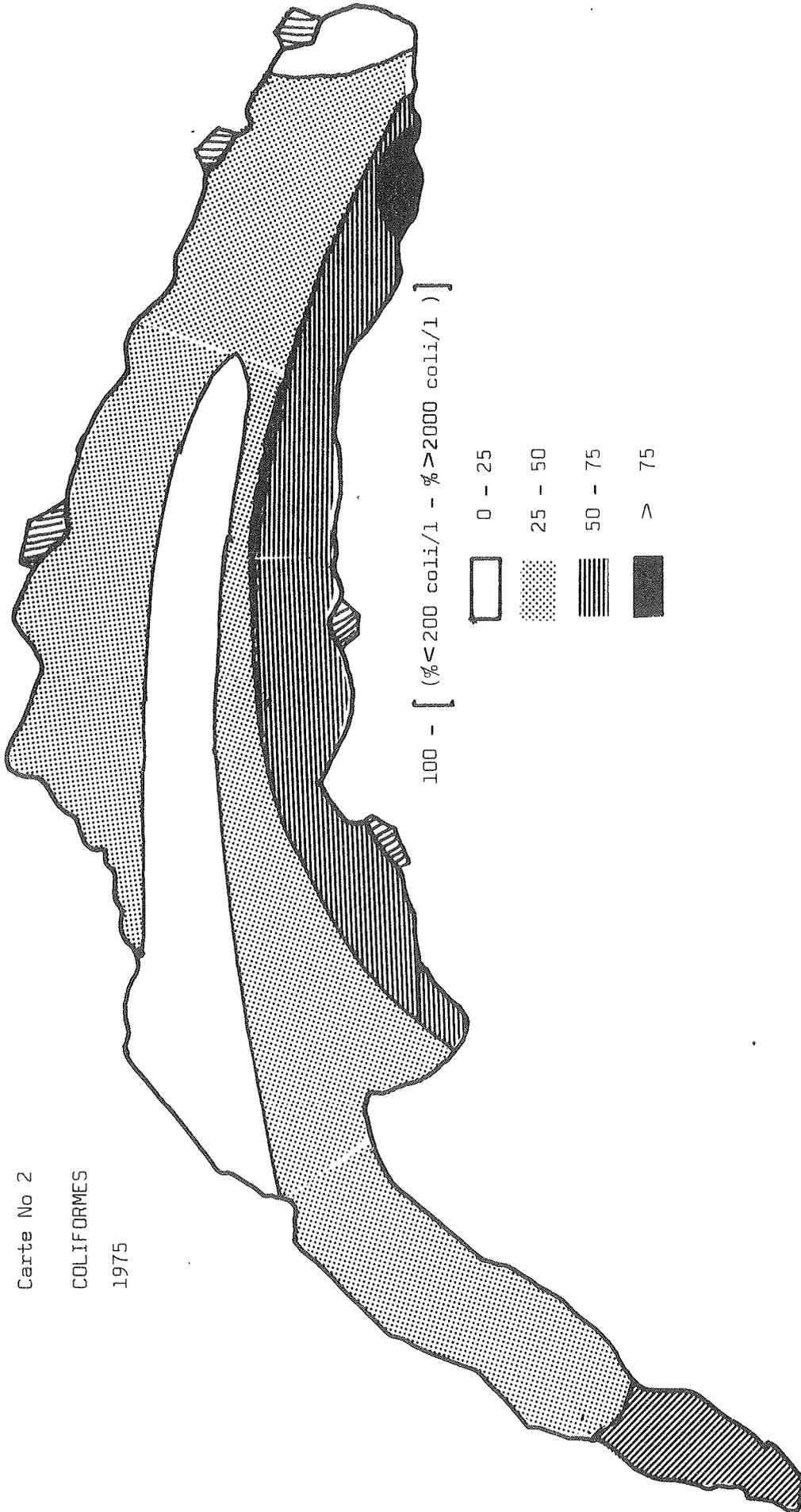
Carte No 1

GERMES TOTAUX

1975



Carte No 2
COLIFORMES
1975



EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

Campagne 1975

par Roger Revaclier
Service d'Hydrobiologie du
canton de Genève

TABLEAUX ET GRAPHIQUES

Fig. 1 Fréquence des échantillons contenant moins de 2'000 germes
par ml de 1971 à 1975

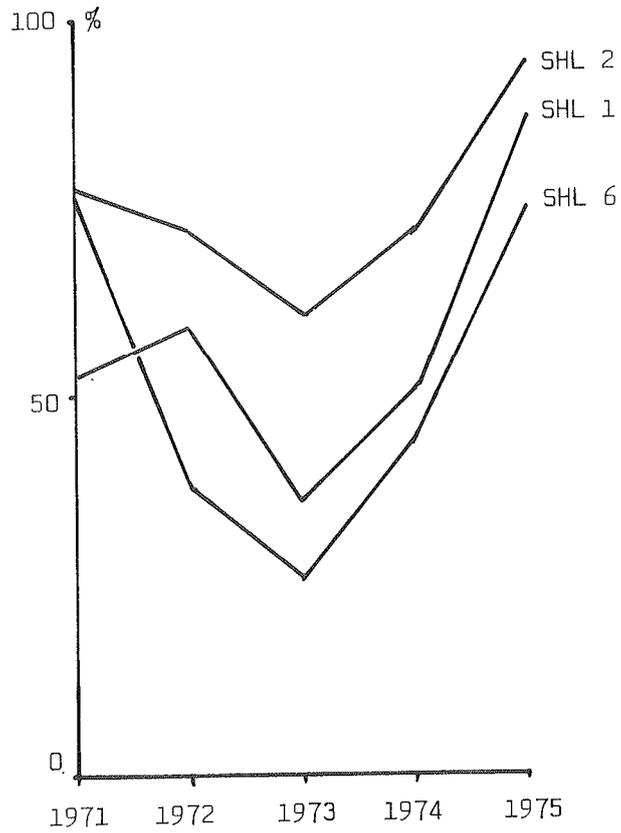
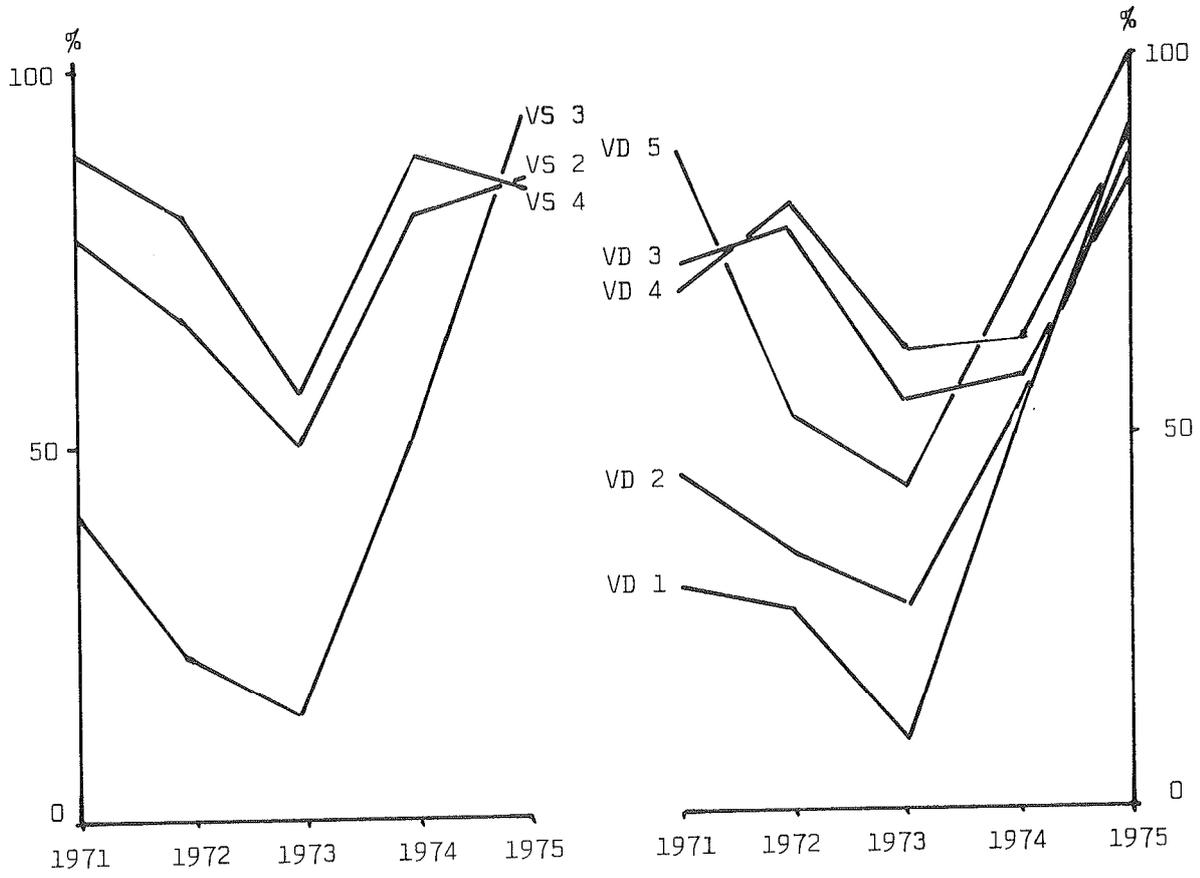


Fig. 2 Fréquence des échantillons de moins de 1'000 germes par ml

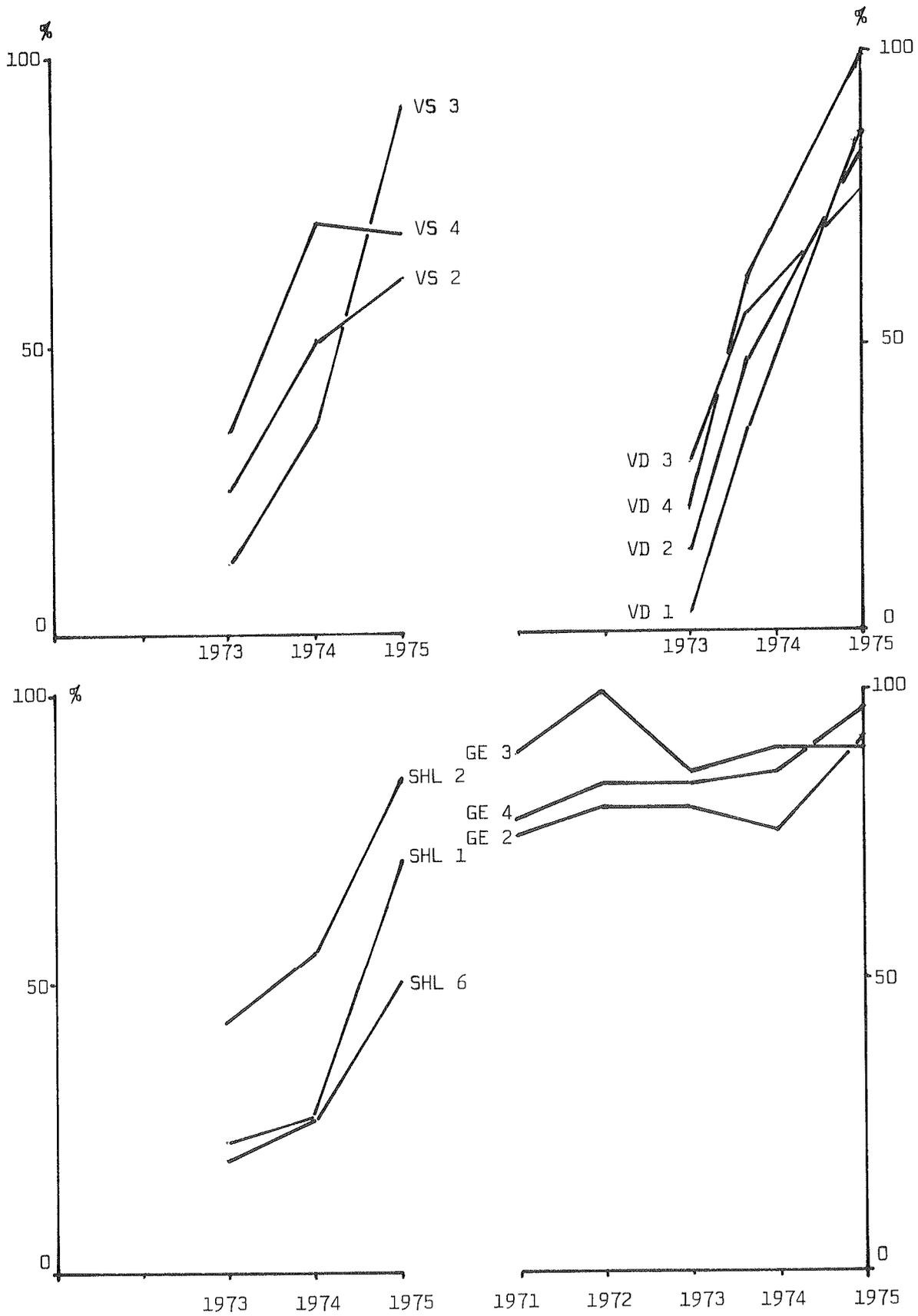


Fig. 3 Fréquence des échantillons contenant moins de 600 coliformes
par litre de 1971 à 1975

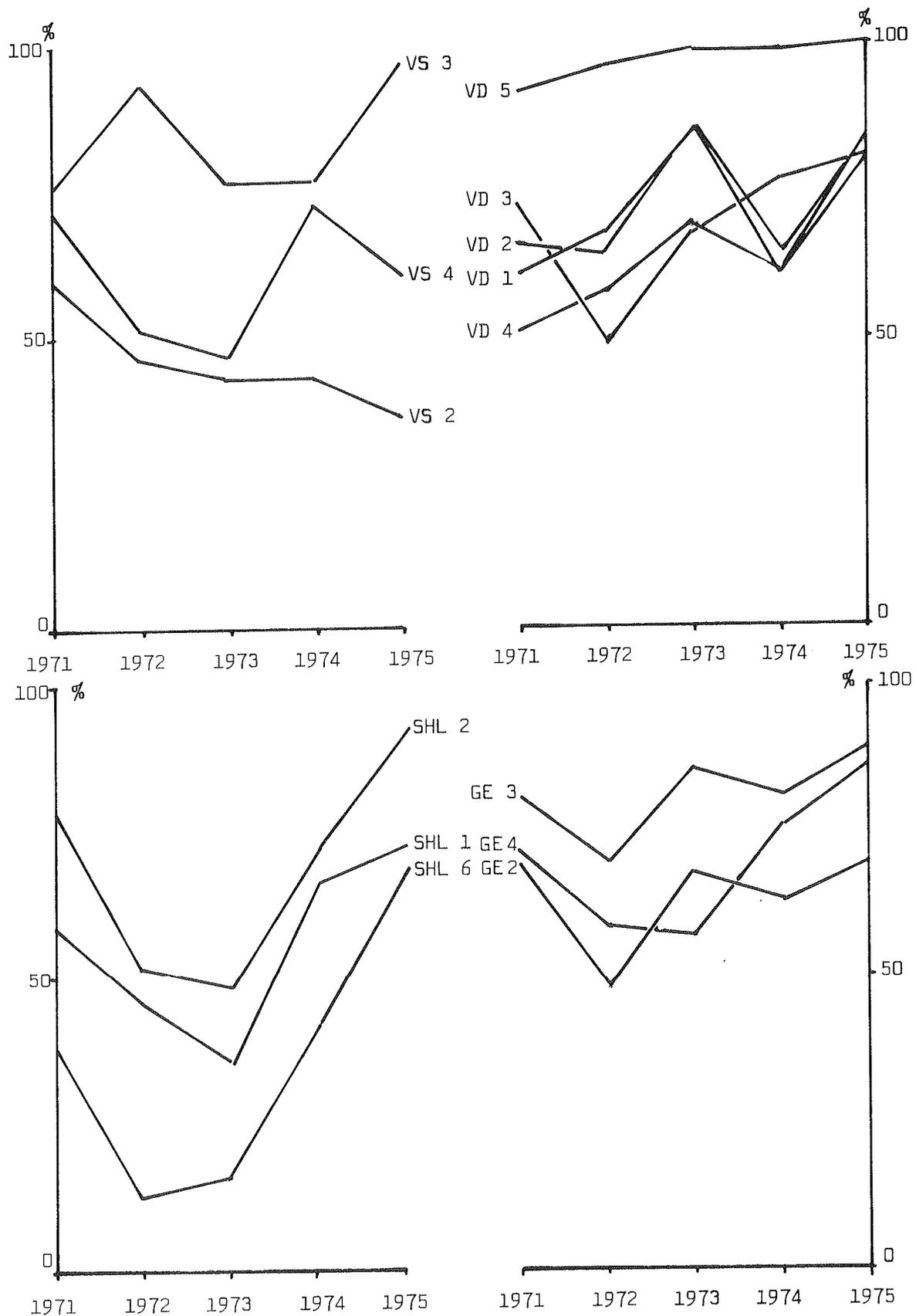
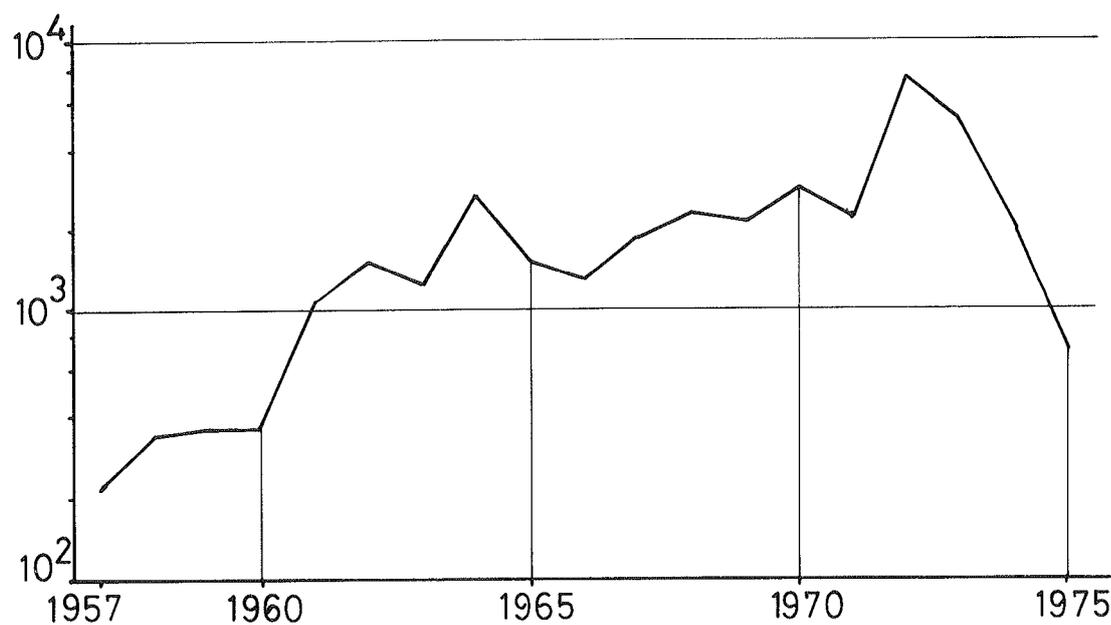
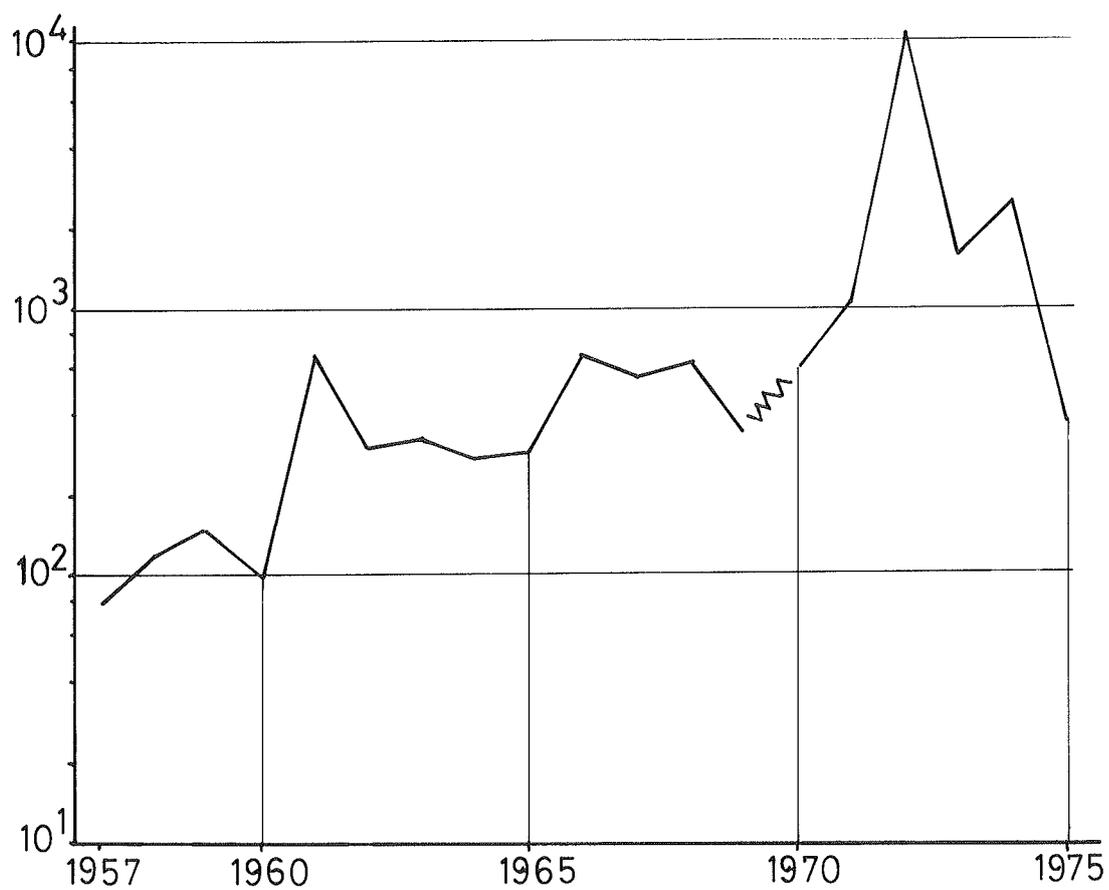


Fig. 4 GERMES TOTAUX : Moyennes annuelles pondérées 1957 - 1975Fig. 5 COLIFORMES : Moyennes annuelles pondérées 1957 - 1975

WWW changement de technique bactériologique

Tableau No 1

NOMBRE DE GERMES PAR ML

Points	≤ 400	0 1000	1000 2000	2000 4000	4000 6000	> 6000
VS 2	31,0	60,7	23,8	14,3	1,2	0
VS 4	41,7	69,1	14,3	14,3	2,4	0
VS 3	70,1	90,9	2,0	0	1,3	6,5
VD 1	55,7	85,7	4,3	1,4	1,4	7,2
VD 2	70,0	75,7	7,2	4,3	5,7	7,1
VD 3	64,3	75,7	7,2	4,3	5,7	7,1
VD 4	71,4	85,7	3,9	2,6	3,9	3,9
VD 5	90,9	98,7	0	1,3	0	0
SHL 1	29,6	71,3	15,7	6,5	0,9	4,5
SHL 2	44,4	84,7	9,1	4,2	0,7	1,4
SHL 6	19,1	50,0	20,2	21,4	6,0	2,4
Grand Lac	51,7	78,1	9,3	6,6	2,4	3,6
GE 2	57,2	92,2	5,2	2,6	0	0
GE 3	69,5	89,8	7,9	2,3	0	0
GE 4	67,0	96,6	3,4	0	0	0
Petit Lac	65,2	92,9	5,5	1,6	0	0
Léman	68,4	81,3	8,5	5,5	1,9	2,8

Tableau No 2

GERMES TOTAUX

MOYENNES ANNUELLES PAR POINT

Point	Moyennes		1965 - 1974		Moyenne de 1975
	sur 10 ans 1965-1974	sur 5 ans 1970-1974	Maxima	Minima	
VS 2	1'516	1'855	3'643	355	1'166
VS 4	1'210	1'510	1'495	230	1'411
VS 3	5'790	8'243	15'267	1'247	1'071
VD 1	5'038	6'808	11'711	2'337	1'545
VD 2	5'016	6'790	13'090	2'148	1'657
VD 3	3'283	2'463	9'059	1'369	1'547
VD 4	4'416	3'582	10'092	2'155	1'021
VD 5	3'440	5'116	13'053	603	224
SHL 1	4'074	7'276	14'260	212	1'322
SHL 2	2'699	3'611	8'100	569	815
SHL 6	7'682	12'780	40'785	1'008	1'634
GE 1	1'343	1'104	2'606	503	526
GE 2	895	815	1'319	433	561
GE 3	819	562	2'152	456	450
GE 4	930	866	1'795	361	367
Grand Lac	3'980	5'388	10'765	1'727	1'153
Petit Lac	989	823	1'599	530	432
Léman	3'212	4'231	8'035	1'473	1'001

Tableau No 3

NOMBRE DE COLIFORMES PAR LITRE

Points	0 200	200 400	400 600	600 800	800 1000	1000 2000	2000	Moy. 1975	Moy. 1974
VS 2	21,4	4,8	9,5	7,1	14,3	22,6	20,2	2169	2135
VS 4	42,9	4,8	13,1	3,6	9,5	13,1	13,1	1085	469
VS 3	88,3	5,2	3,9	0	2,6	0	0	86	382
VD 1	60,0	15,7	8,6	2,9	2,9	7,1	2,9	345	1912
VD 2	67,1	7,1	7,1	8,6	2,9	2,9	4,3	468	2462
VD 3	67,1	8,6	5,7	4,3	1,4	1,4	11,4	685	649
VD 4	80,5	3,9	0	0	1,3	3,9	10,4	1021	3367
VD 5	96,1	2,6	1,3	0	0	0	0	28	57
SHL 1	51,9	12,0	9,3	10,2	3,7	6,5	6,5	543	1789
SHL 2	83,3	3,5	6,3	2,8	0,7	2,1	1,4	200	718
SHL 6	41,2	16,7	11,9	8,3	6,0	7,1	8,3	829	3037
Grand Lac	64,0	7,5	7,1	4,4	4,0	6,0	6,9	646	1543
GE 2	40,3	19,5	10,4	13,0	10,4	2,6	3,9	518	750
GE 3	65,9	12,5	10,2	6,8	4,6	0	0	256	524
GE 4	65,9	11,4	9,1	5,7	4,6	2,3	1,1	312	588
Petit Lac	58,1	14,2	9,9	8,3	6,3	1,6	1,6	321	621
Léman	62,8	8,9	7,7	5,3	4,5	5,1	5,8	577	1345

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	366	10	6	94	60	39	11	38	25
Février	3'449	20	10	59	0	9	14	35	18
Mars	1'190	10	3	17	20	19	1	15	12
Avril	41	3	1	16	0	7	0	3	4
Mai	20	3	7	9	10	0	0	1	1
Juin	5'510	1	1	3	0	4	0	0	1
Juillet	99	24	18	20	20	4	0	0	2
Août	171	13	3	10	0	4	1	1	2
Septembre	1'013	14	12	43	60	66	55	26	101
Octobre	194	3	8	34	10	10	11	1	8
Novembre	3'023	51	21	71	130	64	16	18	37
Décembre	-	236	54	171	-	-	-	-	(54)
Moyenne 1975	1'371	33	12	46	28	21	10	13	19
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
Moyenne 1971-75	839	19	20	56	22	25	6	12	17
Maximum	1'490	33	54	98	28	72	10	15	30
Minimum	271	12	9	32	14	9	4	8	10

Tableau No 5 CLOSTRIDIUMS SULFITO-REDUCTEURS PAR LITRE

Mois	VD 4	SHL 2	GE 1	GE 2	GE 3	GE 4	Petit Lac
Janvier	60	3	0	6	1	1	3
Février	239	4	0	6	13	11	10
Mars	261	2	0	7	6	3	5
Avril	54	0	0	6	1	5	4
Mai	107	0	10	4	6	6	6
Juin	416	3	0	0	0	3	1
Juillet	51	1	0	1	0	0	1
Août	67	1	0	0	5	0	1
Septembre	333	4	10	20	8	6	11
Octobre	77	0	0	0	6	5	3
Novembre	344	8	0	4	5	1	4
Décembre	-	4	-	-	-	-	30
Moyenne 1975	183	2	2	5	5	4	4
Moyenne 1971-75	131	5	4	12	6	7	7
Maximum	183	7	8	33	10	16	16
Minimum	86	2	0	3	3	3	3

Tableau No 6

BACTERIOPHAGESECHANTILLONS POSITIFS DANS 20 ml (%)

Point	Coli 36			Shigella paradysenteriae		
	Moy. * multian.	1974	1975	Moy. *	1974	1975
VD 4	44,6	41,3	12,9	13,0	19,1	5,7
SHL 2	17,1	22,9	22,9	9,1	4,9	2,8
GE 1	36,1	66,7	45,5	26,4	25,0	0
GE 2	25,2	44,1	46,8	16,3	6,0	1,3
GE 3	14,5	20,2	23,9	11,8	8,3	1,1
GE 4	21,2	29,2	26,1	15,1	6,3	1,1

Point	Salmonella paratyphi B		
	Moy. *	1974	1975
VD 4	5,7	7,9	4,3
SHL 2	1,8	6,3	2,1
GE 1	2,8	8,3	18,2
GE 2	1,9	3,5	6,5
GE 3	1,5	5,2	5,7
GE 4	1,0	5,2	4,6

* Pour les points GE 1, 2, 3, 4, moyennes des années 1969 à 1974
 Pour le point SHL 2, moyennes des années 1970 à 1974
 Pour le point VD 4, moyennes des années 1971 à 1974

LEMAN

Tableau No 7 NOMBRE DE GERMES/ ML MOYENNES PONDEREES

	Janv.	Févt.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957						354	209		172		139		214
1958			393		322	217	138		755		263		342
1959			314		211	267	450	273	792		186		357
1960			327		625	794	231	318	242		190		358
1961			291		4373	440	834	804	670		422		1078
1962			8623		482	642	393	381	235		267		1552
1963			1040		1755	447	476	-	3498		728		1301
1964			1550		7462	1463	4043	1589	1983		1710		2529
1965		1494	2928		1310	1483	898	1477	1630		-		1551
1966		2539	-	256	506	2107	676	865	693		727		1285
1967		299	1012		684	1325	1870	-	1019		6622		1811
1968		398	2397		4283	-	636	863	4585		4145		2285
1969		-	13042		845	653	2383	906	909		-		2127
1970	1336	2620	1725	2048	4018	2002	2329	4758	4546	6816	1513	2480	2925
1971	1547	2020	1812	2723	4247	899	776	6474	853	2573	989	1740	2219
1972	1712	1574	779	673	2491	12392	10092	9752	16157	655	24467	9324	7573
1973	1335	3608	7125	2531	19135	8188	3212	4091	5521	6944	1002	836	5362
1974	5725	1233	2021	1515	1376	3139	952	1878	1565	1337	2624	2082	2099
1975	687	923	808	702	263	564	923	322	1670	481	658	939	731
Moyenne 1957-75	2057	1671	2717	1493	3022	2076	1659	2317	2494	3134	2744	2900	1984

LEMAN
 Tableau No 8 COLIFORMES/L MOYENNES PONDEREES

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1957						17	146		34		60		79
1958			103		115	18	69		212		196		119
1959			101		53	117	196	143	208		215		151
1960			39		30	63	29	150	70		279		98
1961			241		73	67	2396	1011	361		316		658
1962			176		308	168	428	621	230		226		300
1963			388		248	198	264	-	365		303		327
1964			335		130	347	319	265	156		277		274
1965		91	226		216	238	134	168	351		-		288
1966		1297	-	247	296	704	463	561	474		558		668
1967		793	663	-	515	270	578	-	424		513		523
1968		1433	201		180	-	698	332	978		729		604
1969		-	781		198	108	607	201	172		-		345
1970	550	422	429	910	1533	213	228	74	240	335	731	1177	597
1971	643	1116	675	828	244	161	1353	2245	1287	713	987	2343	1002
1972	775	1524	659	1208	225	606	1053	27240	67335	284	13665	17959	11024
1973	514	1490	3370	1057	3651	373	311	988	2110	2226	469	3169	1614
1974	4578	5974	4012	240	1417	355	336	3918	7160	562	389	795	2525
1975	493	641	441	394	233	564	149	212	316	242	270	665	362
Moyenne multi-ann.	1259	1478	767	698	535	266	514	2549	4342	727	1187	4338	1135

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

Campagne 1975

Evolution de 1964 à 1975

par Pierre Burkard
Services Industriels de Genève
Service des Eaux
Laboratoire

CONCLUSIONS

Etant donné que l'année faisant l'objet de ce rapport correspond à la fin du plan quinquennal 1971-1975 de la Sous-commission technique, il nous a semblé opportun non seulement de faire mention dans ces conclusions des résultats des recherches de l'année 1975, mais encore d'essayer de définir les tendances pouvant apparaître dans l'évolution des apports des affluents au lac Léman depuis le début de cette enquête, soit de 1964 à 1975. Par ailleurs, nous résumerons encore succinctement les constatations faites le long du cours de certains affluents.

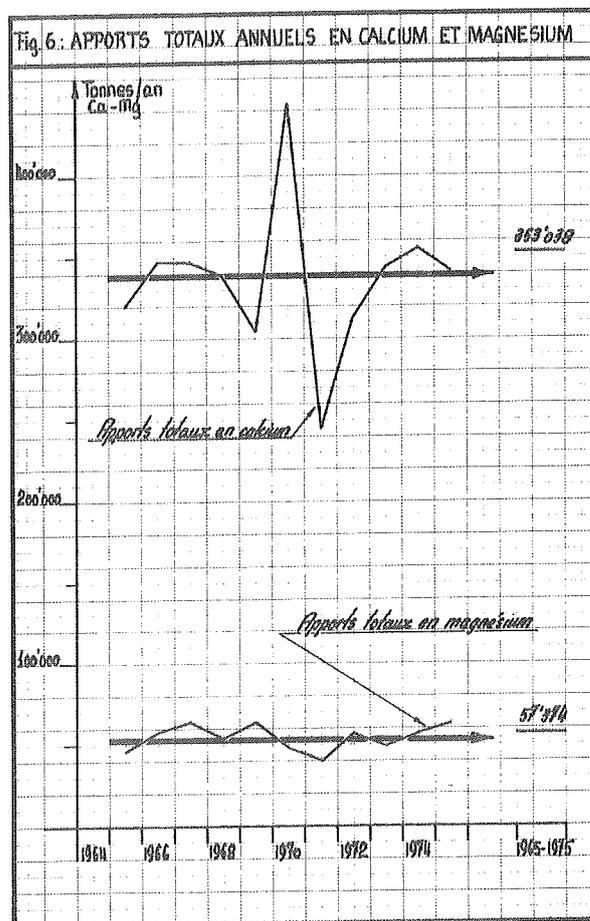
1. EVOLUTION DES APPORTS DES AFFLUENTS DE 1964 A 1975

Nos conclusions sont exclusivement fondées sur les apports totaux annuels pour l'ensemble des 24 affluents étudiés. En effet, seules ces valeurs, qui tiennent également compte des concentrations et des débits, nous semblent représentatives.

Dans une étude telle que celle entreprise par la Sous-commission technique sur les affluents du lac Léman, il est primordial de déterminer si les chiffres obtenus pour les apports annuels sont le reflet de la vérité. Nous avons admis que tel devait être le cas si les tonnages en éléments - tels le

calcium et le magnésium - dont les concentrations naturelles dans l'eau des affluents ne sont pratiquement pas influencées par les déversements d'eaux usées d'origines diverses, présentaient une certaine similitude d'une année à l'autre.

Comme l'indique la figure 6, les apports en magnésium sont, de 1965 à 1975,



relativement réguliers et ils ne montrent aucune tendance évolutive dans le sens soit d'une augmentation, soit d'une diminution. La courbe des apports en calcium est nettement plus irrégulière. Il ne semble cependant pas qu'il soit possible de déterminer sur l'ensemble des années considérées, une modification générale importante du niveau de ces apports.

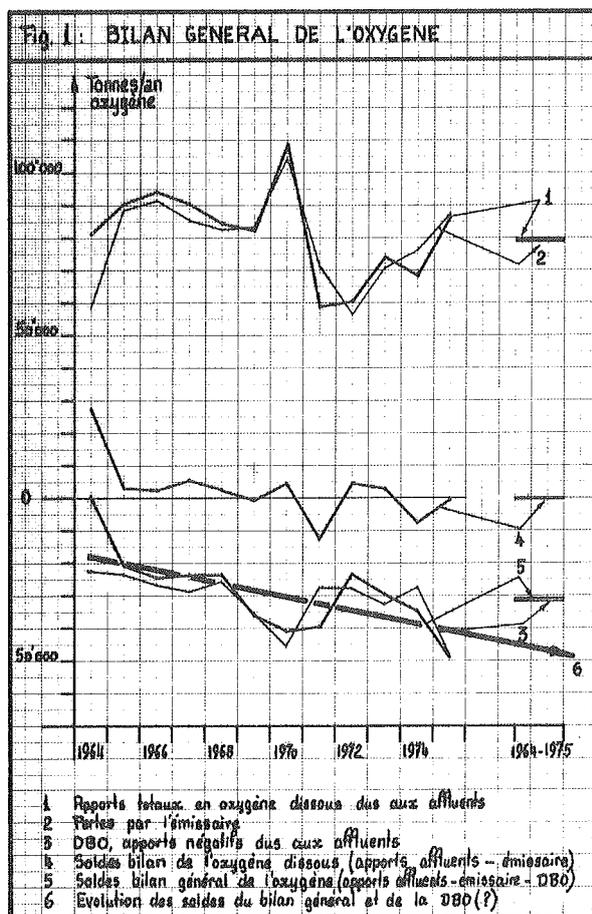
En conséquence, nous pensons être en droit d'admettre le bien-fondé des évolutions mises en évidence pour les éléments qui jouent un rôle important dans la dégradation de la qualité des eaux du lac Léman. De 1964 à 1975, les tendances suivantes apparaissent :

Bilan de l'oxygène (figure 1)

Les apports en oxygène dissous dus aux affluents sont pratiquement compensés par les pertes dues à l'émissaire.

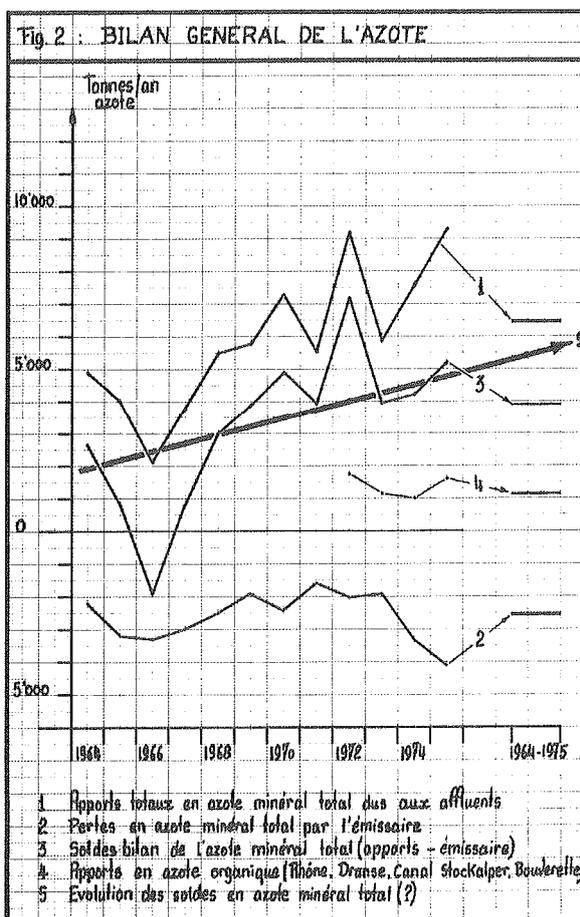
En tenant compte de la demande biologique en oxygène, on constate que les quantités d'oxygène que le lac doit fournir pour minéraliser les apports de

ses affluents augmentent d'année en année, passant d'environ 20'000 tonnes/an en 1964 à quelque 40'000 tonnes/an en 1975.

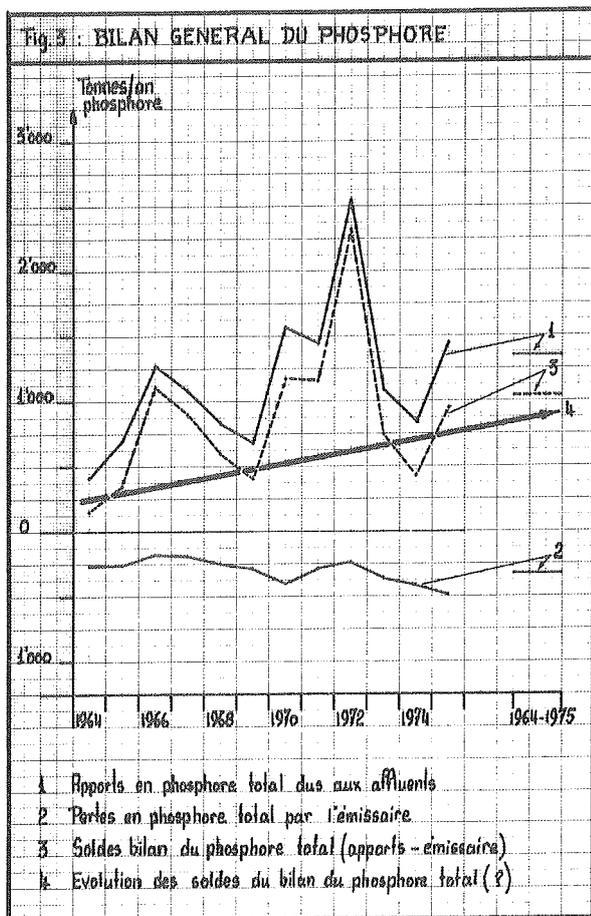


Bilan de l'Azote (figure 2)

Comme l'indiquent les courbes ci-jointes, les apports en azote minéral total d'une façon générale augmentent et le solde du bilan (apports des affluents moins pertes par l'émissaire) a tendance à s'accroître. En schématisant cette évolution, on constate que ce solde passe d'environ 2'000 tonnes/an en 1964 à 4'500 tonnes/an en 1975.



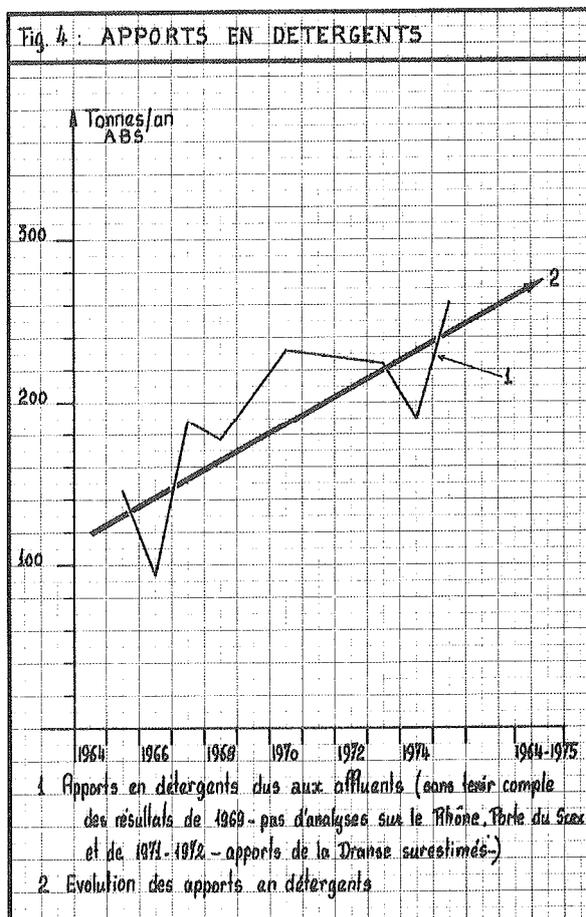
Bilan du phosphore (figure 3)



Le bilan du phosphore total est également caractérisé par l'augmentation des soldes positifs. En ne tenant pratiquement compte que des valeurs les plus faibles - donc en se plaçant dans les conditions les plus favorables - on doit malheureusement constater que ce solde, de l'ordre de 250 tonnes/an en 1964 atteint actuellement au maximum 750 tonnes/an P.

Apports en détergents (figure 4)

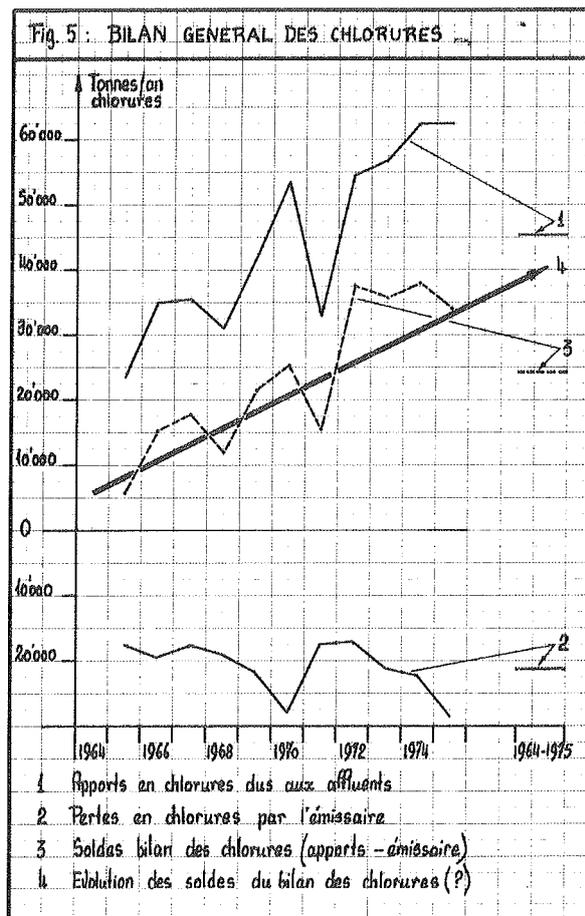
Le tonnage annuel en détergents apporté au lac Léman par ses affluents est en constante augmentation. En schématisant les variations enregistrées de 1965 à 1975, on constate que ces apports ont passé de quelque 120 tonnes en 1965 à environ 240 tonnes en 1975.



Bilan des chlorures (figure 5)

L'évolution des apports totaux en chlorures montre qu'ils ne cessent de croître. Il en va de même des soldes du bilan (apports dus aux affluents moins pertes par l'émissaire) qui passent d'environ 6'000 tonnes/an en 1965 à 34'000 tonnes/an en 1975.

Comme conséquence, la teneur en chlorures de l'eau du lac Léman a presque doublé en 12 ans.



En résumé, l'évolution des apports dus aux affluents du lac Léman se révèle être, de 1964 à 1975, soit en douze ans, très défavorable. En effet, rappelons, au risque de nous répéter, que, pendant cette période :

- le déficit en oxygène a doublé (de 20'000 à 40'000 tonnes/an)
- l'enrichissement du lac en azote minéral total a augmenté de 125 % (2'000 à 4'500 tonnes/an N)
- les soldes positifs en phosphore total ont triplé au minimum (250 à 750 tonnes/an P)
- les apports en détergents ont doublé (de 120 à 240 tonnes/an)
- les tonnages en chlorures restant dans les eaux du lac ont augmenté de plus de 450 %

La situation est donc, à notre avis, très alarmante, d'autant plus que les apports atmosphériques et les déversements d'un certain nombre de stations d'épuration, dont l'effluent gagne directement le lac, ne sont pas englobés dans les bilans dont il est fait mention dans le présent rapport. Ces apports ne sont pas négligeables. En effet, pour les précipitations, nous obtenons en 1975 les chiffres suivants :

Azote minéral total : 1187 tonnes/an N (13 % des apports des affluents)
 Phosphore total : 110 tonnes/an N (8 %)
 Chlorures : 622 tonnes/an Cl (1 %)

2. RESULTATS DE L'ANNEE 1975

Par rapport à l'année précédente, 1975 est principalement caractérisée par :

- une légère augmentation de la somme des débits moyens de l'ensemble des affluents étudiés (246 m³/s contre 200)
- un accroissement sensible des pertes en oxygène dissous : 48'600 tonnes/an en 1975 contre 34'900 tonnes l'année précédente. Sous ce rapport, l'année 1975 est la plus défavorable depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique.
- une augmentation de près de 2'000 tonnes/an d'azote minéral total. Malgré une élimination plus prononcée par l'émissaire, le solde positif passe de 4'200 tonnes/an en 1974 à 5'200 en 1975. Abstraction faite de l'année 1972, pour laquelle les apports ont été surestimés (Drance), 1975 laisse apparaître le solde le plus important depuis 1964.
- un accroissement des apports en phosphore total : de 850 tonnes en 1974 à 1'450 tonnes en 1975. En tenant compte de l'émissaire, le solde positif passe de 430 à 970 tonnes/an.
- une augmentation des apports en détergents : 190 tonnes en 1974, 260 l'année suivante.
- une certaine stabilisation des apports en chlorures, aux environs de 60'000 tonnes/an. Du fait de l'élimination plus grande par l'émissaire en 1975 que l'année précédente, le solde positif baisse quelque peu : de 38'000 à 33'800 tonnes/an.
- une augmentation très nette - en partie conditionnée par un prélèvement accusant 27 ppm - des apports en hydrocarbures de la Drance (de 33 à 820 tonnes/an). Par contre ceux du Rhône sont stables (1974 : 490 tonnes/an; 1975 : 515).
- un accroissement des apports et du solde positif pour le potassium : pour 1974 et 1975 respectivement, 12'800 et 15'750 tonnes/an pour les apports et 3'700 et 6'075 pour les soldes.

Ainsi le pessimisme dont nous avons fait montre au vu des résultats de la période 1964-1975 n'est pas démenti, et de loin, par les chiffres de l'année 1975.

Les situations et évolutions suivantes ont été constatées pour un certain nombre d'affluents :

- le Grand Canal : de 1974 à 1975, la qualité de l'eau s'est un peu améliorée du point de vue de l'ammoniaque. Par contre, la teneur en phosphore a tendance à augmenter. D'une façon générale, la qualité de l'eau de cette rivière s'est dégradée depuis 1973, probablement du fait du déversement de la station d'épuration d'Ollon-Villars-Chesières.
- la Maladaire : qualité de l'eau très préteritée.
- la Lutrive : on constate une certaine amélioration de la qualité de l'eau, probablement du fait du raccordement de diverses sources d'eaux usées à la station d'épuration de Lutry, station dont l'effluent gagne directement le lac.

- la Chamberonne : l'amélioration constatée précédemment a actuellement pratiquement disparu.
- la Morges : la qualité de l'eau est nettement meilleure que les années antérieures, certainement du fait du raccordement à la station d'épuration de Morges (dont l'effluent n'est pas compris dans l'inventaire de la Sous-commission technique) de diverses sources de pollution gagnant précédemment directement la rivière.
- la Dullive : qualité médiocre de l'eau.
- la Drance : détérioration de la qualité de l'eau (embouchure rive droite) en 1975 par rapport à l'année précédente : augmentation de l'ammoniaque, du phosphore, des chlorures, des hydrocarbures, etc.
- le Canal Stockalper : augmentation relativement faible de la charge.
- le Vengeron et le Nant d'Aisy : ces deux cours d'eau sont presque des égouts à ciel ouvert : le débit des stations d'épuration qui s'y déversent représente une proportion importante du débit naturel de ces cours d'eau.

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

- la Drance : nette détérioration de la qualité de l'eau entre le Pont de la Douceur et l'embouchure.
- la Versoix : en 1975, contrairement aux années précédentes, diminution de la qualité de l'eau entre la frontière et l'embouchure. Cette évolution n'est probablement qu'apparente (voir § 3.2.)
- le Vengeron : en amont de la station d'épuration du Grand-Saconnex, la qualité de l'eau de cette rivière est déjà très préétablie. Le déversement de l'effluent de la station d'épuration est sensible, dans le sens qu'il entraîne une détérioration nette de l'eau. L'autoépuration entre ce point de déversement et l'embouchure est peu marquée.
- l'Arve : la composition de l'eau de cet affluent du Rhône ne subit pas de grandes transformations entre la frontière franco-suisse et l'embouchure. Il est de plus fait mention dans le présent rapport de recherches sur les concentrations en métaux lourds et en matières organiques de l'eau de l'Arve. Les résultats montrent qu'une partie de la charge polluante est liée aux matières en suspension.
- l'Allondon : la charge transportée par ce cours d'eau provient essentiellement de France. Sur le parcours en territoire genevois, on constate une légère dilution des apports et des processus de minéralisation conduisant à une amélioration de la qualité de l'eau.

Le rapport détaillé se trouve aux pages 199 et suivantes.

RAPPORT SUR L'ETUDE
DES APPORTS ATMOSPHERIQUES AU LAC LEMAN

Campagne 1975

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

L'étude des apports atmosphériques directs au lac Léman prévue au programme 1971-1975 s'est terminée par la campagne 1975.

Ont participé à cette étude :

- 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 résultats utilisés proviennent de l'analyse après filtration à 0,45 μ des précipitations recueillies mensuellement aux stations suivantes :

Canton de Genève (résultats utilisés depuis 1972).

- Hôtel de Ville de Genève
- Anières
- Bellevue
- Chouilly
- Salève (France) à 1'000 m d'altitude

Canton de Vaud (mise en place en 1973)

- Chessel
- Clarens
- Pully

N.B. Voir les tableaux récapitulatifs aux pages 283 et suivantes.

- Vidy
- Tolochenaz
- Changins

France (résultats utilisés depuis 1972)

- Thonon C.R.G.

La pluviométrie mensuelle de différentes stations de prélèvements figure dans le tableau No 1. Les apports mensuels exprimés en mg/m^2 sont donnés dans les tableaux 3 à 10, pour les éléments suivants :

- Résidu sec
- Résidu calciné
- Calcium
- Azote minéral
- Orthophosphates
- Phosphore total
- Chlorures
- Sulfates

Dans le tableau No 11 sont reportées les analyses plus complètes des précipitations mensuelles à Thonon.

Les apports spécifiques moyens mensuels ont été calculés pour les principaux éléments à chaque station (tableau No 12).

Dans leur ensemble les apports atmosphériques mesurés sur la rive vaudoise du Léman sont plus importants que ceux de Genève et de Thonon et ceci pour tous les éléments considérés.

Les apports directs au lac Léman calculés en extrapolant les mesures à l'ensemble du lac (582 km^2) figurent dans le tableau No 13 pour la période d'étude. On peut noter une légère baisse de ces apports notamment pour l'azote et le phosphore. Cependant, ces derniers sont loin d'être négligeables puisqu'ils représentent encore respectivement 20 % et 8 % des apports par les rivières (6'067 et 1'355 tonnes, normes 1964-1974) en azote minéral et phosphore total.

La pollution atmosphérique conduisant à des teneurs élevées en éléments nutritifs dans les précipitations constitue donc un réel danger pour le Léman car il accroît son eutrophisation.

De plus, les teneurs en plomb et zinc ont été déterminées sur des échantillons de pluie prélevés en jauge téflon par le laboratoire de toxicologie industrielle et d'analyse de l'air de Genève. En 1975, l'apport spécifique en plomb de la pluie à Genève a été compris entre 6,8 et 0,2 mg/m^2 , celui du zinc entre 690 et 5 mg/m^2 .

La poursuite de cette étude permettra de préciser ces apports et de l'étendre à d'autres éléments toxiques (Cd, Hg, Ba, ...)

RAPPORT SUR L'ETUDE
DES APPORTS ATMOSPHERIQUES AU LAC LEMAN

Campagne 1975

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

TABLEAUX RECAPITULATIFS

PLUVIOMETRIE EN MM D'EAU

Tableau No 1

Station / Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total annuel
Chesnel	86	55	48	76	50	70	153	177	96	72	58	44	985
Clarens	85	48	49	81	38	72	165	146	77	117	78	56	1'012
Pully	48	43	72	52	37	101	69	80	224	47	99	78	859
Vidy	27	55	39	64	40	78	111	83	-	-	-	-	-
Tolochenaz	60	75	46	57	36	80	82	133	93	137	59	67	925
Changins	37	92	36	48	25	57	51	75	79	80	40	43	663
Hôtel de Ville Genève	102	14	103	60	73	118	97	113	245	48	110	136	1'219
Anières	86	11	65	63	76	122	60	103	194	36	122	85	1'023
Bellevue	93	12	65	49	48	127	79	126	204	41	125	88	977
Chouilly	82	7	57	49	57	116	33	135	204	22	111	81	954
Salève	80	13	108	57	82	143	40	91	190	50	102	110	1'066
Thonon CRG	79	8	76	65	72	106	69	152	146	58	140	54	1'025

Tableau No 2 pH

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chesnel		6,8	7,2	7,3	7,3	7,3	6,9	6,9	6,9	7,1	7,0	7,3	6,8
Clarens		6,6	7,1	7,0	7,1	7,3	6,9	6,9	6,9	7,0	7,0	6,8	6,6
Pully		6,8	6,8	6,7	7,1	7,0	7,9	7,6	7,2	7,1	6,9	7,0	6,2
Vidy		6,8	6,8	7,2	7,1	7,1	7,0	7,3	7,3	-	-	-	-
Tolochenaz		6,6	7,1	7,2	7,0	7,1	7,0	7,3	6,9	7,0	8,2	7,1	6,5
Changins		7,0	6,6	7,0	6,9	6,9	8,1	8,6	8,2	8,0	7,5	7,3	6,8
Hotel de Ville de Genève		4,6	4,2	5,2	6,8	6,1	4,5	6,4	5,9	6,1	4,6	4,5	4,5
Anières		3,6	5,7	5,5	5,4	5,3	4,6	6,1	6,0	6,7	6,25	4,6	6,0
Bellevue		3,4	4,4	4,2	4,8	7,7	7,2	5,9	6,9	4,8	5,1	7,2	4,9
Chouilly		4,2	3,7	4,5	5,5	5,2	4,3	4,5	5,1	5,0	4,6	4,3	4,5
Salève		4,2	5,0	4,4	4,6	5,2	5,4	6,8	6,5	5,9	5,6	5,4	5,4
Thonon CRG		7,2	5,7	4,5	-	4,1	8,4	5,2	4,4	-	4,5	4,4	5,6

RESIDU SEC EN mg/m²/mois

Tableau No 3

Station	Mois											
	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel	9'202	4'015	-	11'932	6'050	7'000	5'508	7'257	15'552	2'952	6'206	4'532
Clarens	5'015	3'552	5'341	10'044	-	4'392	5'280	4'526	2'233	3'042	3'042	4'984
Pully	5'424	10'320	9'000	12'992	6'179	13'736	10'971	11'280	9'184	2'773	6'831	5'538
Vidy	-	7'425	-	8'000	7'040	4'602	6'549	16'849	-	-	-	-
Tolochenaz	7'260	3'975	-	9'690	-	5'440	4'346	5'320	2'232	5'891	3'363	6'566
Changins	-	3'496	-	6'384	-	12'250	9'027	7'875	3'081	3'200	-	3'311
Hotel de Ville Genève	3'208	966	3'653	2'491	4'556	2'270	2'410	2'203	2'619	1'279	1'621	2'947
Anières	749	549	1'831	1'296	2'315	2'030	2'128	2'998	3'561	738	1'743	1'502
Bellevue	805	404	1'133	756	2'841	6'078	2'591	3'422	2'923	790	1'692	1'261
Chouilly	816	623	1'236	840	664	1'730	1'004	1'635	2'719	469	530	1'357
Saiève	587	383	1'327	765	1'506	3'141	1'018	1'048	3'045	1'100	2'179	2'082
Thonon CRG *	1'523	134	894	582	2'368	3'827	1'133	1'246	1'011	547	670	505

* Valeurs calculées

Tableau No 5 CALCIUM mg/m²/mois

Station / Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel	413	264	403	304	320	336	40	566	614	288	209	229
Clarens	425	250	353	373	243	374	46	584	246	468	312	336
Pully	240	206	403	258	5,9	646	97	512	896	188	475	406
Vidy	32	286	250	256	6,4	281	377	498	-	-	-	-
Tolochenaz	276	390	350	319	180	576	262	426	372	658	236	375
Changins	148	368	-	144	110	296	326	360	284	288	208	172
Hôtel de Ville Genève	656	153	534	143	495	42	233	138	886	78	307	218
Anières	69	60	105	100	151	34	120	84	390	82	146	102
Bellevue	111	64	105	79	422	82	254	305	326	66	150	70
Chouilly	98	26	114	79	136	35	118	141	326	107	178	98
Salève	32	45	86	83	131	44	65	147	304	146	245	131
Thonon CRG	248	40	238	227	0	685	142	213	175	45	31	106

Tableau No 6
AZOTE MINERAL mg/m²/mois

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chesnel		47	54	80	99	58	101	135	264	172	41	46	38
Clarens		52	29	61	153	71	134	265	159	55	48	74	33
Pully		91	47	277	245	529	3214	1273	2694	1006	50	439	157
Vidy		75	84	155	77	98	92	194	163	-	-	-	-
Tolochenaz		114	40	42	52	40	87	82	123	47	48	46	39
Changins		71	65	61	101	1062	652	805	2209	306	265	177	68
Hôtel de Ville Genève		39	35	193	202	297	67	15	51	88	111	81	102
Anières		51	53	106	52	90	9	65	65	171	74	182	90
Bellevue		11	32	63	24	5	78	9	30	55	87	61	56
Chouilly		25	49	84	63	195	49	5	97	4	70	84	74
Salève		3	19	74	4	92	27	62	98	6	7	22	113
Thonon CRG		23	4	52	10	36	72	9	85	30	49	56	30

Tableau No 7

ORTHOPHOSPHATES mg P/m²/mois

Station / Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel	1,29	0,77	1,20	3,00	0,30	1,82	5,40	9,70	12,00	1,44	2,10	0
Clarens	1,02	0,24	0,73	3,20	2,40	2,10	17,30	3,60	0,54	1,76	1,33	0,90
Pully	4,70	4,50	13,70	5,00	26,00	57,10	51,10	72,80	121,00	9,60	62,00	14,00
Vidy	2,83	5,80	10,30	2,60	19,40	5,20	4,40	4,60	-	-	-	-
Tolochenaz	19,80	0,45	2,80	1,14	0,43	0,64	0,98	1,59	1,12	1,37	0,47	0,54
Changins	9,60	10,50	4,90	12,00	126,00	21,70	56,60	133,00	38,00	32,00	14,40	4,50
Hôtel de Ville Genève	0,10	0,01	0,21	12,20	12,30	0,24	0,19	0,45	1,50	0,05	0,11	21,20
Anières	0,09	4,70	0,65	0,12	0,08	0,12	1,08	0,10	0,40	14,00	13,00	0,68
Bellevue	0,09	0,01	0,06	0,25	0,05	1,01	0,16	-	0,20	0,08	0,13	0,97
Chouilly	0,08	0,01	0,23	0,89	0,06	0,12	0,03	0,13	0,41	0,02	0,11	1,14
Salève	0,24	0,01	0,11	0,12	0,08	0,14	0,28	-	0,19	0,05	4,90	0,44
Thonon CRG	0,47	0,14	0,76	0,46	0,36	5,80	0,41	4,10	2,04	4,40	6,00	8,40

Tableau No 8
PHOSPHORE TOTAL $\text{mg/m}^2/\text{mois}$

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel		15,9	8,8	10,1	6,8	4,0	4,0	17,0	13,3	42,0	4,3	12,2	9,7
Clarens		7,2	3,4	3,4	8,5	3,3	4,7	39,0	8,0	3,1	3,5	5,3	5,0
Pully		8,6	22,0	15,5	18,0	47,0	189,0	87,0	112,0	129,0	13,0	83,0	24,0
Vidy		42,0	60,0	16,0	9,9	21,0	4,5	22,0	34,0	-	-	-	-
Tolochenaz		27,0	5,6	11,5	6,5	4,5	5,0	4,7	6,0	2,4	2,7	6,5	10,4
Changins		17,0	33,0	7,6	21,0	200,0	95,0	104,0	169,0	40,0	37,0	15,0	13,3
Hôtel de Ville Genève		0,1	0,11	0,83	12,2	13,1	0,47	0,40	2,8	2,7	0,29	0,11	23,0
Anières		0,17	4,8	2,0	0,13	0,30	0,12	1,1	5,1	5,4	16,0	14,4	0,68
Bellevue		0,19	0,07	0,13	0,25	0,10	1,40	0,16	-	2,24	0,61	0,13	1,06
Chouilly		0,49	0,34	0,68	0,99	0,06	0,92	0,52	0,81	2,5	0,42	0,11	1,30
Salève		0,32	0,07	0,21	0,12	0,16	2,4	0,65	-	2,5	0,72	7,9	0,44
Thonon CRG		0,87	0,27	1,29	0,65	0,43	9,1	1,31	9,3	3,3	5,3	8,4	8,4

Tableau No 9
CHLORURES mg/m²/mois

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel		146	110	58	122	65	56	153	159	269	58	81	79
Clarens		255	124	176	129	91	65	198	175	138	70	94	134
Pully		154	120	158	112	218	404	117	328	314	56	178	140
Vidy		103	132	66	115	540	140	178	315	-	-	-	-
Tolochenaz		216	217	129	114	50	72	66	106	74	110	106	121
Changins		118	248	79	86	125	74	82	120	47	144	72	77
Hôtel de Ville Genève		95	18	130	63	142	5	27	68	54	22	28	105
Anières		43	20	44	21	49	4	42	2	64	24	29	26
Bellevue		31	21	16	20	48	15	13	77	73	24	45	44
Chouilly		65	21	33	31	34	1	5	3	57	33	40	54
Salève		19	14	32	14	33	6	38	78	99	41	63	81
Thonon CRG		36	16	23	34	25	74	43	210	29	100	186	25

Tableau No 10 SULFATES mg/m²/mois

Station	Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chessel		1'059	792	1'171	1'276	795	763	948	903	1'037	288	336	634
Clarens		1'402	926	1'719	1'636	787	806	1'254	891	431	491	569	1'204
Pully		1'795	1'544	3'513	2'296	-	2'757	1'035	1'304	1'232	686	1'791	1'615
Vidy		-	1'699	1'918	1'920	-	920	1'221	1'112	-	-	-	-
Toilochez		930	915	1'559	1'373	673	1'104	779	665	372	575	531	1'025
Changins		462	920	1'026	1'070	-	879	444	997	671	480	-	327
Hôtel de Ville Genève		1'783	525	1'353	510	1'468	932	328	382	1'748	895	906	1'204
Anières		676	213	433	387	491	575	168	248	991	163	602	402
Bellevue		483	214	447	326	591	1'249	272	-	1'100	423	675	733
Chouilly		723	311	634	252	516	667	115	392	1'162	320	584	427
Salève		321	158	620	183	547	692	145	-	485	570	550	526
Thonon CRG		238	59	411	234	2'174	673	246	523	482	268	301	243

TENEURS EN ELEMENTS DISSOUS DES PRECIPITATIONS MENSUELLES A THONON CRG (mg/l)

Station / Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Hauteur mm	79	8	76	65	72	106	69	152	146	58	140	54
pH unité pH	7,2	5,7	4,5	-	4,1	8,4	5,2	4,4	-	4,5	4,4	5,6
SiO ₂	0,13	-	0,08	0,11	0,07	0,30	0,29	0,08	0,13	0,05	0,03	0,24
Ca ⁺⁺	3,14	5,06	3,13	3,50	0	6,46	2,06	1,40	1,20	0,77	0,22	1,96
Mg ⁺⁺	0,16	0,41	0,27	0,26	0	0,23	0,16	0,10	0,09	0,38	0,09	0,23
Na ⁺	0,38	0,52	0,52	0,47	0,24	0,95	0,98	0,79	0,52	0,38	0,08	0,09
K ⁺	0,0	0,15	0,16	0,33	0,33	1,18	0,62	0,42	0,27	0,57	0,44	0,14
NH ₄ ⁺	0,128	0,300	0,438	0,007	0,347	0,320	0,048	0,38	0,082	0,800	0,350	0,42
Cl ⁻	0,45	1,95	0,30	0,52	0,35	0,70	0,62	1,38	0,20	1,73	1,33	0,46
SO ₄ ⁻⁻⁻	3,02	7,32	5,41	3,60	30,20	6,35	3,56	3,44	3,30	4,63	2,15	4,50
HCO ₃ ⁻	11,7	1,9	1,2	0	1,2	19,2	8,0	0	1,0	0	0	1,0
NO ₃ ⁻	0,16	0,17	0,24	0,15	0,15	0,22	0,08	0,18	0,12	0,04	0,05	0,13
NO ₂ ⁻	0,001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,143	0,004	0,002	0,002	0,001	0,000	0,010
PO ₄ ⁻⁻⁻⁻	0,006	0,017	0,010	0,007	0,005	0,055	0,006	0,027	0,014	0,077	0,043	0,155
P Total	0,011	0,034	0,017	0,010	0,006	0,086	0,019	0,061	0,023	0,092	0,060	0,155

Tableau No 12
APPORTS MOYENS MENSUELS EN mg/m²

Stations	Résidu sec	Résidu calciné	Calcium	Azote minéral	Phosphore soluble	Phosphore total	Chlorures	Sulfates	pH unité pH
Chessel	7'291	5'230	332	95	3,25	12,34	113	833	7,1
Clarens	4'677	3'062	334	95	2,93	7,85	138	1'010	6,9
Pully	8'685	4'907	361	835	36,8	62,3	192	1'779	6,4
Vidy	8'410	5'795	248	117	6,89	26,2	193	1'465	7,1
Tolochenaz	5'408	3'820	368	63	2,61	7,71	115	875	7,1
Changins	6'078	3'438	246	487	38,7	62,8	106	728	7,4
Hôtel de Ville Genève	2'519	1'393	324	107	4,05	4,66	63	1'003	5,3
Anières	1'787	721	120	84	2,93	4,15	31	445	5,5
Bellevue	2'058	950	170	43	0,27	0,57	36	592	5,5
Chouilly	1'135	521	121	67	0,27	0,76	31	509	4,6
Salève	1'515	606	122	44	0,60	1,42	43	436	5,4
Thonon CRG	1'203*	-	179	38	2,79	4,06	67	488	5,4
Moyenne Genève	1'803	838	171	69	1,66	2,36	41	600	5,3
Moyenne Vaud	6'275	4'042	302	276	14,83	28,48	133	1'019	7,1
Moyenne interstations	4'230	2'245	234	170	8,43	15,74	89	795	6,2

* valeur calculée

Tableau No 13 APPORTS ATMOSPHERIQUES DIRECTS AU LEMAN (582 km²) en tonnes/an

	Résidu sec	Résidu calciné	Calcium	Chlorures	Sulfates	N minéral	PO ₄	P total
1972 *	** 13'120	-	1'220	845	4'592	1'178	8	9
1973	24'395	-	1'641	1'530	4'470	1'327	90	119
1974	30'700	17'650	2'300	1'040	5'940	1'720	83	147
1975	29'540	15'680	1'634	622	5'550	1'187	59	110
moy. 1972-75	-	-	1'700	1'000	5'140	1'353	60	96
moy. 1973-75	28'210	16'670	1'860	1'070	5'320	1'410	77	125

* en 1972, les précipitations de la rive vaudoise n'ont pas été analysées

** valeur calculée

ETUDE BIOLOGIQUE PROSPECTIVE

Campagne 1975

par Jean-Pierre Pelletier

avec la collaboration technique

de Jean-Paul Moille
et de Marie-Thérèse Cherubino

Station d'Hydrobiologie lacustre

INRA

Thonon

L'étude biologique prospective réalisée au cours de la campagne 1975 comporte deux types d'expérimentation.

- Nous avons d'une part testé à nouveau l'influence des eaux du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais sur le développement des algues incubées dans l'eau du Léman, en tentant de préciser les rôles respectifs des phosphates et des nitrates.
- D'autre part, nous avons complété ces expériences en faisant intervenir les oligo-éléments, et notamment le fer accompagné d'un chélatant. Ces substances, difficilement décelables par l'analyse chimique du fait de leur très faible concentration dans les eaux lémaniques, sont cependant susceptibles d'influer sur le développement du phytoplancton; leur rôle éventuel peut être mis en évidence par l'expérimentation.

1. METHODES

Comme les années précédentes, nous avons complété les tests de laboratoire par des tests "in situ" chaque fois que les conditions extérieures le permettaient.

Les tests de laboratoire, effectués en incubateur, permettent de déterminer la fertilité potentielle d'un milieu, enrichi ou non. Ils consistent à évaluer la croissance de l'algue-test, *Selenastrum capricornutum*, mise en culture dans l'eau à tester préalablement filtrée, dans des conditions standardisées :

- température : 24 °C ± 1 °C
- éclaircissement continu de 4'000 lux

Les courbes de croissance sont tracées à partir de mesures d'assimilation du carbone (méthode au ^{14}C) échelonnées au cours de la période d'incubation qui peut s'étendre sur trois semaines. Deux critères de croissance ont été retenus :

- la biomasse produite exprimée en carbone assimilé.
- le taux de croissance k mesuré pendant la phase de croissance exponentielle. Au cours de cette phase, ce coefficient correspond en effet à la pente de la droite qui représente le logarithme des biomasses en fonction du temps :

$$k = \frac{\text{Log}_e (B_1/B_0)}{t_1 - t_0}$$

Plus k est élevé, plus la croissance est rapide. Les mesures étant réalisées systématiquement sur 3 sous-échantillons, chaque résultat est donné sous forme d'une moyenne accompagnée de l'écart standard de cette moyenne, désigné par $\pm s_m$.

Les tests "in situ" reposent sur le même principe, mais l'algue-test est remplacée par une population de phytoplancton. L'incubation a lieu dans le lac même, c'est-à-dire dans des conditions proches des conditions naturelles. Du fait des fluctuations de l'éclaircissement, le calcul du taux de croissance ne se justifie plus et nous avons retenu comme critère de croissance uniquement la biomasse produite, mesurée également en utilisant le ^{14}C comme traceur.

Les techniques mises en oeuvre dans les tests en incubateur ou "in situ" n'ont pas subi de modifications et sont décrites en détail dans le rapport relatif à la campagne 1974. En revanche, les plans expérimentaux ont été modifiés et sont résumés ci-dessous.

a) Expérimentation de type 1

- tests en incubateur : Avant constitution des milieux expérimentaux, les eaux du lac et des affluents sont filtrées sur membrane de porosité 0,45 μ .

<u>Eau du Léman</u> (point SHL 1 - 5 m)	<u>Enrichissements</u>
500 ml d'eau du Léman,	
250 ml " " " "	+ 250 ml d'eau du Rhône, point VS 1
250 ml " " " "	+ 250 ml d'eau de la Drance, Pont de la Douceur
250 ml " " " "	+ 250 ml d'eau de la Drance, rive droite
500 ml " " " "	+ 0,1 mg P/1 (PO_4)
500 ml " " " "	+ 0,5 mg N/1 (NO_3)
500 ml " " " "	+ 0,1 mg P/1 + 0,5 mg N/1

Ces concentrations en phosphates et nitrates ont été retenues au vu des résultats des essais des campagnes précédentes. Chaque échantillon estensemencé par 0,5 ml d'une suspension "lavée" de *Selenastrum capricornutum* de sorte que la densité initiale des cultures soit de 1'000 cellules/ml.

- tests "in situ"

<u>Eau brute du Léman</u> (point SHL 1, 5 m)	<u>Eau filtrée sur membrane</u>	<u>Origine</u>	<u>Enrichissement</u>
2,5 l	2,5 l	Léman (point SHL 1)	
2,5 l	2,5 l	Rhône (point VS 1)	
2,5 l	2,5 l	Drance (pont de la Douceur)	
2,5 l	2,5 l	Drance (rive droite)	
2,5 l	2,5 l	Léman (point SHL 1)	+ P
2,5 l	2,5 l	Léman (point SHL 1)	+ N
2,5 l	2,5 l	Léman (point SHL 1)	+ P + N

Les enrichissements sont identiques à ceux pratiqués dans le cas des tests en incubateur. L'ensemencement est assuré par le phytoplancton contenu dans l'eau brute du lac.

b) Expérimentation de type 2

- Tests en incubateur

Les combinaisons expérimentales suivantes sont réalisées :

Eau filtrée du Léman (point SHL 1 - 5 m)	Enrichissement		
	P + N	Fe + EDTA	Oligo-éléments
500 ml	-	-	-
500 ml	+	-	-
500 ml	-	+	-
500 ml	-	-	+
500 ml	+	+	-
500 ml	+	-	+
500 ml	-	+	+
500 ml	+	+	+

(les signes + indiquent un enrichissement du milieu)

(les signes - indiquent l'absence d'enrichissement)

Les concentrations en phosphates et nitrates sont identiques à celles adoptées dans les expériences de type 1. Quant aux oligo-éléments, nous avons conservé les proportions préconisées par le PAAP (Provisional Algal Assay Procedure) pour la réalisation des milieux de culture destinés à conserver *Selenastrum capricornutum*, réduisant cependant les concentrations à 10 % de la valeur proposée. On obtient de cette façon un mélange d'oligo-éléments

équilibré dont la concentration dans le milieu enrichi reste compatible avec les doses très faibles susceptibles d'être présentes dans le lac.

Les quantités d'oligo-éléments ajoutés figurent ci-dessous :

B :	11,0 µg/l
Co :	0,12 µg/l
Mo :	0,96 µg/l
Zn :	5,0 µg/l
Cu :	0,001 µg/l
Mn :	38,0 µg/l
Fe :	11,00 µg/l
Na ₂ .EDTA, 2H ₂ O :	750,0 µg/l

- Tests "in situ"

Les milieux sont constitués par 2,5 l d'eau filtrée du Léman, prélevée au point SHL 1 à 5 m, complétés par une quantité équivalente d'eau brute de même provenance assurant l'ensemencement du phytoplancton. Les enrichissements sont effectués selon les mêmes modalités que dans le cas des tests en incubateur.

2. RESULTATS

Les résultats des tests réalisés chaque mois sont récapitulés dans des tableaux indiquant, outre les caractéristiques de la croissance algale, les teneurs respectives en phosphates et nitrates de chaque milieu. Ces données brutes sont accompagnées d'un bref commentaire destiné à attirer l'attention sur certaines conditions particulières.

Les tableaux figurent dans la seconde partie du volume, page 297.

3. DISCUSSION

Après l'analyse succincte de chaque essai, il convient d'exprimer les résultats de façon synthétique, en considérant pour chaque type d'essai la moyenne des biomasses algales obtenues au cours de l'année, critère qui paraît le plus significatif.

3.1. Expériences de type 1

Le tableau se trouve au haut de la page suivante.

D'une façon générale, les quantités d'algues produites en incubateur dépassent très largement celles obtenues "in situ". En outre, les effets des enrichissements apparaissent souvent plus nettement dans les tests réalisés en incubateur. De telles différences s'expliquent par le fait que les conditions d'incubation au laboratoire (température de 24°C ± 1°C, éclairage continu de 4'000 lux) correspondent à un optimum pour la souche d'algue utilisée, alors que le phytoplancton mis en expérimentation "in situ" se trouve exposé à des conditions naturelles fluctuantes (alternances jour-nuit, variations saisonnières de température et d'éclairage de surcroît dépendantes des

Enrichissements	Tests en incubateur avec <i>Selenastrum C.</i>		Tests "in situ" avec phytoplancton	
	Biomasse produite (mg C/m ³) moyenne s/6 essais	% par rapport au témoin	Biomasse produite (mg C/m ³) moyenne s/4 essais	% par rapport au témoin (R)
Témoin (eau du lac)	2'260	100 %	1'120	100 %
+ Rhône (point VS 1)	7'290	322 %	2'130	191 %
+ Drance (Pont de la Douceur)	5'740	254 %	2'610	234 %
+ Drance (rive droite)	7'320	325 %	1'620	145 %
+ P	3'640	161 %	1'580	142 %
+ N	2'670	118 %	1'370	123 %
+ (P + N)	5'210	231 %	2'770	248 %

conditions météorologiques) parfois très éloignées de l'optimum.

L'enrichissement de l'eau du lac par de l'eau provenant des deux principaux affluents provoque une forte stimulation du développement de l'algue test et du phytoplancton. D'après les tests en incubateur, cet effet est important dans le cas du Rhône valaisan (pourcentage de la biomasse produite par rapport au témoin : 322 %) et de la Drance rive droite (325 %) alors que l'influence de l'eau de la Drance prélevée en amont de Thonon (Pont de la Douceur) est moins marquée (254 %). Les tests "in situ" attribuent aux échantillons prélevés dans le Rhône valaisan, la Drance au Pont de la Douceur et la Drance rive droit, une fertilité potentielle correspondant respectivement à 191 %, 234 % et 145 % de la fertilité potentielle des échantillons témoins (eau du lac).

En ce qui concerne les enrichissements en phosphates et nitrates, les tests en incubateur et les tests "in situ" fournissent des résultats parfaitement concordants.

L'addition de phosphates dans l'eau du Léman provoque un accroissement de la croissance algale de + 61 % (test en incubateur) et de + 42 % (test "in situ") alors que l'enrichissement en nitrates ne produit qu'un accroissement de + 18 % (incubateur) et de + 23 % (in situ). Mais l'addition simultanée de ces deux substances stimule beaucoup plus le développement de l'algue test (+ 131 %) et du phytoplancton (+ 248 %).

Ces résultats confirment les données obtenues les années précédentes : phosphore et azote ont un rôle complémentaire, mais le phosphore constitue le facteur limitant primaire. Enfin, les fortes stimulations de la croissance algale consécutives à l'addition d'eau provenant du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais ne s'expliquent pas totalement si l'on tient compte unique-

ment des teneurs en phosphates et nitrates, le plus souvent bien inférieures aux concentrations obtenues dans les milieux enrichis artificiellement par ces éléments. Les expériences suivantes permettent de tester le rôle joué par d'autres substances, en particulier les oligo-éléments.

3.2. Expériences de type 2

Dans ce type d'expérience, les tests "in situ" se limitent à deux séries d'essais : l'une réalisée en juin, l'autre en octobre. C'est pourquoi, nous ne prendrons en considération que les moyennes des résultats des tests en incubateur qui portent sur six séries régulièrement réparties au cours de l'année.

Enrichissement	Tests en incubateur avec <i>Selenastrum capricornutum</i>	
	Biomasse produite (valeurs moyennes) mg C/m ³	Pourcentage par rapport au témoin (R)
Témoin (eau du lac)	3'600	100 %
+ (P + N)	7'000	195 %
+ (Fe + EDTA)	5'210	145 %
+ Oligo-éléments	4'750	132 %
+ (P + N) + (Fe + EDTA)	10'040	279 %
+ (P + N) + Oligo-éléments	8'990	250 %
+ (Fe + EDTA) + Oligo-éléments	5'830	162 %
+ (P + N) + Oligo-éléments + (Fe + EDTA)	10'400	289 %

Comme on pouvait s'y attendre, l'enrichissement simultané par les 3 mélanges d'éléments provoque la production algale la plus importante (R = 289 %) car le milieu ainsi obtenu est complet et équilibré. On observe un effet encore très important lorsqu'on ajoute le mélange P + N et Fe + chélatant (R = 279 %) ou le mélange P + N et oligo-éléments (R = 250 %). L'addition de (P + N) seul produit encore une stimulation marquée du développement algal (R = 195 %). En revanche, l'enrichissement par le fer ou les autres oligo-éléments ne permettent qu'un accroissement plus restreint de la biomasse en l'absence de phosphore et d'azote.

4. CONCLUSIONS

Parmi les éléments minéraux susceptibles de contrôler le développement du phytoplancton dans le Léman, le mélange phosphates + nitrates joue un rôle primordial. Ces fertilisants deviennent particulièrement indispensables à la croissance des algues de juin à octobre, époque à laquelle ils se comportent

franchement en facteurs limitants.

Toutefois, les oligo-éléments agissent en synergie et peuvent provoquer une stimulation importante de la croissance algale en présence de quantités suffisantes d'azote et de phosphore. Cette constatation explique en partie la fertilité potentielle élevée qui caractérise très souvent les eaux du Rhône valaisan et de la Drance du Chablais et qui ne peut se justifier entièrement à partir des seules teneurs en phosphates et nitrates.

Les expériences permettant de dissocier le rôle des nitrates et des phosphates montrent que ces derniers constituent le facteur limitant le plus déterminant. La diminution des apports en phosphore doit donc permettre une meilleure régulation du développement du phytoplancton, en évitant les proliférations algales excessives qui constituent l'une des manifestations les plus spectaculaires et les plus gênantes de l'eutrophisation.

Sur un plan pratique, l'élimination effective du phosphore au niveau des stations d'épuration de l'ensemble du bassin versant constitue une mesure absolument indispensable à la protection du Léman. Les résultats expérimentaux de l'étude biologique prospective nous renforcent dans cette conviction.

ETUDE BIOLOGIQUE PROSPECTIVE

Campagne 1975

par Jean-Pierre Pelletier

avec la collaboration technique

de Jean-Paul Moille
et de Marie-Thérèse Cherubino

Station d'Hydrobiologie lacustre

INRA

Thonon

TABLEAUX RECAPITULATIFS

BIOTESTS REALISES EN JANVIER 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur	
	PO_4^{---} mg P/l	NO_3^- mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ $\pm s_m$	Taux de croissance $\pm s_m$
Témoïn (eau du lac) (point SHL 1,5m)	0,048	0,45	819 \pm 302	0,42 \pm 0,02
+ Rhône (point VS 1)	0,048	0,65	10850 \pm 1000	1,26 \pm 0,02
+ Drance (Pont de la Douceur)	0,031	0,51	10230 \pm 340	1,07 \pm 0,05
+ Drance (Rive Droite)	0,040	0,57	10580 \pm 590	1,13 \pm 0,09
+ P	0,148	0,45	5429 \pm 320	0,68 \pm 0,03
+ N	0,048	0,95	3892 \pm 2417	0,65 \pm 0,03
+ (P + N)	0,148	0,95	3164 \pm 2589	0,65 \pm 0,08

Précisons que dans le cas du témoin, la valeur indiquée de la biomasse produite est sous-estimée, la croissance n'ayant pas encore atteint de palier à la fin de l'incubation.

En dépit de leurs teneurs relativement modestes en phosphates et nitrates, les eaux des affluents provoquent une stimulation très importante de la croissance algale.

BIOTESTS REALISES EN FEVRIER 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur	
	PO_4^{---} mg P/l	NO_3^- mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m
Témoin (eau du lac) (point SHL 1,5m)	0,052	0,46	1095 ± 623	0,68 ± 0,17
+ (P + N)	0,152	0,96	562 ± 237	0,49 ± 0,13
+ (Fe + EDTA)	0,052	0,46	8923 ± 78	1,61 ± 0,02
+ Oligo-éléments	0,052	0,46	9134 ± 115	1,66 ± 0,02
+ (P + N) + (Fe + EDTA)	0,152	0,96	11080 ± 750	1,21 ± 0,05
+ (P + N) + Oligo-éléments	0,152	0,96	12870 ± 141	1,23 ± 0,03
+ (Fe + EDTA) + Oligo-éléments	0,052	0,46	9107 ± 202	1,76 ± 0,01
+ (P + N) + (Fe + EDTA) + oligo- éléments	0,152	0,96	12440 ± 262	1,67 ± 0,08

Les concentrations en phosphates et nitrates atteignent à cette période un maximum dans les eaux du lac, l'addition de ces substances reste sans effet. En revanche, les oligo-éléments et le fer accompagné d'un chélatant prouvent un accroissement considérable du développement des algues.

BIOTESTS REALISES EN MARS 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur	
	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg P/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m
Témoïn (eau du lac) (point SHL 1 5m)	0,052	0,44	3797 ± 445	0,40 ± 0,02
+ Rhône (point VS 1)	0,054	0,48	10920 ± 174	1,03 ± 0,04
+ Drance (Pont de la Douceur)	0,031	0,48	10850 ± 230	0,99 ± 0,04
+ Drance (Rive Droite)	0,314	1,64	21030 ± 310	1,76 ± 0,02
+ P	0,152	0,44	3115 ± 1204	0,53 ± 0,03
+ N	0,052	0,94	1762 ± 1056	0,41 ± 0,03
+ (P + N)	0,152	0,94	3090 ± 2846	0,44 ± 0,02

L'azote et le phosphore n'ont pas d'incidence notable tandis que les eaux provenant des affluents accroissent fortement la fertilité potentielle. La production algale remarquablement élevée résultant de l'addition d'eau de la Drance Rive Droite s'explique par les concentrations très fortes des phosphates et des nitrates - et probablement d'autres substances - dans ce milieu.

BIOTESTS REALISES EN AVRIL 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur		Tests "in situ"
	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg P/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m
Témoin (eau du lac) (point SHL 1; 5m)	0,051	0,43	7177 ± 662	0,96 ± 0,21	661 ± 23
+ (P + N)	0,151	0,93	8706 ± 923	0,50 ± 0,01	553 *
+ (Fe + EDTA)	0,051	0,43	8985 ± 343	1,49 ± 0,11	
+ Oligo-éléments	0,051	0,43	4755 ± 318	1,03 ± 0,03	
+ (P + N) + (Fe + EDTA)	0,151	0,93	11530 ± 195	1,29 ± 0,10	
+ (P + N) + Oligo-éléments	0,151	0,93	8882 ± 428	1,16 ± 0,07	
+ (Fe + EDTA) + Oligo-éléments	0,051	0,43	9485 ± 238	1,39 ± 0,05	
+ (P + N) + (Fe + EDTA) + oligo-éléments	0,151	0,93	11330 ± 112	1,51 ± 0,03	
+ Rhône (point VS 1)	0,067	0,48			2791 *
+ Drance (Pont de la Douceur)	0,033	0,49			2199 ±186
+ Drance (Rive Droite)	0,034	0,52			1396 ±245
+ P	0,151	0,43			604 ± 142
+ N	0,051	0,93			589 ± 50

* une seule mesure

A cette période, l'éclaircissement devient suffisant pour permettre la réalisation des tests "in situ" dans de bonnes conditions. L'influence de P et N est encore peu marquée.

BIOTESTS REALISES EN MAI 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur		Tests "in situ"
	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg P/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m
Témoïn (eau du lac) (point SHL 1 ; 5 m)	0,039	0,33	4059 ± 703	0,68 ± 0,04	2298 ± 1182
+ Rhône (point VS1)	0,028	0,50	6390 ± 490	0,69 ± 0,10	1780 ± 115
+ Drance (Pont de la Douceur)	0,020	0,38	4960 ± 1004	0,63 ± 0,19	4738 ± 3680
+ Drance (Rive Droite)	0,045	0,46	3295 ± 1303	0,66 ± 0,21	2357 ± 862
+ P	0,139	0,33	6327 ± 2519	0,70 ± 0,08	3608 ± 607
+ N	0,039	0,83	4490 ± 1993	0,72 ± 0,06	3359 ± 66
+ (P + N)	0,139	0,83	6301 ± 1243	0,79 ± 0,02	3400 ± 795

Dans les résultats de ces essais, les écarts standard des moyennes sont souvent très élevés, ce qui dénote de grandes divergences dans les mesures individuelles et rend toute interprétation difficile à l'examen de ces seules données.

BIOTESTS REALISES EN JUIN 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur		Tests "in situ"
	PO_4^{---} mg P/l	NO_3^- mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m
Témoin (eau du lac) (point SHL 1 ; 5m)	0,020	0,28	5118 ± 902	1,07 ± 0,15	1176 *
+ (P + N)	0,120	0,78	9917 ± 1130	0,90 ± 0,03	1238 ± 8
+ (Fe + EDTA)	0,020	0,28	5611 ± 533	1,17 ± 0,02	2801 ± 2323
+ Oligo-éléments	0,020	0,28	4817 ± 861	0,85 ± 0,11	1495 ± 1110
+ (P + N) + (Fe + EDTA)	0,120	0,78	10690 ± 480	1,36 ± 0,02	3697 ± 298
+ (P + N) + Oligo-éléments	0,120	0,78	9146 ± 335	1,00 ± 0,04	896 ± 404
+ (Fe + EDTA) + Oligo-éléments	0,020	0,28	6077 ± 295	1,15 ± 0,03	1343 ± 402
+ (P + N) + (Fe + EDTA) + oligo-éléments	0,120	0,78	9000 ± 1192	1,45 ± 0,02	3186 ± 74

* une seule mesure

Les tests en incubateur indiquent que l'addition de phosphate et de nitrate provoque une stimulation importante du développement algal.

BIOTESTS REALISES EN JUILLET 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur		Tests "in situ"
	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg P/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m
Témoin (eau du lac) (point SHL 1 ; 5m)	0,005	0,04	324 ± 103	0,67 ± 0,19	1281 ± 349
+ Rhône (point VS 1)	0,013	0,18	1674 ± 368	1,04 ± 0,06	2389 ± 518
+ Drance (Pont de la Douceur)	0,015	0,22	2170 ± 980	1,02 ± 0,02	2006 ± 417
+ Drance (Rive Droite)	0,013	0,21	2522 ± 414	1,36 ± 0,14	1807 ± 403
+ P	0,105	0,04	916 ± 299	0,75 ± 0,03	1377 ± 184
+ N	0,005	0,54	423 ± 202	0,61 ± 0,21	1209 ± 514
+ (P + N)	0,105	0,54	4403 ± 240	0,64 ± 0,09	6128 ± 1373

En juillet, les teneurs de l'eau du lac en phosphates et nitrates sont devenues très faibles. Il en résulte que la fertilité potentielle du milieu témoin est très basse mais se trouve considérablement accrue par l'addition simultanée de phosphate et de nitrate.

BIOTESTS REALISES EN AOUT 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur	
	PO_4^{---} mg P/l	NO_3^- mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ $\pm s_m$	Taux de croissance $\pm s_m$
Témoïn (eau du lac) (Point SHL 1;5m)	0,002	0,04	340 \pm 161	0,17 \pm 0,01
+ (P + N)	0,102	0,54	6573 \pm 420	0,48 \pm 0,11
+ (Fe + EDTA)	0,002	0,04	627 \pm 36	0,17 \pm 0,01
+ Oligo-éléments	0,002	0,04	403 \pm 178	0,28 \pm 0,05
+ (P + N) + (Fe + EDTA)	0,102	0,54	8198 \pm 238	1,49 \pm 0,01
+ (P + N) + Oligo- éléments	0,102	0,54	4861 \pm 245	1,07 \pm 0,02
+ (Fe + EDTA) + Oligo-éléments	0,002	0,04	733 \pm 193	0,38 \pm 0,03
+ (P + N) + (Fe + EDTA) + oligo- éléments	0,102	0,54	11480 \pm 380	1,44 \pm 0,02

Les remarques formulées au sujet des tests du mois précédent sont confirmées : le mélange $PO_4 + NO_3$ constitue le meilleur stimulant du développement algal, l'eau superficielle du lac étant pratiquement dépourvue de ces sels minéraux. En l'absence de ces fertilisants, les autres éléments restent sans action.

BIOTESTS REALISES EN SEPTEMBRE 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur		Tests "in situ"
	PO_4^{---} mg P/l	NO_3^- mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m
Témoïn (eau du lac) (point SHL 1,5m)	0,004	0,13	661 ± 88	0,70 ± 0,17	222 ± 103
+ Rhône (point VS 1)	0,009	0,22	5420 ± 376	1,16 ± 0,04	1575 ± 209
+ Drance (Pont de la Douceur)	0,007	0,26	1329 ± 67	0,58 ± 0,01	1490 ± 202
+ Drance (Rive Droite)	0,014	0,30	3117 ± 163	0,71 ± 0,01	933 ± 33
+ P	0,104	0,13	2100 ± 279	0,68 ± 0,02	734 ± 443
+ N	0,004	0,63	937 ± 242	0,42 ± 0,05	321 ± 98
+ (P + N)	0,104	0,63	7863 ± 834	1,10 ± 0,05	1001 ± 187

L'effet des nitrates, décelables en quantités notables dans la couche superficielle du lac, reste très faible par rapport à celui des phosphates, encore à l'état de traces dans les eaux lacustres (échantillon témoin).

BIOTESTS REALISES EN OCTOBRE 1975

Enrichissements	<u>Fertilisants</u>		<u>Tests en incubateur</u>		<u>Tests "in situ"</u>
	PO_4^{---} mg P/l	NO_3^- mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m
Témoïn (eau du lac) (point SHL 1,5m)	0,003	0,16	1548 ± 183	0,96 ± 0,08	285 ± 19
+ (P + N)	0,103	0,66	5157 ± 1482	0,99 ± 0,03	226 ± 30
+ (Fe + EDTA)	0,003	0,16	3121 ± 937	1,74 ± 0,08	675 ± 188
+ Oligo-éléments	0,003	0,16	1440 ± 406	1,16 ± 0,33	243 ± 46
+ (P + N) + (Fe + EDTA)	0,103	0,66	8255 ± 208	1,45 ± 0,13	617 ± 58
+ (P + N) + Oligo-éléments	0,103	0,66	8625 ± 60	1,16 ± 0,08	181 ± 62
+ (Fe + EDTA) + Oligo-éléments	0,003	0,16	2202 ± 199	1,12 ± 0,10	512 ± 40
+ (P + N) + (Fe + EDTA) + oligo-éléments	0,103	0,66	8541 ± 291	1,51 ± 0,01	692 ± 89

D'après les tests en incubateur, l'influence du mélange (P + N) reste encore prépondérant. Les tests "in situ" fournissent des résultats très bas, la lumière limitant déjà fortement le développement du phytoplancton à cette époque.

BIOTESTS REALISES EN NOVEMBRE 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur	
	PO ₄ ⁻ mg P/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m
Témoin (eau du lac) (point SHL 1,5m)	0,017	0,28	3908 ± 632	0,86 ± 0,37
+ Rhône (point VS 1)	0,051	0,37	8492 ± 488	1,17 ± 0,12
+ Drance (Pont de la Douceur)	0,019	0,38	4889 ± 249	1,49 ± 0,38
+ Drance (Rive Droite)	0,019	0,44	3352 ± 936	0,68 ± 0,04
+ P	0,117	0,28	3955 ± 1245	0,67 ± 0,23
+ N	0,017	0,78	4524 ± 1825	1,08 ± 0,05
+ (P + N)	0,117	0,78	6463 ± 784	0,87 ± 0,22

La concentration des nitrates et phosphates dans l'eau superficielle du lac s'accroît; il en résulte que ces éléments ont un effet moins marqué au cours des tests d'enrichissement : leur rôle de facteur limitant devient moins évident à cette époque.

BIOTESTS REALISES EN DECEMBRE 1975

Enrichissements	Fertilisants		Tests en incubateur	
	PO_4^{--} mg P/l	NO_3^- mg N/l	Biomasse produite mg C/m ³ ± s _m	Taux de croissance ± s _m
Témoin (eau du lac) (point SHL 1,5m)	0,036	0,44	6305 ± 410	0,95 ± 0,15
+ (P + N)	0,136	0,94	11090 ± 540	0,72 ± 0,02
+ (Fe + EDTA)	0,036	0,44	3970 ± 1634	0,44 ± 0,08
+ Oligo-éléments	0,036	0,44	7921 ± 448	1,54 ± 0,07
+ (P + N) + (Fe + EDTA)	0,136	0,94	10470 ± 310	0,83 ± 0,03
+ (P + N) + Oligo-éléments	0,136	0,94	9562 ± 134	1,57 ± 0,04
+ (Fe + EDTA) + oligo-éléments	0,036	0,44	7384 ± 309	1,51 ± 0,05
+ (P + N) + (Fe + EDTA) + oligo-éléments	0,136	0,94	9591 ± 502	1,50 ± 0,05

Bien que discrets, les effets stimulants du mélange phosphates + nitrates restent sensibles en incubateur. Dans la nature, la lumière constitue le facteur limitant essentiel.

INFLUENCE DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION
SUR LA QUALITE DES EAUX DES RECEPTEURS

Campagne 1975

L. Thélin
Docteur es sciences
Chef du service des contrôles de pollution
Département des travaux publics
Genève

1. INTRODUCTION

Comme les années précédentes ce rapport comporte deux parties. En premier, et selon le plan quinquennal 1971-1975, une étude sur 7 stations d'épuration contrôlées le plus régulièrement possible avec des prélèvements sur 24 heures.

La deuxième partie passe en revue les résultats des contrôles en 1975 sur les autres stations d'épuration du bassin lémanique et communiqués à la Commission internationale.

2. COMPARAISON DES RENDEMENTS D'EPURATION ANNUELS

La comparaison des rendements d'épuration est possible sur 7 ans pour la station du Grand-Saconnex, 4 ans à Vidy, 3 ans à Aïre et Pully et 2 ans à Bussigny, Thonon et Nyon. (Voir tableaux 1 à 5).

Au Grand-Saconnex, les rendements qui avaient baissé lors de l'introduction de la déphosphatation s'améliorent en 1975 sans pourtant atteindre encore les pourcentages des premières années. L'efficacité de la déphosphatation est irrégulière.

La station de Vidy-Lausanne montre une grande régularité de fonctionnement depuis 4 ans.

La station d'Aïre-Genève n'a pas poursuivi l'amélioration des rendements constatée les années précédentes.

La station de Pully présente une faible baisse des rendements depuis 1974, tandis qu'à Bussigny, Thonon et Nyon les rendements augmentent.

3. EFFICACITE DES STATIONS D'EPURATION ET RESPECT DES NORMES DE REJET

Il est intéressant d'étudier les pourcentages d'élimination en même temps que les concentrations dans l'effluent en rapport avec les normes de rejet. (tableau 6).

Matières totales en suspension

Les rendements d'élimination sont généralement élevés, de 75 à 95 %. Pourtant les rejets de deux stations (Nyon et Thonon) ne sont pas conformes et dépassent largement la concentration légale.

Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les normes sont respectées dans les stations d'Aïre, Vidy, Pully et Bussigny. Dépassées au Grand-Saconnex par suite de difficultés dues à la déphosphatation, ainsi qu'à Nyon et Thonon. Ces deux stations étant fortement chargées montrent cependant de bons rendements (84 et 81 %).

Demande chimique en oxygène

Pour ce paramètre, analysé sur quatre stations uniquement, la norme de rejet est respectée à Vidy avec un bon rendement et au Grand-Saconnex où la charge d'entrée est très faible. Aïre et Thonon dépassent largement les normes.

Oxydabilité au permanganate

Les rendements sont moyens (entre 30 et 77 %) et la norme n'est atteinte dans aucune station.

Phosphore et orthophosphate

Seule la station de Vidy effectue une déphosphatation convenable, respecte les normes de rejet et obtient des bons rendements.

Au Grand-Saconnex, les difficultés ne sont pas encore surmontées, ce qui se traduit par des rendements faibles de déphosphatation aussi bien qu'en DBO.

A Pully, il semble que la déphosphatation ne fonctionne que de façon intermittente, le rendement des analyses individuelles variant de 6 % à 83 % !

Pour Thonon, le rendement de déphosphatation ressort de 33 %. Les autres stations (Bussigny, Nyon et Aïre) ne déphosphatent pas. (Les tableaux 7 à 13 donnent les résultats détaillés de ces sept stations).

4. CONTROLE DES AUTRES STATIONS DU BASSIN LEMANIQUE

Les contrôles analytiques transmis à la Commission internationale concernent 53 stations d'épuration provenant de la Haute-Savoie et des cantons de Vaud et Genève, ainsi que de l'Ain.

Malheureusement, aucun résultat n'émanait du Valais.*

Le tableau 14 en donne une répartition schématique et le tableau 15 les résultats détaillés.

Pas plus que dans le rapport précédent il n'est possible ici d'apprécier le fonctionnement de stations pour lesquelles on ne dispose que d'un contrôle, sur un prélèvement instantané, et sur l'effluent uniquement.

Pour les stations ayant bénéficié d'un contrôle sur 24 heures de l'entrée et de l'effluent, les rendements, aussi bien pour la DBO que pour les matières en suspension sont généralement bons entre 70 - 90 %. Il en résulte que seules les stations dont l'eau brute n'est pas très chargée respectent les normes de rejet. Les autres stations ont des effluents non conformes. Quelques stations très chargées respectent cependant les normes et atteignent de très bons rendements (Morges, Cully, Avully).

5. CONCLUSIONS

1. Fonctionnement des stations d'épuration

- a) Pour les stations d'épuration pour lesquelles on dispose de contrôles avec prélèvement moyen sur plusieurs heures à l'entrée et à la sortie, les principaux rendements d'épuration (DBO₅ - matières en suspension) sont de l'ordre de 70 à 90 %. Les normes de rejet sont généralement respectées, sauf lorsque la charge d'entrée est élevée.
- b) La déphosphatation qui fonctionne efficacement dans certaines stations, pose de sérieux problèmes dans d'autres et n'est souvent pas effective.

* Grâce à la complaisance du Secrétariat, les résultats valaisans arrivés tardivement ont pu être intégrés à ce rapport.

2. Contrôles des stations d'épuration

Les contrôles effectués sur les stations d'épuration du bassin lémanique sont généralement encore beaucoup trop rares, trop espacés et trop sommaires.

Les tableaux récapitulatifs figurent en pages 311 et suivantes.

INFLUENCE DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION
SUR LA QUALITE DES EAUX DES RECEPTEURS

Campagne 1975

L. Thélin
Docteur es sciences
Chef du service des contrôles de pollution
Département des travaux publics
Genève

TABLEAUX RECAPITULATIFS

Tableau No 1

CARACTERISTIQUES DES STATIONS D'EPURATION ETUDIEES EN 1975

Aïre-Genève	<p>Mécano-biologique par boues activées Pas de déphosphatation Exutoire : Rhône Capacité nominale : 400'000 éq.-hab. Population raccordée : 280'000 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 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 hab.</p>
Pully-Vaud	<p>Mécano-biologique par boues activées Déphosphatation en service (intermittent) Exutoire : Paudèze/Léman Capacité nominale : 30'000 éq.-hab. Population raccordée : 12'000 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 hab.</p>

Tableau No 1 suite

Nyon	Mécano-biologique par boues activées Pas de déphosphatation Exutoire : Léman Capacité nominale : 12'000 éq.-hab. Population raccordée : 10'000 hab.
Thonon	Mécano-biologique par boues activées Déphosphatation en service (intermittent) Exutoire : Drance/Léman Capacité nominale : 114'000 éq.-hab. Population raccordée : 56'000 hab.

Tableau No 2

VARIATION DE LA COMPOSITION EAU TRAITEE/EAU BRUTE (Rendement d'épuration % de diminution)

STATION DU GRAND-SACONNEX (VENGIRON)

	1968	1969	1971	1972	1973	1974	1975
Matières totales en suspension	- 89	- 87	- 88	- 83	- 72	- 66	- 75
DBO 5 jours	- 86	- 86	- 90	- 90	- 79	- 71	- 73
Oxydabilité au permanganate	- 67	- 73	- 73	- 72	- 69	- 67	- 69
DCO			- 80	- 81	- 62	- 44	- 39
Orthophosphates			- 7	- 18	- 70	- 71	- 57
Phosphore total			- 10	- 15	- 58	- 64	- 53

Introduction de la déphosphatation en 1973

Tableau No 3

VARIATION DE LA COMPOSITION EAU TRAITÉE/EAU BRUTE (Rendement d'épuration % de diminution)

STATIONS AIRE ET VIDY

	VIDY				AIRE		
	1972	1973	1974	1975	1973	1974	1975
Matières totales en suspension	- 94	- 83	- 93	- 93	- 79	- 87	- 78
DBO 5 jours	- 90	- 81	- 83	- 86	- 76	- 85	- 80
Oxydabilité au permanganate	- 78	- 71	- 74	- 77	- 53	- 62	- 51
DCO	-	- 75	- 77	- 81	- 30	- 26	- 33
Orthophosphates	- 90	- 87	- 88	- 88	- 10	+ 5	- 10
Phosphore total	- 84	- 82	- 85	- 90	- 0,5	- 1,5	+ 1

Tableau No 4

VARIATION DE LA COMPOSITION EAU TRAITÉE/EAU BRUTE (Rendement d'épuration % de diminution)

STATIONS DE PULLY, BUSSIGNY ET THONON

	<u>PULLY</u>		<u>BUSSIGNY</u>		<u>THONON</u>	
	1973	1974	1974	1975	1974	1975
Matières totales en suspension	- 91	- 91	- 89	- 81	- 45 *	- 81
DBO 5 jours	- 90	- 83	- 87	- 84	- 73 *	- 74
Oxydabilité au permanganate	- 73	- 67	- 71	- 66	- 51 *	- 30
DCO	-	-	-	-	- 51 *	- 54
Orthophosphates	+	- 33	+	+	- *	- 15
Phosphore total	- 25	- 50	- 11	- 49	- 14 *	- 33

* rendement calculé sur l'eau décantée

Tableau No 5

VARIATION DE LA COMPOSITION EAU TRAITEE / EAU BRUTE

(rendement d'épuration % de diminution)

STATION DE NYON

	1974	1975
Matières totales en suspension	- 76	- 84
DBO 5 jours	- 52	- 73
Oxydabilité au permanganate	- 49	- 52
DCO	-	-
Orthophosphates	- 17	- 35
Phosphore total	- 50	- 41

Tableau No 6

COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES EXIGENCES LEGALES

Analyses	stations d'épuration	eau brute	eau filtrée	variations eau traitée eau brute	exigences moyennes sur 24 h
		mg/l	mg/l	%	
Matières en suspension	Aïre	50	11	- 78	Franco-suisse 20 mg/l
	Vengeron	73	18	- 75	
	Vidy	199	14	- 93	
	Pully	176	14	- 81	
	Bussigny	112	6	- 95	
	Nyon	166	27	- 84	
	Thonon	211	41	- 81	
DBO ₅	Aïre	87	18	- 80	Franco-suisse 20 mg/l
	Vengeron	103	28	- 73	
	Vidy	139	19	- 86	
	Pully	100	16	- 84	
	Bussigny	138	15	- 90	
	Nyon	173	48	- 73	
	Thonon	175	47	- 74	
DCO	Aïre	501	340	- 33	Franco-suisse 60 mg O/l
	Vengeron	70,6	43,6	- 39	
	Vidy	346	64	- 81	
	Pully	-	-	-	
	Bussigny	-	-	-	
	Nyon	-	-	-	
	Thonon	512	239	- 54	

Tableau No 6 suite

Analyses	stations d'épuration	eau brute mg/l	eau filtrée mg/l	variations eau traitée eau brute %	exigences moyenne sur 24 h
Oxydabilité au permanganate	Aïre	225	112	- 51	Suisse 60 mg KMnO ₄ /l
	Vengeron	254	79	- 69	
	Vidy	353	81	- 77	
	Pully	183	64	- 66	
	Bussigny	260	84	- 68	
	Nyon	220	106	- 52	
	Thonon	130	91	- 30	
Phosphore total	Aïre	7,6	7,6	-	Franco-suisse 1 mg/l ou au moins 85 % d'élimination pour rejet au lac
	Vengeron	6,9	3,3	- 53	
	Vidy	6,7	0,7	- 90	
	Pully	10,7	5,5	- 49	
	Bussigny	8,1	5,8	- 28	
	Nyon	9,8	5,8	- 41	
	Thonon	5,7	3,8	- 33	
Ortho- phosphates	Aïre	6,04	5,45	- 10	Suisse 0,7 mg P/l
	Vengeron	6,6	2,8	- 57	
	Vidy	2,7	0,3	- 88	
	Pully	2,5	3,5	+	
	Bussigny	3,7	4,3	+	
	Nyon	5,8	3,8	- 35	
	Thonon	3,4	2,9	- 15	

Tableau No 7

STATION D'EPURATION D'AIRE		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1975		Maximas annuels				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 Heures)						
Moyennes sur 11 échantillons						
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU FILTREE		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%	
Matières totales en suspension	mg/l	50	107	11	22	78
Matières organiques en suspension	mg/l	36	70	8	17	78
Turbidité	U.I.	-	-	-	-	-
pH						
Azote ammoniacal	mg N/l	12,950	17,500	17,020	20,900	-
Azote nitreux	mg N/l	0,070	0,150	0,250	0,480	-
Azote nitrique	mg N/l	0,320	0,500	0,270	2,200	-
Azote minér. tot.	mg N/l	12,340	18,150	18,540	23,580	-
Azote organique	mg N/l	116,200	243,250	101,760	163,400	13
Azote total	mg N/l	128,740	261,400	120,300	186,980	7
Chlorures	mg Cl/l	37,5	40	36,9	39	-
Orthophosphates	mg P/l	6,040	8,750	5,450	8,400	10
Phosphore organ.	mg P/l	0,570	2,550	2,230	2,100	-
Phosphore total	mg P/l	7,610	11,300	7,680	10,500	-
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	87	118	18	35	80
Détergents	mg ABS/l	2,5	6,0	0,35	0,65	86
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	501	832	340	653	33
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	225	285	112	140	51
Test de putrescibilité bleu de méthylène						7 tests >5 jours sur 11 tests

Tableau No 8

STATION D'EPURATION GRAND-SACONNEX		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1975		Maximas annuels				
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	73	100	18	46	75
Matières organiques en suspension	mg/l	51	70	10	27	81
Turbidité	U.I.	-	-	-	-	-
pH		-	-	-	-	-
Azote ammoniacal	mg N/l	15,050	19,700	4,740	12,200	70
Azote nitreux	mg N/l	0,160	1,200	0,270	0,600	-
Azote nitrique	mg N/l	0,940	3,850	13,690	22,250	-
Azote minéral tot.	mg N/l	16,150	24,750	18,600	35,850	-
Azote organique	mg N/l	139,9	409	113,8	212	19
Azote total	mg N/l	146,050	433,750	132,400	247,850	10
Chlorures	mg Cl/l	33	37	33	36	-
Orthophosphates	mg P/l	6,670	9,350	2,870	8,750	57
Phosphore organ.	mg P/l	0,290	1,400	0,685		
Phosphore total	mg P/l	6,960	10,750	3,355	7,300	53
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	103	146	28	84	73
Détergents	mg ABS/l	3,46	4,5	0,17	0,30	95
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	70,6	154	43,6	82,7	39
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	254	386	79	115	69
Test de putrescibilité bleu de méthylène			10 tests >5 jours sur 10			

Tableau No 9

STATION D'EPURATION DE LAUSANNE		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1975		Maximas annuels				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 Heures) Moyennes sur 35 échantillons						
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%	
Matières totales en suspension	mg/l	199,5	630	14,5	33,5	92,7
Matières décantables en 2 heures	ml/l	3,3	8,0	0	0	100
Turbidité	U.I.					
pH		7,5	8,2	7,5	8,1	-
Azote ammoniacal	mg N/l	9,49	11,67	7,62	9,34	19,7
Azote nitreux	mg N/l	0,24	0,39	0,12	0,29	50
Azote nitrique	mg N/l	0,55	0,88	0,50	0,97	9
Azote minéral tot.	mg N/l	10,28	12,94	8,24	10,60	19,80
Azote organique	mg N/l					
Azote total	mg N/l					
Chlorures	mg Cl/l	53,1	61,0	79,0	92,0	-
Orthophosphates	mg P/l	2,7	3,88	0,31	0,48	88,5
Phosphore organ.	mg P/l	3,98	5,54	0,37	0,66	90,7
Phosphore total	mg P/l	6,68	9,42	0,68	1,14	89,8
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	139	234	19,3	33,1	86,1
Détergents	mg ABS/l	2,32	3,57	1,30	2,42	44,0
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	346	668	64	113,6	81,5
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	353	545	81	123	77,0
Test de putrescibilité bleu de méthylène		34 tests > 5 jours sur 35				

Tableau No 10

STATION D'EPURATION DE PULLY		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1975		Maximas annuels				
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	176	336	14	33	81
Matières décantables en 2 heures	ml/l	3,1	6	0	0,3	
Turbidité	U.I.	125	196	153	26	--
pH		8,1	8,3	7,9	8	--
Azote ammoniacal	mg N/l	15,814	22,870	16,002	24,730	--
Azote nitreux	mg N/l	0,402	1,050	0,302	0,870	25
Azote nitrique	mg N/l	0,725	2,400	0,775	2,340	--
Azote minéral tot.	mg N/l	17,041	23,740	17,079	25,070	--
Azote organique	mg N/l	-	-	-	-	--
Azote total	mg N/l	-	-	-	-	--
Chlorures	mg Cl/l	43	63	52	88	--
Orthophosphates	mg P/l	2,594	4,21	3,512	7,62	--
Phosphore organ.	mg P/l	8,149	13,77	2,067	5,85	75
Phosphore total	mg P/l	10,763	16,16	5,519	10,15	49
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	100	139	16	25	84
Détergents	mg ABS/l	2,2	3,3	0,5	0,9	78
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	-	-	-	-	--
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	183	300	64	87	66
Test de putrescibilité bleu de méthylène		6 tests > 5 jours sur 10				

Tableau No 11

STATION D'EPURATION DE BUSSIGNY		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1975		Maximas annuels				
ANALYSES SUR ECHANTILLONS MOYENS (24 Heures) Moyennes sur 9 échantillons						
ANALYSES	EAU BRUTE		EAU TRAITEE		Variation composit. effluent comparé à eau brute	
	Moyenne	Maxima	Moyenne	Maxima	%	
Matières totales en suspension	mg/l	112	196	6	13	95
Matières décantables en 2 heures	ml/l	2,5	5,0	0	0	100
Turbidité	U.I.	126	160	9	16	-
pH		7,9	8	7,8	80	-
Azote ammoniacal	mg N/l	14,063	15,630	11,077	17,130	22
Azote nitreux	mg N/l	0,580	1,550	0,630	1,88	-
Azote nitrique	mg N/l	0,660	2,430	0,680	1,97	-
Azote minéral tot.	mg N/l	15,240	17,900	12,430	17,76	19
Azote organique	mg N/l	-	-	-	-	-
Azote total	mg N/l	-	-	-	-	-
Chlorures	mg Cl/l	62	78	60	78	3
Orthophosphates	mg P/l	3,71	6,04	4,29	6,37	-
Phosphore organ.	mg P/l	4,40	8,77	1,58	3,23	65
Phosphore total	mg P/l	8,11	11,78	5,87	7,42	28
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	138	196	15	21	90
Détergents	mg ABS/l	2,71	3,65	0,36	0,46	87
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	-	-	-	-	-
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	260	400	84	160	68
Test de putrescibilité bleu de méthylène				7 tests > 5 jours sur 9 tests		

Tableau No 12

STATION D'EPURATION DE NYON		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1975		Maximas annuels				
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	166	424	27	51	84
Matières décantables en 2 heures	ml/l	5,8	15	0,6	2	90
Turbidité	U.I.	131	200	30	110	-
pH		7,6	8	7,6	8,1	-
Azote ammoniacal	mg N/l	21,85	34,64	18,58	47,37	15
Azote nitreux	mg N/l	0,09	0,43	0,13	0,4	-
Azote nitrique	mg N/l	0,403	1,43	0,427	1,16	-
Azote minéral tot.	mg N/l	22,44	34,77	19,14	47,47	15
Azote organique	mg N/l	-	-	-	-	-
Azote total	mg N/l	-	-	-	-	-
Chlorures	mg Cl/l	90	150	71	96	22
Orthophosphates	mg P/l	5,78	11,81	3,77	5,83	35
Phosphore organ.	mg P/l	4,10	7,11	2,05	3,50	50
Phosphore total	mg P/l	9,88	15,70	5,83	8,20	41
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	173	276	48	78	73
Détergents	mg ABS/l	24	35	17	32	30
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	-	-	-	-	-
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	220	330	106	150	52
Test de putrescibilité bleu de méthylène			2 tests > 5 jours sur 10			

Tableau No 13

STATION D'EPURATION DE THONON		Composition moyenne des eaux				
ANNEE 1975		Maximas annuels				
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	211	325	41	54	81
Matières décantables en 2 heures	ml/l	11	17	3	5	73
Turbidité	U.I.					
pH		7,6	7,9	7,4	7,4	-
Azote ammoniacal	mg N/l	10,9	15,4	8,4	10,7	27
Azote nitreux	mg N/l	0,09	0,25	0,01	0,02	-
Azote nitrique	mg N/l	0,3	0,6	0,25	0,8	-
Azote minéral tot.	mg N/l	-	-	-	-	-
Azote organique	mg N/l	10,6	20,7	3,6	6	66
Azote total	mg N/l	23,3	30,7	12,25	13,8	48
Chlorures	mg Cl/l	-	-	-	-	-
Orthophosphates	mg P/l	3,4	4,2	2,9	3,7	15
Phosphore organ.	mg P/l	-	-	-	-	-
Phosphore total	mg P/l	5,7	6,8	3,8	4,5	33
DBO 5 jours	mg O ₂ /l	175	288	47	82	74
Détergents	mg ABS/l	-	-	-	-	-
DCO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	512	623	239	261	54
Oxydabilité	mg KMnO ₄ /l	130	169	91	117	30
Test de putrescibilité bleu de méthylène		-	-	-	-	-

Tableau No 14

Fréquence des contrôles des stations d'épuration 1975

	Hte-SAVOIE 21	AIN 6	VAUD 55	VALAIS 23	GENEVE 16
TOTAL					
□ Sans contrôle	5	1	35	11	4
▨ 1 - 4 contrôles / an	16	5	13	10	3
▩ 5 - 9 contrôles / an	—	—	4	—	4
■ + 10 contrôles / an	—	—	3	2	5

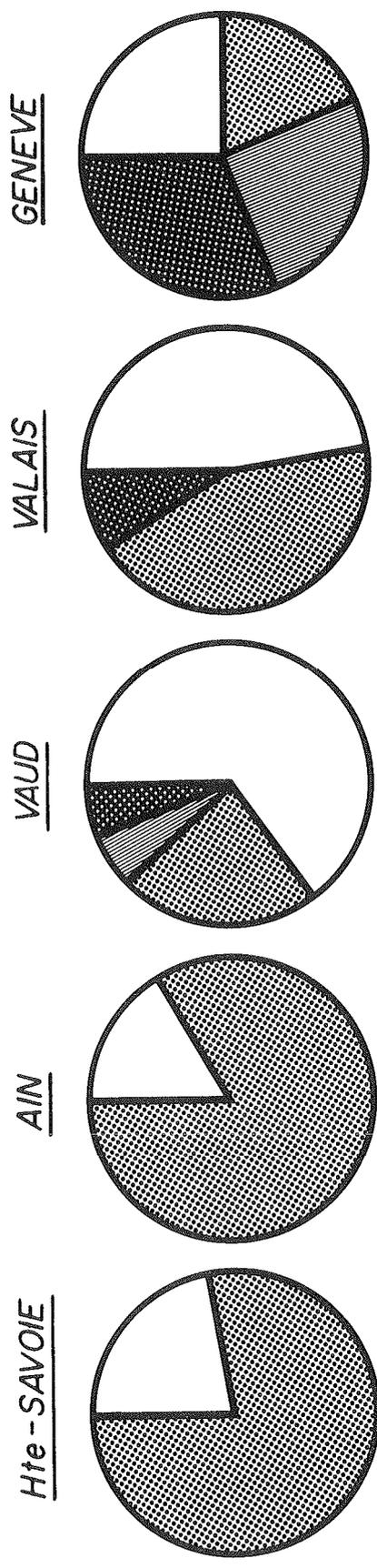


Tableau No 15

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1975

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée- sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			DCO			
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	
<u>HAUTE-SAVOIE</u>													
Thonon-Les-Bains	114'000	4 E + S	24 h	175	47	74	211	41	81	512	239	54	
Sallanches	6'500	1 E + S	instant.	221	15	93	190	45	77	533	77	85	
		1 S	" "		25			46			14		
Taninges	5'940	1 E + S	24 h	62	5	92	144	13	91	285	20	93	
		1 S	instant.		27			25			156		
La Roche	4'800	1 E + S	24 h	Par suite de débits beaucoup trop forts et d'entraînement de boues les rendements sont négatifs									
		1 S											
Syndicat du Foron	4'800	1 S	instant.		23			105			63		
Saint-Julien en Genevois	4'500	2 S	instant.		20			15			27		
Avoriaz	4'000	1 S mars	instant.		215			356			498		
		1 S juin	" "		4			50			8		

Tableau No 15 (suite)

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1975 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			DCO		
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.
Collonge s/Salève	4'000	1 E + S	24 h	88	37	58	98	31	68	195	50	75
		3 S	instant.		23			15			58	
Combloux	3'000	1 E + S	24 h	171	41	76		37	78		109	76
		1 E + S	instant.	80	14	82,5	58	5	91,4	217	28	87,1
		1 S	" "		4			5			15	
Flaine	3'000	1 S	instant.		11			12			59	
Douvaine	2'800	1 E + S	24 h	300	44,1	85	108	27	75	425	42	90
		2 S	instant.		17			10			86	
Araches-les- Carroz	1'800	1 E + S	24 h	115	45	61	226	41	82	312	137	56
		2 S	instant.		20			14			51	
St-Paul-en- Chablais	1'500	1 E + S	24 h	143	28	80	153	43	72	400	84	79
		3 S	instant.		30			13			79	
Magland	1'500	2 S	instant.		11			26			39	
Collonges-sous- Salève-Les Terrasses	970	3 S	instant.		12			5			57	
Etrembières	500	3 S	instant.		42			58			257	

Tableau No 15 (suite)

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1975 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			DCO				
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.		
<u>AIN</u>														
St-Genis-Pouilly	17'000	1 E + S	instant.	2	2	-	14	6	57	60	22	63		
Divonne-les-Bains	15'000	2 E + S	instant.	8	2	75	38	38	-	56	12	78		
		1 S	instant.		2			23			26			
Ferney-Voltaire	14'000	1 E + S	instant.	61	11	82	103	72	28	217	65	70		
		1 E + S	instant.											
		1 S	instant.		4			10			22			
Saint-Jean de Gonville	1'500	2 E + S	instant.	28	2	93	54	29	47	78	13	84		
Challex	1'500	2 E + S	instant.	43	3	93	69	20	72	137	19	86		
		1 S	instant.		2			6			22			
							sortie plus chargée que l'entrée							
<u>VAUD</u>														
Lausanne	220'000	35 E + S	24 h	139	19	86	199	14	93	346	64	81		
Montreux	45'000	1 S	instant.		25			3			-			
Morges	38'000	5 E + S	24 h	162	11	93	211	10	96	-	-			
Pully	30'000	10 E + S	24 h	100	16	84	176	14	91	-	-			
Nyon	16'000	10 E + S	24 h	173	48	73	166	27	84	-	-			

Tableau No 15 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			DCO		
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.
Nyon	16'000	10 E + S	24 h	173	48	73	166	27	84	-	-	-
Lutry	12'000	1 S	instant.		3			2		-	-	-
Ollon	11'750	1 S	instant.		15			5		-	-	-
Leysin	10'000	1 S	instant.		11			21		-	-	-
Bussigny	8'000	9 E + S	24 h	138	15	90	112	6	95	-	-	-
Rolle	7'500	1 S	instant.		21			18		-	-	-
Villeneuve	6'100	6 S	instant.		17			23		-	-	-
Cully	5'000	6 E + S	24 h	190	16	92	248	13	95	-	-	-
Gryon	5'000	3 S	2 h		6			10		-	-	-
Coppet	3'000	1 S	instant.		4			6		-	-	-
Prangins	3'000	1 S	instant.		9			10		-	-	-
Mies	2'200	1 S	instant.		8			1		-	-	-
Gimel	1'000	1 S 1 décant. + S	instant.	-	60		71	27		-	-	-
Lully Lussy	800	1 E + S	10 h	237	6	97	320	5	98	-	-	-
Allaman	500	2 S	instant.		58			77		-	-	-

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

Tableau No 15 (suite)

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1975 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			KMnO ₄ Oxydabilité				
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.		
<u>GENEVE</u>														
Aire	400'000	58 E + S	24 h	90	16	83	66	13	79	225	109	52		
Villette	20'000	16 E + S	24 h	78	16	80	79	16	80	194	91	53		
Grand-Saconnex	3'500	10 E + S	24 h	99	23	77	74	15	80	233	76	68		
Nant d'Aisy	6'000	11 E + S	24 h	60	15	75	100	9	91	143	68	53		
Plaine de l'Aire	5'000	6 E + S	24 h	36	12	66	46	23	50	128	62	51		
Avully-Genève	1'800	8 E + S	24 h	181	13	93	101	12	88	400	101	75		
Hermance	800	9 E + S	24 h	54	17	69	41	12	71	135	59	56		
Soral	500	9 E + S	24 h	39	11	71	30	13	57	139	82	41		
Dardagny	450	11 E + S	24 h	41	9	78	31	14	55	121	73	40		
Camping Allondon	180	2 E + S	24 h	323	25	93	111	18	84	1075	186	83		
La Louvière	75	3 E + S	24 h	41	21	49	34	18	48	172	105	29		
Nant d'Avril	30'000	1 E + S	24 h	273	188	31	209	95	55	809	642	21		

Tableau No 15 (fin)

CONTROLES EFFECTUES SUR LES STATIONS D'EPURATION DU BASSIN LEMANIQUE EN 1975 (suite)

STATIONS	capacité habitants	nombre prélèv. entrée- sortie	durée prélèv.	DBO ₅			Mat. en susp.			DCO		
				E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.	E mg/l	S mg/l	% dim.
<u>VALAIS</u>												
Martigny	15'000	26 S			16							
Monthey	142'000	10 E + S	24 h	589	44	92,5	-	56			162	81
Conthey-Vétraz	5'000	3 S	instant.		23						71	
St-Gingolph	600	3 S	instant.		11							
Ayent-Anzère	1'500	3 S	instant.		12							
Erde-Premploz	1'050	3 S	instant.		45						179	
Mex	150	1 S	instant.		10							
Greich	140	2 S	instant.		12							
Guttet	200	2 S	9 h		24							
Goppisberg	90	1 S	instant.		2							
Unterbäch	600	1 S	instant.		8							
Hottent	200	2 S	instant.		43							

POLLUTION MERCURIELLE DANS LE BASSIN LEMANIQUE

Campagnes 1973 - 1975

par Ch. Berner

Ancien chimiste cantonal
Président du groupe de travail "Mercure"
de la Sous-commission technique
Genève

PREAMBULE

C'est en 1970 que certains membres de la Sous-commission technique, alertés par les divers accidents survenus à l'étranger - Suède, Canada, USA, Japon - ont pensé qu'il serait intéressant de savoir si les eaux du bassin lémanique pouvaient éventuellement contenir du mercure.

De telles recherches pouvaient être plus aisément entreprises grâce à la mise au point d'une instrumentation susceptible de permettre des dosages de mercure présent à des concentrations très faibles. Cette instrumentation fut acquise avec prudence par les laboratoires officiels dont les budgets ne permettent pas toujours de mener à bien toutes les études souhaitables. Il faut d'autre part rappeler que les laboratoires susceptibles de procéder à de tels dosages ont une mission légale tout autre et que ces travaux étaient un complément à leur activité.

La toxicité du mercure et de ses dérivés est connue depuis fort longtemps. Cependant l'affaire de Minamata a permis d'établir une relation entre la consommation de poissons et fruits de mer contenant du mercure et de très graves atteintes à la santé.

La connaissance de la pollution mercurielle en eau douce est récente. Cette nuisance a rapidement provoqué une certaine émotion parmi la population déjà sensibilisée par les diverses pollutions de l'environnement. Les hygiénistes sont naturellement soucieux de cette présence dans l'eau de consommation et dans la faune piscicole qui est dans certaines régions une source importante de protéines.

La consommation moyenne hebdomadaire de poissons varie d'une région à l'autre. La littérature cite les valeurs suivantes : France 232 g, Suède 350 g, Angleterre 150 g. Il est vraisemblable qu'en Suisse cette consommation moyenne soit comprise entre 150 et 200 g par semaine. Elle est probablement supérieure chez les pêcheurs professionnels.

Dès 1971, les représentants du groupe GEOLEM à la Sous-commission technique ont entretenu cette instance des risques de pollution mercurielle dans le bassin du Léman.

A fin 1973, le laboratoire cantonal de chimie de Genève informait la Sous-commission technique des premiers résultats obtenus par les dosages de mercure dans les eaux, le plancton et certains poissons du lac.

Le 14 août 1974, ce laboratoire adressait au secrétariat de la Commission internationale un "Rapport concernant les dosages de mercure et de polychlorobiphényle (PCB) dans des échantillons d'eau, de plancton et de diverses espèces de poissons du bassin lémanique de 1970 au 14 juin 1974".

A la réunion en Arles, les 4 et 5 octobre 1973, GEOLEM présentait les premiers résultats de l'étude de la pollution par le mercure et autres métaux lourds dans les sédiments du bassin du Rhône et du lac Léman.

Lors de cette séance, la Commission internationale a invité la Sous-commission technique à se préoccuper de la présence de mercure dans les eaux du lac Léman et les conséquences sur la faune piscicole. Pour répondre à cette demande, un groupe de travail a été constitué.

Dans sa séance du 11 janvier 1974, ce groupe de travail a pris acte que les laboratoires suivants étaient d'accord de procéder à des analyses de mercure :

Station d'Hydrobiologie lacustre de Thonon	:	eau - faune piscicole
Laboratoire cantonal de l'Etat de Vaud	:	eau - faune piscicole
Laboratoire cantonal de Genève	:	eau - faune piscicole
GEOLEM	:	eau - sédiments.

Au cours de l'exercice 1974, la Station d'Hydrobiologie lacustre et le laboratoire cantonal de Genève procèdent à des dosages de mercure dans les poissons du lac.

Le 7 mars 1975, la Sous-commission technique prend acte du programme d'analyses envisagé pour 1975 par le groupe de travail "Mercure". Ce plan prévoyait, pour chacun des laboratoires cantonaux de Vaud et Genève, 210 analyses de poissons. Ce plan n'a pas été entièrement respecté, l'approvisionnement en poissons ayant subi des défaillances. La Station d'Hydrobiologie lacustre avait formulé, au préalable, des réserves. Elle voulait être assurée de la couverture financière du montant de ses analyses. Elle s'est ralliée au plan primitif et l'a pratiquement réalisé.

En vue de la réunion de la Commission internationale à Paris, les 23 et 24 octobre 1975, le président du groupe "Mercure" a présenté un rapport concernant les résultats enregistrés jusqu'à fin 1974.

A cette réunion de la Commission internationale, GEOLEM a présenté un rapport

sur la "Teneur en mercure des poissons du Léman : Campagne 1975", sans en informer au préalable la Sous-commission technique.

A la suite de cette présentation tardive, la Commission internationale a demandé que ce rapport GEOLEM soit intégré dans le rapport du groupe de travail "Mercure", complété lui-même de tous les résultats obtenus en 1975.

Ce présent rapport fait donc état de tous les résultats enregistrés de 1973 au 31 décembre 1975. Il concerne 1'029 analyses de la musculature de diverses espèces de poissons. Les analyses d'autres organes sont également citées. Les poissons les plus analysés sont les perches, les vengerons et les lottes.

Le lac Léman est non seulement un réservoir d'eau de consommation, mais aussi une source importante de protéines alimentaires. En 1974, les pêcheurs professionnels ont retiré un poids de 1'418'809 kg de poissons se répartissant ainsi :

perches	1'090'882 kg	tanches	3'000 kg
vengerons (gardons)	199'397 kg	ombles chevaliers	1'795 kg
corégones	75'608 kg	goujons	582 kg
lottes	30'961 kg	ablettes	582 kg
truites	8'194 kg	carpes	124 kg
brochets	6'828 kg	divers	856 kg

Origine du mercure dans le bassin lémanique

1) Le mercure est présent naturellement dans :

- les divers types de roches, sédiments, alluvions, sols (20 à 150 ppb).
Il est entraîné par l'érosion. Les eaux des rivières, des lacs et des nappes profondes en contiennent couramment de 0,03 à 0,05 ppb. Dans certaines terres du Binnthal, il en a été dosé moins de 1 ppm alors que dans celles de la régions de Tortin (Valais), il en a été trouvé 0,26 ppm.
- les combustibles fossiles. Les charbons du bassin du Donetz, par exemple, en contiennent jusqu'à 600 ppm. Lors de la combustion, ce mercure est dissipé dans l'atmosphère. Certaines eaux de pluie en contiennent 0,2 ppb.

2) Le mercure peut provenir de l'activité humaine :

Une population de 1 million de personnes rejette annuellement 200 à 400 kg de mercure dans les eaux usées (GEOLEM, 1974). Des analyses récentes démontrent la présence de 10 ppm de ce métal dans les eaux de décantation ou de centrifugation des boues des stations d'épuration des eaux usées. La terre au voisinage d'une usine d'incinération des ordures contenait 0,08 ppm de mercure alors que les graviers en contenaient 0,3 ppm.

3) Le mercure peut provenir de l'activité industrielle :

Le mercure organique et inorganique utilisé dans l'industrie peut être

rejeté, à des concentrations très faibles, dans l'atmosphère et dans les eaux industrielles.

J.P. Quinche a décrit une pollution des végétaux dans la région de Monthey (analyses effectuées en 1973) Revue suisse d'agriculture VI -18-1974. Cette pollution aurait diminué en 1974 de 50 % à la suite des mesures prises par l'industrie.

Le déversement journalier de mercure dans le Rhône par deux grandes usines a été réduit de 10 kg à 0,5 kg depuis 1974 ce qui est confirmé par des analyses récentes d'alluvions superficielles.

TOXICITE DU MERCURE

Le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (16ème rapport, Genève 1972) a fixé la dose hebdomadaire tolérable temporaire à 0,3 mg de mercure total par personne dont pas plus de 0,2 mg sous forme de méthylmercure (exprimé en Hg). Ces valeurs correspondent à une dose tolérable respectivement de 0,005 et 0,0033 mg/kg de poids corporel. Le taux de sécurité habituel est compris dans ces limites sur des données de toxicologie expérimentale. Si l'apport total mercuriel de la ration alimentaire dépasse 0,3 mg par semaine, il faut aussi doser les composés méthylmercuriels.

Le méthylmercure est le plus toxique des composés organiques du mercure. Il apparaît comme un métabolite des milieux biologiques. Dans les poissons, le rapport $\frac{\text{méthylmercure}}{\text{mercure}} \times 100$ oscille entre 60 et 95 % (G. Cumont, G. Viallex, H. Lelièvre, P. Bobenrieth, Rev. intern. Océanogr. Mod. 28,95 (1972)).

Il convient encore de citer un passage du rapport FAO/OMS : " Des enquêtes épidémiologiques ont démontré que des populations consommatrices de poissons absorbent de grandes quantités de méthylmercure ; pourtant, des signes cliniques d'intoxication n'ont été observés que lors de deux incidents dus sans aucun doute à une forte pollution spécifique. Le Comité n'ignore pas que, étant donné la teneur actuelle du poisson en méthylmercure, la dose journalière dépassera la limite de 0,2 mg pour certains de ces groupes, mais il estime que cet excès peut probablement être supporté pendant une période limitée sans nuire à la santé ".

L'Office vétérinaire fédéral, sur préavis de la Commission d'experts pour les concentrations maximales tolérables des résidus a fixé, pour les poissons et les conserves de poissons, une concentration maximale en mercure de 0,5 ppm.

En fait, ce qui est important dans la pratique, c'est la quantité de mercure ingérée par le consommateur pendant une période assez longue. Il serait faux de prétendre que la consommation occasionnelle d'un poisson contenant par exemple plus de 0,5 ppm de mercure soit toxique.

MISSION DU GROUPE " MERCURE "

Le groupe "Mercure" avait donc pour mission :

- 1- d'enregistrer les constatations faites par le GEOLEM quant aux teneurs en métaux lourds, spécialement en mercure, dans les sédiments.

- 2- de connaître les concentrations en mercure de l'eau et des poissons du lac.
- 3- d'identifier les sources de la pollution mercurielle.
- 4- en fonction des résultats analytiques, conclure si des risques d'atteintes à la santé pouvaient être encourus par la population riveraine.
- 5- informer la Commission technique de ces résultats et de ses conclusions.

RESULTATS

Pollution du Rhône à l'amont du lac

Selon les analyses effectuées dans les sédiments du Rhône, en 1970-1972, par GEOLEM (Rapport 1974), la pollution mercurielle se présenterait ainsi :

Rhône à l'amont de Viège	: pollution nulle
Rhône de Viège à Monthey	: pollution certaine
Rhône à l'aval de Monthey	: pollution forte

Il apparaît aux auteurs de ce rapport que " les principales sources de pollution se situent dans les régions de Viège et de Monthey; des sources secondaires existent le long de la Lonza, dans la région de Martigny et d'Evionnaz". Toujours selon les mêmes auteurs, au cours des années 1970-1972, 10 à 15 kg de mercure ont été rejetés journalièrement par le Rhône dans le lac Léman mais la situation s'est grandement améliorée, car actuellement, l'apport du Rhône est inférieur au kg.

Pollution mercurielle des sédiments prélevés dans le lac Léman

Sur la base des résultats enregistrés par GEOLEM, - 389 échantillons de sédiments d'une granulométrie égale ou inférieure à 175 μ prélevés entre 1970 et 1971 - il a été constaté les teneurs en mercure suivantes exprimées en ppb.

<u>Maximum</u>	<u>Minimum</u>	<u>Moyenne</u>
3'150	20	667

Les auteurs estiment que les apports rhodaniens contaminent tout le Haut Lac et la côte suisse. Environ 60 tonnes de mercure sont stockées dans les sédiments du lac, compte tenu de l'apport naturel dû à l'érosion des roches.

La démonstration d'apports littoraux de Villeneuve à Lausanne n'est pas prouvée.

Dans les zones Lausanne-Morges, Aubonne-Rolle, Nyon, des rejets sont probables.

La rive française du Petit-Lac et la région d'Evian sont peut-être aussi polluées. Selon des renseignements récents fournis par le GEOLEM, une source de pollution mercurielle serait probable dans la région de Thonon, ce qui est confirmé par la Station d'Hydrobiologie lacustre de Thonon.

Teneurs en mercure des eaux du lac

L'OMS a fixé la concentration limite provisoire du mercure dans l'eau de boisson à 1 ppb. Le Manuel suisse des denrées alimentaires a adopté la concentration maximale de 3 ppb.

Le dosage de si faibles traces n'a pas été exécuté car la sensibilité de l'instrumentation en possession de nos laboratoires n'est pas suffisante. Cependant, en fonction des essais effectués à ce jour, il apparaît que nous sommes nettement au-dessous de 1 ppb.

Teneurs en mercure des poissons

Le plancton et les poissons sont des indicateurs types du niveau de contamination des eaux.

Les poissons sont aussi une source importante de protéines. Il est donc indispensable de connaître leur teneur en mercure.

La pollution mercurielle des eaux devient assez générale. Pour illustrer cette ampleur, il peut paraître utile de citer quelques teneurs en mercure rencontrées en Europe et glanées dans la littérature.

1. Poissons marins

Selon G. Cumont, G. Viallex, H. Lelièvre, P. Bobenrieth, Rev. intern. océanogr. Méd. 28,95 (1972) on trouve, dans le tableau ci-dessous, les valeurs concernant les thons :

Poissons	Nombre de poissons analysés	Concentrations moyennes en Hg ppb
Thon Listao	113	210
Thon Germon	337	300
Thon albacore	366	338
Thon rouge de l'Atlantique	285	485
Thon rouge de la Méditerranée	132	1'145
Conserves de thon	436	253
Les résultats suivants sont encore signalés (G. Cumont, G. Gilles, F. Bernard et collaborateurs, Ann. Hyg. Fr., <u>11</u> 17.1975) :		
Thons Listao, Germon, Albacore	1'540	275
Thon rouge de l'Atlantique	344	470
Thon rouge de la Méditerranée	454	1'022
Conserves de thon	2'354	285

Pour les autres poissons des côtes françaises, les concentrations en mercure varient de 140 à 400 ppb (Côtes atlantiques) et 200 ppb à 840 (Côtes méditerranéennes).

La Méditerranée est donc plus polluée que l'Atlantique.

2. Poissons étrangers d'eau douce

Cas de la Suède (Z.U.L 122, 1968 (1969))

Les auteurs citent les valeurs suivantes :

Brochets	de 150 à 5'200 ppb	moyenne 1'090
Perches	de 130 à 3'950 ppb	moyenne 1'300
Sandres	de 170 à 2'550 ppb	moyenne 1'000
Lottes	de 100 à 740 ppb	moyenne 420
Truites	de 20 à 130 ppb	moyenne 70

Cas de la Grèce (S.A. Georgakis, A.G. Panctos, Z.U.L. 158,205 (1975)) :

1'400 poissons du Nord de la Grèce présentent une teneur moyenne en mercure de 239 ppb.

Cas de la France :

Selon G. Cumont, M.B. Briand, Premier Congrès intern. du mercure, Barcelone mai 1974, les gardons du Rhin contiennent de 480 à 1'500 ppb de mercure, ceux du Doubs de 60 à 500 ppb et ceux de la Saône de 80 à 1'000 ppb.

3. Poissons d'eau douce suisse autres que ceux du lac Léman

L'Office vétérinaire fédéral procède depuis plusieurs années à des dosages de mercure et de plomb dans les poissons d'eau douce. Nous citons quelques valeurs trouvées depuis 1973 :

Poissons	Nombre d'analyses	Concentrations moyennes du mercure en ppb
	<u>Lac de Zurich</u>	
Brochets	4	110
Perches	49	71
Corégones	58	38
Gardons	18	52
	<u>Lac de Constance</u>	
Perches	20	51
Corégones	15	inférieur à la limite de détection
	<u>Lac de Walenstadt</u>	
Corégones	20	" , " " "
Ombles chevaliers	20	" " " "
	<u>Aar</u>	
Perches	8	231

4. Teneurs en mercure des poissons du lac Léman

Au 31 décembre 1975, il a été effectué 1'029 analyses de poissons. Les résultats sont cités dans les tableaux No 1 à 9. Les abréviations citées ci-après désignent les laboratoires qui ont participé à cette campagne.

LCG/1 Laboratoire cantonal de Genève analyses exécutées avant le 1.1.1975
 LCG/2 Laboratoire cantonal de Genève analyses exécutées après le 1.1.1975
 LCL Laboratoire cantonal de Lausanne analyses exécutées après le 1.1.1975
 SHL/1 Station d'Hydrobiologie lacustre analyses exécutées avant le 1.1.1975
 SHL/2 Station d'Hydrobiologie lacustre analyses exécutées après le 1.1.1975
 GEOL. GEOLEM octobre 1975.

Remarques : 1. il n'a pas été tenu compte du sexe des poissons;
 2. dans le calcul des moyennes, nous n'avons pas éliminé les valeurs extrêmes;
 3. certains résultats obtenus par LCG/1 en 1973 doivent être appréciés avec circonspection du fait que la pratique analytique était en période de rodage.

Teneurs en mercure des poissons du lac Léman. Incidence sur le régime alimentaire.

Le poisson le plus consommé dans le bassin lémanique est la perche. Le vengeron l'est beaucoup moins. Il en est de même, sur la rive suisse, de la lotte si ce n'est par certains pêcheurs professionnels. Par contre, sur la rive française, sa consommation serait plus importante.

Il convient également de tenir compte que la cuisson - sous forme de friture - diminue d'environ 40 % la concentration en mercure (voir tableau No 12). En tenant compte de ces constatations et en admettant d'autre part que le mercure résiduel total après cuisson subsiste sous forme de méthylmercure - le plus toxique - la consommation hebdomadaire en poisson, sur la base des recommandations du Comité mixte FAO/OMS, pourrait être de

1,5 kg de perches
 1,4 kg de vengerons
 0,75 kg de lottes

La consommation hebdomadaire moyenne de poisson en Suisse est probablement inférieure à 200 g (y compris les poissons étrangers).

Nous avons vu qu'en 1974, les pêcheurs professionnels ont pêché 1'500'000 kg de poissons. Cette quantité doit être multipliée par un certain facteur du fait des apports des pêcheurs amateurs. Estimons la quantité totale des poissons retirés du lac à 2'000'000 kg.

Si cette production était totalement consommée par la population résidente du bassin lémanique, soit environ 500'000 habitants, la consommation annuelle par tête d'habitant serait de 4 kg qui correspond à un apport hebdomadaire en mercure de 0,02 mg. La marge de sécurité est donc très grande.

La consommation des poissons du lac ne représente qu'un très faible pourcentage de la nourriture moyenne des habitants du bassin.

Le Service fédéral de l'hygiène publique a communiqué un certain nombre de documents qui définissent les concentrations moyennes trouvées dans diverses denrées alimentaires de provenance suisse ou étrangère. Ce sont par exemple :

Oeufs	4 à 16 ppb	Seigle	6 ppb
Conserves d'oeufs	25 à 26 ppb	Soja	8 ppb
Riz	3 à 14 ppb	Fruits	1 ppb
Maïs	1 ppb	Lait (Suisse)	3 ppb
Blé	6 ppb		

Dans un travail paru dans ZUL 153,151 (1973), les auteurs, R. Schelenz et J.F. Diehl prennent pour exemple 4 types de repas consommés durant une semaine par divers consommateurs.

Poids du consommateur kg	Type de repas	Quantité moyenne consommée par jour:kg	Apport moyen en Hg de la nourriture mg/kg	Variations journalières des apports de Hg mg	Apport total moyen journalier en Hg mg
91	A sans poissons	2,742	0,003.04	0,004.10 à 0,013.86	0,008.20
73	B côtelette de porc avec 66,5 ppb de Sandre avec 283,6 ppb de Hg	2,575	0,004.01	0,001.35 à 0,034.74	0,010.00
49	C denrées en majorité liquides	2,244	0,001.41	0,000.59 à 0,008.09	0,003.02
74	D un repas au cours de la semaine contenant 1 truite avec 62 ppb et du thon contenant 366 ppb de Hg	2,047	0,012.01	0,002.85 à 0,148.21	0,027.43
Teneur moyenne en Hg de la nourriture exprimée en mg/kg					: 0,005.12
Apport moyen hebdomadaire en Hg en mg					: 0,085.1

Cet apport moyen hebdomadaire de 0,085.1 mg est 3 à 4 fois plus faible que la dose hebdomadaire tolérable temporaire de 0,3 mg.

D'autre part, B. Zimmerli, B. Marek décrivent dans Travaux de chimie alimentaire, Berne 64,459 (1973) les apports journaliers en mercure d'une nourriture dont les composants répartis dans 5 types de repas contiennent les concentrations suivantes en mercure :

Types de repas	Lait et produits laitiers	Viandes, produits carnés, poissons, volaille, graisse	Céréales, art. de boulangerie, pommes de terre, pâtes alimentaires
A	0,002.79	0,003.99	0,008.14
B	0,002.31	0,002.87	0,007.82
C	0,002.81	0,008.98	0,004.38
D	0,003.45	0,005.64	0,005.85
E	0,004.50	0,002.69	0,003.75
	Fruits, jus de fruits, légumes	Boissons et divers	Apport journalier en mercure total
A	-	0,001.15	0,016.1
B	0,001.02	-	0,014.0
C	0,002.51	-	0,018.7
D	0,002.49	-	0,017.4
E	0,002.77	-	0,013.7
Moyenne			0,016.0
soit un apport moyen par semaine de Hg exprimé en mg			0,114.0

L'apport moyen hebdomadaire représente la moitié ou le tiers de la dose hebdomadaire tolérable temporaire de 0,3 mg.

La consommation occasionnelle d'un poisson contenant par exemple 2'000 ppb de Hg ne serait pas susceptible de provoquer un risque (voir citation OMS page 5).

En l'état actuel des connaissances, il n'a pas été signalé de cas de pêcheurs professionnels du lac qui aient subi une atteinte dans leur santé.

Il n'en reste pas moins que les résultats des analyses de mercure dans 1'029 poissons démontrent que les concentrations enregistrées doivent être considérées comme une cote d'alerte qui ne doit être en aucun cas dépassée. La faune piscicole du lac Léman est nettement plus chargée en mercure que celle des autres lacs suisses.

Dosages du plomb, cadmium, et PCB dans les poissons

Selon l'OMS, le plomb ayant un effet cumulatif, c'est la quantité absorbée et retenue dans l'organisme qui est importante.

Dans le cas des aliments et de l'eau, le plomb ingéré peut être absorbé dans la proportion de 10 %. Partant de ce principe, le Comité mixte a fixé pour les adultes une dose hebdomadaire tolérable temporaire de 3 mg, soit 0,05 mg/kg corporel par semaine. Ces valeurs ne sont pas valables pour les nourrissons.

Le cadmium ingéré est très faiblement absorbé soit moins de 10 %. Le Comité mixte propose d'adopter, en fonction de sa haute toxicité, une dose hebdomadaire tolérable temporaire de 0,4 à 0,5 mg par personne.

Ce n'est que dernièrement que nous avons dosé ces deux métaux dans quelques poissons du lac. Ces recherches se poursuivent. Les premiers résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau No 10.

Les concentrations en cadmium sont faibles, celles en plomb sont plus élevées. Il est donc nécessaire de surveiller l'évolution de ces concentrations et de dépister aussi les sources de cette pollution.

Le bassin lémanique est une région à très grande circulation routière. Il devient nécessaire d'étudier l'influence des gaz d'échappement des véhicules à moteur. D'autre part, certaines industries de ce bassin sont également susceptibles de déverser dans les eaux des quantités non négligeables de plomb.

TABLEAU No 1 TENEUR EN MERCURE DES PERCHES (ppb)

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac						Total du Petit Lac		Grand Lac				Total du Grand Lac		Haut Lac		
		Genève		Versoix - Nyon		Corsier - Nernier				Gland - Lutry		Evian - Thonon				Lutry - Bouveret		
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
25	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL					2	265	2	265	8	150			8	150			
												33	144	33	144			
										2	235			2	235			
26-50	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL					1	260	1	260								1	310
												3	143	3	143			
		3	217			8	251	11	241	58	223	6	261	6	261	1	230	
														58	223	3	287	
51-75	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL	1	150	6	306			7	284	6	353			6	353	5	190	
								7	214					8	190	8	361	
														1	130	7	190	
		12	217			32	249	44	241	29	214	15	171	7	249	4	165	
														15	171	44	200	
76-100	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL	2	250			1	130	3	277	2	495	1	180	3	390	2	290	
		6	116					6	116			3	240	3	240	1	310	
		8	176			3	200	3	200	21	185	35	184	56	184	12	238	
						1	240	9	183									
101-125	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL			2	280			2	280	2	275			2	275			
		16	163	6	131			22	150			4	325	4	325			
						4	213	4	213	6	145	19	195	25	183	18	218	
		3	193					3	193									
126-150	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL																	
		6	140					6	140			2	180	2	180			
										2	185	7	178	9	179	17	202	
151-200	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL																	
		1	340					1	340			1	440	1	440			
										3	243	3	170	6	207	6	192	
201-250	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL																	
																5	226	
251-300	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL	1	150					1	150			1	190	1	190	1	235	
		1	670					1	670	1	190	3	190	4	190	5	280	
301-350	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL	1	230					1	230							1	360	
																1	280	
												1	360	1	360			
351	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL	1	980					1	980									
										3	587	1	770	1	770	1	1080	
														3	587	1	500	
TOTAL		62	200	14	227	59	242	135	221	143	225	154	192	297	208	93	247	

TOTAL LAC DANS SON ENSEMBLE : Nombre de perches analysées : 525
Concentration moyenne en Hg, exprimée en ppb : 219

TABLEAU No 2 TENEUR EN MERCURE DES VENGERONS (GARDONS) (ppb)

1	2	Petit Lac						Total du Petit Lac		Grand Lac				Total du Grand Lac		Haut Lac									
		Genève		Versoix - Nyon		Corsier - Nernier				Gland - Lutry		Evian - Thonon				Lutry - Bouveret									
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes																						
26-50	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL					1	190	1	190	7	237	35	362	35	362	7	237								
51-75	LCG/1 GEOL			4	392			4	392	2	350	38	205	13	195	2	350	51	202	4	510				
76-100	LCG/1 GEOL	1	250	4	140	1	310			2	280	9	410	23	222	26	182	9	410	49	201	4	390	4	214
100-125	LCG/1 GEOL	4	212					4	212	6	368	8	178	8	178	6	368	8	178	8	178	6	195		
126-150	LCG/1 SHL/2 GEOL									1	520	1	220	2	150	1	520	3	123	3	123	1	390	6	161
151-200	GEOL	1	240					1	240	1	360	1	180	2	270	2	270	4	420	2	360	1	150		
201-250	GEOL									1	430	3	417	4	420	4	420	1	330	1	330	1	310		
251-300	GEOL									1	710	5	326	6	390	6	390								
≥ 351	SHL/1 SHL/2 GEOL											2	600	2	600	2	600	11	766	11	766	2	560		
TOTAL		10	191	5	378	1	190	16	249	99	272	9	278	197	275	31	295								
TOTAL LAC DANS SON ENSEMBLE : Nombre de vengerons (gardons) analyses : 244																									
																		Concentration moyenne en Hg, exprimée en ppb : 276							

Poids des poissons analysés	Laboratoires	Petit Lac						Total du Petit Lac		Grand Lac				Total du Grand Lac		Haut Lac	
		Genève		Versoix - Nyon		Corsier - Nernier		Nombre de poissons	Concentrations moyennes	Gland - Lutry		Evian - Thonon		Nombre de poissons	Concentrations moyennes	Nombre de poissons	Concentrations moyennes
		Nombre de poissons	Concentrations moyennes	Nombre de poissons	Concentrations moyennes	Nombre de poissons	Concentrations moyennes			Nombre de poissons	Concentrations moyennes	Nombre de poissons	Concentrations moyennes				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
26-50	LCG/1															1	650
51-75	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2	1	670			5	358	1	670 5	358		2	450 1	2	450 720		
76-100	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL	3	220	2	370	3	266 2	5	280 266 415	3	453 266 415	1	400	3	453 600 490 400	5	586 520
101-125	LCG/1 LCG/2 SHL/1 GEOL	4	407	3	523	1	70	7	457 70	3	570	2	365 534	3	570 365 534 360	3	513 510
126-150	LCG/1 LCG/2 SHL/1 SHL/2 GEOL	7	393	1	320	1	400	8	384 400	3	543	2	560 220 550	3	543 560 220 550	2	250 350 390
151-200	LCG/1 LCG/2 SHL/1 GEOL	3	490					3	490	3	500	1	220 1100	3	500 220 1100 540	3	440 700 525 190
201-250	LCG/1 LCG/2 SHL/2 GEOL									1	440 340	1	550	1	440 550 340	2	540 420
251-300	LCG/1	2	500					2	500	1	310			1	310		
∑ 351	LCG/1 SHL/2									1	400			1	400	1	480
TOTAL		22	438	6	438	14	318	42	381	20	467	24	550	44	500	33	471
TOTAL LAC DANS SON ENSEMBLE : Nombre de lottes analysées : 119 Concentration moyenne en Hg, exprimée en ppb : 450																	

Tableau No 4

POISSONS DU LAC

Espèces	Laboratoires	Lieux de pêche	Poids g	Hg ppb
Anguilles	GEOL	Petit Lac	285	60
Barbeaux	"	Grand Lac	1'225	720
Brèmes	"	Grand Lac	1'865	470
"	SHL/2	Haut Lac	89	190
"	"	Haut Lac	72	270
"	LCG/2	Haut Lac	580	260
Brochets	GEOL	Petit Lac	382	350
"	SHL/1	Grand Lac	12'000	1'100
"	SHL/2	Haut Lac	5'500	650
"	LCG/1	Petit Lac	450	300
Corégones	GEOL	Haut Lac	550	80
"	"	Haut Lac	350	160
"	LCG/2			170
"	SHL/1	Grand Lac	850	190
"	SHL/2	Grand Lac	661	150
"	"	Grand Lac	572	140
"	"	Grand Lac	430	170
"	"	Grand Lac	450	160
"	"	Grand Lac	447	130
"	"	Grand Lac	391	150
"	"	Grand Lac	432	170
"	"	Grand Lac	440	130
"	"	Grand Lac	449	130
"	"	Grand Lac	463	170
"	"	Grand Lac	470	120
"	"	Grand Lac	486	140
Tanches	GEOL	Petit Lac	1'610	310
"	"	Grand Lac	755	150
"	LCG/2	Haut Lac	1'400	950
Truites	SHL/1	Grand Lac	350	125
"	"	Grand Lac	550	120
"	SHL/2	Grand Lac	52	80

Tableau No 5

POISSONS DU LAC

Espèces	Laboratoires	Lieux de pêche	Poids g	Hg ppb
Brochets	LCG/1	inconnu	430	290
"	"	"	440	440
"	"	"	180	440
Lottes	LCG/1	"	100	400
"	"	"	100	360
Omble	LCG/1	"	111	270
Corégones	LCG/1	"	430	230
"	"	"	131	240
Perches	LCG/1	"	92	70
"	"	"	470	490
"	"	"	430	400
"	LCG/2	"	75	260
"	"	"	75	250
"	"	"	75	220
"	"	"	75	250
Rotengle	LCG/1	"	330	630
Tanche	LCG/1	"	435	340
Vengerons	LCG/1	"	60	650
"	"	"	76	430
"	"	"	81	570

Tableau No 6

POISSONS DU LAC (suite)

Espèces	Nb.	Laboratoires	Poids	Teneur en Hg (ppb)		
				Petit Lac	Grand Lac	Haut Lac
Féras	1	LCL	inconnu		140	
	1	LCL	"			170
Lottes	1	LCG/1	"	720		
	1	LCG/1	"			450
	1	LCL	"	450		
	1	LCL	"		260	
	1	LCL	"		470	
	1	LCL	"		180	
	1	LCL	"		360	
Omble	1	LCG/1	"		600	
Perches	5	LCG/1	"	149		
	7	LCG/2	"		114	
	1	LCL	"	130		
	6	LCL	"		153	
	1	LCL	"			190
	2	SHL/2	"		235	
Vengerons	1	LCG/1	"	310		
	1	LCL	"			550

Tableau No 7

POISSONS DU LAC

Espèces	nombre	Laboratoires	Teneurs moyennes en Hg (ppb)
Filets de perches	6	LCL	172
	9	LCG/2	136
Filets de lottes	1	LCG/2	450

Tableau No 8

POISSONS PECHES DANS LES AFFLUENTS ET DANS L'EFFLUENT

Espèces	Nombre	Laboratoire	Affluent	Effluent	Poids g	Teneurs en Hg ppb
Truites	1	LCG/1	Versoix			250
	1	LCG/1	Versoix		1150	310
	1	LCG/1		Rhône	800	180
	1	LCG/1		Rhône	1350	30
	1	LCG/1		Rhône	25	100
Perche	1	LCG/1		Rhône	128	290
Truites	2	LCG/2	Lac Tanay			100
	3	LCG/2	Rhône (Monthey)			133
	3	LCG/2	Rhône (Sion)			400
	2	LCG/2	Rhône (Viège)			140
	1	LCG/2	Rhône (Gampelsteg)			20

TABLEAU No 9

RECAPITULATION des résultats analytiques concernant les dosages de mercure dans la musculature de divers poissons pêchés dans le bassin lémanique de 1972 au 31 décembre 1975.

Zones	Période 1972 - 1974		Période 1975		Total 1972 - 1975	
	Nombre de poissons analysés	Concentrations moyennes en Hg ppb	Nombre de poissons analysés	Concentrations moyennes en Hg ppb	corrige des concentrations trouvées dans les poissons pêchés dans zones inconnues	
					Nombre de poissons	Concentrations moyennes en Hg ppb
I PERCHES						
Petit Lac	15	315	120	209		
Grand Lac	56	185	241	214		
Haut Lac	8	236	85	248		
Lac dans son ensemble	79	215	446	219	578	215
II VENGERONS						
Petit Lac	7	348	10	184		
Grand Lac	55	382	145	258		
Haut Lac	8	259	24	258		
Lac dans son ensemble	70	364	179	254	254	289
III LOTTES						
Petit Lac	26	416	16	326		
Grand Lac	26	517	18	476		
Haut Lac	16	499	17	445		
Lac dans son ensemble	68	474	51	418	135	452
IV AUTRES ESPECES DE POISSONS						
		Ablette			1	230
		Anguille			1	60
		Barbeau			1	720
		Brèmes			4	298
		Brochets			7	510
		Corégones			20	157
		Ombles chevaliers			2	435
		Rotengles			2	630
		Tanches			4	438
		Truites du lac			3	108
		Truites de l'effluent			6	193
		Truites de l'affluent			11	191
TOTAL					1'029	266

Tableau No 10

Recherches et dosages du plomb et du cadmium dans les poissons

Espèces	Lieux de pêche	Poids g	Concentrations moyennes exprimées en ppb			
			Nombre de poissons	Plomb	Nombre de poissons	Cadmium
Perches	Grand Lac	49- 59	8	580	8	90
Perches	Grand Lac	61- 92	4	660	4	50
Perches	Haut Lac	44- 78	8	800	8	70
Perches	Petit Lac	87-140	15	730	15	70
			35	694	35	70
Lottes	Petit Lac	62-103	9	350	9	40
Lottes	Grand Lac	102-246	4	100	6	30
Lottes	Haut Lac	84-153	7	480	7	20
			20	345	22	30
Truites	Haut Lac	78		250		30
Truites	Rhône/ Monthey	130		380		20
		98		300		20
		59		360		40
Truites	Rhône/Sion	141		270		30
		96		390		50
		103		300		30
Moyenne				321		30

Tableau No 11

Recherches et dosages du PCB dans les poissons.

Espèces	Lieux de pêche	Poids g	Concentrations moyennes exprimées en ppb	
			Nombre de poissons	PCB
Perches	Grand Lac	49 - 59	4	90 à 1'700
Perches	Grand Lac	61 - 92	2	20
Perches	Haut Lac	44 - 78	4	30 à 90
Perches	Petit Lac	87 -140	5	15 à 50
Lottes	Petit Lac	62 -103	4	10 à 40
Lottes	Grand Lac	102 -246	3	10 à 20
Lottes	Haut Lac	84 -153	4	10 à 40
Truites	Haut Lac	78		140
Truites	Rhône/ Monthey	130		135
Truites		98		150
	Rhône/ Sion	141		60
		103		100

POLLUTION MERCURIELLE DANS LE BASSIN LEMANIQUE

Campagnes 1973 - 1975

par Ch. Berner

Ancien chimiste cantonal
Président du groupe de travail "Mercure"
de la Sous-commission technique
Genève

CONCLUSIONS

1. La présence de mercure dans les sédiments du Rhône, à l'amont de son embouchure dans le lac Léman, a été démontrée.

Les concentrations mesurées dans ces sédiments apportent la preuve d'une pollution mercurielle due à des rejets industriels entre Viège et le Bas-Valais, représentant un déversement journalier de l'ordre de 10 à 15 kg pendant plusieurs années.

2. Depuis 1974, les rejets, pour deux usines au moins, ont été ramenés à environ 0,5 kg par jour.

Cette amélioration est confirmée par des analyses récentes des sédiments du Rhône.

3. Certaines zones culturales du Bas-Valais ont de plus été également polluées par des rejets industriels dans l'atmosphère.

Une amélioration de cette situation est enregistrée à la suite de mesures prises par l'industrie.

4. La pollution du Rhône a pour conséquence une pollution mercurielle des sédiments et de la faune piscicole du lac Léman.

Cependant, d'autres rejets sont probables dans les régions de Lausanne-Morges, Aubonne-Rolle, Nyon et Thonon.

Une usine chimique de la région nyonnaise a fait remarquer, dans une conférence publique, qu'elle avait sensiblement diminué les pertes en composés mercuriels et qu'elle poursuivait des recherches en vue de diminuer encore ces rejets.

Une carte de la répartition du mercure dans les sédiments du lac a été établie.

5. Il a été analysé 1'029 poissons du lac.

Tous contiennent du mercure. Les concentrations varient selon les espèces :

Perches : 578 analyses : la concentration moyenne en mercure est de
215 ppb

Vengerons : 254 analyses : la concentration moyenne en mercure est de
289 ppb

Lottes : 135 analyses : la concentration moyenne en mercure est de
452 ppb

Pour les autres espèces, le nombre des analyses n'est pas suffisant pour établir des moyennes.

L'influence du sexe du poisson sur les concentrations en mercure n'a pu être démontrée.

Si le poids est pris comme critère d'âge - ce qui n'est pas rigoureux - les concentrations en mercure augmentent en général en fonction directe du poids.

6. Les résultats analytiques ont été groupés en deux périodes : 1972-1974 et 1975.

Il n'apparaît pas que les concentrations aient sensiblement varié entre ces deux périodes. La situation ne s'est pas aggravée.

Pour les lottes et les vengerons, les concentrations moyennes ont même tendance à baisser.

7. Pour une espèce donnée, la concentration en mercure est plus élevée dans la musculature que dans les autres parties du poissons.

Les exemples donnés dans le tableau A le démontrent.

8. Le pouvoir migrateur des poissons complique l'interprétation que l'on voudrait établir entre les concentrations de mercure dans la musculature et le lieu de pêche.

C'est pourquoi, dans le tableau B, les concentrations moyennes mesurées sont réparties seulement entre les trois grandes zones du lac.

9. La cuisson des poissons a pour conséquence une diminution de la concentration en mercure. (tableau C).

Tableau A

Laboratoires	Espèces	Teneurs en mercure (ppb)				Foie
		Musculation	Peau	Peau + musculation	Oeufs	
LCG/2	Lotte	400	400	800		
LCG/2	Lotte	670	300	620		
LCG/2	Lotte	430	270	400		
GEOL.	Perche	230			25	
GEOL.	Perche	280			15	180
GEOL.	Perche	230			15	120
GEOL.	Perche	260			25	
GEOL.	Perche	280				220
GEOL.	Perche	240			15	170
GEOL.	Lotte	540				290
GEOL.	Lotte	340				230
GEOL.	Perche	190				55
GEOL.	Perche	220				25
GEOL.	Perche	160				100
GEOL.	Lotte	410				100

LCG/2 = Laboratoire cantonal de Genève, analyses exécutées après le 1.1.1975
 GEOL. = GEOLEM, octobre 1975

Tableau B

Espèces	Concentrations en Hg (ppb)		
	Petit Lac	Grand Lac	Haut Lac
Perches (tableau 1)	221	208	247
Vengerons (tableau 2)	249	275	295
Lottes (tableau 3)	381	500	471

Tableau C

Laboratoires	Espèces	Concentrations en mercure (ppb) rapportées à la substance sèche	
		avant cuisson	après cuisson
LCG/2	Perche	950	300
LCG/2	Perche	730	450
LCG/2	Perche	610	280
LCG/2	Perche	570	250

10. Connaissant les dangers que pourrait présenter la pollution mercurielle pour l'homme et son environnement, il est indispensable de protéger ce réservoir d'eau potable et cette réserve naturelle, importante source de protéines alimentaires.

A cette fin, le nouveau plan quinquennal permettra financièrement de poursuivre les recherches en vue de l'identification de toutes les sources de pollution mercurielle dans l'atmosphère et dans les eaux.

Il appartient, par contre, aux autorités des deux Etats de prendre, au vu des constatations analytiques, des mesures énergiques afin d'obliger les responsables de cette pollution à poursuivre les efforts que certains d'entre eux ont déjà entrepris pour diminuer la charge de mercure qu'ils déversent dans l'environnement.

Ces mesures sont urgentes car bien que - en fonction des résultats analytiques obtenus - il n'apparaisse pas que la consommation des poissons du lac présente, pour une alimentation normale, un danger pour la santé, les concentrations moyennes enregistrées ne doivent pas être dépassées.

Le rapport détaillé figure en pages 335 et suivantes.