

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	7
1. METEOROLOGIE	9
1. Température de l'air	10
2. Pluviométrie	10
3. Insolation	10
4. Rayonnement	10
5. Homogénéisation totale du lac	11
6. Conclusions	11
2. EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN	15
1. Préambule	15
2. Conditions de prélèvement des échantillons	16
3. Le régime thermique des eaux	16
4. Le régime de l'oxygène	18
5. Les composés de l'azote	22
6. Evolution du phosphore	29
7. Le carbone organique total	33
8. La silice	34
9. Les chlorures	35
10. Autres déterminations	36
11. Conclusions	38
3. EVOLUTION DU PLANCTON DANS LE LEMAN	41
1. Introduction	41
2. Méthodes	41
2.1 Phytoplancton	41
2.2 Transparence	42
2.3 Chlorophylle et production primaire	42
2.4 Zooplancton	42
3. Phytoplancton	42
3.1 Fréquence des espèces	42
3.2 Variations des principaux groupes	43
3.3 Variations quantitatives (biomasse)	44
4. Transparence	48
5. Chlorophylle et production primaire	49
5.1 Variations saisonnières	49
5.2 Production annuelle	50
6. Zooplancton	51
6.1 Biovolume sédimenté	51
6.2 Rotifères	51
6.3 Entomostracés	54
6.4 Remarques générales sur le zooplancton en 1984	58
7. Interrelations entre certains paramètres physiques, chimiques et biologiques du Léman en 1984	59
7.1 Température et éclaircissement	59
7.2 Transparence	59
7.3 Oxygène dissous et pH	59

7.4	Nitrates, nitrites et azote ammoniacal	59
7.5	Orthophosphates	60
7.6	Relations phytoplancton - zooplancton	60
8.	Conclusions	62
4.	ETUDE DES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES	63
1.	Introduction	63
2.	Echantillonnage	64
3.	Méthodes analytiques	64
4.	Résultats	65
5.	Discussion des résultats	65
5.	RECHERCHE DE METAUX DANS L'EAU DU LEMAN	75
6.	EVOLUTION DU PHOSPHORE DANS L'EAU INTERSTITIELLE ET DANS LES SEDIMENTS, CHRONOLOGIE DE LA POLLUTION MERCURIELLE	81
1.	Introduction	81
2.	Matériel et méthodes	82
3.	Résultats et discussion	84
3.1	Datation et taux de sédimentation	84
3.2	Chronologie et évolution de la contamination en mercure	84
3.3	Formes du phosphore particulaire dans le sédiment	84
3.4	Evaluation du stock de phosphore dans les sédiments	88
3.5	Phosphore dans l'eau interstitielle	88
3.6	Flux de phosphore à l'interface	91
4.	Conclusions	95
7.	ETUDE DES AFFLUENTS DU LEMAN ET DE SON EMISSAIRE	97
1.	Généralités	97
2.	Débits des affluents et de l'émissaire	98
3.	Apports annuels et composition de l'eau des affluents	99
3.1	Azote minéral et organique	99
3.2	Phosphore soluble et phosphore total	104
3.3	Chlorures	107
3.4	Potassium	108
3.5	Carbone organique	109
3.6	Silice	109
3.7	Sulfates	110
3.8	Calcium	111
3.9	Magnésium	111
3.10	Sodium	111
3.11	Cuivre, zinc et plomb	111
4.	Conclusions	112
8.	CONTROLES DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION	113
1.	Nombre et fréquence des contrôles	113
2.	Respect des normes de rejet et de rendement d'épuration	113
3.	Flux de pollution et apports au Léman	114
4.	Charge quotidienne par habitant	117
5.	Conclusions	118

9.	ETUDE DES POLLUTIONS D'ORIGINE DIFFUSE DU BASSIN VERSANT LEMANIQUE	143
1.	Introduction	143
2.	Rapport sur le contenu de l'étude	145
3.	Résultats obtenus sur le bassin du Redon	147
4.	Conclusions provisoires	159
10.	METAUX LOURDS DANS LES SEDIMENTS DES AFFLUENTS DU LEMAN	161
-	Introduction générale	161
1.	Le Rhône amont et ses affluents	162
2.	L'Eau Froide et le Grand Canal	173
3.	La Venoge	176
4.	La Chamberonne (la Mèbre et la Sorge)	180
11.	ANALYSES COMPARATIVES INTERLABORATOIRES	183
12.	MODELISATION DU CYCLE DU PHOSPHORE DANS LE LEMAN	207
1.	But de la modélisation	207
2.	Types de modèles disponibles	207
3.	Application de modèles existants	209
3.1	Modèles "Statistiques"	209
3.2	Modèles basés sur les bilans	217
4.	Conclusions	225
-	Annexes	229
13.	CONCLUSIONS GENERALES	235
14.	LISTE DES AUTEURS RESPONSABLES DES RAPPORTS	237

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

En prolongement de la publication de la remarquable synthèse des analyses et études réalisées à propos du Léman depuis 1957, les rapports scientifiques de cet ouvrage traitent des résultats des examens physico-chimiques et biologiques effectués tant sur le lac Léman que sur son bassin versant durant l'année 1984.

Aux rapports spécifiques usuels, ont été adjoints, cette année, deux textes offrant pour leur thème une vision globale :

- . du cycle du phosphore dans le lac grâce à l'étude effectuée par H.P. FAHRNI et F. RAPIN consacrée à la modélisation de ce cycle dans le Léman. Ce texte s'inscrit dans le cadre des thèmes d'études prévues au programme quinquennal 1981 - 1985 et réaffirmés dans le programme 1986 - 1990 en cours d'élaboration : analyser les phénomènes de transfert de ce polluant majeur pour le lac que constitue le phosphore,
- . du contexte météorologique de l'année écoulée : rapport de A. ORAND.

D'autre part, dans un souhait d'une vision plus synthétique du système lémanique, tous les rapports consacrés aux examens biologiques des eaux du lac ont été regroupés sous la plume de G. BALVAY, J.C. DRUART, J. PELLETIER et R. REVACLIER.

Il faut noter également le louable effort de synthèse effectué par les chercheurs qui offrent pour la première fois aux lecteurs une conclusion où ils essaient d'intégrer l'ensemble des données des observations de l'année.

Les autres rapports peuvent se répartir entre ceux ayant trait au lac et ceux consacrés au bassin versant.

De la première catégorie relèvent :

- . l'analyse de l'évolution physico-chimique des eaux du lac traitée par R. MONOD,
- . l'étude des micropolluants contenus dans le Léman, de W. GIGER, ou celle traitant des métaux lourds analysés par Cl. CORVI,
- . un rapport intéressant de F. RAPIN et al. qui s'attache à évaluer le stock et le relargage du phosphore contenu dans l'eau interstitielle des sédiments.

De la deuxième catégorie, sont à signaler :

- . l'évaluation des apports par les affluents par A. ORAND et le panorama des contrôles et de la situation en stations d'épuration par L. THELIN,
- . l'étude des métaux lourds piégés dans les sédiments du Rhône (et de ses affluents), de l'Eau Froide, du Grand Canal, de la Venoge et de la Chamberonne, par F. RAPIN et J.P. VERNET,
- . les premiers résultats issus du programme "Pollution d'origine diffuse" et provenant du sous-bassin opérationnel du Redon (Chablais) rassemblés et commentés par P. BALLAND et al.

1984 semble avoir été une année de continuité depuis 1982, années caractérisées par un stock de phosphore total stable dans le lac, mais malheureusement encore trop élevé. A l'inverse, ces années bénéficient d'hivers souvent froids provoquant des brassages complets des eaux, utiles à l'écosystème lémanique.

Cette année a été marquée par un contexte météorologique globalement moyen quant aux températures et à la pluviométrie enregistrées aux stations riveraines du lac. L'examen du détail de cette période montre cependant un déroulement moins équilibré. Un déficit hydrique constaté au début de l'année ne fut comblé qu'en fin d'année. Le basculement hydrodynamique de mars s'explique d'autre part par les basses températures et le violent vent persistant de mi-février à mi-mars.

Se démarquant de la moyenne, l'hydraulicité des principaux affluents a été nettement plus réduite que les années précédentes ce qui est susceptible d'expliquer pour partie les apports moins importants au lac en phosphore (que ce soit sous forme soluble ou totale) mais laisse inexplicite l'augmentation des apports en azote.

L'évaluation des apports a été complétée et précisée par ceux issus des stations d'épuration dont le parc s'est agrandi à nouveau en 1984, notamment par les ouvrages de Morzine (bassin du Léman) et Chamonix (bassin de l'Arve). Les apports en phosphore total des six principales stations se rejetant directement au lac ont légèrement augmenté en 1984 pour se retrouver au niveau de 1982 alors que les apports au milieu provenant de l'ensemble des stations du bassin lémanique ont à nouveau diminué pour se placer à 170 tonnes de phosphore total.

Toutefois, cette tendance n'est pas significative car la représentativité des contrôles n'est pas satisfaisante pour au moins 23 % de la capacité (surtout en Valais, Haute-Savoie, Ain).

Par ailleurs, 25 % des habitants ne sont encore pas raccordés à une station.

L'analyse des flux entrants dans les stations montre nettement que, pour la grande majorité des réseaux, la charge hydraulique par habitant est trop forte - trahissant la présence d'eaux parasites - et la charge organique (tant en DBO₅ qu'en phosphore total) est trop faible - trahissant des mauvais raccordements et des fuites dans le réseau.

De ce fait, la mise en oeuvre de stations nouvelles n'apparaît pas comme la plus urgente des priorités, mais bien plutôt le raccordement des populations qu'il convient de poursuivre ainsi que l'aménagement des réseaux de collecte qu'il convient de promouvoir (études, diagnostic...).

Dans le cadre du programme "Pollutions d'origine diffuse", les premiers résultats du petit bassin versant du Redon, situé dans le Chablais français, ont le mérite d'inaugurer une série de résultats qui donneront lieu à de nombreux commentaires dans les années futures. Il est cependant difficile de retirer d'ores et déjà une conclusion définitive des essais de bilan d'exportation en phosphore. Peut-on ainsi poser comme une certitude absolue que l'origine du phosphore est équitablement répartie entre les apports ménagers et provenant des élevages concentrés et ceux issus des sols ?

Réceptacle de l'ensemble de ces apports, le lac a fait preuve en 1984 d'une bonne tenue pour ses paramètres tant physico-chimiques que biologiques. Bénéficiant d'une recirculation complète entre le 12 et le 19 mars, le régime de l'oxygène est globalement satisfaisant. Le stock annuel s'est accru de 3 % et, surtout, la concentration en oxygène au fond est rarement tombée à un niveau critique. Cette situation favorable a ainsi limité au maximum les phénomènes redoutés du relargage du phosphore venant des sédiments. A noter que les concentrations en chlorures, quoique loin d'être alarmantes, sont toujours sur la courbe ascendante enregistrée depuis les années 1970.

Les examens du plancton confirment l'état physico-chimique du lac modulé toutefois avec les variations saisonnières spécifiques aux processus biologiques. A noter que la biomasse phytoplanctonique annuelle a fortement augmenté en 1984 du fait du développement considérable en septembre d'une dinophycée usuellement majoritaire dans le lac mais qui a atteint des valeurs moyennes assez rarement rencontrées, dues peut-être aux bonnes conditions climatiques de cette période.

Au demeurant, les rapports consacrés aux métaux lourds et aux micropolluants organiques dans les eaux du lac sont venus confirmer les notes optimistes, les concentrations étant largement inférieures aux normes usuelles.

Dans l'ensemble on note une diminution des concentrations polymétalliques dans les sédiments des différents canaux et rivières, à l'exception de certaines zones en aval d'usines d'incinération. Les teneurs en mercure dans les sédiments du Rhône se sont stabilisées; elles sont toutefois encore trop élevées. Les carottes de sédiments prélevées dans le lac montrent les pollutions historiques en mercure des années 1920/1940 et du début des années 1970. Par contre, les couches les plus récentes ne semblent pas avoir été contaminées lors des problèmes récents de mercure dans le Haut-Rhône.

1984 aura donc été une de ces années médiocres où il est difficile de déceler un frémissement d'amélioration, où il est tout aussi délicat de supputer une dégradation du milieu lacustre.

Le phosphore reste le problème primordial du lac. La tentative de modélisation actuellement en cours de réalisation vient opportunément donner un cadre de réflexion aux objectifs à assigner à une gestion patrimoniale du système lémanique. La réduction de toutes les sources en phosphore doit être absolument recherchée. Telle est la conclusion explicite de ce travail. La situation actuelle ne peut être considérée comme satisfaisante. Malgré tous les efforts réalisés, notamment en matière d'épuration des eaux usées, d'autres moyens pour réduire les apports en phosphore doivent être recherchés, proposés et mis en application.

Le Président de la Sous-commission technique :

J. MAYNADIE

CONCLUSIONS GENERALES

CAMPAGNE 1984

Au point de vue des apports au lac, l'année 1984 est caractérisée par :

- des apports hydrauliques inférieurs d'environ 20 % par rapport aux années précédentes;
- une hausse des apports en azote minéral et organique et une baisse des apports en phosphore. Cette baisse est partiellement due au déficit hydraulique et aux faibles crues de cette année qui ont limité l'érosion.

A ce sujet, on notera qu'en 1984 le bilan des apports et exportation en phosphore total se présente comme suit :

- apports par les quatre affluents principaux	597 tonnes
- apports par les affluents secondaires (estimation à partir d'une régression entre les valeurs de ces affluents et celles de l'Aubonne + Venoge en 1972-1980)	120 tonnes
- apports par les stations d'épuration rejetant directement au lac	88 tonnes
- apports atmosphériques (moyenne des charges depuis 1977)	<u>60 tonnes</u>
- total des apports externes	865 tonnes
- exportation par l'émissaire	<u>440 tonnes</u>
- Solde du bilan	425 tonnes
	=====

Le stock de phosphore total dans le Grand Lac est stable depuis 1982 (6'550 ± 100 tonnes);

- une augmentation des chlorures et cela malgré le fléchissement des débits. Les apports ont augmenté d'environ 20 % depuis 1981. Pour cet élément conservatif, on ne remarque pas de liaison entre les apports et le bilan hydraulique de l'année, ce qui laisse supposer que l'augmentation n'est pas liée au lessivage des sols;
- une diminution des apports en cuivre et en plomb par le Rhône (seule rivière étudiée pour les métaux lourds dans l'eau), mais par contre une nette augmentation des apports en zinc qui ont été multipliés par 2.5 depuis 1981;
- une stabilisation de la teneur en mercure dans les sédiments du Rhône et en général une diminution des contaminations polymétalliques dans les sédiments des canaux et rivières de la plaine du Rhône;
- des problèmes liés à des rejets ponctuels, par exemple usines d'incinération et autres, provoquent de fortes contaminations polymétalliques.

Le rapport sur le fonctionnement des stations d'épuration met en évidence les problèmes suivants :

- Pour un certain nombre de stations (22,3 % de la capacité), la fréquence des contrôles est encore très insuffisante et ne correspond pas aux recommandations de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. En plus, 0,7 % de la capacité n'a jamais été contrôlée.

Un effort particulier doit être fait pour améliorer la qualité des réseaux en raccordant les eaux usées (voir charge en DBO souvent trop faible) et en éliminant les eaux parasites (charge hydraulique trop forte).

L'année 1984 a été marquée dans le lac par une nouvelle circulation totale des eaux, qui s'était déjà produite en 1979 et 1981. Remarquons également que ce phénomène s'est à nouveau passé cette année (1985).

Nous bénéficions donc ces dernières années de conditions climatiques très favorables, ainsi les eaux du fond du lac ont pu être réoxygénées très fréquemment. Ce phénomène est favorisé ces dernières années par une augmentation générale de la température des eaux du fond (environ 0.1 °C par année) qui rend le brassage plus facile.

Cependant, on constate actuellement qu'après un brassage complet des eaux à la fin de l'hiver, la teneur en oxygène au fond du lac à l'automne suivant est déjà égale ou inférieure à 4 mg/l. Or, les études sur la régénération du phosphore des sédiments ont montré qu'il ne faudrait pas descendre en dessous de 5 mg/l d'oxygène dans les eaux du fond pour limiter sa remobilisation.

La situation très favorable du régime général de l'oxygène de ces dernières années pourrait donc se dégrader très rapidement si la période entre deux brassages complets dépassait deux à trois ans.

Par rapport aux années précédentes, la teneur en phosphore dans le lac s'est stabilisée.

Par contre, le stock d'azote total continue de progresser, cette augmentation est d'environ 17 % par rapport à 1980.

Les chlorures sont toujours en hausse. (+ 15'000 tonnes).

En conclusion, on ne note pas en 1984 d'amélioration, tant au point de vue chimique que biologique de l'état du lac.