

S O M M A I R E

RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES	5
1. METEOROLOGIE	11
1. Introduction	12
2. Température de l'air	13
3. Pluviométrie	15
4. Insolation	16
5. Rayonnement	18
6. Vent	19
7. Conclusions	
2. EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LEMAN	21
1. Méthodes	21
2. Régime thermique	22
3. Evolution saisonnière des couches superficielles	23
4. Evolution saisonnière dans les couches profondes	31
5. Evolution interannuelle des principaux éléments	36
6. Conclusions	42
3. RECHERCHE DE METAUX DANS L'EAU DU LEMAN	43
1. Introduction	43
2. Echantillonnage	43
3. Principe des méthodes analytiques	43
4. Résultats	44
5. Conclusions	44
4. EVOLUTION DU PLANCTON DU LEMAN	47
1. Introduction	47
2. Méthodes	48
3. Phytoplancton	48
4. Chlorophylle	55
5. Production primaire	58
6. Zooplancton	61
7. Conclusions	68
5. LE BACTERIOPLANCTON	69
1. Introduction	69
2. Méthodes	70
3. Résultats : évolution saisonnière et répartition annuelle	70
4. Conclusions : état trophique du lac d'après le compartiment bactérien	75
6. ETUDE DES AFFLUENTS DU LEMAN ET DE SON EMISSAIRE	77
1. Généralités	77
2. Débits des affluents et de l'émissaire	78
3. Apports annuels et composition de l'eau des affluents	79
4. Conclusions	90

7.	FLUX PARTICULAIRE DE QUELQUES NUTRIMENTS ET METAUX DANS LES SUSPENSIONS DU RHONE A LA PORTE DU SCEX	91
	1. Introduction	91
	2. Méthodologie	92
	3. Résultats	94
	4. Conclusions	96
8.	CONTROLES DES REJETS DES STATIONS D'EPURATION	97
	1. Introduction	97
	2. Population raccordée, capacité des stations d'épuration et fréquence des contrôles par bassin versant	98
	3. Normes de rejet et rendement d'épuration, résultats par bassin versant	102
	4. Flux de pollution et apports au Léman par les stations d'épuration et leurs réseaux	106
	5. Charges quotidienne par habitant	109
	6. Evolution des charges d'entrée aux STEP en phosphore suite à l'interdiction de cet élément dans les produits de lavage textiles en Suisse	110
	7. Conclusions	111
9.	APPORTS POLLUANTS AU LAC LEMAN EN PROVENANCE DES DEVERSOIRS D'ORAGE	119
	Première partie : Etude réalisée sur les réseaux d'assainissement de Thonon-Evian (Haute-Savoie)	
	1. Introduction	119
	2. Méthodologie des résultats	120
	3. Synthèse de l'étude diagnostique des réseaux d'assainissement	131
	4. Conclusions	133
10.	METAUX LOURDS DANS LES SEDIMENTS DES RIVIERES DU BASSIN SUISSE DU RHONE	135
	1. Introduction	135
	2. Méthodologie	135
	3. Le Rhône amont	136
	4. Autres affluents du Léman, Rhône aval et ses affluents	142
11.	ANALYSES COMPARATIVES INTERLABORATOIRES	149
	1. Analyses comparatives d'eau	149
	2. Analyses comparatives de métaux lourds	161
	3. Conclusions	162
	LISTE DES AUTEURS	169

RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES

Campagne 1986

par

GRUPE DE TRAVAIL PROGRAMME QUINQUENNAL ET RAPPORTS

Deux faits climatiques ont influencé le Léman pendant toute l'année 1986 :

- les froids de février avec une température moyenne de l'air pendant ce mois en baisse de 4.2 °C, suivis de vents forts aux mois de mars et avril,
- les vents faibles au mois de mai avec une température de l'air bien supérieure à la normale ont provoqué une élévation exceptionnelle pour cette saison de la température de l'eau de la couche superficielle du lac.

EVOLUTION DU LAC EN 1986 (figure 1)

L'hiver rigoureux et les vents forts ont permis d'homogénéiser thermiquement les eaux et de brasser presque totalement la masse d'eau du lac au début 1986. Ce phénomène qui se reproduit pour la troisième année consécutive a permis d'assurer une très bonne oxygénation des couches profondes. Toutefois, l'homogénéité chimique n'a pas été parfaite pour tous les éléments.

La température très élevée de l'eau au mois de mai (18.1 °C en surface le 20 mai 1986) a eu pour conséquence une activité biologique très intense, cependant limitée aux couches les plus superficielles du lac. La transparence était alors de 1.5 mètres; c'est la plus faible valeur mesurée jusqu'à ce jour au centre du lac (SHL 2). Cette activité biologique a provoqué dans la zone superficielle une sur-oxygénation des eaux (taux de saturation : 200.8 % !), une consommation quasi totale des nitrates et des phosphates et une précipitation très importante de carbonate de calcium.

Cette importante "floraison" algale est due à une petite espèce appelée chlorelle (*Chlorella vulgaris*, nanoplancton d'un diamètre d'environ 3 micromètres) affectionnant les eaux relativement chaudes.

Pendant le mois de juin, à l'époque des "eaux claires", où le zooplancton se développe fortement en broutant le phytoplancton, il n'y a pas eu dominance cette année des daphnies mais plutôt d'un autre crustacé de petite taille appelé bosmine (*Bosmina longispina*). Le développement de cette espèce a provoqué un retard dans l'apparition des daphnies.

La production primaire annuelle mesurée en 1986 (279 g C/m².an) dépasse largement les valeurs des années antérieures. Les biomasses du phytoplancton, exprimées en chlorophylle ou en poids de matière fraîche, sont cependant modérées et ont été largement dépassées certaines années. Cela s'explique par le fait que la biomasse est constituée en 1986 essentiellement d'espèces nanoplanctoniques (en particulier de petites chlorophycées-chlorelles - et de cryptophycées nanoflagellées) qui très exceptionnellement cette année se maintiennent en été et en automne, alors que les années précédentes les algues nanoplanctoniques, dominantes au printemps, laissaient ensuite la place à des espèces de grande taille. Or, il est reconnu que les espèces nanoplanctoniques ont un métabolisme intense et des taux de croissance élevés. C'est la raison pour laquelle la production primaire, déjà importante au printemps, s'est maintenue en été et en automne à un niveau élevé.

Les abondances et biomasses des bactéries planctoniques (bactérioplancton) sur l'ensemble de l'année 1986 et sur toute la colonne d'eau situent le lac Léman à la limite entre les lacs mésoeutrophes et eutrophes d'après la classification du PBI (Programme Biologique International). Le degré trophique du lac, d'après le bactérioplancton, est similaire à celui du Lac Majeur mais inférieur à celui du lac de Constance.

Le renouvellement très rapide de la biomasse phytoplanctonique a permis une nette augmentation de la biomasse du zooplancton en 1986, après une période continue de décroissance de 1981 à 1985.

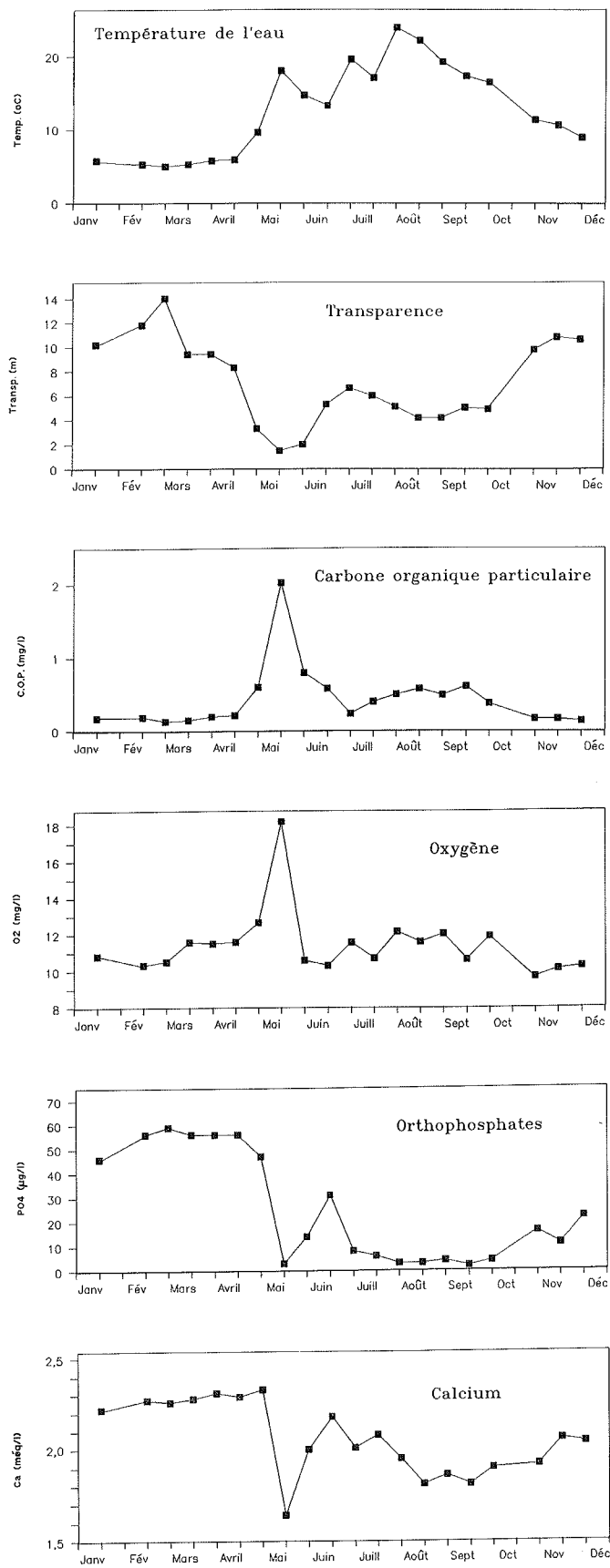


FIGURE 1 : VARIATIONS DE DIVERS PARAMETRES DANS LES COUCHES D'EAU SUPERFICIELLES DU LEMAN EN 1986

Le plancton de petite taille se sédimentant très lentement, la minéralisation de cette matière organique s'effectue donc dans les zones superficielles du lac. Ceci a pour effet de diminuer la consommation de l'oxygène dissous dans les couches les plus profondes. Cette minéralisation en surface peut expliquer les faibles valeurs de la biomasse et de l'activité bactériennes constatées dans les zones inférieures du lac et la baisse des teneurs en azote ammoniacal en 1986, à l'exception de la couche 0-10 mètres.

La conjugaison des conditions climatiques hivernales très favorables de ces dernières années et de la faible consommation d'oxygène dans les couches profondes pour la minéralisation de la matière organique fait que la situation de l'oxygène au fond du lac est satisfaisante en 1986 et ainsi limite la régénération du phosphore à partir des sédiments. On relève également près du fond des teneurs en manganèse très faibles cette année.

EVOLUTION DES APPORTS AU LAC EN 1986 (figure 2)

Les apports hydrauliques (229 m³/s) sont en légère augmentation par rapport à 1985 (+ 10 %).

Pour l'azote minéral total, on note une augmentation de 10 % depuis l'année dernière, mais on reste au niveau de la moyenne de ces dernières années. Cette augmentation provient surtout de l'azote ammoniacal, lequel a pratiquement doublé de 1985 à 1986 surtout dans le Rhône amont. L'augmentation est surtout sensible pendant les mois d'hiver.

Il faut relever les concentrations en azote minéral total toujours très fortes dans la Venoge (2.6 fois la concentration de l'Aubonne, 6.0 fois celle du Rhône et 7.3 fois celle de la Dranse).

Les apports en phosphore total sont en nette augmentation (+ 44 % par rapport à 1985), alors que ceux d'orthophosphates (forme dissoute) sont en diminution (- 12 % rapport à 1985 et - 23 % par rapport à 1984). L'augmentation du phosphore total est donc uniquement due au phosphore particulaire. Pour le Rhône, 323 tonnes supplémentaires ont été charriées pendant le seul mois d'août. Ce phosphore particulaire est probablement d'origine érosive, le mois d'août ayant été beaucoup plus pluvieux que la normale dans la vallée du Rhône. A cette période, seul 4.3 % du phosphore particulaire se trouve sous une forme potentiellement disponible. Pour la Dranse, 19 tonnes supplémentaires ont été apportées pendant le mois d'octobre et proviennent de la vidange du barrage du Jotty qui a eu lieu au début de ce mois. Le bilan des apports en phosphore pendant l'année 1986 se présente comme suit :

- apports par les quatre affluents principaux (Rhône + Dranse + Aubonne + Venoge)	1'181 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)	96 tonnes
- apports par les stations d'épuration rejetant leurs eaux directement au lac ou dans des rivières non prises en compte	80 tonnes
- déversoirs d'orage directs au lac ou dans des rivières non prises en compte *	80 tonnes
- apports atmosphériques (moyenne des charges depuis 1977)	60 tonnes
	1'497 tonnes

Pour le Rhône à la Porte du Scex, les résultats montrent qu'en moyenne annuelle seul 5.8 % du phosphore particulaire est sous forme facilement disponible et mettent en évidence l'origine liée à l'activité humaine de cette forme disponible de phosphore. Le phosphore particulaire représente environ le 90 % du phosphore total.

Pour les chlorures, on assiste à une hausse très nette de 18 % des apports par rapport à 1985. Toutes les concentrations annuelles moyennes pondérées sont en hausse, avec un maximum pour la Venoge (19.8 mg Cl/l). Pour le Rhône amont, on relève une bonne concordance entre les fortes teneurs en chlorures et en azote ammoniacal.

* En tenant compte des premiers résultats des études sur les déversoirs d'orage

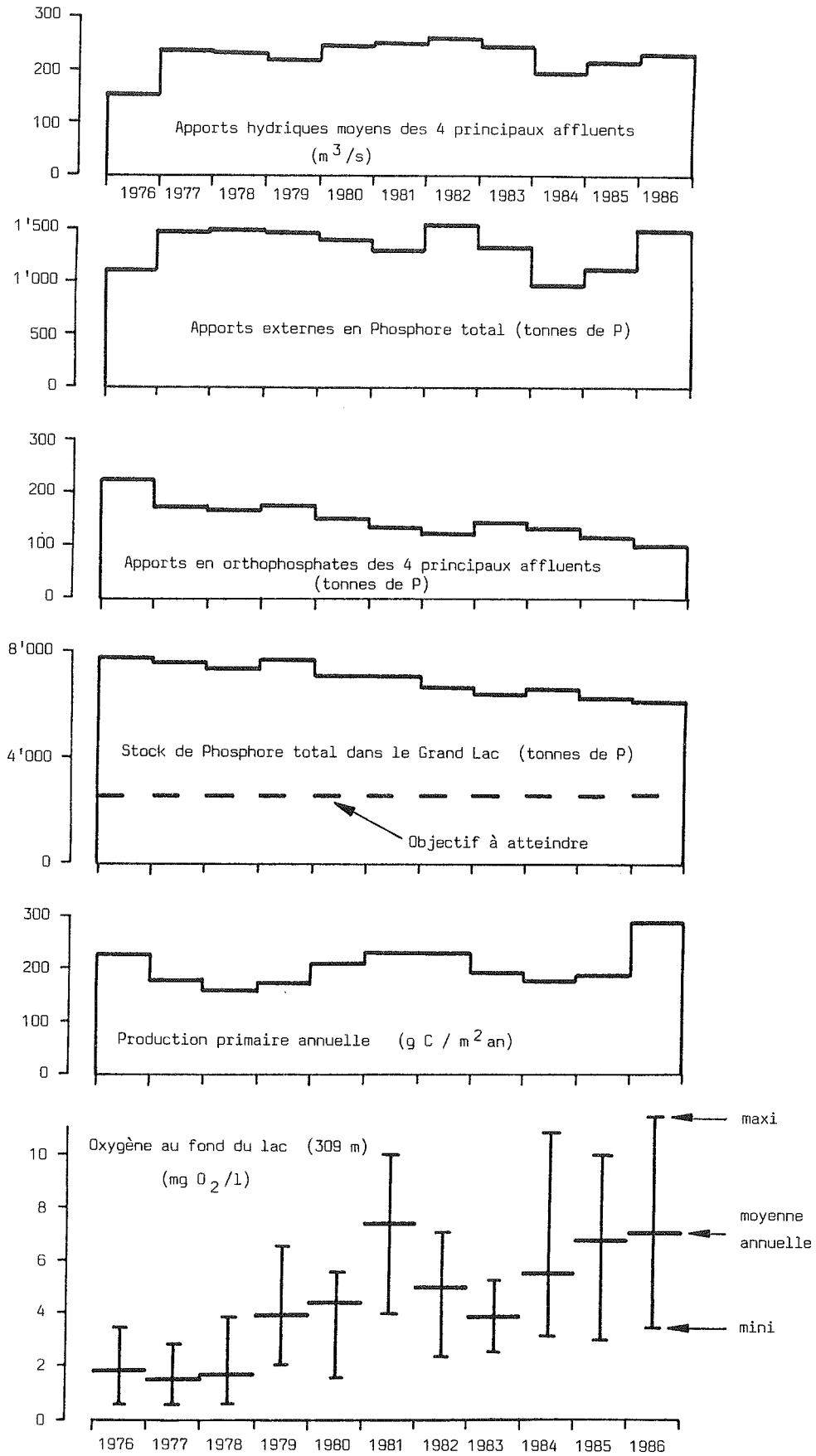


FIGURE 2 : EVOLUTION DE QUELQUES PARAMETRES DANS LE LEMAN (1976-1986)

- On constate une diminution très nette des apports en mercure dans le Rhône amont. La concentration moyenne dans les sédiments de ce fleuve a diminué de moitié depuis 1985.
- En ce qui concerne la Venoge, la situation ne s'est pas améliorée dans l'ensemble des sites étudiés. La contamination des sédiments par les métaux semble même s'aggraver en aval des rejets de l'usine d'incinération de Penthaz.
- Les autres rivières du bassin lémanique présentent des teneurs en métaux lourds proches de celles de 1982. Il convient cependant de souligner que les teneurs en cadmium relevées dans l'Arve et surtout dans le Rhône aval en dessous de Vernier mériteraient que l'étude de ces rivières importantes soit mieux suivie.

EVOLUTION INTERANNUELLE DES PRINCIPAUX ELEMENTS DANS LE LAC (figure 2)

- Les brassages successifs complets des eaux de ces dernières années font que le régime de l'oxygène est très favorable. Une situation critique avec moins de 4 mg d'oxygène par litre n'a été observée en 1986 que quelques semaines au niveau le plus profond du lac (minimum mesuré : 3.50 mg O₂/l). Il faut cependant relever que les premiers prélèvements effectués en 1987 montrent que le brassage complet des eaux ne s'est pas réalisé pendant l'hiver 1986-1987. Il faut donc s'attendre à des concentrations en oxygène, dans les zones profondes, nettement moins bonnes en 1987.
- L'évolution des stocks dans le lac est marquée par la confirmation de la baisse du phosphore total (- 1'600 tonnes depuis 1979), le stock actuel étant de 6'150 tonnes dans le Grand Lac. Il ne fait aucun doute que ces diminutions sont en relation avec les mesures d'assainissement prises jusqu'à maintenant, notamment la déphosphatation des eaux usées dans les stations d'épuration, où près de 700 tonnes de phosphore sont retenues chaque année. Il est clair que si l'on veut un retour à un meilleur état du lac, état qui se rapproche de la situation du début des années 1960, il faut encore diminuer le stock de phosphore de moitié.
- L'azote total et l'azote nitrique semblent atteindre un palier avec 61'500 tonnes de N total et 47'160 tonnes d'azote nitrique. Les variations étant très minimes, il est difficile d'estimer une tendance pour l'évolution future.
- La concentration en chlorures continue à s'élever. Elle atteint en 1986 la moyenne annuelle de 5.3 mg/l. En 1971, la concentration moyenne était de 2.8 mg/l. Il faut toutefois nuancer ces résultats. Cet élément étant conservatif (élément restant à l'état dissous et ne participant pas à l'activité biologique), les concentrations dans le lac vont augmenter jusqu'à ce qu'elles soient égales à la concentration moyenne de l'ensemble des apports. L'équilibre sera ainsi atteint. En 1986, la concentration moyenne de tous les apports, en tenant compte, notamment des rejets des stations d'épuration, est d'environ 7 mg/l. Donc les teneurs dans le lac vont augmenter jusqu'à cette valeur, pour ensuite se stabiliser, pour autant que les apports restent stables; ce qui ne semble pas être le cas cette année.
- La production primaire annuelle, qui traduit la vitesse de formation de la matière organique (renouvellement + accroissement éventuel de la biomasse phytoplanctonique), mesurée en 1986 est la plus élevée constatée jusqu'à ce jour au centre du lac. L'évolution de cette production ne suit pas du tout la diminution des concentrations en phosphore. Avec la teneur actuelle en phosphore dans ses eaux, le Léman est susceptible, dans certaines conditions climatiques favorables pour la croissance du plancton, de se comporter comme un lac très eutrophe.

FONCTIONNEMENT DES STATIONS D'EPURATION (STEP) ET DE LEURS RESEAUX

- En 1986, 3 nouvelles stations d'épuration ont été mises en service. Pour l'ensemble du bassin (Léman + Rhône aval) il y a 183 stations et la population raccordée atteint environ 1'734'000 habitants.
- Sur les 134 stations du bassin hydrographique du Léman, 96 sont équipées pour pratiquer la déphosphatation. Ces stations traitent les eaux d'une population d'environ 1'140'000 habitants.
- Le nombre de stations contrôlées selon les recommandations de la Commission internationale (minimum de quatre contrôles pendant 24 heures, par an) est de 117 et représente le 83 % de la capacité totale des stations. Cette proportion est en hausse par rapport à 1985.

- Les quantités rejetées après traitement sont stables par rapport à 1985 pour les matières organiques. Pour le phosphore, les charges déversées après traitement sont en baisse de 22 %. La mise en place d'une réglementation visant à interdire cet élément dans les produits de lessive mis en vente dans les cantons suisses, à partir du 1er juillet 1986, peut expliquer cette diminution. En effet, cette mesure a conduit à réduire de 35 à 40 % les charges d'entrée en phosphore dans les STEP de la partie suisse du bassin lémanique, alors que ces mêmes charges sont restées stables dans les STEP des départements français.
- Pour la matière organique mesurée par la DBO₅ (demande biochimique en oxygène) on constate, pour l'ensemble du bassin, que la concentration inférieure à 20 mg O₂/l dans les eaux déversées après traitement n'est respectée que pour 52.5 % de la population raccordée et le rendement de 85 % pour 51 % de la population.
- Pour le bassin hydrographique du Léman, les rendements de déphosphatation dans les stations d'épuration sont supérieurs à 80 % pour l'équivalent de 72 % de la population raccordée. La limite de 1 mg de phosphore par litre à la sortie des STEP n'est respectée que pour l'équivalent de 54.5 % de la population raccordée.
- L'effort au stade de l'épuration doit porter prioritairement sur :
 - l'élimination des eaux claires parasites arrivant aux stations d'épuration par la mise des réseaux en séparatifs, ce qui permettra de meilleurs rendements des STEP (temps de passage et de traitement des eaux optimum) et la suppression des déversements par les déversoirs d'orage,
 - la mise en service de la déphosphatation dans toutes les stations déversant dans le bassin lémanique,
 - le contrôle permanent de l'efficacité des stations et plus particulièrement de la déphosphatation.
- Il faut promouvoir l'approche du contrôle du rendement des stations d'épuration par des bilans des boues retenues. Actuellement, nous n'avons presque aucune information sur la qualité, la quantité et la destination de ces boues. Les bilans de boues permettent une meilleure représentation annuelle du fonctionnement des stations et mettent en évidence des problèmes ponctuels qui n'apparaissent par forcément lors des quatre contrôles sur 24 heures.
- Des dispositions impératives de planification devraient être prises avant d'entreprendre des réparations ou des transformations d'installations afin que les temps de non-fonctionnement des stations soient les plus courts possibles.

CONCLUSIONS

Une forte prépondérance des algues de très petites tailles (nanoplancton) tout au long de l'année, avec pour corollaire une production primaire très élevée en dépit d'une biomasse algale globale plutôt modérée mais fortement concentrée près de la surface, sont l'indice d'un milieu franchement eutrophe, voire hypereutrophe. Comme le montre l'analyse du phytoplancton et de la production primaire en 1986, le Léman est susceptible, dans certaines conditions climatiques favorables pour la croissance du plancton, de se comporter comme un lac eutrophe, et ceci malgré la baisse du stock de phosphore dans le lac.

Les conditions climatiques très propices de ces derniers hivers ont permis de maintenir un stock élevé d'oxygène dans les couches profondes. Ces améliorations du stock d'oxygène sont précaires et elles peuvent être compromises par une succession d'hivers sans brassage. On peut craindre une telle évolution suite à l'absence de brassage en dessous de 200 mètres pendant l'hiver 1986-1987.

Les efforts entrepris dans le domaine de l'épuration doivent être maintenus et même renforcés pour pouvoir accentuer la diminution des teneurs en éléments nutritifs dans le lac.