

COMMISSION INTERNATIONALE
POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LAC LEMAN
CONTRE LA POLLUTION

SOUS-COMMISSION TECHNIQUE

* * * * *

Introduction aux rapports concernant
LES ETUDES ENTREPRISES SUR LE LAC LEMAN ET SES
AFFLUENTS EN 1969 ET 1970

par Georges-L. HUBER
ingénieur civil et ingénieur sanitaire post-gradué
Chef du Service du Génie sanitaire du canton du Valais
Président de la sous-commission technique en exercice
en 1969, 1970 et 1971

1. INTRODUCTION

=====

Les années 1969 et 1970 sont les dernières de la décennie que la Sous-Commission technique de la Commission Internationale pour la protection des eaux du Léman a consacrées essentiellement à des investigations de routine, soit à l'auscultation régulière du lac et à l'étude des apports des affluents. Ceci a permis d'établir un premier bilan.

Au début des campagnes systématiques, le nombre d'échantillons prélevés s'élevait à 1'000 par an. Actuellement, ce nombre est d'environ 3'000 et les déterminations atteignent 30'000.

Cette auscultation régulière a permis de constater une lente dégradation de la qualité des eaux du lac Léman. Il ne pouvait d'ailleurs en être autrement puisque les apports en substances de toutes sortes ont été longtemps fort importants et qu'ils n'ont pour le moment pas suffisamment diminué pour pouvoir constater une amélioration de la qualité des eaux. Le lac Léman constitue d'ailleurs un "volant" énorme avec ses 89 km³, dont le renouvellement théorique des eaux ne se produit que tous les 10 ans.

Les rapports qui suivent ne donnent pas la possibilité de faire des comparaisons ; il s'agit de constats de qualité ou de tendance. Pour obtenir une image meilleure de l'évolution de la qualité des eaux du Léman, il est nécessaire de confronter ce recueil aux différents rapports publiés pendant la dernière décennie par la Commission internationale, et particulièrement au "Rapport sur l'état sanitaire du Léman de 1957-1960".

La Sous-Commission technique n'est pas le seul ni le premier organisme qui entreprenne des recherches sur le lac Léman. F.A. Forel, médecin, professeur d'anatomie et de physiologie générale à l'université de Lausanne, créa le terme de limnologie et publia une importante Monographie limnologique sur le Léman entre 1892 et 1904. D'autres chercheurs, tels que A. Delebecque, B.-H. Dussart, E. Hubault, L. Massol, P. Vivier, E. Novel, etc. procédèrent à des études importantes. Une bibliographie non exhaustive figure en fin de ce volume.

Depuis 10 ans cependant, les efforts de recherches sur le lac Léman sont coordonnés par la Commission Internationale. La Sous-Commission technique qui l'assiste groupe les instituts suivants :

Pour la France

Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), Orléans
 Station d'hydrobiologie lacustre (INRA), Thonon
 Centre de recherches géodynamiques externe de la Faculté des sciences
 de Paris, Thonon

Pour la Suisse

Laboratoire cantonal de l'Etat de Vaud, Lausanne
 Laboratoire cantonal de l'Etat du Valais, Sion
 Laboratoire d'hydrobiologie de l'Etat de Genève, Genève
 Laboratoire du Service des Eaux de la Ville de Genève, Genève
 Laboratoire d'hydrobiologie de l'Etat de Vaud, Lausanne
 Laboratoire du Service des eaux de la Ville de Lausanne, Lausanne
 Université de Genève, faculté de géologie, Genève

2. POINTS DE PRELEVEMENTS

=====

2.1. Dans le lac :

Depuis quelques années, les points de prélèvements sont les suivants :
 GE1, GE 2, GE 3, GE 4, VD 1, VD 2, VD 3, VD 4, VD 5, VS 2, VS 3, VS 4,
 SHL 1, SHL 2, SHL 6, CRG 3, CRG 4, CRG 6, CRG 9, CRG 10, CRG 21, CRG 22,
 CRG 23. Les points GE 4, SHL 2, VD 4, GE 1, VD 1 et VD 5 sont considérés
 comme points "objectifs".

Les échantillons sont prélevés en principe en surface, à -5, -10, -20,
 -30, -40, -50, -100, -150, -200, -250 et -300 m., pour autant que la
 profondeur le permette.

La fréquence des prélèvements était au début de 6 à 7 par an. Portée
 ensuite à 8, elle est actuellement de 12 par an.

2.2. Sur les affluents :

Les affluents suivants ont été analysés tout d'abord 12 fois par an ;
 actuellement, cette fréquence a été portée à 24 par an :

Le Rhône	La Bouverette
Le Grand Canal	La Morge de St Gingolph
L'Eau froide	La Dranse
La Maladaire	La Promenthouse
La Veveyse	Le Nant de Riond
Le Forestay	Le Nant de Pry
La Lutrive	Le Nant du Brassu
La Paudèze	La Doye
Le Flon, Lausanne	Le Torry
La Chamberonne	La Versoix
La Venoge	Le Vengeron
La Morge	L'Hermance
L'aubonne	Le Nant d'Aisy
la Dullive	Le Rhône à sa sortie à Genève
Le Canal de Stockalper	

3. DETERMINATIONS ET ANALYSES EFFECTUEES SUR LES ECHANTILLONS

3.1. Eaux du Léman, points normaux :

On procède dans la règle aux analyses suivantes :

- par échantillon
 - température de l'eau
 - pH
 - conductibilité
 - oxygène dissous
 - ammoniaque
 - nitrites
 - nitrate
 - phosphore soluble
 - phosphore total
 - nombre de germes
 - coliformes

- par point
 - transparence
 - phytoplancton
 - zooplancton

3.2. Eaux des affluents :

Dans la règle, il est procédé aux déterminations suivantes :

- par échantillon
 - température de l'eau
 - turbidité
 - matières en suspension
 - pH
 - conductibilité
 - dureté totale
 - alcalinité
 - calcium
 - potassium
 - ammoniaque
 - nitrites
 - nitrate
 - chlorures
 - phosphore soluble
 - phosphore total
 - oxygène dissous
 - DBO₅
 - consommation de permanganate
 - détergents
 - hydrocarbures

3.3. Eaux du Léman, points "objectifs" :

- par échantillon
 - température de l'eau
 - pH
 - conductibilité
 - oxygène dissous
 - DBO₅
 - ammoniaque
 - nitrites
 - nitrates
 - phosphore soluble
 - phosphore total
 - dureté totale
 - alcalinité
 - calcium
 - potassium
 - fer soluble
 - fer total
 - chlorures
 - sulfates
 - consommation de permanganate
 - nombre de germes
 - coliformes
 - entérocoques
 - bactériophages, E.coli
 - bactériophages Shigella
 - bactériophages S. typhi
 - anaérobies sulfito-réduct.
 - hydrocarbures
 - détergents

- par point
 - transparence
 - phytoplancton
 - zooplancton

4. METHODES DE DETERMINATIONS ET D'ANALYSES

=====

- 4.1. Température : exprimée en degrés Centigrade
thermomètre à renversement
Thermistor
- 4.2. Transparence : exprimée en mètres
disque de Secchi
- 4.3. pH
se fait sur le bateau
détermination colorimétrique au rouge de crésol ajusté au pH8
(avec comparateur)
pas de correction de température à 25 °C
- 4.4. Conductivité : exprimée en mmS à 25 °C
Se fait en laboratoire à température ambiante
Utilisation des tables de Pleissner
- 4.5. Oxygène dissous : exprimé en mg/O₂/l
méthode de Winkler
- 4.6. Taux de saturation en O₂ : exprimé en %
calculé à partir des tables de Truesdale, modifiées par
Mortimer pour une pression moyenne de 730 Torr
- 4.7. Demande biochimique en O₂ exprimée en mg O₂/l
sans dilution pour les eaux du lac
oxygène dissous résiduel déterminé 120 heures après prélèvement,
conservé à l'obscurité à 20 °C ± 1 °C
avec dilution pour les eaux des affluents
- 4.8. Azote ammoniacal : exprimé en mg N/l
Eau filtrée au préalable
Méthode de Nessler
Comparateur ou spectrophotomètre
- 4.9. Nitrates : exprimés en mg N/l
Méthode au phenol-disulfonique ou
Réduction en NO₂ à l'appareil Technikon
- 4.10. Ortho-phosphates : exprimés en mg P/l
Méthode au bleu de molybdène avec chlorure stanneux comme réducteur
Technique Ambühl et Schmid (Revue suisse d'hydrologie, vol. 27,
fasc. 1, p. 172-183, 1965).
- 4.11 Nitrites : exprimés en mg N/l
Méthode de Griess
- 4.12. Phosphore total : exprimé en mg P/l
Méthode dérivée de Murphy et Hiley
Un laboratoire utilise la technique de Ambühl et Schmid
(même référence que précédemment)
- 4.13. Dureté totale : exprimée en mé/l
Titration au Complexon III
- 4.14. Alcalinité : exprimée en mé/l
Se détermine avec HCl 0,1 n
La titration se fait jusqu'à pH 4,5

- 4.15. Calcium : exprimé en mé/l
Complexon III et indicateur HHSNN
- 4.16. Magnésium : exprimé en mé/l
Différence entre dureté totale et calcium
- 4.17. Potassium : exprimé en mg K/l
Emission de flamme ou absorption atomique
- 4.18. Fer soluble : exprimé en mg F⁺⁺
Se détermine par colorimétrie à l'o-phénanthroline ou à l'x-x-dipyridyle sur eau filtrée
- 4.19. Fer total : exprimé en mg Fe⁺⁺
Se détermine comme pour le fer soluble, après minéralisation.
Méthode américaine de minéralisation au persulfate
- 4.20. Chlorures : exprimés en mg Cl/l
Méthode titrimétrique au nitrate mercurique ou colorimétrique au sulfocyanure mercurique
- 4.21. Sulfates : exprimés en mg SO₄/l
Méthode titrimétrique, avec passage de l'eau sur résine échangeuse de cations ou méthode turbidimétrique
- 4.22. Consommation de permanganate KMnO₄ : exprimé en mg O₂/l
Méthode acide à chaud
Facteur de conversion du KMnO₄ en O₂ : 0,2531
- 4.23. Détergents anioniques : exprimés en mg/l
Méthode au bleu de méthylène, avec une seule extraction
- 4.24. Hydrocarbures : exprimés en ppm (par par million)
Spectrophotomètre à infrarouge par extraction au tetrachlorure de carbone
Etalonnage avec huile de chauffage légère
- 4.25. Turbidité de l'eau : exprimée en unités internationales
Turbidimètre Sigris
- 4.26. Matières en suspension : exprimées en mg/l
Filtration sur membrane, diamètre des pores 0,8 µ
- 4.27. Coliformes
Membrane filtrante sur milieu Endo-agar
- 4.28. Entérocoques
Membrane filtrante sur milieu Enterococcus-agar
- 4.29. Plancton :
récolté au filet fin mailles 64 µ
récolté au filet grossier mailles 200 µ

5. CONCLUSIONS

=====

L'importance du lac Léman sur le plan de la santé publique et de l'économie est énorme. Que l'on rappelle seulement que plus de 700'000 habitants consomment et utilisent son eau conditionnée.

Les relations qui existent entre les divers maux dont souffre le Léman doivent être plus longuement élucidées. Ce sera la tâche de la Sous-Commission technique dans les prochaines années.

Il n'en reste pas moins qu'il existe des remèdes connus et efficaces. Certaines thérapeutiques ont fait leur preuve dans d'autres lacs et il faut les appliquer avant que le Léman ne soit atteint d'une sorte de "phtisie galopante". Il est nécessaire, par des interventions classiques sur les sources de pollution, de stopper dans une première phase l'évolution fâcheuse de la santé du Léman. Le but à atteindre n'est cependant pas seulement une stabilisation, mais une amélioration.

La nécessité de continuer à équiper le bassin lémanique en installations d'épuration traitant eaux usées domestiques et industrielles s'impose toujours et plus que jamais de façon impérieuse. Il est en outre indispensable de doter sans retard les nouvelles stations et celles existantes des dispositifs aptes à éliminer le phosphore.

Les atteintes à l'intégrité du lac ne sont pas seulement constituées par le déversement d'eaux usées ménagères ou industrielles. La consommation de plus en plus importante d'hydrocarbures a, comme corollaire, un accroissement des déversements accidentels de ces produits dans les eaux. La vigilance des autorités dans ce domaine doit être accentuée.

D'autres agressions se dessinent. Nous ne signalerons que l'utilisation de plus en plus répandue de toxiques qui parviennent aux eaux. Parmi eux sont à relever les pesticides, les algicides et herbicides que l'on voudrait utiliser dans le lac même.

Il est réjouissant de constater que l'importance du Léman devient perceptible dans tous les milieux. En effet, que ce soit par la presse reflétant l'opinion publique ou par la voix d'instituts et de chercheurs, on perçoit de plus en plus l'intérêt évident que suscitent les problèmes posés par notre lac. Ce fait est heureux parce que les autorités peuvent se sentir soutenues dans leurs efforts qu'elles devraient d'ailleurs mieux faire connaître.

L'état du lac Léman est alarmant ; cette réalité, cette dure vérité ne peut être masquée. Le Léman n'est cependant pas perdu. Nous pouvons le guérir. Il faudra toutefois payer un prix élevé, car ce n'est pas impunément qu'on l'a pollué pendant plusieurs décennies.

*
* *

S O M M A I R E

INTRODUCTION AUX RAPPORTS

G.-L. Huber, ingénieur civil et ingénieur sanitaire post-gradué

1. Introduction	p. 2
2. Points de prélèvements	3
3. Déterminations et analyses effectuées sur les échantillons	4
4. Méthodes de déterminations et d'analyses	6
5. Conclusions	8
I. RAPPORT SUR L'EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU LEMAN	
P. Révelly, ingénieur-chimiste	10
1. Transparence	11
2. Température	15
3. pH observé	21
4. Oxygène dissous	27
5. Taux de saturation en oxygène	37
6. Azote ammoniacal	42
7. Azote nitreux	49
8. Azote nitrique	56
9. L'azote minéral total	63
10. Phosphore total	64
11. Principes de calculs utilisés pour l'établissement des tableaux de valeurs	82
12. Conclusions	86
II. RAPPORT SUR L'ETUDE DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN	
P. Burkard, pharmacien-chimiste	90
1. Généralités	91
2. Résultats des analyses - étude des apports	98
3. Résumé des constatations et conclusions	182
III. RAPPORTS SUR LES ETUDES BIOLOGIQUES	186
Préambule	187
<u>Etude du phytoplancton du Petit Lac</u>	
E. Pongratz, ingénieur-chimiste	188
1. Points d'observations et de prélèvements	189
2. Méthodes	189
3. Etude des volumes de plancton recueillis	189
4. Transparence des eaux du Petit Lac	189
5. Volumes globaux de plancton pêché dans le Petit Lac	191
6. Etude quantitative des différentes espèces de plancton récolté dans le Petit Lac	192
7. Conclusions	197
<u>Etude du phytoplancton du Grand Lac, région Nord</u>	
G. Matthey, lic. ès sciences	204
Etude quantitative des différentes espèces de plancton récolté dans le nord du grand Lac.	205

<u>Etude du phytoplancton du Grand Lac, région Centre et Sud</u>	
P.J. Laurent, maître de recherches	p. 209
1. Etude des volumes de plancton après mise en sédimentation	210
2. Dénombrement des organismes	211
3. Etude qualitative des échantillons	212
4. Conclusions	214
Conclusions générales sur les études biologiques	220
 IV. RAPPORT SUR LES EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN	
R. Revaclier, adjoint au Service d'hydrobiologie, Genève	221
o. Introduction	222
1. Les germes totaux	225
2. Les coliformes	240
3. Discussion	247
4. Conclusions	250
5. Annexe	252
 BIBLIOGRAPHIE	 269

*
* *

COMMISSION INTERNATIONALE
POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LAC LEMAN
CONTRE LA POLLUTION

SOJS-COMMISSION TECHNIQUE

* * * * *

I. R A P P O R T
sur
L'EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DU LEMAN
Campagnes 1969-1970

par Pierre REVELLY
ingénieur - chimiste

Services Industriels de Lausanne
Service des eaux

1. TRANSPARENCE

La mesure de la transparence est fortement influencée par la présence de plancton. Celui-ci subit des poussées de croissance. Une mesure faite entre deux poussées, au début ou à la fin, ou au contraire au milieu d'une poussée peut être entachée d'une erreur plus ou moins importante. Aussi les valeurs indiquées pour la transparence de l'eau doivent-elles être acceptées avec une certaine réserve.

La transparence se modifie au cours de l'année. Cette évolution ne se produit pas toutes les années selon le même rythme, c'est pourquoi une comparaison des valeurs mensuelles d'une année à l'autre n'est-elle pas toujours significative.

Pris dans son ensemble, le Léman connaît en 1969 une baisse de transparence par rapport à 1968. Par contre, en 1970, la transparence s'améliore, sans toutefois récupérer entièrement par rapport à 1968.

Transparence moyenne

<u>1968</u>	7.4 m
<u>1969</u>	6.8 m
<u>1970</u>	7.0 m

Si l'on compare les mois à transparence élevée, on constate à ces époques-là les baisses les plus grandes, et on retrouve une tendance générale à une augmentation pour 1970.

	Février	Mars		Juin		Novembre	
	(Différence)						
<u>1968</u>	14.1		11.8		8.9		8.7
<u>1969</u>	10.9	(-3.2)	9.6	(-2,2)	6.7	(-2.2)	5.7 (-3.0)
<u>1970</u>	11.4	(+0.5)	10.7	(+1.1)	7.2	(+0.5)	7.9 (+2.1)

La transparence évolue différemment dans le Grand-Lac et dans le Petit-Lac. Dans le Grand-Lac, l'évolution correspond à celle de l'ensemble du Léman, avec une baisse en 1969 suivie d'une augmentation en 1970 et une valeur moyenne inférieure à celle de 1968. Dans le Petit-Lac, les moyennes de 1968 et 1969 sont très proches; en 1970 on enregistre une amélioration. Mis à part le début de l'année, les valeurs mesurées dans le Petit-Lac sont supérieures à celles mesurées dans le Grand-Lac.

	Transparence moyenne dans le Grand-Lac	Transparence moyenne dans le Petit-Lac
<u>1968</u>	7.4 m	7.3 m
<u>1969</u>	6.7 m	7.4 m
<u>1970</u>	7.0 m	7.8 m

Parmi les régions du Grand-Lac, le Haut-Lac enregistre une baisse de transparence de 1968 à 1970, peut-être pas très importante, mais qui n'en existe pas moins. Dans le Centre du Lac, on observe une diminution en 1969 et une certaine stagnation en 1970. En se rapprochant du Petit-Lac, on observe une amélioration de la transparence en 1969 et en 1970.

	Rive sud-orientale	Rive nord-orientale	Axe Vevey-St-Gingolph	Axe Ouchy-Evian	Axe Rolle-Thonon	Axe Nyon-Messery
<u>1968</u>	6.3	6.0	7.0	8.3	8.3	7.4
<u>1969</u>	6.5	5.3	6.1	7.6	7.5	7.8
<u>1970</u>	6.1	5.1	5.3	7.5	7.7	7.6

La transparence évolue très rapidement d'un mois à l'autre, d'une région à l'autre. Ce phénomène est inhérent au principe de mesure utilisé. Aussi les valeurs extrêmes ne sont-elles citées qu'à titre indicatif.

1968

1.6 m	CRG 21	Delta de la Dranse	septembre
22.0 m	SHL 2	Centre-Lac	février

1969

2.2 m	VD 3	Rivaz	mai
14.2 m	SHL 2	Centre-Lac	mars
	SHL 6	Evian	février et mars

1970

1.5 m	VS 3	Villeneuve	mai
15.0 m	SHL 2	Centre-Lac	mars
	SHL 6	Evian	février et mars

Conclusions

La mesure de la transparence est directement influencée par la présence de plancton. Aussi, pour permettre une comparaison valable d'une année à l'autre, faudrait-il disposer de beaucoup plus de valeurs qu'actuellement, une mesure mensuelle est nettement insuffisante.

Dans son ensemble, la transparence moyenne du Léman a diminué en 1969, puis augmenté en 1970, sans toutefois atteindre les valeurs mesurées en 1968. Si le Grand-Lac suit l'évolution de l'ensemble du Léman, la transparence du Petit-Lac, par contre, s'améliore année après année.

Transparence moyenne

		Rive sud orien- tale	Rive nord orien- tale	Axe Vevey- Saint- Gingol- ph	Axe Ouchy Evian	Axe Rolle Thonon	Axe Nyon Messery	Petit Lac	Grand Lac	Léman
Févr.	1968	-	11.1	12.7	17.1	16.0	12.3	11.3	14.8	14.1
	1969	-	9.9	11.0	13.2	10.4	11.3	9.6	11.3	10.9
	1970	-	-	-	13.2	13.0	10.2	8.6	13.6	11.4
Mars	1968	11.0	9.5	10.6	14.0	15.7	9.9	10.0	12.0	11.8
	1969	8.4	5.8	8.0	12.2	10.9	9.8	9.1	9.7	9.6
	1970	12.6	7.7	9.8	13.1	11.0	9.8	9.3	11.0	10.7
Mai	1968	2.8	2.7	2.2	3.1	2.5	2.8	2.7	2.6	2.6
	1969	8.1	3.0	5.6	4.7	3.5	3.3	3.4	4.4	4.3
	1970	1.8	1.6	1.7	2.6	3.3	4.4	5.0	2.2	2.8
Juin	1968	4.4	6.3	8.6	9.4	8.8	10.5	10.6	8.5	8.9
	1969	3.0	3.3	3.5	7.0	9.2	12.3	11.5	5.5	6.7
	1970	6.9	5.6	6.1	6.3	7.7	9.8	10.6	6.4	7.2
Juil.	1968	6.8	4.2	5.0	6.0	6.6	6.7	7.2	5.4	5.8
	1969	6.2	5.9	5.5	6.1	7.0	5.9	5.4	6.0	5.9
	1970	-	4.9	3.1	5.2	4.8	4.7	6.1	4.6	4.9
Août	1968	3.1	3.8	3.3	3.7	4.7	3.9	4.1	3.9	3.9
	1969	9.0	5.8	6.1	6.9	8.2	6.2	6.5	6.6	6.6
	1970	-	4.2	4.4	6.8	7.0	6.7	6.1	5.8	5.9
Sept.	1968	4.2	2.7	3.5	4.1	4.0	3.2	3.0	3.6	3.5
	1969	5.0	4.0	4.4	5.2	4.9	5.7	6.3	4.7	5.0
	1970	3.0	4.8	4.9	3.9	5.2	7.0	8.6	4.5	5.3
Nov.	1968	11.5	7.8	9.8	8.8	8.0	9.6	9.6	8.5	8.7
	1969	5.6	4.6	4.8	5.6	5.7	7.6	7.3	5.3	5.7
	1970	-	7.0	6.8	8.1	9.2	8.2	8.2	7.9	7.9
Moyenne	{ 1968	6.3	6.0	7.0	8.3	8.3	7.4	7.3	7.4	7.4
	{ 1969	6.5	5.3	6.1	7.6	7.5	7.8	7.4	6.7	6.8
	{ 1970	6.1	5.1	5.3	7.5	7.7	7.6	7.8	7.0	7.0

2. TEMPERATURE

En 1968, on assiste à une diminution des températures moyennes pour l'ensemble du lac par rapport aux années précédentes. Les années 1969 et 1970 confirment cette tendance. La moyenne mensuelle donne :

	Moyenne mensuelle (Technique des mélanges)		Moyenne mensuelle (Moyenne arithmétique)	
	0 - 50 m	0 - 300 m	0 - 50 m	0 - 300 m
<u>1968</u>	9.36	6.66	9.87	9.33
<u>1969</u>	8.97	6.50	9.67	9.20
<u>1970</u>	8.89	6.37	9.43	9.00

Au début de 1969, la température de l'eau est inférieure à la valeur correspondante de 1968. Tous les mois sont systématiquement plus froids, aussi bien dans la couche 0 - 50 m que dans la couche 0 - 300 m, sauf le mois d'août qui présente, en surface, une température spécialement élevée de 21.78°C.

En 1970, les températures de l'ensemble du lac sont jusqu'au mois de juin inférieures à celles de 1969. Au mois de juillet les valeurs sont plus élevées, alors qu'en août, elles sont à nouveau plus basses qu'en 1969, du fait de l'existence d'une zone relativement froide à une profondeur de 20 m. En septembre et en novembre, les valeurs moyennes se situent entre celles de 1968 et de 1969.

D'une façon générale, l'année 1969 a été régulièrement plus froide que l'année 1968, excepté le mois d'août. L'année 1970 a été plus froide que l'année 1969, sauf au début et à la fin de l'été.

Température à la surface du lac

En moyenne, l'eau à la surface du lac a été sensiblement plus chaude en 1969 et en 1970 qu'en 1968.

	Moyenne mensuelle à 0 m
<u>1968</u>	13.02°C.
<u>1969</u>	13.89
<u>1970</u>	13.89

En comparant mois après mois, on constate qu'au début de l'année, en 1969 et encore plus en 1970, la température est plus basse. A partir de juin, c'est l'inverse qui se produit : les températures en surface sont plus élevées qu'en 1968, et il faut attendre le mois de novembre pour retrouver des valeurs plus basses qu'en 1968. Les années 1969 et 1970 sont donc nettement plus contrastées que l'année 1968 : début et fin d'année plus froids, milieu, plus chaud.

Les valeurs maximum et minimum observées sont les suivantes :

<u>1968</u>	maximum	20.30 ⁰ C.	CRG 23	Canyon du Rhône	juillet
	minimum	4.50 ⁰ C.	GE 1	Rade de Genève	février
<u>1969</u>	maximum	24.00 ⁰ C.	VD 3	Rivaz	août
	minimum	1.45 ⁰ C.	VS 2	Le Bouveret	mars
<u>1970</u>	maximum	24.00 ⁰ C.	GE 1	Rade de Genève	juillet
	minimum	4.30 ⁰ C.	GE 1	"	février
			GE 2	Fosse de Bellerive	février

Température au fond du lac

L'examen des moyennes mensuelles peut amener à penser à un réchauffement du fond du lac.

	Moyenne mensuelle	à	300 m
	°C.		
<u>1968</u>	4.96		
<u>1969</u>	5.06		
<u>1970</u>	5.11		

Mais, vu qu'on effectue qu'une mesure mensuelle (Point SHL 2 Centre-Lac) il faut se garder d'une conclusion trop hâtive et attendre confirmation de ce fait.

On peut néanmoins citer les valeurs extrêmes :

		<u>°C.</u>	
<u>1968</u>	maximum	5.10	novembre
	minimum	4.80	juin
<u>1969</u>	maximum	5.20	juin et novembre
	minimum	4.90	juillet
<u>1970</u>	maximum	5.30	février
	minimum	4.90	mars

Bilan thermique

Il s'établit de la façon suivante :

	Mois	Température °C.	Ecart de température °C.	Gain de l'été Perte de l'hiver cal/cm ²
<u>1967</u>	Septembre	7.40	- 2.08	- 31'800
<u>1968</u>	Mars	5.32	+ 2.12	+ 32'400
	Septembre	7.44	- 2.26	- 34'500
<u>1969</u>	Février	5.18	+ 2.29	+ 35'000
	Août	7.47	- 2.41	- 36'800
<u>1970</u>	Février	5.06	+ 2.30	+ 35'100
	Juillet	7.36	- 0.67	- 10'200
	Novembre	6.69		

Conclusions

Les années 1969 et 1970 sont caractérisées par des débuts et des fins d'année froids et une période estivale relativement chaude. Les saisons sont donc beaucoup plus contrastées qu'en 1968, ce qui ne peut qu'être favorable à l'équilibre biologique du lac. La température moyenne de 1969 est inférieure à celle de 1968; la température moyenne de 1970 est inférieure à celle de 1969. Peut-on déjà parler de refroidissement du Léman ? Les observations des prochaines années, au cours desquelles les prélèvements seront plus nombreux, permettront peut-être de préciser ce point.

TEMPERATURE MOYENNE

=====

(Technique des mélanges)

°C.

	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Janvier	-	-	-	-	5.28	5.28
Février	5.41	5.38	5.18	5.18	4.81	5.06
Mars	5.53	5.32	5.36	5.27	5.20	5.07
Avril	-	-	-	-	5.63	5.31
Mai	8.47	6.38	8.29	6.33	7.37	5.85
Juin	10.28	6.94	9.60	6.75	9.95	6.65
Juillet	11.09	7.21	10.74	7.07	11.74	7.36
Août	11.60	7.38	11.96	7.47	11.21	7.08
Septembre	11.72	7.44	11.07	7.14	11.34	7.21
Octobre	-	-	-	-	10.74	7.02
Novembre	10.80	7.26	9.59	6.80	9.49	6.69
Décembre	-	-	-	-	7.79	6.22
Moyenne (8 mois)	9.36	6.66	8.97	6.50	8.89	6.37
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	8.38	6.23

TEMPERATURE MOYENNE

(Moyenne arithmétique)

°C.

	<u>1968</u>				<u>1969</u>				<u>1970</u>			
	0	300	0-50	0-300	0	300	0-50	0-300	0	300	0-50	0-300
F.	5.46	4.90	5.45	5.44	5.16	5.10	5.19	5.19	4.76	5.30	4.83	4.88
M.	5.61	5.00	5.55	5.52	5.61	5.10	5.41	5.40	5.29	4.90	5.19	5.17
M.	11.90	5.00	8.60	8.20	14.43	4.90	8.59	8.20	9.40	5.00	7.49	7.34
J.	14.65	4.80	10.49	9.86	15.52	5.20	10.00	9.71	18.81	5.20	10.23	9.91
J.	18.07	5.00	11.99	11.27	18.57	4.90	11.57	10.83	21.81	5.20	12.67	12.12
A.	18.18	4.90	12.38	11.55	21.78	5.00	13.14	12.18	21.09	5.20	12.50	11.98
S.	17.68	5.00	12.26	11.41	18.82	5.10	12.20	11.38	19.20	5.10	12.24	11.37
N.	12.61	5.10	10.81	10.38	11.22	5.20	9.70	9.26	10.78	5.00	9.60	9.02
Moyenne	13.02	4.96	9.87	9.33	13.89	5.06	9.67	9.20	13.89	5.11	9.43	9.00

3. p H O B S E R V E

Le pH observé est une grandeur qui n'évolue pratiquement pas d'une année à l'autre, tout au moins les moyennes calculées sur l'ensemble de l'année.

A la fin de l'hiver, on constate une augmentation de pH. Le maximum est atteint en été, puis, en automne, il se produit un abaissement.

Le pH varie en sens inverse de la profondeur, il diminue quand la profondeur augmente.

La comparaison par rapport à 1968 des moyennes mensuelles calculées pour les années 1969 et 1970 fait apparaître un écart maximum de 0.1 pH; pour les moyennes par profondeur, l'écart est de 0.15 pH. Les valeurs pour 1969 et 1970 sont tantôt plus élevées, tantôt plus faibles que celles de 1968. Aussi ne peut-on parler de différence significative et de modification dans un sens ou dans l'autre.

	Moyenne 0 - 300 m (Technique des mélanges)	Moyenne 0 - 300 m (Moyenne arithmétique)
<u>1968</u>	7.66	7.81
<u>1969</u>	7.63	7.82
<u>1970</u>	7.67	7.84

Evolution dans le Grand-Lac

Le Grand-Lac suit évidemment l'évolution de l'ensemble du Léman, mais les écarts entre les années 1968, 1969 et 1970 sont parfois un peu plus importants. En 1969, les pH sont un peu plus élevés qu'en 1968 jusqu'à 50 m de profondeur; en dessous, ils sont un peu plus faibles. En 1970, les valeurs de pH jusqu'à 50 m sont inférieures à celles de 1969, mais un peu supérieures et très proches de celles de 1968; entre 50 et 250 m, elles sont plus petites que celles de 1968; à 250 m et 300 m, elles sont plus élevées qu'en 1968 et s'en écartent sensiblement. En moyenne, le pH du Grand-Lac, comparé à 1968, augmente en 1969 et diminue en 1970, mais de manière assez faible.

	<u>Grand-Lac</u>		(Moyenne arithmétique)		
	0 m	50	0 - 50	300	0 - 300
<u>1968</u>	8.04	7.55	7.74	7.45	7.72
<u>1969</u>	8.14	7.62	7.83	7.37	7.79
<u>1970</u>	8.05	7.59	7.79	7.58	7.76

Evolution dans le Petit-Lac

En 1969, le Petit-Lac subit à toutes les profondeurs une baisse marquée de pH par rapport à 1968, l'écart augmentant avec la profondeur. En 1970, les valeurs de pH sont sensiblement supérieures à celles de 1969, toutefois sans atteindre celles de 1968, sauf en surface. En moyenne le pH du Petit-Lac a diminué en 1969 et augmenté en 1970.

	<u>Petit-Lac</u>		(Moyenne arithmétique)
	0 m	50	0 - 50
<u>1968</u>	8.30	8.02	8.19
<u>1969</u>	8.12	7.70	7.92
<u>1970</u>	8.34	7.95	8.12

Fond du Lac

Une comparaison des pH mesurés à 300 m fait ressortir d'un mois à l'autre et entre deux années successives des différences importantes, dont l'origine tient peut-être à des difficultés de mesure ou au fait qu'un seul prélèvement est effectué chaque mois à cette profondeur. Si les valeurs mesurées sont réelles, il faut admettre qu'en 1969 le pH au fond du lac subit une baisse par rapport à 1968, atteignant même, au mois de novembre, un minimum absolu de 7.20; toutes les valeurs mensuelles, excepté celles de février et d'août, sont inférieures à celles de 1968. En 1970, par contre, toutes les valeurs de pH mesurées à 300 m sont supérieures à celles de 1969 et souvent même à celles de 1968; on assiste donc à une très sensible élévation du pH.

pH observé à 300 m

<u>1968</u>	7.45
<u>1969</u>	7.37
<u>1970</u>	7.58

Valeurs extrêmes

Si les valeurs moyennes fluctuent relativement peu, il n'en est pas de même des valeurs extrêmes qui sont très différentes les unes des autres. On les observe dans le Haut-Lac et dans le Petit-Lac, les maxima pendant la saison chaude, les minima au printemps.

pH observé - Valeurs extrêmes

		<u>1968</u>		
Maximum	8.80	GE 3	Fosse de Chevrens	5 m en septembre
		GE 3	"	10 m "
		GE 4	Fosse de Nyon	5 m août
Minimum	6.70	VS 4	St-Gingolph	50 m mai
		<u>1969</u>		
Maximum	9.40	VS 2	Le Bouveret	5 m août
		VS 4	St-Gingolph	5 m août
Minimum	7.10	VS 2	Le Bouveret	5 m mars
		<u>1970</u>		
Maximum	8.90	GE 1	Rade de Genève	0 m juillet
		GE 2	Fosse de Bellevue	0 m juillet
		GE 3	Fosse de Chevrens	5 m juillet
		GE 4	Fosse de Nyon	0 m juillet
Minimum	7.00	VS 2	Le Bouveret	30 m mars

pH observé

(Moyenne arithmétique)

Mois	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	0-50	0-300	300	0-50	0-300	300	0-50	0-300	300
Févr.	7.76	7.74	7.40	7.75	7.75	7.65	7.86	7.84	7.70
Mars	7.71	7.72	7.65	7.70	7.70	7.50	7.69	7.69	7.70
Mai	7.89	7.86	7.40	7.92	7.87	7.30	7.89	7.87	7.60
Juin	7.89	7.85	7.60	7.93	7.90	7.30	7.88	7.86	7.60
Juil.	7.86	7.83	7.60	7.97	7.91	7.30	7.92	7.86	7.60
Août	7.89	7.83	7.25	7.94	7.89	7.40	7.93	7.91	7.50
Sept.	7.89	7.85	7.30	7.85	7.81	7.30	7.90	7.85	7.30
Nov.	7.80	7.78	7.40	7.72	7.69	7.20	7.90	7.84	7.60
Moyenne	7.84	7.81	7.45	7.85	7.82	7.37	7.87	7.84	7.58

pH observé

=====

(Moyenne arithmétique)

Pro- fon- deur en m.	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman
0	8.30	8.04	8.11	8.12	8.14	8.13	8.34	8.05	8.13
5	8.39	7.92	8.02	8.17	8.11	8.13	8.30	8.02	8.09
10	8.27	7.90	7.97	8.04	7.92	7.94	8.17	7.88	7.94
20	8.23	7.65	7.78	7.90	7.71	7.75	8.13	7.73	7.83
30	8.05	7.57	7.69	7.76	7.65	7.68	7.97	7.64	7.73
40	8.06	7.53	7.67	7.74	7.63	7.66	7.94	7.62	7.71
50	8.02	7.55	7.63	7.70	7.62	7.63	7.95	7.59	7.65
0-50	8.19	7.74	7.84	7.92	7.83	7.85	8.12	7.79	7.87
100		7.68	7.68		7.66	7.66		7.62	7.62
150		7.64	7.64		7.61	7.61		7.61	7.61
200		7.56	7.56		7.54	7.54		7.55	7.55
250		7.49	7.49		7.40	7.40		7.64	7.64
300		7.45	7.45		7.37	7.37		7.58	7.58
0-300		7.72	7.81		7.79	7.82		7.76	7.84

pH observé

=====

au point SHL 2 Centre Lac

mois	<u>1968</u>				<u>1969</u>				<u>1970</u>			
	20	50	150	300	20	50	150	300	20	50	150	300
Févr.	7.70	7.70	7.60	7.40	7.70	7.70	7.70	7.65	7.70	7.70	7.70	7.70
Mars	7.85	7.80	7.70	7.65	7.70	7.70	7.60	7.50	7.70	7.70	7.70	7.70
Mai	-	7.70	7.70	7.40	7.80	7.70	7.60	7.30	7.90	7.70	7.65	7.60
Juin	7.80	7.70	7.60	7.60	7.70	7.60	7.50	7.30	7.70	7.70	7.65	7.60
Juil.	7.85	7.70	7.65	7.60	7.80	7.50	7.45	7.30	7.90	7.70	7.60	7.60
Août	7.90	7.60	7.60	7.25	7.70	7.60	7.60	7.40	7.70	7.70	7.70	7.50
Sept.	7.75	7.60	7.60	7.30	7.70	7.70	7.60	7.30	7.70	7.60	7.60	7.30
Nov.	7.60	7.40	7.60	7.40	7.80	7.60	7.50	7.20	8.10	7.70	7.70	7.60
Moyen- ne	7.78	7.65	7.63	7.45	7.74	7.64	7.57	7.37	7.80	7.69	7.66	7.58

4. O X Y G E N E D I S S O U S

Ces années passées, la concentration en oxygène dissous a diminué progressivement. En 1968, on atteint les valeurs les plus basses enregistrées jusqu'ici. Aussi l'évolution de cette grandeur au cours des années 1969 et 1970 présente-t-elle un intérêt évident.

D'une façon générale, on constate un appauvrissement progressif en oxygène dissous du printemps à l'automne, l'année 1970 étant un peu irrégulière. Lorsqu'on s'enfonce dans les couches profondes du lac, il y a diminution de la teneur en oxygène.

Comparaison entre les années 1968 - 1969 - 1970

Si 1968 connaît un abaissement de concentration par rapport aux années précédentes, 1969 se révèle encore plus grave. En effet, non seulement les couches profondes du lac s'appauvrissent de plus en plus en oxygène, mais les couches superficielles sont touchées à leur tour, que l'on compare les moyennes mensuelles ou la moyenne calculée sur l'ensemble de l'année; la moyenne obtenue par la technique des mélanges fait encore mieux ressortir l'écart entre les deux années.

	Concentration moyenne mg O ₂ /l.			
	Technique des mélanges		Moyenne arithmétique	
	0 - 50	0 - 300	0 - 50	0 - 300
<u>1968</u>	10.42	9.36	10.36	10.17
<u>1969</u>	10.19	8.85	10.34	10.08

L'année 1970 est beaucoup plus complexe. Les couches profondes du lac sont sensiblement plus riches en oxygène dissous qu'en 1969 et même qu'en 1968. Mais, comme les couches superficielles sont un peu plus pauvres qu'en 1969, la moyenne arithmétique fait apparaître une diminution de concentration par rapport à 1969. Le calcul par la technique des mélanges qui, s'il est une approximation, n'en donne pas moins une meilleure image de la réalité, fait ressortir pour l'ensemble du lac une moyenne supérieure à 1969.

<u>1970</u>	10.03	9.04	9.94	9.71
-------------	-------	------	------	------

Il est encore beaucoup trop tôt pour affirmer que le lac est sauvé et qu'on aborde une période au cours de laquelle l'oxygène dissous va aller en augmentant. Il faut attendre les résultats des prochaines années pour se prononcer. Peut-être ne s'agit-il que d'un palier. Mais un fait est particulièrement réjouissant : c'est l'amélioration importante dans les couches profondes du lac.

La comparaison des pertes d'oxygène pendant l'été et des gains pendant l'hiver fait apparaître un déficit qui est trop important pour qu'on puisse espérer un changement rapide.

Consommation pendant l'été		Gain pendant l'hiver	
<u>1968</u>	: 1.64 mg O ₂ /l.	1968 - 1969	: 1.04 mg O ₂ /l.
<u>1969</u>	: 1.55	1969 - 1970	: 1.70
<u>1970</u>	: 3.22		

Tonnages moyens

Le calcul des tonnages moyens confirme l'évolution des concentrations : baisse durant l'année 1969 par rapport à 1968, puis augmentation en 1970. La moyenne des tonnages mensuels donne :

	Tonnes oxagène		
	0 - 50 m	0 - 300 m	%
<u>1968</u>	272 000	832 000	33
<u>1969</u>	266 000	787 000	34
<u>1970</u>	262 000	804 000	33

Le lac perd 45 000 tonnes d'oxygène de 1968 à 1969, mais il en gagne 17 000 tonnes de 1969 à 1970. Le déficit pour les années 1968 à 1970 est donc de 28 000 tonnes.

Les pertes pendant la saison chaude sont :

été 1968	146 000 tonnes
été 1969	138 000 "
été 1970	287 000 "

Conclusions

Pour l'ensemble du lac, le pH n'évolue pas de façon significative durant les années 1969 et 1970.

La faible hausse enregistrée dans le Grand-Lac en 1969 est compensée par une baisse dans le Petit-Lac. L'inverse se produit en 1970, la baisse dans le Grand-Lac est compensée par la hausse dans le Petit-Lac.

Le Petit-Lac est beaucoup plus sensible aux variations de pH que le Grand-Lac.

Dans le fond du lac, à la baisse de 1969 succède une élévation en 1970, le pH à 300 m est supérieur à la valeur observée en 1968.

et les gains de l'hiver :

hiver 1968 - 1969	93 000 tonnes
hiver 1969 - 1970	151 000 tonnes

La comparaison des tonnages moyens permet de constater que la couche 0 - 50 m, représentant les trois dixième du volume total du Léman, renferme environ le tiers de la quantité totale d'oxygène dissous, aussi bien en 1968, 1969 qu'en 1970. Ce rapport est relativement stable au cours de l'année.

Evolution dans les couches profondes du lac

A 150 m, la moyenne de la concentration en oxygène dissous pour 1969 et 1970 diminue sensiblement par rapport à 1968, alors que les valeurs mensuelles pour 1969 sont pratiquement toujours inférieures à 1968, et celles pour 1970, parfois inférieures parfois supérieures à 1969, mais toujours inférieures à 1968.

A la profondeur de 200 m, la concentration moyenne pour 1969 est inférieure à 1968, tandis que la concentration pour 1970 est supérieure à 1969. Les moyennes mensuelles pour 1969 sont toujours inférieures à 1968, les concentrations pour 1970 toujours supérieures, excepté juillet et septembre.

A 250 m, la concentration moyenne pour 1969 reste inférieure à 1968. Pour 1970, la concentration est nettement supérieure (1.70 mg O₂/l.) à 1968. Les moyennes mensuelles pour les mois de mars et novembre 1969 sont supérieures aux concentrations correspondantes pour 1968, les autres concentrations sont inférieures. Les concentrations mensuelles pour 1970 sont toutes supérieures à celles de 1968, sauf celles pour février et août.

A 300 m, on atteint avec l'année 1969 des valeurs minima encore jamais observées, excepté pour le mois de novembre, aussi bien pour la moyenne que pour les valeurs mensuelles. Au mois de septembre 1969, on enregistre même une concentration de 1.05 mg O₂/l. En 1970, on assiste heureusement à un renversement de situation : la moyenne et les valeurs mensuelles sont toutes supérieures à 1968, sauf pour le mois de février.

	Concentration à 300 m mg O ₂ /l.								
	Moyenne	Févr.	Mars	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Nov.
<u>1968</u>	4.07	4.70	5.44	4.34	4.98	3.88	3.65	2.91	2.68
<u>1969</u>	3.10	4.13	4.10	4.06	3.28	2.55	2.26	1.05	4.09
<u>1970</u>	6.93	4.02	10.46	8.48	7.73	6.43	9.06	4.55	4.69

	Valeurs extrêmes à 300 m	mg O ₂ /l.
	minimum	maximum
<u>1968</u>	2.68	5.44
<u>1969</u>	1.05	4.13
<u>1970</u>	4.02	10.46

Comparaison entre le Grand-Lac et le Petit-Lac

La comparaison des concentrations observées dans le Grand-Lac et dans le Petit-Lac est à l'avantage de celui-ci, aussi bien pour la moyenne 0 - 50 m que pour les valeurs individuelles. L'évolution dans le Petit-Lac est assez peu importante d'une année à l'autre, bien que l'on enregistre une tendance à la baisse.

	Concentration 0 - 50 m	en mg O ₂ /l.
	<u>Petit-Lac</u>	<u>Grand-Lac</u>
<u>1968</u>	10.58	10.30
<u>1969</u>	10.53	10.29
<u>1970</u>	10.33	9.82

Conclusions

Les résultats obtenus en 1969 montrent que les concentrations en oxygène dissous s'affaiblissent de plus en plus. Cette diminution, sensible à tous les niveaux du lac, est encore plus marquée dans les couches profondes. Il existe un déficit important entre les besoins du Léman et l'apport hivernal, déficit de l'ordre de quelques dizaines de milliers de tonnes. Dans les couches profondes, on atteint les valeurs les plus basses mesurées jusqu'ici : 1.05 mg O₂/l. et les phénomènes de putréfaction vont bientôt commencer. Si en 1970 une diminution dans les couches supérieures se manifeste encore, les couches profondes au contraire sont passablement plus riches. Le déséquilibre entre les différentes couches tend à se réduire quelque peu. On est dans l'expectative : se trouve-t-on sur un palier avant une nouvelle diminution ou au contraire entre-t-on dans une période qui va voir le Léman aller s'oxygénant ? Il faut attendre les valeurs de 1971 pour se prononcer.

OXYGENE DISSOUS

=====

Concentration moyenne en mg O₂ / l.

(Technique des mélanges)

	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0 - 50	0 - 300	0 - 50	0 - 300	0 - 50	0-300
Janvier	-	-	-	-	10.51	9.14
Février	11.13	9.77	10.78	9.12	10.78	9.57
Mars	11.31	10.21	10.81	9.61	10.52	10.13
Avril	-	-	-	-	11.37	10.65
Mai	11.75	9.79	11.71	9.58	11.54	10.13
Juin	10.64	9.54	10.69	8.85	10.54	9.86
Juillet	10.15	9.21	9.96	8.74	8.54	7.25
Août	9.76	8.95	9.18	8.37	10.08	9.36
Septembre	9.50	8.82	8.96	8.06	8.09	6.91
Octobre	-	-	-	-	9.53	9.12
Novembre	9.13	8.57	9.45	8.43	10.13	9.08
Décembre	-	-	-	-	10.24	9.48
Moyenne (8 mois)	10.42	9.36	10.19	8.85	10.03	9.04
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	10.16	9.22

OXYGENE DISSOUS

=====

Concentration moyenne en mg O₂ / l.

(Moyenne arithmétique)

	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	o - 5o	o - 3oo	o - 5o	o - 3oo	o - 5o	o - 3oo
Février	11.00	10.70	10.81	10.58	10.81	10.48
Mars	11.19	10.99	10.86	10.64	10.54	10.45
Mai	11.78	11.36	12.00	11.57	11.62	11.47
Juin	10.52	10.33	10.80	10.58	10.57	10.48
Juillet	10.16	10.00	10.11	9.88	8.91	8.51
Août	9.90	9.74	9.60	9.38	10.18	10.09
Sept.	9.63	9.50	9.26	9.05	8.34	8.02
Novembre	9.03	8.96	9.49	9.28	9.66	9.50
Moyenne	10.36	10.17	10.34	10.08	9.94	9.71

OXYGENE DISSOUS

=====

Concentration moyenne en mg O₂/l.

(Moyenne arithmétique)

Pro- fon- deur en m.	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman
0	11.00	10.96	10.97	11.21	10.97	11.03	10.80	10.37	10.49
5	11.17	10.81	10.89	11.33	11.38	11.37	11.15	11.08	11.10
10	10.85	10.44	10.52	10.80	10.51	10.57	10.17	9.81	9.89
20	10.29	9.83	9.93	10.34	9.81	9.91	10.24	9.48	9.65
30	10.25	9.88	9.97	10.16	9.93	9.98	10.05	9.50	9.63
40	10.20	10.02	10.06	10.02	9.94	9.96	9.89	9.47	9.58
50	10.36	10.21	10.23	9.97	9.87	9.89	10.12	9.46	9.58
0-50	10.58	10.30	10.36	10.53	10.29	10.34	10.33	9.82	9.94
100		10.17	10.17		9.40	9.40		8.27	8.27
150		9.44	9.44		8.78	8.78		8.08	8.08
200		7.89	7.89		7.17	7.17		7.30	7.30
250		6.45	6.45		5.93	5.93		8.15	8.15
300		4.07	4.07		3.19	3.19		6.93	6.93
0-300		10.08	10.17		9.95	10.08		9.55	9.71

OXYGENE DISSOUS

=====

Concentration moyenne en mg/l.

(Moyenne arithmétique)

<u>m.</u>	Moyenne annuelle	Févr.	Mars	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Nov.	
	1968	9.44	9.43	10.69	9.29	9.59	9.40	9.00	9.17	8.92
<u>150</u>	1969	8.78	9.39	9.82	9.12	8.45	8.90	8.68	8.02	8.09
	1970	8.08	8.31	9.88	9.34	9.23	6.36	9.38	6.10	8.68
	1968	7.89	7.90	8.63	7.83	7.75	8.01	7.49	7.64	7.90
<u>200</u>	1969	7.17	6.26	8.11	7.62	7.15	7.22	6.97	6.59	6.86
	1970	7.30	9.98	8.87	9.45	9.53	5.23	9.43	5.14	8.12
	1968	6.45	6.87	6.83	6.34	6.76	6.06	6.39	6.21	6.16
<u>250</u>	1969	5.93	4.86	6.92	5.95	5.36	5.53	5.42	5.88	7.53
	1970	8.15	6.08	10.48	8.55	9.19	9.04	5.18	8.48	8.20
	1968	4.07	4.70	5.44	4.34	4.98	3.88	3.65	2.91	2.68
<u>300</u>	1969	3.19	4.13	4.10	4.06	3.28	2.55	2.26	1.05	4.09
	1970	6.93	4.02	10.46	8.48	7.73	6.43	9.06	4.55	4.69

OXYGENE DISSOUS

=====

Tonnages moyens

Mois	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	o-5o	o.3oo	%	o-5o	o-3oo	%	o-5o	o-3oo	%
Janv.	-	-	-	-	-	-	274000	813000	34
Févr.	290000	869000	33	281000	811000	35	281000	851000	33
Mars	295000	908000	32	282000	855000	33	274000	901000	30
Avril	-	-	-	-	-	-	296000	947000	31
Mai	306000	871000	35	305000	852000	36	301000	901000	33
Juin	277000	848000	33	279000	787000	35	275000	877000	31
Juil.	264000	819000	32	260000	777000	33	223000	645000	35
Août	254000	796000	32	239000	744000	32	263000	832000	32
Sept.	248000	784000	32	233000	717000	32	211000	614000	34
Oct.	-	-	-	-	-	-	248000	811000	31
Nov.	238000	762000	31	246000	750000	33	264000	807000	33
Déc.	-	-	-	-	-	-	267000	843000	32
Moyenne (8 mois)	272000	832000	33	266000	787000	34	262000	804000	33
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	-	-	265000	820000	32

5. TAUX DE SATURATION EN OXYGENE

L'évolution du taux de saturation suit évidemment l'évolution de la concentration en oxygène dissous. Les faibles valeurs du taux de saturation dans les couches profondes permettent de mieux saisir l'ampleur de l'appauvrissement en oxygène pour les années 1968 et 1969. L'amélioration pour 1970 ressort particulièrement bien.

	Taux de saturation en %	
	<u>100 m</u>	<u>300 m</u>
<u>1968</u>	87.3	34.3
<u>1969</u>	80.7	27.0
<u>1970</u>	75.5	58.6

OXYGENE DISSOUS

=====

Taux de saturation moyen en %
(Technique des mélanges)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Janvier	-	-	-	-	89.3	77.7
Février	93.7	83.0	91.6	77.4	90.4	80.3
Mars	95.7	86.9	92.3	81.8	89.3	85.6
Avril	-	-	-	-	97.5	90.6
Mai	107.7	85.7	108.8	84.5	103.7	87.7
Juin	101.1	84.7	101.9	79.1	100.4	87.0
Juillet	98.5	82.4	97.6	78.6	104.7	88.4
Août	95.9	80.4	92.0	75.7	99.7	83.8
Septembre	93.6	79.7	88.0	72.4	80.2	62.4
Octobre	-	-	-	-	92.6	81.2
Novembre	87.7	76.5	89.8	74.2	91.0	78.5
Décembre	-	-	-	-	92.7	82.7
Moyenne (8 mois)	96.7	82.4	95.3	78.0	94.9	81.7
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	94,3	82.2

OXYGENE DISSOUS

=====

Taux de saturation moyen en %

(Moyenne arithmétique)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Février	93.8	91.3	91.8	89.9	90.7	87.9
Mars	95.8	94.0	92.6	90.7	89.4	88.6
Mai	109.6	104.5	111.8	106.8	104.6	103.0
Juin	101.0	97.9	103.8	101.2	101.4	99.9
Juillet	101.0	98.0	100.3	96.5	109.4	107.0
Août	99.8	96.5	98.5	94.5	103.5	101.4
Septembre	97.1	94.3	92.7	89.1	83.9	79.4
Novembre	87.7	86.3	90.4	87.8	91.4	88.8
Moyenne	98.3	95.5	97.8	94.6	95.8	93.2

OXYGENE DISSOUS

Taux de saturation moyen en %

(Moyenne arithmétique)

Profon- deur en m.	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman
0	109.4	112.8	112.0	114.2	115.7	115.3	112.3	111.5	111.7
5	108.5	109.2	109.0	111.6	117.1	115.9	110.1	114.0	113.1
10	105.0	103.9	104.1	103.8	104.1	104.0	98.2	99.4	99.1
20	97.2	94.1	94.8	94.6	91.1	91.8	95.2	91.0	91.9
30	94.9	90.3	91.4	90.2	89.4	89.6	91.5	87.2	88.3
40	91.5	88.9	89.5	87.6	87.8	87.7	87.5	85.4	85.9
50	89.9	89.0	89.2	85.0	86.3	86.1	87.3	84.7	85.2
0-50	99.6	97.9	98.3	98.0	97.7	97.8	97.4	95.2	95.8
100		87.3	87.3		80.7	80.7		75.5	75.5
150		80.5	80.5		74.8	74.8		72.5	72.5
200		67.5	67.5		61.1	61.1		67.0	67.0
250		54.5	54.5		50.3	50.3		69.0	69.0
300		34.3	34.3		27.0	27.0		58.6	58.6
0-300		94.5	95.5		93.8	94.6		92.0	93.2

OXYGENE DISSOUS

=====

Taux de saturation moyen en %

(Moyenne arithmétique)

<u>m</u>		Moyenne annuelle	Févr.	Mars	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Nov.
	1968	80.5	80.5	90.7	78.1	81.7	80.2	76.9	79.7	76.2
<u>150</u>	1969	74.8	79.4	83.4	77.7	72.3	75.9	74.2	68.5	65.7
	1970	72.5	68.1	83.3	79.0	78.3	83.1	79.6	51.9	73.6
	1968	67.5	67.1	75.3	66.5	65.9	68.3	63.7	66.2	67.3
<u>200</u>	1969	61.1	53.0	68.9	64.9	60.6	61.5	59.5	56.2	57.7
	1970	67.0	84.6	75.0	79.9	80.6	77.5	80.0	43.7	68.8
	1968	54.5	57.8	57.8	53.6	56.7	51.1	54.1	52.5	52.2
<u>250</u>	1969	50.3	41.1	58.5	50.5	45.5	46.9	46.0	50.1	64.0
	1970	69.0	51.6	88.4	72.3	77.9	76.7	44.0	71.9	69.2
	1968	34.3	39.6	45.9	36.6	41.8	32.7	30.7	24.5	22.7
<u>300</u>	1969	27.0	34.9	34.7	34.2	27.8	21.5	19.1	8.9	34.7
	1970	58.6	34.1	88.0	71.6	65.6	54.5	76.8	38.5	39.6

6. A Z O T E A M M O N I A C A L

Le dosage des faibles quantités d'ammoniaque est délicat. Les conditions d'analyse : atmosphère du laboratoire, propreté des récipients, délai écoulé avant le dosage, etc., influencent fortement les résultats. Aussi convient-il, lorsque l'analyse révèle la présence d'ammoniaque en quantité de l'ordre de quelques gammas, d'être particulièrement prudent dans l'interprétation des résultats. Il n'en demeure pas moins que suivre l'évolution des concentrations en ammoniaque est d'un intérêt certain.

On constate généralement, au cours de l'année, la présence de 2 maxima, l'un au début, l'autre vers la fin de l'été. Les mois correspondant aux valeurs maxima varient d'une année à l'autre. Ces variations sont probablement liées à l'évolution du plancton. Pour l'ensemble du lac, les concentrations mensuelles ont une grande irrégularité; les valeurs extrêmes peuvent passer, au cours de l'année, de 1 à 7. La concentration en ammoniaque varie en sens inverse de la profondeur, elle diminue quand la profondeur augmente.

Comparaison entre les années 1968, 1969 et 1970

Les concentrations moyennes pour 1968 et pour 1969 sont très proches. Les moyennes des mois correspondants sont par contre très différentes, ce qui peut s'expliquer par un décalage de l'évolution des concentrations. La couche superficielle comme la couche profonde ne s'est pas sensiblement modifiée en 1969 par rapport à 1968.

Concentration moyenne en mg N/l.

	Technique des mélanges		Moyenne arithmétique	
	0 - 50	0 - 300	0 - 50	0 - 300
<u>1968</u>	0.010	0.007	0.011	0.010
<u>1969</u>	0.012	0.006	0.013	0.013

Pour 1970, la moyenne annuelle pour l'ensemble du lac est pratiquement la même que pour 1968 et 1969. Dans la couche superficielle, par contre, la moyenne annuelle est un peu plus élevée, et les concentrations maxima sont plus importantes qu'en 1968 et 1969.

<u>1970</u>	0.016	0.007	0.018	0.016
-------------	-------	-------	-------	-------

Les tonnages mensuels présentent des variations considérables, encore plus marquées pour 1970 que pour 1969. Les moyennes annuelles mettent en évidence une diminution du tonnage pour 1969, et une augmentation pour 1970, cette dernière valeur est toutefois inférieure à 1968.

Tonnages mensuels moyens
Tonnes/mois

	0 - 50 m	0 - 300 m	%
<u>1968</u>	264	634	43
<u>1969</u>	319	545	59
<u>1970</u>	410	578	68

Les couches superficielles du lac s'enrichissent de plus en plus en ammoniac, les couches profondes, elles, s'appauvrissent.

Comparaison entre le Grand-Lac et le Petit-Lac

D'une façon générale, le Petit-Lac est beaucoup plus riche en ammoniac et pratiquement à toutes les profondeurs. La concentration moyenne pour 1969 est stable dans le Petit-Lac alors qu'elle augmente dans le Grand-Lac. En 1970, par contre, la teneur en ammoniac augmente brusquement dans le Petit-Lac, doublant presque, alors qu'elle subit une stagnation dans le Grand-Lac.

Concentration en azote ammoniacal
dans la couche 0 - 50 m
mg N/l.

	<u>Petit-Lac</u>	<u>Grand-Lac</u>
<u>1968</u>	0.024	0.007
<u>1969</u>	0.024	0.010
<u>1970</u>	0.041	0.010

Variation en profondeur

On assiste au cours des années 1969 et 1970 à une diminution de la concentration en ammoniacque avec la profondeur, et le fond du lac s'appauvrit.

Concentration en azote ammoniacal

mg N/l.

(Moyenne arithmétique)

	<u>0 - 50 m</u>	<u>100 - 300 m</u>
<u>1968</u>	0.011	0.005
<u>1969</u>	0.013	0.004
<u>1970</u>	0.018	0.002

La fréquence des dosages d'ammoniacque positifs par rapport à l'ensemble des dosages pour les couches inférieures à 50 m pour l'ensemble du lac illustre bien l'évolution dans le fond du lac

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	
Dosages d'ammoniacque effectués	184	112	120	(156)
Dosages d'ammoniacque positifs	123	64	61	(69)
%	67	57	51	(44)

(pour
12 mois)

Conclusions

Si pour l'ensemble du Léman la concentration en ammoniacque n'évolue pas de façon significative, la couche 0 - 50 m s'enrichit de plus en plus. Ne représentant que le tiers du volume total du lac, elle renferme en 1970 les deux tiers du tonnage total d'ammoniacque, cette proportion allant croissant au cours des ans. Le Petit-Lac est beaucoup plus riche que le Grand-Lac, et, en 1970, le Petit-Lac a connu une brusque augmentation de sa concentration moyenne. Dans les couches profondes du lac, l'ammoniacque est en régression.

AZOTE AMMONIACAL

Concentration moyenne en mg N/l

(Technique des mélanges)

mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Janvier	-	-	-	-	0.012	0.005
Février	0.005	0.003	0.012	0.005	0.015	0.005
Mars	0.005	0.004	0.008	0.008	0.012	0.007
Avril	-	-	-	-	0.015	0.006
Mai	0.016	0.008	0.024	0.011	0.015	0.005
Juin	0.022	0.010	0.016	0.006	0.041	0.015
Juillet	0.007	0.006	0.005	0.002	0.005	0.002
Août	0.010	0.014	0.006	0.003	0.025	0.009
Septembre	0.006	0.005	0.022	0.009	0.006	0.004
Octobre	-	-	-	-	0.069	0.023
Novembre	0.010	0.007	0.005	0.005	0.007	0.005
Décembre	-	-	-	-	0.005	0.002
Moyenne (8 mois)	0.010	0.007	0.012	0.006	0.016	0.007
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	0.019	0.007

AZOTE AMMONIACAL

Concentration moyenne en mg N/l.

(Moyenne arithmétique)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Février	0.005	0.005	0.011	0.010	0.014	0.012
Mars	0.006	0.006	0.008	0.008	0.013	0.012
Mai	0.017	0.015	0.029	0.026	0.013	0.012
Juin	0.024	0.020	0.016	0.015	0.061	0.057
Juillet	0.008	0.008	0.005	0.005	0.004	0.004
Août	0.010	0.012	0.006	0.006	0.022	0.021
Septembre	0.006	0.005	0.026	0.024	0.006	0.005
Novembre	0.010	0.009	0.006	0.006	0.009	0.008
Moyenne	0.011	0.010	0.13	0.013	0.018	0.016

AZOTE AMMONIACAL

Concentration moyenne en mg N/l

(Moyenne arithmétique)

Profondeur en m.	1968			1969			1970		
	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman
0	0.026	0.011	0.015	0.026	0.023	0.024	0.042	0.012	0.020
5	0.030	0.010	0.014	0.032	0.015	0.019	0.054	0.024	0.031
10	0.026	0.011	0.014	0.029	0.014	0.017	0.048	0.016	0.023
20	0.026	0.005	0.010	0.023	0.006	0.009	0.037	0.009	0.016
30	0.019	0.005	0.009	0.017	0.005	0.008	0.030	0.008	0.014
40	0.020	0.002	0.007	0.018	0.004	0.008	0.035	0.004	0.013
50	0.020	0.004	0.006	0.024	0.005	0.008	0.042	0.003	0.010
0-50	0.024	0.007	0.011	0.024	0.010	0.013	0.041	0.010	0.018
100		0.005	0.005		0.003	0.003		0.002	0.002
150		0.007	0.007		0.002	0.002		0.001	0.001
200		0.008	0.008		0.013	0.013		0.005	0.005
250		0.003	0.003		0.000	0.000		0.000	0.000
300		0.003	0.003		0.002	0.002		0.001	0.001
100-300			0.005			0.004			0.002
0-300		0.007	0.010		0.010	0.013		0.009	0.016

AZOTE AMMONIACAL

=====

Tonnages moyens

Mois	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	0-50	0-300	%	0-50	0-300	%	0-50	0-300	%
Janvier	-	-	-	-	-	-	313	445	70
Février	130	267	49	313	445	70	391	445	88
Mars	130	356	37	208	711	29	313	622	50
Avril	-	-	-	-	-	-	391	534	73
Mai	417	711	59	625	978	64	391	445	88
Juin	573	889	64	417	534	78	1068	1334	80
Juillet	182	534	34	130	178	73	130	178	73
Août	261	1245	21	156	267	58	651	800	81
Septembre	156	445	35	573	800	72	156	356	44
Octobre	-	-	-	-	-	-	1798	2045	88
Novembre	261	622	42	130	445	29	182	445	41
Décembre	-	-	-	-	-	-	130	178	73
Moyenne (8 mois)	264	634	43	319	545	59	410	578	68
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	-	-	493	652	71

7. AZOTE NITREUX

Les concentrations en nitrite sont en général très faibles, pratiquement à la limite de dosage. Il suffit alors de quelques valeurs un peu plus élevées pour entraîner une modification relative importante de la moyenne. Le nombre restreint de dosages dans les couches profondes est certainement à l'origine des variations importantes observées d'une année à l'autre pour les moyennes mensuelles.

Les concentrations en azote nitreux sont plus élevées à la fin du printemps et au cours de l'été. Les moyennes mensuelles subissent des augmentations brusques.

Les concentrations moyennes sont presque égales en 1968, 1969 et 1970. Les maxima sont plus élevés en 1969 qu'en 1970.

Concentration en azote nitreux

mg N/l.

	Technique des mélanges		Moyenne arithmétique	
	0 - 50	0 - 300	0 - 50	0 - 300
<u>1968</u>	0.003	0.001	0.003	0.002
<u>1969</u>	0.004	0.002	0.004	0.003
<u>1970</u>	0.003	0.002	0.003	0.002

Les variations de tonnage d'une année à l'autre suivent évidemment les variations de concentration. On assiste en 1969 et en 1970 surtout à une augmentation de nitrite, mais cette augmentation reste faible. Dans les couches superficielles il se produit une certaine stagnation.

Tonnages moyens

Tonnes azote nitreux

	0 - 50 m	0 - 300 m	%
<u>1968</u>	78	89	77
<u>1969</u>	94	145	58
<u>1970</u>	72	167	44

Une comparaison entre le Grand-Lac et le Petit-Lac montre qu'il n'y a pas de différence sensible entre les deux.

	Concentration moyenne 0 - 50 m mg N/l.	
	<u>Petit-Lac</u>	<u>Grand-Lac</u>
<u>1968</u>	0.003	0.002
<u>1969</u>	0.003	0.004
<u>1970</u>	0.003	0.003

Les couches profondes s'enrichissent très lentement. Le rapport des tonnes couche 0 - 50 / couche 0 - 300 m le montre. La fréquence des dosages positifs par rapport à l'ensemble des dosages effectués le met aussi en évidence.

		<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>
	Dosages effectués	953	916	801
<u>0 - 50 m</u>	Dosages positifs	591	604	561
	%	62	66	70
	Dosages effectués	184	158	124
<u>en-dessous</u>	Dosages positifs	27	22	46
<u>de 50 m</u>	%	15	14	37

Dans la couche superficielle, la fréquence des prélèvements positifs augmente légèrement de 1968 à 1970. Dans cette zone, les deux tiers des prélèvements renferment déjà des nitrites. Dans les couches profondes, la fréquence des prélèvements positifs, pratiquement la même en 1968 et en 1969, fait plus que doubler en 1970.

Conclusions

Les concentrations en azote nitreux restent faibles et varient peu en 1969 et en 1970. La couche superficielle présente une certaine stabilité. Les couches profondes sont de plus en plus souvent contaminées par les nitrites.

52
AZOTE NITREUX

=====

Concentration moyenne en mg N/l

(Technique des mélanges)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Janvier	-	-	-	-	0.001	0.001
Février	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004
Mars	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000
Avril	-	-	-	-	0.001	0.002
Mai	0.005	0.002	0.006	0.003	0.004	0.003
Juin	0.004	0.001	0.006	0.002	0.006	0.002
Juillet	0.003	0.001	0.009	0.003	0.003	0.002
Août	0.002	0.001	0.002	0.001	0.004	0.002
Septembre	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
Octobre	-	-	-	-	0.003	0.002
Novembre	0.004	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001
Décembre	-	-	-	-	0.002	0.002
Moyenne (8 mois)	0.003	0.001	0.004	0.002	0.003	0.002
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	0.002	0.002

AZOTE NITREUX
=====

Concentration moyenne en mg N/l

(Moyenne arithmétique)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Février	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Mars	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Mai	0.004	0.004	0.006	0.005	0.004	0.004
Juin	0.004	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005
Juillet	0.004	0.003	0.011	0.010	0.004	0.004
Août	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.003
Septembre	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001
Novembre	0.003	0.003	0.001	0.001	0.003	0.002
Moyenne	0.003	0.002	0.004	0.003	0.003	0.002

AZOTE NITREUX

=====

Concentration moyenne en mg N/l

(Moyenne arithmétique)

Profon- deur en m.	1968			1969			1970		
	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman
0	0.004	0.003	0.003	0.004	0.006	0.006	0.004	0.003	0.003
5	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
10	0.003	0.004	0.004	0.005	0.007	0.006	0.004	0.004	0.004
20	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003
30	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002
40	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002
50	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001
0-50	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
100		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
150		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
200		0.000	0.000		0.000	0.000		0.001	0.001
250		0.000	0.000		0.000	0.000		0.007	0.007
300		0.000	0.000		0.000	0.002		0.003	0.003
0-300		0.002	0.002		0.003	0.003		0.002	0.002

AZOTE NITREUX

Tonnages moyens

Mois	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	o-50	o-300	%	o-50	o-300	%	o-50	o-300	%
Janvier	-	-	-	-	-	-	26	89	29
Février	26	89	29	26	89	29	26	356	7
Mars	26	o	-	52	89	58	o	o	o
Avril	-	-	-	-	-	-	26	178	15
Mai	130	178	73	156	267	58	104	267	39
Juin	104	89	117	156	178	88	156	178	88
Juillet	78	89	88	235	267	88	78	178	44
Août	52	89	58	52	89	58	104	178	58
Sept.	52	89	58	52	89	58	26	89	29
Oct.	-	-	-	-	-	-	78	178	44
Nov.	104	89	117	26	89	29	78	89	88
Déc.	-	-	-	-	-	-	52	178	29
Moyenne (8 mois)	78	89	77	94	145	58	72	167	44
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	-	-	63	163	39

8. A Z O T E N I T R I Q U E

On observe au cours de l'année un appauvrissement progressif de la teneur en nitrate, avec une valeur minimum vers la fin de la saison chaude suivie d'une augmentation au début de l'hiver. Ces variations se produisent plus ou moins tôt dans l'année, vraisemblablement selon les conditions météorologiques. Elles semblent surtout sensibles dans la couche superficielle, et les couches profondes sont un peu plus régulières. La concentration en nitrate augmente avec la profondeur jusqu'à une certaine limite variable d'une année à l'autre.

Comparaison entre les années 1968 - 1969 - 1970

Pour la couche superficielle 0 - 50 m aussi bien que pour l'ensemble du lac, la concentration moyenne pour 1969 est très proche de 1968. Les moyennes mensuelles diffèrent quelque peu, mais l'écart peut s'expliquer par une évolution décalée en 1969 par rapport à 1968. Les concentrations en 1969 sont beaucoup plus variables qu'en 1968.

En 1970, il se produit un très net enrichissement des couches superficielles, la moyenne comme les valeurs mensuelles sont supérieures aux valeurs correspondantes de 1968 et 1969, excepté pour le mois de novembre. Pour l'ensemble du lac par contre, la concentration moyenne présente une certaine stagnation. Les couches profondes se sont donc appauvries en nitrate.

Concentration moyenne en azote nitrique mg N/l.

	Technique des mélanges		Moyenne arithmétique	
	0 - 50	0 - 300	0 - 50	0 - 300
<u>1968</u>	0.27	0.39	0.26	0.29
<u>1969</u>	0.27	0.37	0.24	0.26
<u>1970</u>	0.33	0.37	0.31	0.32

La comparaison des tonnages moyens révèle une certaine stabilité durant les années 1969 et 1970 pour l'ensemble du Léman. L'augmentation de concentration dans la couche superficielle en 1970 se traduit évidemment par une augmentation de tonnage.

	Tonnage moyen	
	0 - 50 m	0 - 300 m
<u>1968</u>	7 000	34 300
<u>1969</u>	6 900	32 400
<u>1970</u>	8 600	32 800

Comparaison entre le Grand-Lac et le Petit-Lac

Le Petit-Lac est beaucoup plus riche en nitrate que le Grand-Lac, aussi bien en moyenne qu'à toutes les profondeurs. L'écart entre les deux tend à se réduire faiblement. L'évolution se fait dans le même sens.

	Concentration moyenne 0 - 50 m (Moyenne arithmétique)	
	<u>Petit-Lac</u>	<u>Grand-Lac</u>
<u>1968</u>	0.33	0.24
<u>1969</u>	0.28	0.23
<u>1970</u>	0.35	0.29

Variation en profondeur

La variation de la concentration en fonction de la profondeur prend une allure singulière. En 1968 et en 1969, on observe un saut entre 50 et 100 m. En 1968, la concentration augmente encore à partir de 100 m jusqu'à 200 m. En 1969, elle n'augmente pratiquement plus à partir de 100 m. En 1970, la concentration en nitrate subit un saut entre 10 et 20 m, puis croît régulièrement jusqu'à 50 m, profondeur au-delà de laquelle elle n'augmente pratiquement plus. Il semble que la concentration-limite remonte vers la surface.

Concentration moyenne en mg N/l

	0 m.	10	20	50	100	200
<u>1968</u>	0.19	0.21	0.24	0.38	0.45	0.48
<u>1969</u>	0.16	0.19	0.25	0.34	0.41	0.42
<u>1970</u>	0.20	0.24	0.33	0.40	0.38	0.39

La concentration-limite (à 0.01 mg N/l. près) se trouve ainsi :

en 1968 à 200 m.
 en 1969 à 100 m.
 en 1970 à 50 m.

La concentration au fond du lac est remarquablement stable et les écarts d'une année à l'autre sont insignifiants.

Concentration moyenne à 300 m.

1968 : 0.39

1969 : 0.42

1970 : 0.41

Conclusions

L'ensemble du Léman présente une certaine stagnation de sa concentration en nitrate. Les écarts enregistrés en 1969 et 1970 sont très faibles. En 1970, la couche superficielle connaît une sensible augmentation, compensée par une certaine diminution dans les couches profondes. La Masse d'eau tend vers une uniformisation, différence entre les valeurs extrêmes allant en diminuant.

AZOTE NITRIQUE

=====

Concentration en mg N/l.

(Technique des mélanges)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	o-5o	o-3oo	o-5o	o-3oo	o-5o	o-3oo
Janvier	-	-	-	-	o.45	o.42
Février	o.3o	o.35	o.32	o.37	o.38	o.38
Mars	o.34	o.38	o.32	o.43	o.45	o.4o
Avril	-	-	-	-	o.38	o.41
Mai	o.24	o.41	o.27	o.45	o.3o	o.34
Juin	o.27	o.36	o.26	o.33	o.31	o.37
Juillet	o.26	o.41	o.23	o.34	o.35	o.38
Août	o.25	o.42	o.2o	o.29	o.31	o.35
Septembre	o.2o	o.33	o.23	o.33	o.29	o.36
Octobre	-	-	-	-	o.27	o.42
Novembre	o.3o	o.43	o.3o	o.38	o.24	o.37
Décembre	-	-	-	-	o.31	o.44
Moyenne (8 mois)	o.27	o.39	o.27	o.37	o.33	o.37
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	o.34	o.39

AZOTE NITRIQUE

Concentration en mg N/l

(Moyenne arithmétique)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Février	0.31	0.32	0.31	0.32	0.39	0.38
Mars	0.34	0.35	0.33	0.36	0.45	0.44
Mai	0.24	0.28	0.25	0.28	0.29	0.29
Juin	0.26	0.28	0.22	0.23	0.30	0.30
Juillet	0.25	0.28	0.21	0.23	0.30	0.31
Août	0.23	0.28	0.17	0.19	0.27	0.28
Septembre	0.17	0.21	0.18	0.21	0.24	0.26
Novembre	0.28	0.30	0.28	0.30	0.23	0.26
Moyenne	0.26	0.29	0.24	0.26	0.31	0.32

AZOTE NITRIQUE

=====

Concentration en mg N/l

(Moyenne arithmétique)

Profon- deur en m.	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman
0	0,27	0.17	0.19	0.18	0.15	0.16	0.23	0.19	0.20
5	0.27	0.14	0.17	0.18	0.14	0.15	0.26	0.20	0.22
10	0.29	0.19	0.21	0.22	0.18	0.19	0.30	0.23	0.24
20	0.35	0.21	0.24	0.28	0.24	0.25	0.38	0.31	0.33
30	0.35	0.27	0.29	0.32	0.26	0.27	0.41	0.35	0.36
40	0.38	0.30	0.32	0.37	0.31	0.32	0.45	0.37	0.39
50	0.44	0.37	0.38	0.39	0.34	0.34	0.48	0.38	0.40
0-50	0.33	0.24	0.26	0.28	0.23	0.24	0.35	0.29	0.31
100		0.45	0.45		0.41	0.41		0.38	0.38
150		0.44	0.44		0.41	0.41		0.39	0.39
200		0.48	0.48		0.42	0.42		0.39	0.39
250		0.41	0.41		0.42	0.42		0.40	0.40
300		0.39	0.39		0.42	0.42		0.41	0.41
0-300		0.27	0.29		0.26	0.26		0.30	0.32

AZOTE NITRIQUE

=====

Tonnages moyens

Mois	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	0-50	0-300	%	0-50	0-300	%	0-50	0-300	%
Janvier	-	-	-	-	-	-	11700	37300	31
Février	7800	31100	25	8300	32900	25	9900	33800	29
Mars	8900	33800	26	8300	38200	22	11700	35600	33
Avril	-	-	-	-	-	-	9900	36500	27
Mai	6300	36500	17	7000	40000	18	7800	30200	26
Juin	7000	32000	22	6800	29300	23	8100	32900	25
Juillet	6800	36500	19	6000	30200	20	9100	33800	27
Août	6500	37300	17	5200	25800	20	8100	31100	26
Septembre	5200	29300	18	6000	29300	20	7600	32000	24
Octobre	-	-	-	-	-	-	7000	37300	19
Novembre	7800	38200	20	7800	33800	23	6300	32900	19
Décembre	-	-	-	-	-	-	8100	39100	21
Moyenne (8 mois)	7000	34300	21	6900	32400	21	8600	32800	26
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	-	-	8800	34400	26

9. L'AZOTE MINERAL TOTAL

Il est représenté par la somme de l'azote nitrique, de l'azote ammoniacal et de l'azote nitreux.

Pratiquement, son évolution est représentée par celle de l'azote nitrique.

Les tonnages pour 1969 et 1970, inférieurs à 1968, sont stables.

<u>1968</u>	:	35 000 tonnes
<u>1969</u>	:	33 100 "
<u>1970</u>	:	33 500 "

10. P H O S P H O R E T O T A L

Le rôle prépondérant tenu par le phosphore dans l'eutrophisation du lac et la nécessité dans laquelle se trouvent les stations d'épuration de réaliser le stade tertiaire donnent tout leur intérêt à l'étude des variations de la concentration en phosphore. Celui-ci est présent dans le lac sous une forme minérale : phosphates et polyphosphates et sous une forme organique : composés phosphorés simples et combinaisons participant au métabolisme cellulaire. La méthode de dosage employée donne la totalité du phosphore contenu dans l'échantillon d'eau, quelle que soit la forme sous laquelle il est engagé.

Variation au cours de l'année et variation en profondeur

La concentration en phosphore total n'est pas constante tout au long de l'année. Elle subit une diminution au cours de l'été, aussi bien dans la couche 0 - 50 m que dans toute la profondeur. Cette diminution se produit plus ou moins tôt dans la saison selon l'année.

La variation de la concentration en fonction de la profondeur suit une allure assez particulière. Elle augmente à partir de la surface jusqu'à 50 mètres. Dans la zone allant de 50 à 100 m, elle diminue brusquement, puis, dès 100 m, elle croît à nouveau jusqu'au fond du lac. A la profondeur de 100 m, la concentration a approximativement la même valeur qu'en surface.

<u>Profondeur</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>
mètres :		mg P/l.	
0	0.033	0.051	0.098
50	0.049	0.063	0.129
100	0.033	0.049	0.094
300	0.072	0.066	0.115

Comparaison des années 1968 - 1969 - 1970
pour l'ensemble du Léman

La comparaison pour l'ensemble du Léman de la concentration en phosphore total observée au cours des années 1968, 1969 et 1970, qu'il s'agisse de la moyenne arithmétique ou de la moyenne obtenue par la technique des mélanges, montre que la teneur en phosphore augmente constamment. Ainsi, de 1968 à 1969, aussi bien dans la couche 0 - 50 m que dans la couche 0 - 300 m, la concentration en phosphore progresse d'environ 20 %.

Concentration moyenne en phosphore total
mg P/l.

	Technique des mélanges	Moyenne arithmétique	
<u>1968</u>	0 - 50 m	0.041	0.042
	0 - 300	0.043	0.042
<u>1969</u>	0 - 50 m	0.050	0.051
	0 - 300	0.050	0.050

Mais, en 1970, la concentration en phosphore brutalement double pratiquement en un an.

<u>1970</u>	0 - 50 m	0.113	0.114
	0 - 300 m	0.109	0.113

Le calcul des tonnages moyens permet de mieux préciser l'ampleur de l'augmentation :

	tonnes P/mois	augmentation par rapport à		
		1968	1969	
<u>1968</u>	0 - 50 m	1070		
	0 - 300 m	3850		
<u>1969</u>	0 - 50 m	1300	230	
	0 - 300 m	4410	560	
<u>1970</u>	0 - 50 m	2950	1880	1650
	0 - 300 m	9650	5800	5240

Ainsi, de 1968 à 1969, le tonnage mensuel moyen en phosphore augmente de 560 tonnes; et de 1969 à 1970, de 5240 tonnes. L'augmentation de tonnage a ainsi presque décuplé de 1969 à 1970.

Une comparaison du rapport des tonnages moyens de la couche 0 - 50 m et de la couche 0 - 300 m donne :

<u>1968</u>	28 %
<u>1969</u>	31 %
<u>1970</u>	31 %

L'augmentation de phosphore s'étend à toute la profondeur.

Distribution régionale du phosphore en 1968 - 1969 - 1970

- Grand-Lac et Petit-Lac

La distribution régionale du phosphore dans la couche 0 - 50 m montre qu'en 1968 les concentrations moyennes (moyennes arithmétiques) sont à peu près les mêmes dans le Grand-Lac et dans le Petit-Lac :

1968 Grand-Lac 0.043 mg P/l. Petit-Lac 0.038 mg P/l.

En 1969, l'écart commence à se creuser, l'augmentation de concentration est déjà plus importante dans le Grand-Lac que dans le Petit-Lac :

1969 Grand-Lac 0.054 Petit-Lac 0.040

En 1970, c'est la catastrophe : l'augmentation est de 154 % dans le Grand-Lac, alors qu'elle n'est heureusement que de 23 % dans le Petit-Lac. La concentration en phosphore dans le Grand-Lac est plus du triple de celle observée en 1968 :

1970 Grand-Lac 0.137 Petit-Lac 0.049

- Variation en profondeur

L'augmentation de la concentration en phosphore total dans le Petit-Lac est relativement faible en surface, un peu plus marquée à 50 m, surtout en 1969. Dans le Grand-Lac, par contre, elle est déjà sensible en 1969, plus forte en surface qu'à 50 m, et considérable en 1970, plus à 50 m qu'à la surface.

		<u>Grand-Lac</u>	mg P/l.	<u>Petit-Lac</u>	
<u>1968</u>	0 m	0.034		0.032	
	50 m	0.050		0.045	
			augmentation		augmentation
<u>1969</u>	0 m	0.058	+ 0.024	0.033	+ 0.001
	50 m	0.067	+ 0.017	0.056	+ 0.011
<u>1970</u>	0 m	0.124	+ 0.066	0.037	+ 0.004
	50 m	0.150	+ 0.083	0.059	+ 0.003

- Fond du lac

La concentration en phosphore total au fond du lac évolue de façon très particulière durant les années 1968, 1969 et 1970.

Reprenons les concentrations observées pour le Grand-Lac :

<u>1968</u>	50 m	0.050 mg P/l.
	300 m	0.072
<u>1969</u>	50 m	0.067
	300 m	0.066
<u>1970</u>	50 m	0.150
	300 m	0.115

En 1968, la concentration à 300 m est nettement plus élevée qu'à 50 m. En 1969, la concentration au fond du lac diminue, tandis qu'elle augmente à 50 m. On trouve pratiquement la même concentration à 300 m qu'à 50 m. En 1970, elle augmente, aussi bien au fond du lac qu'à 50 m, mais beaucoup plus à cette profondeur-ci. L'enrichissement en phosphore frappe donc surtout les couches superficielles.

- Valeurs extrêmes

La comparaison des valeurs extrêmes montre que la concentration en phosphore total peut passer par des valeurs très différentes, surtout dans la couche superficielle. Actuellement il ne semble pas que l'on puisse donner une explication de ce phénomène vu que la méthode de dosage utilisée fournit la totalité du phosphore présent dans l'eau, minéral et organique. La région du Haut-Lac connaît les variations les plus importantes, peut-être en relation avec le Rhône.

	0 m		50 m		100 m		300 m	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	mg P/l.							
<u>1968</u>	0.000	0.132	0.016	0.147	0.016	0.056	0.034	0.157
	Le B.	Vevey	Le B.	Rivaz	Thonon C.-Lac		Centre-Lac	
	(Juin)	(Mai)	(Août)	(Mai)	(Sept.)(Juin)		(Août)	(Juil.)
	St-G.							
	(Nov.)							
<u>1969</u>	0.000	0.512	0.008	0.900	0.010	0.176	0.010	0.196
	Le B.	St-G.	St-G.	Le B.	C.-Lac Thonon		Centre-Lac	
	(Mars)	(Sept.)	(Août)	(Sept.)	(Juil.)(Févr.)		(Mai)	(Août)
<u>1970</u>	0.020	0.500	0.023	0.534	0.039	0.196	0.052	0.189
	F.Nyon	St-G.	C.-Lac	Le B.	Centre-Lac		Centre-Lac	
	(Sept.)(Mars)		(Sept.)(Sept.)	(Sept.)(Nov.)			(Juil.)(Févr.)	
	Le B.	:	Le Bouveret					
	C.-Lac	:	Centre-Lac					
	St-G.	:	St-Gingolph					
	F.Nyon	:	Fosse Nyon					

<u>1968</u>	max.	0.241	St-Gingolph	Septembre	à	5 m
	min.	0.000	Le Bouveret	Mai	à	0 m
			St-Gingolph	Novembre	à	0 m
<u>1969</u>	max.	0.900	Le Bouveret	Septembre	à	50 m
	min.	0.000	Le Bouveret	Mars	à	0 m
<u>1970</u>	max.	0.656	St-Gingolph	Mars	à	40 m
	min.	0.012	Fosse de Chevrens	Août	à	10 m

Etude de quelques points particuliers

Devant l'augmentation considérable subie par la concentration en phosphore total, il nous semble intéressant d'en suivre l'évolution à certains points. Notre choix s'est porté sur :

- le Haut-Lac, siège de concentrations très variables et très élevées

VS 2 : Le Bouveret
 VS 3 : Villeneuve
 VS 4 : St-Gingolph

- la région lausannoise, pour mettre en évidence sur le lac et sur les stations de pompage relativement voisines situées l'une à l'est et l'autre à l'ouest l'influence du rejet de la station d'épuration où l'élimination des phosphates n'est pas encore réalisée.

VD 4 : Vidy
 VD P 1 : Pompage de Lutry 7 ½ km à vol d'oiseau de Vidy
 VD P 5 : Pompage Saint-Sulpice 4 "

- le centre du lac, relativement à l'abri des influences côtières

SHL 2 : Centre-Lac

- le Petit-Lac, où un premier examen a montré une certaine stabilité dans l'évolution des concentrations en phosphore total

GE 4 : Fosse de Nyon

GE P 1 : Pompage de Genève

Dans le Haut-Lac, la concentration en phosphore total fait preuve de la plus grande fantaisie. Des variations de 1 à 10, de 1 à 100 se produisent très rapidement et de manière imprévisible. Les moyennes de l'année 1969 sont de 2 à 6 fois plus élevées que celles de 1968, et celles de l'année 1970, de 2 à 9 fois. Les augmentations les plus faibles se rencontrent sur la rive vaudoise. Le Haut-Lac semble avoir connu en 1969 déjà l'augmentation spectaculaire en phosphore que l'ensemble du Grand-Lac ne connaîtra qu'en 1970.

	<u>Le Bouveret</u>			<u>Villeneuve</u>			<u>St-Gingolph</u>		
	0 m	50	0-50	0	50	0-50	0	50	0-50
	mg P/l.								
<u>1968</u>	0.059	0.061	0.097	0.034	0.050	0.019	0.044	0.071	0.086
<u>1969</u>	0.179	0.353	0.194	0.036	0.038	0.045	0.248	0.127	0.160
<u>1970</u>	0.284	0.458	0.320	0.112	0.099	0.	0.388	0.354	0.332

Dans la région lausannoise, les concentrations en phosphore observées en 1969 sont du même ordre de grandeur qu'en 1968. Mais brusquement, à partir du mois de mars 1970, des valeurs beaucoup plus élevées apparaissent. Ces concentrations se maintiennent pendant quelques mois, puis retombent jusqu'au niveau de 1969. Les concentrations moyennes sont en 1970 3 à 4 fois plus élevées qu'en 1968 ou qu'en 1969. La région de Vidy n'accuse pas de façon particulièrement marquée la présence de la station d'épuration d'eaux usées, d'autant moins que cette région est encore soumise à l'influence de la Chamberonne. La prise d'eau alimentant la station de pompage de Saint-Sulpice, située sensiblement plus près de Vidy que celle alimentant la station de pompage de Lutry, n'est pas influencée.

	<u>Pompage de Lutry</u>		<u>Vidy</u>		<u>Pompage de Saint - Sulpice</u>
	40 m	0	50	0-50	50
	mg P/l.				
<u>1968</u>	0.040	0.028	0.051	0.031	0.054
<u>1969</u>	0.040	0.028	0.039	0.031	0.035
<u>1970</u>	0.159	0.118	0.197	0.157	0.142

La position du point Centre du Lac devrait le mettre à l'abri de l'influence des stations d'épuration et des affluents. Mais là également, si les valeurs mesurées en 1968 et en 1969 sont assez proches les unes des autres, on constate qu'au début de l'année 1970 le phosphore augmente soudainement à toutes les profondeurs, puis, dans le courant de l'année, il diminue irrégulièrement, la moyenne annuelle pour 1970 étant le double de celles des années 1968 et 1969.

	<u>Centre-Lac</u>					
	0 m	50	0-50	100	300	0-300
	mg P/l.					
<u>1968</u>	0.023	0.044	0.031	0.038	0.072	0.040
<u>1969</u>	0.035	0.037	0.036	0.044	0.066	0.041
<u>1970</u>	0.072	0.095	0.086	0.100	0.115	0.095

Dans le Petit-Lac, la concentration moyenne en phosphore augmente de 10 à 20 %, de l'année 1968 à l'année 1970

	<u>Fosse de Nyon</u>					<u>Pompage de Genève</u>
	0 m	50	0-50	60-70	0-70	40
	mg P/l.					
<u>1968</u>	0.030	0.047	0.038	0.051	0.040	0.040
<u>1969</u>	0.032	0.054	0.039	0.061	0.042	0.036
<u>1970</u>	0.036	0.057	0.046	0.061	0.048	0.051

Conclusions

Comme le phosphore joue un rôle primordial dans l'eutrophisation du lac, il est de la plus haute importance de suivre de près l'évolution de sa concentration. D'une façon générale, celle-ci augmente en même temps que la profondeur, mais c'est vers 50 m que l'on rencontre les valeurs les plus élevées. Au printemps, on observe une augmentation de concentration, puis, en automne, une diminution.

En 1969, la concentration moyenne augmente d'environ 20 % par rapport à 1968 et atteint 0.050 mg P/l. En 1970, la concentration double et atteint 0.109 mg P/l. En 1968, le tonnage mensuel moyen s'élève à 3 850 tonnes de phosphore, en 1969, à 4410 tonnes et en 1970, à 9650 tonnes. L'augmentation de concentration se produit principalement dans le Grand-Lac, le Petit-Lac étant beaucoup moins touché. L'augmentation est beaucoup plus marquée à la profondeur de 50 m que dans les couches profondes. La concentration en phosphore total prend très rapidement et de façon imprévisible des valeurs extrêmement différentes.

La station d'épuration des eaux usées de la Ville de Lausanne ne semble pas influencer d'une manière significative la région de Vidy.

Vu l'influence du phosphore sur le développement du plancton et sur la pollution secondaire, on ne peut qu'être effrayé de cette augmentation et souhaiter vivement la mise en oeuvre de tous les moyens propres à réduire les apports en phosphore dans le Léman.

PHOSPHORE TOTAL
=====

Concentration moyenne en mg P/l
(Technique des mélanges)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Janvier	-	-	-	-	0.120	0.104
Février	0.030	0.032	0.035	0.057	0.089	0.144
Mars	0.040	0.039	0.048	0.052	0.167	0.136
Avril	-	-	-	-	0.148	0.114
Mai	0.060	0.052	0.039	0.031	0.193	0.144
Juin	0.043	0.041	0.030	0.027	0.163	0.112
Juillet	0.047	0.059	0.040	0.031	0.055	0.048
Août	0.033	0.039	0.072	0.071	0.087	0.081
Septembre	0.039	0.045	0.080	0.063	0.090	0.074
Octobre	-	-	-	-	0.074	0.085
Novembre	0.036	0.039	0.055	0.065	0.060	0.129
Décembre	-	-	-	-	0.054	0.070
Moyenne (8 mois)	0.041	0.043	0.050	0.050	0.113	0.109
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	0.108	0.103

PHOSPHORE TOTAL

=====

Concentration moyenne mensuelle en mg P/l

(Moyenne arithmétique)

Mois	<u>1968</u>		<u>1969</u>		<u>1970</u>	
	0-50	0-300	0-50	0-300	0-50	0-300
Février	0.032	0.032	0.034	0.036	0.093	0.104
Mars	0.042	0.042	0.048	0.049	0.147	0.146
Mai	0.064	0.063	0.037	0.036	0.194	0.188
Juin	0.045	0.045	0.031	0.031	0.162	0.156
Juillet	0.045	0.047	0.044	0.042	0.056	0.055
Août	0.033	0.034	0.065	0.066	0.082	0.082
Septembre	0.041	0.042	0.079	0.077	0.083	0.081
Novembre	0.033	0.033	0.065	0.065	0.059	0.068
Moyenne	0.042	0.042	0.051	0.050	0.114	0.113

PHOSPHORE TOTAL

=====

Concentration moyenne en fonction de la profondeur
en mg P/l

(Moyenne arithmétique)

Profon- deur en m.	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman	Petit Lac	Grand Lac	Léman
0	0;032	0.034	0.033	0.033	0.058	0.051	0.037	0.124	0.098
5	0.039	0.042	0.041	0.034	0.045	0.043	0.038	0.118	0.098
10	0.035	0.040	0.039	0.035	0.056	0.051	0.041	0.120	0.101
20	0.034	0.041	0.039	0.035	0.044	0.042	0.044	0.146	0.121
30	0.040	0.046	0.045	0.040	0.049	0.046	0.064	0.143	0.122
40	0.041	0.048	0.047	0.046	0.059	0.056	0.055	0.152	0.125
50	0.045	0.050	0.049	0.056	0.067	0.063	0.059	0.150	0.129
0-50	0.038	0.043	0.042	0.040	0.054	0.051	0.049	0.137	0.114
100		0.033	0.033		0.049	0.049		0.094	0.094
150		0.040	0.040		0.041	0.041		0.106	0.106
200		0.044	0.044		0.048	0.048		0.091	0.091
250		0.056	0.066		0.046	0.046		0.131	0.131
300		0.072	0.072		0.066	0.066		0.115	0.115
0-300		0.044	0.042		0.054	0.050		0.134	0.113

PHOSPHORE TOTAL

=====

Tonnages moyens

Mois	<u>1968</u>			<u>1969</u>			<u>1970</u>		
	0-50	0-300	%	0-50	0-300	%	0-50	0-300	%
Janvier	-	-	-	-	-	-	3130	9250	34
Février	780	2850	27	910	5070	18	2320	12800	18
Mars	1040	3470	30	1250	4620	27	4350	12090	36
Avril	-	-	-	-	-	-	3860	10140	38
Mai	1560	4620	34	1020	2760	37	5030	12800	39
Juin	1120	3650	31	780	2400	33	4250	9960	43
Juillet	1220	5250	23	1040	2760	38	1430	4270	33
Août	860	3470	25	1880	6310	30	2270	7200	32
Septembre	1020	4000	26	2080	5600	37	2350	6580	36
Octobre	-	-	-	-	-	-	1930	7560	26
Novembre	940	3470	27	1430	5780	25	1560	11470	14
Décembre	-	-	-	-	-	-	1410	6220	23
Moyenne (8 mois)	1070	3850	28	1300	4410	31	2950	9650	31
Moyenne (12 mois)	-	-	-	-	-	-	2820	9200	31

PHOSPHORE TOTAL

Mois	<u>VS 2 Le Bouveret</u>			<u>VS 3 VILLENEUVE</u>			<u>VS 4 ST GINGOLPH</u>		
	o	5o	o-5o	o	5o	o-5o	o	5o	o-5o
Janv. 197o	o.6oo	o.o84	o.4o8	o.o91	o.o78	o.o84	o.o56	o.334	o.32o
1968	-	-	-	o.o28	o.o29	o.o28	-	-	-
Févr. 1969	-	-	-	o.o33	o.o26	o.o36	-	-	-
197o	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1968	o.o37	o.o47	o.o78	o.o27	o.o39	o.o36	o.o27	o.o2o	o.o64
Mars 1969	o.o0o	o.132	o.1o9	o.o91	o.o39	o.o6o	-	-	-
197o	o.46o	o.528	o.395	o.121	o.111	o.158	o.5oo	o.39o	o.367
Avril 197o	o.544			o.118					
1968	o.12o	o.o96	o.118	o.o75	o.o47	o.o73	o.o98	o.o98	o.o95
Mai 1969	o.3oo	o.1oo	o.134	o.o13	o.o2o	o.o2o	o.11o	o.13o	o.111
197o	o.312	o.434	o.333	o.2o9	o.16o	o.146	o.334	o.247	o.332
1968	o.o0o	o.144	o.o51	o.o36	o.o82	o.o56	-	-	-
Juin 1969	o.o94	o.o44	o.o75	o.o46	o.o2o	o.o26	o.o86	o.117	o.o83
197o	o.216	o.336	o.271	o.18o	o.127	o.218	o.33o	o.426	o.296
1968	o.o27	o.o34	o.o92	o.o46	o.o82	o.o56	o.1o1	o.o38	o.o83
Juil. 1969	o.o25	o.19o	o.151	o.o2o	o.o36	o.o35	o.o3o	o.144	o.133
197o	-	-	-	o.o33	o.o62	o.1o9	-	-	-
1968	o.o86	o.o16	o.o94	o.o1o	o.o44	o.o27	o.o11	o.153	o.o93
Août 1969	o.4oo	o.7oo	o.257	o.o1o	o.o55	o.o35	o.5oo	o.o08	o.288
197o	-	-	-	o.132	o.1o5	o.135	-	-	-
1968	o.1o1	o.o5o	o.o99	o.o36	o.o41	o.o32	o.o25	o.o9o	o.122
Sept. 1969	o.41o	o.9oo	o.337	o.o39	o.o65	o.o46	o.512	o.234	o.183
197o	o.146	o.534	o.283	o.o65	o.o88	o.135	-	-	-
1968	o.o42	o.o42	o.115	o.o1o	o.o33	o.o19	o.o0o	o.o24	o.o57
Nov. 1969	o.o27	o.4o7	o.293	o.o39	o.o46	o.o45	-	-	-
197o	-	-	-	o.o47	o.o37	o.o46	-	-	-
Moyen-1968	o.o59	o.o61	o.o97	o.o34	o.o5o	o.o41	o.o44	o.o71	o.o86
ne 1969	o.179	o.353	o.194	o.o36	o.o38	o.o36	o.248	o.127	o.16o
8 mois 197o	o.284	o.458	o.32o	o.112	o.o99	o.132	o.388	o.354	o.332

PHOSPHORE TOTAL

		VD P 1	VD 4		VD P 5	
		Lutry Pompagne	VD 4	VIDY	Saint Sulpice Pompagne	
		4o	o	5o	o-5o	5o
Janv.	197o		o.o55	o.o78	o.o65	
	1968	o.o36	o.o24	o.o9o	o.o38	o.111
Févr.	1969	o.o59	o.o32	o.o29	o.o29	o.o42
	197o	o.1o4	-	-	-	o.17o
	1968	o.o2o	o.o49	o.o49	o.o39	o.o55
Mars	1969	o.o29	o.o41	o.o38	o.o39	o.o39
	197o	o.137	o.134	o.131	o.127	o.166
Avril	197o	-	o.118	o.232	o.233	-
	1968	o.o88	o.o39	o.o88	o.o44	o.o31
Mai	1969	o.o1o	o.o13	o.o18	o.o19	o.o11
	197o	o.196	o.372	o.49o	o.49o	o.277
	1968	o.o44	o.o47	o.o46	o.o4o	o.o64
Juin	1969	o.o62	o.o16	o.o23	o.o17	o.o23
	197o	o.4o8	o.14o	o.2o9	o.193	o.14o
	1968	o.o91	o.o16	o.o46	o.o29	o.o91
Juil.	1969	o.o2o	o.o16	o.o52	o.o27	o.o26
	197o	-	o.o49	o.o68	o.o51	o.o82
	1968	o.o18	o.o18	o.o44	o.o25	o.o29
Août	1969	o.o39	o.o1o	o.o16	o.o13	o.o39
	197o	o.o48	o.o49	o.177	o.1o7	o.143
	1968	o.o18	o.o23	o.o23	o.o24	o.o22
Sept.	1969	o.o55	o.o65	o.o88	o.o65	o.o65
	197o	o.153	o.o52	o.o238	o.o82	o.o88
	1968	o.o08	o.o07	o.o2o	o.o11	o.o28
Nov.	1969	o.o42	o.o33	o.o49	o.o42	o.o33
	197o	o.o65	o.o31	o.o68	o.o5o	o.o66
Moyenne)	1968	o.o4o	o.o28	o.o51	o.o31	o.o54
8 mois {	1969	o.o4o	o.o28	o.o39	o.o31	o.o35
	197o	o.159	o.118	o.197	o.157	o.142

PHOSPHORE TOTAL

		SHL 2	<u>Centre - Lac</u>				
		o	5o	o-5o	1oo	3oo	o-3oo
Janv.	197o	o.o75	o.o82		o.1o1	o.147	o.o96
	1968	o.o24	-	o.o22	o.o22	o.o38	o.o28
Févr.	1969	o.o23	o.o23	o.o23	o.o23	o.o33	o.o34
	197o	o.157	o.166	o.136	o.16o	o.189	o.164
	1968	o.o29	o.o34	o.o3o	o.o41	o.o44	o.o33
Mars	1969	o.o33	-	o.o38	o.o78	o.o78	o.o46
	197o	o.o88	o.114	o.1o2	o.118	o.182	o.112
Avril	197o	-	-	-	-	o.o55	-
	1968	o.o25	o.o25	o.o24	o.o24	o.113	o.o38
Mai	1969	o.o23	-	o.o15	o.o16	o.o1o	o.o15
	197o	o.o65	o.o95	o.o84	o.o88	o.o65	o.o88
	1968	-	o.o46	o.o35	o.o56	o.o41	o.o39
Juin	1969	o.o23	o.o25	o.o16	o.o13	o.o25	o.o19
	197o	o.o78	o.o95	o.1o5	o.o75	o.o75	o.o92
	1968	o.o23	o.o46	o.o31	o.o52	o.157	o.o56
Juil.	1969	o.o29	o.o18	o.o22	o.o1o	o.o2o	o.o24
	197o	o.o46	o.o3o	o.o43	o.o52	o.o52	o.o42
	1968	o.o26	o.o39	o.o24	-	o.o34	o.o3o
Août	1969	o.o36	o.o75	o.o48	o.111	o.196	o.o67
	197o	o.o65	o.o65	o.o8o	o.o75	o.118	o.o84
	1968	o.o25	o.o51	o.o35	o.o43	o.o67	o.o46
Sept.	1969	o.o39	o.o39	o.o38	o.o39	o.o91	o.o44
	197o	o.o39	o.o23	o.o28	o.o39	o.o72	o.o38
Oct.	197o	-	o.o72	o.o49	o.o82	o.o91	o.o65
	1968	o.o11	o.o64	o.o43	o.o29	o.o82	o.o46
Nov.	1969	o.o72	o.o39	o.o81	o.o59	o.o72	o.o77
	197o	o.o41	o.173	o.1o6	o.196	o.17o	o.144
Déc.	197o	-	o.o84	o.o69	o.o69	o.o9o	o.o76
Moyenne	1968	o.o23	o.o44	o.o31	o.o38	o.o72	o.o4o
8 mois	1969	o.o35	o.o37	o.o36	o.o44	o.o66	o.o41
	197o	o.o72	o.o95	o.o86	o.1oo	o.115	o.o95

PHOSPHORE TOTAL

=====

Mois		GE 4	<u>Fosse de Nyon</u>				GE P 1
		o	5o	o-5o	6o-7o	o-7o	Pompage <u>Genève</u> 4o
Févr.	1968	o.o44	o.o35	o.o39	o.o46	o.o4o	o.o38
	1969	o.o45	o.o44	o.o44	o.o46	o.o46	o.o32
	197o	o.o49	o.o48	o.o5o	o.o48	o.o49	o.o34
Mars	1968	o.o39	o.o41	o.o39	o.o41	o.o4o	o.o4o
	1969	o.o5o	o.o46	o.o48	o.o45	o.o47	o.o38
	197o	o.o52	o.o51	o.o52	o.o52	o.o52	o.o45
Mai	1968	o.o24	o.o48	o.o34	o.o48	o.o36	o.o35
	1969	o.o3o	o.o45	o.o37	o.o49	o.o39	o.o26
	197o	o.o57	o.o57	o.o55	o.o61	o.o56	o.o45
Juin	1968	o.o31	o.o47	o.o47	o.o55	o.o48	o.o38
	1969	o.o18	o.o45	o.o3o	o.o46	o.o32	o.o26
	197o	o.o22	o.o45	o.o41	o.o48	o.o42	o.o54
Juil.	1968	o.o25	o.o5o	o.o36	o.o54	o.o38	o.o36
	1969	o.o38	o.o53	o.o42	o.o85	o.o48	o.o42
	197o	o.o26	o.o65	o.o49	o.o66	o.o51	o.o55
Août	1968	o.o21	o.o42	o.o37	o.o48	o.o38	o.o4o
	1969	o.o26	o.o77	o.o39	o.o92	o.o45	o.o41
	197o	o.o31	o.o56	o.o42	o.o63	o.o45	o.o55
Sept.	1968	o.o32	o.o55	o.o4o	o.o56	o.o42	o.o52
	1969	o.o21	o.o58	o.o33	o.o59	o.o37	o.o43
	197o	o.o2o	o.o72	o.o44	o.o85	o.o49	o.o59
Nov.	1968	o.o26	o.o55	o.o36	o.o58	o.o39	o.o4o
	1969	o.o31	o.o64	o.o42	o.o68	o.o45	o.o43
	197o	o.o27	o.o59	o.o36	o.o67	o.o4o	o.o58
Moyenne (8 mois)	1968	o.o3o	o.o47	o.o38	o.o51	o.o4o	o.o4o
	1969	o.o32	o.o54	o.o39	o.o61	o.o42	o.o36
	197o	o.o36	o.o57	o.o46	o.o61	o.o48	o.o51

11. PRINCIPES DE CALCULS UTILISES
POUR L'ETABLISSEMENT DES TABLEAUX DE VALEURS

- Moyenne des prélèvements mensuels

Bien qu'en 1970 les prélèvements soient effectués plus fréquemment qu'en 1968 et en 1969, seules les valeurs correspondant aux 8 mois obligatoires sont retenues pour le calcul des moyennes.

- Calcul par la technique des mélanges

Il est certain que le découpage du Léman en tranches est arbitraire, et suivant le mode de faire utilisé des différences peuvent apparaître dans le calcul final, spécialement quand les concentrations de départ diffèrent notablement d'une profondeur à l'autre. Nous estimons toutefois que compte tenu des approximations de Dussart et des erreurs d'analyse ainsi que du petit nombre de mesures effectuées, notre façon de faire est admissible. Pour faciliter les comparaisons, l'année 1968 a été recalculée selon nos principes.

Exemple de calcul par la technique des mélanges selon deux "découpages" différents :

couches considérées	0 - 10 m	0 - 20 m
	10 - 20 m	20 - 40 m
	20 - 30 m	40 - 50 m
	30 - 40 m	Découpage admis
	40 - 50 m	pour l'ensemble
		des calculs

Phosphore soluble 1970

Janvier	0.075	0.076
Février	0.038	0.036
Mars	0.088	0.102
Avril	0.064	0.068
Mai	0.080	0.086
Juin	0.056	0.062
Juillet	0.034	0.038
Août	0.034	0.035
Septembre	0.041	0.044
Octobre	0.024	0.024
Novembre	0.022	0.024
Décembre	0.033	0.034

- Tonnages moyens

Le calcul des tonnages moyens est effectué à partir des concentrations obtenues par la technique des mélanges.

- Coefficients de Dussart

Les valeurs utilisées pour le calcul des concentrations moyennes par la technique des mélanges sont tirées de l'ouvrage de B. Dussart "Limnologie" Edit. Gauthier-Villars Paris 1966, p. 162.

Profondeur m.	Rapport au volume total
0 - 20	0.126
20 - 40	0.115
40 - 60	0.104
60 - 80	0.091
80 - 100	0.083
100 - 120	0.076
120 - 140	0.069
140 - 160	0.063
160 - 180	0.058
180 - 200	0.052
200 - 220	0.046
220 - 240	0.039
240 - 260	0.032
260 - 280	0.025
280 - 300	0.019
300 - 309.4	0.002

Profondeur moyenne : 152.69 m

Volume total : 88 920 664 000 m³

Valeurs adoptées

Profondeur m.	Rapport au volume total
0 - 20	0.126
20 - 40	0.115
40 - 50	0.052
50 - 100	0.226
100 - 150	0.177
150 - 200	0.141
200 - 250	0.101
250 - 300	0.060
	<hr/>
	0.998

Volume : 88 920 664 000 m³

Pour la tranche 0 - 50 m :

m.	
0 - 20	0.430
20 - 40	0.392
40 - 50	0.177
	<hr/>
	0.999

Volume : 26 058 834 000 m³

Les principes de calcul suivants sont utilisés :

- La concentration pour une tranche déterminée est la moyenne arithmétique des valeurs données par l'analyse pour les profondeurs-limites.

Exemple : concentration pour la tranche 0 - 20 m =

$$= \frac{\text{concentration à 0 m} + \text{concentration à 20 m}}{2}$$

- Si à une profondeur la valeur manque, on admet que celle-ci est égale à la moyenne arithmétique des concentrations correspondant aux profondeurs immédiatement au-dessus et au-dessous.

Exemple : concentration à 150 m =

$$= \frac{\text{concentration à 100 m} + \text{concentration à 200 m}}{2}$$

- Si la concentration correspondant à la profondeur la plus grande manque, on admet qu'elle est égale à la concentration correspondant à la profondeur immédiatement au-dessus.

Exemple : concentration à 300 m = concentration à 250 m

- Si le résultat du calcul donne ...,5 on force à l'unité au-dessus.

Exemple : 0.0265 = 0.027

12. C O N C L U S I O N S

Durant les années 1969 et 1970, l'étude du Léman se poursuit avec un programme de travail analogue à celui des années précédentes. Les mêmes laboratoires et instituts participent aux recherches. Le programme prévu ne peut malheureusement pas être rempli par tous.

En 1969, les équipes prélèvent à 8 reprises, en 1970, elles Prélèvent 11 à 12 fois.

Seules les déterminations jugées les plus importantes pour l'évolution du Léman sont analysées dans le présent rapport. Elles permettent de fixer l'état du lac à la fin de 1970.

L'examen des résultats fournis par le Centre électronique de l'Etat de Vaud, organisme chargé de la mise sur fiches des mesures, amène à formuler certaines remarques d'ordre général dont il faudrait tenir compte.

Remarques d'ordre général

- La fréquence des prélèvements doit être respectée par tous les laboratoires, sinon on ne dispose que de renseignements fragmentaires, les résultats peuvent ne pas correspondre à la réalité et l'interprétation en est rendue difficile. La valeur du travail accompli par les autres laboratoires s'en trouve réduite.
- Lorsque l'analyse révèle une variation importante d'une certaine grandeur, le responsable du laboratoire doit avoir la possibilité de prélever à nouveau sans attendre le mois suivant.
- Il faut poursuivre avec 12 prélèvements par an, comme c'est le cas actuellement.
- Il faut choisir une deuxième station au-dessus des grandes profondeurs.
- Il faut augmenter le nombre de prélèvements aux grandes profondeurs car, s'il est vrai qu'un certain nombre de phénomènes n'intéressent que la couche superficielle, il n'en demeure pas moins que le volume du lac allant de la surface à la profondeur de 50 m ne représente que les 3/10 du volume total.

- Pour l'interprétation des résultats, il ne faut pas oublier que les prélèvements correspondent à des cas particuliers dans le temps et dans l'espace. L'extrapolation pour toute l'année et pour l'ensemble du lac ne doit se faire qu'avec prudence.

Evolution du Léman en 1969 et 1970

- Transparence

Dans son ensemble, la transparence du Léman diminue en 1969, mais augmente en 1970, sans toutefois atteindre les valeurs observées en 1968. La transparence du Petit-Lac s'améliore graduellement.

- Température

D'une façon générale on observe année après année une diminution des températures moyennes, mais il est encore prématuré de parler de refroidissement de toute la masse d'eau du Léman.

- pH observé

Durant les années 1969 et 1970, le pH observé pour l'ensemble du lac varie peu; les faibles hausses enregistrées sont compensées par des baisses peu importantes. Dans le fond du lac, à une baisse de pH en 1969 succède une hausse en 1970.

- Oxygène dissous

En 1969, on mesure dans les couches profondes du Léman les valeurs les plus basses jamais observées jusqu'ici. Ainsi, à 300 m : 1.05 mg O₂/l. et 8.9 % de saturation. En 1970, si l'on assiste à un certain appauvrissement des couches superficielles, il se produit heureusement une très nette augmentation dans les couches profondes. La concentration en oxygène dissous est même supérieure à 1968. Mais le déficit est encore trop important pour espérer une rapide augmentation générale.

- Azote ammoniacal

Pour l'ensemble du lac, l'ammoniaque n'évolue pas de façon significative. On observe un enrichissement marqué des couches superficielles et un appauvrissement des couches profondes. En 1970, le Petit-Lac connaît une brusque augmentation de concentration.

- Azote nitreux

Si pour l'ensemble du Léman, les concentrations en azote nitreux sont relativement stables et peu importantes en 1969 et en 1970, la fréquence avec laquelle les nitrites se rencontrent dans les couches profondes augmente fortement en 1970.

- Azote nitrique

La concentration en nitrate pour l'ensemble du lac ne se modifie pas sensiblement en 1969. En 1970, la couche superficielle s'enrichit et la couche profonde s'appauvrit, mais la moyenne diffère peu de 1969.

- Azote minéral

Il est stable en 1969 et en 1970, inférieur à 1968.

- Phosphore total

En 1969, l'augmentation de la concentration en phosphore total est relativement faible, en 1970, par contre, la concentration double et atteint en moyenne 0.109 mg P/l. L'augmentation est beaucoup plus marquée à 50 m que dans les couches profondes et le Grand-Lac est particulièrement touché.

Conclusions finales

Si dans son ensemble le Léman représente une masse relativement stable, évoluant lentement, avec il est vrai des variations régionales et des variations en profondeur, présentant des tendances plutôt que des changements affirmés, il y a néanmoins deux faits en 1969 et en 1970 qui retiennent l'attention :

- La brusque et importante augmentation de phosphore total enregistrée en 1970, constatation qui ne cesse pas d'inquiéter quand on songe à l'influence du phosphore sur la production de plancton et la pollution secondaire.
- L'amélioration très sensible de la concentration en oxygène dissous des couches profondes du lac qui s'est produite en 1970.

L'avenir du lac, s'il est grave, n'est pas définitivement compromis. Il faut souhaiter une mise en oeuvre rapide de tous les moyens propres à réduire les pollutions primaire et secondaire et espérer que la nature fasse sa part.

COMMISSION INTERNATIONALE
POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LAC LEMAN
CONTRE LA POLLUTION

SOUS-COMMISSION TECHNIQUE

* * * * *

II. R A P P O R T

sur

L'ETUDE DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN

Campagnes 1969-1970

par Pierre BURKARD
pharmacien - chimiste

Services Industriels de Genève
Service des eaux

I. GENERALITES :1.1. Remarques concernant les apports calculés du Rhône à son embouchure, année 1967-1968 :

Lors de la vérification des calculs des apports des années précédentes pour les différents affluents inventoriés, nous avons constaté que les indications concernant les débits du Rhône à son embouchure (Porte du Scex), indications fournies par le laboratoire chargé des analyses de l'eau de cet affluent, étaient trop élevées pour les années 1967- et 1968. En conséquence, les apports de cet affluent, transcrits dans nos précédents rapports, ont été surestimés, du reste dans des proportions assez grandes.

Les corrections nécessaires ont naturellement été apportées et il en a été tenu compte dans les résultats faisant l'objet du présent rapport.

1.2. Affluents étudiés, laboratoires chargés des analyses :

Le nombre des affluents inventoriés le long des rives lémaniques a été, en 1969, porté de 25 à 27 par la prise en considération de deux affluents secondaires de la rive droite du Petit Lac, le Nant de Pry et le Nant du Brassu, étudiés par le Service d'hydrobiologie à Genève. Leur embouchure se situe entre les localités de Coppet et Nyon. L'année suivante, le Torry, raccordé, sauf erreur, à une station d'épuration, a été abandonné et remplacé par la Dullive, située entre l'Aubonne et la Promenthouse sur la rive droite du Haut Lac.

La liste, avec indication des laboratoires et instituts effectuant les analyses, des affluents du lac Léman étudiés par la Sous-commission technique est, pour 1969-1970, la suivante (voir carte ci-jointe) :

Grand Lac, rive droite :

Le Grand Canal	Laboratoire cantonal Vaud
L'eau Froide	" "
La Maladaire	" "
La Veveyse	" "
Le Forestay	" "
La Lutrive	" "
La Paudèze	" "
Le Flon, Lausanne (Station d'épuration Vidy)	" "
La Chamberonne	" "
La Venoge	" "
La Morge	" "
L'Aubonne	" "
La Dullive (depuis 1970)	" "

Grand Lac, rive gauche :

Rhône, embouchure	Laboratoire cantonal Valais
Canal Stockalper	" "
La Bouverette	" "
La Morge de St Gingolph	" "
La Dranse	Station d'hydrobiologie lacustre, INRA, Thonon

Petit Lac, rive droite et rive gauche :

La Promenthouse	Laboratoire cantonal Vaud
Le Nant du Riond (Canal de Crans)	Serv. hydrobiologie Genève
Le Nant de Pry	" "
Le Nant du Brassu	" "
La Doye	Laboratoire cantonal Vaud
Le Torry (abandonné en 1970)	" "
La Versoix	Serv. hydrobiologie Genève
Le Vengeron	" "
L'Hermance	" "
Le Nant d'Aisy	" "

Emissaire :

Rhône, rade Genève	Serv. hydrobiologie Genève
--------------------	----------------------------

Pour les calculs des apports, chiffrés en tonnes par an, nous n'avons pris en considération que 25 affluents. En effet les mesures de débit n'ont pas été effectuées pour la Morge de St Gingolph et le Nant de Pry.

L'inventaire de la Sous-commission technique touche environ le 87 % de la population du bassin lémanique et de l'ordre de 86 à 90 % des apports liquides entraînés au lac par les affluents. Ce travail ne tient pas compte des apports atmosphériques, en particulier des précipitations touchant directement la surface du Léman.

1.3. Fréquence des prélèvements :

En 1969, la majeure partie des affluents ont fait l'objet de prélèvements mensuels, alors que précédemment la fréquence n'était que de 7 à 8 analyses par année. En 1969 toujours, la Dranse, considérée comme "point objectif" du fait de l'importance de ses débits, a été auscultée 15 fois et le Rhône à Genève (émissaire), 24 fois. Par contre les affluents valaisans n'ont fait l'objet que de 8 campagnes de prélèvement.

En 1970, les affluents vaudois ont été prélevés 11 fois (interruption en juillet), les affluents valaisans, 6 fois (janvier, mars, avril, mai, juin et septembre), la Dranse 20 fois, les affluents genevois 12 fois et le Rhône à Genève (émissaire) 24 fois.

1.4. Conditions météorologiques :

L'évolution, depuis 1963 et pour quelques stations situées sur la rive suisse du lac, des hauteurs annuelles des précipitations est la suivante :

Années	<u>Hauteurs des précipitations annuelles, en mm.</u>				
	Genève Aéroport	Nyon	Morges	Lausanne	Montreux
1963	1013	1123	1063	1129	1338
1964	747	816	758	810	981
1965	1270	1485	1454	1373	1633
1966	1068	1079	1103	1123	1307
1967	992	1078	1059	1113	1206
1968	1269	1258	1252	1374	1421
1969	931	821	845	977	1000
1970	1039	1201	1211	1240	1398
Moyennes multi-annuelles 1901-1960	930	1019	998	1064	1151

En comparant les hauteurs annuelles des précipitations des stations de Genève aéroport, Nyon, Morges, Lausanne et Montreux de 1963 à 1970 et en considérant par ailleurs les valeurs moyennes annuelles calculées entre les années 1901 et 1960, nous constatons que l'année 1969 a été assez sèche. En effet les précipitations de cette année sont nettement inférieures aux moyennes multiannuelles et sont un peu plus marquées que celles de l'année 1964, période la moins pluvieuse rencontrée depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique. L'année 1970 au contraire a été assez humide avec des précipitations nettement supérieures à celles des moyennes multiannuelles et comparables, dans une certaine mesure, à celles de 1963, 1966 et 1968.

1.5. Débits des affluents du lac Léman (cf. tableaux No 1 et 2)

Les sommes des débits moyens annuels de l'ensemble des affluents du lac Léman étudiés par la Sous-commission technique sont, de 1964 à 1970, les suivantes :

Année	1964 : 227,805 m ³ /s
	1965 : 266,847
	1966 : 266,847
	1967 : 269,667
	1968 : 240,300
	1969 : 237,380
	1970 : 307,151
Normes 1964 - 1970 :	259,367

Nous avons estimé que le 86 à 90 % des apports liquides dus aux affluents étaient compris dans l'inventaire de la Sous-commission technique. En conséquence, en faisant abstraction des pertes dues aux pompages d'eau et à l'évaporation et en ne tenant pas compte des apports dus aux

précipitations atteignant directement la surface du lac et aux sources sous-lacustres, les débits moyens annuels de l'émissaire, le Rhône à Genève, devraient être un peu supérieurs aux chiffres cités ci-dessus. En réalité la comparaison, année après année, des deux éléments, nous montre que les débits totaux des affluents étudiés sont pratiquement égaux à celui de l'émissaire en 1965, 1966, 1968 et 1969 et qu'ils lui sont supérieurs en 1964 (+ 56 m³/s), 1967 (+ 21 m³/s) et 1970 (+22 m³/s). Très grossièrement nous pouvons donc admettre que les apports de l'année 1969 sont probablement surestimés de quelque 10 à 15 % et ceux de 1970, d'environ 17 à 22 %.

Les débits annuels moyens de l'émissaire à Genève sont les suivants :

Année 1964	: 171 m ³ /s
1965	: 246
1966	: 266
1967	: 248
1968	: 240
1969	: 232
1970	: 285

Les surestimations constatées en 1969 (10 à 15 %) et 1970 (17 à 22 %) quant aux sommes des moyennes annuelles des débits mesurés au moment des prélèvements par rapport au débit moyen de l'émissaire sont d'une part dues aux quelques mesures du Rhône à la Porte du Scex et d'autre part à un certain nombre de prélèvements effectués, sur les affluents secondaires en 1970, en période de crues (avril - mai - juin 1970).

Pour le Rhône à la Porte du Scex nous trouvons, pour les deux années faisant l'objet de ce rapport, les différences suivantes :

<u>Année</u>	<u>Débit moyen annuel jaugé en m³/s</u>	<u>Débit moyen annuel d'après mesures en m³/s</u>	<u>Différence en %</u>
1969	169	191	+ 13 %
1970	207	245	+ 18 %

Nous pourrions donc à première vue admettre que les surestimations de 1969 proviennent essentiellement des différences constatées pour le Rhône à la Porte du Scex. En 1970 par contre les surestimations proviennent non seulement de l'affluent principal mais encore de quelques cours d'eau secondaires assez importants, tels que la Dranse, la Venoge, l'Aubonne en particulier qui, comme nous l'avons déjà mentionné, ont présenté, lors des crues entre avril et juin 1970, d'importants débits dont les valeurs ont notablement influencé les moyennes annuelles calculées à partir de 11 mesures pour la Venoge et l'Aubonne et de 20 pour la Dranse.

En 1969, nous avons également, entre avril et mai, rencontré des débits importants lors de crues. Ces accidents n'ont cependant eu que peu de répercussions sur les moyennes annuelles, du fait des débits faibles mesurés lors des autres prélèvements mensuels (sauf pour la Venoge).

L'augmentation, entre 1961 et 1970, de la hauteur des précipitations, ne se retrouve pas entièrement sur les débits des affluents. Ainsi, pour les cours d'eau de la rive droite du Grand Lac, la somme des débits a augmenté d'environ 20 % en 1970 par rapport à l'année précédente, alors que les précipitations, pour les stations de Morges, Lausanne et Montreux, ont, pour les mêmes années, augmenté de 30 à 40 %. La différence est encore plus sensible pour le Petit Lac. A Nyon, les précipitations accusent en 1970 des hauteurs 46 % plus élevées qu'en 1969, alors qu'à Genève aéroport l'augmentation n'est que de 13 % environ. Ces accroissements ne se retrouvent nullement sur les débits des affluents du Petit Lac, dont la somme n'a que très peu varié pour les deux années considérées.

Ces quelques remarques montrent d'une part combien les estimations de la Sous-commission technique, fondées malgré tout sur un nombre assez restreint de déterminations, doivent être considérées avec prudence et d'autre part que l'étude des précipitations en quelques points, si elle peut donner une idée de l'évolution dans le temps des débits des affluents, est par contre trop incomplète pour permettre une comparaison rigoureuse.

Tableau N° 1 : DEBIT'S DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN
en mètres cubes par seconde

AFFLUENTS	NORMES 1964 - 1968	Année 1969			NORMES 1964-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	1,824	1,787	2,330	1,240	1,816
L'Eau froide	1,060	1,193	2,240	0,450	1,091
La Maladaire	0,068	0,038	0,100	0,020	0,061
La Veveyse	1,412	1,337	9,280	0,210	1,394
Le Forestay	0,401	0,304	0,630	0,140	0,378
La Lutrive	0,175	0,123	0,350	0,020	0,163
La Paudèze	0,398	0,208	0,730	0,010	0,353
Le Flon, Lausanne	1,287	1,326	1,590	0,725	1,304
La Chamberonne	0,941	0,618	3,720	0,140	0,865
La Venoge	3,562	4,296	19,530	0,700	3,735
La Morge	0,425	0,441	1,550	0,210	0,428
L'Aubonne	6,398	3,668	12,070	0,780	5,756
Totaux	17,951	15,339			17,344
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	5,777	5,810	6,570	4,900	5,783
La Bouverette	0,577	0,578	0,830	0,170	0,577
La Morge St-Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	15,566	17,803	50,500	2,960	16,168
Totaux	21,920	24,191			22,528
Rhône, embouchure	205,111	191,125	294	94	202,568
Ensemble Grand Lac Totaux	244,982	230,655			242,440
Petit Lac					
La Promenthouse	1,844	0,882	2,700	0,200	1,618
Nant de Riond (Crans)	0,037	0,035	0,070	0,010	0,037
Nant de Pry	-	-	-	-	-
Nant du Brassu	0,208	0,203	0,500	0,070	0,205
La Doye	0,148	0,100	0,160	0,030	0,136
Le Torry	0,050	0,023	0,070	0,005	0,045
La Versoix	4,460	3,750	5,710	1,000	4,300
Le Vengeron	0,273	0,250	0,860	0,010	0,268
L'Hermance	0,320	1,090	8,540	0,030	0,480
Le Nant d'Aisy	0,098	0,392	1,810	0,060	0,186
Totaux	7,438	6,725			7,275
Ensemble Lac Léman	252,420	237,380			249,715
Rhône, émissaire		232			
SOLDES					

Tableau N° 2 : DEBIT DES AFFLUENTS DU LAC LEMAN
en mètres cubes par seconde

AFFLUENTS	NORMES 1964 - 1969	Année 1970			NORMES 1964-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	1,816	1,757	2,200	1,240	1,805
L'Eau froide	1,091	0,985	1,710	0,450	1,072
La Maladaire	0,061	0,061	0,150	0,040	0,061
La Veveyse	1,394	1,757	3,120	0,660	1,459
Le Forestay	0,378	0,431	1,530	0,180	0,388
La Lutrive	0,163	0,105	0,420	0,020	0,153
La Paudèze	0,353	0,194	0,510	0,070	0,325
Le Flon, Lausanne	1,304	1,177	1,620	1,000	1,268
La Chamberonne	0,865	0,342	1,050	0,080	0,772
La Venoge	3,735	4,343	13,530	0,870	3,843
La Morge	0,428	0,324	0,920	0,110	0,410
L'Aubonne	5,756	6,191	13,560	1,440	5,833
La Dullive	-	0,585	0,930	0,240	0,585
Totaux	17,344	18,252			17,974
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	5,783	6,544	8,645	5,050	5,876
La Bouverette	0,577	0,601	1,137	0,235	0,580
La Morge St-Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	16,168	30,080	92,000	10,000	20,030
Totaux	22,528	37,225			26,486
Rhône, embouchure	202,568	245,167	607,000	138,000	207,680
Ensemble Grand Lac Totaux	242,440	300,544			252,140
Petit Lac					
La Promenthouse	1,618	1,385	3,100	0,370	1,576
Nant de Riond (Crans)	0,037	0,046	0,070	0,010	0,038
Nant de Pry	-	0,140	0,220	0,070	0,140
Nant du Brassu	0,205	0,241	0,420	0,100	0,218
La Doye	0,136	0,216	0,770	0,090	0,151
Le Ferry					
La Versoix	4,300	4,081	7,070	1,330	4,257
Le Vengeron	0,268	0,185	0,640	0,030	0,253
L'Hermance	0,480	0,265	0,730	0,020	0,440
Le Nant d'Aisy	0,186	0,048	0,048	0,140	0,154
Totaux	7,275	6,607			7,227
Ensemble Lac Léman Rhône, émissaire	249,715	307,151			259,367
SOLDES		285			

2. RESULTATS DES ANALYSES ETUDE DES APPORTS

2.1. TEMPERATURE DE L'EAU DES AFFLUENTS (cf. tableaux No 3 et 4)

L'augmentation du nombre des prélèvements et leur répartition sur l'ensemble de l'année a eu, à partir de 1969, comme conséquence logique de quelque peu abaisser les moyennes annuelles de la température de l'eau des affluents du lac Léman.

Par ailleurs naturellement les conditions météorologiques jouent un rôle primordial sur les résultats de cette détermination. En 1969, nous rencontrons, en début d'année, des températures basses, comprises entre 0 et 2° C pour l'ensemble des affluents à l'exception de la Promenthouse (2,7° C), du Nant d'Aisy, du Grand Canal, de l'Eau froide, de la Maladaire (4,3 - 5,0° C) et du Flon à Lausanne (9,2° C). Les maxima sont relativement élevés, puisqu'ils dépassent 15° C pour l'ensemble des affluents, à l'exception du Grand Canal et de l'Eau froide, de la rive droite du Grand Lac, 15° C également pour les cours d'eau du Petit Lac, mis à part la Versoix, la Promenthouse et le Nant du Brassu, 14,5° pour la Dranse. Le Rhône à son embouchure et les affluents secondaires valaisans présentent des variations de moindre amplitude. En 1970, nous observons une certaine diminution des écarts, dans le sens que les valeurs maximum ont été plus faibles que l'année précédente et les températures minimum plus élevées qu'en 1969.

Cette évolution a une influence directe sur la température moyenne de l'ensemble des affluents étudiés qui, de 9,57° C en 1969, tombe à 8,79° C l'année suivante. La différence est plus accentuée pour les cours d'eau du Grand Lac - 9,78° C en 1969 et 8,80° C en 1970 - que pour les rivières du Petit Lac - respectivement 9,21 et 8,78° C -.

Les valeurs moyennes les plus élevées se recontrent dans l'eau du Flon à Lausanne - 14,3 et 13,6° pour les deux années considérées - et celles du Nant d'Aisy près de Genève - 11,05 et 11,18° C -. Ces deux affluents servent d'exutoires à des stations d'épuration biologiques dont les débits sont importants par rapport à leur propre volume.

Tableau N° 3 : TEMPERATURE DE L'EAU DES AFFLUENTS
en degrés centigrades

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	10,04	9,41	12,20	5,00	9,91
L'Eau froide	9,04	8,22	11,60	4,30	8,87
La Maladaire	11,88	10,68	17,30	4,30	11,62
La Veveyse	9,63	8,28	17,80	0,40	9,34
Le Forestay	10,69	9,56	17,60	0,30	10,45
La Lutrive	11,89	10,46	20,20	1,20	11,59
La Paudèze	11,61	9,75	18,70	1,30	11,22
Le Flon, Lausanne	14,23	14,27	19,90	9,20	14,25
La Chamberonne	12,98	10,48	18,10	0,80	12,45
La Venoge	11,69	10,25	19,60	0,30	11,39
La Morge	12,35	10,90	19,30	1,90	12,04
L'Aubonne	10,24	8,95	15,90	2,00	9,97
Totaux Moyennes	11,36	10,10			11,09
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	9,64	9,09	12,70	2,50	9,55
La Bouverette	10,43	9,80	13,00	5,00	10,33
La Morge St-Gingolph	8,36	7,25	10,00	2,00	8,21
La Dranse	11,32	9,92	14,50	1,70	10,95
Totaux Moyennes	9,94	9,02			9,76
Rhône, embouchure	8,36	8,91	12,20	4,50	8,45
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	10,85	9,78			10,62
Petit Lac					
La Promenthouse	9,66	8,45	13,20	2,70	9,40
Nant de Riond (Crans)	10,48	8,96	17,00	1,80	10,18
Nant de Pry	9,75	8,80	17,00	1,00	9,25
Nant du Brassu	8,77	8,08	13,00	1,10	8,39
La Doye	10,67	9,30	15,70	1,10	10,36
Le Torry	11,38	9,82	17,00	0,40	11,05
La Versoix	9,49	8,50	13,60	2,40	9,30
Le Vengeron	10,99	9,90	18,00	1,60	10,80
L'Hermance	10,59	9,27	22,40	0,00	10,34
Le Nant d'Aisy	11,29	11,05	18,20	4,90	11,22
Totaux Moyennes	10,31	9,21			10,03
Ensemble Lac Léman	10,65	9,57			10,40
Rhône, émissaire	13,09	11,85	25,40	4,40	12,69
SOLDES					

Tableau N° 4 : TEMPERATURE DE L'EAU DES AFFLUENTS
en degrés centigrades

AFFLUENTS	NORMES 1963-1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	9,91	8,98	11,80	7,10	9,76
L'Eau froide	8,87	8,04	11,60	5,50	8,73
La Maladaire	11,62	10,37	16,00	6,30	11,42
La Veveyse	9,34	7,18	13,90	2,10	8,99
Le Forestay	10,45	8,97	15,90	3,30	10,21
La Lutrive	11,59	9,50	17,20	3,90	11,25
La Paudèze	11,22	8,58	17,60	2,10	10,79
Le Flon, Lausanne	14,25	13,60	19,80	8,20	14,08
La Chamberonne	12,45	9,18	16,10	3,50	11,92
La Venoge	11,39	8,69	15,80	4,20	10,95
La Morge	12,04	9,35	15,80	3,40	11,74
L'Aubonne	9,97	7,52	9,80	5,20	9,57
La Dullive	-	8,11	12,80	3,20	8,11
Totaux Moyennes	11,09	9,08			10,57
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	9,55	8,29	11,20	5,80	9,42
La Bouverette	10,33	9,55	10,50	7,00	10,24
La Morge St-Gingolph	8,21	6,93	8,70	4,00	8,06
La Dranse	10,95	8,03	13,60	2,90	10,22
Totaux Moyennes	9,76	8,20			9,49
Rhône, embouchure	8,45	7,50	9,80	3,80	8,34
Ensemble Grand Lac Moyennes	10,62	8,80			10,21
Petit Lac					
La Promenthouse	9,40	7,22	10,40	4,20	9,05
Nant de Riond (Crans)	10,18	8,52	13,20	4,60	9,90
Nant de Pry	9,25	8,47	13,10	4,10	8,98
Nant du Brassu	8,39	8,01	11,60	4,40	8,26
La Doye	10,36	7,85	14,20	3,90	9,94
Le Torry	11,05	-	-	-	-
La Versoix	9,30	8,15	11,80	4,60	9,11
Le Vengeron	10,80	10,17	18,00	4,00	10,67
L'Hermance	10,34	9,43	19,00	2,20	10,20
Le Nant d'Aisy	11,22	11,18	18,00	5,00	11,21
Totaux Moyennes	10,03	8,78			9,70
Ensemble Lac Léman	10,40	8,79			9,29
Rhône, émissaire	12,69	11,39	24,00	4,20	12,37
SOLDES					

2.2. pH de l'EAU DES AFFLUENTS (Cf. tableaux No 5 et 6)

Jusqu'à la fin 1969, les laboratoires et instituts, travaillant au sein de la Sous-commission technique, nous ont communiqué directement les valeurs des pH corrigées pour une température de 25° C. A partir de 1970, il a été décidé de ne tenir désormais compte que des valeurs mesurées au moment même des prélèvements, soit à la température de l'échantillon. En conséquence les chiffres de 1969 correspondent, dans ce rapport, à des pH corrigés, alors que ceux de l'année suivante ont trait à des pH mesurés à la température des échantillons, au moment des prélèvements.

Comme nous l'avons déjà relevé dans nos précédents rapports, il existe un lien entre les conditions météorologiques et le pH corrigé de l'eau de l'ensemble des affluents, dans le sens qu'à une année humide correspondent généralement des pH légèrement plus faibles. En effet, on peut supposer qu'une période pluvieuse ralentit quelque peu l'activité biologique et que, de ce fait, par le jeu de la photosynthèse, l'absorption par les plantes aquatiques de l'acide carbonique dissous est moins vive. Par ailleurs les précipitations augmentent le débit des affluents et favoriseraient ainsi indirectement, par l'augmentation du ruissellement, la dissolution d'air atmosphérique, donc d'acide carbonique. Ces deux phénomènes peuvent concourir à abaisser le pH de l'eau. Au contraire, au cours des années sèches, plus ensoleillées, l'absorption de l'acide carbonique par les plantes serait plus marquée alors que les apports atmosphériques le seraient moins, d'où augmentation du pH.

Par ailleurs, il faut bien remarquer encore que, d'après les tables employées, la correction apportée à la mesure du pH en fonction de la température de l'eau est d'autant plus importante que l'eau est plus froide ! Ainsi il est possible que les différences constatées, pour autant que les tables de correction utilisées ne soient pas adaptées à la composition de l'eau des affluents, ne reflètent pas la réalité.

En 1969, la tendance indiquée précédemment a été quelque peu perturbée par rapport aux années précédentes, du fait de l'augmentation du nombre de prélèvements en automne et en hiver. Alors que l'on aurait dû s'attendre à avoir des pH moyens plutôt élevés, du fait des conditions météorologiques, en réalité on enregistre un pH corrigé moyen, 7,54 pour l'ensemble des affluents, plus faible que la moyenne multiannuelle, 7,65 calculée sur les résultats des années 1963 à 1968.

En 1970, le pH mesuré pour l'ensemble des affluents s'élève à 7,91. La majorité des affluents ont des pH moyens proches ou légèrement supérieurs à 8,0. Font exception les affluents secondaires de la plaine du Rhône, le Grand Canal (7,21), l'Eau froide (7,25) et le Canal Stockalper (7,21) et, sur la rive droite du lac, le Flon à Lausanne (7,20).

Tableau N° 5 : pH CORRIGE DE L'EAU DES AFFLUENTS
correction à 25° C

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	6,93	6,93	7,15	6,81	6,93
L'Eau froide	7,09	7,03	7,41	6,80	7,08
La Maladaire	7,58	7,57	7,75	7,42	7,58
La Veveysse	7,70	7,64	7,89	7,46	7,69
Le Forestay	7,72	7,75	8,08	7,52	7,73
La Lutrive	7,74	7,67	7,91	7,33	7,73
La Paudèze	7,82	7,79	8,14	7,49	7,82
Le Flon, Lausanne	7,06	7,03	7,28	6,88	7,05
La Chamberonne	7,49	7,49	7,74	7,23	7,49
La Venoge	7,55	7,51	7,71	7,22	7,54
La Morge	7,75	7,76	8,12	7,46	7,75
L'Aubonne	7,69	7,69	8,17	7,46	7,69
Totaux Moyennes	7,51	7,49			7,51
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	7,14	7,21	7,70	6,90	7,15
La Bouverette	7,32	7,29	7,60	7,00	7,32
La Morge St-Gingolph	7,76	7,77	8,10	7,60	7,76
La Dranse	8,06	7,77	8,18	7,55	7,98
Totaux Moyennes	7,57	7,51			7,55
Rhône, embouchure	7,40	7,30	7,60	6,90	7,38
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	7,52	7,48			7,51
Petit Lac					
La Promenthouse	7,58	7,61	7,71	7,47	7,59
Nant de Riond (Crans)	8,03	7,79	8,12	6,81	7,98
Nant de Pry	7,97	7,81	8,08	6,60	7,88
Nant du Brassu	8,02	7,76	8,05	6,58	7,88
La Doye	7,56	7,59	7,70	7,44	7,57
Le Torry	7,49	7,48	7,64	7,23	7,48
La Versoix	8,12	7,67	8,09	6,61	8,03
Le Vengeron	7,93	7,48	7,83	6,77	7,84
L'Hermance	8,12	7,61	8,72	6,59	8,02
Le Nant d'Aisy	7,84	7,49	7,92	6,73	7,74
Totaux Moyennes	7,87	7,63			7,80
Ensemble Lac Léman	7,65	7,54			7,62
Rhône, émissaire	8,18	7,90	8,75	7,45	8,09
SOLDES					

Tableau N° 6 : pH MESURE DE L'EAU DES AFFLUENTS
mesure directe au prélèvement

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	7,24	7,21	7,40	7,10	7,23
L'Eau froide	7,36	7,25	7,50	7,10	7,31
La Maladaire	7,85	7,87	8,10	7,70	7,86
La Veveyse	7,97	7,97	8,30	7,70	7,97
Le Forestay	8,05	8,09	8,50	8,00	8,07
La Lutrive	8,01	7,93	8,00	7,80	7,97
La Paudèze	8,08	8,09	8,40	7,90	8,08
Le Flon, Lausanne	7,27	7,26	7,40	7,20	7,27
La Chamberonne	7,77	7,85	8,00	7,70	7,80
La Venoge	7,79	7,81	7,90	7,60	7,80
La Morge	8,03	7,95	8,10	7,90	7,99
L'Aubonne	8,00	7,96	8,10	7,80	7,98
La Dullive	-	7,83	7,90	7,60	7,83
Totaux Moyennes	7,79	7,77			7,78
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	7,52	7,20	7,40	7,20	7,38
La Bouverette	7,61	7,72	8,40	7,40	7,65
La Morge St-Gingolph	8,12	8,22	8,70	7,90	8,17
La Dranse	8,06	8,17	8,60	7,90	8,12
Totaux Moyennes	7,83	7,83			7,83
Rhône, embouchure	7,58	7,58	8,00	6,90	7,58
Ensemble Grand Lac Moyennes	7,78	7,78			7,78
Petit Lac					
La Promenthouse	7,93	7,87	8,00	7,80	7,90
Nant de Riond (Crans)	8,10	8,44	8,59	8,35	8,27
Nant de Pry	8,12	8,40	8,55	8,27	8,26
Nant du Brassu	8,10	8,41	8,55	8,16	8,26
La Doye	7,89	7,90	8,10	7,70	7,90
Le Torry	7,78	-	-	-	-
La Versoix	7,98	8,37	8,54	8,14	8,17
Le Vengeron	7,78	7,96	8,20	7,68	7,87
L'Hermance	7,84	8,19	8,40	7,84	8,07
Le Nant d'Aisy	7,74	7,98	8,32	7,62	7,86
Totaux Moyennes	7,93	8,17			8,06
Ensemble Lac Léman	7,84	7,91			7,87
Rhône, émissaire	8,13	8,38	8,90	7,97	8,26
SOLDES					

2.3. OXYGENE DISSOUS (cf. tableaux No 7,8,9,10,11 et 12).

La concentration moyenne en oxygène dissous, pour les 27 affluents étudiés par la Sous-commission technique, s'élève à 9,94 mg/l en 1969 et à 10,32 mg/l en 1970. Ces chiffres correspondent à des taux de saturation respectivement de 92,6 à 94,4 %. Ces valeurs, comparées à celles des années précédentes, sont relativement basses, bien qu'elles tiennent compte des mesures supplémentaires effectuées pendant les mois froids de l'année - période pendant laquelle la teneur en oxygène dissous de l'eau des affluents est généralement plus marquée - :

Année	1963	: 10,13 mg/l O ₂	= 100,9 %	taux de saturation
	1964	: 9,53	= 94,7 %	
	1965	: 10,76	= 100,6 %	
	1966	: 10,22	= 97,0 %	
	1967	: 9,93	= 93,6 %	
	1968	: 10,53	= 99,7 %	
	1969	: 9,94	= 92,6 %	
	1970	: 10,32	= 94,4 %	

L'augmentation par rapport à 1969 de la teneur en 1970 est en étroite relation avec les conditions météorologiques. A une année sèche, telle 1969, correspond une teneur moyenne relativement faible, alors que les années humides, en particulier 1970, sont caractérisées par une oxygénation meilleure.

Les taux de saturation moyens assez bas constatés pendant les deux années que couvre ce rapport sont avant tout dus, à notre avis, aux prélèvements supplémentaires effectués en automne et en hiver. A cette période, la température des affluents est basse et leur eau, en conséquence, est capable de solubiliser plus d'oxygène avant d'atteindre la saturation. Nous constatons certes une augmentation de la concentration en oxygène dissous mais elle se solde cependant, à cette période de l'année, par un taux de saturation moins prononcé qu'au printemps.

Les affluents dont l'eau est la moins oxygénée se répartissent en deux groupes : tout d'abord les cours d'eau secondaires de la plaine du Rhône, le Grand Canal, l'Eau froide, le Canal Stockalper et ensuite les rivières polluées ou utilisées comme exutoires de stations d'épuration, en particulier le Flon à Lausanne (15 % en 1969 et 28 % en 1970), la Maladaire (95 et 97 %), la Chamberonne (85 et 94 %), le Vengeron (72 et 71 %), l'Hermance (83 et 97 %) et enfin le Nant d'Aisy (91 et 89 %). La Venoge a accusé, en 1969, une diminution assez marquée de sa concentration en oxygène dissous. Celle-ci est tombée de 10,49 mg/l, valeur des normes 1963 - 1968, à 9,87 mg/l, soit en taux de saturation, de 102,5 à 92,4 %. En 1970, la situation est à nouveau meilleure, avec 10,80 mg/l (98,5 %). En 1970, nous constatons un phénomène identique pour

la Morge. Cette rivière passe, de 1969 à 1970, de 10,86 à 9,85 mg/l O₂ soit, en taux de saturation, de 104 à 90 %, et ceci bien que la deuxième année ait été plus favorable à une bonne oxygénation des eaux des affluents que la première.

Les concentrations les plus faibles ont été mises en évidence, en 1969, dans l'eau du Flon (0,62 mg/l), du Vengeron (2,18 mg/l) et du Grand Canal (3,24 mg/l). En 1970 cette liste est plus longue puisqu'elle comprend le Flon (0,23 mg/l), le Forestay (1,66 mg/l), la Morge (2,63 mg/l), le Vengeron (2,74) et le Grand canal (2,87 mg/l).

Les apports globaux en oxygène ont été, en 1969 et 1970, respectivement de 82.400 et 108.900 tonnes, alors que les normes pour l'ensemble des années 1964 - 1968 s'élèvent à 88.650 tonnes par an. En réalité ces chiffres sont probablement trop élevés du fait des surestimations que nous avons, en chiffres ronds, estimées à 10 - 15 % pour l'année 1969 et à 17 - 22 % pour l'année suivante. En tenant compte des causes d'erreurs, nous obtenons les apports globaux suivants :

Année	1969	: env. 74.000 tonnes/an
	1970	: env. 87.000 " "

Ces apports évalués ne permettent pas de couvrir les pertes dues à l'émissaire qui se sont pour les deux années considérées, élevées à :

Année	1969	: 83.100 tonnes/an
	1970	: 104.500 " "

En admettant que les chiffres calculés des apports soient exacts, c'est-à-dire qu'ils n'aient pas été surestimés dans les proportions indiquées précédemment, nous obtenons, en tenant compte de l'émissaire, les soldes suivants :

Normes 1964-1968	: + 6.900 tonnes/an
Année 1969	: - 700 "
Année 1970	: + 4.350 "
Normes 1964-1970	: + 2.800 "

Ces soldes positifs très faibles, voire négatifs en 1969, ne permettent pas au lac de couvrir les consommations en oxygène dues aux apports des affluents, comme le démontreront les résultats des dosages de la demande biologique en oxygène.

Les apports les plus importants en oxygène sont le fait du Rhône et de la Dranse :

Rhône	1969	: 68.100 tonnes/an
	1970	: 88.000 "
Dranse	1969	: 5.500 "
	1970	: 10.750 "

Ces deux rivières couvrent près du 90 % des apports totaux.

Tableau N° 7 : CONCENTRATION EN OXYGENE DISSOUS
en mg/l d'oxygène

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	5,89	4,98	7,35	3,24	5,70
L'Eau froide	8,99	7,90	11,70	5,09	8,76
La Maladaire	10,02	9,90	12,06	8,39	10,00
La Veveyse	11,98	12,14	14,40	9,61	12,02
Le Forestay	11,18	11,76	14,56	9,31	11,30
La Lutrive	10,91	11,56	13,43	6,61	11,05
La Paudèze	12,36	11,88	14,43	9,42	12,25
Le Flon, Lausanne	2,97	1,48	3,78	0,62	2,33
La Chamberonne	7,14	9,11	12,20	6,58	7,55
La Venoge	10,49	9,87	12,67	6,63	10,36
La Morge	11,25	10,86	13,58	7,71	11,16
L'Aubonne	11,42	11,15	12,87	9,33	11,36
Totaux Moyennes	9,55	9,38			9,49
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	9,66	8,85	11,00	7,00	9,53
La Bouverette	11,50	11,73	13,10	9,47	11,54
La Morge St-Gingolph	12,23	11,76	12,90	11,20	12,17
La Dranse	11,03	10,24	12,43	5,54	10,83
Totaux Moyennes	11,11	10,65			11,02
Rhône, embouchure	11,50	11,44	12,50	10,70	11,49
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	10,03	9,80			9,96
Petit Lac					
La Promenthouse	11,03	11,12	13,43	8,51	11,05
Nant de Riond (Crans)	9,81	10,36	13,71	5,16	9,92
Nant de Pry	10,10	11,19	13,41	8,85	10,67
Nant du Brassu	10,97	11,01	13,67	8,75	10,99
La Doye	10,26	10,81	13,47	8,11	10,38
Le Torry	9,04	9,36	13,09	6,12	9,11
La Versoix	11,45	11,54	14,05	9,51	11,47
Le Vengeron	8,70	7,88	12,31	2,18	8,54
L'Hernance	10,76	9,08	13,45	4,40	10,44
Le Nant d'Aisy	8,97	9,40	11,67	6,44	9,10
Totaux Moyennes	10,11	10,18			10,17
Ensemble Lac Léman	10,06	9,94			10,04
Rhône, émissaire	11,05	11,36	13,55	9,65	11,15
SOLDES					

Tableau N° 8 : CONCENTRATION EN OXYGENE DISSOUS
en mg/l d'oxygène

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	5,70	5,02	6,02	2,87	5,59
L'Eau froide	8,76	8,41	10,94	5,69	8,70
La Maladaire	10,00	10,16	11,66	8,31	10,02
La Veveyse	12,02	11,90	13,55	8,98	12,00
Le Forestay	11,30	11,10	14,80	1,66	11,27
La Lutrive	11,05	11,18	12,78	8,73	11,07
La Paudèze	12,25	11,92	13,59	8,62	12,20
Le Flon, Lausanne	2,33	2,84	9,51	0,23	2,48
La Chamberonne	7,55	10,12	12,23	7,89	7,97
La Venoge	10,36	10,80	12,61	8,54	10,43
La Morge	11,16	9,85	12,76	2,63	10,95
L'Aubonne	11,36	11,65	12,92	10,89	11,41
La Dullive	-	10,91	12,92	7,43	10,91
Totaux Moyennes	9,55	9,68			9,62
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	9,53	9,18	10,30	7,80	9,49
La Bouverette	11,54	11,77	13,60	9,90	11,56
La Morge St-Gingolph	12,17	12,52	14,00	11,40	12,21
La Dranse	10,83	11,01	12,58	8,03	10,87
Totaux Moyennes	11,02	11,12			11,03
Rhône, embouchure	11,49	11,40	11,80	10,80	11,48
Ensemble Grand Lac	Totaux Moyennes	9,96	10,10		10,03
Petit Lac					
La Promenthouse	11,05	11,21	12,84	9,40	11,08
Nant de Riond (Crans)	9,92	11,67	12,98	10,43	10,21
Nant de Pry	10,67	11,68	13,70	10,50	11,01
Nant du Brassu	10,99	11,43	12,30	9,91	11,15
La Doye	10,38	11,56	12,95	10,55	10,58
Le Torry	9,11	-	-	-	-
La Versoix	11,47	11,85	12,18	11,40	11,53
Le Vengeron	8,54	7,77	11,64	2,74	8,41
L'Hermance	10,44	10,54	12,51	6,89	10,46
Le Nant d'Aisy	9,10	9,21	11,68	5,20	9,12
Totaux Moyennes	10,17	10,77			10,39
Ensemble Lac Léman	10,04	10,32			10,15
Rhône, émissaire	11,15	11,63	13,36	9,98	11,27
SOLDES					

Tableau N° 9 : TAUX DE SATURATION EN OXYGENE DISSOUS

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	56,2	46,5	64,8	32,1	54,2
L'Eau froide	83,5	72,3	109,4	43,0	81,2
La Maladaire	99,2	94,8	108,9	84,3	98,2
La Veveyse	112,0	109,2	128,7	102,9	111,4
Le Forestay	107,1	108,7	119,1	100,6	107,4
La Lutrive	107,2	110,8	141,9	66,8	108,0
La Paudèze	121,8	112,1	150,4	88,5	119,7
Le Flon, Lausanne	30,4	15,3	39,5	7,0	24,0
La Chamberonne	68,5	85,2	97,7	66,4	72,2
La Venoge	102,5	92,4	104,2	65,8	100,3
La Morge	112,5	103,8	125,9	83,6	110,7
L'Aubonne	109,8	102,9	109,7	88,6	108,4
Totaux Moyennes	92,56	87,8			91,3
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	91,3	82,7	107,0	61,0	89,9
La Bouverette	110,6	111,2	121,0	89,2	110,7
La Morge St-Gingolph	111,7	105,2	114,0	93,4	110,8
La Dranse	108,1	96,6	131,9	48,8	105,1
Totaux Moyennes	105,4	98,9			104,1
Rhône, embouchure	105,0	103,9	110,0	92,4	104,8
Ensemble Grand Lac					
Totaux Moyennes	96,3	91,4			95,1
Petit Lac					
La Promenthouse	104,4	101,4	107,2	77,2	100,3
Nant de Riend (Crans)	92,8	96,5	106,0	49,7	93,5
Nant de Pry	94,0	102,0	109,2	93,0	98,2
Nant du Brassu	102,9	98,9	109,0	78,6	100,7
La Doye	98,6	100,0	106,9	86,2	98,9
Le Torry	87,5	86,6	103,8	67,4	87,3
La Versoix	107,6	105,4	116,0	88,0	107,2
Le Vengeron	82,3	72,2	101,0	28,1	80,2
L'Hermance	102,4	83,4	113,2	41,0	98,8
Le Nant d'Aisy	85,7	91,4	112,0	65,6	87,4
Totaux Moyennes	96,1	92,3			95,2
Ensemble Lac Léman	96,4	92,6			95,5
Rhône, émissaire	112,0	112,3	143,8	93,7	112,1
SOLDES					

Tableau N° 10 : TAUX DE SATURATION EN OXYGENE DISSOUS

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	54,2	46,1	54,1	21,1	52,9
L'Eau froide	81,2	76,4	101,2	54,7	80,4
La Maladaire	98,2	96,8	105,8	83,4	98,0
La Veveyse	111,4	104,5	109,6	93,1	110,3
Le Forestay	107,4	110,5	122,2	101,1	107,9
La Lutrive	108,0	104,0	123,0	91,9	107,4
La Paudèze	119,7	108,6	128,8	93,6	117,9
Le Flon, Lausanne	24,0	27,9	88,1	2,4	25,1
La Chamberonne	72,2	93,5	113,9	66,3	75,6
La Venoge	100,3	98,5	107,5	91,0	100,1
La Morge	110,7	89,9	119,0	28,0	107,3
L'Aubonne	108,4	104,5	109,6	101,9	107,7
Le Dullive	-	98,4	107,3	96,2	98,4
Totaux Moyennes	91,3	89,2			91,5
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	89,9	84,2	96,2	74,3	89,2
La Bouverette	110,7	110,5	129,2	84,0	110,6
La Morge St-Gingolph	110,8	109,2	126,0	99,3	110,6
La Dranse	105,1	99,4	113,7	65,1	103,7
Totaux Moyennes	104,8	100,8			103,5
Rhône, embouchure	104,8	102,2			104,5
Ensemble Grand Lac Moyennes	95,1	92,5			94,9
Petit Lac					
La Promenthouse	100,3	99,7	108,1	80,7	100,1
Nant de Riond (Crans)	93,5	106,3	112,8	102,1	95,6
Nant de Pry	98,2	106,0	113,4	100,9	100,8
Nant du Brassu	100,7	103,0	107,8	94,0	101,5
La Doye	98,9	104,1	113,5	98,0	99,8
Le Torry	-	-	-	-	-
La Versoix	107,2	107,4	115,8	98,3	107,2
Le Vengeron	80,2	71,2	102,2	30,9	78,7
L'Hermance	98,8	96,5	111,1	75,9	98,5
Le Nant d'Aisy	87,4	88,8	97,8	51,2	87,6
Totaux Moyennes	95,2	98,1			96,6
Ensemble Lac Léman	95,5	94,4			95,5
Rhône, émissaire	112,1	114,2	160,8	96,0	112,6
SOLDES					

Tableau N° 11 : APPORTS EN OXYGENE DISSOUS
en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES
	1964-1968	ANNEE 1969	1964-1969
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	338,6	280,5	325,0
L'Eau froide	314,0	325,4	316,7
La Maladaire	21,8	11,9	19,4
La Veveyse	522,0	537,9	525,8
Le Forestay	147,1	110,0	138,6
La Lutrive	89,3	46,1	55,5
La Paudèze	148,6	77,7	131,9
Le Flon, Lausanne	119,7	60,8	94,5
La Chamberonne	205,1	172,3	197,4
La Venoge	1'230,1	1'467,7	1'286,1
La Morge	150,3	159,9	152,6
L'Aubonne	2'339,4	1'261,8	2'086,0
Totaux	5'626,0	4'512,0	5'329,5
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	1'750,8	1'667,2	1'737,2
La Bouverette	207,8	212,6	208,6
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	5'481,8	5'523,2	5'493,3
Totaux	7'440,4	7'403,0	7'439,1
Rhône, embouchure	72'899,1	68'100,2	72'026,7
Ensemble Grand Lac Totaux	85'965,5	80'015,2	84'795,3
Petit Lac			
La Promenthouse	667,7	314,7	584,7
Nant de Riond (Crans)	11,7	13,6	12,0
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	73,7	69,7	71,6
La Doye	47,1	32,2	43,2
Le Torry	13,8	7,25	12,3
La Versoix	1'629,2	1'379,4	1'573,0
Le Vengeron	91,3	80,4	88,9
L'Hermance	121,5	355,7	164,9
Le Nant d'Aisy	30,6	128,6	60,2
Totaux	2'686,6	2'381,5	2'610,8
Ensemble Lac Léman	88'652,1	82'396,7	87'406,1
Rhône, émissaire	81'742,5	83'092,3	82'225,7
SOLDES	6'909,6	695,6	5'180,4

Tableau N° 12 : APPORTS EN OXYGENE DISSOUS
en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1970
	1964-1969	Année 1970	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	325,0	275,6	319,1
L'Eau froide	316,7	267,7	308,1
La Maladaire	19,4	20,2	19,6
La Veveyse	525,8	668,9	551,3
Le Forestay	138,6	168,4	143,8
La Lutrive	55,5	39,7	52,7
La Paudèze	131,9	73,2	121,4
Le Flon, Lausanne	94,5	106,9	98,1
La Chamberonne	197,4	117,3	183,2
La Venoge	1'286,1	1'542,4	1'331,5
La Morge	152,6	135,9	149,5
L'Aubonne	2'086,0	2'087,7	2'114,8
La Dullive	-	207,2	207,2
Totaux	5'329,5	5'711,1	5'600,3
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	1'737,2	1'918,3	1'759,4
La Bouverette	208,6	206,3	208,5
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	5'493,3	10'755,7	6'901,3
Totaux	7'439,1	12'880,3	8'869,2
Rhône, embouchure	72'026,7	87'929,3	73'934,9
Ensemble Grand Lac	84'795,3	106'520,7	88'404,4
Petit Lac			
La Promenthouse	584,7	479,6	550,9
Nant de Riond (Crans)	12,0	14,2	12,3
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	71,6	88,6	77,6
La Doye	43,2	78,2	49,8
Le Torry	12,3	-	-
La Versoix	1'573,0	1'527,6	1'564,5
Le Vengeron	88,9	57,7	83,3
L'Hermance	164,9	100,0	152,9
Le Nant d'Aisy	60,2	15,5	49,8
Totaux	2'610,8	2'361,4	2'541,1
Ensemble Lac Léman	87'406,1	108'882,1	90'945,5
Rhône, émissaire	82'225,7	104'532,1	88'108,4
SOLDES	5'180,4	4'350,0	2'837,1

2.4. DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (cf. tableaux No 13,14,15,16,17 et 18)

L'étude de la demande biologique en oxygène revient en fait, dans le cas des affluents d'un lac, à chiffrer un apport négatif, c'est-à-dire à évaluer combien d'oxygène, prélevé sur les apports des affluents et sur ses propres réserves, ce lac devra fournir pour minéraliser les substances qui y sont déversées.

En 1969, la demande biologique en oxygène, pour l'ensemble des affluents étudiés, s'est élevée à 8,19 mg/l O₂, soit une valeur pratiquement identique à celle de l'année précédente, 8,14 mg/l O₂. En 1970, ce critère baisse quelque peu et atteint 7,10 mg/l O₂. Par contre du fait des fluctuations des concentrations en oxygène dissous, nous constatons que le taux de consommation moyen passe de 114,8 % en 1968 à 164,2 % en 1969 et qu'il retombe à 148,5 % l'année suivante.

En 1969, 8 rivières consomment plus d'oxygène que leurs apports en comportent. Ce sont la Maladaire (256,7 %), le Forestay (148 %), la Lutrive (102 %), la Paudèze (129 %), le Flon à Lausanne (2.350 %), la Chamberonne (160 %) pour le Grand Lac et le Vengeron (137 %), Le Nant d'Aisy (107 %) pour le Petit Lac. En 1970, 6 affluents accusent un déficit de leur bilan en oxygène. Ce sont la Maladaire (176 %), le Forestay (111 %), le Flon à Lausanne (2.120 %), la Chamberonne (111 %) et fait à relever, la Morge (254 %) pour la rive vaudoise du lac et le Vengeron (259 %) pour les rives genevoises.

Les rivières importantes consommant le moins d'oxygène sont, la première année, la Versoix (25 %), le Rhône (41 %), la Dranse (49 %), le Canal Stockalper (37 %), l'Aubonne (39 %), la Veveyse (37 %) et la seconde, la Versoix (14 %), le Rhône (42 %), la Dranse (40 %), le canal Stockalper (32 %), l'Aubonne (30 %), la Venoge (56 %), la Veveyse (42 %).

L'évolution de la demande biologique du Rhône à son embouchure est assez alarmante, surtout en considérant qu'il est, de loin, l'affluent le plus important du Léman.

Année 1967	: 2,53 mg/l O ₂	= 21,4 %	taux de consommation
1968	: 3,24	= 28,3 %	" "
1969	: 4,63	= 40,7 %	" "
1970	: 4,80	= 42,2 %	" "

La qualité de l'eau de la Venoge s'est, quant à sa demande biologique en oxygène, quelque peu aggravée en 1969 et nous constatons un phénomène identique, plus marqué, pour la Morge l'année suivante.

Le Flon à Lausanne, qui constitue pratiquement l'affluent de la station d'épuration de Vidy, présente des consommations en oxygène supérieures aux normes suisses en la matière (20,0 mg/l O₂), avec des

D.B. moyennes s'élevant à 27,98 mg/l O₂ en 1969 et 22,90 mg/l O₂ en 1970 et des maxima respectivement de 42,60 et 31,00 mg/l O₂. Cette rivière n'est malheureusement pas la seule à accuser des consommations en oxygène très élevées pour certains prélèvements. Ainsi nous avons relevé les maxima suivants :

1969	la Maladaire	48,02 mg/l O ₂
	le Forestay	32,60 "
	la Lutrive	24,20 "
	la Paudèze	24,90 "
	la Chamberonne	35,40 "
	la Doye	35,60 "
	le Torry	24,90 "
	le Nant d'Aisy	33,25 "
1970	la Maladaire	31,15 "
	le Forestay	20,84 "
	la Morge	34,17 "
	le Vengeron	29,25 "
	le Nant d'Aisy	30,80 "

Les quantités d'oxygène que le lac a dû fournir pour minéraliser les apports de ses affluents ont été de :

Année 1967	: 29.052,5 tonnes/an
1968	: 24.974,1 "
1969	: 35.228,9 "
1970	: 45.328,4 "

En tenant compte des soldes, positifs ou négatifs, des bilans de l'oxygène dissous, nous obtenons les déficits globaux annuels en oxygène suivants :

Année 1967	: 23.620 tonnes/an
1968	: 22.750 "
1969	: 35.920 "
1970	: 41.000 "

Cette évolution est alarmante, d'autant plus que les éventuelles erreurs, dues aux surestimations des débits, ne jouent pas de rôle puisque, apparaissant aussi bien dans les calculs des apports en oxygène que dans ceux de la demande biologique en oxygène, elles s'annulent.

Le Rhône à son embouchure qui, à notre avis, du fait de l'importance de ses débits, joue un rôle primordial dans l'équilibre du lac Léman, voit sa propre consommation en oxygène, comme nous l'avons déjà relevé, augmenter d'année en année : 19.670 tonnes en 1967, 23.000 en 1968, 27.450 en 1969, 36.900 en 1970. En conséquence, le solde positif en oxygène que cet affluent abandonne réellement au lac a fortement diminué : de 70.000 en 1967 et 1968, ce solde est tombé à 40.650 tonnes en 1969 et 51.000 tonnes en 1970.

L'importance de cet affluent apparaît encore plus lorsque l'on considère que la seule Dranse, dans le lot des affluents secondaires, présente, avec 2.200 tonnes en 1969 et 3.600 tonnes en 1970, des consommations en oxygène nettement supérieures à 1.000 tonnes par année et que le Flon à Lausanne en a consommé 1.150 en 1969 et 940 en 1970.

Tableau N° 13 : DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (5 jours)
en mg/l d'oxagène

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	4,01	3,79	6,18	1,98	3,97
L'Eau froide	5,74	5,36	11,21	3,26	5,66
La Maladaire	12,67	24,62	48,02	10,00	15,19
La Veveyse	4,04	4,53	6,63	2,43	4,14
Le Forestay	8,55	16,51	32,60	6,19	10,23
La Lutrive	9,50	10,83	24,20	6,09	9,78
La Paudèze	10,07	14,53	24,90	7,53	11,00
Le Flon, Lausanne	21,17	27,98	42,60	17,90	24,09
La Chamberonne	27,02	14,21	35,40	6,25	24,32
La Venoge	5,52	7,52	14,85	3,43	5,94
La Morge	7,98	8,33	17,90	4,41	8,05
L'Aubonne	3,88	4,26	5,99	2,70	3,96
Totaux Moyennes	10,01	11,87			10,53
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	2,30	3,09	6,60	1,50	2,43
La Bouverette	2,95	5,10	8,53	3,60	3,31
La Morge St-Gingolph	2,02	2,54	6,40	2,10	2,23
La Dranse	3,43	5,08	10,79	0,47	3,86
Totaux Moyennes	2,68	3,95			2,96
Rhône, embouchure	2,89	4,63	5,60	3,10	3,18
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	7,87	9,58			8,31
Petit Lac					
La Promenthouse	4,36	4,04	6,13	2,19	4,29
Nant de Riond (Crans)	3,29	5,24	14,90	2,14	3,65
Nant de Pry	5,82	3,85	8,05	1,86	4,79
Nant du Brassu	3,17	3,55	5,84	1,87	3,38
La Doye	8,25	9,11	35,60	2,52	8,44
Le Torry	7,70	8,09	24,90	4,80	7,80
La Versoix	2,54	2,81	4,11	1,39	2,59
Le Vengeron	6,58	7,86	20,45	2,18	6,84
L'Hermance	3,18	4,62	17,35	1,32	3,45
Le Nant d'Aisy	6,35	9,11	33,25	1,04	7,17
Totaux Moyennes	5,12	5,83			5,24
Ensemble Lac Léman	6,85	8,19			7,18
Rhône, émissaire	1,69	2,26	11,12	0,35	1,87
SOLDES					

Tableau N° 14 : DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (5 jours)
en mg/l d'oxygène

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	3,97	4,15	7,46	2,50	4,00
L'Eau froide	5,66	6,68	14,42	3,37	5,83
La Maladaire	15,90	17,95	31,15	12,98	15,64
La Veveyse	4,14	4,78	6,62	1,52	4,25
Le Forestay	10,23	12,80	20,84	7,04	10,65
La Lutrive	9,78	9,46	16,66	5,59	9,73
La Paudèze	11,00	10,11	18,02	5,20	10,86
Le Flon, Lausanne	24,09	22,90	31,00	12,76	23,75
La Chamberonne	24,32	10,69	16,18	5,55	22,10
La Venoge	5,94	5,80	12,44	3,30	5,92
La Morge	8,05	15,73	34,17	7,68	9,29
L'Aubonne	3,96	3,36	5,83	2,04	3,86
La Dullive	=	7,42	14,17	3,13	7,42
Totaux Moyennes	10,53	10,14			10,25
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	2,43	2,92	3,90	2,10	2,48
La Bouverette	3,31	4,84	7,30	3,70	3,45
La Morge St-Gingolph	2,23	2,74	4,40	1,70	2,28
La Dranse	3,86	4,27	7,41	1,48	3,95
Totaux Moyennes	2,96	3,69			3,04
Rhône, embouchure	3,18	4,80	5,30	4,20	3,34
Ensemble Grand Lac	8,31	8,41			8,27
Petit Lac					
La Promenthouse	4,29	3,40	7,50	1,33	4,15
Nant de Riond (Crans)	3,65	1,94	2,88	1,15	3,36
Nant de Pry	4,79	2,65	3,84	1,54	4,06
Nant du Brassu	3,38	3,32	9,59	1,78	3,36
La Doye	8,44	4,67	6,70	2,83	7,80
Le Torry	7,80	-	-	-	-
La Versoix	2,59	1,74	3,47	0,44	2,45
Le Vengeron	6,84	12,64	29,25	5,09	7,74
L'Hermance	3,45	2,89	5,83	0,77	3,35
Le Nant d'Aisy	7,17	7,17	30,80	0,22	7,17
Totaux Moyennes	5,24	4,49			4,83
Ensemble Lac Léman	7,18	7,10			7,12
Rhône, émissaire	1,87	2,05	3,97	0,60	1,92
SOLDES					

Tableau N° 15 : DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE, TAUX DE CONSOMMATION
consommation en o/o de la concentration en oxygène dissous

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963 - 1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	68,6	82,1	184,5	38,8	71,4
L'Eau froide	73,3	78,5	213,1	35,5	74,4
La Maladaire	127,4	256,7	552,0	95,3	154,6
La Veveyse	33,6	36,8	52,3	23,6	34,3
Le Forestay	78,0	148,4	304,7	45,6	92,8
La Lutrive	89,1	102,3	292,3	47,0	91,9
La Paudèze	84,3	128,6	264,3	53,9	93,6
Le Flon, Lausanne	1109,5	2'352,9	4'274,0	473,5	1'642,4
La Chamberonne	2985,0	160,0	436,5	78,8	2'390,3
La Venoge	54,4	81,0	160,7	33,3	60,0
La Morge	74,4	78,9	166,5	42,4	75,4
L'Aubonne	34,3	38,9	56,2	24,2	35,3
Totaux Moyennes	401,0	295,4			401,4
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	23,2	37,1	94,0	16,3	25,5
La Bouverette	25,2	44,9	89,9	27,5	28,5
La Morge St-Gingolph	16,8	29,6	49,6	18,8	18,5
La Dranse	31,2	48,7	96,4	8,4	35,8
Totaux Moyennes	24,1	40,1			27,1
Rhône, embouchure	24,8	40,7	48,6	25,6	27,6
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	290,2	220,4			291,3
Petit Lac					
La Promenthouse	40,2	37,0	55,7	18,3	39,5
Nant de Riond (Crans)	38,3	65,3	288,0	17,4	43,3
Nant de Pry	63,3	33,5	61,1	17,5	47,7
Nant du Brassu	29,7	28,9	60,5	15,3	29,8
La Doye	83,3	92,9	406,4	22,5	85,4
Le Torry	90,5	88,6	266,0	45,9	90,1
La Versoix	23,3	24,5	37,2	12,8	23,5
Le Vengeron	79,8	137,0	709,0	48,4	91,2
L'Hermance	33,1	72,7	394,0	12,0	40,5
Le Nant d'Aisy	74,1	107,1	517,0	12,7	84,0
Totaux	55,6	68,7			57,4
Ensemble Lac Léman	203,3	164,2			204,7
Rhône, émissaire	15,0	16,3	37,5	2,7	15,4
SOLDES					

Tableau N° 16 : Demande biologique en oxygène, taux de consommation
consommation en % de la concentration en oxygène dissous

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	71,4	89,9	259,90	49,2	74,4
L'Eau froide	74,4	82,5	154,5	37,0	75,7
La Maladaire	154,6	176,0	276,9	125,1	158,0
La Veveyse	34,3	41,9	82,7	15,0	35,5
Le Forestay	92,8	110,8	191,2	55,0	95,7
La Lutrive	91,9	89,6	185,5	45,7	91,5
La Paudèze	93,6	89,8	209,0	39,6	93,0
Le Flon, Lausanne	1'642,4	2'121,1	10'043,5	134,2	1'777,4
La Chamberonne	2'390,3	110,7	198,8	45,4	2'021,5
La Venoge	60,0	55,7	135,2	28,8	59,3
La Morge	75,4	253,5	1'299,2	65,2	104,2
L'Aubonne	35,3	29,6	48,3	18,1	34,4
La Dullive	-	71,4	154,0	29,2	71,4
Totaux Moyennes	401,4	255,6			360,9
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	25,5	31,6	48,2	21,4	26,1
La Bouverette	28,5	42,2	57,9	31,9	29,8
La Morge St-Gingolph	18,5	23,8	32,6	14,4	19,0
La Dranse	35,8	39,8	75,9	18,4	36,6
Totaux Moyennes	27,1	34,4			27,9
Rhône, embouchure	27,6	42,2	46,1	38,6	28,9
Ensemble Grand Lac					
Totaux Moyennes	291,3	194,6			268,5
Petit Lac					
La Promenthouse	39,5	30,3	71,1	20,0	38,0
Nant de Riond (Crans)	43,3	16,7	23,5	10,8	38,8
Nant de Pry	47,7	22,4	34,5	13,6	39,0
Nant du Brassu	29,3	29,9	96,7	15,7	29,5
La Doye	85,4	40,7	62,6	24,7	77,8
Le Torry	90,5	-	-	-	-
La Versoix	23,5	13,8	28,7	3,6	21,9
Le Vengeron	91,2	259,0	1007,0	43,7	117,2
L'Hermance	40,5	28,7	84,6	8,2	38,5
Le Nant d'Aisy	84,0	66,4	288,0	2,7	79,9
Totaux Moyennes	57,4	56,4			53,4
Ensemble Lac Léman	204,7	148,5			196,8
Rhône, émissaire	15,4	17,3	30,7	5,6	15,9
SOLDES					

**Tableau N° 17 : DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE
apport "négatif" en tonnes par an**

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1969
	1964 - 1968	Année 1969	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	234,8	225,1	232,6
L'Eau froide	182,2	208,6	188,5
La Maladaire	27,4	27,7	27,5
La Veveyse	185,5	204,7	190,0
Le Forestay	105,5	157,4	119,7
La Lutrive	67,1	40,7	43,1
La Paudèze	110,2	82,7	103,7
Le Flon, Lausanne	869,3	1'147,5	988,5
La Chamberonne	1'284,9	462,4	1'091,5
La Venoge	689,0	977,2	756,9
La Morge	147,5	108,9	138,4
L'Aubonne	795,6	470,4	719,1
Totaux	4'699,0	4'113,3	4'599,5
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	442,2	567,2	462,6
La Bouverette	57,5	91,9	63,7
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'856,4	2'224,7	1'955,7
Totaux	2'356,1	2'883,8	2'482,0
Rhône, embouchure	18'309,9	27'447,2	20'010,2
Ensemble Grand Lac Totaux	25'365,0	34'444,3	27'091,7
Petit Lac			
La Promenthouse	249,1	102,3	214,4
Nant de Riond (Crans)	4,0	4,7	4,1
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	36,3	20,2	27,4
La Doye	37,3	30,3	35,6
Le Torry	16,6	7,8	14,5
La Versoix	322,2	348,5	328,0
Le Vengeron	64,1	66,8	64,6
L'Hermance	26,6	86,7	38,5
Le Nant d'Aisy	19,3	117,3	48,8
Totaux	775,5	784,6	775,9
Ensemble Lac Léman	26'140,5	35'228,9	27'867,6
Rhône, émissaire	12'436,9	16'510,4	13'896,0
SOLDES	-	-	-

**Tableau N° 18 : DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE
apports "négatifs" en tonnes an**

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1970
	1964-1969	Année 1970	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	232,6	233,1	232,7
L'Eau froide	188,5	180,7	187,0
La Maladaire	27,5	34,4	28,7
La Veveyse	190,0	240,6	199,0
Le Forestay	119,7	146,6	123,0
La Lutrive	43,1	24,6	39,7
La Paudèze	103,7	53,6	94,9
Le Flon, Lausanne	988,5	936,6	973,8
La Chamberonne	1'091,5	117,3	946,1
La Venoge	756,9	780,5	761,0
La Morge	138,4	136,2	138,1
L'Aubonne	719,1	610,5	699,8
La Dullive	-	146,3	146,3
Totaux	4'599,5	3'641,0	4'570,1
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	462,6	588,7	475,6
La Bouverette	63,7	79,2	65,3
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	1'955,7	3'578,4	2'355,4
Totaux	2'482,0	4'246,3	2'896,3
Rhône, embouchure	20'010,2	36'900,3	21'769,6
Ensemble Grand Lac Totaux	27'091,7	44'787,6	29'236,0
Petit Lac			
La Promenthouse	214,4	151,7	203,4
Nant de Riond (Crans)	4,1	2,8	3,8
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	27,4	23,3	26,2
La Doye	35,6	34,7	35,3
Le Torry	14,5	-	-
La Versoix	328,0	237,8	311,6
Le Vengeron	64,6	53,6	61,8
L'Hermance	38,5	22,7	35,6
Le Nant d'Aisy	48,8	14,2	41,0
Totaux	775,9	540,8	718,7
Ensemble Lac Léman	27'867,6	45'328,4	29'954,7
Rhône, émissaire	13'896,0	18'406,3	15'085,6
SOLDES	-	-	-

2.5. AZOTE MINERAL (AMMONIACAL, NITREUX, NITRIQUE ET TOTAL)
(cf. tableaux No 19 à 28)

Nous avons, les années précédentes, constaté qu'il existait un lien entre les concentrations en ammoniacque et nitrates et les teneurs en oxygène dissous et qu'il nous semblait par ailleurs que le pouvoir oxydant de l'eau des affluents au cours des années diminuait légèrement :

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

En 1969 et 1970 nous enregistrons une brusque augmentation du pourcentage d'azote minéral présent, dans l'ensemble des eaux des affluents, sous forme ammoniacale et, en contre-partie, une diminution de la proportion de la forme la plus oxydée, les nitrates. L'interdépendance qui existait auparavant, interdépendance du reste tout-à-fait logique puisque l'on peut admettre que plus une eau est oxygénée, plus complète risque d'être la minéralisation des apports azotés, s'estompe. Si le pouvoir d'autoépuration n'avait pas varié, nous serions en droit d'attendre, pour des concentrations moyennes identiques en oxygène, une répartition semblable entre teneurs en azote ammoniacal et concentrations en nitrates. Or, si les années 1967 et 1969 présentent la même concentration moyenne en oxygène, 9,90 mg/l, par contre la proportion d'azote ammoniacal augmente de 11,5 % la deuxième année et celle des nitrates diminue d'autant. Les deux années considérées ont été relativement sèches et ont présenté en conséquence des eaux moins oxygénées qu'en 1965, 1966, 1968 et 1970. Pour les années humides, nous pouvons mettre en parallèle 1970, caractérisé par une teneur moyenne en oxygène de l'eau des affluents de 10,32 mg/l et 1966, 10,22 mg/l. Malgré l'oxygénation plus poussée, nous constatons, en 1970 par rapport à 1966, des proportions d'environ 20 % plus élevées pour l'azote ammoniacal et de quelque 18 % plus basses pour l'azote nitrique.

A côté de ces constatations assez alarmantes puisqu'elles démontrent, à notre avis, une diminution du potentiel d'autoépuration détenu par l'eau des affluents étudiés, nous constatons en plus une augmentation rapide de leur richesse moyenne en azote minéral qui dépasse, en 1969 et 1970, la valeur maximum constatée précédemment en 1965 :

<u>Année</u>	<u>Azote minéral total mg/l N</u>
1963	2,122
1964	2,533
1965	2,615
1966	1,982
1967	2,097
1968	2,421
1969	2,752
1970	3,476

L'augmentation, par rapport à 1968, est respectivement de 14 et 44 % pour les deux années que couvre ce rapport et elle est en grande partie due à une élévation rapide des teneurs moyennes en ammoniacque qui, de 0,665 mg/l N en 1968, passent à 1,308 mg/l N en 1969 et 1,618 mg/l N en 1970. Ces deux valeurs sont les plus hautes rencontrées depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique, soit depuis 1963. Le fait d'avoir augmenté le nombre des prélèvements, principalement pendant les mois froids de l'année, ne semble pas être la cause de cette évolution. En effet les échantillons supplémentaires présentent généralement des concentrations en ammoniacque comparativement assez faibles, quel que soit le degré de pollution des cours d'eau. Les échantillons les plus riches ont été prélevés en été.

Les concentrations les plus hautes en azote ammoniacal ont été dosées dans les cours d'eau suivants :

	<u>Moyennes annuelles</u>		<u>Maxima annuels</u>	
	<u>(mg/l N)</u>		<u>(mg/l N)</u>	
	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>
La Maladaire	4,768	4,449	14,234	10,111
La Paudèze	1,623	2,461	8,960	8,859
La Lutrive	0,753	1,417	2,116	4,321
Le Flon, Lausanne	9,100	14,000	25,667	38,734
La Chamberonne	1,561	1,577	4,278	3,072
La Morge	0,353	1,075	1,462	2,419
La Dullive	-	0,586	-	3,033
Le Nant de Riond	1,086	0,079	5,450	0,230
Le Nant de Pry	0,444	0,186	2,330	1,000
Le Vengeron	5,430	8,579	18,100	21,100
Le Nant d'Aisy	5,026	3,873	18,800	10,000

Ces quelques chiffres montrent que, dans bien des affluents nous rencontrons des teneurs extrêmement élevées en ammoniacque. C'est le cas en particulier de cours d'eau recueillant les eaux usées épurées de stations dont le débit est élevé en proportion de celui du récepteur.

La concentration moyenne en nitrites pour l'ensemble des affluents inventoriés est de 0,099 mg/l N en 1969 et de 0,084 mg/l N l'année suivante. Ces valeurs sont un peu plus élevées que les deux années

précédentes, 0,077 mg/l N. La plupart des affluents accusent des teneurs égales ou plus faibles que 0,1 mg/l N sauf, en 1969, la Maladaire (0,347 mg/l N en moyenne annuelle), la Lutrive (0,315), la Paudèze (0,175), la Chamberonne (0,469), le Torry (0,157), le Vengeron (0,169) et en 1970, pratiquement les mêmes affluents, mais avec, du fait probablement de la meilleure oxygénation des eaux, des concentrations moins marquées. En 1969, les concentrations maximum rencontrées ont été de :

1,218 mg/l	: la Maladaire
2,192	: la Lutrive
3,045	: la Chamberonne
1,100	: le Vengeron

En 1970, une seule rivière a présenté des valeurs supérieures à 1 mg/l, soit la Chamberonne (1,602 mg/l N) lors d'un prélèvement au mois de janvier. L'année précédente, les plus fortes concentrations en nitrites ont été trouvées, pour les quatre affluents cités ci-dessus, en septembre.

Les concentrations moyennes en azote nitrique ont été de 1,35 mg/l N en 1969 et 1,78 mg/l N en 1970 pour l'ensemble des affluents inventoriés. De 1963 à 1968 les valeurs extrêmes, pour le même critère, ont été de 1,27 mg/l N au minimum en 1967 et 2,17 mg/l N au maximum en 1965. Les valeurs des deux années concernées par ce rapport sont donc normales.

Les apports en azote minéral total ont fortement augmenté ces dernières années, passant de 2.130 tonnes en 1966, à 7.280 tonnes en 1970 :

<u>Année</u>	<u>Apports totaux : t/an N total</u>
1964	4.890,10
1965	3.988,70
1966	2.128,62
1967	3.777,58
1968	5.500,87
1969	5.806,27
1970	7.284,56

En tenant compte de la surestimation probable des débits des affluents, nous obtenons, pour 1969, des apports de l'ordre de 5.200 tonnes et, pour 1970, d'environ 5.800 tonnes. En comptabilisant le tonnage en azote minéral total soustrait au lac par l'émissaire à Genève, soit 1.900 tonnes en 1969 et 2.400 tonnes l'année suivante, nous arrivons à des soldes positifs très élevés, les plus importants depuis le début de cette enquête :

<u>Année</u>	<u>Soldes positifs en azote minéral total, t/an.</u>	
	<u>calculés</u>	<u>corrigés</u>
1969	3.916,52	3.300
1970	4.879,62	3.400

Les apports les plus importants sont dus au Rhône à son embouchure : 4.000 tonnes en 1969 et 4.400 tonnes en 1970. Nous trouvons ensuite le Flon à Lausanne (400 et 600 t/an), la Venoge (254 et 423 t/an) l'Aubonne (107 et 223 t/an), la Dranse (206 et 730 t/an), la Versoix (120 et 121 t/an).

Tableau N° 19 : AZOTE AMMONIACAL
en mg/l d'azote

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,152	0,228	0,468	0,000	0,168
L'Eau froide	0,242	0,392	0,817	0,078	0,274
La Maladaire	1,319	4,768	14,234	1,560	2,045
La Veveyse	0,099	0,199	0,514	0,000	0,120
Le Forestay	0,273	0,561	1,478	0,194	0,333
La Lutrive	0,651	0,753	2,116	0,194	0,672
La Paudèze	0,414	1,623	8,960	0,171	0,668
Le Flon, Lausanne	3,370	9,100	25,667	1,556	5,826
La Chamberonne	2,495	1,561	4,278	0,350	2,298
La Venoge	0,207	0,366	1,206	0,117	0,241
La Morge	0,168	0,353	1,462	0,039	0,207
L'Aubonne	0,117	0,210	1,058	0,039	0,136
Totaux Moyennes	0,792	1,676			1,082
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,051	0,104	0,350	0,000	0,060
La Bouverette	0,055	0,128	0,528	0,000	0,067
La Morge St-Gingolph	0,010	0,020	0,058	0,000	0,012
La Dranse	0,029	0,021	0,078	0,000	0,027
Totaux Moyennes	0,036	0,068			0,041
Rhône, embouchure	0,104	0,253	1,007	0,008	0,128
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	0,574	1,214			0,781
Petit Lac					
La Promenthouse	0,099	0,166	0,622	0,039	0,113
Nant de Riond (Crans)	0,220	1,086	5,450	0,062	0,393
Nant de Pry	1,010	0,444	2,330	0,054	0,715
Nant du Brassu	0,196	0,250	0,540	0,044	0,226
La Doye	0,990	0,502	2,139	0,039	0,882
Le Torry	0,381	0,954	2,753	0,039	0,501
La Versoix	0,067	0,143	0,438	0,034	0,082
Le Vengeron	4,088	5,430	18,100	0,480	4,357
L'Hermance	0,339	0,545	0,940	0,030	0,383
Le Nant d'Aisy	3,543	5,026	18,800	0,128	3,988
Totaux Moyennes	1,093	1,455			1,164
Ensemble Lac Léman Rhône, émissaire	0,766 0,034	1,303 0,031	0,073	0,000	0,923 0,033
SOLDES					

Tableau N° 20 : AZOTE AMMONIACAL
en mg/l d'azote

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,168	0,315	0,420	0,039	0,191
L'Eau froide	0,274	0,586	1,221	0,179	0,324
La Maladaire	2,045	4,499	10,111	0,451	2,442
La Veveyse	0,120	0,421	1,571	0,000	0,169
Le Forestay	0,333	0,759	1,423	0,210	0,402
La Lutrive	0,672	1,417	4,321	0,389	0,793
La Paudèze	0,668	2,461	8,859	0,607	0,958
Le Flon, Lausanne	5,826	14,000	38,734	4,200	8,131
La Chamberonne	2,298	1,577	3,072	0,350	2,182
La Venoge	0,241	0,783	1,820	0,163	0,328
La Morge	0,207	1,075	2,419	0,358	0,347
L'Aubonne	0,136	0,317	1,213	0,000	0,165
La Dullive	-	0,586	3,033	0,015	0,586
Totaux Moyennes	1,082	2,215			1,309
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,060	0,158	0,314	0,000	0,072
La Bouverette	0,067	0,147	0,310	0,000	0,077
La Morge St-Gingolph	0,012	0,041	0,132	0,000	0,015
La Dranse	0,027	0,027	0,155	0,000	0,027
Totaux Moyennes	0,041	0,093			0,048
Rhône, embouchure	0,128	0,263	0,512	0,000	0,145
Ensemble Grand Lac Moyennes	0,781	1,635			0,964
Petit Lac					
La Promenthouse	0,113	0,299	1,213	0,000	0,143
Nant de Riond (Crans)	0,393	0,079	0,230	0,018	0,341
Nant de Pry	0,715	0,186	1,000	0,010	0,533
Nant du Brassu	0,226	0,177	0,292	0,050	0,208
La Doye	0,882	0,573	3,033	0,000	0,829
Le Torry	0,501	-	-	-	-
La Versoix	0,082	0,054	0,128	0,008	0,077
Le Vengeron	4,357	8,579	21,100	1,300	5,060
L'Hermance	0,383	0,442	1,700	0,012	0,393
Le Nant d'Aisy	3,988	3,873	10,000	1,000	3,961
Totaux Moyennes	1,164	1,585			1,283
Ensemble Lac Léman	0,923	1,618			1,070
Rhône, émissaire	0,033	0,022	0,074	0,000	0,030
SOLDES					

Tableau N° 21 : AZOTE NITREUX
en mg/l d'azote

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,031	0,036	0,158	0,011	0,032
L'Eau froide	0,015	0,025	0,152	0,003	0,017
La Maladaire	0,231	0,347	1,218	0,002	0,256
La Veveyse	0,017	0,040	0,244	0,002	0,022
Le Forestay	0,109	0,123	0,396	0,014	0,112
La Lutrive	0,173	0,315	2,192	0,018	0,203
La Paudèze	0,091	0,175	0,822	0,016	0,109
Le Flon, Lausanne	0,166	0,082	0,359	0,000	0,130
La Chamberonne	0,137	0,469	3,045	0,037	0,207
La Venoge	0,099	0,102	0,304	0,018	0,099
La Morge	0,094	0,101	0,396	0,016	0,095
L'Aubonne	0,032	0,034	0,122	0,005	0,032
Totaux Moyennes	0,100	0,154			0,109
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,027	0,024	0,114	0,000	0,027
La Bouverette	0,014	0,077	0,396	0,002	0,025
La Morge St-Gingolph	0,002	0,009	0,037	0,000	0,003
La Dranse	0,005	0,008	0,018	0,003	0,005
Totaux Moyennes	0,012	0,029			0,015
Rhône, embouchure	0,023	0,030	0,088	0,002	0,024
Ensemble Grand Lac					
Totaux Moyennes	0,075	0,117			0,082
Petit Lac					
La Promenthouse	0,023	0,051	0,381	0,005	0,029
Nant de Riond (Crans)	0,065	0,024	0,100	0,006	0,057
Nant de Pry	0,089	0,021	0,060	0,010	0,053
Nant du Brassu	0,018	0,019	0,044	0,006	0,018
La Doye	0,085	0,064	0,292	0,000	0,081
Le Torry	0,111	0,157	0,609	0,027	0,120
La Versoix	0,011	0,009	0,020	0,005	0,011
Le Vengeron	0,195	0,169	1,100	0,013	0,190
L'Hermance	0,042	0,044	0,200	0,008	0,043
Le Nant d'Aisy	0,269	0,115	0,320	0,000	0,223
Totaux Moyennes	0,091	0,067			0,082
Ensemble Lac Léman	0,080	0,099			0,082
Rhône, émissaire	0,004	0,003	0,008	0,000	0,004
SOLDES					

Tableau N° 22 : AZOTE NITREUX
en mg/l d'azote

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,032	0,027	0,067	0,008	0,031
L'Eau froide	0,017	0,022	0,040	0,004	0,018
La Maladaire	0,256	0,198	0,457	0,015	0,246
La Veveyse	0,022	0,042	0,122	0,004	0,025
Le Forestay	0,112	0,100	0,435	0,027	0,110
La Lutrive	0,203	0,177	0,670	0,026	0,198
La Paudèze	0,109	0,116	0,271	0,026	0,110
Le Flon, Lausanne	0,130	0,252	0,566	0,029	0,164
La Chamberonne	0,207	0,316	1,602	0,064	0,224
La Venoge	0,099	0,057	0,152	0,011	0,093
La Morge	0,095	0,149	0,356	0,023	0,104
L'Aubonne	0,032	0,020	0,058	0,006	0,030
La Dullive	0	0,095	0,368	0,012	0,095
Totaux Moyennes	0,109	0,121			0,111
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,027	0,043	0,109	0,006	0,029
La Bouverette	0,025	0,054	0,280	0,003	0,028
La Morge St-Gingolph	0,003	0,003	0,005	0,002	0,003
La Dranse	0,005	0,025	0,138	0	0,010
Totaux Moyennes	0,015	0,031			0,018
Rhône, embouchure	0,024	0,029	0,052	0,014	0,025
Ensemble Grand Lac Moyennes	0,082	0,096			0,086
Petit Lac					
La Promenthouse	0,029	0,021	0,088	0,004	0,022
Nant de Riond (Crans)	0,057	0,008	0,017	0,003	0,049
Nant de Pry	0,053	0,010	0,022	0,004	0,039
Nant du Brassu	0,018	0,013	0,032	0,003	0,016
La Doye	0,081	0,066	0,475	0,006	0,081
Le Torry	0,120	-	-	-	-
La Versoix	0,011	0,008	0,015	0,002	0,010
Le Vengeron	0,190	0,216	0,450	0,030	0,194
L'Hermance	0,043	0,032	0,070	0,010	0,041
Le Nant d'Aisy	0,223	0,179	0,320	0,070	0,213
Totaux Moyennes	0,082	0,061			0,074
Ensemble Lac Léman	0,082	0,084			0,082
Rhône, émissaire	0,004	0,003	0,009	0,001	0,004
SOLDES					

Tableau N° 23 : AZOTE NITRIQUE
concentration en mg/l d'azote

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,76	0,68	1,07	0,40	0,74
L'Eau froide	0,30	0,27	0,51	0,10	0,29
La Maladaire	2,97	2,01	7,32	0,11	2,77
La Veveyse	0,51	0,55	0,95	0,12	0,52
Le Forestay	2,18	1,77	3,00	0,76	2,09
La Lutrive	1,79	1,45	2,80	0,29	1,72
La Paudèze	1,35	1,00	2,30	0,12	1,28
Le Flon, Lausanne	0,44	0,25	0,92	0,04	0,36
La Chamberonne	1,17	1,62	3,89	0,32	1,26
La Venoge	1,84	1,85	3,12	0,99	1,84
La Morge	3,33	2,41	4,82	0,39	3,14
L'Aubonne	1,00	1,05	3,46	0,11	1,01
Totaux Moyennes	1,47	1,24			1,42
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,34	0,39	0,64	0,07	0,35
La Bouverette	0,23	0,41	0,77	0,14	0,26
La Morge St-Gingolph	0,18	0,25	0,38	0,11	0,19
La Dranse	0,26	0,36	0,66	0,09	0,28
Totaux Moyennes	0,25	0,35			0,27
Rhône, embouchure	0,28	0,33	0,65	0,11	0,29
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	1,11	0,98			1,08
Petit Lac					
La Promenthouse	1,33	1,14	3,05	0,29	1,29
Nant de Riond (Crans)	5,27	2,49	3,88	0,84	4,72
Nant de Pry	2,02	1,88	3,65	0,63	1,95
Nant du Brassu	0,90	0,98	2,29	0,58	0,94
La Doye	1,12	0,65	1,64	0,00	1,02
Le Torry	3,16	2,33	3,77	0,46	2,98
La Versoix	1,01	0,89	1,21	0,59	0,98
Le Vengeron	2,89	2,36	4,45	0,45	2,78
L'Hermance	2,35	1,53	2,68	0,25	2,20
Le Nant d'Aisy	5,03	5,55	13,20	2,75	5,18
Totaux Moyennes	2,50	1,98			2,40
Ensemble Lac Léman	1,63	1,35			1,57
Rhône, émissaire	0,35	0,23	0,59	0,02	0,31
SOLDES					

Tableau N° 24 : AZOTE NITRIQUE
concentration en mg/l d'azote

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,74	0,92	1,38	0,15	0,79
L'Eau froide	0,29	0,43	0,77	0,23	0,31
La Maladaire	2,77	2,14	3,60	0,66	2,67
La Veveyse	0,52	0,68	1,14	0,28	0,55
Le Forestay	2,09	2,26	3,48	1,46	2,12
La Lutrive	1,72	1,81	3,23	1,11	1,73
La Paudèze	1,28	1,35	2,00	0,23	1,29
Le Flon, Lausanne	0,36	0,82	1,86	0,09	0,49
La Chamberonne	1,26	2,68	4,36	0,34	1,49
La Venoge	1,84	2,35	4,42	0,93	1,92
La Morge	3,14	3,06	5,45	0,09	3,13
L'Aubonne	1,01	0,92	1,64	0,28	0,99
La Dullive	-	2,61	5,37	0,26	2,61
Totaux Moyennes	1,42	1,69			1,55
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,35	0,58	1,16	0,06	0,37
La Bouverette	0,26	0,36	0,50	0,05	0,27
La Morge St-Gingolph	0,19	0,28	0,47	0,11	0,20
La Dranse	0,28	0,70	2,87	0,19	0,39
Totaux Moyennes	0,27	0,48			0,31
Rhône, embouchure	0,29	0,43	0,77	0,21	0,31
Ensemble Grand Lac					
Totaux Moyennes	1,08	1,35			1,20
Petit Lac					
La Promenthouse	1,29	1,49	4,07	0,65	1,33
Nant de Riond (Crans)	4,72	3,22	5,50	1,00	4,47
Nant de Pry	1,95	1,43	2,85	0,65	1,77
Nant du Brassu	0,94	1,18	2,85	0,43	1,03
La Doye	1,02	1,42	3,59	0,07	1,09
Le Torry	2,98	-	-	-	-
La Versoix	0,93	0,90	1,28	0,40	0,97
Le Vengeron	2,78	3,97	8,00	0,30	2,98
L'Hermance	2,20	3,27	5,70	0,40	2,38
Le Nant d'Aisy	5,18	6,63	17,25	2,50	5,52
Totaux Moyennes	2,40	2,61			2,39
Ensemble Lac Léman	1,57	1,777			1,60
Rhône, émissaire	0,31	0,24	0,43	0,04	0,29
SOLDES					

Tableau N° 25 : AZOTE MINERAL TOTAL (AMMONIACAL, NITREUX ET NITRIQUE)
concentration en mg/l d'azote

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,943	0,944	1,384	0,608	0,940
L'Eau froide	0,557	0,687	1,224	0,283	0,581
La Maladaire	4,520	7,125	15,428	3,150	5,071
La Veveyse	0,626	0,789	1,708	0,246	0,662
Le Forestay	2,562	2,454	4,157	1,009	2,535
La Lutrive	2,614	2,518	6,353	0,930	2,595
La Paudèze	1,856	2,798	9,657	0,380	2,057
Le Flon, Lausanne	3,976	9,432	25,727	0,215	6,316
La Chamberonne	3,802	3,650	6,272	1,463	3,765
La Venoge	2,146	2,318	4,375	1,235	2,180
La Morge	3,592	2,864	6,345	0,619	3,442
L'Aubonne	1,149	1,294	3,726	0,211	1,178
Totaux Moyennes	2,362	3,073			2,610
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,418	0,518	0,914	0,084	0,437
La Bouverette	0,299	0,615	1,228	0,245	0,352
La Morge St-Gingolph	0,192	0,279	0,417	0,145	0,205
La Dranse	0,294	0,389	0,705	0,109	0,312
Totaux Moyennes	0,300	0,450			0,326
Rhône, embouchure	0,407	0,613	1,322	0,120	0,442
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	1,762	2,311			1,945
Petit Lac					
La Promenthouse	1,452	1,357	3,171	0,414	1,432
Nant de Riond (Crans)	5,555	3,600	6,550	1,540	5,170
Nant de Pry	3,119	2,345	6,040	0,776	2,718
Nant du Brassu	1,114	1,249	2,845	0,776	1,184
La Doye	2,195	1,216	2,139	0,523	1,983
Le Torry	3,652	3,441	7,737	1,776	3,601
La Versoix	1,088	1,042	1,609	0,648	1,073
Le Vengeron	7,173	7,959	18,700	2,643	7,327
L'Hermance	2,731	2,119	3,238	0,298	2,626
Le Nant d'Aisy	8,842	10,691	23,620	5,128	9,391
Totaux Moyennes	3,692	3,502			3,650
Ensemble Lac Léman	2,477	2,752			2,577
Rhône, émissaire	0,388	0,264	0,646	0,031	0,347
SOLDES					

Tableau N° 26 : AZOTE MINERAL TOTAL (AMMONIACAL, NITREUX ET NITRIQUE)
concentration en mg/l d'azote

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,940	1,262	1,649	0,414	1,012
L'Eau froide	0,581	1,038	1,675	0,503	0,652
La Maladaire	5,071	6,837	11,754	3,516	5,358
La Veveysse	0,662	1,143	2,344	0,293	0,744
Le Forestay	2,535	3,119	4,500	2,328	2,632
La Lutrive	2,595	3,404	5,898	1,623	2,721
La Paudèze	2,057	3,927	10,311	1,484	2,358
Le Flon, Lausanne	6,316	15,072	39,622	6,642	8,785
La Chamberonne	3,765	4,573	6,562	1,783	3,896
La Venoge	2,180	3,190	5,182	1,213	2,341
La Morge	3,442	4,284	6,542	1,947	3,581
L'Aubonne	1,178	1,257	2,316	0,286	1,185
La Dullive	-	3,291	5,960	0,643	3,291
Totaux Moyennes	2,610	4,030			2,966
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,437	0,781	1,437	0,056	0,471
La Bouverette	0,352	0,561	1,090	0,056	0,375
La Morge St-Gingolph	0,205	0,324	0,605	0,114	0,208
La Dranse	0,312	0,752	2,934	0,217	0,427
Totaux Moyennes	0,326	0,605			0,370
Rhône, embouchure	0,442	0,722	1,132	0,247	0,480
Ensemble Grand Lac Moyennes	1,945	3,085			2,251
Petit Lac					
La Promenthouse	1,432	1,810	4,419	0,744	1,495
Nant de Riond (Crans)	5,170	3,307	5,570	1,053	4,860
Nant de Pry	2,718	1,626	3,084	0,722	2,342
Nant du Brassu	1,184	1,370	3,036	0,542	1,254
La Doye	1,983	2,059	4,948	0,076	2,000
Le Torry	3,601	-	-	-	-
La Versoix	1,073	0,962	1,299	0,426	1,057
Le Vengeron	7,327	12,765	21,750	5,080	8,234
L'Hermance	2,226	3,744	5,982	0,640	2,814
Le Nant d'Aisy	9,391	10,682	18,510	5,880	9,694
Totaux Moyennes	3,650	4,258			3,750
Ensemble Lac Léman	2,577	3,476			2,751
Rhône, émissaire	0,347	0,265	0,432	0,062	0,324
SOLDES					

Tableau N° 27 : AZOTE MINERAL (AMMONIACAL, NITREUX, NITRIQUE ET TOTAL)
apports en tonnes par an, exprimés en azote (N)

AFFLUENTS	Normes 1964-1968		Année 1969			Normes 1964-1969	
	Azote minéral total	Azote ammonia- cal	Azote nitreux	Azote Nitrique	Azote minéral	Azote minéral total	
	Grand Lac, rive droite						
Le Grand Canal	57,50	12,07	1,96	37,32	51,35	56,05	
L'Eau froide	18,14	12,28	0,73	9,30	22,31	19,13	
La Maladaire	8,49	4,97	0,34	2,10	7,41	8,25	
La Veveyse	25,61	3,82	0,79	17,61	22,22	24,82	
Le Forestay	27,05	5,21	1,01	16,32	22,54	26,00	
La Lutrive	10,77	2,01	0,64	5,36	8,01	10,12	
La Paudèze	23,06	5,87	0,47	4,86	11,20	20,27	
Le Flon, Lausanne	159,82	398,74	2,83	8,91	410,48	267,24	
La Chamberonne	128,25	35,73	5,57	21,79	63,09	112,92	
La Venoge	270,26	29,34	7,87	217,34	254,55	266,58	
La Morge	48,74	4,85	1,17	33,72	39,74	46,63	
L'Aubonne	189,10	23,09	2,45	81,70	107,24	169,86	
Totaux	966,79	537,98	25,83	456,33	1'020,14	1'027,87	
Grand Lac, rive gauche							
Canal Stockalper	66,97	21,22	4,56	67,35	93,13	71,23	
La Bouverette	5,23	2,24	1,11	7,02	10,37	6,16	
La Morge St-Gingolph	-	-	-	-	-	-	
La Dranse	148,45	8,04	3,70	194,76	206,50	164,07	
Totaux	220,65	31,50	9,37	269,13	310,00	241,46	
Rhône, embouchure	2'534,73	1'809,01	162,52	2'088,94	4'060,47	2'812,20	
Ensemble Grand Lac	Totaux	3'722,17	2'378,49	197,72	2'814,40	5'390,61	4'081,53
Petit Lac							
La Promenthouse	88,94	5,05	1,01	25,23	31,29	75,34	
Nant de Riond (Crans)	6,86	1,07	0,03	3,15	4,25	6,15	
Nant de Pry	-	-	-	-	-	-	
Nant du Brassu	6,98	1,29	0,09	6,31	7,69	7,34	
La Doye	10,50	1,70	0,25	2,52	4,47	9,18	
Le Torry	4,01	0,73	0,09	1,58	2,40	3,53	
La Versoix	152,90	13,47	1,04	104,40	118,91	145,04	
Le Vengeron	40,26	18,04	0,44	19,87	38,35	39,80	
L'Hermance	26,59	15,36	0,50	79,15	95,01	40,83	
Le Nant d'Aisy	25,51	41,12	1,22	70,95	113,29	51,99	
Totaux	362,55	97,83	4,67	313,16	415,66	379,20	
Ensemble Lac Léman	4'084,72	2'476,32	202,39	3'127,56	5'806,27	4'460,73	
Rhône, émissaire	2'828,89	225,28	24,39	1'640,08	1'889,75	2'492,76	
SOLDES	1'255,83				3'916,52	1'967,97	

Tableau N° 28 : AZOTE MINERAL (AMMONIACAL, NITREUX, NITRIQUE ET TOTAL)
apports en tonnes par an, exprimés en azote (N)

AFFLUENTS	NORMES 1964-1969				Année 1970		NORMES 1964-1970	
	Azote minéral total	Azote ammonia- cal	Azote nitreux	Azote nitrique	Azote minéral	Azote minéral total		
Grand Lac, rive droite								
Le Grand Canal	56,05	17,44	1,42	49,83	68,68	58,37		
L'Eau froide	19,13	16,81	0,66	11,67	29,14	20,92		
La Maladaire	8,29	7,00	0,28	4,42	11,70	8,96		
La Veveyse	24,82	15,77	5,58	33,11	54,46	30,22		
Le Forestay	26,00	8,14	1,32	30,90	40,36	28,70		
La Lutrive	10,12	2,65	0,28	6,31	9,24	9,86		
La Paudèze	20,27	14,60	0,66	8,51	23,77	21,00		
Le Flon, Lausanne	267,24	569,89	10,56	31,54	611,99	364,52		
La Chamberonne	112,92	15,01	2,65	34,69	52,35	102,33		
La Venoge	266,58	86,69	6,27	339,96	423,93	296,25		
La Morge	46,63	8,86	1,51	40,05	50,42	47,20		
L'Aubonne	169,86	65,88	3,56	153,58	223,02	179,41		
La Dullive	-	13,15	1,92	54,24	69,31	69,31		
Totaux	1'027,87	841,89	36,67	798,81	1'668,37	1'327,05		
Grand Lac, rive gauche								
Canal Stockalper	71,23	29,90	7,57	106,91	144,38	79,57		
La Bouverette	6,16	3,19	1,73	6,62	11,54	6,75		
La Morge St-Gingolph	-	-	-	-	-	-		
La Dranse	164,07	17,03	14,22	698,52	729,77	309,69		
Totaux	241,46	50,12	23,52	812,05	885,69	396,01		
Rhône, embouchure	2'812,20	1'364,15	198,01	2'828,15	4'390,31	3'001,60		
Ensemble Grand Lac Totaux	4'081,53	2'256,16	258,20	4'439,01	6'944,31	4'634,66		
Petit Lac								
La Promenthouse	75,34	13,25	0,98	63,39	77,62	75,85		
Nant de Riond (Crans)	6,15	0,13	0	4,42	4,54	5,77		
Nant de Pry	-	-	-	-	-	-		
Nant du Brassu	7,34	1,14	0,09	9,78	11,01	8,54		
La Doye	9,18	8,42	1,17	10,09	19,68	11,01		
Le Torry	3,53	-	-	-	-	-		
La Versoix	145,04	6,50	0,88	113,84	121,22	139,89		
Le Vengeron	39,80	23,34	0,69	23,65	47,68	41,32		
L'Hermance	40,83	2,30	0,22	37,53	40,05	40,75		
Le Nant d'Aisy	51,99	4,01	0,25	14,19	18,45	44,22		
Totaux	379,20	59,09	4,28	276,89	340,25	367,35		
Ensemble Lac Léman	4'460,73	2'315,25	262,48	4'715,90	7'284,56	5'002,01		
Rhône, émissaire	2'492,76	195,87	25,83	2'183,24	2'404,94	2'469,42		
SOLDES	1'967,97				4'879,62	2'532,59		

2.6. PHOSPHORE SOLUBLE ET TOTAL (cf. tableaux No 29 à 34)

Le dépouillement des chiffres des analyses de concentration et des apports calculés pour l'ensemble des 27 affluents compris dans l'inventaire de la Sous-commission technique montre souvent qu'il faut considérer les résultats avec beaucoup de prudence, surtout quand les déductions portent sur un nombre extrêmement restreint de déterminations. Les résultats concernant les apports en phosphore en sont un exemple typique. En 1969, 683 tonnes d'apports en phosphore total laissant, après déduction du tonnage entraîné par l'émissaire, un solde positif de 400 tonnes. En 1970, 1.560 tonnes d'apports, avec un solde, toujours positif, de 1.170 tonnes. Conclusion : aggravation notable, situation extrêmement alarmante !

En réalité l'étude plus approfondie des résultats mis à notre disposition indique bien qu'il y a eu, en 1970, une certaine évolution. Celle-ci cependant est moins rapide que ne le laisseraient supposer les quelques chiffres transcrits ci-dessus. En effet la teneur moyenne en phosphore total pour l'ensemble des affluents a augmenté en 1970, mais cependant en tous cas pas dans la proportion de 1 à 4 :

<u>Année</u>	<u>Concentration moyenne en phosphore total</u>
1963	0,301 mg/l P
1964	0,535
1965	0,566
1966	0,745
1967	1,297
1968	0,647
1969	0,813
1970	1,051

Cette augmentation se retrouve dans les concentrations des eaux de 17 affluents sur 27 en 1970. La concentration en phosphore total a, en moyenne annuelle, baissé dans l'eau de la Veveyse, du Forestay, de la Paudèze, du Canal Stockalper et de tous les affluents du Petit Lac à l'exception du Vengeron, de l'Hermance et du Nant d'Aisy. Les élévations les plus sensibles ont été mises en évidence à la Maladaire (1969 : 1,631 mg/l P ; 1970 : 3,129), la Lutrive (0,775 ; 1,726), le Flon à Lausanne (2,472 ; 5,777), la Morge (0,486 ; 1,369), la Dranse (0,073 ; 0,136), le Rhône à la Porte du Scex (0,063 ; 0,167), le Vengeron (3,47 ; 4,65).

Les concentrations maximum sont extrêmement élevées, puisqu'il a été, pour un certain nombre d'échantillons, dosé plus de 10,0 mg/l de phosphore total en 1970 dans l'eau de la Maladaire, du Flon à Lausanne, du Vengeron, plus de 7,0 mg/l dans le Nant d'Aisy et la Lutrive, entre 3,0 et 4,0 mg/l dans la Morge et la Paudèze.

La proportion du phosphore soluble a été, pour 1969 et 1970, respectivement de 47 et 42 % avec des concentrations moyennes annuelles de 0,384 et 0,447 mg/l P.

L'évolution annuelle des apports en phosphore total, nous l'avons déjà relevé, est extrêmement capricieuse :

<u>Année</u>	<u>Apports en phosphore total</u>
1964	422,18 t/n
1965	604,73
1966	1.279,33
1967	1.081,15
1968	837,58
1969	683,41
1970	1.569,62

Les soldes positifs, obtenus après défalcation des quantités perdues par l'émissaire, sont les suivants :

<u>Année</u>	<u>Soldes positifs, phosphore total</u>
1964	158,18 t/an
1965	350,66
1966	1.101,07
1967	896,38
1968	589,71
1969	397,77
1970	1.173,02

Ces chiffres représentent-ils une réalité ou au contraire sont-ils complètement aberrants ? Il est certain que le solde de 1970 est faux. D'après l'augmentation des concentrations et des débits, il était logique d'obtenir des apports plus élevés que l'année précédente, mais cependant pas dans les proportions rencontrées. Il conviendrait tout d'abord de défalquer environ 20 % pour la surestimation probable des débits et ensuite de revoir complètement les apports du Rhône à son embouchure. Ceux-ci, de 350 tonnes en 1969, ont passé à 950 tonnes en 1970 ! Cet affluent, le plus important du lac, n'a pu être contrôlé que 6 fois en 1970 ! C'est là une cadence beaucoup trop faible, d'autant plus que certains prélèvements ont été effectués lors de crues importantes.

Quoi qu'il en soit, on peut admettre, semble-t-il, que le lac s'enrichit chaque année d'au minimum 350 à 400 tonnes de phosphore total dont quelques 200 tonnes sous forme minérale soluble. Les rivières contribuant le plus à cet enrichissement sont dans l'ordre :

En 1969, sur 680 tonnes d'apports totaux en phosphore total :

le Rhône	: 350 t/an
le Flon, Lausanne	: 105
la Dranse	: 57
la Venoge	: 38
l'Aubonne	: 15
le Nant d'Aisy	: 15

En 1970, sur 1.570 (??) tonnes :

le Rhône	:	(950 ??)
le Flon, Lausanne	:	233
la Dranse	:	111
la Venoge	:	62
l'Aubonne	:	45

Tableau N° 29 : PHOSPHORE SOLUBLE
concentration en mg/l de phosphore (P)

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,027	0,033	0,131	0,000	0,028
L'Eau froide	0,066	0,070	0,170	0,000	0,067
La Maladaire	0,547	0,449	1,603	0,065	0,526
La Veveyse	0,058	0,080	0,150	0,013	0,062
Le Forestay	0,297	0,306	0,614	0,072	0,299
La Lutrive	0,443	0,448	1,469	0,131	0,444
La Paudèze	0,380	0,587	3,418	0,065	0,423
Le Flon, Lausanne	1,068	0,706	2,840	0,000	0,912
La Chamberonne	0,859	0,250	1,025	0,000	0,731
La Venoge	0,219	0,205	0,565	0,000	0,216
La Morge	0,292	0,292	0,816	0,000	0,292
L'Aubonne	0,084	0,119	0,490	0,000	0,091
Totaux Moyennes	0,362	0,295			0,341
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,025	0,008	0,046	0,000	0,022
La Bouverette	0,068	0,070	0,156	0,000	0,068
La Morge St-Gingolph	0,011	0,002	0,014	0,000	0,010
La Dranse	0,008	0,027	0,079	0,000	0,021
Totaux Moyennes	0,028	0,027			0,030
Rhône, embouchure	0,032	0,035	0,094	0	0,033
Ensemble Grand Lac Moyennes	0,264	0,217			0,250
Petit Lac					
La Promenthouse	0,053	0,068	0,163	0	0,056
Nant de Riond (Crans)	0,192	0,386	2,300	0,070	0,231
Nant de Pry	0,443	0,158	0,525	0,016	0,287
Nant du Brassu	0,101	0,134	0,208	0,016	0,119
La Doye	0,300	0,327	1,698	0,013	0,306
Le Torry	0,510	0,373	1,188	0,007	0,480
La Versoix	0,064	0,070	0,130	0,028	0,065
Le Vengeron	1,369	2,590	7,500	0,330	1,620
L'Hermance	0,130	0,353	1,150	0,060	0,173
Le Nant d'Aisy	1,393	2,216	7,725	0,270	1,646
Totaux Moyennes	0,455	0,667			0,493
Ensemble Lac Léman	0,335	0,384			0,342
Rhône, émissaire	0,008	0,013	0,036	0	0,010
SOLDES					

Tableau N° 30 : PHOSPHORE SOLUBLE
concentration en mg/l de phosphore (P)

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,028	0,036	0,075	0,002	0,029
L'Eau froide	0,067	0,117	0,294	0,026	0,075
La Maladaire	0,526	0,560	1,636	0,052	0,532
La Veveyse	0,062	0,105	0,297	0,015	0,069
Le Forestay	0,299	0,253	0,581	0,082	0,291
La Lutrive	0,444	0,423	0,757	0,137	0,441
La Paudèze	0,423	0,538	1,897	0,186	0,442
Le Flon, Lausanne	0,912	1,509	4,766	0,215	1,081
La Chamberonne	0,731	0,393	0,809	0,176	0,676
La Venoge	0,216	0,254	0,490	0,059	0,222
La Morge	0,292	0,357	0,717	0,156	0,302
L'Aubonne	0,091	0,087	0,186	0,033	0,090
La Dullive	-	0,224	0,395	0,111	0,224
Totaux Moyennes	0,341	0,374			0,344
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,022	0,105	0,272	0	0,032
La Bouverette	0,068	0,088	0,166	0,023	0,070
La Morge St-Gingolph	0,010	0,058	0,141	0	0,016
La Dranse	0,021	0,074	0,337	0	0,045
Totaux Moyennes	0,030	0,081			0,041
Rhône, embouchure	0,033	0,106	0,189	0	0,041
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	0,250	0,294			0,260
Petit Lac					
La Promenthouse	0,056	0,148	0,849	0,036	0,070
Nant de Riond (Crans)	0,231	0,054	0,122	0,009	0,201
Nant de Pry	0,287	0,100	0,278	0,050	0,221
Nant du Brassu	0,119	0,097	0,156	0,031	0,111
La Doye	0,306	0,260	1,338	0,088	0,298
Le Torry	0,480	-	-	-	-
La Versoix	0,065	0,048	0,108	0,029	0,062
Le Vengeron	1,620	3,338	9,050	0,350	1,909
L'Hermance	0,173	0,200	0,505	0,055	0,177
Le Nant d'Aisy	1,646	2,539	7,850	0,350	1,856
Totaux Moyennes	0,498	0,753			0,534
Ensemble Lac Léman	0,342	0,447			0,351
Rhône, émissaire	0,010	0,019	0,039	0	0,012
SOLDES					

Tableau N° 31 : PHOSPHORE TOTAL
concentration en mag/l de phosphore (P)

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,213	0,119	0,326	0,020	0,193
L'Eau froide	0,242	0,155	0,408	0,046	0,224
La Maladaire	1,613	1,631	5,338	0,235	1,616
La Veveyse	0,316	0,308	0,947	0,065	0,314
Le Forestay	0,728	0,763	2,513	0,104	0,735
La Lutrive	1,384	0,775	1,959	0,209	1,256
La Paudèze	1,108	1,740	5,909	0,170	1,241
Le Flon, Lausanne	3,217	2,472	5,550	0,353	2,898
La Chamberonne	2,090	0,681	1,730	0,218	1,793
La Venoge	0,631	0,474	1,404	0,131	0,598
La Morge	0,775	0,486	0,996	0,085	0,714
L'Aubonne	0,346	0,211	0,718	0,052	0,318
Totaux Moyennes	1,055	0,818			0,992
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,070	0,287	1,760	0,006	0,104
La Bouverette	0,090	0,109	0,183	0,024	0,093
La Morge St-Gingolph	0,027	0,025	0,058	0	0,027
La Dranse	0,024	0,073	0,080	0,065	0,028
Totaux Moyennes	0,053	0,123			0,063
Rhône, embouchure	0,069	0,063	0,128	0,008	0,068
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	0,761	0,610			0,719
Petit Lac					
La Promenthouse	0,306	0,509	4,473	0,033	0,349
Nant de Riond (Crans)	0,478	0,677	3,480	0,214	0,518
Nant de Pry	0,839	0,391	1,800	0,138	0,594
Nant du Brassu	0,189	0,222	0,380	0,084	0,207
La Doye	0,825	0,608	3,003	0,078	0,776
Le Torry	1,114	1,927	11,916	0,157	1,285
La Versoix	0,108	0,099	0,194	0,051	0,107
Le Vengeron	2,385	3,470	8,500	0,400	2,610
L'Hermance	0,234	0,633	2,100	0,086	0,310
Le Nant d'Aisy	2,038	3,033	8,600	0,380	2,347
Totaux Moyennes	0,852	1,157			0,910
Ensemble Lac Léman	0,795	0,813			0,788
Rhône, émissaire	0,034	0,039	0,055	0,023	0,036
SOLDES					

Tableau N° 32 : PHOSPHORE TOTAL
concentration en mg/l de phosphore (P)

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,193	0,221	0,751	0,033	0,197
L'Eau froide	0,224	0,312	0,914	0,057	0,238
La Maladaire	1,616	3,129	10,120	0,878	1,861
La Veveyse	0,314	0,252	0,881	0,042	0,304
Le Forestay	0,299	0,253	0,581	0,082	0,291
La Lutrive	1,256	1,726	7,917	0,173	1,332
La Paudèze	1,241	1,572	3,918	0,261	1,295
Le Flon, Lausanne	2,898	5,777	14,511	1,564	3,710
La Chamberonne	1,793	0,980	2,383	0,294	1,662
La Venoge	0,598	0,623	1,697	0,065	0,602
La Morge	0,714	1,369	3,591	0,245	0,820
L'Aubonne	0,318	0,275	1,371	0,098	0,234
La Dullive	-	0,544	2,742	0,232	0,544
Totaux Moyennes	0,992	1,310			1,007
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,104	0,136	0,336	0,032	0,108
La Bouverette	0,093	0,186	0,292	0,023	0,106
La Morge St-Gingolph	0,027	0,103	0,195	0,022	0,036
La Dranse	0,028	0,136	0,325	0,072	0,051
Totaux Moyennes	0,063	0,140			0,075
Rhône, embouchure	0,068	0,167	0,356	0,042	0,079
Ensemble Grand Lac Moyennes	0,719	0,988			0,748
Petit Lac					
La Promenthouse	0,349	0,276	1,110	0,083	0,337
Nant de Riond (Crans)	0,518	0,133	0,246	0,058	0,453
Nant de Pry	0,594	0,211	0,320	0,074	0,459
Nant du Brassu	0,207	0,194	0,280	0,072	0,202
La Doye	0,776	0,452	1,697	0,147	0,721
Le Torry	1,285	-	-	-	-
La Versoix	0,107	0,074	0,125	0,040	0,101
Le Vengeron	2,610	4,651	11,150	0,900	2,952
L'Hermance	0,310	0,761	2,300	0,105	0,382
Le Nant d'Aisy	2,347	3,875	8,900	1,500	2,707
Totaux Moyennes	0,910	1,181			0,924
Ensemble Lac Léman	0,788	1,051			0,807
Rhône, émissaire	0,036	0,044	0,068	0,020	0,038
SOLDES					

Tableau N° 33 : PHOSPHORE SOLUBLE ET TOTAL
apports en tonnes par an, exprimés en phosphore (P)

AFFLUENTS	NORMES 1964-1968		Année 1969		NORMES 1964-1969	
	P sol.	P tot.	P sol.	P tot.	P sol.	P tot.
	Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	1,70	14,83	1,74	6,43	1,71	12,85
L'Eau froide	2,00	7,98	2,24	5,21	2,06	7,33
La Maladaire	1,07	3,02	0,55	1,67	0,95	2,70
La Veveyse	2,16	22,88	1,57	6,78	2,02	19,09
Le Forestay	2,35	8,14	2,78	6,31	2,45	7,71
La Lutrive	3,17	5,68	1,12	2,18	2,69	4,86
La Paudèze	5,30	11,85	2,27	7,93	4,59	10,93
Le Flon, Lausanne	39,07	133,68	30,15	104,55	35,24	121,20
La Chamberonne	23,80	83,58	2,83	12,08	18,86	66,76
La Venoge	20,95	56,74	15,88	38,64	19,76	52,48
La Morge	4,01	9,11	3,62	6,15	3,92	8,42
L'Aubonne	13,14	76,67	4,91	15,55	11,20	62,29
Totaux	118,72	434,16	69,66	213,48	105,45	376,62
Grand Lac, rive gauche						
Canal Stockalper	5,96	17,23	1,70	6,75	5,27	22,11
La Bouverette	1,35	1,75	1,41	2,13	1,36	1,82
La Morge St-Gingolph	-	-	-	-	-	-
La Dranse	4,52	13,04	13,80	(57,03)	10,55	15,79
Totaux	11,83	32,02	16,91	65,91	17,18	39,72
Rhône, embouchure	210,97	433,89	200,37	351,58	209,05	418,92
Ensemble Grand Lac Totaux	341,52	900,07	286,94	630,97	331,68	852,26
Petit Lac						
La Promenthouse	2,38	9,48	1,26	6,31	2,11	8,74
Nant de Riond (Crans)	0,28	0,54	0,28	0,57	0,28	0,54
Nant de Pry	-	-	-	-	-	-
Nant du Brassu	0,57	1,09	0,63	1,10	0,60	1,10
La Doye	1,43	3,39	1,10	2,05	1,36	3,06
Le Torry	0,80	1,35	0,19	0,79	0,66	1,23
La Versoix	8,79	14,26	6,75	9,75	8,33	13,25
Le Vengeron	6,23	11,78	6,50	11,32	6,27	11,67
L'Hermance	0,97	1,71	2,71	4,91	1,32	2,36
Le Nant d'Aisy	2,49	4,05	10,56	15,64	4,98	7,60
Totaux	23,94	47,65	29,98	52,44	25,91	49,55
Ensemble Lac Léman	365,46	947,72	316,92	683,41	357,59	901,81
Rhône, émissaire	61,85	226,87	97,24	285,64	74,52	247,94
SOLDES	303,61	720,85	219,68	397,77	283,07	653,87

Tableau N° 34 : PHOSPHORE SOLUBLE ET TOTAL
apports en tonnes par an, exprimés en phosphore (P)

AFFLUENTS	NORMES 1964-1969				NORMES 1964-1970	
	Année 1970					
	P.sol.	P.tot.	P.sol.	P.tot.	P.sol.	P.tot.
Grand Lac, rive droite						
Le Grand Canal	1,71	12,85	1,99	10,85	1,77	12,48
L'Eau froide	2,06	7,33	3,09	8,64	2,24	7,57
La Maladaire	0,95	2,70	0,95	5,30	0,95	3,15
La Veveyse	2,02	19,09	4,51	11,64	2,46	17,79
Le Forestay	2,45	7,71	2,93	8,92	2,55	7,92
La Lutrive	2,69	4,86	1,01	2,74	2,40	4,48
La Paudèze	4,59	10,94	2,46	6,65	4,22	10,15
Le Flon, Lausanne	35,24	121,20	63,86	233,30	43,30	152,82
La Chamberonne	18,86	66,76	3,41	8,86	16,11	56,48
La Venoge	19,76	52,48	25,64	61,90	20,81	54,10
La Morge	3,92	8,42	3,15	11,19	3,78	8,92
L'Aubonne	11,20	62,29	13,28	44,50	11,57	59,13
La Dullive	-	-	4,23	11,13	4,23	11,13
Totaux	105,45	376,62	130,61	425,62	116,39	406,17
Grand Lac, rive gauche						
Canal Stockalper	5,27	22,11	24,28	31,35	7,60	15,64
La Bouverette	1,36	1,82	1,20	3,50	1,36	2,02
La Morge St-Gingolph	-	-	-	-	-	-
La Dranse	10,55	15,79	39,20	110,98	24,13	34,82
Totaux	17,18	39,72	64,68	145,83	33,09	52,48
Rhône, embouchure	209,05	418,92	543,81	946,96	249,23	482,28
Ensemble Grand Lac Totaux	331,68	852,26	739,10	1'518,41	398,71	940,93
Petit Lac						
La Promenthouse	2,11	8,74	4,45	10,88	2,52	9,11
Nant de Riond (Crans)	0,28	0,54	0,09	0,19	0,25	0,47
Nant de Pry	-	-	-	-	-	-
Nant du Brassu	0,60	1,10	0,63	1,45	0,60	1,23
La Doye	1,36	3,06	1,42	2,93	1,36	3,03
Le Torry	0,66	1,23	-	-	-	-
La Versoix	8,33	13,25	5,14	8,61	7,73	12,36
Le Vengeron	6,27	11,67	7,92	13,37	6,59	11,98
L'Hermance	1,32	2,36	0,91	9,74	1,26	3,69
Le Nant d'Aisy	4,98	7,60	1,96	4,04	4,26	6,78
Totaux	25,91	49,55	22,52	51,21	24,57	48,65
Ensemble Lac Léman	357,59	901,81	761,62	1'569,62	423,28	989,58
Rhône, émissaire	74,52	247,94	168,53	396,60	99,30	287,14
SOLDES	283,07	653,87	593,09	1'173,02	323,98	702,44

2.7. DETERGENTS (cf. tableaux No 35 à 38)

Il existe un certain parallélisme entre l'évolution dans le temps des concentrations moyennes annuelles en phosphore total et en détergents :

<u>Année</u>	<u>Phosphore total</u> mg/l P	<u>Détergents</u> mg/l
1965	0,566	0,103
1966	0,745	0,120
1967	1,297	0,142
1968	0,647	0,054
1969	0,813	0,090
1970	1,051	0,110

Il ne semble pas de prime abord que la dilution des apports intervenant pendant les années humides ait une influence prépondérante sur les variations des concentrations. En effet si, pendant les trois premières années, la progression des teneurs est plus ou moins inversément proportionnelle aux hauteurs des précipitations, la chute de 1968 est trop marquée pour être uniquement due à une augmentation de la pluviosité. Enfin l'année 1970, plus humide que 1969, devrait présenter des concentrations plus faibles. Or nous constatons le phénomène inverse, aussi bien pour le phosphore total que pour les détergents.

L'augmentation des concentrations moyennes annuelles de 1969 à 1970 est presque générale, puisqu'elle affecte tous les affluents sauf le Flon à Lausanne (0,30 mg/l en 1969 ; 0,28 en 1970), les Nants de Riond, de Pry, du Brassu, l'Hermance et le Nant d'Aisy. Les teneurs en détergents restent cependant assez faibles, souvent inférieures à 0,10 mg/l. Les cours d'eau les plus riches sont le Flon à Lausanne (0,28 mg/l en 1970), le Vengeron (0,74 mg/l en 1969 ; 0,87 l'année suivante) et le Nant d'Aisy.

Si la plupart des concentrations moyennes augmentent en 1970, par contre les valeurs maximum rencontrées datent souvent de l'année précédente : 1,10 mg/l pour la Chamberonne, 1,96 pour le Vengeron, 1,48 pour le Nant d'Aisy.

Les apports totaux en 1970 - 253 - tonnes - sont très proches de ceux de 1968 - 230 tonnes - mais plus faibles que ceux de 1967 - 340 tonnes. Les apports du Rhône à la Porte du Scex se montent, en 1970 et en 1968, à environ 180 tonnes. Il ne nous a pas été possible de chiffrer les apports de cet affluent en 1969. Pour cette dernière année, l'ensemble des affluents secondaires a déversé quelque 44 tonnes de détergents dans le lac Léman, dont 12 pour le Flon à Lausanne.

Tableau N° 35 : DETERGENTS
concentration en mag/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,07	0,05	0,27	0	0,06
L'Eau froide	0,09	0,06	0,26	0	0,09
La Maladaire	0,22	0,11	0,36	0	0,19
La Veveyse	0,07	0,02	0,09	0	0,06
Le Forestay	0,14	0,03	0,11	0	0,11
La Lutrive	0,14	0,03	0,09	0	0,12
La Paudèze	0,09	0,04	0,10	0	0,08
Le Flon, Lausanne	0,29	0,30	1,10	0,08	0,30
La Chamberonne	0,47	0,07	0,24	0	0,37
La Venoge	0,07	0,02	0,07	0	0,06
La Morge	0,06	0,02	0,06	0	0,06
L'Aubonne	0,04	0,02	0,08	0	0,04
Totaux Moyennes	0,15	0,06			0,13
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,02	-	-	-	0,02
La Bouverette	0,02	-	-	-	0,02
La Morge St-Gingolph	0,01	-	-	-	0,01
La Dranse	0,01	0,02	0,04	0	0,01
Totaux Moyennes	0,02	0,02			0,02
Rhône, embouchure	0,02	-	-	-	0,02
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	0,11	0,06			0,10
Petit Lac					
La Promenthouse	0,03	0,02	0,07	0	0,03
Nant de Riond (Crans)	0,08	0,02	0,10	0	0,06
Nant de Pry	0,07	0,03	0,20	0	0,05
Nant du Brassu	0,01	0,02	0,14	0	0,01
La Doye	0,13	0,02	0,07	0	0,11
Le Torry	0,11	0,06	0,33	0	0,10
La Versoix	0,04	0,03	0,14	0	0,04
Le Vengeron	0,92	0,74	1,96	0,10	0,86
L'Hermance	0,09	0,09	0,19	0	0,09
Le Nant d'Aisy	0,79	0,29	1,48	0	0,62
Totaux Moyennes	0,23	0,13			0,20
Ensemble Lac Léman	0,15	0,09			0,13
Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
SOLDES					

Tableau N° 36 : DETERGENTS
concentration en mg/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,06	0,07	0,31	0	0,06
L'Eau froide	0,09	0,08	0,23	0	0,08
La Maladaire	0,19	0,19	0,68	0,10	0,19
La Veveyse	0,06	0,07	0,21	0	0,06
Le Forestay	0,11	0,10	0,21	0,05	0,11
La Lutrive	0,12	0,14	0,48	0	0,11
La Paudèze	0,08	0,15	0,55	0	0,10
Le Flon, Lausanne	0,30	0,28	0,69	0,14	0,29
La Chamberonne	0,37	0,09	0,19	0	0,32
La Venoge	0,06	0,04	0,26	0	0,06
La Morge	0,06	0,11	0,36	0	0,06
L'Aubonne	0,04	0,04	0,31	0	0,04
La Dullive	-	0,06	0,26	0	0,06
Totaux Moyennes	0,13	0,11			0,12
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
La Bouverette	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
La Morge St-Gingolph	0,01	0,01	0,02	0	0,01
La Dranse	0,01	-	-	-	0,01
Totaux Moyennes	0,02	0,02			0,02
Rhône, embouchure	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Ensemble Grand Lac					
Totaux Moyennes	0,10	0,09			0,09
Petit Lac					
La Promenthouse	0,03	0,04	0,20	0	0,03
Nant de Riond (Crans)	0,06	0,01	0,07	0	0,05
Nant de Pry	0,05	0,01	0,11	0	0,04
Nant du Brassu	0,01	0,01	0,10	0	0,01
La Doye	0,11	0,07	0,25	0	0,10
Le Torry	0,10	-	-	-	-
La Versoix	0,04	0,04	0,15	0	0,04
Le Vengeron	0,86	0,87	2,00	0,09	0,87
L'Hermance	0,09	0,03	0,13	0	0,08
Le Nant d'Aisy	0,62	0,20	0,47	0	0,52
Totaux Moyennes	0,20	0,14			0,19
Ensemble Lac Léman	0,13	0,11			0,12
Rhône, émissaire	0	0	0	0	0
SOLDES					

Tableau N° 37 : DETERGENTS
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES
	1964-1968	Année 1969	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	4,16	2,39	3,73
L'Eau froide	3,26	1,77	2,90
La Maladaire	0,36	0,16	0,31
La Veveyse	2,25	1,30	2,02
Le Forestay	0,72	0,28	0,61
La Lutrive	0,48	0,18	0,40
La Paudèze	1,02	0,37	0,87
Le Flon, Lausanne	11,70	12,92	12,24
La Chamberonne	13,17	0,60	10,15
La Venoge	5,93	5,32	5,78
La Morge	1,35	0,36	0,79
L'Aubonne	9,38	3,17	7,89
Totaux	53,77	28,82	47,69
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	2,57	-	2,57
La Bouverette	0,33	-	0,33
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	4,64	9,20	5,27
Totaux	7,54	9,20	8,17
Rhône, embouchure	82,32	-	82,32
Ensemble Grand Lac Totaux	143,63	(38,02)	138,18
Petit Lac			
La Promenthouse	1,81	0,88	1,58
Nant de Riond (Crans)	0,06	0,03	0,06
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	0,07	0,06	0,06
La Doye	0,55	0,06	0,41
Le Torry	0,31	0,09	0,25
La Versoix	4,10	1,58	3,47
Le Vengeron	3,64	2,05	3,31
L'Hermance	0,48	0,31	0,44
Le Nant d'Aisy	0,99	1,25	1,07
Totaux	12,01	6,31	10,65
Ensemble Lac Léman	155,64	(44,33)	148,83
Rhône, émissaire	0	0	0
SOLDES	155,64	(44,33)	148,83

Tableau N° 38 : DETERGENTS
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1970
	1964-1969	Année 1970	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	3,73	3,69	3,72
L'Eau froide	2,90	2,27	2,74
La Maladaire	0,31	0,31	0,32
La Veveyse	2,02	3,81	2,33
Le Forestay	0,61	1,00	0,69
La Lutrive	0,40	0,28	0,38
La Paudèze	0,87	0,79	0,85
Le Flon, Lausanne	12,24	11,45	12,01
La Chamberonne	10,15	0,76	8,32
La Venoge	5,78	3,50	5,30
La Morge	0,79	0,79	0,79
L'Aubonne	7,89	6,28	7,47
La Dullive	-	1,29	1,29
Totaux	47,69	36,22	46,21
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	2,57	4,19	2,78
La Bouverette	0,33	0,32	0,32
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	5,27	-	5,27
Totaux	8,17	4,51	8,37
Rhône, embouchure	82,32	183,38	95,81
Ensemble Grand Lac Totaux	138,18	224,11	150,39
Petit Lac			
La Promenthouse	1,58	2,74	1,77
Nant de Riond (Crans)	0,06	0	0,03
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	0,06	0,09	0,06
La Doye	0,41	0,28	0,38
Le Torry	0,25	-	-
La Versoix	3,47	3,19	3,44
Le Vengeron	3,31	1,99	3,06
L'Hermance	0,44	0,19	0,41
Le Nant d'Aisy	1,07	0,19	0,85
Totaux	10,65	8,67	10,00
Ensemble Lac Léman	148,83	252,78	160,39
Rhône, émissaire	0	0	0
SOLDES	148,83	252,78	160,39

2.8. CHLORURES (cf. tableaux No 39 à 42)

La teneur moyenne en chlorures de l'ensemble des affluents du lac Léman subit des variations qui ne semblent pas avoir des liens étroits ou constants avec les hauteurs des précipitations réparties sur le bassin versant de la rive droite. De 11,9 mg/l en 1965, la concentration en chlorures est tombée à 9,3 mg/l l'année suivante puis est remontée à 13,3 mg/l en 1967, alors que pendant cette période la pluviosité annuelle avait tendance à diminuer. En 1968, année assez humide, la teneur a logiquement quelque peu baissé du fait de la dilution des apports. Tout aussi logiquement semble-t-il, elle a augmenté l'année suivante - 14,9 mg/l - à cause des débits moyens plus faibles des affluents. Par contre en 1970, elle n'a pas varié en moyenne annuelle - 14,8 mg/l - bien que les débits des apports au lac aient augmenté.

La répartition des concentrations en chlorures dans les divers affluents est différente suivant les régions et l'importance des cours d'eau. Elle dépend probablement avant tout de la densité de la population dont les eaux usées se déversent dans un affluent et du débit moyen de celui-ci. Les affluents secondaires de la plaine du Rhône, le Rhône lui-même, la Bouverette, la Morge de St Gingolph et la Dranse accusent des concentrations oscillant, en chiffres ronds, entre 4 et 11 mg/l. Sur la rive droite du Grand Lac, la Veveyse et l'Aubonne ont des teneurs moyennes comprises entre 4 et 6 mg/l. Les autres affluents ont des eaux plus chargées : en moyenne 17 à 19 mg/l pour la Maladaire, la Paudèze, la Morge, 15 à 16 mg/l pour la Venoge, 30 à 48 mg/l pour la Chamberonne, enfin près de 50 mg/l pour le Flon à Lausanne. Les affluents du Petit Lac sont sensiblement moins minéralisés : entre 4 et 6 mg/l en moyenne pour la Versoix, le Nant du Brassu, la Promenthouse, 10 à 14 mg/l pour les Nants de Riond et de Pry, l'Hermance, entre 28 à 36 mg/l enfin dans les eaux du Vengeron et du Nant d'Aisy.

Les apports totaux pour les deux années considérées se chiffrent à 42'000 et 53'000 tonnes. La part la plus importante revient évidemment au Rhône, avec 30'000 tonnes en 1969 et 39'000 en 1970. La Dranse, la Venoge et le Flon à Lausanne s'approchent ou dépassent les 2'000 tonnes d'apports en chlorures par an. Les déversements de l'ensemble des affluents de la rive droite du Grand Lac - 6'450 tonnes en 1969 et 6'870 en 1970 - restent pratiquement stationnaires. Il en va de même des cours d'eau du Petit Lac dont les apports se sont élevés à 1'670 tonnes la première année et 1'440 tonnes la seconde.

En tenant compte de l'émissaire à Genève, le bilan des chlorures se solde par un enrichissement chiffré à environ : 12'000 tonnes en 1968 - 20'000 en 1969 - 25'000 en 1970. Ces soldes positifs importants devraient à la longue avoir des répercussions sur la composition de l'eau du lac elle-même.

Tableau N° 39 : CHLORURES
concentration en mag/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	9,4	9,5	11,6	4,4	9,5
L'Eau froide	3,3	3,1	11,2	0,9	3,3
La Maladaire	12,4	18,0	26,2	14,9	13,6
La Veveyse	2,6	4,1	7,6	1,8	2,9
Le Forestay	9,6	11,5	16,9	7,6	10,0
La Lutrive	12,7	18,9	49,7	5,4	14,0
La Paudèze	12,4	19,1	41,7	10,3	13,9
Le Flon, Lausanne	34,8	46,9	86,2	20,7	39,9
La Chamberonne	41,2	47,9	181,0	10,7	42,6
La Venoge	12,8	16,2	26,4	8,4	13,5
La Morge	17,2	20,5	64,6	13,9	17,9
L'Aubonne	4,0	6,2	11,9	1,9	4,4
Totaux Moyennes	14,4	18,5			15,5
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	6,6	10,1	17,0	7,5	7,4
La Bouverette	2,5	4,0	6,8	2,0	2,8
La Morge St-Gingolph	2,0	3,8	7,5	1,5	2,3
La Dranse	1,7	3,4	8,6	1,0	2,1
Totaux Moyennes	3,2	5,3			3,6
Rhône, embouchure	3,6	5,3	8,5	2,5	4,0
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	11,1	14,6			12,0
Petit Lac					
La Promenthouse	5,2	6,5	10,7	3,1	5,4
Nant de Riond (Crans)	28,3	15,7	31,5	3,8	25,8
Nant de Pry	16,5	13,5	31,0	2,5	14,9
Nant du Brassu	4,8	5,5	14,9	2,3	5,2
La Doye	7,5	8,7	25,7	3,0	7,8
Le Torry	23,4	26,8	61,9	10,8	24,1
La Versoix	4,3	5,8	17,8	2,8	4,6
Le Vengeron	19,9	28,2	64,4	13,9	21,6
L'Hermance	11,7	10,1	19,5	4,1	12,2
Le Nant d'Aisy	23,3	29,3	63,8	17,5	25,1
Totaux Moyennes	14,5	15,0			14,7
Ensemble Lac Léman	12,4	14,8			13,0
Rhône, émissaire	2,3	3,0	3,4	2,1	2,5
SOLDES					

Tableau N° 40 : CHLORURES
concentration en mg/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	9,5	10,6	13,2	9,3	9,7
L'Eau froide	3,3	5,6	11,0	1,1	3,7
La Maladaire	13,6	19,4	43,6	12,1	14,5
La Veveyse	2,9	4,5	8,8	1,6	3,1
Le Forestay	10,0	12,2	19,4	8,0	10,4
La Lutrive	14,0	22,4	87,2	5,5	15,4
La Paudèze	13,9	17,2	37,2	10,0	14,4
Le Flon, Lausanne	39,9	51,6	87,4	27,9	43,2
La Chamberonne	42,6	30,7	74,8	11,3	40,7
La Venoge	13,5	15,4	27,2	4,8	13,8
La Morge	17,9	19,2	28,2	13,6	18,1
L'Aubonne	4,4	4,3	9,7	1,3	4,4
La Dullive	-	19,5	54,4	9,6	19,5
Totaux Moyennes	15,5	17,9			16,2
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	7,4	11,1	15,0	6,1	7,9
La Bouverette	2,8	4,0	6,4	2,0	2,9
La Morge St-Gingolph	2,3	3,9	5,9	1,9	2,5
La Dranse	2,1	3,8	6,8	0,7	2,5
Totaux Moyennes	3,6	5,7			4,0
Rhône, embouchure	4,0	7,0	12,0	2,7	4,4
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	12,0	14,6			12,8
Petit Lac					
La Promenthouse	5,4	8,0	20,5	2,7	5,9
Nant de Riond (Crans)	25,8	14,6	40,3	5,8	23,9
Nant de Pry	14,9	10,8	41,8	3,4	13,5
Nant du Brassu	5,2	5,0	10,6	2,0	5,1
La Doye	7,8	9,5	25,7	2,1	8,1
Le Torry	24,1	-	-	-	-
La Versoix	4,6	4,7	9,4	2,5	4,6
Le Vengeron	21,6	36,9	63,6	23,0	24,2
L'Hermance	12,2	14,9	31,6	3,0	12,7
Le Nant d'Aisy	25,1	36,9	50,0	18,8	27,9
Totaux Moyennes	14,7	15,7			14,0
Ensemble Lac Léman	13,0	14,9			13,2
Rhône, émissaire	2,5	3,2	3,4	2,8	2,7
SOLDES					

Tableau N° 41 : CHLORURES
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES
	1964-1968	Année 1969	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	547,5	527,2	542,8
L'Eau froide	102,3	98,8	101,5
La Maladaire	23,3	20,2	22,6
La Veveyse	99,0	116,4	103,1
Le Forestay	99,1	106,4	100,9
La Lutrive	43,4	79,9	52,0
La Paudèze	171,7	101,4	155,2
Le Flon, Lausanne	1'417,4	1'961,3	1'650,5
La Chamberonne	1'127,0	625,7	1'009,1
La Venoge	1'338,4	1'754,2	1'436,4
La Morge	222,3	290,7	238,4
L'Aubonne	632,7	769,7	665,0
Totaux	5'824,1	6'451,9	6'077,5
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	1'197,4	1'905,6	1'331,4
La Bouverette	43,8	68,2	49,0
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	729,7	1'658,5	966,6
Totaux	1'970,9	3'632,3	2'347,0
Rhône, embouchure	22'681,0	30'131,7	24'090,4
Ensemble Grand Lac Totaux	30'476,0	40'215,9	32'514,9
Petit Lac			
La Promenthouse	278,2	167,1	252,3
Nant de Riond (Crans)	35,5	22,1	31,5
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	33,7	34,7	34,7
La Doye	34,9	25,2	31,5
Le Torry	32,7	25,2	31,5
La Versoix	588,2	627,6	596,0
Le Vengeron	137,3	170,3	145,0
L'Hermance	102,9	293,3	141,9
Le Nant d'Aisy	66,8	305,8	138,7
Totaux	1'310,2	1'671,3	1'403,1
Ensemble Lac Léman	31'786,2	41'887,2	33'918,0
Rhône, émissaire	17'322,7	21'705,0	18'893,2
SOLDES	14'463,5	20'182,2	15'024,8

Tableau N° 42 : CHLORURES
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES	Année 1970	NORMES
	1964-1969		1964-1970
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	542,8	583,5	548,7
L'Eau froide	101,5	135,6	107,2
La Maladaire	22,6	34,7	25,3
La Veveyse	103,1	198,7	119,8
Le Forestay	100,9	154,5	110,4
La Lutrive	52,0	72,5	56,8
La Paudèze	155,2	91,4	145,1
Le Flon, Lausanne	1'650,5	2'106,6	1'778,6
La Chamberonne	1'009,1	302,7	883,0
La Venoge	1'436,4	1'889,0	1'516,9
La Morge	238,4	198,7	230,2
L'Aubonne	665,0	690,6	668,6
La Dullive	-	410,0	410,0
Totaux	6'077,5	6'868,5	6'600,6
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	1'331,4	2'207,5	1'453,8
La Bouverette	41,0	69,4	44,1
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	966,6	3'327,1	1'504,3
Totaux	2'339,0	5'604,0	3'002,2
Rhône, embouchure	24'090,4	39'293,9	27'004,3
Ensemble Grand Lac Totaux	32'506,9	51'766,4	36'607,1
Petit Lac			
La Promenthouse	252,3	305,9	261,8
Nant de Riond (Crans)	31,5	22,1	28,4
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	34,7	44,2	37,8
La Doye	31,5	69,4	41,0
Le Torry	31,5	-	-
La Versoix	596,0	624,4	602,3
Le Vengeron	145,0	176,6	151,4
L'Hermance	141,9	141,9	141,9
Le Nant d'Aisy	138,7	56,8	119,8
Totaux	1'403,0	1'441,3	1'384,4
Ensemble Lac Léman	33'910,0	53'207,7	37'991,5
Rhône, émissaire	18'893,2	27'953,5	21'460,3
SOLDES	15'016,8	25'254,2	16'531,2

2.9. HYDROCARBURES (cf. tableaux No 43 à 46)

La recherche et le dosage des hydrocarbures n'ont été effectués systématiquement que sur les affluents valaisans en 1969 et 1970. Les cours d'eau du Petit Lac n'ont pas été contrôlés. Quant aux affluents de la rive vaudoise du Grand Lac, ils ont fait l'objet de déterminations assez peu fréquentes, souvent en fonction de certains problèmes régionaux ayant trait aux pollutions par hydrocarbures.

Cette étude n'est donc en aucun cas exhaustive. Elle peut tout au plus fournir quelques indications très générales. Elle est fondée sur l'extraction en milieu légèrement acide (pH 5,0) des hydrocarbures par le tétrachlorure de carbone et mesure au spectrophotomètre infra-rouge des bandes de vibrations normales des fonctions - CH₃ et - CH₂, soit 3,42 et 3,50 microns. Comme substances étalons on emploie soit un mélange Isooctane-Cétane - Benzène (37,5 vol. % + 37,5 vol. % + 25 vol. %) soit du mazout de chauffage qui donne pratiquement la même courbe d'étalonnage que le mélange type. Cette méthode a été mise au point par l'Association des Raffineries sous API - Method 735 - 58. Auparavant elle avait été publiée par Simarol, Hasegawa, Bandavuk et Haedington (Infrared Spectrophotometric Determination of Oil and Phenols in Water, Anal. Chem. 23, 1384 - 1387 (1951).

En 1969 et 1970 la teneur moyenne du Rhône à son embouchure s'est élevée respectivement à 0,53 et 0,72 ppm d'hydrocarbures (maximum 1,20 et 1,60). Parallèlement le Canal Stockalper a accusé des concentrations de 0,68 et 0,23 ppm (max. 2,00 et 0,70), la Bouverette, 0,43 et 0,20 (0,80 et 0,60 au max.), la Morge de St Gingolph, 0,25 et 0,06 (max 0,50 et 0,10). Pour les affluents vaudois, il a été trouvé, dans un faible nombre d'échantillons, 0,30 ppm pour le Grand Canal, 0,48 ppm pour l'Eau froide, 1,50 ppm pour la Veveyse, 1,20 ppm, pour la Chamberonne en 1969. L'année suivante nous constatons les concentrations suivantes : 0,73 ppm pour l'Eau froide (max. 0,90) 0,30 ppm pour la Véveyse (max. 0,50) et 3,23 ppm pour la Chamberonne (max. 6,00).

Les apports en hydrocarbures pour les affluents valaisans, calculés à partir des concentrations et des débits mesurés au moment des prélèvements s'élèvent, en 1969, à 130 tonnes pour le Canal Stockalper, 6 tonnes pour la Bouverette et 2.500 tonnes pour le Rhône. En 1970 nous constatons 50 tonnes pour le premier, 3 tonnes pour le deuxième et enfin 6.000 pour l'affluent principal du Léman. Celui-ci, en moyenne multiannuelle 1967-1970, a déversé environ 3.000 tonnes d'hydrocarbures par année dans le lac.

Pour les quelques affluents de la rive droite du Grand Lac ayant fait l'objet de contrôles, du reste très espacés, nous arrivons à des apports totaux évalués en 1969 à 108 tonnes et à 42 tonnes en 1970.

Tableau N° 43 : HYDROCARBURES
concentration en ppm.

AFFLUENTS	NORMES 1967 - 1968	Année 1969			NORMES 1967-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	-	0,30	0,30	0,30	0,30
L'Eau froide	1,67	0,48	0,70	0,30	1,19
La Maladaire	0,60	-	-	-	0,60
La Veveyse	1,30	1,50	1,50	1,50	1,40
Le Forestay	-	-	-	-	-
La Lutrive	-	-	-	-	-
La Paudèze	71,00	-	-	-	71,00
Le Flon, Lausanne	-	-	-	-	-
La Chamberonne	51,90	1,20	1,20	1,20	45,55
La Venoge	5,60	-	-	-	5,60
La Morge	-	-	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	22,01	0,87			18,09
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,24	0,68	2,00	0,10	0,42
La Bouverette	0,25	0,43	0,80	0,20	0,33
La Morge St-Gingolph	0,23	0,25	0,50	0,10	0,24
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	0,24	0,45			0,33
Rhône, embouchure	0,30	0,53	1,20	0,10	0,39
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	13,31	0,67			11,63
Petit Lac					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Nant de Pry	-	-	-	-	-
Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	-	-	-	-	-
Le Torry	-	-	-	-	-
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	-	-	-	-	-
Ensemble Lac Léman	13,31	0,67			11,63
Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
SOLDES					

Tableau N° 44 : HYDROCARBURES
concentration en ppm.

AFFLUENTS	NORMES 1967 - 1969	Année 1970			NORMES 1967-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	0,30	-	-	-	0,30
L'Eau froide	1,19	0,73	0,90	0,50	1,08
La Maladaire	0,60	-	-	-	0,60
La Veveyse	1,40	0,30	0,50	0,10	0,85
Le Forestay	-	-	-	-	-
La Lutrive	-	-	-	-	-
La Paudèze	71,00	-	-	-	71,00
Le Flon, Lausanne	-	-	-	-	-
La Chamberonne	45,55	3,23	6,00	0,90	34,01
La Venoge	5,60	-	-	-	5,60
La Morge	-	-	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-	-	-
La Dullive	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	18,09	1,42			16,21
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	0,42	0,23	0,70	0	0,38
La Bouverette	0,33	0,20	0,60	0,10	0,30
La Morge St-Gingolph	0,24	0,06	0,10	0	0,18
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	0,33	0,16			0,29
Rhône, embouchure	0,39	0,72	1,60	0,20	0,46
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	11,63	0,78			10,43
Petit Lac					
La Promenthouse	-	-	-	-	-
Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Nant de Pry	-	-	-	-	-
Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	-	-	-	-	-
Le Torry	-	-	-	-	-
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	-	-	-	-	-
Ensemble Lac Léman Rhône, émissaire SOLDES	11,63	0,78			10,43

Tableau N° 45 : HYDROCARBURES
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES	Année 1969	NORMES
	1967-1968		1967-1969
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	-	13,56	13,56
L'Eau froide	52,35	13,25	36,58
La Maladaire	0,95	-	0,95
La Veveyse	94,61	64,65	79,79
Le Forestay	-	-	-
La Lutrive	-	-	-
La Paudèze	694,11	-	694,11
Le Flon, Lausanne	-	-	-
La Chamberonne	3'370,57	17,34	2'951,13
La Venoge	819,60	-	819,60
La Morge	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-
Totaux	5'032,23	108,80	4'595,72
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	43,20	132,10	77,57
La Bouverette	3,47	6,66	4,73
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	-	-
Totaux	46,67	138,76	82,30
Rhône, embouchure	1'729,50	2'567,00	2'064,70
Ensemble Grand Lac Totaux	6'808,20	2'814,56	6'742,72
Petit Lac			
La Promenthouse	-	-	-
Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	-	-	-
Le Torry	-	-	-
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	-	-	-
Ensemble Lac Léman	6'808,20	2'814,56	6'742,72
Rhône, émissaire	-	-	-
SOLDES			

Tableau N° 46 : HYDROCARBURES
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1967-1970
	1967 - 1969	Année 1970	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	13,56	-	13,56
L'Eau froide	36,58	3,47	29,01
La Maladaire	0,95	-	0,95
La Veveyse	79,79	2,84	53,93
Le Forestay	-	-	-
La Lutrive	-	-	-
La Paudèze	694,11	-	694,11
Le Flon, Lausanne	-	-	-
La Chamberonne	2'951,13	35,95	2'156,43
La Venoge	819,60	-	819,60
La Morge	-	-	-
L'Aubonne	-	-	-
La Dullive	-	-	-
Totaux	4'595,72	42,26	3'767,59
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	77,57	50,77	70,96
La Bouverette	4,73	3,15	4,42
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	-	-
Totaux	82,30	53,92	75,38
Rhône, embouchure	2'064,70	6'031,90	2'980,15
Ensemble Grand Lac	6'742,72	6'128,08	6'823,12
Petit Lac			
La Promenthouse	-	-	-
Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	-	-	-
Le Torry	-	-	-
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	-	-	-
Ensemble Lac Léman	6'742,72	6'128,08	6'823,12
Rhône, émissaire	-	-	-
SOLDES	-	-	-

2.10. DURETE TOTALE (TITRE HYDROTOMETRIQUE) TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET, DURETE PERMANENTE. (cf. tableaux No 47 à 52).

Ces paramètres ont été déterminés pour l'ensemble des affluents, sauf pour la Dranse, depuis 1966. Les années précédentes les données sont moins complètes.

Il est certain que ces déterminations n'ont qu'un rapport assez lointain avec les buts pratiques que s'est fixés la Sous-commission technique, à savoir principalement l'étude de l'influence des affluents sur la pollution générale du lac Léman. Cependant, puisque ces chiffres existent et que leur dépouillement a été effectué, il nous semble intéressant de les communiquer.

Le titre hydrotimétrique, le titre alcalimétrique complet et la dureté permanente sont, pour l'ensemble des affluents et en moyennes annuelles assez stables, sauf en 1970 où nous constatons un fléchissement des deux premiers critères :

<u>Année</u>	<u>Titre hydrotimétrique</u> mé/l	<u>Titre alcalimétrique</u> mé/l	<u>Dureté permanente</u> mé/l
1966	5,61	4,31	1,30
1967	5,63	4,29	1,34
1968	5,60	4,27	1,33
1969	5,50	4,23	1,27
1970	5,19	3,94	1,25

Il ne semble donc pas, en ce qui concerne les moyennes annuelles, que les conditions météorologiques jouent un rôle important. Par contre, si nous considérons les variations annuelles pour les différents affluents, nous constatons des évolutions assez marquées, en partie en rapport avec les débits.

L'affluent dont l'eau est la plus minéralisée, le Grand Canal, accuse des duretés totales supérieures à 12,0 mé/l en moyennes annuelles. Ce cours d'eau est par ailleurs, comme le Canal Stockalper et la Bouverette, caractérisé par des duretés permanentes nettement plus élevées que pour les autres affluents - 7,0 mé/l pour le Grand Canal, 3,0 pour le Canal Stockalper, 6,0 pour la Bouverette, généralement moins que 1,0 mé/l pour les autres affluents. La Bouverette est également assez minéralisée avec une dureté totale de près de 9,0 mé/l en moyennes annuelles. L'eau des autres affluents est caractérisée par des titres hydrotimétriques compris entre 3,0 (la Morge de St Gingolph) et 6,0 mé/l. Pour la plupart des rivières, les chiffres de 1970 sont légèrement plus faibles que ceux de 1969. Le Rhône enfin présente une minéralisation pratiquement identique à celle de l'eau du lac.

Tous les affluents, à l'exception du Rhône à son embouchure, accusent des valeurs du titre alcalimétrique complet comprises entre 3 et 5 mé/l. Pour celui-ci nous enregistrons, en moyennes annuelles, 1,54 en 1969 et 1,78 mé/l en 1970.

Tableau N° 47 : DURETE TOTALE
concentration mé/1

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	12,46	12,72	14,51	11,96	12,52
L'Eau froide	4,36	4,59	5,68	2,90	4,41
La Maladaire	6,39	6,35	7,13	4,80	6,38
La Veveyse	4,04	4,23	5,84	2,74	4,08
Le Forestay	5,80	5,70	6,44	4,08	5,77
La Lutrive	5,41	5,41	6,26	1,95	5,41
La Paudèze	4,66	4,70	5,77	3,38	4,67
Le Flon, Lausanne	4,95	4,69	6,25	1,97	4,84
La Chamberonne	6,00	5,93	8,24	2,22	5,98
La Venoge	5,48	5,65	6,76	3,96	5,52
La Morge	6,22	6,03	6,60	4,89	6,17
L'Aubonne	4,19	4,48	5,65	3,41	4,26
Totaux Moyennes	5,83	5,87			5,83
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	6,96	6,63	7,04	6,16	6,88
La Bouverette	8,82	8,90	11,08	7,00	8,84
La Morge St-Gingolph	3,17	3,26	3,80	2,76	3,19
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	6,32	6,26			6,30
Rhône, embouchure	2,66	2,62	3,40	2,14	2,65
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	5,72	5,74			5,72
Petit Lac					
La Promenthouse	4,84	4,95	5,95	3,90	4,86
Nant de Riond (Crans)	6,13	5,01	6,35	3,28	5,79
Nant de Pry	5,31	4,82	6,66	3,88	5,05
Nant du Brassu	4,08	4,23	4,82	3,71	4,16
La Doye	4,36	4,57	5,91	3,71	4,41
Le Torry	6,49	6,86	7,48	6,08	6,57
La Versoix	4,22	4,38	4,85	3,82	4,27
Le Vengeron	6,01	5,68	6,94	3,23	5,91
L'Hermance	5,23	4,60	6,62	2,67	5,05
Le Nant d'Aisy	6,59	6,02	8,26	3,70	6,42
Totaux Moyennes	5,33	5,11			5,25
Ensemble Lac Léman	5,57	5,50			5,54
Rhône, émissaire	2,68	2,65	2,85	2,38	2,67
SOLDES					

Tableau N° 48 : DURETE TOTALE
concentration mé/1

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	12,52	12,27	13,04	11,44	12,48
L'Eau froide	4,41	4,51	5,23	2,56	4,43
La Maladaire	6,38	6,48	7,85	5,70	6,40
La Veveyse	4,08	3,90	4,65	2,76	4,05
Le Forestay	5,77	5,44	6,46	4,50	5,71
La Lutrive	5,41	5,24	6,30	4,55	5,38
La Paudèze	4,67	4,39	5,30	3,54	4,62
Le Flon, Lausanne	4,84	4,44	5,40	3,69	4,72
La Chamberonne	5,98	5,32	6,45	2,77	5,87
La Venoge	5,52	5,09	6,21	3,80	5,44
La Morge	6,17	5,47	6,55	3,92	6,05
L'Aubonne	4,26	4,11	5,56	2,92	4,23
La Dullive	-	5,24	6,33	3,00	5,24
Totaux Moyennes	5,83	5,53			5,74
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	6,88	6,35	7,20	5,58	6,81
La Bouverette	8,84	8,88	11,26	6,06	8,85
La Morge St-Gingolph	3,19	3,11	3,58	2,32	3,18
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	6,30	6,11			6,28
Rhône, embouchure	2,65	2,91	4,14	1,96	2,69
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	5,72	5,48			5,66
Petit Lac					
La Promenthouse	4,86	4,43	5,35	3,48	4,79
Nant de Riond (Crans)	5,79	4,72	5,44	4,08	5,54
Nant de Pry	5,05	4,18	4,86	3,45	4,76
Nant du Brassu	4,16	3,99	4,38	3,08	4,10
La Doye	4,41	4,11	7,42	3,20	4,36
Le Torry	6,57	-	-	-	-
La Versoix	4,27	4,08	4,74	3,18	4,22
Le Vengeron	5,91	5,73	6,56	4,61	5,86
L'Hermance	5,05	4,69	6,84	2,70	4,96
Le Nant d'Aisy	6,42	5,89	7,84	4,02	6,30
Totaux Moyennes	5,25	4,65			4,99
Ensemble Lac Léman	5,54	5,19			5,42
Rhône, émissaire	2,67	2,73	3,06	2,22	2,69
SOLDES					

Tableau N° 49 : TITRE ALCALIMETRIQUE
concentration en mé/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1964-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	4,59	4,59	4,88	4,10	4,59
L'Eau froide	3,42	3,54	4,26	2,56	3,45
La Maladaire	5,75	5,96	7,24	4,60	5,80
La Veveyse	3,57	3,81	5,42	2,55	3,63
Le Forestay	5,16	5,17	5,70	3,87	5,16
La Lutrive	4,81	4,70	5,86	1,82	4,78
La Paudèze	4,03	4,05	5,24	2,95	4,03
Le Flon, Lausanne	4,62	4,59	5,46	1,81	4,61
La Chamberonne	5,16	4,76	5,91	2,05	5,06
La Venoge	4,70	4,87	5,66	3,47	4,74
La Morge	5,10	5,09	5,60	4,15	5,10
L'Aubonne	3,83	4,14	5,20	3,08	3,90
Totaux Moyennes	4,56	4,61			4,57
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	3,55	3,19	3,48	2,50	3,47
La Bouverette	3,03	2,84	3,15	2,50	2,99
La Morge St-Gingolph	2,89	2,85	3,20	2,52	2,88
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	3,16	2,96			3,11
Rhône, embouchure	1,68	1,54	1,80	1,10	1,65
Ensemble Grand Lac Totaux	4,39	4,38			4,39
Petit Lac					
La Promenthouse	4,38	4,59	5,44	3,61	4,43
Nant de Riond (Crans)	4,94	4,43	5,46	2,36	4,78
Nant de Pry	4,43	4,22	5,88	2,72	4,32
Nant du Brassu	3,54	3,83	4,52	2,74	3,70
La Doye	3,95	4,08	4,88	2,93	3,98
Le Torry	5,41	5,66	6,69	2,94	5,47
La Versoix	3,82	3,94	4,52	2,72	3,86
Le Vengeron	5,18	5,15	6,24	3,04	5,17
L'Hermance	4,32	3,68	5,94	1,74	4,14
Le Nant d'Aisy	5,17	4,79	6,38	2,48	5,05
Totaux Moyennes	4,51	4,44			4,49
Ensemble Lac Léman	4,27	4,23			4,26
Rhône, émissaire	1,70	1,71	1,94	1,36	1,70
SOLDES					

Tableau N° 50 : TITRE ALCALIMETRIQUE
concentration en mé/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	4,59	4,62	5,04	4,24	4,60
L'Eau froide	3,45	3,52	4,41	2,24	3,46
La Maladaire	5,80	5,84	6,39	4,99	5,80
La Veveyse	3,63	3,49	4,05	2,58	3,60
Le Forestay	5,16	4,91	5,59	4,04	5,11
La Lutrive	4,78	4,46	5,28	3,74	4,72
La Paudèze	4,03	3,72	4,36	2,90	3,98
Le Flon, Lausanne	4,61	3,67	5,38	2,01	4,34
La Chamberonne	5,06	4,32	5,36	2,45	4,93
La Venoge	4,74	4,33	5,21	3,46	4,67
La Morge	5,10	4,59	5,33	3,92	5,01
L'Aubonne	3,90	3,57	4,28	2,78	3,84
La Dullive	-	4,31	5,19	2,38	4,31
Totaux Moyennes	4,57	4,26			4,49
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	3,47	3,31	3,84	2,96	3,45
La Bouverette	2,99	2,88	3,11	2,54	2,98
La Morge St-Gingolph	2,88	2,76	3,12	2,12	2,87
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	3,11	2,98			3,10
Rhône, embouchure	1,65	1,78	2,26	1,32	1,67
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	4,39	3,89			4,08
Petit Lac					
La Promenthouse	4,43	4,00	4,72	3,28	4,35
Nant de Riond (Crans)	4,78	4,04	4,44	3,62	4,61
Nant de Pry	4,32	3,76	4,10	3,24	4,13
Nant du Brassu	3,70	3,66	4,00	2,96	3,69
La Doye	3,98	3,64	6,40	2,65	3,92
Le Torry	5,47	-	-	-	-
La Versoix	3,86	3,76	4,00	3,08	3,83
Le Vengeron	5,17	5,36	6,04	4,20	5,22
L'Hermance	4,14	3,60	5,24	1,80	4,01
Le Nant d'Aisy	5,05	4,48	5,44	3,24	4,92
Totaux Moyennes	4,49	4,03			4,30
Ensemble Lac Léman	4,26	3,94			4,15
Rhône, émissaire	1,70	1,69	1,90	1,30	1,70
SOLDES					

Tableau N° 51 : DURETE PERMANENTE
concentration en mé/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	7,87	8,13	9,92	7,82	7,93
L'Eau froide	0,94	1,05	1,68	0,34	0,96
La Maladaire	0,64	0,39	1,02	0	0,58
La Veveyse	0,47	0,42	0,77	0,19	0,45
Le Forestay	0,64	0,53	1,14	0,21	0,61
La Lutrive	0,60	0,71	1,60	0,13	0,63
La Paudèze	0,63	0,65	1,52	0,36	0,64
Le Flon, Lausanne	0,33	0,10	1,32	0	0,23
La Chamberonne	0,84	1,17	3,52	0,17	0,92
La Venoge	0,78	0,78	1,15	0,49	0,78
La Morge	1,12	0,94	1,33	0,60	1,07
L'Aubonne	0,36	0,34	0,60	0,18	0,36
Totaux Moyennes	1,27	1,27			1,26
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	3,41	3,44	3,84	3,13	3,41
La Bouverette	5,79	6,06	8,08	4,23	5,85
La Morge St-Gingolph	0,28	0,41	0,61	0,24	0,31
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	3,16	3,30			3,19
Rhône, embouchure	0,98	1,08	1,60	0,61	1,00
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	1,61	1,64			1,61
Petit Lac					
La Promenthouse	0,46	0,36	0,61	0,18	0,43
Nant de Riond (Crans)	1,19	0,58	1,03	0,10	1,01
Nant de Pry	0,88	0,60	1,58	0,12	0,73
Nant du Brassu	0,54	0,40	1,36	0,06	0,46
La Doye	0,41	0,49	1,54	0,04	0,43
Le Torry	1,08	1,20	3,54	0,26	1,10
La Versoix	0,40	0,44	1,20	0,19	0,41
Le Vengeron	0,83	0,53	1,41	0	0,74
L'Hermance	0,91	0,92	1,81	0,47	0,91
Le Nant d'Aisy	1,42	1,23	2,08	0,50	1,37
Totaux Moyennes	0,81	0,68			0,76
Ensemble Lac Léman	1,30	1,27			1,28
Rhône, émissaire	0,98	0,94	1,06	0,78	0,97
SOLDES					

Tableau N° 52 : DURETE PERMANENTE
concentration en mé/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	7,93	7,65	8,38	6,90	7,88
L'Eau froide	0,96	0,99	1,66	0,32	0,97
La Maladaire	0,58	0,64	1,63	0,02	0,60
La Veveyse	0,45	0,41	0,68	0,18	0,45
Le Forestay	0,61	0,53	0,87	0,26	0,60
La Lutrive	0,63	0,78	1,86	0,38	0,66
La Paudèze	0,64	0,67	1,07	0,18	0,64
Le Flon, Lausanne	0,23	0,77	1,88	0,02	0,38
La Chamberonne	0,92	1,00	1,41	0,32	0,94
La Venoge	0,78	0,76	1,14	0,34	0,77
La Morge	1,07	0,88	1,30	0	1,04
L'Aubonne	0,36	0,54	2,88	0,14	0,39
La Dullive	-	0,93	1,26	0,43	0,93
Totaux Moyennes	1,26	1,27			1,25
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	3,41	3,04	3,59	2,34	3,36
La Bouverette	5,85	6,00	8,26	3,52	5,87
La Morge St-Gingolph	0,31	0,35	0,48	0,09	0,31
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	3,19	3,13			3,18
Rhône, embouchure	1,00	1,13	1,88	0,40	1,02
Ensemble Grand Lac Moyennes	1,61	1,59			1,58
Petit Lac					
La Promenthouse	0,43	0,43	0,98	0,20	0,44
Nant de Riond (Crans)	1,01	0,68	1,40	0,24	0,93
Nant de Pry	0,73	0,42	1,06	0,12	0,63
Nant du Brassu	0,46	0,33	0,66	0,11	0,41
La Doye	0,43	0,47	0,98	0,15	0,44
Le Torry	1,10	-	-	-	-
La Versoix	0,41	0,32	0,74	0,10	0,39
Le Vengeron	0,74	0,37	1,50	0,11	0,64
L'Hermance	0,91	1,09	1,78	0,73	0,95
Le Nant d'Aisy	1,37	1,41	2,98	0,20	1,38
Totaux Moyennes	0,76	0,61			0,69
Ensemble Lac Léman	1,28	1,25			1,27
Rhône, émissaire	0,97	1,04	1,24	0,78	0,99
SOLDES					

2.11. CALCIUM (cf. tableaux 53 à 56)

Les concentrations en calcium, exprimées en mé/l dans ce rapport, ont légèrement tendance à diminuer pour les moyennes annuelles de l'ensemble des affluents :

<u>Année</u>	<u>Concentrations en mé/l Ca</u>
1966	4,78
1967	4,67
1968	4,63
1969	4,41
1970	4,21

Cette tendance à la baisse est plus marquée en 1970 et se retrouve dans la majeure partie des affluents, souvent dans des proportions assez faibles. Seuls 6 affluents sur 27 voient leur teneur en calcium plus élevée en 1970 que l'année précédente. L'augmentation la plus importante s'est rencontrée dans l'eau du Rhône à son embouchure, qui d'une valeur de 1,94 mé/l en 1969 a passé à 2,49 mé/l l'année suivante. Cet accroissement a eu des répercussions importantes sur les apports calculés de cet affluent : 225.000 tonnes en 1969, 360.000 en 1970.

Les apports en calcium de tous les affluents, exception faite de la Dranse, subissent des fluctuations assez considérables d'une année à l'autre. Stabilisés à environ 350.000 tonnes par an de 1966 à 1968, ils sont tombés, l'année suivante, à 305.000 tonnes et atteignent en 1970, 440.000 tonnes. En tenant compte des pertes dues à l'écoulement de l'émissaire à Genève, nous obtenons les bilans suivants :

<u>Année</u>	<u>Apports au lac</u> <u>t/an CA</u>	<u>Emissaire</u> <u>t/an Ca</u>	<u>Soldes</u> <u>t/an Ca</u>
1966	347.657,4	374.038,0	- 26.380,6
1967	347.486,8	345.401,6	+ 2.085,2
1968	348.073,8	338.488,5	+ 9.585,3
1969	305.060,7	320.730,6	- 15.669,9
1970	443.404,7	405.858,9	+ 37.545,8
Normes 1964-1970	348.891,5	348.280,4	+ 611,1

Les apports principaux sont dus au Rhône à son embouchure. En effet, alors que cet affluent, d'après les normes multiannuelles, entraîne 260.000 tonnes de calcium par an au Léman, seul 5 affluents atteignent ou dépassent 10.000 tonnes d'apports annuels, à savoir Le Grand Canal (11.000), la Venoge (11.000), l'Aubonne (12.000), le Canal Stockalper (19.000) et la Versoix (9.500).

Les soldes obtenus - celui de 1970 est probablement trop élevé du fait de la surestimation des débits - devraient encore être majorés des apports de la Dranse qui, comme nous l'avons déjà relevé, n'ont pas été inventoriés.

Tableau N° 53 : CALCIUM
concentration en mé/1

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	9,94	10,19	10,97	9,52	10,00
L'Eau froide	3,74	3,78	5,06	2,48	3,75
La Maladaire	5,45	5,21	6,79	2,68	5,40
La Veveyse	3,44	3,31	4,31	1,10	3,41
Le Forestay	4,87	4,45	5,54	2,26	4,77
La Lutrive	4,47	4,46	5,31	1,88	4,47
La Paudèze	3,93	3,80	5,01	2,40	3,90
Le Flon, Lausanne	4,05	3,66	4,82	1,61	3,88
La Chamberonne	5,09	4,89	7,13	2,09	5,04
La Venoge	4,80	4,56	6,00	2,24	4,74
La Morge	5,24	4,78	5,90	1,46	5,13
L'Aubonne	3,64	3,61	4,71	1,02	3,63
Totaux Moyennes	4,89	4,73			4,84
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	5,17	4,62	5,40	3,84	5,05
La Bouverette	6,66	6,80	8,58	5,31	6,69
La Morge St-Gingolph	2,59	2,49	3,04	2,10	2,57
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	4,81	4,64			4,77
Rhône, embouchure	2,07	1,94	2,38	1,40	2,04
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	4,70	4,53			4,65
Petit Lac					
La Promenthouse	4,07	3,97	5,30	1,02	4,05
Nant de Riond (Crans)	5,02	4,21	5,17	2,54	4,77
Nant de Pry	4,65	4,07	5,62	3,31	4,34
Nant du Brassu	3,66	3,72	4,19	3,27	3,70
La Doye	3,75	3,74	4,76	1,78	3,75
Le Torry	5,28	5,11	6,27	0,94	5,24
La Versoix	3,62	3,76	4,16	3,31	3,66
Le Vengeron	4,86	4,63	5,63	2,65	4,79
L'Hermance	4,29	3,79	5,60	2,10	4,15
Le Nant d'Aisy	5,55	5,16	6,99	3,23	5,43
Totaux Moyennes	4,48	4,22			4,39
Ensemble Lac Léman	4,61	4,41			4,55
Rhône, émissaire	2,22	2,19	2,47	1,93	2,21
SOLDES					

Tableau N° 54 : CALCIUM
concentration en mé/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963 - 1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	10,00	9,81	10,62	9,16	9,97
L'Eau froide	3,75	3,67	4,48	2,28	3,73
La Maladaire	5,40	5,31	5,92	4,44	5,38
La Veveyse	3,41	3,27	4,04	2,08	3,39
Le Forestay	4,77	4,30	4,98	3,78	4,69
La Lutrive	4,47	4,16	5,30	3,64	4,41
La Paudèze	3,90	3,44	4,13	2,98	3,83
Le Flon, Lausanne	3,88	3,62	4,52	2,91	3,81
La Chamberonne	5,04	4,33	5,58	2,39	4,91
La Venoge	4,74	4,62	5,49	2,92	4,72
La Morge	5,13	4,50	5,81	3,44	5,02
L'Aubonne	3,63	3,23	4,23	2,14	3,56
La Dullive	-	3,95	5,61	2,40	3,95
Totaux Moyennes	4,84	4,48			4,72
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	5,05	5,03	7,20	2,20	5,05
La Bouverette	6,69	5,79	9,36	2,00	6,57
La Morge St-Gingolph	2,57	2,67	3,40	2,04	2,59
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	4,77	4,50			4,74
Rhône, embouchure	2,04	2,49	3,80	1,60	2,11
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	4,65	4,36			4,57
Petit Lac					
La Promenthouse	4,05	3,41	4,67	2,10	3,94
Nant de Riond (Crans)	4,77	4,00	4,64	3,44	4,59
Nant de Pry	4,34	3,72	4,35	3,09	4,13
Nant du Brassu	3,70	3,56	3,97	2,78	3,65
La Doye	3,75	3,24	4,50	2,24	3,65
Le Torry	5,24	-	-	-	-
La Versoix	3,66	3,61	4,01	2,84	3,65
Le Vengeron	4,79	4,77	5,66	3,33	4,78
L'Hermance	4,15	3,90	5,50	2,24	4,09
Le Nant d'Aisy	5,43	5,08	6,96	3,83	5,35
Totaux Moyennes	4,39	3,92			4,20
Ensemble Lac Léman	4,55	4,21			4,44
Rhône, émissaire	2,21	2,25	2,46	1,82	2,22
SOLDES					

Tableau N° 55: CALCIUM
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964 - 1969
	1964-1968	Année 1969	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	11'452,0	11'433,9	11'448,8
L'Eau froide	2'335,9	2'684,5	2'418,1
La Maladaire	191,1	121,7	174,8
La Veveyse	2'764,0	2'320,3	2'659,9
Le Forestay	1'180,7	857,5	1'104,8
La Lutrive	376,2	334,8	366,5
La Paudèze	892,1	462,5	791,1
Le Flon, Lausanne	3'257,9	3'090,0	3'186,0
La Chamberonne	3'155,7	1'438,3	2'751,9
La Venoge	10'590,8	11'885,7	10'896,5
La Morge	1'278,2	1'368,4	1'299,6
L'Aubonne	13'675,9	7'718,4	12'275,2
Totaux	51'150,5	43'716,0	49'373,2
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	19'396,0	17'364,1	19'011,1
La Bouverette	2'363,6	2'372,3	2'365,5
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	-	-
Totaux	21'759,6	19'736,4	21'376,6
Rhône, embouchure	253'680,3	225'285,3	247'551,3
Ensemble Grand Lac Totaux	326'590,4	288'737,7	318'301,1
Petit Lac			
La Promenthouse	4'662,4	2'160,2	4'074,5
Nant de Riond (Crans)	121,4	100,9	113,5
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	478,7	479,4	479,4
La Doye	333,4	230,2	302,8
Le Torry	138,2	78,8	123,0
La Versoix	10'039,2	8'688,2	9'612,2
Le Vengeron	962,0	731,6	889,3
L'Hermance	753,9	2'393,6	1'226,7
Le Nant d'Aisy	368,8	1'460,1	696,9
Totaux	17'858,0	16'323,0	17'518,3
Ensemble Lac Léman	344'448,4	305'060,7	335'819,4
Rhône, émissaire	331'519,2	320'730,6	327'652,7
SOLDES	12'929,2	15'669,9	8'166,7

Tableau N° 56 : CALCIUM
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1970
	1964-1969	Année 1970	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	11'448,8	10'883,1	11'346,6
L'Eau froide	2'418,1	2'172,8	2'374,7
La Maladaire	174,8	208,1	179,8
La Veveyse	2'659,9	3'355,4	2'784,6
Le Forestay	1'104,8	1'179,4	1'119,5
La Lutrive	366,5	271,3	350,0
La Paudèze	791,1	406,8	722,2
Le Flon, Lausanne	3'186,0	2'945,5	3'118,9
La Chamberonne	2'751,9	955,5	2'280,1
La Venoge	10'896,5	11'431,8	10'990,3
La Morge	1'299,6	930,3	1'233,1
L'Aubonne	12'275,2	11,734,9	12'179,2
La Dullive	-	46,4	46,4
Totaux	49'373,2	46'521,3	48'725,4
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	19'011,1	19'996,9	19'148,7
La Bouverette	2'365,5	1'870,1	2'299,0
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	-	-
Totaux	21'376,6	21'867,0	21'447,7
Rhône, embouchure	247'551,3	360'365,0	261'897,0
Ensemble Grand Lac Totaux	318'301,1	428'753,3	332'070,1
Petit Lac			
La Promenthouse	4'074,5	2'907,6	3'866,3
Nant de Riond (Crans)	113,5	113,5	113,5
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	479,4	536,1	498,3
La Doye	302,8	444,7	331,1
Le Torry	123,0	-	-
La Versoix	9'612,2	9'192,7	9'511,3
Le Vengeron	889,3	570,6	816,8
L'Hermance	1'226,7	709,6	1'103,8
Le Nant d'Aisy	696,9	176,6	580,3
Totaux	17'518,3	14'651,4	16'821,4
Ensemble Lac Léman	335'819,4	443'404,7	348'891,5
Rhône, émissaire	327'652,7	405'858,9	348'280,4
SOLDES	8'166,7	37'545,8	611,1

2.12. MAGNESIUM (cf. tableaux No 57 à 60)

Les concentrations moyennes en magnésium de l'eau des affluents étudiés par la Sous-commission technique sont très stables d'une année à l'autre, comme le montrent les chiffres suivants :

<u>Année</u>	<u>Concentration moyenne en magnésium, mé/l</u>
1966	1,02
1967	0,96
1968	0,98
1969	1,09
1970	0,98

La majeure partie des affluents ont des concentrations moyennes proches de 1 mé/l, soit 12 mg/l en chiffres ronds. Les variations annuelles sont marquées. Le Grand Canal accuse les teneurs les plus élevées avec 2,5 mé/l, de même que le Canal Stockalper et la Bouverette.

Les concentrations du Rhône à son embouchure ont diminué en 1970 par rapport à 1969, passant de 0,68 mé/l à 0,42 mé/l. Ce phénomène est parallèle à l'augmentation des teneurs en calcium, précédemment relevées.

Les apports totaux en magnésium ont été de 64.000 tonnes en 1969, dont 51.500 tonnes uniquement pour le Rhône et de 49.000 tonnes en 1970, avec 35.000 pour cet affluent. Les apports ont donc diminué de 15.000 tonnes. Cette différence provient uniquement du Rhône à son embouchure. Cet écart est-il réel ou est-il dû au faible nombre de contrôles effectués en 1970 ? Il est probable que la seconde hypothèse soit exacte.

En admettant sans restriction les chiffres obtenus par les calculs des apports, nous enregistrons en 1969 un solde positif de 23.000 tonnes et en 1970 un solde, également positif, de 830 tonnes !

Tableau N° 57 : MAGNESIUM
concentration en mé/l

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	2,52	2,54	3,54	2,16	2,52
L'Eau froide	0,62	0,81	2,20	0,32	0,66
La Maladaire	0,94	1,14	4,04	0,16	0,98
La Veveyse	0,60	0,92	3,02	0,44	0,67
Le Forestay	0,93	1,25	4,18	0,59	1,00
La Lutrive	0,94	0,95	1,64	0,07	0,94
La Paudèze	0,73	0,90	2,64	0,12	0,77
Le Flon, Lausanne	0,90	1,03	2,42	0,22	0,96
La Chamberonne	0,91	1,04	3,58	0,13	0,94
La Venoge	0,68	1,09	3,34	0,40	0,78
La Morge	0,98	1,25	4,62	0,28	1,04
L'Aubonne	0,55	0,87	3,70	0,21	0,63
Totaux Moyennes	0,94	1,15			0,99
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	1,79	2,01	2,85	1,48	1,83
La Bouverette	2,16	2,10	2,87	1,40	2,15
La Morge St-Gingolph	0,58	0,77	1,22	0,45	0,62
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	1,51	1,63			1,53
Rhône, embouchure	0,59	0,68	1,30	0,48	0,61
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	1,03	1,21			1,07
Petit Lac					
La Promenthouse	0,77	0,98	3,80	0,53	0,81
Nant de Riond (Crans)	1,11	0,80	1,18	0,47	1,02
Nant de Pry	0,66	0,75	1,27	0,39	0,71
Nant du Brassu	0,42	0,51	0,63	0,31	0,46
La Doye	0,61	0,83	2,50	0,08	0,66
Le Torry	1,21	1,75	6,08	0,76	1,33
La Versoix	0,60	0,62	0,87	0,35	0,61
Le Vengeron	1,15	1,05	1,47	0,51	1,12
L'Hermance	0,94	0,81	1,28	0,57	0,90
Le Nant d'Aisy	1,04	0,86	1,31	0,23	0,99
Totaux Moyennes	0,85	0,90			0,86
Ensemble Lac Léman	0,96	1,09			0,99
Rhône, émissaire	0,46	0,46	0,55	0,31	0,46
SOLDES					

Tableau N° 58 : MAGNESIUM
concentration en mé/1

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	2,52	2,46	3,57	2,07	2,51
L'Eau froide	0,66	0,84	1,36	0,28	0,70
La Maladaire	0,98	1,17	1,96	0,56	1,02
La Veveyse	0,67	0,63	1,32	0,32	0,66
Le Forestay	1,00	1,14	2,38	0,72	1,02
La Lutrive	0,94	1,08	1,62	0,70	0,97
La Paudèze	0,77	0,95	1,74	0,47	0,79
Le Flon, Lausanne	0,96	0,82	1,76	0,50	0,91
La Chamberonne	0,94	0,99	1,86	0,38	0,96
La Venoge	0,78	0,47	1,18	0,35	0,72
La Morge	1,04	0,97	1,56	0,48	1,03
L'Aubonne	0,63	0,88	3,42	0,30	0,67
La Dullive	-	1,29	3,36	0,60	1,29
Totaux Moyennes	0,99	1,05			1,02
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	1,83	1,32	3,55	0	1,76
La Bouverette	2,15	3,09	7,20	1,40	2,28
La Morge St-Gingolph	0,62	0,44	0,76	0,18	0,59
La Dranse	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	1,53	1,62			1,54
Rhône, embouchure	0,61	0,42	1,04	0,08	0,58
Ensemble Grand Lac Moyennes Totaux	1,07	1,12			1,09
Petit Lac					
La Promenthouse	0,81	1,00	2,49	0,29	0,85
Nant de Riond (Crans)	1,02	0,72	1,02	0,53	0,95
Nant de Pry	0,71	0,46	0,59	0,36	0,63
Nant du Brassu	0,46	0,43	0,63	0,30	0,45
La Doye	0,66	0,87	2,92	0,15	0,71
Le Torry	1,33	-	-	-	-
La Versoix	0,61	0,47	0,80	0,34	0,57
Le Vengeron	1,12	0,96	2,79	0,15	1,08
L'Hermance	0,90	0,79	1,37	0,46	0,87
Le Nant d'Aisy	0,99	0,81	1,37	0,17	0,95
Totaux Moyennes	0,86	0,72			0,78
Ensemble Lac Léman	0,99	0,98			0,98
Rhône, émissaire	0,46	0,48	0,70	0,37	0,47
SOLDES					

Tableau N° 59 : MAGNESIUM
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1969
	1964-1968	Année 1969	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	1'751,7	1'717,9	1'743,9
L'Eau froide	237,8	326,4	258,7
La Maladaire	28,7	14,2	25,3
La Veveyse	225	320,6	247,5
Le Forestay	126,6	143,0	130,4
La Lutrive	39,2	47,0	41,1
La Paudèze	100,6	56,5	90,2
Le Flon, Lausanne	447,8	541,6	488,0
La Chamberonne	295,9	148,7	261,3
La Venoge	963,9	1'614,4	1'117,1
La Morge	152,8	187,6	161,0
L'Aubonne	1'190,1	853,6	1'111,0
Totaux	5'560,1	5'971,5	5'675,5
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	4'045,7	4'375,3	4'107,9
La Bouverette	475,5	424,2	464,7
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	-	-
Totaux	4'521,2	4'799,5	4'572,6
Rhône, embouchure	43'870,1	51'533,8	42'528,5
Ensemble Grand Lac Totaux	53'951,4	62'304,8	52'776,6
Petit Lac			
La Promenthouse	519,0	277,5	463,6
Nant de Riond (Crans)	16,5	12,6	15,8
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	35,3	37,8	37,8
La Doye	36,8	31,5	34,7
Le Torry	19,2	12,6	18,9
La Versoix	1'120,2	829,4	1'028,1
Le Vengeron	145,9	100,9	132,4
L'Hermance	91,8	249,1	135,6
Le Nant d'Aisy	45,0	160,8	78,8
Totaux	2'029,7	1'712,2	1'945,7
Ensemble Lac Léman Rhône, émissaire	55'981,1 41'954,2	64'017,0 41'036,0	54'722,3 41'577,1
SOLDES	14'026,9	22'981,0	13'145,2

Tableau N° 60 : MAGNESIUM
apports en tonnes an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1970
	1964-1969	Année 1970	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	1'743,9	1'630,4	1'725,0
L'Eau froide	258,7	290,1	264,9
La Maladaire	25,3	28,4	25,3
La Veveyse	247,5	375,3	271,2
Le Forestay	130,4	167,1	135,6
La Lutrive	41,0	41,0	41,0
La Paudèze	90,2	63,1	85,2
Le Flon, Lausanne	488,0	406,8	447,2
La Chamberonne	261,3	116,7	236,5
La Venoge	1'117,1	1'248,8	1'141,6
La Morge	161,0	113,5	151,4
L'Aubonne	1'111,0	2'226,4	1'308,7
La Dullive	-	1'463,3	1'463,3
Totaux	5'675,5	8'170,9	7'296,9
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	4'107,9	3'702,3	4'052,4
La Bouverette	464,7	637,0	488,8
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	-	-
Totaux	4'572,6	4'339,3	4'541,2
Rhône, embouchure	45'528,5	34'938,7	44'052,6
Ensemble Grand Lac Totaux	55'776,6	47'448,9	55'891,4
Petit Lac			
La Promenthouse	463,6	504,6	469,9
Nant de Riond (Crans)	15,8	12,6	15,8
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	37,8	37,8	37,8
La Doye	34,7	56,8	41,0
Le Torry	18,9	-	-
La Versoix	1'028,1	722,2	955,5
Le Vengeron	132,4	72,5	116,7
L'Hermance	135,6	72,5	123,0
Le Nant d'Aisy	78,8	15,8	66,2
Totaux	1'945,7	1'494,8	1'825,9
Ensemble Lac Léman	57'772,3	48'943,7	57'716,3
Rhône, émissaire	41'577,1	48'108,2	44'374,3
SOLDES	16'195,2	835,5	13'142,0

2. 13. POTASSIUM (cf. tableaux No 61 à 64)

La détermination du potassium n'a été, pour les deux années considérées, effectuée que sur les affluents du territoire vaudois et sur la Dranse. L'inventaire est donc incomplet.

Les concentrations moyennes n'ont pratiquement, de 1969, 4,34 mg/l, à 1970, 4,29 mg/l, pas varié. L'affluent le plus riche est le Flon à Lausanne, avec plus de 10 mg/l en moyennes annuelles pour les deux années et des maxima de 13,4 en 1969 et 16,0 en 1970. La Maladaire, la Chamberonne et la Morge sont également assez riches en potassium, avec des teneurs moyennes comprises entre 6,3 et 8,6 mg/l K. La Dranse accuse des concentrations de 1,25 mg/l en 1969 et 2,52 l'année suivante. Cette augmentation est due principalement au déplacement des valeurs maximum qui passent de 2,0 mg/l en 1969 à 9,0 en 1970.

Les apports dus aux affluents vaudois et à la Dranse se montent à 2.600 tonnes la première année et à 3.300 tonnes la seconde. L'augmentation est due en grande partie à la Dranse, qui, du fait de l'accroissement de ses concentrations en potassium et du fait aussi des débits plus élevés a déversé dans le lac 1.500 tonnes en 1970 contre 900 l'année précédente. Par ordre d'importance quant aux apports, nous rencontrons, après la Dranse, le Flon à Lausanne et la Venoge, plus de 400 tonnes par an, le Grand Canal, la Veveyse, la Chamberonne et l'Aubonne, entre 100 et 180 tonnes par an. Les autres affluents étudiés présentent des apports inférieurs à 100 tonnes.

Tableau N° 61 : POTASSIUM
concentration en mg/l K

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1968	Année 1969			NORMES 1963-1969
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	2,36	2,60	3,60	1,00	2,42
L'Eau froide	1,72	1,82	2,58	1,20	1,74
La Maladaire	7,27	8,00	12,20	1,40	7,43
La Veveyse	1,63	2,63	7,40	1,12	1,85
Le Forestay	3,90	4,19	5,75	2,90	3,96
La Lutrive	4,96	4,66	7,20	3,14	4,89
La Paudèze	3,55	4,15	6,25	2,50	3,68
Le Flon, Lausanne	9,62	10,38	13,40	6,80	9,93
La Chamberonne	7,39	7,45	12,20	4,16	7,40
La Venoge	3,22	3,80	6,75	2,40	3,35
La Morge	5,78	6,34	13,00	3,85	5,90
L'Aubonne	1,31	1,52	2,80	0,60	1,36
Totaux Moyennes	4,39	4,80			4,49
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	-	-	-	-	-
La Bouverette	-	-	-	-	-
La Morge St-Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	-	1,25	1,95	0,90	1,25
Totaux Moyennes	4,39	1,25			1,25
Rhône, embouchure	-	-	-	-	-
Ensemble Grand Lac Moyennes	4,39	4,52			4,24
Petit Lac					
La Promenthouse	1,61	1,91	3,10	0,53	1,68
Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Nant de Pry	-	-	-	-	-
Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	3,57	2,23	5,30	0,60	3,26
Le Torry	7,45	6,58	11,40	0,69	7,25
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	4,21	3,57			4,06
Ensemble Lac Léman	4,36	4,34	-	-	4,21
Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
SOLDES					

Tableau N° 62 : POTASSIUM
concentration en mg/l K

AFFLUENTS	NORMES 1963 - 1969	Année 1970			NORMES 1963-1970
		Moyennes	Max.	Min.	
Grand Lac, rive droite					
Le Grand Canal	2,42	3,17	3,86	2,50	2,55
L'Eau froide	1,74	2,46	4,15	0,85	1,87
La Maladaire	7,43	8,55	11,20	6,30	7,63
La Veveyse	1,85	2,58	3,28	1,50	1,98
Le Forestay	3,96	3,77	5,25	3,20	3,93
La Lutrive	4,89	5,02	8,30	3,00	4,91
La Paudèze	3,68	4,38	6,95	2,85	3,81
Le Flon, Lausanne	9,93	10,59	16,00	6,80	10,12
La Chamberonne	7,40	6,31	9,10	3,70	7,20
La Venoge	3,36	3,59	5,75	0,30	3,39
La Morge	5,90	7,15	9,80	4,10	6,13
L'Aubonne	1,36	1,15	2,00	0	1,32
La Dullive	-	3,72	6,00	2,30	3,72
Totaux Moyennes	4,49	4,80			4,50
Grand Lac, rive gauche					
Canal Stockalper	-	-	-	-	-
La Bouverette	-	-	-	-	-
La Morge St-Gingolph	-	-	-	-	-
La Dranse	1,25	2,52	9,00	0,54	2,04
Totaux Moyennes	1,25	2,52			2,04
Rhône, embouchure	-	-	-	-	-
Ensemble Grand Lac	Totaux Moyennes	4,24	4,64		4,33
Petit Lac					
La Promenthouse	1,68	1,73	3,15	0	1,69
Nant de Riond (Crans)	-	-	-	-	-
Nant de Pry	-	-	-	-	-
Nant du Brassu	-	-	-	-	-
La Doye	3,26	1,92	4,30	0,40	3,00
Le Torry	7,25	-	-	-	-
La Versoix	-	-	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-	-	-
L'Hermance	-	-	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-	-	-
Totaux Moyennes	4,06	1,83			2,35
Ensemble Lac Léman	4,21	4,29			4,08
Rhône, émissaire	-	-	-	-	-
SOLDES					

Tableau N° 63 : POTASSIUM
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1969
	1964-1968	Année 1969	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	135,2	153,0	139,1
L'Eau froide	51,1	65,9	54,3
La Maladaire	13,7	9,2	12,7
La Veveyse	64,5	106,3	73,7
Le Forestay	41,8	40,0	41,4
La Lutrive	21,0	15,9	19,9
La Paudèze	39,7	27,3	36,9
Le Flon, Lausanne	387,6	442,0	409,8
La Chamberonne	208,1	158,7	197,2
La Venoge	314,5	447,5	343,8
La Morge	73,4	81,3	75,1
L'Aubonne	224,9	148,5	208,1
Totaux	1'539,6	1'695,6	1'612,0
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	-	-	-
La Bouverette	-	-	-
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	-	906,0	906,0
Totaux	1'539,6	2'601,6	2'518,0
Rhône, embouchure	-	-	-
Ensemble Grand Lac Totaux	1'539,6	2'601,6	2'518,0
Petit Lac			
La Promenthouse	84,0	53,0	77,3
Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	16,3	7,3	14,2
Le Torry	11,2	5,4	10,1
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	111,5	65,7	101,6
Ensemble Lac Léman	1'651,1	2'667,3	2'619,6
Rhône, émissaire	-	-	-
SOLDES	-	-	-

Tableau N° 64 : POTASSIUM
apports en tonnes par an

AFFLUENTS	NORMES		NORMES 1964-1970
	1964-1969	Année 1970	
Grand Lac, rive droite			
Le Grand Canal	139,1	177,9	146,0
L'Eau froide	54,3	73,5	57,7
La Maladaire	12,7	16,1	13,3
La Veveyse	73,7	148,8	87,4
Le Forestay	41,4	49,5	42,9
La Lutrive	19,9	14,2	18,9
La Paudèze	36,9	24,0	34,7
Le Flon, Lausanne	409,8	430,5	415,6
La Chamberonne	197,2	59,6	172,5
La Venoge	343,8	427,0	358,9
La Morge	75,1	62,4	72,8
L'Aubonne	208,1	183,5	203,7
La Dullive	-	66,9	66,9
Totaux	1'612,0	1'733,9	1'691,3
Grand Lac, rive gauche			
Canal Stockalper	-	-	-
La Bouverette	-	-	-
La Morge St-Gingolph	-	-	-
La Dranse	906,0	1'548,7	1'323,6
Totaux	2'518,0	1'548,7	1'323,6
Rhône, embouchure	-	-	-
Ensemble Grand Lac Totaux	2'518,0	3'282,6	3'014,9
Petit Lac			
La Promenthouse	77,3	66,9	75,4
Nant de Riond (Crans)	-	-	-
Nant de Pry	-	-	-
Nant du Brassu	-	-	-
La Doye	14,2	18,6	14,8
Le Torry	10,1	-	-
La Versoix	-	-	-
Le Vengeron	-	-	-
L'Hermance	-	-	-
Le Nant d'Aisy	-	-	-
Totaux	101,6	85,5	90,2
Ensemble Lac Léman	2'619,6	3'368,1	3'105,1
Rhône, émissaire	-	-	-
SOLDES	-	-	-

3. RESUME DES CONSTATATIONS ET CONCLUSIONS

Dans une étude telle que celle qu'a entreprise, dès 1963, la Sous-commission technique sur les apports des affluents du lac Léman, il convient avant tout de savoir si les chiffres indiqués pour ces apports - chiffres obtenus par calcul à partir des déterminations de concentrations dans un certain nombre d'échantillons prélevés au cours d'une année d'une part et à partir des débits mesurés au moment des prélèvements d'autre part - sont réellement représentatifs, en d'autres termes s'ils se rapprochent suffisamment de la réalité pour que l'on puisse leur prêter quelque crédit. Pour les affluents secondaires de moyenne ou faible importance, il est probable, avec des prélèvements mensuels, que ce soit le cas. En effet, étant donné que leurs apports ne représentent qu'une faible proportion des apports totaux, une différence, même assez grande, entre les débits mesurés et les débits réels n'a finalement que des répercussions relativement faibles sur le bilan général. Pour des affluents plus importants, tels que surtout la Dranse, mais aussi la Venoge, l'Aubonne, la Versoix, les prélèvements espacés peuvent conduire à des évaluations en partie erronées. C'est pour remédier le plus possible à cette incertitude que les prélèvements ont été pratiquement, depuis 1969, doublés pour la Dranse. Pour l'émissaire à Genève, les chiffres énoncés doivent être assez corrects, du fait d'une part de la périodicité des prélèvements (24 fois par année) et d'autre part des faibles variations de la composition de l'eau. Par ailleurs, nous n'employons pas, pour ce point, les débits instantanés pour calculer les tonnages, mais le débit moyen annuel jaugé. Reste le Rhône à son embouchure. Le débit moyen annuel de cet affluent représente presque les $\frac{3}{4}$ du débit de l'émissaire. Il conviendrait donc de pouvoir en prélever l'eau très régulièrement et éventuellement d'envisager de calculer les apports non plus à partir des débits instantanés mesurés au moment des prélèvements, ce que nous devons faire actuellement vu le faible nombre d'analyses, mais à partir du débit moyen jaugé. Etant donné que l'eau de ce fleuve n'a été, ces dernières années, prélevée que 6 à 8 fois par an, nous ne pouvons aucunement garantir les apports calculés de cet affluent. Bien plus, certains résultats, en particulier les apports en phosphore total en 1970, sont manifestement surestimés à notre avis. Tant que l'eau du Rhône à son embouchure ne sera pas très régulièrement analysée, au moins deux fois par mois avec, si possible, prélèvement d'échantillons moyens, les bilans présentés par la Sous-commission technique et concernant les apports des affluents du Léman ne pourront être garantis.

Les années 1969 et 1970, dont les résultats des recherches font l'objet de ce rapport, se différencient assez nettement l'une de l'autre du point de vue des hauteurs des précipitations. L'année 1969 a été relativement sèche et se rapprocherait, sous ce point de vue, de l'année 1964 alors que 1970 a été caractérisée par une pluviosité plus élevée comparable à celle des années 1963, 1966 et 1968.

Nous avons, en comparant la somme des débits moyens de tous les affluents et le débit moyen jaugé de l'émissaire, trouvé que le total des apports liquides des affluents étudiés était, en 1969, surestimé de 10 à 15 % et, en 1970, de 17 à 22 %. Ces surestimations proviennent, la première année, essentiellement du Rhône à son embouchure, et la seconde année, du Rhône et de quelques affluents secondaires prélevés en période de fortes crues.

Du fait des conditions météorologiques, la température moyenne de l'ensemble des affluents tombe de 9,57 ° C en 1969 à 8,79 ° C en 1970.

La concentration moyenne en oxygène dissous passe de 9,94 mg/l en 1969 à 10,32 mg/l l'année suivante, soit, en taux de saturation, de 92,6 % à 94,4 %. Comparativement aux résultats des années précédentes, ces valeurs sont assez basses. Les apports totaux se sont élevés à 82.400 tonnes en 1969 et à 108.900 tonnes en 1970. En tenant compte de l'émissaire, le Rhône à Genève, les soldes sont respectivement de - 700 et + 4.350 tonnes.

La demande biologique en oxygène atteint 8,19 mg/l O₂ en 1969 et 7,10 mg/l en 1970 pour l'ensemble des affluents, soit, en taux de consommation, 164,2 % pour la première année et 148,5 % pour la seconde. L'évolution de la qualité de l'eau du Rhône est alarmante. En effet, la demande biologique passe, pour cet affluent, de 3,24 mg/l O₂ en 1968, à 4,63 en 1969 et enfin à 4,80 en 1970. Les quantités d'oxygène que le lac a dû fournir pour minéraliser les apports de ses affluents sont de 35.000 tonnes en 1969 et 45.000 tonnes en 1970. En tenant compte des soldes du bilan de l'oxygène dissous d'une part et de la demande biologique d'autre part, les déficits en oxygène s'élèvent à 36.000 tonnes en 1969 et 41.000 tonnes en 1970 contre 23.000 tonnes en 1967 et 1968.

En 1969 et 1970, nous enregistrons une brusque augmentation du pourcentage - 47 % - d'azote minéral présent, dans l'ensemble des eaux des affluents, sous forme ammoniacale et, en contre-partie, une diminution - 50 % - de la proportion de la forme la plus oxydée, les nitrates.

Nous pouvons admettre que le potentiel de minéralisation de l'eau des affluents a diminué. Les concentrations moyennes annuelles en azote minéral total atteignent 2,752 mg/l N en 1969 et 3,476 mg/l N en 1970. Ces valeurs sont les plus élevées rencontrées depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique. Parallèlement l'azote ammoniacal passe de 0,665 mg/l N en 1968 à 1,308 en 1969 et 1,618 mg/l N en 1970. Les apports en azote minéral total atteignent 5.800 tonnes la première année et 7.300 tonnes la seconde, alors qu'ils n'étaient que de 3.800 tonnes en 1967. En tenant compte de l'émissaire, les soldes positifs calculés sont de 3.900 tonnes d'azote minéral total en 1969 et de 4.900 tonnes en 1970. Si nous admettons les surestimations probables des débits, ces soldes sont ramenés à 3.300 et 3.400 tonnes pour ces deux années.

Les concentrations en phosphore total avaient régulièrement augmenté de 1963 à 1967, passant de 0,301 à 1,297 mg/l P. En 1968, nous avons enregistré une forte baisse permettant d'atteindre 0,647 mg/l P de teneur moyenne. Cette amélioration s'estompe à nouveau puisque nous avons constaté des concentrations moyennes de 0,813 en 1969 et 1,051 mg/l P en 1970. La proportion de phosphore soluble a été, pour 1969 et 1970, respectivement de 47 et 42 % avec des concentrations moyennes annuelles de 0,384 et 0,447 mg/l P. Le solde des apports en phosphore total obtenu après défalcation des quantités perdues par l'émissaire suit une évolution fort capricieuse : 1.100 tonnes en 1966, 900 en 1967, 600 en 1968, 400 en 1969, 1.170 en 1970. Ce dernier chiffre est probablement nettement trop élevé. Nous pensons que ces résultats permettent tout au plus d'affirmer que le lac s'enrichit de quelque 400 tonnes de phosphore total au minimum par année. Les apports en 1969 se répartissent de la façon suivante : 52 % pour le Rhône, 15 % pour le Flon à Lausanne, 8 % pour la Dranse, autres affluents, 25 %.

Les concentrations en détergents suivent l'évolution des teneurs en phosphore total. De 0,054 mg/l en moyenne annuelle en 1968, elles passent à 0,090 en 1969 et 0,110 en 1970. Les apports se montent à 250 tonnes en 1970, soit pratiquement les mêmes quantités qu'en 1968, 230 tonnes. Les apports de 1969 n'ont pu être chiffrés, l'inventaire étant incomplet.

Les teneurs moyennes en chlorures s'élèvent à 14,9 mg/l en 1969 et à 14,8 mg/l en 1970. Ces valeurs sont les plus hautes rencontrées depuis le début de l'enquête de la Sous-commission technique. L'enrichissement en chlorures a été de 20.000 tonnes en 1969 et de 25.000 tonnes en 1970 contre 12.000 en 1968.

Peut-on, au vu des résultats des années 1969 et 1970, conclure à une amélioration ou au contraire à une aggravation de la situation quant aux affluents du lac Léman. En ne considérant que les résultats des concentrations, nous constatons, par rapport en particulier à 1968, des valeurs assez basses pour l'oxygène dissous, une légère diminution, en 1970, de la demande biologique en oxygène, une augmentation de l'azote minéral total avec baisse du potentiel de minéralisation conduisant à une augmentation du stade ammoniacal, une élévation des teneurs en phosphore total, détergents, chlorures. Nous pouvons donc admettre qu'il y a eu aggravation de la situation. Cette évolution est confirmée par les apports chiffrés, même si nous admettons qu'il faut considérer avec une grande prudence les tonnages avancés. Le déficit en oxygène atteint quelque 36.000 tonnes en 1969 et 40.000 en 1970 contre 23.000 en 1967 et 1968. Le solde positif de l'azote minéral total s'élève à plus de 3.000 tonnes, celui du phosphore total à au minimum 400 tonnes, celui des détergents à plus de 200 tonnes, celui des chlorures enfin à environ 20.000 tonnes. Même si ces chiffres sont entachés d'une marge d'erreur probablement grande, ils témoignent cependant, à notre avis, de l'enrichissement du lac en éléments nutritifs apportés par les affluents et de l'atteinte portée aux propres réserves du lac en oxygène.

ETUDE DU PHYTOPLANCTON DU PETIT LAC
(Points GE 1, GE 2, GE 3, GE 4)

par

E. PONGRATZ, ingénieur-chimiste
Dr es sciences

Chef du Service d'hydrobiologie
du canton de Genève

* * *

P R E A M B U L E

=====

Situé entre Jura et Préalpes et occupant une vaste cuvette glacière, le Léman avec une superficie de 582 km²., un volume de 89 km³. et ses 167 km. de côtes, est le plus grand lac d'Europe centrale.

Il présente plusieurs particularités, notamment une forme en croissant orienté du N-E au S-O, une très grande profondeur (309 m.) dans sa partie centrale élargie, une profondeur beaucoup plus faible (75 m. - 50 m.) et des rives plus resserrées dans sa partie Sud-Ouest. Cette configuration fait que l'on distingue deux régions principales du Léman soit le Petit Lac et le Grand Lac. Ce dernier peut être subdivisé en partie Nord, partie Sud et Haut Lac.

Cette division du Léman n'est pas que géographique ; à chacune de ces régions lacustres correspond une côte et un rivage éminemment différents. Dans chacune de ces diverses zones lémaniques les courants lacustres, les vents dominants, les conditions météorologiques et trophiques se manifestent différemment. Ce milieu biologique varié a été étudié par plusieurs laboratoires et les rapports établis se réfèrent :

1. au Petit Lac
2. au Grand Lac, région Nord
3. au Grand Lac, région centre et Sud.

1. Points d'observations et de prélèvements :

Les échantillons de plancton ont été recueillis au cours des campagnes 1969 et 1970 aux mêmes points du Petit Lac que lors des années précédentes, soit au point littoral GE 1 (rade de Genève : 5 m. de fond) et aux trois points pélagiques GE 2 (fosse de Bellevue : 50 m. de fond), GE 3 (fosse de Chevrens : 65 m. de fond) et GE 4 (fosse de Nyon : 75 m. de fond).

Douze séries de prélèvements ont été effectuées chaque année, soit une série de 8 prélèvements de plancton par mois (1 prélèvement de microplancton et 1 prélèvement de macroplancton en chaque point d'observation). Au point GE 1, des prélèvements intermédiaires ont été effectués.

2. Méthodes :

Les techniques qui ont été utilisées pour les prélèvements et les mesures des volumes de plancton ainsi que pour la détermination de la fréquence des divers organismes planctoniques ont été décrites dans les rapports antérieurs. Rappelons cependant que les pêches de plancton sont faites à l'aide de filets en soie, de 35 cm. de diamètre, tirés verticalement de la profondeur de 50 mètres à la surface, Sont utilisés :

- un filet fin (grandeur des mailles environ 65 μ) pour le microplancton
- un filet grossier (grandeur des mailles environ 200 μ) pour le macroplancton

3. Etude des volumes de plancton recueillis :

Les volumes globaux de micro- et de macroplancton recueillis mensuellement en chaque point d'observation (exprimés en m./m³.) ainsi que les valeurs de la transparence des eaux (m) du Petit Lac en 1969 et 1970 sont donnés dans les deux graphiques suivants. Sur ces graphiques figurent également les volumes moyens de micro- et de macroplancton (en trois points du Petit Lac), calculés pour les huit campagnes officielles (M*) et pour les douze mois de l'année (M).

4. Transparence des eaux du Petit Lac :

Les graphiques montrent que la transparence des eaux du Petit Lac (mesurée à l'aide du disque blanc de Secchi) varie considérablement au cours de l'année et souvent très rapidement (d'un mois à l'autre).

Transparence des eaux

	<u>Maximale</u>	<u>Minimale</u>	<u>Moyenne annuelle</u>
en 1969	12,3 m. (juin, GE 4)	3,4 m. (mai, GE 3)	7,38 m.
en 1970	13,5 m. (janv. GE4)	3,7 m. (mai, GE 3)	7,97 m.

La transparence moyenne, des eaux du Petit Lac (moyenne annuelle des mesures effectuées mensuellement aux trois points GE 2, GE 3 et GE 4) fut en 1970 de 7,97 m. Cette valeur représente la plus grande transparence générale des eaux enregistrée ces 8 dernières années (exception faite pour 1965). Nous pensons cependant que, étant donné ces grandes fluctuations, le calcul de la transparence moyenne annuelle des eaux fournit des résultats qui n'ont qu'un intérêt théorique limité et dont il faut se garder de tirer des conclusions générales.

La plus grande différence de transparence des eaux survenue en l'espace d'un mois, a été observée en 1969 au point GE 4 soit une différence de plus de 8,6 m. (entre les mois de mai et de juin).

D'une manière générale, les eaux du lac sont plus limpides durant la période froide de l'année ; cependant, fréquemment, on assiste à une clarification spectaculaire des eaux en plein été. Dans ces cas, ce sont le développement d'organismes du zooplancton et la disparition concomitante du phytoplancton qui sont généralement responsables de ce phénomène.

En examinant les graphiques, on constate que les périodes de grande turbidité des eaux du lac ne coïncident pas toujours avec des teneurs élevées en organismes planctoniques. Cette anomalie apparente trouve son explication dans les faits suivants : toutes les espèces d'organismes (végétaux et animaux) qui constituent le plancton n'ont pas la même faculté de troubler et de modifier la couleur des eaux du lac. D'une manière générale, pour une même biomasse (ou volume planctonique), les organismes du phytoplancton (contenant de la chlorophylle et souvent aussi d'autres pigments) provoquent une turbidité plus grande et parmi ces organismes ce sont les plus minuscules (constituant le microplancton) qui sont souvent les plus actifs.

Les algues qui composent le nannoplancton de notre lac, (Rhodomonas minuta SKUJA et la variété nannoplanctica, Cryptomonas sp., Stephanodiscus Hantzschii, Phacotus lenticularis et d'autres volvocales, etc.) ne sont pas retenues par les mailles de nos filets et ne sont, par suite, ni inventoriées, ni comptées.

C'est précisément un organisme de ce nanoplancton - Stephanodiscus Hantzschii - qui par son pullulement au cours des mois d'avril et mai 1970, a été responsable de la très faible transparence et de la coloration brunâtre des eaux lémaniques à cette période de l'année. Aux mois d'août et septembre 1970, les eaux du lac se troublèrent et prirent une nouvelle fois une teinte brunâtre extrêmement marquée ! Ce phénomène qui s'était déjà produit en automne 1968, était dû de nouveau au développement d'une ampleur exceptionnelle de Ceratium hirundinella.

5. Volumes globaux de plancton pêché dans le Petit Lac :

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

Tableau No 1

<u>Années</u>	<u>Microplancton m./m³</u>				<u>Macroplancton m./m³</u>			
	GE 2	GE 3	GE 4	Moy.	GE 2	GE 3	GE 4	Moy.
1963	0,95	1,19	1,30	1,14	2,26	3,04	3,25	2,85
1964	1,27	2,32	1,75	2,43	2,52	5,45	4,23	4,07
1965	2,61	2,33	2,35	2,43	3,18	2,89	2,91	2,99
1966	2,68	2,56	3,15	2,80	2,94	2,64	2,97	2,85
1967	1,38	1,74	1,75	1,62	2,43	3,55	2,97	2,98
1968	1,31	1,35	1,44	1,36	3,41	3,97	3,21	3,53
1969	1,83	1,96	2,04	1,94	1,75	1,94	1,96	1,88
1970	2,14	2,15	2,39	2,22	1,91	1,92	2,03	1,96

De l'examen du tableau 1 ci-dessus, il ressort que les volumes moyens de microplancton recueillis en 1969 et 1970 ont été un peu plus élevés que lors des deux années précédentes et que, en revanche, les volumes moyens de macroplancton ont été nettement plus faibles que précédemment.

Ces résultats sont paradoxaux et ne reflètent certainement pas la réalité. Nous avons déjà dit que les mesures volumétriques de plancton pêché à l'aide de filets (Netplancton) et à la fréquence d'une seule série de prélèvements par mois ne donnent pas une image fidèle du niveau trophique et de la productivité globale des eaux du lac. Les raisons en sont les suivantes :

a) imperfections inhérentes à la technique des récoltes (sélection plus ou moins grossière des organismes selon leur taille, présence d'organismes du macroplancton dans le microplancton et inversément). Le microplanc-

ton récolté n'est pas composé exclusivement d'organismes végétaux (phytoplancton), colmatation des filets, sédimentation irrégulière dans les cônes de mesure, etc.

- b) répartition irrégulière des organismes planctoniques au sein de la masse lacustre.
- c) il n'est pas tenu compte des très petits organismes (nannoplancton) qui passent à travers les mailles des filets et ne se retrouvent pas dans l'échantillon de plancton pêché.

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

Ainsi que cela ressort des graphiques, on observe au cours de l'année, deux périodes principales de prolifération intense du phytoplancton ; l'une est printanière, la seconde est automnale. Ce phénomène s'observe chaque année et en chaque point du Petit Lac ; il a été particulièrement évident en 1970 bien qu'en retard d'un mois environ sur sa période habituelle.

Comme les années précédentes, on note une forte chute de la production primaire du lac durant l'été, (période de stratification et de stagnation des eaux) accompagné d'un éclaircissement des eaux. Ce fait surprenant est dû, sans nul doute, (explication que nous avons proposée en 1966 !) à un épuisement des couches d'eau superficielles du lac (epilimnion) en certains éléments vitaux (phosphore et éléments traces notamment) à la suite de l'important développement printanier du phytoplancton. Un léger brassage et mélange des couches d'eau devient dès lors nécessaire pour réintroduire les facteurs manquants et permettre une nouvelle prolifération d'organismes végétaux : ce brassage a lieu à la suite de changements des conditions atmosphériques (baisse de la température, vents) et en automne, début de la période de circulation des eaux.

Signalons que les changements brusques et importants du temps sont en général défavorables au plancton et le font régresser fortement.

6. Etude quantitative des différentes espèces de plancton récolté dans le Petit Lac :

Dans les tableaux No 2 et 3 relatifs à l'évolution mensuelle des espèces phytoplanctoniques du Petit Lac, ne sont citées que les espèces qui furent les plus abondantes pendant l'année et dont la fréquence dépassa le 1 % de l'ensemble des individus constituant l'échantillon planctonique. De nombreuses espèces d'algues qui n'atteignirent pas cette fréquence au cours

de l'année ne sont pas mentionnées. De même, aucun indice d'abondance n'est donné pour les espèces consignées dans le tableau, lorsque momentanément leur fréquence était inférieure à 1 %.

Le barème de fréquence qui est utilisé est le suivant :

5 organisme dominant (env. 90 % ou plus de l'ensemble des individus composant l'échantillon de plancton)	
4 organisme très abondant	30 à 90 %
3 organisme abondant	5 à 30 %
2 organisme peu abondant	2 à 5 %
1 organisme isolé	1 à 2 %
+++ organisme très abondant, dont le nombre n'a pas été évalué avec précision	

Au cours des années 1969 et 1970, les espèces planctoniques suivantes ont été quantitativement importantes dans les eaux du Petit Lac.

6.1. CYANOPHYCEES

Aphanothece elathrata, se manifesta principalement en août 1969 et fut décelée durant toute l'année 1970.

Oscillatoria rubescens D.C, communément appelée "sang des Bourguignons", est apparue soudainement dans les eaux lémaniques en 1967, puis réapparue furtivement en automne 1969 (sous forme plus ou moins atypique !) accompagnée de deux ou trois autres espèces d'oscillaires inconnues naguère dans le Léman ; il s'agit probablement de

Oscillatoria tenuis et Oscillatoria bourrellyi. Ces deux oscillaires se sont développées soudainement en septembre 1969 pour devenir dominantes un mois plus tard. Depuis leur apparition dans le lac, ces deux espèces se sont manifestées à plusieurs reprises au cours de 1970 et 1971.

Oscillatoria limosa - espèce benthique - était très abondante dans certains échantillons de plancton recueillis en juillet 1970.

Au cours de ces deux années d'observations, on note une certaine raréfaction de Microcystis sp. et la disparition d'Anabaena flos-aquae.

6.2. DINOPHYCEES :

Peridinium cinctum, présent durant toute l'année dans les eaux du Petit Lac, cet organisme se mit à pulluler en juin et juillet 1970. Les autres espèces du genre Peridinium, qui naguère se rencontraient dans le plancton lémanique, ont pratiquement disparu.

Ceratium hirundinella est un organisme extrêmement commun dans le Léman; on le rencontre en grand nombre pratiquement toute l'année mais c'est dans les eaux chaudes que son développement est optimum. Durant les mois d'août, septembre et octobre 1970, ce dinoflagellé proliféra d'une manière phénoménale et les eaux du lac en furent colorées en brunâtre. Des poussées similaires de Ceratium furent déjà enregistrées en automne 1967 et 1968. Bien qu'affectionnant les eaux chaudes, il est à signaler la rareté exceptionnelle de Ceratium dans les eaux du Petit Lac en automne 1969. A la suite des forts développements de cet organisme, on constate la présence d'un grand nombre de Kystes ; il s'agit là peut-être d'une réaction due à un phénomène d'autoantagonisme ?

6.3. CHRYSOPHYCEES.

Dinobryon sociale et D. divergens peuvent être rencontrés à l'état isolé dans l'eau du lac durant toute l'année. En août 1969, elles ont pris un certain essor pour disparaître presque complètement par la suite. Au cours de ces dernières années, on note une raréfaction générale des chrysophycées : les organismes des genres Mallomonas, Urogena, Chromulina ne se rencontrent plus guère qu'à l'état d'individus isolés.

FLAGELLES

Salpingoeca convallaria est un petit flagellé incolore qui vit en épiphyte sur certaines algues planctoniques du lac. Les hôtes de prédilection sont Fragilaria crotonensis, Asterionella formosa et Melosira islandica. Souvent un grand pourcentage de ces diatomées sont colonisées par ce flagellé.

6.4. DIATOMEES

Melosira islandica subsp. helvetica est présente dans le plancton du Petit Lac durant presque toute l'année. Elle montre un développement optimum durant les cinq premiers mois de l'année : Melosira occupe alors souvent la première place parmi les diatomées.

Melosira granulata var. angustissima est une acquisition récente pour le Léman. En 1969 et 1970, durant les 3-4 premiers mois de l'année, cette espèce accompagnait la précédente sans toutefois prendre le même essor.

Stephanodiscus hantzschii, organisme constitutif du nanoplancton, s'est développé à plusieurs reprises d'une manière phénoménale, notamment au mois d'avril 1969 et aux mois d'avril et mai 1970. Les eaux du lac en furent colorées et fortement troublées.

Fragilaria crotonensis demeure la diatomée la plus constante et souvent aussi la plus abondante du Petit Lac. On la rencontre en toutes saisons. Au cours de 1969 et 1970, elle fut plusieurs mois durant l'espèce prédominante du plancton.

Fragilaria virescens ; les colonies longuement rubannées de cette diatomée se rencontrent habituellement à l'état isolé dans le plancton. En juillet et décembre 1970 cependant, cette espèce devint beaucoup plus fréquente.

Asterionella formosa est certainement l'algue la plus classique des eaux lémaniques, elle s'y trouve pratiquement en permanence. Elle peut présenter des poussées importantes à toutes les périodes de l'année mais les épiphytes (Salpingoeca convallaria et S. frequentissima) et surtout les champignons parasites (Chitrides) viennent fréquemment contrecarrer son développement.

Diatoma elongatum prit, durant plusieurs mois de l'année 1969, une certaine importance quantitative.

Synedra acus V. angustissima est une espèce typiquement printanière. Elle fut plus abondante dans le plancton en 1969 qu'en 1970.

Synedra acus V. longissima est une espèce nouvellement apparue dans le Léman ; elle prit rapidement une certaine importance numérique (septembre 1969).

La flore phytoplanctonique du Petit Lac comprend encore un grand nombre d'autres espèces de diatomées ; cependant la plupart de celles-ci ne jouent qu'un rôle secondaire. Beaucoup sont d'origine riveraine ou benthique. Parmi les espèces pélagiques figurent les Cyclotella, Stéphanodiscus astrea, Cymatopleura solea qui semblent se raréfier ou ont même complètement disparu.

6.5. CHLOROPHYCEES

Closterium aciculaire var. robustus. Cette algue se rencontre toute l'année dans le plancton du Petit Lac. Durant le mois de novembre 1969, mais surtout durant les trois derniers mois de 1970, ses longues cellules furent particulièrement fréquentes, voir abondantes.

Staurastrum gracile était naguère une espèce cantonnée dans les eaux littorales (ports), mais depuis une décennie, elle s'est installée à demeure dans l'ensemble du Petit Lac où on la rencontre toute l'année. Durant plusieurs mois, au cours de 1969-1970, elle était un élément important du plancton.

Eudorina elegans ; cette algue cénobiale est depuis plus d'une décennie extrêmement commune dans le Léman où on la rencontre toute l'année. A plusieurs moments, elle a proliféré très activement notamment au cours des mois de mai et juin 1969 où elle était devenue dominante dans le plancton.

Dictyosphaerium pulchellum, espèce fréquente, parfois même plus ou moins abondante, surtout durant la deuxième moitié de l'année.

Sphaerocystis Schroeteri, espèce assez constante, en petit nombre dans le Léman ; elle a présenté une poussée particulièrement importante en juin 1970.

Pediastrum duplex ; cette belle desmidiée est habituellement très rare dans le plancton pélagique. En août 1970, toutefois, elle était décelable en nombre important.

Mougeotia gracillima se rencontre depuis plusieurs années presque en permanence dans le plancton lémanique. Cette algue filamenteuse qui s'était montrée très envahissante il y a peu de temps encore, n'a présenté durant les périodes automnales de 1969 et 1970 que des poussées d'importance moyenne.

D'autres espèces filamenteuses (Mougeotia sp. Chlorohormidium sp., Tribonema affine) ont aussi été, par moment, des constituants importants de la flore pélagique.

Au cours de cette période (1969-1970), plusieurs espèces de Chlorophycées nouvelles pour le Léman ont fait leur apparition (discrète) dans les zones pélagiques. Citons : Staurostrum punctulatum, Kirchneriella lunaris, Richteriella pusillum, Coelostrum reticulatum, Hofmania Lauterbornei.

Près des rives du lac, dans les ports, criques, etc., la flore algale est beaucoup plus variée encore.

6.6. FUNGI.

Ainsi que nous l'avons déjà signalé, de nombreuses espèces algales de notre lac (de même que certains organismes animaux) peuvent être attaqués par des champignons parasites. Ces infections ont généralement lieu à la fin des périodes d'intense développement de l'organisme hôte et contribuent ainsi à faire régresser les populations en trop forte expansion. Ces parasites sont de plus en plus fréquents et atteignent souvent un grand pourcentage d'individus.

7. CONCLUSIONS

En étudiant le plancton lémanique et son évolution, l'on est surpris de la faible stabilité des biocénoses qui le composent, compte tenu de l'énorme masse d'eau que représente le lac et de l'inertie qui devrait être celle de ce grand volume.

L'explication réside dans le fait que seule la mince couche d'eau superficielle du lac (15 à 20 m. de profondeur au maximum) participe activement aux phénomènes biologiques. Dans cette couche (trophogène) irradiée et réchauffée par le soleil, l'on assiste continuellement au sein d'une flore planctonique variée, à des "poussées" importantes d'un organisme ou d'un autre, parfois à l'apparition subite d'une espèce nouvelle puis de la disparition tout aussi soudaine de certaines populations algales. Chaque année, chaque mois, nous apportent de nouveaux changements.

La température de l'eau et l'insolation jouent un grand rôle dans le développement de certaines espèces. La combinaison de ces deux facteurs physiques permet au cours de l'année la réalisation de quatre types de conditions et l'on observe effectivement des organismes pour qui les conditions physiques optimales sont réalisées soit au printemps, soit en été, soit en automne ou soit encore en hiver. Il est aussi des organismes qui semblent proliférer d'une manière indépendante des saisons.

Des facteurs biochimiques et trophiques variables au cours du temps et en fonction de la profondeur viennent se greffer sur les conditions physiques fluctuantes qui règnent dans le lac et il faut s'attendre naturellement à ce que dans un biotope aux conditions écologiques pareillement changeantes, les biocénoses soient en perpétuelle évolution et adaptation.

On attribue un grand rôle eutrophiant aux phosphates et aux nitrates qui augmentent d'année en année (comme le montrent les analyses) dans les eaux du Léman, mais il est probable que le phosphore et l'azote ne soient pas les seuls éléments fertilisants qui conditionnent la production primaire du Léman ; il serait utile, pensons-nous, d'étudier l'influence que jouent dans le Léman les oligoéléments tels que le : Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Si, etc. . ainsi que certaines substances organiques à caractère vitaminique.

La présence de fortes concentrations de matières fertilisantes dans les eaux ne favorise pas tous les organismes planctoniques ; signalons à ce

sujet l'observation, plusieurs fois vérifiée, de la réapparition d'espèces d'algues naguère fréquentes, (Botryococcus, Ankistrodesmus, Dinobryon, etc.) dans les eaux lémaniques superficielles à une époque de l'année où celles-ci sont appauvries, voire épuisées en certains éléments fertilisants (P) par le développement planctonique printanier ; nous formulons l'hypothèse que cet appauvrissement passager est un facteur déterminant pour la croissance de ces algues dans les eaux qui ont retrouvé certains de leurs caractères d'antan (oligotrophie).

Il serait intéressant de mieux connaître non seulement les facteurs favorables aux algues mais aussi les facteurs limitants.

Le rôle que joue le sooplancton dans la diminution du plancton végétal est mal connu. Quelles sont les algues qui peuvent être consommées par les rotifères et les petits crustacés (le nanoplancton joue ici certainement un rôle important) et qui participent à la chaîne alimentaire qui conduit aux poissons ? Quelles sont les espèces de plancton qui contribuent le plus à la formation des sédiments du fond du lac ?

Nous avons observé que la plupart des espèces d'algues de notre lac pouvaient être attaquées et tuées par des champignons parasites spécifiques et dans quelques cas, de véritables épidémies fongiques ont été la cause de l'anéantissement rapide de populations algales entières. Ces parasites jouent un rôle régulateur. En plus des parasites véritables, l'on observe de plus en plus, la présence de tout un cortège d'organismes épiphytes fixés sur les algues ou d'autres supports flottants. Les interférences et interactions qui peuvent exister entre ces divers organismes sont mal connues.

Enfin, les auto- et hétéroantagonismes chez les organismes planctoniques du Léman mériteraient également d'être étudiés. Peut-être saurions-nous alors quel ensemble complexe de facteurs physiques, chimiques et biologiques régularisent et équilibrent la vie de notre lac ? Pour l'instant, nous comprenons encore mal pourquoi certaines espèces d'algues ne parviennent à développer que quelques cellules par mètre cube d'eau alors que d'autres envahissent rapidement tout le milieu, pourquoi certaines espèces sont constantes dans le plancton alors que d'autres n'y font que des apparitions sporadiques et souvent sans rapport avec les saisons ? Pourquoi Oscillatoria rubescens par exemple, qui a fait une irruption inopinée en grand nombre dans les lémaniques en automne 1967, a depuis complètement disparu ?

Plusieurs autres phénomènes biologiques, de cet ordre, ont été observés au cours des années 1969-1970.

Rappelons la poussée spectaculaire de Ceratium hirundinella au cours de l'automne 1970 (qui colora les eaux du lac en brunâtre) et l'"extinction" presque complète de cette espèce (commune dans le Léman) en automne de l'année précédente ; le développement subit d'un groupe d'Oscillaires (Oscillatoria tenuis, O. Bourrellyi, etc.) en automne 1969, et l'apparition en nombre important de plusieurs autres algues nouvelles pour le Léman (Melosira granulata var. angustissima au printemps 1969, Synedra acus var. longissima en automne 1969, etc.).

Dans les zones littorales du lac des processus biologiques nouveaux ont aussi été constatés. Les galets des plages et les enrochements, par exemple, se couvrent à certaines époques d'organismes épiphytiques qui forment un épais feutrage visqueux aux colorations changeantes. Dans les ports et les baies abritées du lac, des algues filamenteuses (Spirogyra, Zygnema, Mougeotia, etc.) croissent périodiquement avec exubérance et viennent flotter à la surface des eaux les jours ensoleillés.

Dans le monde des animaux "supérieurs" et des macrophytes du lac, des changements plus lents certes, mais non moins importants interviennent également. Citons l'extension de plus en plus grande de certaines plantes aquatiques submergées (potamogetonacées) et le recul net des Characées (probablement par suite d'une modification du milieu dans les eaux profondes), le déclin - peut-être seulement momentané - des épinoches, de Dreissena polymorpha, etc., et l'éclosion en nombre fabuleux d'une mouche de la famille des Simuliidae, genre Melusina, dans le Rhône en aval de Genève en automne 1970.

Malgré les efforts qui ont déjà été accomplis dans le domaine de l'assainissement et de l'épuration des eaux usées du bassin rhodanien, nous assistons continuellement à des "floraisons" indésirables dans notre lac et qui, sans nul doute, se poursuivront encore à l'avenir ; selon la saison, nous voyons tantôt des cyanophycées, tantôt des dinophycées ou des chlorophycées se développer massivement dans le plancton. Toutes ces proliférations, d'un caractère "explosif", dues de plus en plus fréquemment à une seule espèce, sont à la fois cause et conséquences de graves déséquilibres du milieu lacustre.

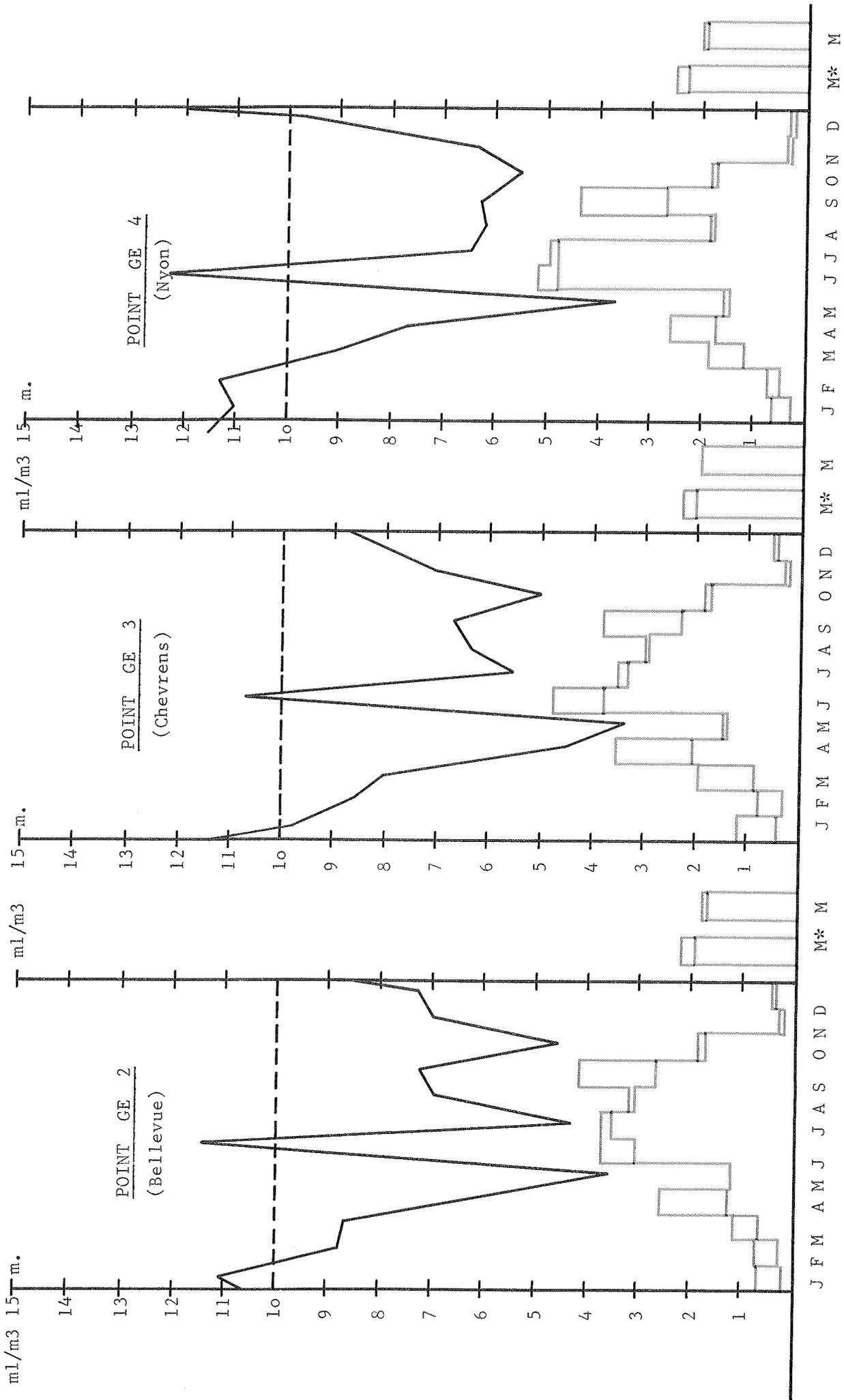
Il est donc urgent de mettre tout en oeuvre, et dans tous les secteurs de l'activité humaine sans oublier l'agriculture, pour enrayer cette évolution qui se poursuit sans désespérer.

EVOLUTION MENSUELLE DES ESPECES LES PLUS ABONDANTES DU PHYTOPLANCTON DU PETIT LAC DURANT 1969

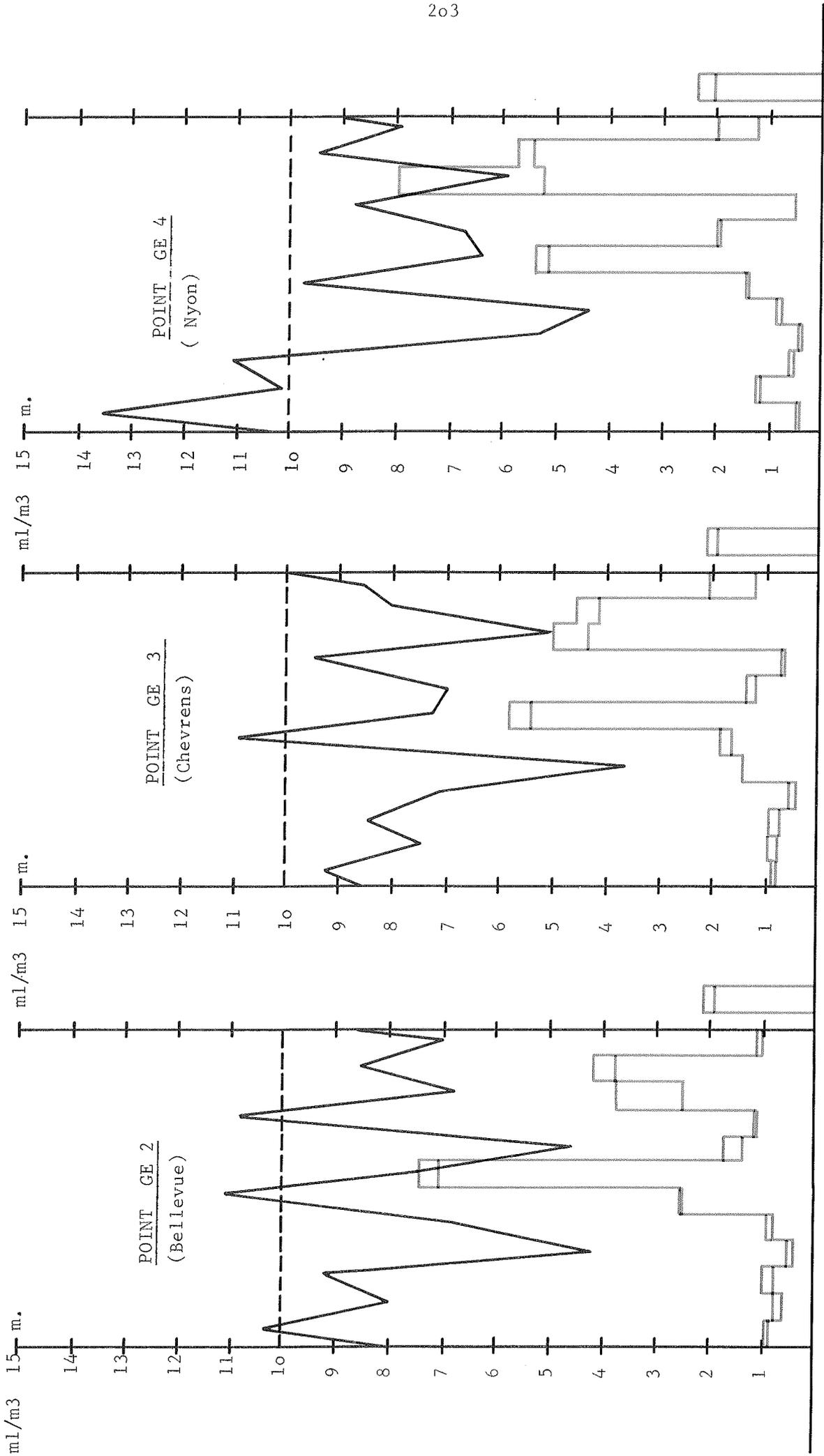
<u>Espèces planctoniques</u>	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<u>CYANOPHYCEES</u>												
Aphanothece clathrata												
Oscillatoria sp (O.Tenuis, O.Bour.)								2	2	5	2	
<u>DINOPHYCEES</u>												
Peridinium cinctum					1	3	3					1
Ceratium hirundinella	3	4	3	1	1	3						1
<u>CHRYSTOPHYCEES</u>												
Dinobryon sociale								2				
<u>FLAGELLES</u>				+++++								
Salpingoeca convallaria												
<u>DIATOMEES</u>												
Melosira islandica	1	2	3	3	2						1	1
Melosira sp. cf granulata		1	1	1	1						1	1
Stephanodiscus Hantzschii			(5)									
Diatoma elongatum			2	1	1	1			1	1	2	3
Fragilaria crotonensis	4	1	1	1	4	1	4	3	3	3	1	4
Asterionella formosa	2	1	2	4	3	1	1	3	3		1	1
Synedra acus v. angustissima				2	2							1
Synedra sp. cf. longissima									3			
<u>CHLOROPHYCEES</u>												
Closterium aciculaire											1	
Staurastrum gracile							1	1			2	
Staurastrum sp.											1	
Eudorina elegans					3	4	3					
Mougeotia gracillima	1	1	1					2	1	1		
Hormidium sp.								1	1			
<u>HETEROCOONTEES</u>												
<u>FUNGI</u>												
Rhizophidium /Fragilaria crot.	++++											
" /Melosira												
" /Stephanodiscus		+++	++	+								
" /Asterionella	++++	+++	+++	+++								
" /Eudorina				++	++							

EVOLUTION MENSUELLE DES ESPECES LES PLUS ABONDANTES DU PHYTOPLANCTON DU PETIT LAC DURANT 1970

<u>Espèces planctoniques</u>	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<u>CYANOPHYCEES</u>												
Oscillatoria sp (O. Bourrellyi) (O. tenuis)	2	2									1	1
<u>DINOPHYCEES</u>												
Peridinium cinctum	1	1				3	1	5	4	4	3	3
Ceratium hirundinella						1						
<u>FLAGELLES</u>							++++	++++				
Salpingoeca convallaria												
<u>DIATOMEES</u>												
Melosira islandica	2	2	4	4	3							
Stephanodiscus astrea	1			++++	++++							
" Hantzschii				1	2		++++	++++	3	1		1
Fragilaria crotonensis	3	3	4				1	2				
" virescens							1					
Asterionella formosa	4	4	2	1	3	1	5	2	2	4	3	3
<u>CHLOROPHYCEES</u>												
Closterium aciculare										1	1	2
Staurastrum gracile	1		1			1	1					
Eudorina elegans									1			
Phacotus lenticularis								++++				
Dictyosphaerium pulchellum								1				
Sphaerocystis Schroeteri						3	1					
Pediastrum duplex									1	1	2	3
Mougeotia gracillima												
<u>HETEROCONTEES</u>												
Tribonema sp.										1	1	



Variations mensuelles des volumes de microplankton, de macroplankton et de la transparence des eaux du Petit Lac en 1969



J F M A M J J A S O N D (M) J F M A M J J A S O N D (M) J F M A M J J A S O N D (M)

Variations mensuelles des volumes de microplancton, de macroplancton et de la transparence des eaux du Petit Lac en 1970

ETUDE DU PHYTOPLANCTON DU GRAND LAC, REGION NORD

1969 (Points VS 2, VS 3, VS 4, VD 1, VD 2, VD 3, VD 4, VD 5)

1970 (Points VS 4, VD 1, VD 3, VD 4, VD 5)

par

Gilbert MATTHEY, lic. ès sciences

Hydrobiologiste à l'Institut Galli Valério,
Lausanne

* * *

ETUDE QUANTITATIVE DES DIFFERENTES ESPECES DE PLANCTON RECOLTE DANS
LE NORD DU GRAND LAC

Cyanophycées

Aphanothece clathrata fut abondante en août 1969 et fit une apparition en octobre 1970.

De septembre 1969 à janvier 1970, Oscillatoria tenuis a également joué un rôle, alors qu'en novembre et décembre 1970, une Oscillaire que nous avons déterminée comme Oscillatoria agardhii f. isothrix a pris le relais.

Diatomées

Melosira islandica, bien que présente pratiquement toute l'année, n'est jamais abondante que dans les premiers mois. Fragilaria crotonensis et Asterionella formosa restent des constantes de la flore de notre lac.

Parmi les éléments moins courants, signalons une poussée de Stephanodiscus hantzschii en mai 1969, la fréquence de Diatoma elongatum au printemps et en automne 1969, ainsi qu'en janvier 1970, et un certain nombre de Fragilaria virescens au moment de la plus forte poussée de Fragilaria crotonensis en juillet 1969.

Enfin il convient de souligner la brusque pullulation de Synedra au printemps et surtout en septembre 1969.

Chlorophycées

Ainsi que nous l'avons souligné précédemment, les Chlorophycées tendent à prendre une importance accrue dans notre lac. Ces algues apparaissent en général en nombre à partir du milieu de l'année, paraissent souvent liées aux périodes les plus ensoleillées et les plus chaudes, mais peuvent rester fréquentes jusqu'à la fin de l'année. Parmi les algues d'été fréquentes soit en 1969, soit en 1970, soit les deux années, citons Sphaerocystis schroeteri, Oocystis lacustris, Crucigenia Lauterbornei, Cosmarium depressum et Pseudosphaerocystis neglecta.

Le groupe des Endorina semble proliférer en fonction de facteurs indépendants de la saison, puisqu'en 1969, elles sont fréquentes en mai, juin et juillet, alors qu'en 1970 elles apparaissent en juillet, septembre et décembre.

Closterium aciculare a fait une nouvelle apparition en octobre, novembre et décembre 1970.

Enfin, parmi les algues filamenteuses, on retrouve Chlorohormidium durant le mois de septembre des deux années. Quant à Mougeotia gracillima, déjà présente de février à mai 1969, elle fut abondante d'août à novembre 1969, mais plus encore de septembre à décembre 1970.

Péridiniens

Comme les Chlorophycées, il semble s'agir d'algues dont le maximum se situe dans la seconde moitié de l'année, mais elles peuvent être fréquentes dans le plancton presque à n'importe quel mois.

Peridinium est abondant de mai à septembre, mais reste très inférieur en nombre à Ceratium hirundinella, qui en 1969 fut fréquent toute l'année, alors qu'en 1970 une prolifération extrême s'est manifestée en septembre et octobre.

Les Chrysophycées enfin furent rares, Dinobryon n'ayant fait qu'une apparition fugitive en septembre et octobre 1970.

ETUDE DU PHYTOPLANCTON DU GRAND LAC
REGIONS CENTRE ET SUD

(points SHL 1, SHL 2 et SHL 6)

par

P.J. LAURENT, maître de recherches

Directeur de la Station d'hydrobiologie lacustre
de l'I.N.R.A.

Thonon - les - Bains

La Station d'Hydrobiologie Lacustre de Thonon a étudié en 1969 et 1970 les échantillons de plancton recueillis de 50 mètres à la surface, au filet standardisé, aux points SHL 1 (large de Thonon, 150 mètres de profondeur), SHL 2 (centre du lac entre Evian et Ouchy, 309 mètres de profondeur) et SHL 6 (devant le port d'Evian, 50 mètres de profondeur). Des prélèvements mensuels ont été effectués, alors qu'antérieurement on ne recueillait pas d'échantillons aux mois de janvier, avril, octobre et décembre. En 1968, la Station de Thonon avait déjà procédé à des campagnes mensuelles d'études mais n'en avait pas fait rapport de façon à ce que ses résultats soient comparables à ceux des autres laboratoires.

A la suite de trois années consécutives d'échantillonnages mensuels, il apparaît que l'observation plus fréquente du lac apporte des informations intéressantes, notamment durant les mois d'avril et d'octobre, périodes durant lesquelles l'évolution biologique est souvent très active.

1 ETUDE DES VOLUMES DE PLANCTON APRES MISE EN SEDIMENTATION

Le filet capture indistinctement les organismes animaux et végétaux et comme la répartition du zooplancton est très hétérogène, le hasard des échantillonnages peut produire des récoltes très volumineuses tandis que la quantité de phytoplancton, révélée par les dénombrements de cellules algales, est elle-même très réduite.

Il n'y a donc pas nécessairement de relation entre l'importance du volume de plancton recueilli et l'abondance du phytoplancton.

L'appréciation des volumes de plancton après mise en sédimentation n'apporte donc pas d'information très valable sur l'étude quantitative de cet élément des biocénoses aquatiques.

Les chiffres trouvés en 1969 et 1970, ne sont cités ici que pour faire suite aux données recueillies antérieurement, mais il ne semble pas possible d'attribuer aux volumes de plancton, une signification quelconque dans les tendances générales de l'évolution du lac.

1.0. Variations mensuelles (figures 1 et 2)

Suivant les points, 1969 a été une année à 3 et 4 pics volumétriques de plancton et 1970 une année à 2 et 3 pics, caractérisée par un certain retard printanier dans l'apparition des volumes importants de plancton.

Le tableau suivant permet de mieux comparer 1969 et 1970.

		Mois du maximum volumétrique	Mois des autres pics planctoniques par ordre décroissant d'importance		
1969	SHL 1	Mai	Septembre	Décembre	
	SHL 2	Septembre	Avril	Juillet	
	SHL 6	Septembre	avril	Juillet	Décembre
1970	SHL 1	Juillet	Octobre		
	SHL 2	Août	Juin	Novembre	
	SHL 6	Juin	Août	Octobre	

1.1. Volumes moyens de microplancton.

	Volumes moyens calculés sur 8 prélèvements par an (fév. mars-mai-juin-juillet-août- septembre-novembre)	Volumes moyens calculés sur des prélèvements mensuels
1967	2,33	pas de campagnes men- suelles
1968	2,12	1,64
1969	1,37	1,44
1970	3,28	2,84

Les deux modes d'expression conduisent à constater que si les volumes de 1969 ont été inférieurs à ceux des autres années, les volumes recueillis en 1970 ont au contraire dépassé tous ceux qui ont été récoltés antérieurement.

2 DENOMBREMENT DES ORGANISMES

Ce mode d'expression permet de montrer les différences quantitatives qui affectent les algues au cours des années. Il faudrait que cette indication numérique puisse être complétée par des appréciations volumétriques permettant de saisir les valeurs des biomasses des diverses algues en présence. Mais cette dernière mesure exigerait énormément de temps pour être exécutée d'une manière suffisamment précise.

2.o. Variations mensuelles du nombre des cellules algales (tableau 1)

Comme la plupart des années antérieures, 1969 a présenté une première poussée algale en avril puis une seconde, la plus importante de l'année, en juin ou juillet, et une dernière poussée en septembre et octobre.

1970 au contraire, comme le fait déjà ressortir l'examen des variations de volume de plancton sédimenté, est resté une année pauvre en plancton jusqu'au mois de juillet. Le mois de juin, en particulier ayant été remarquablement dépourvu de phytoplancton. La poussée d'automne est intervenue en octobre et elle a été suivie de périodes durant lesquelles le phytoplancton est resté relativement abondant, en comparaison des données observées en 1969.

3 ETUDE QUALITATIVE DES ECHANTILLONS.

3.o. Pourcentage des différents types d'algues.

Il est impossible de comparer les résultats des campagnes antérieures à 1968 à celles des études effectuées ultérieurement sur la base de prélèvements mensuels.

Nous extrairons des observations de 1968 - 1969 et 1970 les données que nous aurions obtenues en effectuant les prélèvements seulement aux mois de février - mars - mai - juin - juillet - août - septembre et novembre. Ces données pourront être comparées à celles recueillies avant 1968 (tableau 2) et témoigner de l'évolution générale du lac.

Nous établirons ensuite le tableau des variations algales basé sur les observations mensuelles du phytoplancton (tableau 3) et en tirerons des conclusions sur l'utilité d'accroître la fréquence des prélèvements.

1967 avec l'apparition massive d'*Oscillatoria rubescens* a marqué une étape importante de l'évolution du lac vers l'eutrophisation. Depuis cette époque les Diatomées naguère dominantes ont été sérieusement réduites. Outre les Cyanophycées, 1968 avait amené une grande quantité de la Xanthophycée *Tribonema* qui a presque disparu depuis. En 1968, une fleur d'eau extraordinaire du Péridinien *Ceratium hirundimella* avait amené des colorations tout à fait anormales de l'eau du lac en septembre. Cette algue a à nouveau colonisé le Léman en septembre et octobre 1970. Les Conjuguées avec l'algue *Mougeotia* en déclin apparent jusqu'à 1968, ont repris de l'importance en 1969 et 1970. Les Cyanophycées conservent une importance plus grande qu'avant 1966 tandis que les Chrysophycées se font toujours plus rares.

La comparaison des tableaux 2 et 3 montre qu'une étude mensuelle du phyto-plancton peut introduire des données nouvelles importantes. En effet, alors que les Cyanophycées paraissaient avoir diminué d'après le tableau 2 en 1968, l'étude des échantillons mensuels révèle que ces algues étaient encore abondantes. En fait, cette contradiction provient de ce qu'une poussée assez importante de Cyanophycées s'est produite au mois d'avril 1968 et qu'elle aurait échappé à notre observation si un prélèvement n'avait pas été fait à cette époque. Il en est de même en 1969 pour les Cyanophycées qui produisirent une forte poussée en octobre. Ainsi des conclusions différentes peuvent être tirées sur les tendances de l'évolution du lac, si les prélèvements sont exécutés à un rythme inférieur à celui de l'échantillonnage mensuel. L'idéal serait de rechercher la fréquence optimum d'échantillonnage, compte tenu de la dynamique algale du Léman, mais cette étude exigerait la mise en oeuvre de très gros moyens.

3.1. Rythmes saisonniers.

Compte tenu des études de 1969 et 1970, il apparaît que les Diatomées sont les algues dominantes de janvier à juillet. En août commencent à apparaître les Péridiniens du genre Ceratium qui subsistent jusqu'en septembre, puis les Conjuguées du genre Mougeotia qui se sont maintenues abondantes en 1970 jusqu'au mois de décembre. Les Cyanophycées, assez abondantes en 1969 sont apparues en octobre avec une espèce d'Oscillaire très voisine d'Oscillatoria rubescens et qui a été déterminée comme étant Oscillatoria Bourrellyi.

3.2. Espèces dominantes.

Eudorina elegans a représenté 40 % des Chlorophycées en 1969, suivi par Hormidium subtile qui a eu tendance à devenir dominant en 1970.

Mougeotia sp (espèce qui n'a toujours pas pu être identifiée en raison de l'impossibilité d'obtenir ou d'observer des copulations) représente plus de 90 % des Conjuguées.

La Xanthophycée Tribonema sp introuvable en 1969 et 1970 dans les échantillons recueillis aux points SHL 1 - 2 et 6 n'a pas totalement disparu et a pu être retrouvée en nombre dans la baie d'Excenevex en juillet 1969.

Oscillatoria Bourrellyi représente maintenant la presque totalité des Cyanophycées.

Ceratium hirundinella est très nettement et constamment dominante parmi les Péridiniens.

Fragilaria crotonensis représentait plus de 50 % des Diatomées en 1969 mais cette algue a diminué en 1970 au profit d'une Melosira granulata variété angustissima qui a représenté environ 30 % des peuplements et a supplanté Melosira islandica encore importante en 1969. Diatoma elongatum bien représentée en 1969 a décliné en 1970 tandis qu'Asterionella formosa accusait une forte progression en 1970.

4. CONCLUSIONS

Les volumes de plancton sédimenté ne peuvent guère servir à définir l'évolution du lac en raison de la répartition très irrégulière des zooplanctons.

Les campagnes mensuelles d'étude amènent des informations importantes sur le plan biologique, les prélèvements d'avril et d'octobre sont en effet très importants. Les études antérieures à celles de 1968 ne comportaient pas de prélèvements en janvier, avril, octobre et décembre et les données tirées de ces campagnes peuvent ne pas avoir reflété avec beaucoup de fidélité la situation réelle du lac.

L'évolution amorcée en 1967 après l'apparition d'Oscillatoria rubescens s'est confirmée en 1969 et 1970 : les Diatomées régressent au profit des Conjuguées, des Cyanophycées ou des Péridiniens.

Oscillatoria rubescens n'est pas réapparu sous sa forme typique mais une espèce voisine O. Bourrellyi est devenue importante.

Des changements ont affecté la composition spécifique des diatomées chez lesquelles en 1970 est apparu Melosira granulata variété angustissima qu'on ne voyait pas antérieurement.

La dynamique algale du Léman n'est pas stabilisée et l'apparition de fleurs d'eau massives de Cyanophycées ou d'autres algues indésirables reste encore une menace.

TABLEAU 1 - Variations mensuelles du nombre de cellules algales

Résultats exprimés en pourcentage du nombre total de cellules dénombrées dans l'année.

Nombre de cellules dénombrées dans l'année		Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1969	SHL 1	2,9	1,5	0,5	9,7	4,9	0,7	39,2	1,3	17,0	18,6	1,5	2,2
	SHL 2	5,7	1,0	0,9	17,0	4,7	24,3	1,1	0,9	19,4	22,1	1,5	1,4
	SHL 6	4,7	0,5	0,9	12,3	2,7	0,6	29,9	1,4	23,3	20,7	0,6	2,4
1970	SHL 1	3,8	0,78	3,1	1,6	2,8	0,02	15,3	9,0	9,3	22,8	19,3	12,2
	SHL 2	1,6	1,5	1,5	2,5	0,76	0,04	20,5	13,1	11,6	16,1	18,5	12,3
	SHL 6	2,1	1,35	3,5	1,5	1,4	0,05	14,0	14,5	11,8	25,7	12,8	11,3

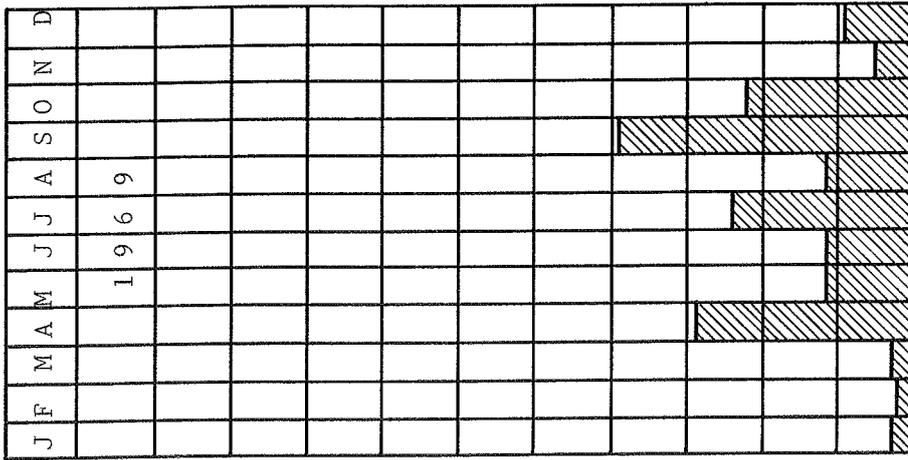
TABLEAU 2 - Pourcentage des diverses catégories d'algues aux points SHL 1 - 2 et 6
 Résultats basés sur 8 campagnes de prélèvements : février - mars - mai -
 juin - juillet - août - septembre - novembre.

	Diatomées	Chlorophycées Conjuguées	Autres Chlorophycées	Xanthophycées	Cyanophycées	Péridiniens	Chrysophycées
1966 (pas de prélèvement en février)	83,10	14,93	0,73	0,09	0,42	0,70	0,03
1967	43,10	5,93	0,23	34,31	14,71	1,62	0,10
1968	66,08	6,32	0,45	0,61	0,01	25,87	0,66
1969	76,78	17,90	1,64	0	1,55	1,69	0,44
1970	68,59	12,12	0,61	0	1,77	16,80	0,11

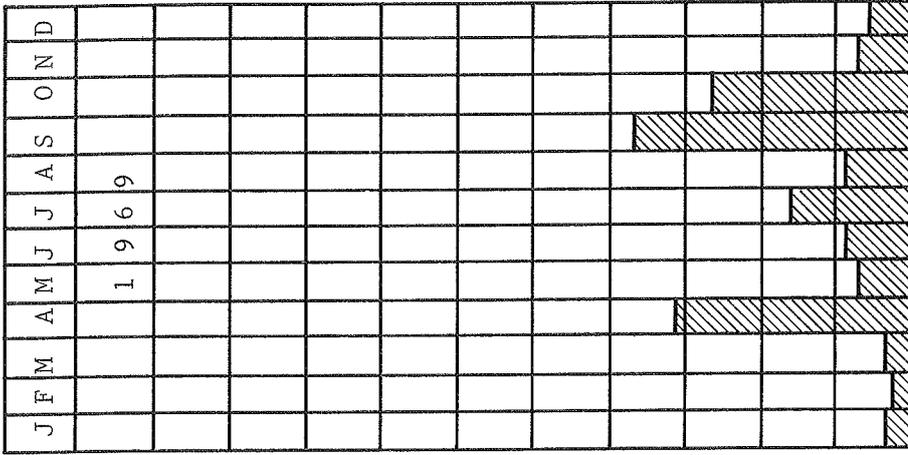
TABLEAU 3 - Pourcentage des diverses catégories d'algues aux points SHL 1 - 2 et 6
 Résultats basés sur 12 campagnes mensuelles de prélèvements.

	Diatomées	Chlorophycées Conjuguées	Autres chloro- phycées	Xanthophycées	Cyanophycées	Péridiniens	Chrysophycées
1968	66,76	8,36	1,40	1,39	8,36	19,29	1,33
1969	65,59	15,96	1,15	0	15,85	1,15	0,30
1970	64,21	18,24	0,52	0	1,78	15,04	0,21

S. H. L. 6



S. H. L. 2



S. H. L. 1

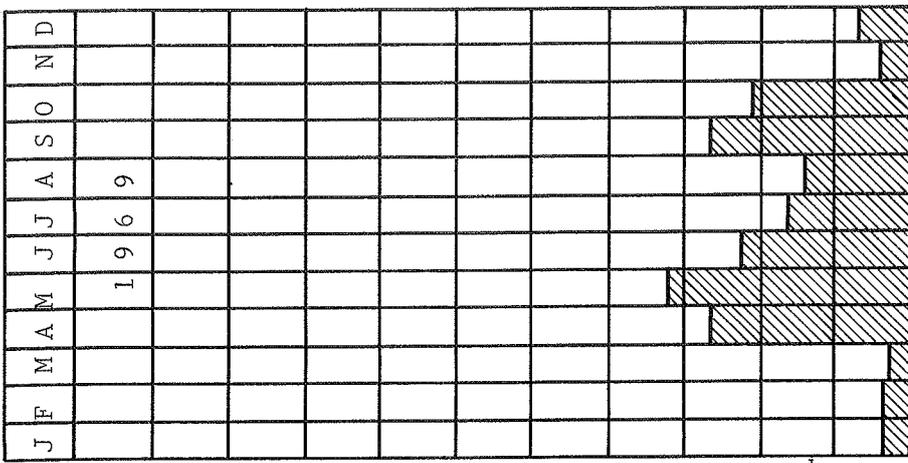


Fig. 1 - Variations mensuelles des volumes de microplancton après mise en sédimentation.
Région sud du Grand Lac - Points SHL 1 - 2 et 6 : Année 1969.

S. H. L. 1

S. H. L. 2

S. H. L. 6

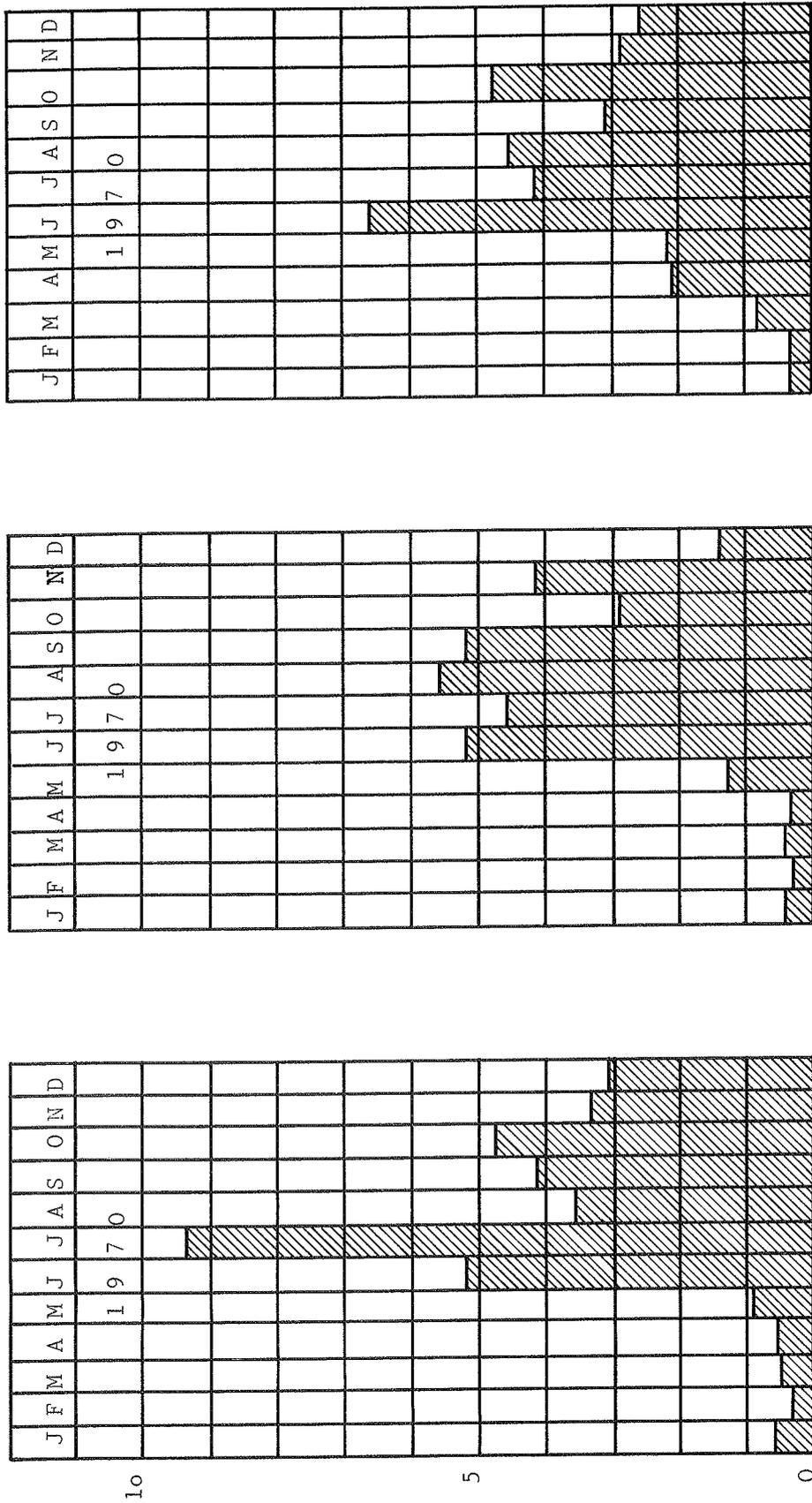


Fig. 2 - Variations mensuelles des volumes de microplancton après mise en sédimentation
 Région sud du Grand Lac - Points SHL 1 - 2 et 6 - Année 1970.

CONCLUSIONS GENERALES SUR LES ETUDES BIOLOGIQUES

Les observations d'ordre biologique qui ont été faites par des chercheurs différents et dans des régions nettement distinctes du Léman, permettent de tirer un certain nombre de conclusions d'ordre général.

1. Poussées saisonnières des mêmes espèces algales dans l'ensemble du Léman.
2. Raréfaction ou disparition générale d'espèces qui jadis furent abondantes (Chrysophycées).
3. Apparition d'espèces nouvelles observées pratiquement au même moment dans tout le lac (*Oscillatoria tenuis* et *Bourellyi* en automne 1969, *Melosira granulata* au printemps de la même année).
4. Poussées importantes d'espèces du nanoplancton (*Stephanodiscus hantzschii*). Il convient toutefois de noter que ces espèces ne sont pratiquement pas retenues par nos filets, vu leur faible taille, et échappent donc au comptage.
5. *Oscillatoria rubescens*, apparue en 1967 sur l'ensemble du lac, n'a pas été revue depuis.
6. *Ceratium hirundinella* a présenté en automne 1970 une prolifération qui a atteint le niveau de celle de 1968.
7. En 1970, le plancton s'est développé avec un retard d'un mois par rapport à 1969.
8. D'une manière générale, l'interprétation des phénomènes biologiques reste difficile. Malgré les efforts déjà accomplis dans le domaine de l'épuration, la dynamique algale du Léman n'est pas encore stabilisée et l'apparition d'algues nouvelles en masse reste possible.

COMMISSION INTERNATIONALE
POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LAC LEMAN
CONTRE LA POLLUTION

SOUS-COMMISSION TECHNIQUE

* * * * *

IV. R A P P O R T

sur

LES EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES

EAUX DU LEMAN

Campagne 1970

par

Roger REVACLIER

Service d'hydrobiologie du canton de Genève

I N T R O D U C T I O N

Le rapport qui suit présente et commente les résultats des analyses bactériologiques des eaux du Léman de l'année 1970.

Les commentaires portent particulièrement sur les germes aérobies totaux et les bacilles du groupe des coliformes.

Les résultats des analyses relatives aux entérocoques, aux anaérobies sulfito-réducteurs et aux bactériophages Coli - Shigella - Salmonella sont réunis dans une annexe en fin de rapport.

Les observations de l'année 1969 ont fait l'objet d'un rapport par le Dr Emile Novel, publié précédemment.

o.1.

Les points de contrôle et de prélèvement et le nombre de campagnes effectuées en chacun des points au cours de l'année 1970 figurent sur la carte No 0.

Tous les points ont fait l'objet de prélèvements d'échantillons d'eau aux profondeurs suivantes : surface -5-10-20-30-40 et 50 mètres (au point GE 1 - rade de Genève - les Prélèvements ne sont effectués qu'en surface).

Des prélèvements supplémentaires sont effectués :

- pour les points GE 3 et GE 4, à 1 m. au-dessus du fond, soit vers 70 mètres - 75 m.
- pour le point SHL 1, à 100 m. et à 150 mètres
- pour le point SHL 2 (centre lac), point dit "objectif", à 100-150-200-250 et 300 mètres de profondeur.

o.2.

En 1970, comme par le passé, tous les prélèvements d'eau du lac ont fait l'objet de recherches relatives au nombre total de germes aérobies et aux coliformes. De plus, tous les prélèvements faits dans le Petit Lac (partie du Léman qui s'étend de Genève à Nyon-Yvoire) et le point SHL 2 (centre-lac) ont fait l'objet de recherches complémentaires portant notamment sur les streptocoques fécaux (entérocoques), les germes anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium perfringens*) et des bactériophages fécaux (b-Coli 36 - b-Shigella paradysenteriae- et b-Salmonella paratyphi B).

o.3.

Les techniques utilisées pour la recherche des germes totaux et des bactériophages fécaux ont été identiques à celles des années précédentes.

En ce qui concerne la recherche des colibacilles et des coliformes, des entérocoques et des anaérobies sulfito-réducteurs, les procédés utilisés ont été modifiés en 1970 : c'est la méthode dite "des membranes filtrantes" qui a été choisie.

o.3.1. Techniques de recherche des coliformes.

La "méthode des membranes filtrantes" utilisée pour la recherche des coliformes est celle du Manuel suisse des denrées alimentaires, 2ème volume, chapitre 56, page 41, Berne 1969. Elle consiste en une

filtration de 100 ml. d'eau (ou d'un volume inférieur) à travers une membrane microbiologique d'une porosité inférieure à un micron (0,45 μ), stérile, portée sur un milieu de culture sélectif (milieu d'Endo au sulfite de sodium et à la fuchsine basique) et en une incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures. Sur le milieu d'Endo, les colonies des coliformes sont facilement décelables et identifiables par leur coloration rouge foncé intense (traversant la membrane) et leur éclat métallique caractéristique.

Il faut remarquer, toutefois, que les coliformes ne sont pas les seuls germes croissant sur ce milieu et dans les conditions de temps et de température d'incubation utilisés : on peut, en effet, compter un grand nombre de colonies qui ne présentent pas les caractères des germes coliformes décrits ci-dessus. Lorsqu'elles sont présentes en grand nombre, ces colonies atypiques gênent parfois considérablement le dénombrement des colonies typiques de coliformes qui se développent alors médiocrement et en "tête d'épingle". De plus, le volume d'eau filtré contient, dans certains cas, un trop grand nombre de coliformes, rendant ainsi tout dénombrement précis impossible. Il conviendrait donc de filtrer systématiquement différents volumes, 10 ml et 100 ml par exemple.

Il va sans dire que la concentration en coliformes par litre obtenue par le calcul, correspond à un nombre pris au hasard entre deux valeurs extrêmes ; en effet, 0 coliforme (ci-après coli) dans 100 ml signifie en réalité qu'il y avait moins de 1 coli dans 100 ml ou moins de 10 coli/litre, le nombre sera compris entre 0 et 9 coli dans un volume d'un litre d'eau de l'échantillon - et 0 COLI DANS 10 ml signifie qu'il y avait théoriquement entre 0 et 99 coli dans un litre. On a donc 50 % de chance d'avoir 0 ou 10 coli par litre dans le premier cas et 0 ou 100 coli par litre dans le second cas.

0.3.2. Recherche des entérocoques.

La méthode des membranes filtrantes utilisée pour la recherche des streptocoques fécaux est, comme celle des coliformes, tirée du Manuel suisse des denrées alimentaires, chapitre 56, page 19.

Le procédé est identique à celui utilisé pour les coliformes, seul le milieu de culture est différent. On utilise ici un milieu sélectif gélosé pour entérocoques (à l'azide de sodium et au chlorure de triphényltétrazolium). Sur ce milieu, les colonies d'entérocoques apparaissent de couleur brun clair à brun foncé, parfois rougeâtres.

o.3.3. Recherche des Clostridium sulfito-réducteurs.

La technique utilisée est une modification du procédé de Wilson-Blair. En voici le résumé succinct : 100 ml d'eau à analyser sont filtrés sur une membrane microbiologique. On introduit cette membrane dans un tube de 25 mm. de diamètre contenant 10 ml d'eau distillée stérile. On chauffe à 80°C pendant 10 minutes (ce chauffage a pour but de tuer tous les germes non sporulés) ; on remplit ensuite le tube jusqu'au tiers de sa hauteur environ avec le milieu de Wilson-Blair, préalablement fluidifié (gélose nutritive au sulfite de sodium et à l'alun de fer). Après refroidissement, on coule encore une couche d'un cm. de milieu. L'incubation se fait pendant 24 heures à 37°C.

Les colonies de Clostridium sulfito-réducteurs sont noires et entourées d'une auréole circulaire de sulfure de fer précipité.

1. LES GERMES TOTAUX

1.1. Essais de comparaison des différents points du Léman ayant fait l'objet d'étude en 1970 du point de vue de leur richesse en germes, de la surface à 50 m. de profondeur.

1.1.1. L'étude de la répartition des prélèvements en fonction de leur teneur en germes/ml, pour chaque point (tableau No 1) (nombres de prélèvement, rapporté à 100, dont la teneur en germes/ml est comprise dans les différentes plages de valeurs choisies) permet de comparer les différents lieux de prélèvement entre eux. La plage, où au moins un point de prélèvement compte 90 % de ses échantillons, a été choisie comme plage de référence : pour l'année 1970, c'est la plage comprise entre moins de 1000 germes/ml et 2000 germes/ml (avant dernière colonne du tableau No. 1).

Les différents points étudiés peuvent être classés en trois groupes :

groupe A : les points dont la répartition décroît plus ou moins régulièrement et dont 70 % ou plus des prélèvements ont des teneurs comprises entre moins de 1000 et 2000 germes/ml. 6 points correspondent à ce critère : il s'agit des points VS 2 (Le Bouveret) - 90,7 % *, VS 4 (St Gingolph) - 94,0 % *, VD 5 (Rolle) - 94,0 %, GE 4 (Nyon) - 79,0 %, GE 3 (Chevrens) - 93,0 %, et GE 2 (Bellevue) - 82,0 %.

* Ces points n'ont fait l'objet, respectivement, que de 5 et 6 campagnes de prélèvements.

groupe B : dans ce groupe est placé le point SHL 2 (Centre-lac) dont 66 % seulement des prélèvements sont situés dans la plage de référence et dont moins de 10 % contiennent plus de 6000 germes/ml

groupe C : les points dont moins de 70 % des prélèvements ont des teneurs comprises entre moins de 1000 et 2000 germes/ml et dont plus de 10 % des résultats dépassent 6000 germes/ml
Il s'agit des points VS 3 (Villeneuve) - 30,1 %, VD 1 (Clarens) - 36,0 %, VD 2 (Vevey) - 41,0 %, VD 3 (Rivaz) - 59 %, VD 4 (Vidy-Ouchy) - 57,0 %, SHL 1 (Thonon) - 39,0 %, et SHL 6 (Evian) - 68,0 %.

Les points du groupe A comprennent tous ceux du Petit Lac, les points valaisans VS 2 et VS 4 et les points vaudois VD 5.

Les points du groupe C sont tous situés dans le Grand lac (8 sur 11 des points que compte le Grand Lac) et relativement proches des rives, c'est-à-dire très exposés aux influences des agglomérations côtières.

1.1.2.

Un autre moyen de comparer les différents points du Léman entre eux consiste à étudier la répartition des concentrations de germes de part et d'autre de la moyenne générale du Léman pour l'année 1970 (qui est de 2780 germes/ml : voir la dernière colonne du tableau No 1).

Les fréquences trouvées ont été portées, point par point, sur une carte du Léman et, après intrapolation, on obtient la carte No 1 qui donne la répartition géographique schématique et approximative (car nous ne disposons pas de suffisamment de points de prélèvements) de la richesse relative en germes des différentes régions du lac.

On constate ainsi facilement que :

- 1) les deux points les plus riches en germes, en 1970, sont situés à l'extrémité occidentale du lac et au large de Thonon (plus de 50 % des échantillons contiennent 2780 germes/ml ou plus).
- 2) la partie sud-est et la partie pélagique centrale du Grand Lac ainsi que la zone située au large de Rolle sont relativement pauvres en germes (moins de 10 à 20 % des échantillons contiennent 2780 germes/ml ou plus).
- 3) Le Petit Lac, jusqu'en aval de GE 2, est beaucoup plus pauvre en germes que le Grand Lac (moins de 10 % des échantillons contiennent 2780 germes/ml ou plus).

REPARTITION DU NOMBRE DE GERMES SELON LEUR CONCENTRATION

Tableau No 1.

germes/ ml	o 999	1000 2000	2000 3000	3000 4000	4000 5000	5000 6000	plus de 6000	o 2000	*plus de 2780
VS 2	81,4	9,3	7,0	2,3	o	o	o	90,7	7
VS 3	16,0	14,1	16,0	13,0	8,3	o	o	30,1	52
VS 4	83,0	11,0	2,9	2,1	o	o	o	94,0	3
VD 1	14,0	22,0	21,0	5,1	7,5	7,4	23,0	36,0	46
VD 2	23,0	18,0	19,0	5,1	12,0	3,9	19,0	41,0	40
VD 3	37,0	22,0	13,0	6,6	7,8	2,6	13,0	59,0	31
VD 4	43,0	14,0	5,2	2,6	o	5,2	30,0	57,0	38
VD 5	74,0	20,0	1,5	1,4	1,4	1,3	o	94,0	4
SHL 1	21,0	18,0	6,6	7,9	5,2	5,2	35,0	39,0	55
SHL 2	39,0	27,0	18,0	7,5	3,7	3,6	1,2	66,0	18
SHL 6	55,0	13,0	3,9	2,9	2,6	2,6	20,0	68,0	27
GE 4	45,0	34,0	17,4	3,6	o	o	o	79,0	6
GE 3	58,0	35,0	7,0	o	o	o	o	93,0	o
GE 2	50,2	32,0	13,0	2,6	2,4	o	o	82,0	6

Nombre d'échantillons d'eau (exprimé en pourcent)

* moyenne générale du nombre de germes par ml des eaux du Léman en 1970.

Encore faut-il se garder d'accorder une trop grande importance à cette représentation schématique. On peut remarquer cependant que :

- a. les points situés à proximité des côtes sont plus riches en germes que le centre-lac (ce qui pose le problème de l'origine d'une fraction des germes dénombrés !)
- b. le nombre des germes par unité de volume décroît rapidement des rives vers le large.

1.1.3.

Le tableau No 2 paraît confirmer le point b. cité ci-dessus. Dans ce tableau ont été réunies les valeurs des moyennes mensuelles du point GE 2 (moyennes de 0 à 10 m. de profondeur) et celles des eaux littorales (plages des 2 rives du Petit Lac situées à la hauteur de GE 2 - GE 1.

On voit que les eaux du Petit Lac prélevées sur ses rives sont, en moyenne, 37 fois plus riches qu'au point GE 2 (situé au large et à mi-distance des 2 rives).

Moyennes mensuelles des concentrations en germes (germes/ml) des eaux littorales genevoises (plages et lieux de baignade) comparées à celles des 10 premiers mètres d'eau au point GE 2, pour l'année 1970.

Tableau No 2.

Mois	Rive gauche	Rive droite	Moyenne	Point GE 2
Mars	15.300	33.600	24.400	1930
Avril	8.460	10.250	9.360	895
Mai	27.200	50.500	38.900	930
Juin	32.600	192.000	112.500	270
Juillet	65.600	121.000	93.300	1030
Août	13.100	17.300	15.200	955
Septembre	19.700	3.440	11.600	1100
Octobre	27.500	27.000	27.250	1840
=====				
Moyennes	26.200	57.000	41.600	1120

1.2. Variations de la concentration en germes dans les eaux du Léman au cours de l'année 1970.

1.2.1.

La densité microbienne, en 1970, a-t-elle varié au cours des saisons ?

Les moyennes mensuelles de concentration en germes des eaux littorales (plages genevoises) (tableau No 2., figure No 1.) montrent un maximum très important qui s'amorce au mois de mai et se termine à la fin du mois de juillet.

1.2.2. - Grand Lac.

Si l'on examine les variations au cours de l'année, des moyennes mensuelles des concentrations en germes dans les eaux du Grand Lac (figure 2), on distingue deux périodes où la teneur en germes des eaux fut maximum : en février, et de façon plus accentuée encore en août, deux mois qui encadrent une période relativement pauvre en germes, période s'étendant de mars à mi-juin. L'évolution mensuelle de la teneur en germes au point pélagique SHL 2 (figure 3) reflète une évolution légèrement différente. En effet, outre un maximum plus important au mois de mai, le maximum du mois d'août est estompé. Le milieu pélagique a-t-il été moins favorable à la même époque aux germes microbiens que le milieu offert par les eaux côtières ? Ou, plus simplement ce maximum est-il tombé en dehors des campagnes de prélèvements ?

1.2.3. Petit Lac.

L'évolution de la concentration en bactéries des eaux du Petit Lac, telle qu'elle apparaît dans la figure No 2., peut être interprétée de façon claire et sans équivoque (alors qu'il n'en a pas été ainsi pour le Grand Lac) : deux maximums, l'un en mars et l'autre en septembre, encadrant une période où, de mai à août, le nombre de germes est resté très inférieur et presque constant.

1.2.4.

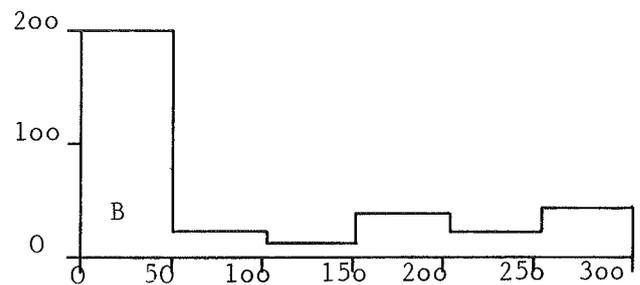
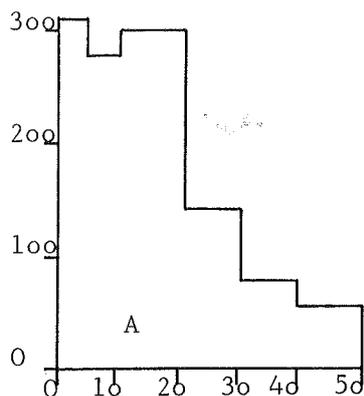
En résumé, en 1970, la période de l'année qui fut la plus pauvre en germes débute en mars dans le Grand Lac et en mai dans le Petit Lac. Elle se termine en juillet dans le Grand Lac et en août dans le Petit Lac. Le Petit Lac a donc présenté en 1970 un retard d'un mois par rapport au Grand Lac en ce qui concerne les variations de la teneur en germes des eaux.

- A. Amplitudes moyennes des variations du nombre de germes/ml d'une profondeur à l'autre (germes/ml/m)
- B. Nombre de mois (total 12) pendant lesquels l'amplitude moyenne de variation a dépassé 100 germes/ml/m.

Tableau No 3.

	<u>0</u> 5	<u>5</u> 10	<u>10</u> 20	<u>20</u> 30	<u>30</u> 40	<u>40</u> 50	<u>50</u> 100	<u>100</u> 150	<u>150</u> 200	<u>200</u> 250	<u>250</u> 300
A. Germes /ml/m	314	280	300	152	77	61	26	17	36	24	41
B. Mois >100 g/ml/m	7	7	4	3	3	1	0	0	2	1	1

Représentation graphique des amplitudes moyennes des variations du nombre de germes/ml en fonction de la profondeur. A : de 0-50 m. B : de 0-300 m.



1.3. Répartition des germes en fonction de la profondeur.

1.3.1. Dans le Grand Lac.

Si l'on compare les concentrations annuelles moyennes en germes de chaque profondeur, de la surface à 50 m., aucun fait clairement défini n'apparaît. On peut constater, tout au plus, que le nombre de germes passe par un maximum entre dix et vingt mètres (1000 germes/ml de plus qu'à 0 et 50 mètres).

Par contre, si l'on calcule les moyennes annuelles par profondeur de la répartition des concentrations de part et d'autre de la moyenne générale (voir 1.1.2.), on trouve que 35 % des 432 prélèvements de la couche d'eau qui est comprise entre la surface et 20 mètres, contiennent plus de 2780 germes/ml, contre 28,2 % seulement des 324 prélèvements de la couche de 30 à 50 mètres (voir tableau No 4.). On observe donc une légère diminution de la fréquence des échantillons dont la richesse en germes dépasse 2780 germes/ml, et ceci de la surface à 50 mètres de profondeur.

1.3.2. Point pélagique SHL 2.

1.3.2.1. Moyennes annuelles.

Nous examinerons ici ce qui se passe au centre du lac, au "point objectif" SHL 2, en particulier pour les grandes profondeurs (voir figure 5.) En ce point, la moyenne annuelle des germes diminue de 50 % de la surface à 50 mètres. De cette dernière profondeur jusqu'à 200 m., la concentration en germes s'accroît lentement d'abord, puis plus rapidement entre 200 et 250 m., et de façon plus marquée encore entre 250 m. et le fond. Le détail des variations de la surface à 50 m. laisse apparaître une nette diminution de 0 à 5 m., suivie d'un maximum à 20 m., comme dans le cas du Grand Lac pris dans son ensemble.

1.3.2.2. Amplitudes moyennes des variations du nombre de germes par ml.

Les amplitudes moyennes des variations du nombre de germes d'une profondeur à une autre au cours de l'année (variations du nombre de germes en plus ou en moins d'un niveau à un autre exprimées en germes par ml et par mètre), montrent très clairement que les variations sont très importantes dans les couches d'eau supérieures (de la surface à 20m., où elles sont de l'ordre de 300 germes/ml/m.) (Tableau 3. 7). Au delà, l'amplitude

des variations décroît rapidement jusqu'à 50 m., profondeur d'où l'on passe dans une zone beaucoup plus homogène, moins perturbée, à l'abri, semble-t-il, des bouleversements physiques et biologiques rapides des couches d'eau supérieures.

Il semble que ces différentes zones se situent de part et d'autre de la thermocline, ce qui signifie que l'épilimnion est le siège de processus biologiques et physico-chimiques ayant une grande influence sur les bactéries de l'eau.

1.3.3. Petit Lac.

Pour le Petit Lac, les moyennes prises point par point concordent et la moyenne générale fait apparaître une nette diminution du nombre de germes de la surface à 40-50 m. De même que dans le cas du point SHL 2, la concentration en germes s'accroît au fur et à mesure que l'on s'approche des vases du fond du lac.

Fréquences trimestrielles moyennes des échantillons
au-dessus de 2780 germes/ml (%) par tranches de
profondeur.

Tableau No 4.

Trimestre	1er	2ème	3ème	4ème	Moyenne
0 - 20 m.	28,4	30,2	40,8	37,0	33,5
30 - 50 m.	28,8	20,2	28,6	34,5	28,2
=====					
0 - 50 m.	29,6	25,2	34,7	35,8	30,8

1.4. Répartition des germes en fonction de la profondeur et de la saison.

1.4.1. Grand Lac.

Le problème de la répartition des germes en fonction de la profondeur et de la saison est difficile à aborder dans le cas du Grand Lac, mais la comparaison des moyennes trimestrielles permet d'approcher cette question, bien que de façon schématique et simplifiée.

Les moyennes trimestrielles réunies dans le tableau No 4., montrent ce qui a déjà été constaté (voir 1.3.1.) concernant les variations de la quantité des germes dans le temps, mais permettent d'en nuancer quelque peu l'image :

- a. en 1970, la couche d'eau comprise entre 0 et 20 m. est plus riche en germes que la couche inférieure - le premier trimestre mis à part -.
- b. le minimum du deuxième trimestre, tel qu'il a été défini à 1.2.2., est dû surtout à l'appauvrissement des couches inférieures (30-50).
- c. le maximum du troisième trimestre et du quatrième trimestre (dans une proportion moins importante) trouve son explication, avant tout, dans un enrichissement en germes de la couche d'eau supérieure.

1.4.2. Couches profondes, point SHL 2.

L'analyse des variations saisonnières du nombre de germes dans les couches d'eau profondes va permettre de préciser ce qui a été entrevu à 1.3.2.2. à propos des bouleversements bactériologiques dont l'épilimnion serait le siège.

Le tableau No 5. réunit les moyennes mensuelles calculées pour 3 zones de profondeurs différentes : la première zone de 0 à 20 m., la deuxième zone de 30 à 50 m. et la troisième zone de 100 à 300 m. Dans le tableau No 6., la moyenne de la deuxième zone est comparée, mois après mois, d'une part, avec la moyenne de la zone supérieure, et d'autre part, avec la moyenne de la zone sous-jacente. Toute moyenne supérieure ou inférieure à une autre d'au moins 300 germes/ml. a été considérée respectivement comme positive ou négative ; en-dessous de 300 germes/ml de différence, elle a été considérée comme égale (+).

Il ressort des tableaux No 5. et No 6. que :

- a. pendant le premier trimestre de l'année 1970, les trois zones observées renferment presque le même nombre de germes ; la distribution de ceux-ci est à peu près homogène, de la surface au fond, en février et mars ;
- b. au mois de mai, les couches supérieures s'enrichissent en germes et la couche profonde s'appauvrit : la distribution des bactéries tend à se stratifier ;
- c. la stratification s'accroît et se maintient de juin à septembre, délimitant une couche supérieure relativement riche en germes, et une couche inférieure - de 30 m. jusqu'au fond - où le nombre de bactéries croît avec la profondeur ;
- d. dès le mois d'octobre, cette stratification s'efface pour faire place à un bouleversement complet des trois zones.

La distribution des bactéries au sein du lac semble donc être soumise aux phénomènes physiques qui s'y déroulent : la situation décrite sous a. correspondrait à la période de circulation totale hivernale, période où les eaux, aux différentes profondeurs, présentent la plus grande homogénéité ; sous b. et c., au moment où s'établit la stratification estivale, et sous d., à la période de circulation automnale.

MOYENNES ANNUELLES PAR POINT

germes totaux par ml.

Tableau No 7.

		Moyennes 1960 - 64	Moyennes 1965-69	Moyennes 1960-69	Max *	Min *	Moyenne 1970
VS	2	662	1180	920	2620 ₇₎	311 ₃₎	(691)
	3	5050	1330	4206	13385 ₁₎	467 ₁₎	4280
	4	540	906	725	1495 ₇₎	418 ₂₎	(697)
VD	1	4930	3260	4100	13327 ₁₎	577 ₀₎	4260
	2	1000	3240	2130	4992 ₆₎	779 ₁₎	4020
	3	2210	4160	3156	8909 ₄₎	384 ₂₎	2860
	4	7120	5250	6290	21696 ₄₎	1672 ₀₎	4990
	5	924	1760	1345	1460 ₈₎	315 ₀₎	786
SHL	1	1000	875	949	2036 ₇₎	212 ₈₎	6180
	2	1210	2470	1846	3817 ₉₎	246 ₀₎	8100
	6	745	1900	1921	5929 ₈₎	379 ₉₎	9780
GE	4	645	994	821	1840 ₄₎	121 ₀₎	1260
	3	834	1070	955	2173 ₄₎	127 ₀₎	1020
	2	800	975	886	1334 ₄₎	136 ₀₎	1160
	1	943	1580	1263	1853 ₇₎	189 ₀₎	1330
Léman		1940	2200	2060			2780
Gd Lac		2320	2570	2440			3310
Pt Lac		806	1160	930			1110

* Le chiffre entre parenthèses indique l'année où le max. et le min. ont été enregistrés.
(exemple : 8 = 1968)

1.5. Evolution de la situation bactériologique des eaux du Léman en 1970 par rapport aux années précédentes.

Le tableau No 7. rassemble les moyennes annuelles pour chaque point de prélèvement, leur moyenne calculée sur 5 ans, des années 1960 à 1964 et 1965-1969, et sur 10 ans, de 1960 à 1969.

1.5.1. Grand Lac.

Les points VS 3, VD 1, VD 2, SHL 1 et SHL 6 présentent tous une augmentation de leur moyenne annuelle du nombre de germes par ml. en 1970, par rapport à la moyenne des cinq dernières années.

L'augmentation est très accentuée au point SHL 1 et au point SHL 6, puisque la valeur de leur moyenne en 1970 n'a jamais été atteinte précédemment, soit depuis 1960.

Deux faits positifs peuvent être relevés :

- a. l'amélioration enregistrée au point VD 4 entre 1965 et 1969 s'est poursuivie en 1970, puisque cette année-ci, on enregistre une moyenne inférieure à celle des années 1965-1969 ;
- b. la moyenne annuelle du point VD 5 est en 1970 parmi les plus faibles enregistrées pour ce point depuis 1960.

Il n'en demeure pas moins que, considérée dans son ensemble, la situation bactériologique du Haut Lac s'est encore aggravée en 1970 (740 germes par ml. de plus, en moyenne, que durant les années 1965-1969).

1.5.2. Petit Lac.

L'année 1970 confirme, une fois de plus, la détérioration de l'état bactériologique des eaux du Petit Lac depuis 1960 ; regardé dans son ensemble, on ne peut noter ni amélioration, ni détérioration importantes ; il semble donc que l'on assiste au maintien d'un certain statu quo.

2. LES COLIFORMES

2.1.

Essais de comparaison des différents points du lac observés, en ce qui concerne leur richesse en bactéries du groupe coliforme, de la surface à 50 mètres de profondeur en 1970.

2.1.1.

Le tableau No 8. donne, comme pour les germes, la répartition des concentrations en coliformes/litre pour chaque point (nombre de prélèvements dont la teneur en coliforme/l. est comprise dans les différentes plages de valeurs choisies, rapporté à 100), qui permet de comparer entre eux les points observés, et conduit à les classer en trois groupes.

Il reste, bien entendu, que ce classement n'apporte pas d'indication du point de vue de l'hygiène des différents points :

tous les points du Léman, à toutes les profondeurs, sont gravement contaminés par des germes d'origine excrémentielle. La norme utilisée ici a été adaptée au cas particulier des coliformes, mais son mode de détermination a été semblable. En effet, la plage de variations choisie est celle où un point au moins comprenait au minimum 90 % de ses échantillons. Il se trouve que cette plage de variations est comprise entre moins de 200 et 600 coliformes par litre, et qu'un seul point y concentre plus de 90 % de ses prélèvements : il s'agit de VD 5 (Rolle). De plus, une norme supplémentaire est donnée par le fait que les teneurs en coliformes ne sont pas, dans tous les cas, distribuées de façon régulière ; la répartition est fortement perturbée pour certains points (en particulier VS 3, VD 1 et VD 2) ou plus faiblement perturbée pour d'autres points (VD 3, VD 4, SHL 1, SHL 2, GE 4, GE 2) : dans ce second cas, la décroissance de la répartition se fait par paliers. Ces neuf points présentent donc des anomalies dans la répartition des concentrations en coliformes.

Classement des points de prélèvement en 3 groupes :

groupe A : les points dont la répartition décroît régulièrement et dont 70 % au moins des prélèvements sont compris entre moins 200 et 600 coli/litre. Il s'agit des points VD 5 (Rolle) -91 %, SHL 6 (Evian) -81 %, GE 3 (Chevrens) -84 %.

groupe B : les points qui présentent des anomalies dans la distribution et dont 70 % au moins de leurs prélèvements sont compris entre moins de 200 et 600 coli/l. Il s'agit de VS 3 (Villeneuve) -70 %, SHL 1 (Thonon) -86 %, SHL 2 (Centre-lac) -70 % et GE 4 (Nyon) -74 %.

Nombre de coliformes par litre. Répartition selon les concentrationsTableau No 8.

(exprimé en pourcent)

Coli/l.	<u>0</u>	<u>200</u>	<u>400</u>	<u>600</u>	<u>800</u>	<u>0</u>	Groupes	
	200	400	600	800	800	600	Germes	Coli.
Vs 2	38	14	5	0	43	57	(A)	(B)
3	25	9	36	4	26	70	C	B
4	51	12	0	3	34	63	(A)	(B)
VD 1	22	4	18	4	52	44	C	C
2	24	5	18	4	49	47	C	C
3	30	14	17	5	34	61	C	C
4	38	14	12	0	36	64	C	C
5	61	20	10	1	8	91	A	A
SHL 1	64	9	13	1	13	86	C	B
2	46	13	11	9	21	70	B	B
6	44	22	14	0	19	81	C	A
GE 4	24	24	26	7	19	74	A	B
3	48	29	7	6	10	84	A	A
2	38	15	13	6	27	67	A	C

groupe C : les points dont moins de 70 % des prélèvements sont compris entre moins de 200 et 600 coli/l. Il s'agit de VD 1 (Clarens) -44 %, VD 2 (Vevey) -47 %, VD 3 (Rivaz) -61 %, VD 4 (Vidy-Ouchy) -64 % et GE 2 (Bellevue) -67 %.

Si l'on compare les deux classements (voir les deux dernières colonnes du tableau No 8.), on constate que deux points ont passé dans un groupe supérieur : GE 2 qui passe de la catégorie A pour les germes à la catégorie C pour les coliformes, et GE 4 qui passe de A à B. SHL 1, de C à B. On compte donc 5 points pour lesquels il y a contradiction entre la densité en germes banals et le nombre de coliformes. Les points SHL 6, VS 3 et SHL 1, qui passent dans un groupe supérieur, semblent moins contaminés par des germes de souillure que ne le laisse prévoir leur richesse microbienne globale. Les points GE 2 et GE 4 eux, à l'inverse, présentent une souillure d'origine fécale plus nette que ne le laisse supposer leur richesse en germes.

2.1.2. Carte schématique des souillures d'origine fécale (carte No 2.)

Pour établir cette carte, ce sont les fréquences au-dessus de 200 coliformes/l. qui ont été choisies plutôt que les fréquences au-dessus de la moyenne, celles-ci ne donnant pas une image intéressante et suffisamment diversifiée.

La comparaison de cette carte avec celle qui a été établie pour les germes banals montre qu'elles diffèrent dans leur aspect général.

Le Léman, pour la répartition des coliformes, pourrait être divisé en deux parties :

Une première, qui s'étendrait de Villeneuve à un axe approximatif Rolle-Thonon, où la distribution des coliformes paraît semblable à celle des germes, et

Une seconde, qui s'étendrait de l'axe Rolle-Thonon à Genève, où les distributions sont différentes.

Les contradictions qui apparaissent ici amènent aux mêmes conclusions que sous 2.1.1. : la pauvreté relative des eaux du Petit Lac en germes banals (pour 1970) est contredite par sa richesse en coliformes. La constatation inverse s'impose pour le point SHL 1, riche en germes saprophytes, mais relativement pauvre en coliformes.

2.2. Variation de la concentration en coliformes/litre au cours de l'année 1970.

2.2.1. Grand Lac - Petit Lac.

La figure No 4 montre une diminution spectaculaire du nombre de coliformes au cours des mois des 2ème et 3ème trimestres de 1970, diminution qui, s'étant amorcée aux mois de février et mars, a pris fin au mois de novembre. La concentration en coliformes fut minimum pendant les mois d'août et de septembre dans le Grand Lac, et au mois de juin, dans le Petit Lac.

En réalité, ce minimum débute à des moments qui varient selon les points considérés. Il atteint son point le plus bas au mois d'août dans le Grand Lac pour les points suivants :

VS 3 (1% *), VD 1 (0,8 % *), VD 2 (0% *), VD 3 (0,8 %*), VD 4 (0,4 % *); au mois de septembre pour le point VD 5 (1,5 % *), et au mois de juin pour le point SHL 2 (Centre-lac) (20 % *) **.

Dans le Petit Lac, le minimum est atteint au mois de juin pour les points GE 2 (10,5 % *), GE 3 (14 % *) et GE 4 (17,3 % *).

* Nombre de coliformes en % de la moyenne du point.

** Les points VS 2, VS 4, SHL 1 et SHL 6 n'ont pas fait l'objet de prélèvements ce mois-là, mais il semble que le minimum se situe aussi en août pour les deux derniers points cités.

Il faut remarquer que dans le Grand Lac, seul le point pélagique SHL 2 présente les mêmes caractères dans l'évolution des coliformes que les trois points du Petit Lac. Pour les autres points du Grand Lac, tous proches des rives, la diminution du nombre de ces germes est beaucoup plus importante et plus brusque, puisqu'en juillet on compte moins de 3 % des échantillons ne contenant pas de coliformes dans 100 ml., et qu'en août, ce nombre s'élève à 62 % des échantillons, pour passer à 33 % en septembre. Ainsi donc, en 1970, les changements opérés par le climat sur le milieu lacustre (réchauffement, intensité accrue du rayonnement solaire, etc.) ont conduit à une disparition accélérée des bactéries coliformes dans les eaux. Il faut en effet rejeter l'hypothèse d'une diminution des apports en germes fécaux au cours de ces mois, puisque c'est précisément à cette époque de l'année que la population du bord du lac est la plus nombreuse. La diminution massive des germes fécaux aux points littoraux paraît d'autant plus paradoxale.

Il y a là un phénomène intéressant, qui se retrouve année après année, dont il conviendrait d'élucider les causes réelles (eaux trop chaudes, rayonnement solaire trop intense, antibiose due aux algues ?). Une telle diminution de la fréquence des coliformes n'a pas été décelée, même dans une faible mesure, pour l'ensemble des plages contrôlées du Petit Lac, ce qui ne permet pas de préjuger des causes probables, car la concentration élevée et l'enrichissement constant en coliformes des eaux littorales estompent sans doute complètement le phénomène à ce niveau.

2.3. Répartition des coliformes en fonction de la profondeur.

2.3.1. Grand Lac - Petit Lac.

La comparaison des moyennes annuelles, par profondeur, montre que la concentration en coliformes/l. varie peu de la surface à 50 m., et qu'elle a tendance à s'accroître : cela pour chaque point du Grand et du Petit Lac. 41 % des échantillons pris de 0 à 20 m. contre 46 % de ceux prélevés de 30 à 50 m. contiennent plus de 400 coli/l.

2.3.2. Points SHL 2 et SHL 1.

2.3.2.1. Moyennes annuelles.

La figure No 6 montre ce qui se passe au point SHL 1 et SHL 2.

Au point SHL 1, la concentration en coliformes atteint un maximum à 40 m. de profondeur, puis, brusquement, diminue à 50 m. (84 % de coli en moins qu'à 40 m.), pour croître à nouveau jusqu'à 150 m. (58 % de la concentration de surface, et 49 % de la concentration maximum à 40 m.).

Au point SHL 2, la concentration en coliforme augmente aussi, mais jusqu'à environ 20 m. de profondeur seulement (maximum), puis diminue rapidement de 20 à 50 m. (74 % de moins que le maximum à 20 m.). De 50 m. jusqu'à 250 m., la concentration en coliformes oscille autour de 200 coli/l. (soit 50 % de la concentration de surface ou 30 % du maximum).

Comme pour le point SHL 1, pour le point SHL 2, au niveau du fond (300 m.), on retrouve 49 % du maximum ou 75 % de la concentration de surface.

2.3.2.2. Amplitudes moyennes des variations du nombre de coliformes/l. en fonction de la profondeur.

Les amplitudes moyennes des variations du nombre de coliformes, d'une profondeur à une autre, au cours de l'année, au point SHL 2 montrent (figure No7), comme pour les germes banals (1.3.2.2.), des variations importantes de plus de 30 coliformes par litre et par mètre de profondeur dans les couches d'eau supérieures, de la surface à 50 m. Au-delà, l'amplitude des variations est quelque dix fois plus faible. Les remarques formulées concernant la même question, mais à propos des germes banals, sont valables ici également : le lac se divise en deux zones bien distinctes selon la profondeur : la zone supérieure étant le siège des bouleversements qui modifient le nombre des coliformes mois après mois.

2.4. Evolution de la concentration en coliformes par rapport aux années précédentes.

Le changement de technique et de milieu pour la recherche et le dénombrement des coliformes ne permet pas de comparer directement les résultats obtenus en 1970 avec ceux des années précédentes. Les valeurs calculées point par point du rapport des moyennes annuelles en coliformes/l., de l'année 1970 à l'année 1969, et la comparaison de ces rapports avec ceux des années 1968/1969 (tableau No 9), montrent cependant que l'introduction d'une nouvelle méthode n'a pas conduit à des résultats très différents de ceux des années précédentes. Si ces rapports sont calculés à partir des moyennes annuelles de 1970 non corrigées de leurs valeurs extrêmes, il apparaît qu'en 1970, comme en 1968, onze points de prélèvements sur quinze que compte le Léman, étaient plus pauvres en coliformes qu'en 1969, année particulièrement riche en ces germes.

Après élimination des résultats extrêmes, l'année 1970, dans son ensemble, devient tout à fait comparable à l'année 1968 en ce qui concerne les coliformes.

Coliformes : Moyennes annuelles pour 1970.

Comparaison des moyennes annuelles des années 1968 et 1970
par rapport à 1969.

Tableau No 9.

		Coliformes/l.	<u>1968</u>	<u>1970</u>
		Moyennes annuelles	1969 %	1969 %
VS 2	6369	(640)	370 (-)	555 (56)
3	704		28	31
4	4000	(785)	340 (-)	390 (78)
=====				
VD 1	1968		87	29
2	1650		90	64
3	906		89	49
4	2946		74 (74)	122 (64)
5	256		141	62
=====				
SHL 1	624		7	15
2	454		3	27
6	924		10	9
=====				
GE 4	597		24	18
3	346		27	20
2	634		58	30
1	588	(300)	110 (110)	211 (104)
=====				
Léman	1360	(800)	88 (47)	108 (43)

() Moyenne annuelle calculée après élimination des valeurs manifestement trop fortes, correspondant, sans doute, à des pointes de pollution. (une campagne de prélèvement pour chaque point corrigé).

3. DISCUSSION

=====

Relations existant entre les germes totaux et les coliformes dans les eaux du Léman.

Les germes rattachés au groupe des coliformes identifiés dans les eaux du lac ont une origine presque exclusivement exogène. Par contre, une fraction importante des germes aérobies, dits "totaux", est d'origine endogène, l'autre partie étant également d'origine exogène (eaux usées, eaux de ruissellement, poussières atmosphériques, etc.). Comment ces différences d'origine se manifestent-elles dans le "comportement" respectif de ces germes au sein des masses d'eau ? Les deux groupes de germes (germes saprophytes totaux et coliformes) étant soumis à des influences physico-chimiques et biochimiques identiques, les différences décelées ne proviendront, théoriquement, que de la réaction de ces germes vis-à-vis du milieu lacustre. On peut, en effet, supposer que les germes saprophytes exogènes et les coliformes sont introduits dans le lac en proportion sensiblement constante.

Un germe étranger au lac, d'origine humaine, animale, tellurique ou atmosphérique, n'est pas adapté au milieu aquatique, en particulier à son chimisme et à sa température ; il va donc péricliter et disparaître plus ou moins rapidement après son arrivée dans l'eau. Au contraire, un germe aquatile, endogène, pourra se développer au gré de l'évolution physicochimique et biologique des eaux du lac. On peut supposer alors que toute augmentation ou diminution de la richesse du milieu en matière organique décomposable va provoquer une variation parallèle du nombre de ces germes endogènes.

J'illustrerai mon propos à l'aide de quelques exemples :

1.-.

Il a été vu, à 2.1.1., que la comparaison des cartes schématiques 1 et 2 conduit à constater un fait paradoxal : le point SHL 1 est relativement riche en germes saprophytes et pauvre en coliformes, alors que dans la région de Villeneuve-Vevey, on observe une concordance assez bonne entre la richesse en germes totaux et la richesse en coliformes. Quelle est la raison de cette différence ? Peut-on l'expliquer ?

Si l'on établit la carte schématique de la répartition moyenne du phytoplancton (microplancton) (carte 3) et celle représentant la transparence moyenne en 1970 (carte 4) (*), d'autres faits contradictoires apparaissent : les régions les plus pauvres en phytoplancton sont les moins transparentes et aussi les plus riches en germes et en coliformes (VD 4, 3, 2, 1 et VS 3 surtout), alors que la région du Léman, en moyenne la plus riche en phytoplancton, est la plus transparente et se trouve être riche en germes, mais relativement pauvre en coliformes. Que conclure ? L'abondance de plancton conduit-elle à un enrichissement en matières organiques responsables de la prolifération de germes aquatiques endogènes ? Y a-t-il accumulation, due aux courants de matières décomposables et de plancton au large de la baie d'Excenevex ? Mais le point SHL 2 est, lui aussi, riche en plancton et son nombre moyen de germes est trois fois plus faible que celui du point SHL 1. Le phytoplancton exerce-t-il une activité particulièrement défavorable pour la survie des coliformes ? Mais le point SHL 1 fut en 1969 le point le plus riche en coliformes et le plus riche en plancton. Le hasard, alors, est-il seul responsable de ce phénomène ?

(*) des images identiques, à quelques détails près, auraient pu être obtenues en utilisant les moyennes de 1960, 1968 ou 1969 (années prises au hasard), seules les valeurs absolues auraient changé.

2.-.

Au point littoral SHL 1, la concentration des germes varie peu en fonction de la profondeur. En 1970, on compte 6100 germes/ml en surface et 5860 germes/ml à 100 m., soit une diminution de 4 %, alors que cette différence en fonction de la profondeur fut dix fois plus importante au point pélagique SHL 2 : 2820 germes/ml. en surface, contre 1640 germes/ml. à 100 m., soit une diminution de 42 %. En ce qui concerne les coliformes, la diminution en fonction de la profondeur pour les deux points cités, fut respectivement de 69 % de moins à 100 m. pour SHL 1 et de 43 % de moins pour SHL 2.

Si l'on considère l'ensemble du lac, on s'aperçoit que, comme il a été dit à 2.2., (a) le minimum absolu des moyennes mensuelles des coliformes est atteint au mois d'août pour les points côtiers du Grand Lac, et que c'est pendant ce mois qu'on enregistre une concentration maximum en

germes banals, (b) la moyenne mensuelle minimum du nombre de germes s'abaisse à 5 % de la moyenne générale annuelle pour les points littoraux, contre 20 % au point pélagique SHL 2 et dans le Petit Lac, et (c) pour les germes totaux, la plus grande diminution porte leur moyenne mensuelle à 62 % de la moyenne générale annuelle dans le Grand Lac, 45 % dans le Petit Lac et 26 % pour le point SHL 2.

3.-.

L'étude des variations du nombre de germes totaux en fonction de la profondeur au point SHL 2, variation exprimée en % de la concentration en surface (figure 7) montre que :

- a. au point pélagique SHL 2, lorsque l'on descend de 20 à 50 m. de profondeur, le nombre de germes passe de 105 % à 43 % de la concentration de surface (soit une différence de 64 %). Le nombre de coliforme, quant à lui, passe de 154 % à 40 % de la concentration de surface (soit une différence de 114 %).
- b. le nombre de coliformes a tendance à diminuer avec la profondeur à partir de 50 m., alors que le nombre de germes tend plutôt à s'accroître.

Nous pensons que ces différences et cet accroissement ne sont possibles que s'il y a prolifération in situ de nouveaux germes. Tout se passe comme si la mort des germes étrangers au lac était compensée ici par le développement de germes aquatiques endogènes, une telle compensation n'existant, bien sûr, pas pour les coliformes ; et donc, comme si les germes saprophytes exogènes étaient aussi sensibles et peu résistants au changement de milieu que les coliformes.

Ces hypothèses demandent, bien entendu, à être confirmées par d'autres observations.

La conclusion provisoire de toutes ces observations est que les eaux littorales semblent favoriser le développement des germes aquatiques parce qu'elles sont plus riches que les eaux pélagiques en matières organiques décomposables d'origines diverses.

4. CONCLUSIONS

=====

L'enrichissement général des eaux du Léman en germes microbiens constaté dès le début des travaux de la Commission internationale, reflète directement l'eutrophisation progressive et rapide des eaux du lac ; en effet, cette fertilité croissante du milieu lacustre se traduit par une production, in situ, de plus en plus importante de matières organiques (organismes planctoniques) qui, à son tour, entraîne un accroissement de la flore microbienne endogène.

C'est toute la biologie lacustre qui est ainsi modifiée, des bactéries aux poissons (et même aux oiseaux), en passant par le plancton, les algues benthiques et les plantes aquatiques (macrophytes) littorales.

Comme l'ont montré, année après année, les analyses bactériologiques, cette richesse croissante des eaux du Léman en germes microbiens saprophytes (indicateurs de l'eutrophisation générale des eaux) et en bactéries d'origine excrémentielle, est particulièrement grave près des rives du lac et au large des villes et des agglomérations importantes (région de Villeneuve-Montreux-Vevey, région lausannoise, région d'Evian-Thonon, etc...). Ce qui démontre, une fois de plus, - une telle démonstration est-elle encore nécessaire ? - que le rejet d'eaux usées, pas ou incomplètement épurées provenant de ces régions, est la cause directe la plus nette de la détérioration de la qualité hygiénique des eaux du lac. Comme nous l'avons vu précédemment, cette dégradation de l'état sanitaire des eaux du Léman est également liée, et de façon intime, à sa "pollution chimique" (enrichissement en matières fertilisantes dont les sources sont diverses : eaux usées ménagères, industrielles et agricoles).

Ceci nous amène à penser que la désinfection éventuelle des effluents des stations d'épuration des eaux usées conduirait, certes, à une diminution peut-être importante de la contamination par les coliformes et autres germes fécaux (diminution hautement souhaitable pour l'hygiène des eaux du lac et plus particulièrement des points de pompage et des lieux de baignade), mais non à une diminution générale de la flore microbienne totale, puisqu'une fraction très importante de celle-ci est d'origine endogène.

Seule une élimination de toutes les sources d'eutrophisation du Léman et l'épuration mécano-biologique de toutes les eaux usées qui s'y déversent, complétée par un traitement chimique de déphosphatation, permettrait d'espérer un rétablissement progressif de la situation des eaux du lac. De plus, il est indispensable que toutes les stations de traitement d'eaux résiduaires, publiques et privées, fasse l'objet d'une surveillance adéquate et suivie, afin de leur assurer une efficacité maximum (ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas actuellement), et que la qualité des eaux de leur effluent réponde en tous points aux exigences édictées. Cela signifie qu'il est nécessaire d'harmoniser rapidement les normes relatives aux déversements des eaux résiduaires des deux pays riverains.

*
* *

5. ANNEXE

=====

Dans cette annexe ont été réunis les résultats relatifs aux entérocoques (*Streptocoques faecalis*) aux anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium*) et aux différents bactériophages recherchés, cela pour le Petit Lac et le point SHL 2.

Les résultats concernant les entérocoques n'ont pas été comparés à ceux de l'année précédente, la méthode de recherche ayant été modifiée.

Remarques.

Tableaux A et B : ce qui a été dit à propos des variations du nombre des coliformes au cours de l'année est valable aussi pour les entérocoques (voir 2.2.) : diminution importante de ces germes d'origine intestinale au cours des mois d'été.

Tableau D : la régression très nette du nombre des bactériophages de *Salmonella*, enregistré depuis 1968, s'est confirmée en 1970.

Point de prélèvement SHL 2 : l'ensemble des résultats des prélèvements au point SHL 2 Centre Lac, nouveau venu dans cette série d'analyses, se révèle être tout à fait comparable aux résultats des différents points du Petit Lac.

*
* *

Entérocoques par litreTableau A.

Point	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyennes
GE 1	25o	4o	o	o	o	2o	o	o	o	4o	6o	4o	38
GE 2	77	36	7	23	3	o	o	o	11	1o	6	4o	18
GE 3	34	4	4	11	o	o	1	o	5	6	3	4o	9
Ge 4	4	61	46	32	3	o	o	o	9	1o	8	25	17
Pt Lac	91	35	14	17	2	5	o	o	6	17	19	36	19
SHL 2	13	94	9	26	4	3	9	3	6	16	14	8	17

Entérocoques par litres. Fréquence des prélèvements (%)
contenant moins de 1o entérocoques par litre.

Tableau B.

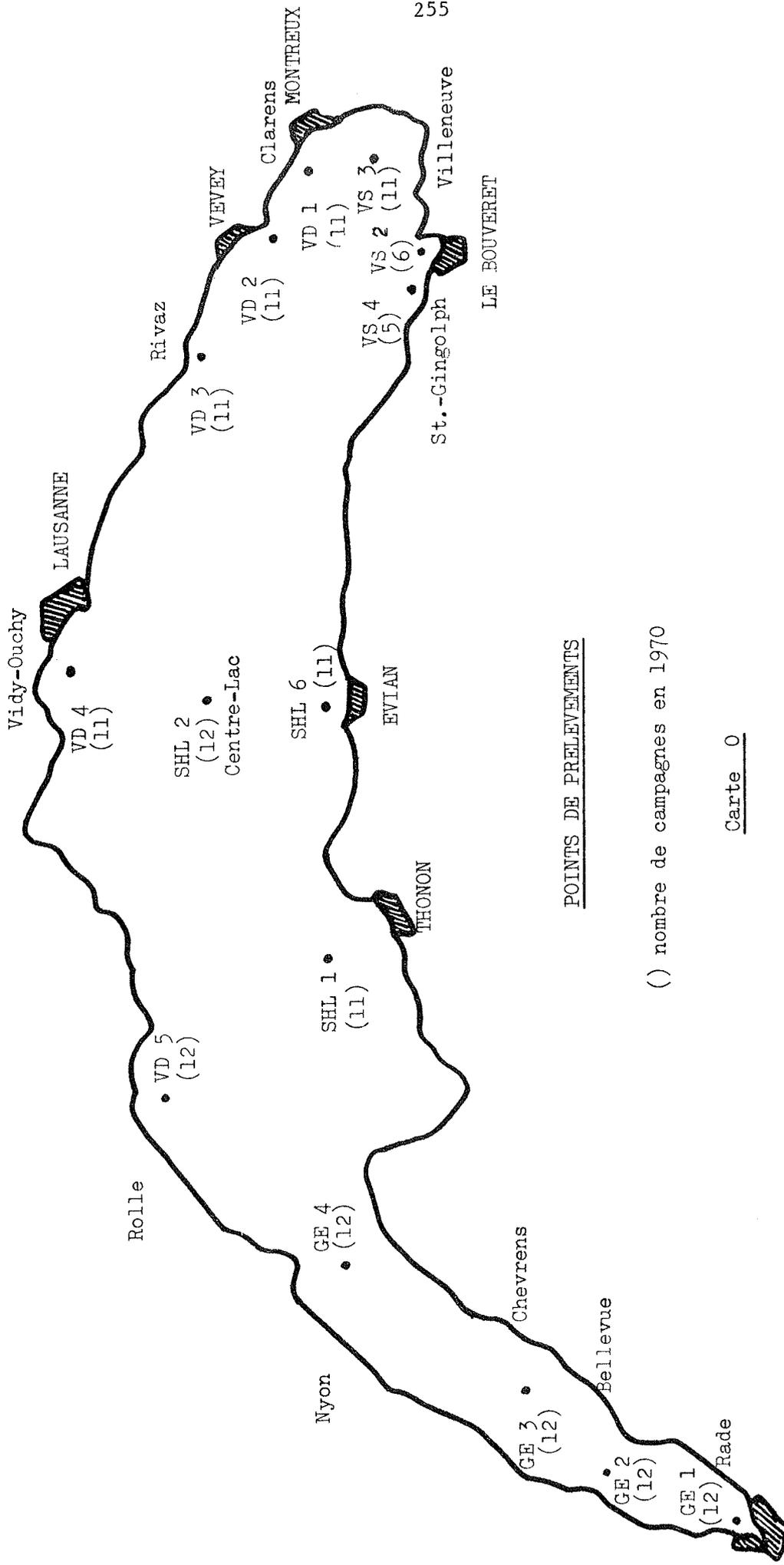
	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyen.
Pt Lac	32	25	42	17	83	96	96	1oo	71	25	54	o	5o
SHL 2	25	o	58	5o	75	75	6o	84	5o	42	5o	59	54

Clostridium sulfito-réducteurs (%)Tableau C.

	1969	1970
GE 1	41,5	52,0
2	25,5	62,0
3	67,5	66,0
4	64,0	30,0
=====		
Pt Lac	67,0	58,0
=====		
SHL 2	--	48,0

Bactériophages (%)Tableau D.

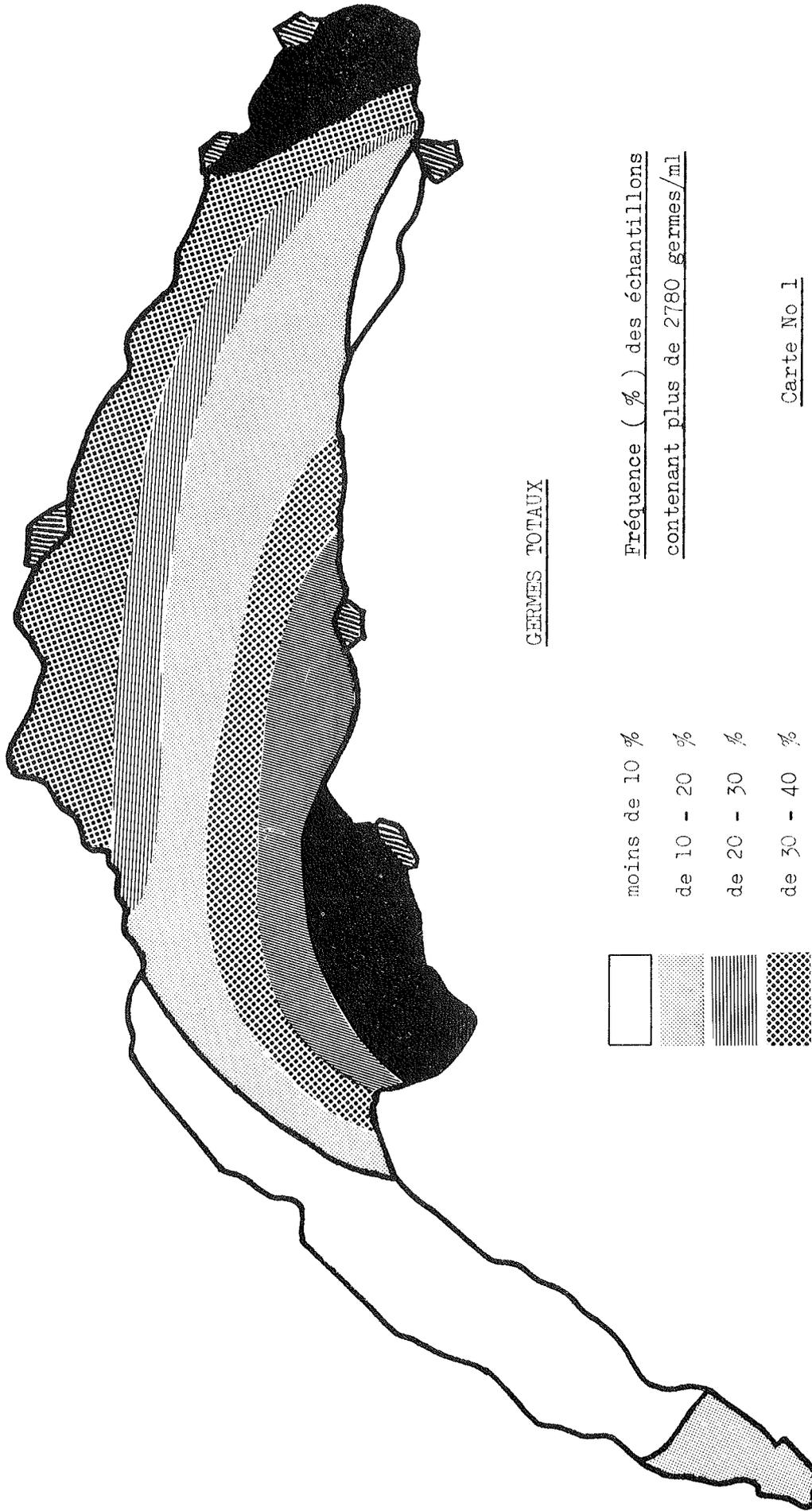
	Coli 36		Shigella paradysent.		Salmonella paratyphi B	
	1969	1970	1969	1970	1969	1970
GE 1	25,0	25,0	33,3	25,0	0	0
2	16,7	19,0	15,5	16,7	0	0
3	12,5	18,7	14,6	14,6	1,0	1,0
4	15,6	27,1	21,9	27,0	0	0
=====						
Pt Lac	17,5	22,4	21,3	20,8	0,25	0,6
=====						
SHL 2	--	19,4	--	18,1	--	0,7



POINTS DE PRELEVEMENTS

() nombre de campagnes en 1970

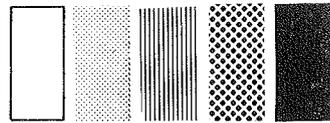
Carte 0



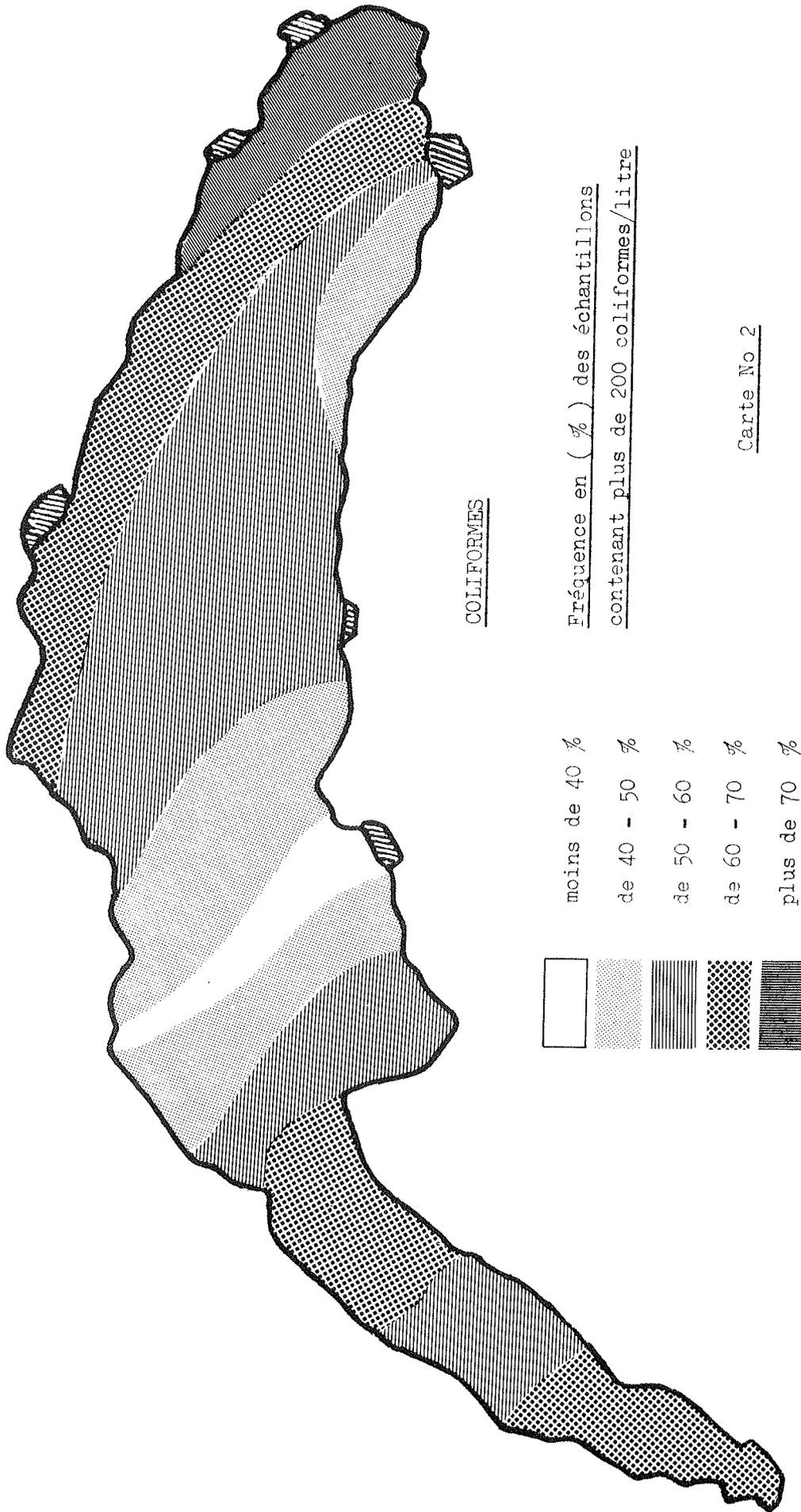
GERMES TOTAUX

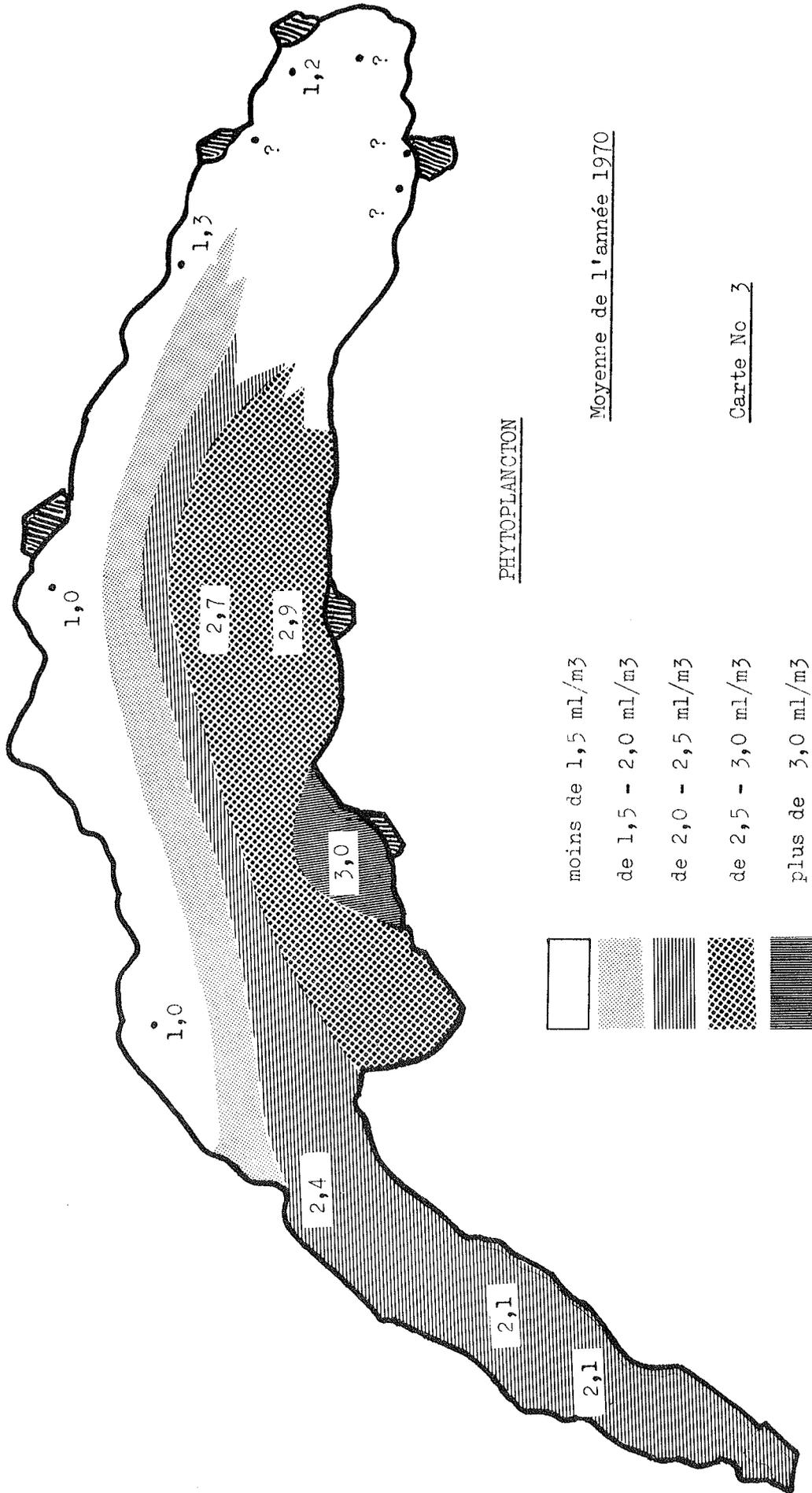
Fréquence (%) des échantillons
contenant plus de 2780 germes/ml

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



Carte No 1



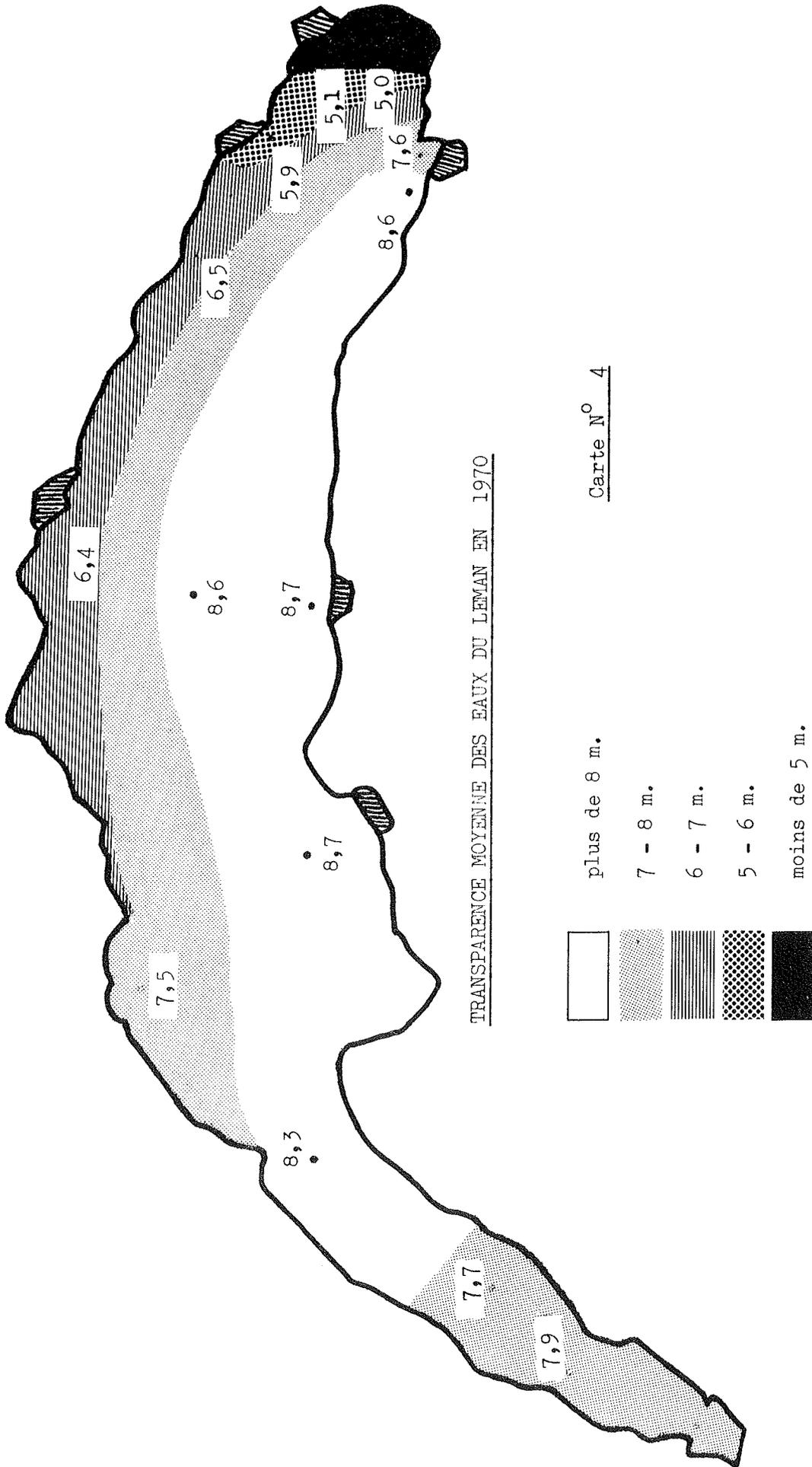


PHYTOPLANCTON

Moyenne de l'année 1970

Carte No 3

-  moins de 1,5 ml/m³
-  de 1,5 - 2,0 ml/m³
-  de 2,0 - 2,5 ml/m³
-  de 2,5 - 3,0 ml/m³
-  plus de 3,0 ml/m³



TRANSPARENCE MOYENNE DES EAUX DU LEMAN EN 1970

Carte N° 4

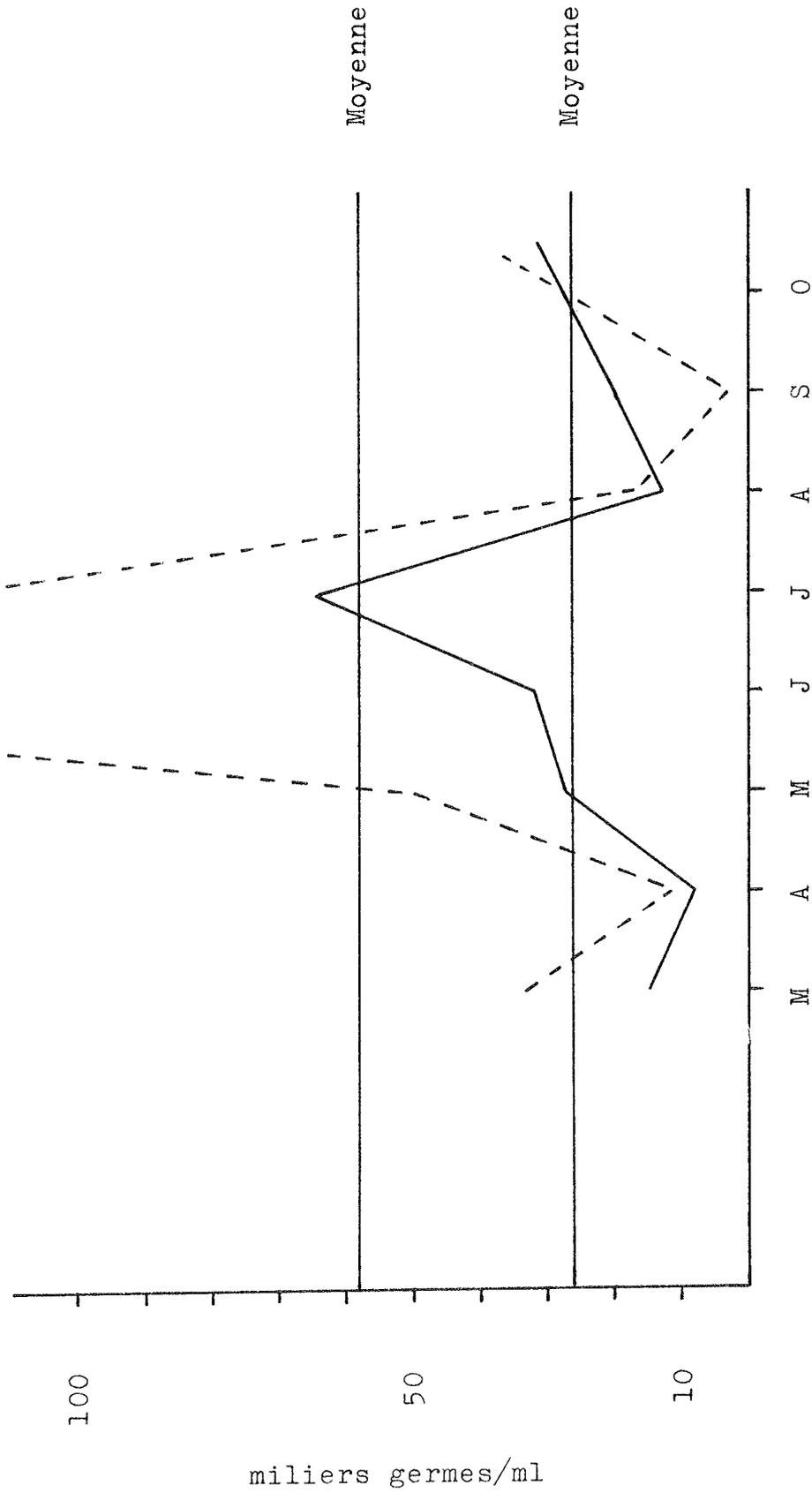


Figure 1 Moyennes mensuelles des teneurs en germes/ml des plages genevoises en 1970 - Plages de la rive gauche (—), Plages de la rive droite (-----).

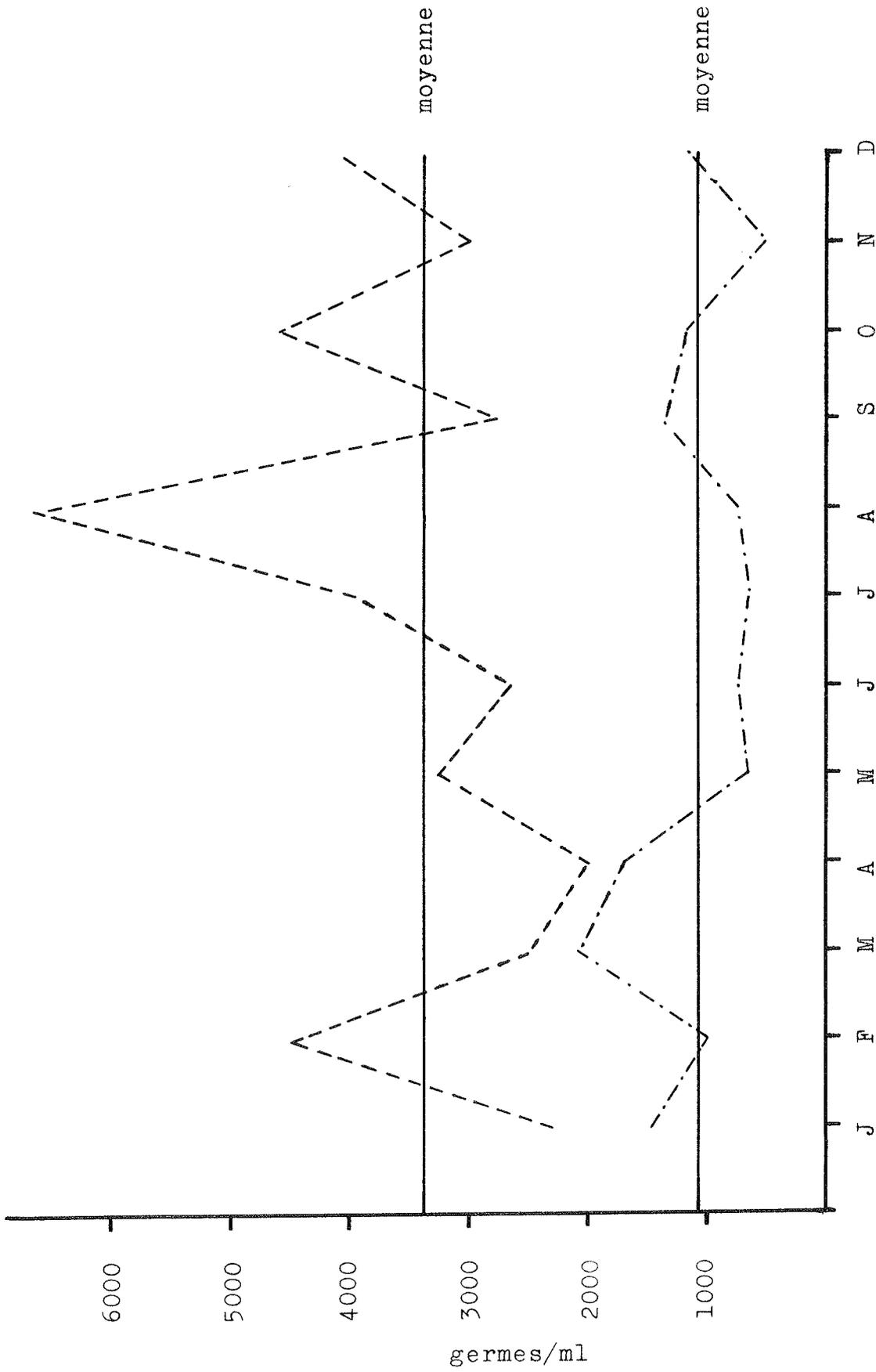


Figure 2. Moyennes mensuelles des teneurs en germes/ml du Grand-Lac (----) et du Petit-Lac (-.-.-) en 1970.

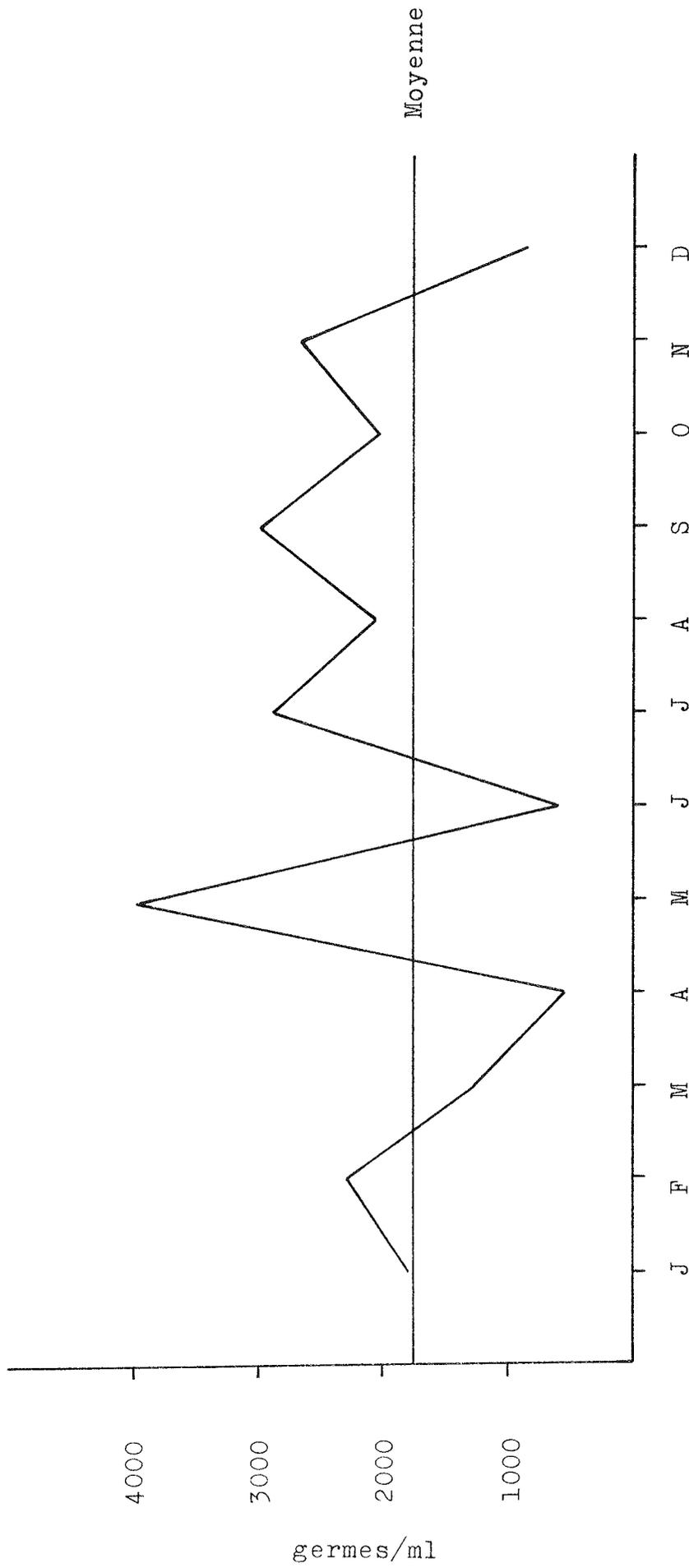


Figure 3 Moyenne mensuelle des teneurs en germes/ml du point
SHL 2 en 1970 .

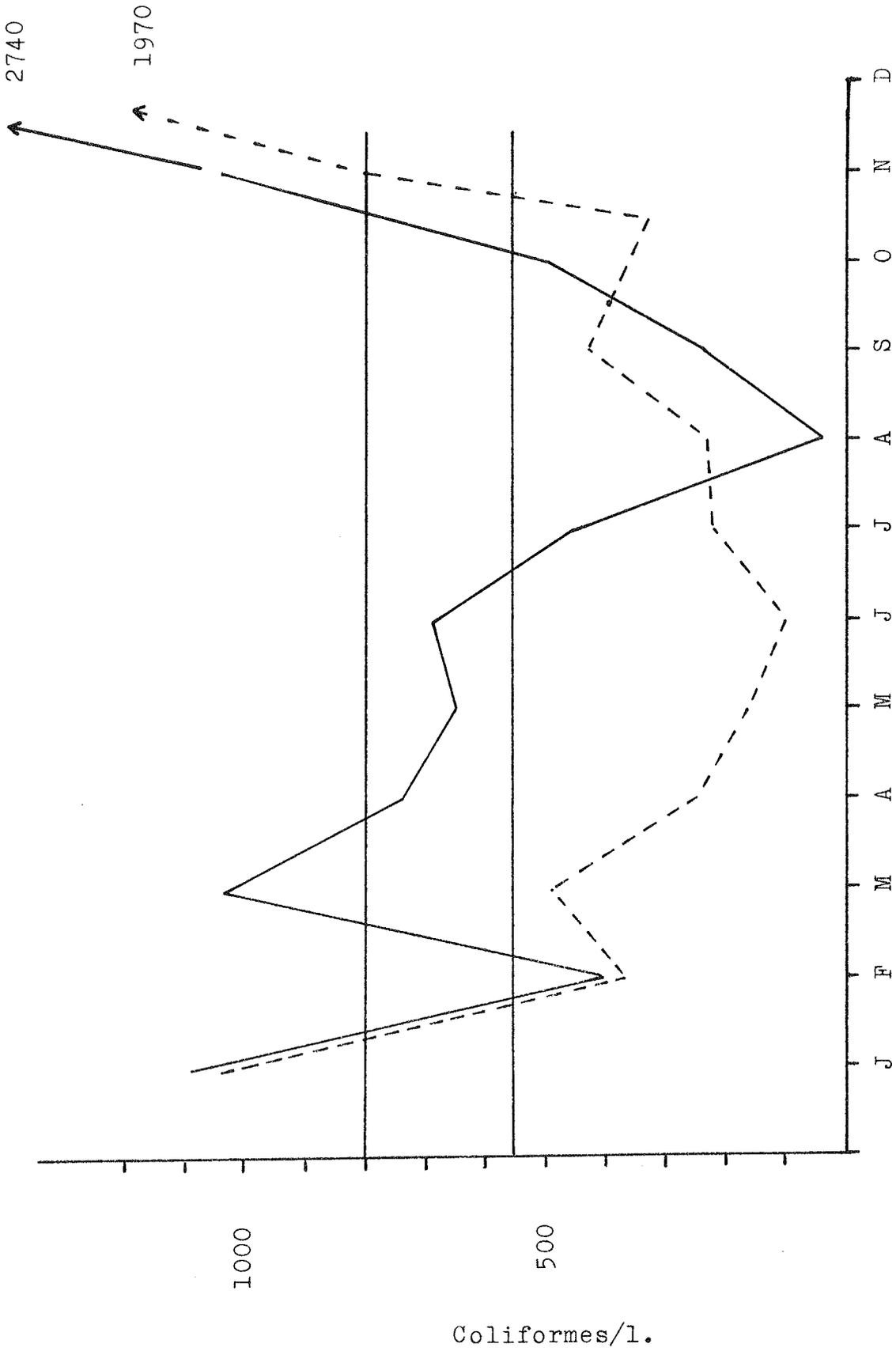
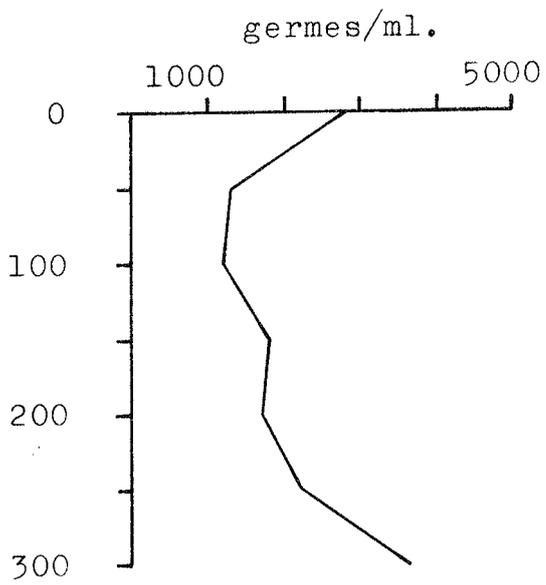
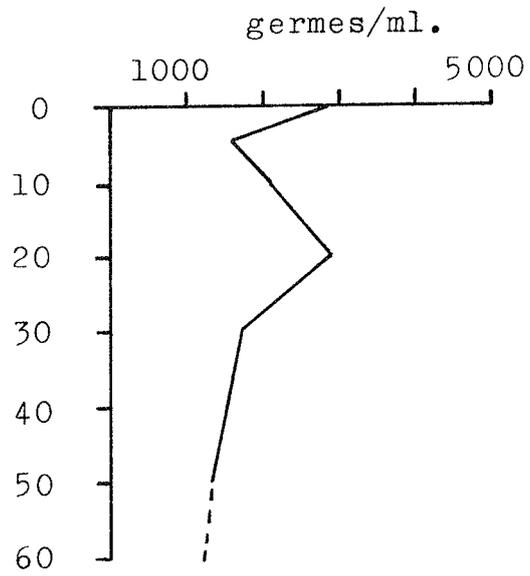


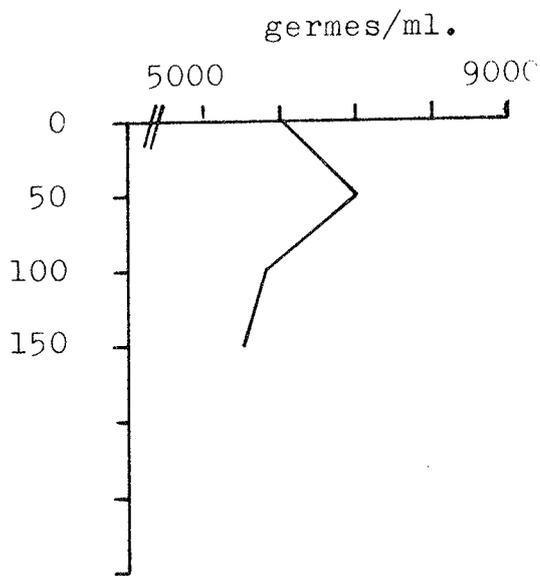
Figure 4 Moyennes mensuelles des teneurs en coliformes/l. du Grand-Lac (—) et du Petit-Lac (----) pour 1970.



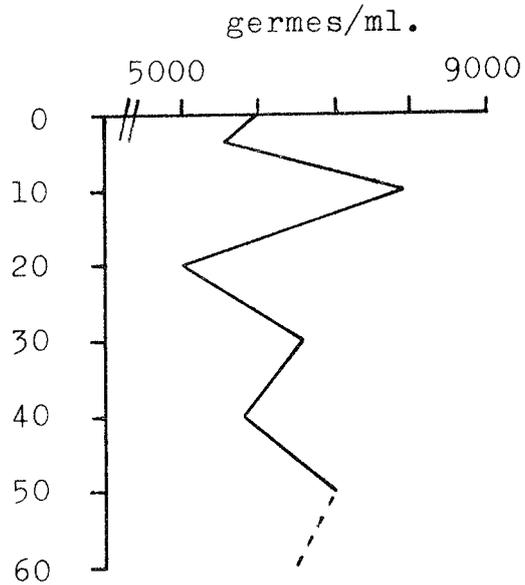
SHL 2 : 0-300 m



SHL 2 : 0-50 m.



SHL 1 : 0-150 m.



SHL 1 : 0-50 m.

Figure 5 Répartition des germes totaux suivant la
profondeur (moyennes mensuelles de 1970)
aux points SHL 1 et SHL 2 .

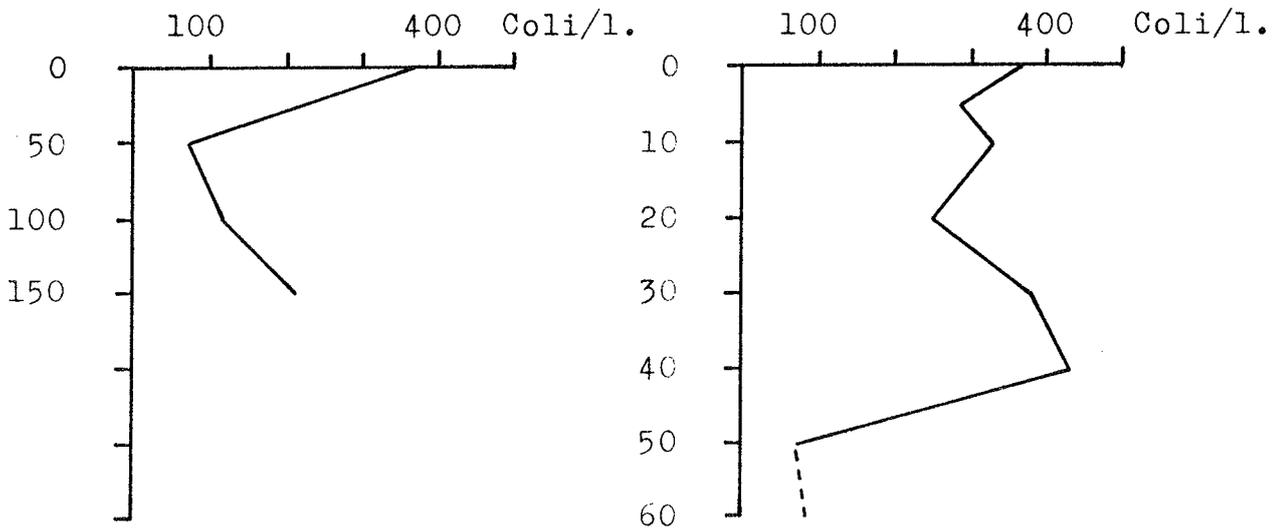
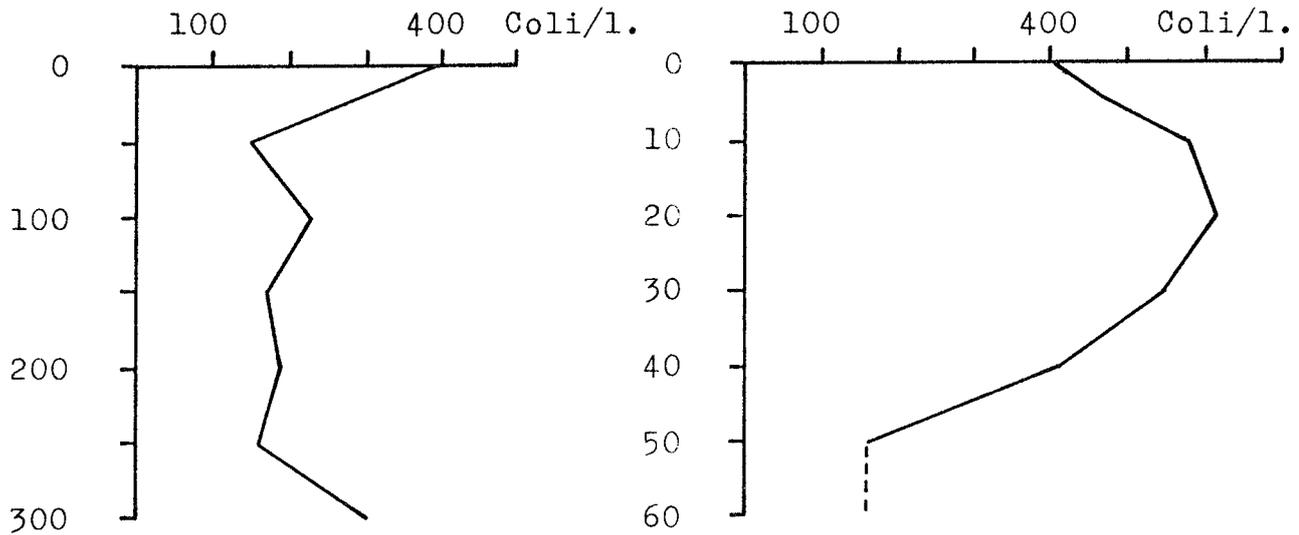
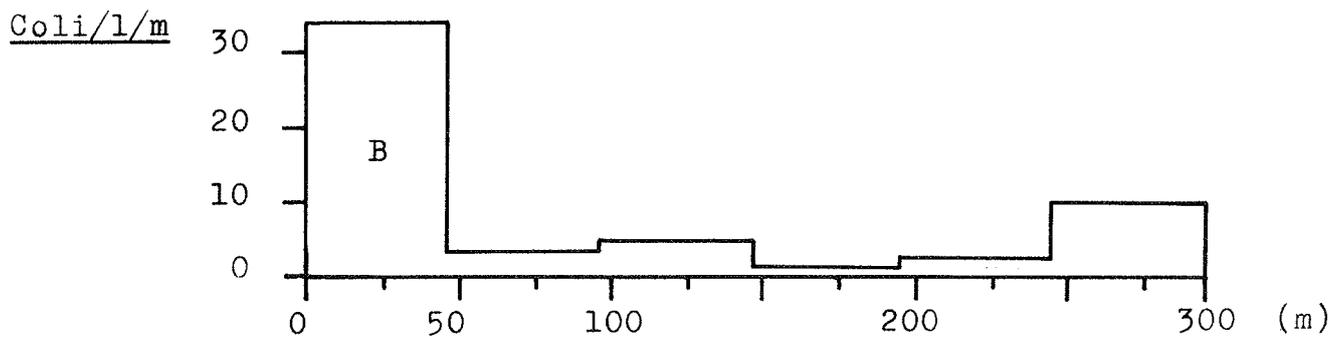
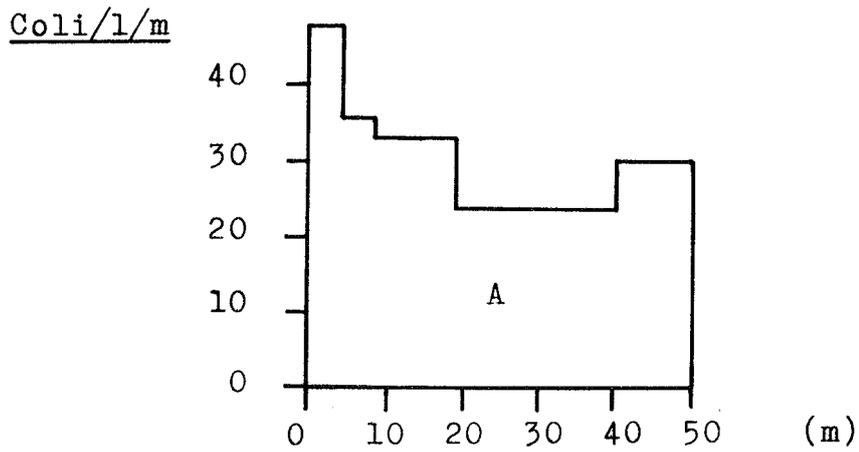


Figure 6 Répartition des coliformes suivant la
profondeur (moyennes mensuelles de 1970)
aux points SHL 1 et SHL 2 .



Amplitudes moyennes des variations du nombre de coliformes/l. en fonction de la profondeur.

A : de 0 à 50 m. B : de 0 à 300 m.

figure No 7

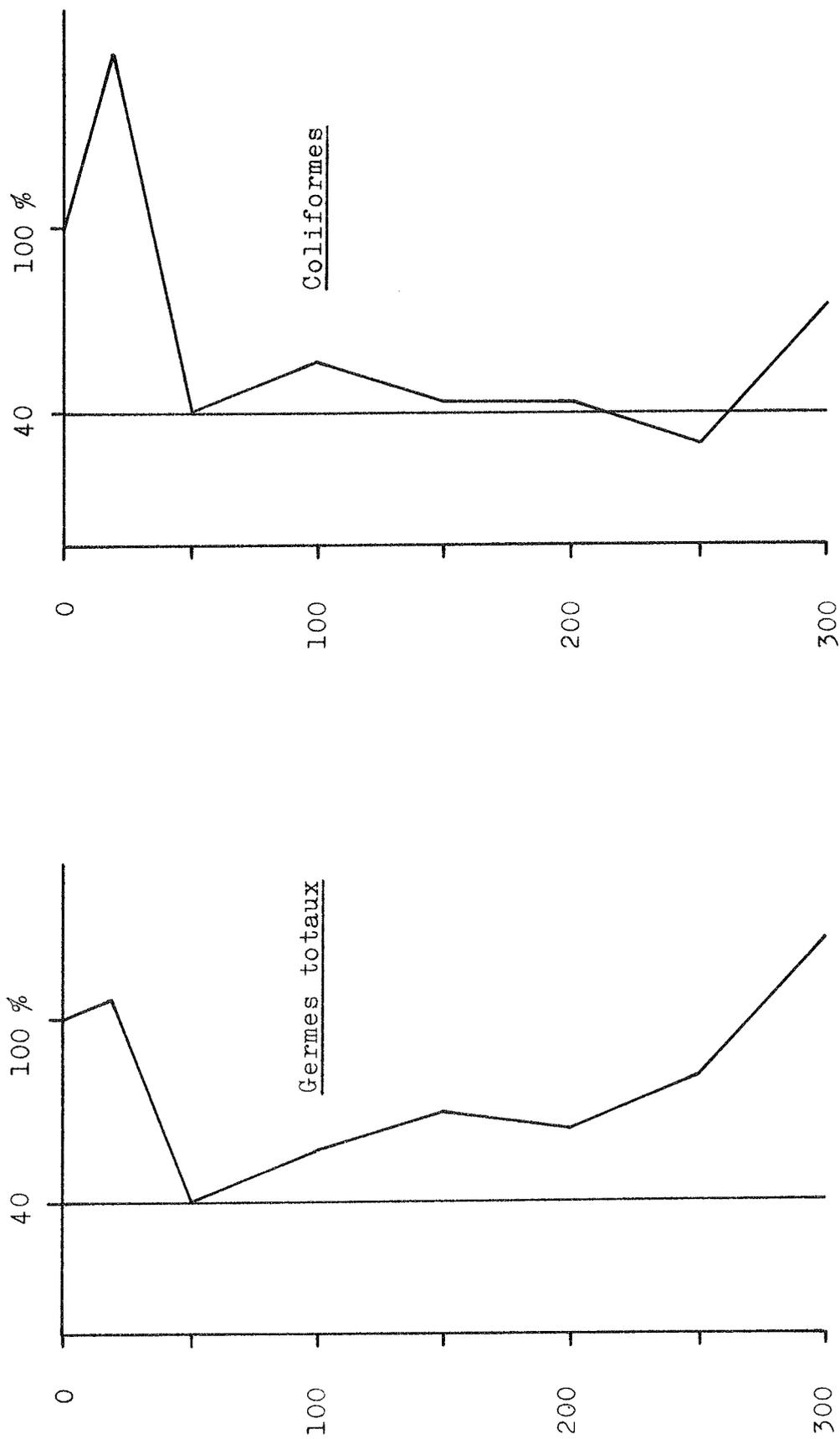


Figure 8 Variations du nombre de germes et de coliformes en fonction de la profondeur au point SHL 2 en pourcent de la concentration de surface .

ETUDE DU LAC LEMAN

