

ÉVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE ET RECHERCHE DE MÉTAUX ET DE QUELQUES MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX DU LÉMAN

Campagne 2001

PAR

Jérôme LAZZAROTTO

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA-UMR/CARTELE), BP 511, FR - 74203 THONON-LES-BAINS Cedex

François RAPIN

COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN
CP 80, CH - 1000 LAUSANNE 12

Claude CORVI

SERVICE DE PROTECTION DE LA CONSOMMATION, CP 166, CH - 1211 GENÈVE 4

RÉSUMÉ

L'année 2001 se caractérise par un hiver doux qui ne provoque qu'un faible brassage. Les températures moyennes hebdomadaires de l'air pendant l'hiver 2000-2001 n'ont jamais été négatives.

On peut estimer que la circulation hivernale des eaux n'a atteint que 100 mètres en mars 2001. La réoxygénation des eaux profondes a donc été limitée et la concentration en oxygène dissous des eaux du fond du Grand Lac est alors de 4.55 mgO₂/l en début avril. Mise à part une chute à 2.08 mgO₂/l au mois de novembre, la concentration reste aux alentours de 4 mgO₂/l pour la majorité de l'année dans les eaux du fond.

La température des eaux du fond du Grand Lac reste stable à 5.8°C après un accroissement de 1°C depuis 1986.

La transparence maximale de 8.9 mètres mesurée mi-février 2001 est relativement faible comparée aux années précédentes : 13 mètres en mi-février 2000 et 17.5 mètres en 1999.

Le stock en phosphore continue à diminuer pour atteindre 34.2 µgP/l en concentration moyenne en phosphore total en 2001 contre 36.5 µgP/l en 2000.

1. MÉTHODES

Les stations de mesure des paramètres physico-chimiques, représentées sur la figure 1, sont les suivantes :

- SHL2 au centre du Grand Lac entre Evian et Lausanne (coord. : 534.70/144.95), correspond à la partie la plus profonde du lac (309.7 m),
- GE3 au centre du Petit Lac dans la fosse de Chevrens, entre Coppet et Chevrens (coord. : 506.10/128.04) (71 m).

La station SHL2 est admise comme représentative du Grand Lac au point de vue physico-chimique quant à l'évolution à long terme (BLANC et al., 1993).

• Profondeurs et fréquence d'échantillonnage - station SHL 2 (Grand Lac)

Le suivi de la qualité des eaux s'effectue aux profondeurs suivantes :

0 - 2.5 - 5 - 7.5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 50 - 100 - 150 - 200 - 250 - 275 - 290 - 300 - 305 et 309 m.

La fréquence des prélèvements est adaptée au cycle biologique du lac. Elle est mensuelle de décembre à février, mois pendant lesquels l'activité biologique est réduite, puis bimensuelle de mars à novembre, lorsque l'activité biologique est intense et subit de fortes et rapides fluctuations. Il y a eu 18 campagnes de prélèvements en 2001.

Les prélèvements sont effectués, selon des techniques uniformisées, par la Station d'Hydrobiologie Lacustre (INRA-UMR/CARTELE-Thonon-les-Bains), qui procède également à diverses mesures "in situ".

Les échantillons sont analysés par le laboratoire de la Station d'Hydrobiologie Lacustre. La validité des résultats est périodiquement testée par des analyses interlaboratoires auxquelles participent environ 20 laboratoires. En 2001, les résultats analytiques sont concordants (STRAWCZYNSKI, 2002).

De plus, lors de chaque campagne, des profils verticaux (mesures à chaque mètre) de température, oxygène dissous, conductivité électrique, pH, turbidité et chlorophylle *in situ* sont réalisés à l'aide d'une sonde multiparamètres immergeable (BLANC et al., 1994).

Certains métaux et micropolluants organiques sont recherchés, à différentes profondeurs, après circulation des eaux (mars) et en période de stratification (septembre). Les éléments suivants ont été dosés : fer, manganèse, plomb, cadmium, chrome, cuivre et mercure. Les herbicides décelés antérieurement dans les eaux du Léman et d'autres produits phytosanitaires : des insecticides et fongicides chlorés, des insecticides organophosphorés et d'autres herbicides du type triazine ou des dérivés de l'urée ont été recherchés. Quelques dosages d'EDTA et de NTA ont également été effectués. La liste des produits recherchés est donnée en annexe 1. La méthodologie analytique est décrite dans CORVI et KHIM-HEANG (1996).

- **Profondeurs et fréquence d'échantillonnage - station GE 3 (Petit Lac)**

Le suivi de la qualité des eaux s'effectue aux profondeurs suivantes :

0 - 2.5 - 5 - 7.5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 50 et 70 m.

La fréquence des prélèvements est mensuelle.

Les prélèvements et les analyses sont effectués, également selon des techniques uniformisées, par le Service cantonal d'hydrobiologie de Genève.

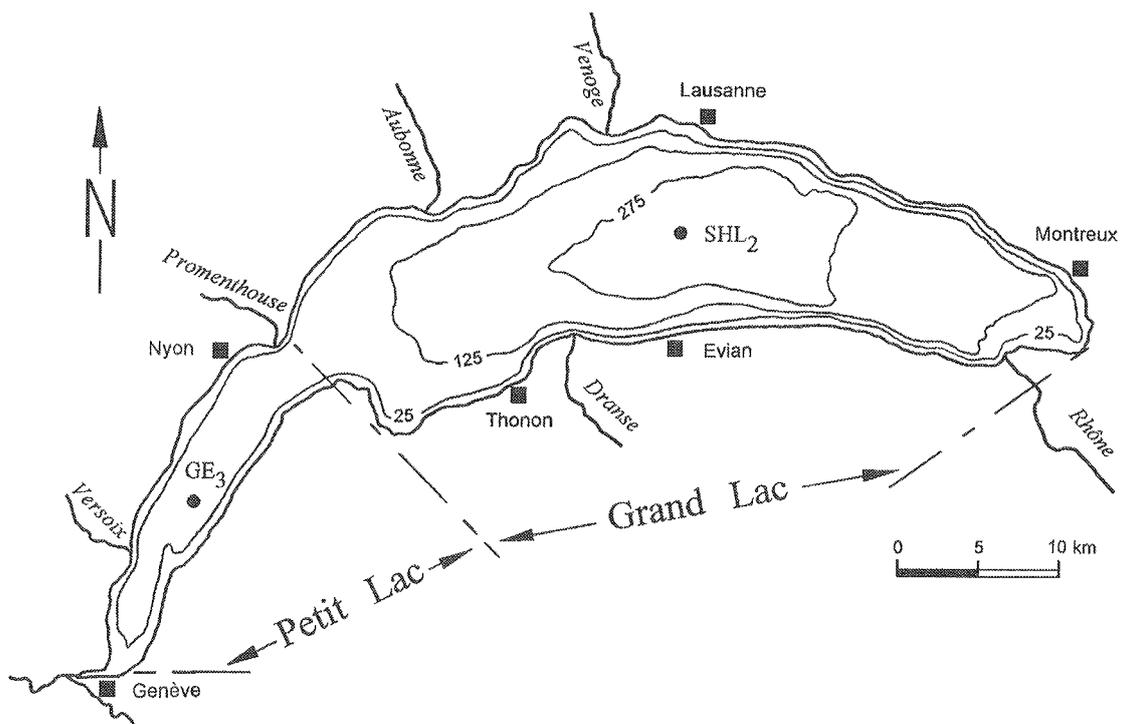
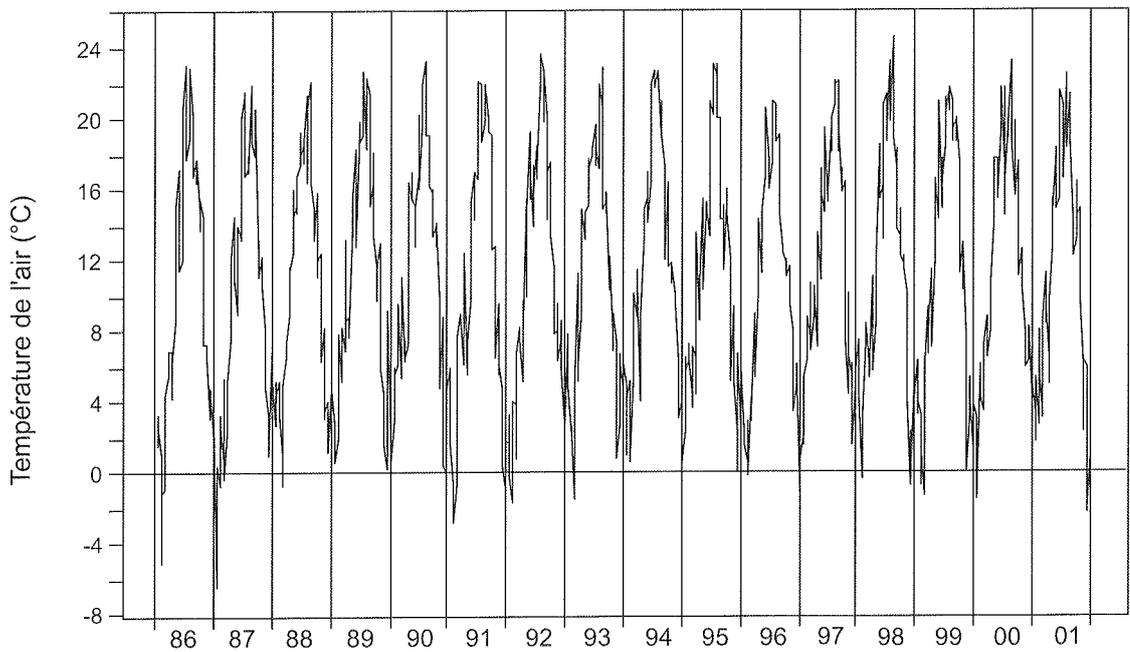
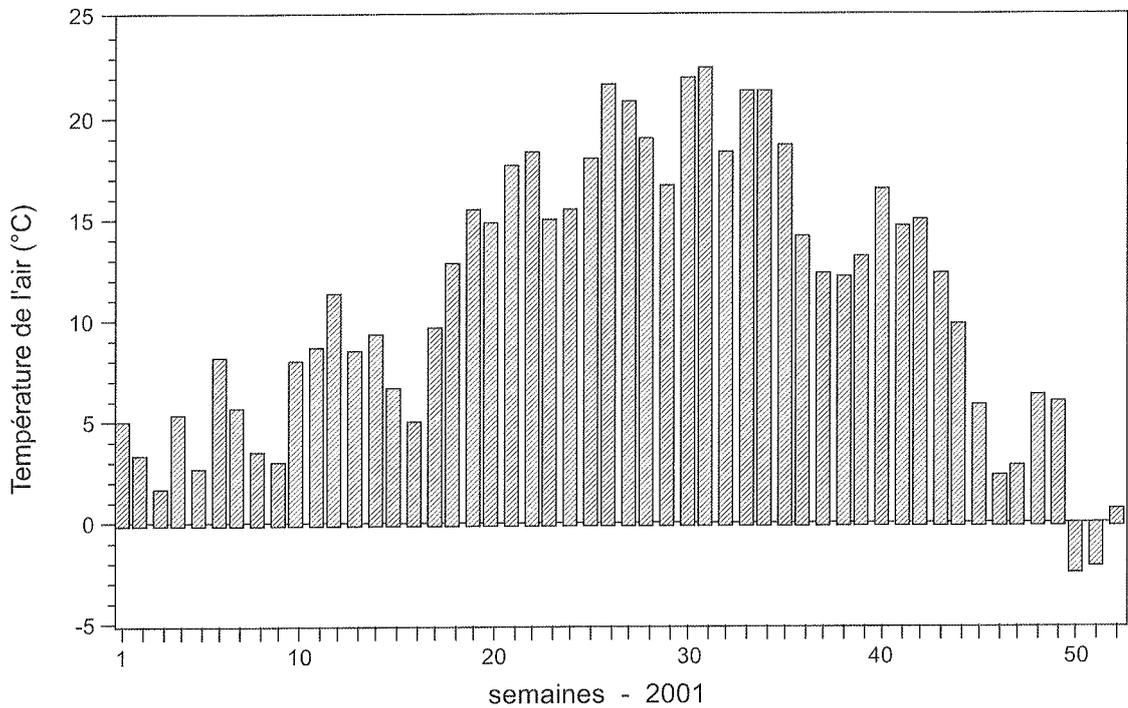


Figure 1 : Situation des points de prélèvement

2. RÉGIME THERMIQUE ET INFLUENCE SUR LA STRATIFICATION OU LE MÉLANGE DES EAUX

Les températures moyennes de l'air durant l'hiver sont relativement élevées et n'ont pas permis un brassage complet du Grand Lac (figures 2a et 2b). Le brassage a été moins important qu'en mars 2000.

La réoxygénation des eaux profondes a donc été réduite, la concentration en oxygène dissous au fond du Grand Lac (maximum en 2001: 4.55 mgO₂/l lors de la campagne du 9 avril) est donc moins importante qu'en 2000 où elle a atteint 6.10 mgO₂/l (9.1 mgO₂/l lors du brassage en février 1999).



Figures 2 a : Température moyenne hebdomadaire de l'air à la station de Pully en 2001
b : Température moyenne hebdomadaire de l'air à la station de Pully de 1986 à 2001

Température (°C) - Léman / Grand Lac (SHL 2) - 1996 à 2001

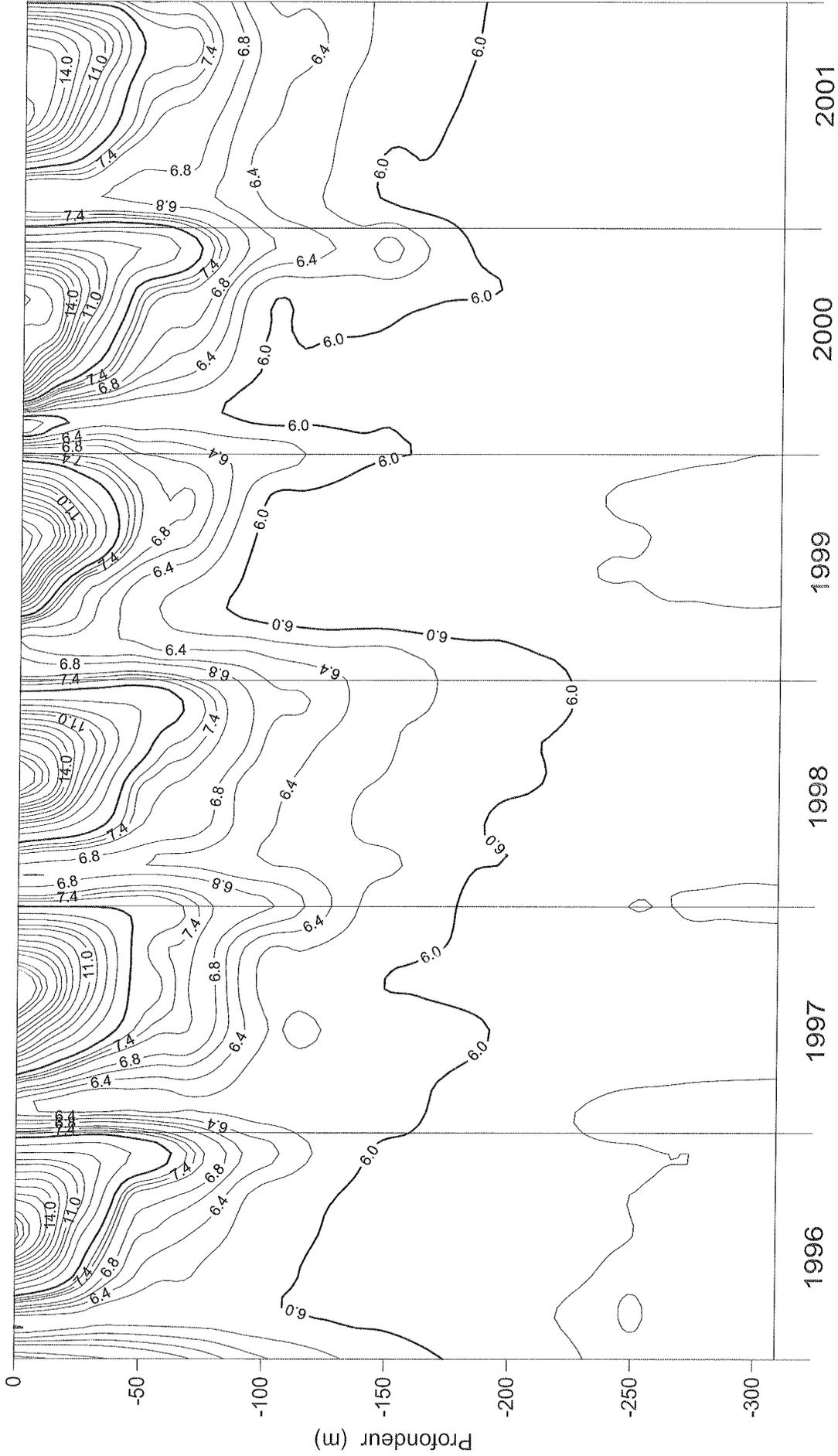


Figure 3 : Température des eaux du Léman (Grand Lac - SHL2) en fonction de la profondeur

N.B. : suivant le nombre d'années prises en considération, de très légères modifications de représentation graphique peuvent apparaître (différence de lissage des courbes d'isovaleurs)

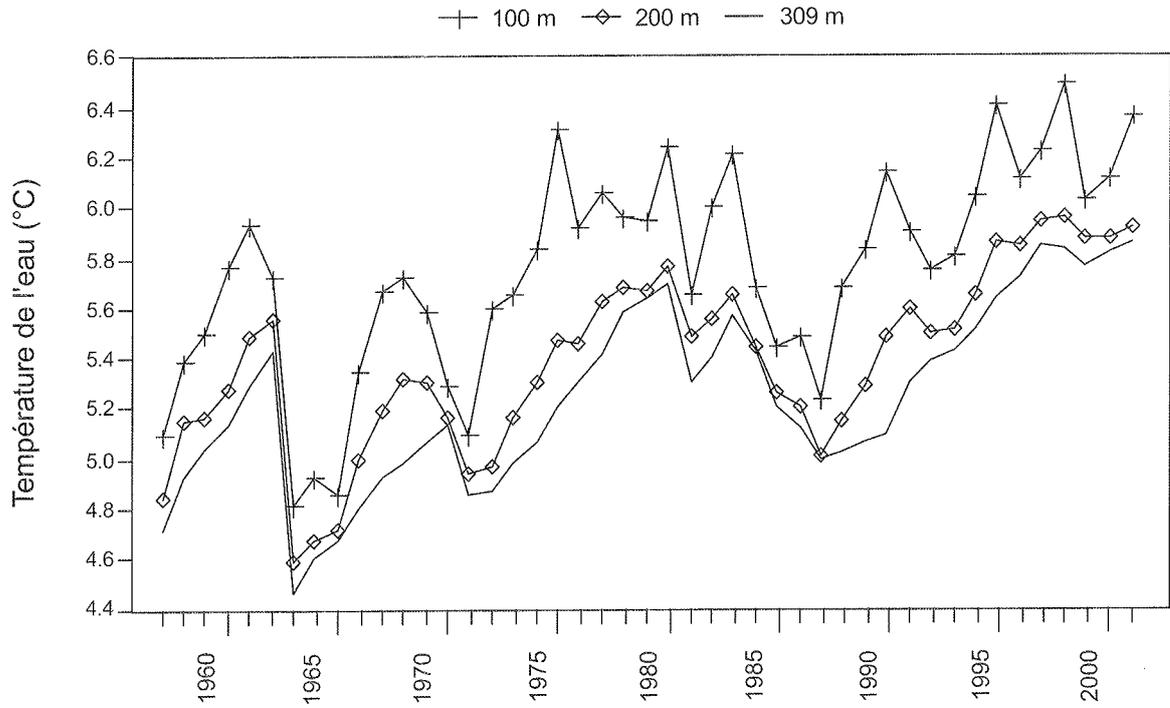


Figure 4 : Evolution de la température moyenne annuelle de l'eau à 100, 200 et 309 mètres de profondeur, Léman - Grand Lac (SHL2)

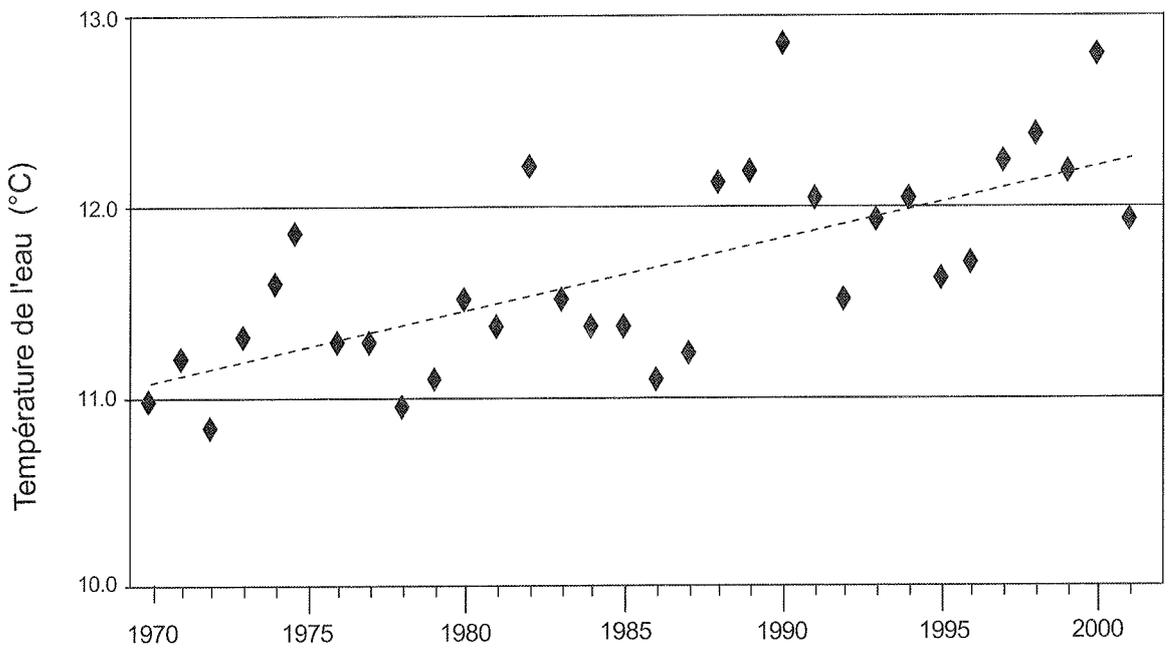


Figure 5 : Evolution de la température moyenne annuelle de l'eau du Léman à 5 mètres de profondeur - Grand Lac (SHL2)

3. ÉVOLUTION SAISONNIÈRE DANS LES COUCHES SUPERFICIELLES

3.1 Brassage hivernal et reprise de l'activité photosynthétique au printemps

Le faible brassage hivernal du début de l'année 2001 ne permet qu'un renouvellement partiel des nutriments en provenance des couches profondes. La concentration en orthophosphate après le brassage est remontée à 24 $\mu\text{gP/l}$ en mars 2001 dans les couches superficielles contre 30 $\mu\text{gP/l}$ en mars 2000 (figures 7 et 8).

Parallèlement, l'azote nitrique est remonté à 534 $\mu\text{gN/l}$ (figure 9) et la silice dissoute à 0.82 mg/l (figure 10) dans les couches superficielles au mois de mars.

La transparence maximale de 8.9 m observée le 12 février 2001 (mesurée à l'aide du disque de Secchi; figure 11) est relativement faible comparée aux années précédentes. La moyenne annuelle de la transparence est la plus faible observée depuis le début des mesures. Cette constatation est à mettre en relation avec la forte activité de production du phytoplancton pendant l'année 2001 (LEBOULANGER, 2002).

L'activité photosynthétique s'est maintenue pendant tout l'hiver et a été importante de mi-avril à mi-mai, suivant le réchauffement des eaux superficielles (figure 6).

Ceci entraîne une chute brutale des concentrations en nutriments (PO_4^{3-} , SiO_2 , NO_3^- - figures 8 à 10) et de faibles valeurs de transparence (inférieure à 5 mètres - figure 11) qui correspondent à la poussée de diatomées.

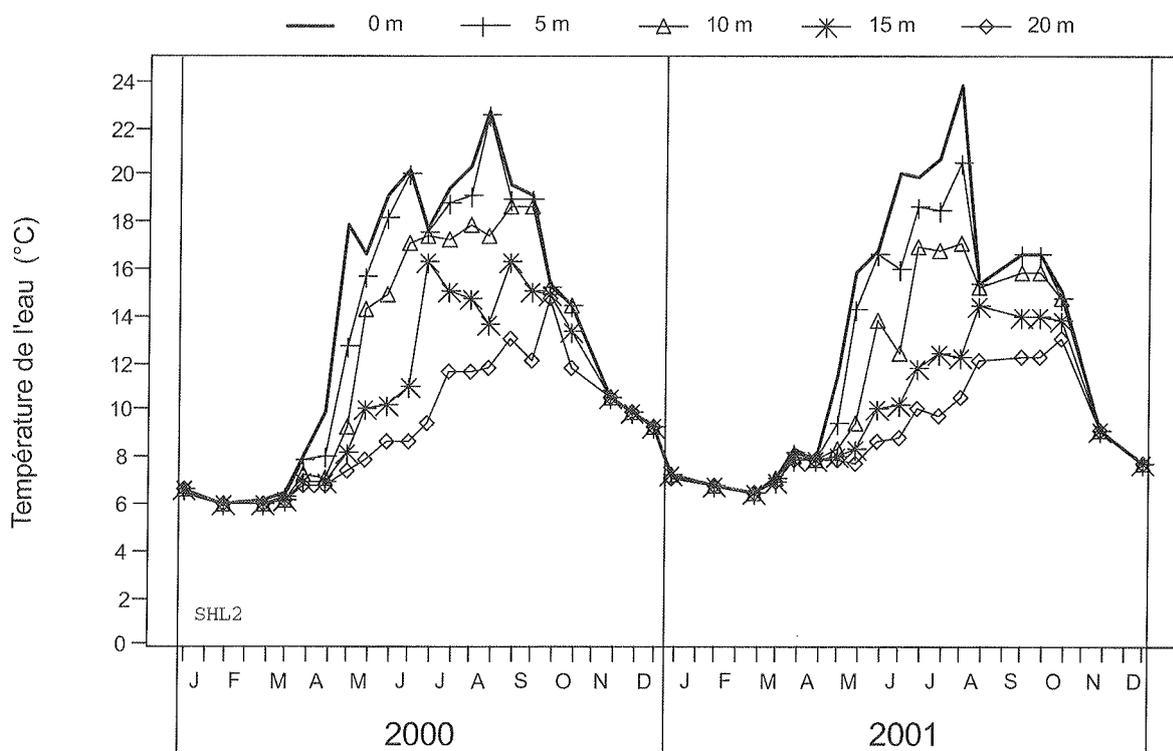


Figure 6 : Température de l'eau des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m) Léman - Grand Lac (SHL2)

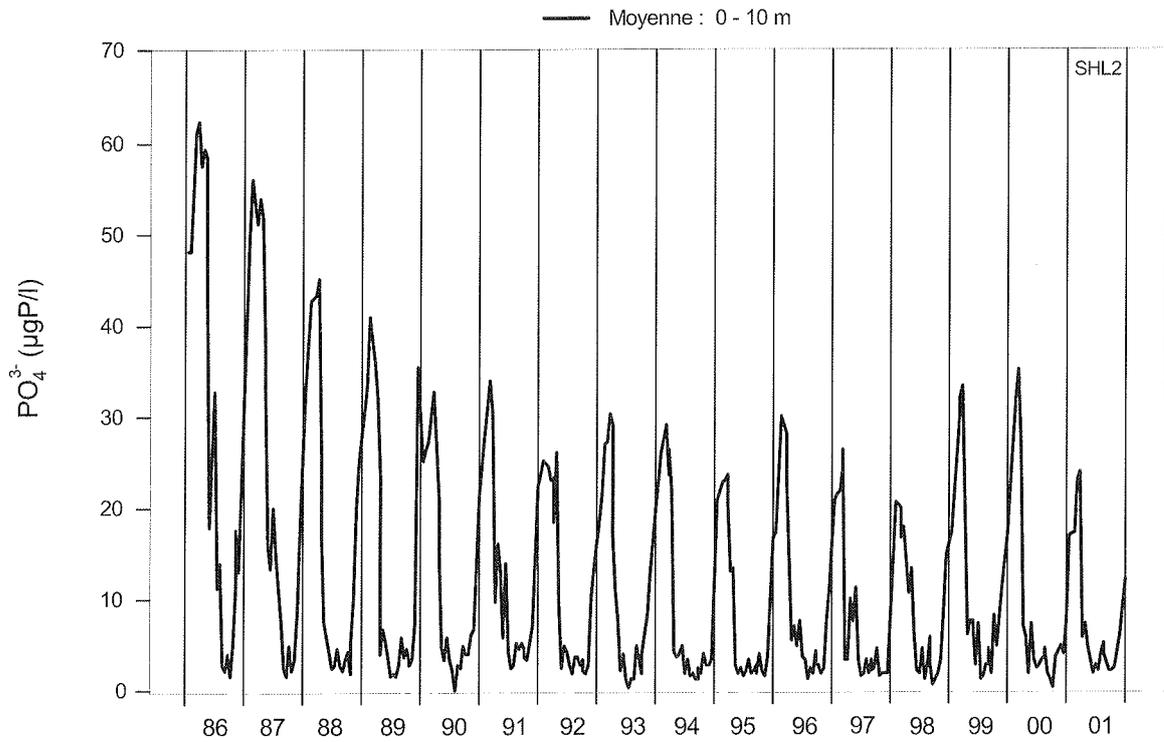


Figure 7 : Concentration en phosphore dissous (PO_4^{3-}) des eaux de la couche superficielle (moyenne 0-10 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

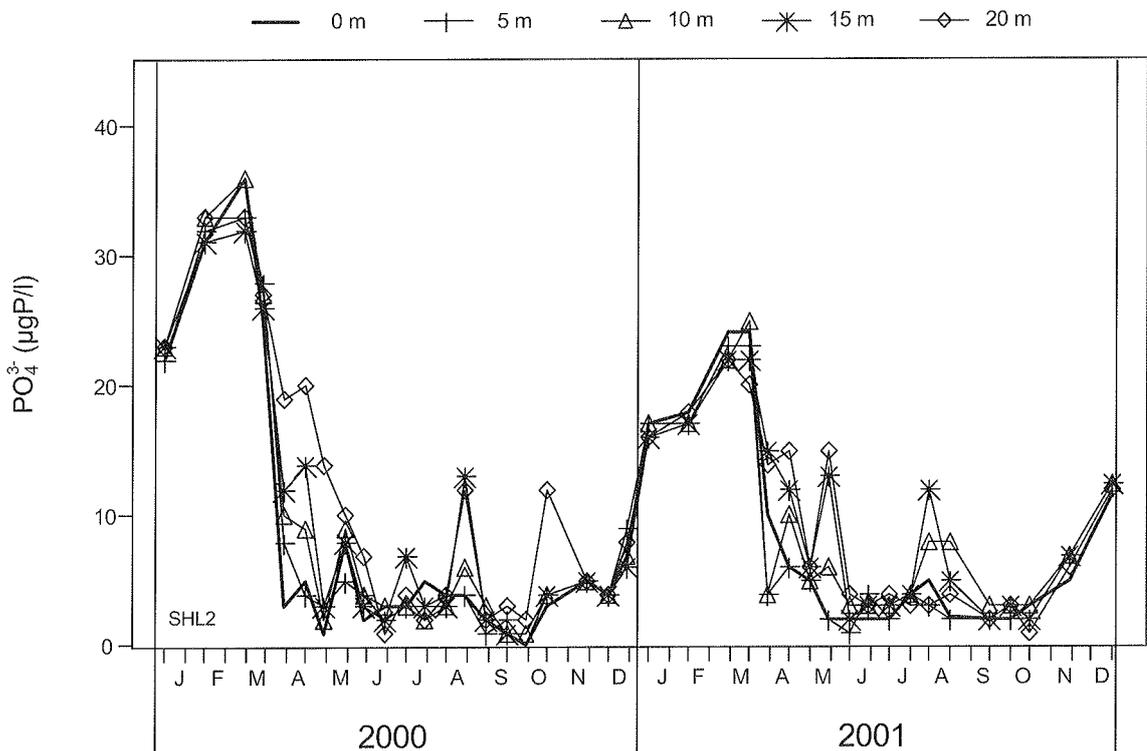


Figure 8 : Concentration en phosphore dissous (PO_4^{3-}) des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

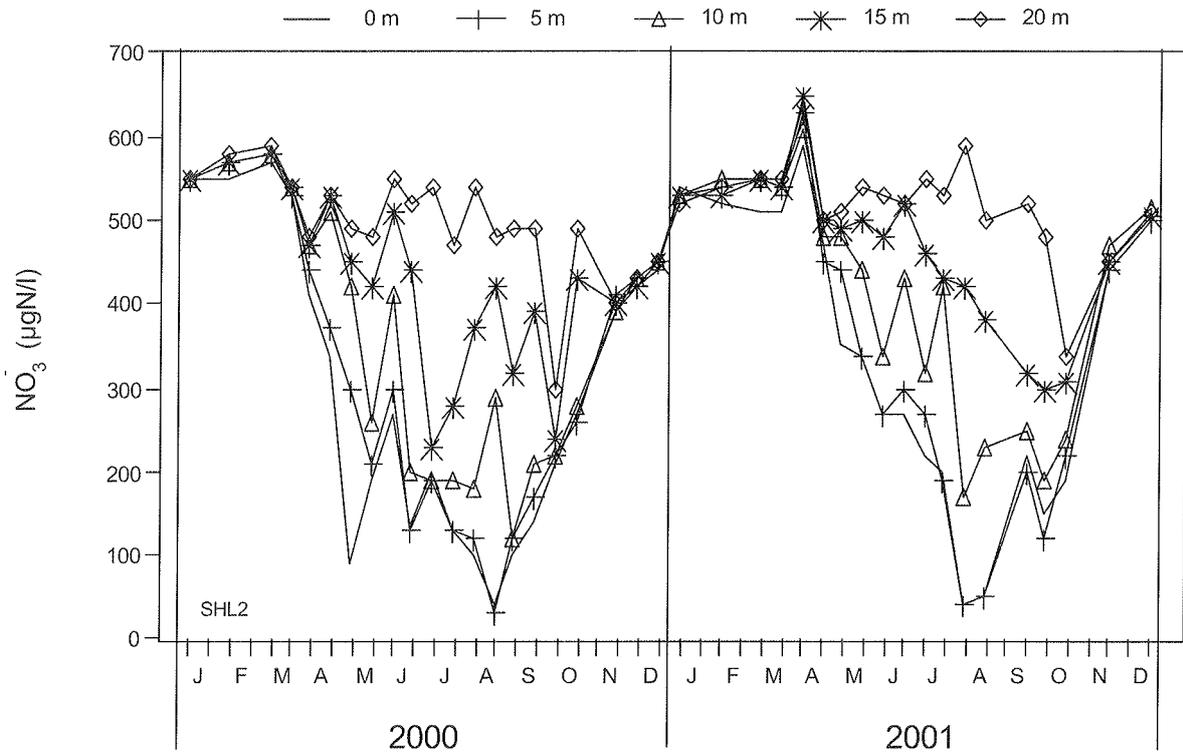


Figure 9 : Concentration en nitrate (NO_3^-) des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

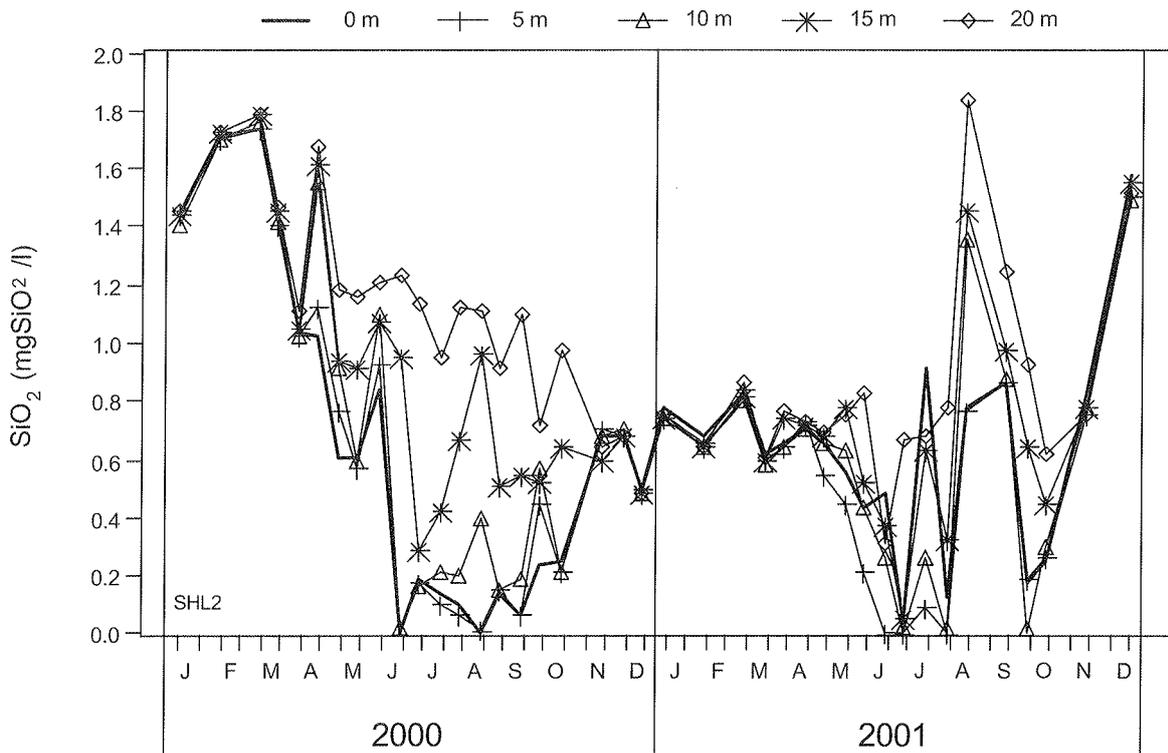


Figure 10 : Concentration en silice dissoute (SiO_2) des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

3.2 Reste de l'année

De mi-mai à fin juin, on observe une augmentation de la transparence (figure 11) qui atteint 8 mètres au disque de Secchi le 11 juin 2001. Cette période correspond à la période des " eaux claires ", plus longue cette année qu'en 2000.

Durant cette période, l'augmentation de l'azote ammoniacal est à mettre en parallèle avec le développement du zooplancton et de ses excréments (BALVAY, 2002). L'azote ammoniacal atteint des concentrations de 60 µgN/l en surface (figure 13).

L'activité phytoplanctonique redémarre au mois de juillet entraînant une chute des concentrations en nutriments dans les couches superficielles. Les nitrates et la silice chutent à la même période (figures 9 et 10), l'orthophosphate reste à des concentrations très faibles jusqu'en décembre (figure 8).

Cette activité est accompagnée d'un pic en carbone organique particulaire et en azote particulaire et atteint un maximum lors de la campagne du 23 juillet 2001 (figure 14).

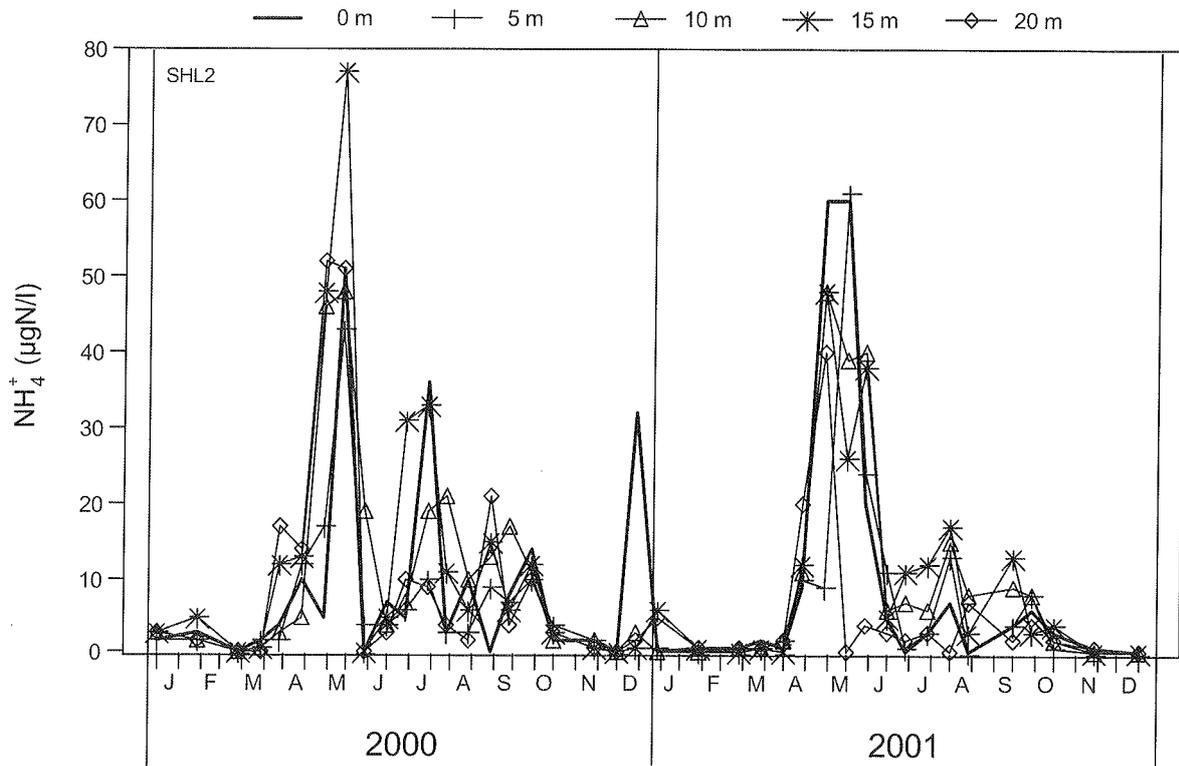


Figure 13 : Concentration en azote ammoniacal des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

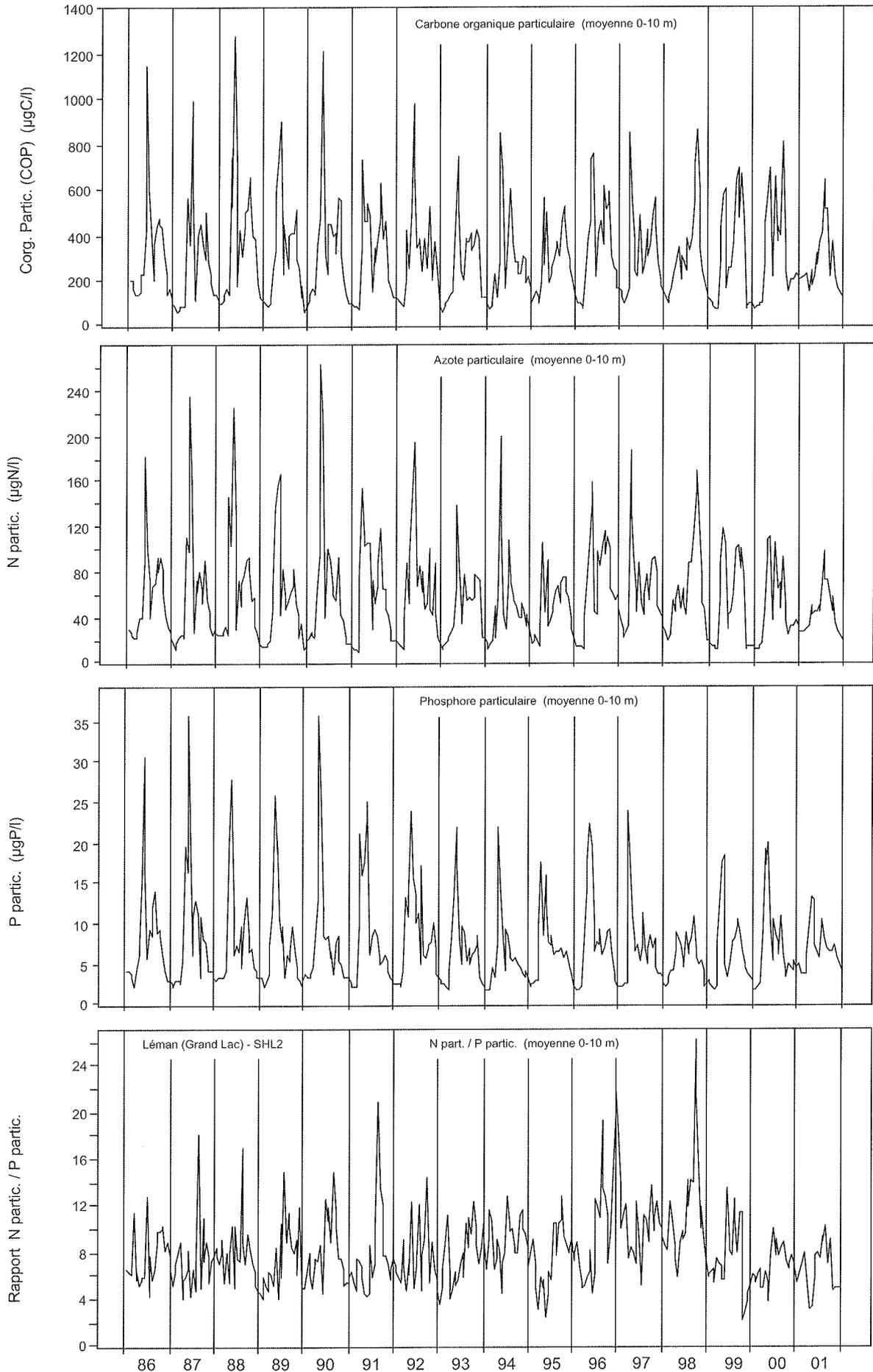


Figure 14 : Concentrations en carbone organique, azote et phosphore particulaires des eaux de la couche superficielle (0-10 m) et rapport Nparticulaire / Pparticulaire, Léman - Grand Lac (SHL2)

4. ÉVOLUTION SAISONNIÈRE DANS LES COUCHES PROFONDES

Depuis 1986, on n'a pas observé de brassage absolument complet du lac (celui de 1999 étant presque complet). La température des eaux de surface n'a plus atteint la température des eaux profondes, condition permettant le brassage complet des eaux et une homogénéisation chimique du Léman (figure 15).

En 2001, l'homogénéisation de la colonne d'eau atteint à peine 100 m, elle est donc insuffisante pour assurer la réoxygénation des eaux profondes (figure 17).

La moyenne de la teneur en oxygène au fond du Grand Lac en 2001 est de 3.90 mgO₂/l. Elle descend en dessous de 4 mgO₂/l à la fin du mois d'avril et reste aux alentours de 4 mgO₂/l jusqu'au mois de novembre où elle chute brusquement à 2.08 mgO₂/l le 26 novembre (figure 17).

L'oxygénation dans les eaux profondes a été suffisante pour limiter la réduction des sels de manganèse et leur diffusion à partir des sédiments (figure 18). Cette diffusion reste limitée et n'entraîne qu'un faible relargage d'orthophosphate contenu dans les sédiments (figure 16); il est du même ordre que les années précédentes : 104 µgP/l.

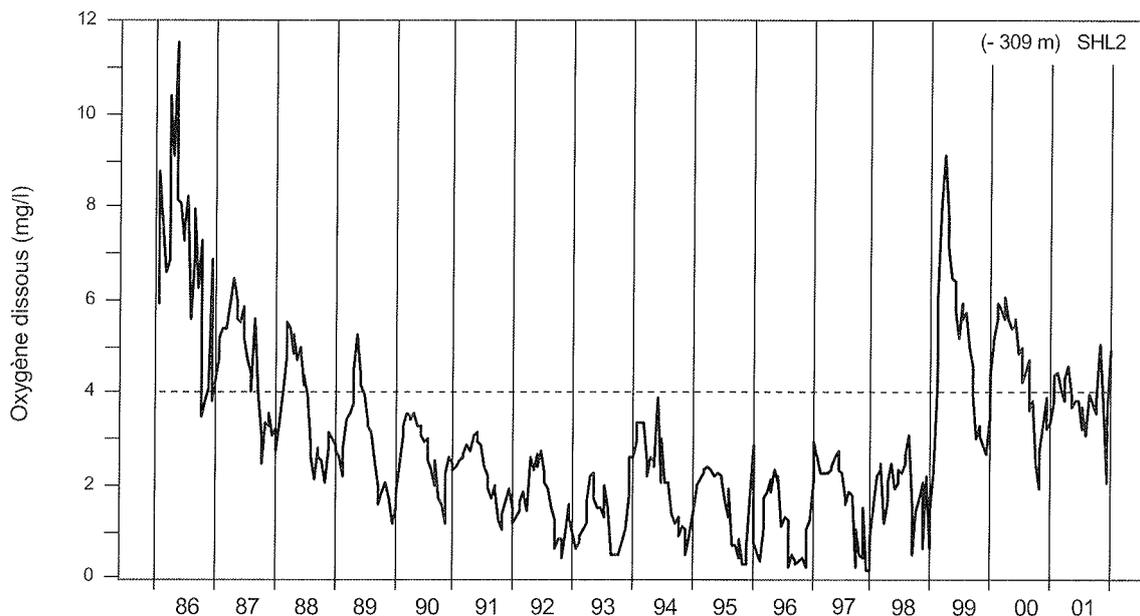


Figure 15 : Concentration en oxygène dissous des eaux du fond, Léman - Grand Lac (SHL2)

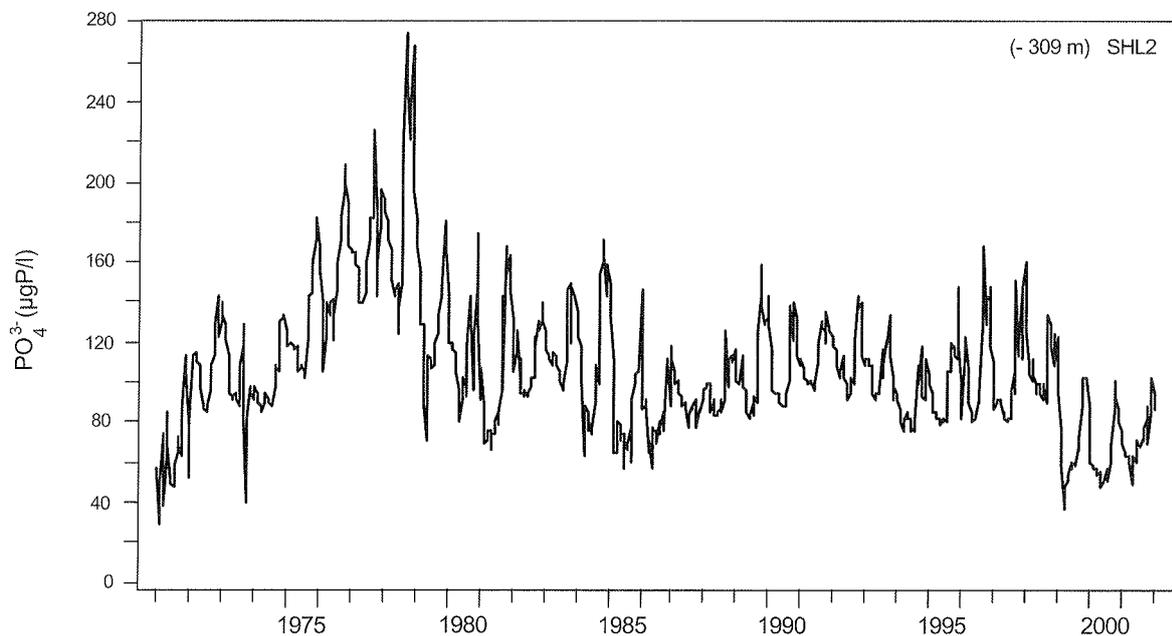


Figure 16 : Concentration en phosphore dissous (PO₄³⁻) des eaux du fond, Léman - Grand Lac (SHL2)

Oxygène (mg/l) - Léman / Grand Lac (SHL 2) - 1996 à 2001

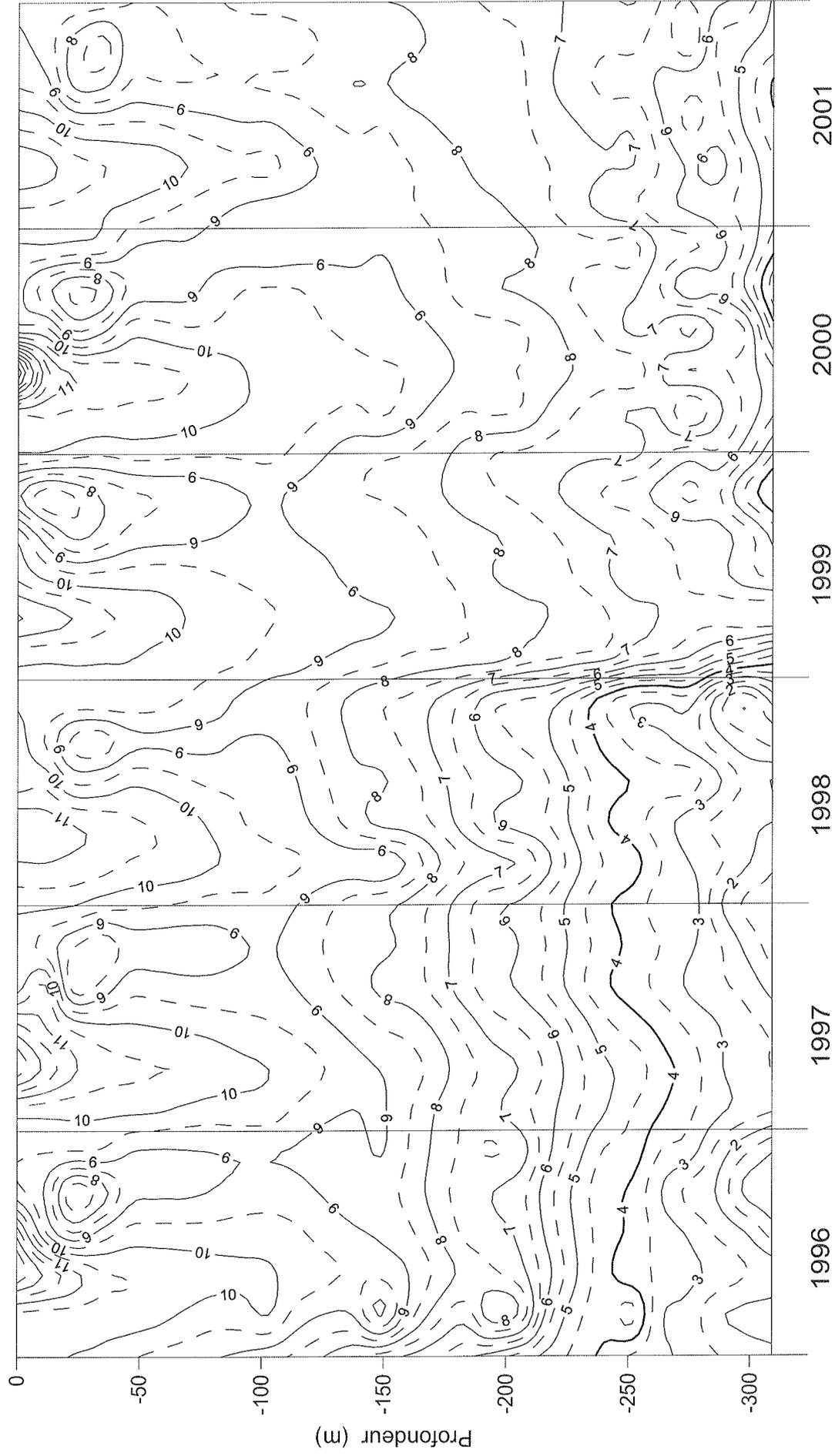


Figure 17 : Concentration en oxygène dissous des eaux du Léman (Grand Lac - SHL2) en fonction de la profondeur (zone grisée = concentration supérieure à 4 mg O₂/l)

N.B. : suivant le nombre d'années prises en considération, de très légères modifications de représentation graphique peuvent apparaître (différence de lissage des courbes d'isovaleurs)

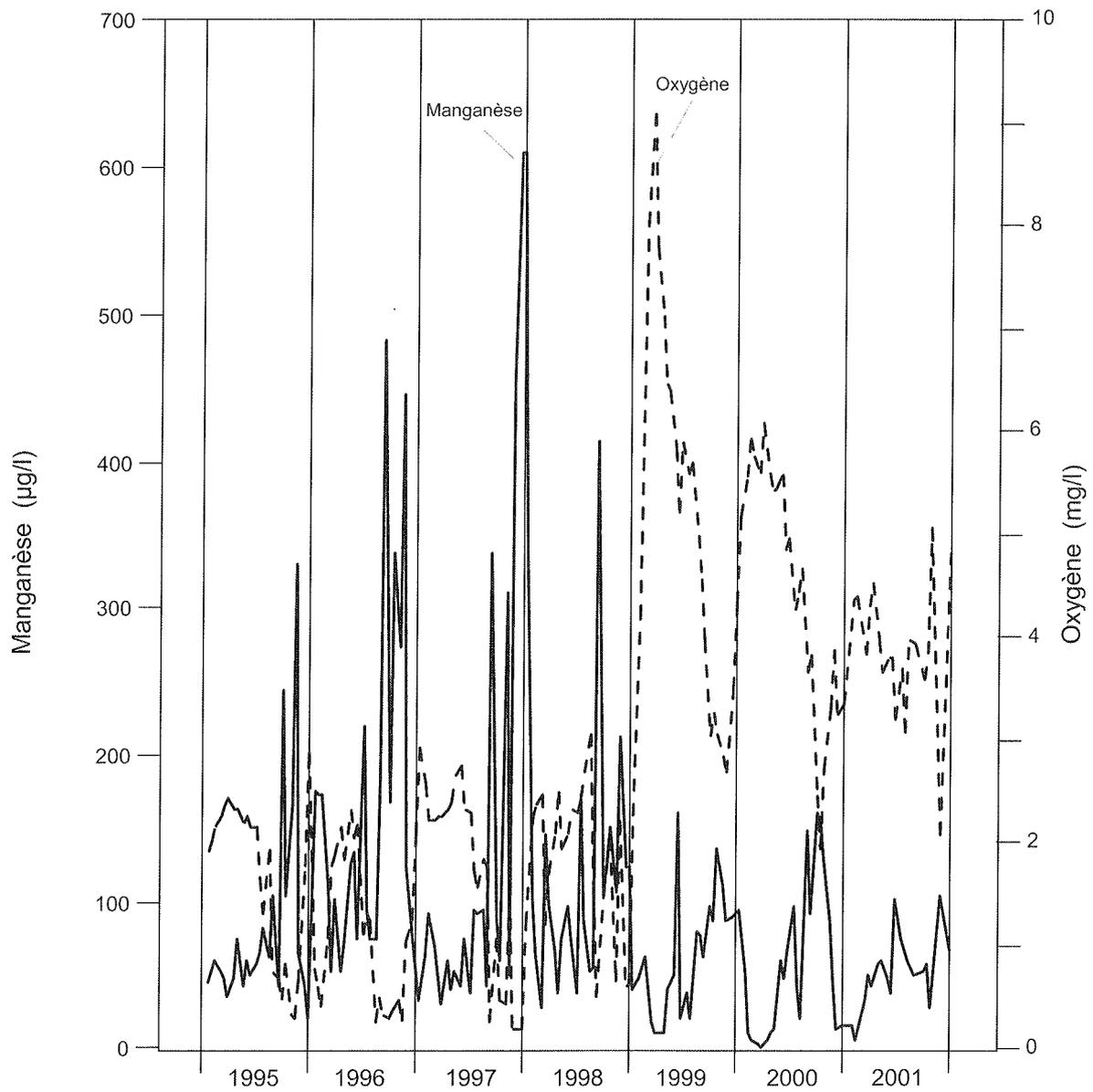


Figure 18 : Evolution comparée des concentrations en manganèse total et en oxygène dissous dans les eaux du fond du Léman - Grand Lac (SHL2)

5. ÉVOLUTION INTERANNUELLE DES PRINCIPAUX PARAMÈTRES

Les concentrations moyennes pondérées¹ pour l'ensemble du Grand Lac sont calculées à partir des mesures et des analyses effectuées sur les échantillons prélevés au centre du lac entre Lausanne et Evian (Grand Lac, point SHL 2, figure 1) (cf. annexes).

5.1 Oxygène dissous (figures 15, 17 et 19)

Le faible brassage observé au mois de mars 2001 n'a pas permis une réoxygénation importante des couches profondes, le maximum est de 4.55 mgO₂/l contre plus de 6 mgO₂/l en 2000.

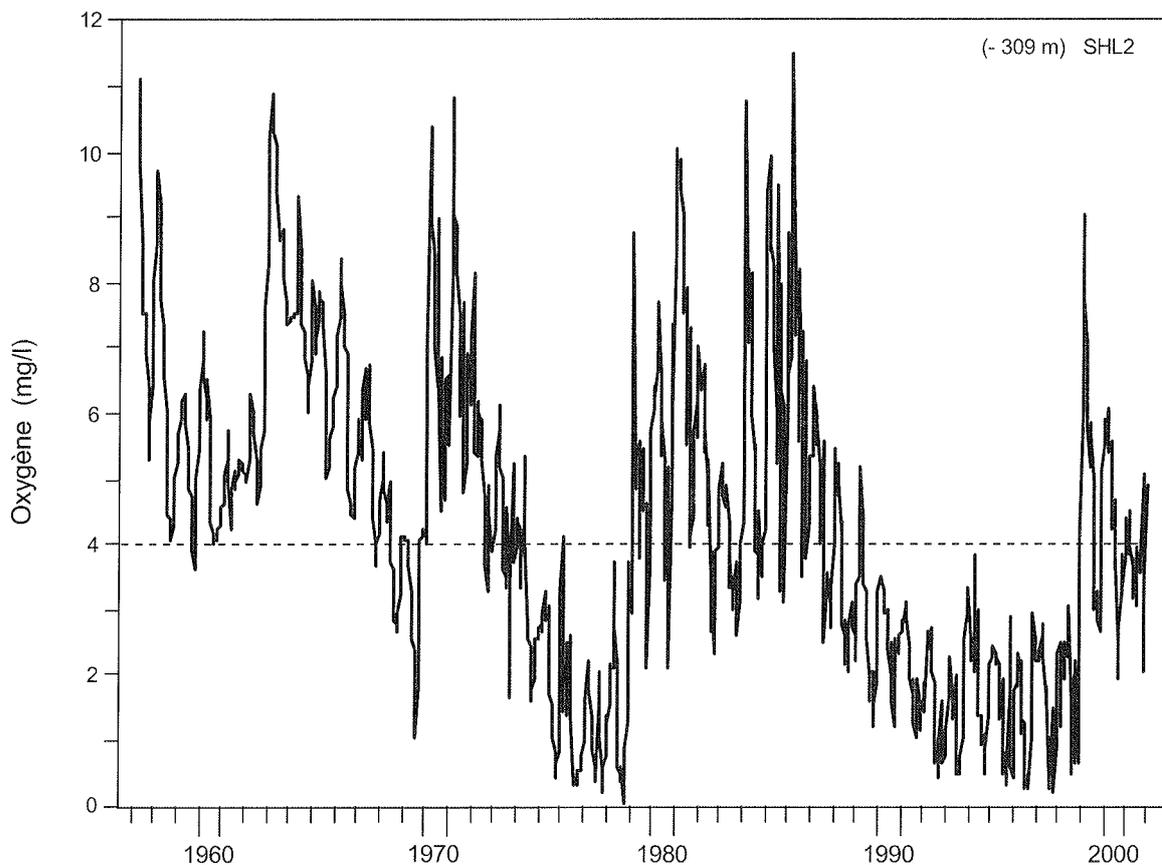


Figure 19 : Concentration en oxygène dissous des eaux au fond du Léman - Grand Lac (SHL2)

Sur les figures 15 et 19, la limite indiquée à 4 mg O₂/l correspond aux exigences relatives à la qualité des eaux, Annexe 2 de l'Ordonnance suisse sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1998 :

"Pour les lacs, il faut également que : ... la teneur en oxygène de l'eau ne soit, à aucun moment et à aucune profondeur, inférieure à 4 mg O₂/l ... Les conditions naturelles particulières sont réservées".

¹ Les concentrations moyennes pondérées sont calculées de la façon suivante :

$$C = \frac{\text{Somme } (C_i \cdot V_i)}{V}$$

Ci = concentration dans la strate
avec Vi = volume de la strate
V = volume total du Grand Lac

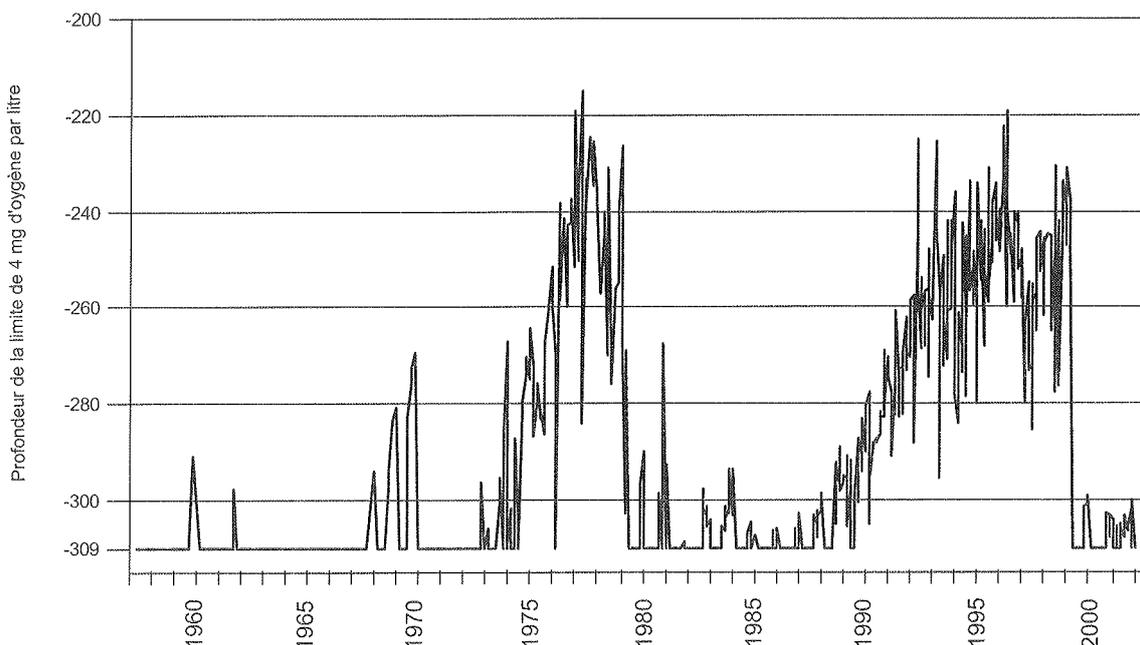


Figure 20 : Evolution de la profondeur de la limite à 4mgO₂/l dans le Léman - Grand Lac (SHL2)

Le graphique de la figure 20 indique l'épaisseur de la colonne d'eau depuis le fond (-309 m) qui a des concentrations en oxygène inférieures à 4 mgO₂/l.

Dans les années 1995 la limite est montée jusqu'à environ 220 mètres, tandis qu'elle est restée inférieure à 300 mètres depuis mars 1999.

5.2 Phosphore dissous et phosphore total (figures 21 et 22)

En 2001, le stock moyen en phosphore total est en baisse de plus de 6%, soit 2'930 tonnes de phosphore total et 2'465 tonnes P pour le phosphore dissous. Ceci correspond à une concentration moyenne de 34.2 µgP/l en phosphore total (figure 21) et 28.8 µgP/l en phosphore dissous.

Cette baisse s'inscrit dans la tendance observée depuis les années 1980.



Figure 21 : Evolution de la concentration moyenne annuelle pondérée et du stock de phosphore total contenu dans le Grand Lac

La figure 22 montre l'évolution des concentrations en phosphore dissous dans les différentes couches pour les années 1996 à 2001.

Orthophosphate - PO4 (µgP/l) - Léman / Grand Lac (SHL 2) - 1996 à 2001

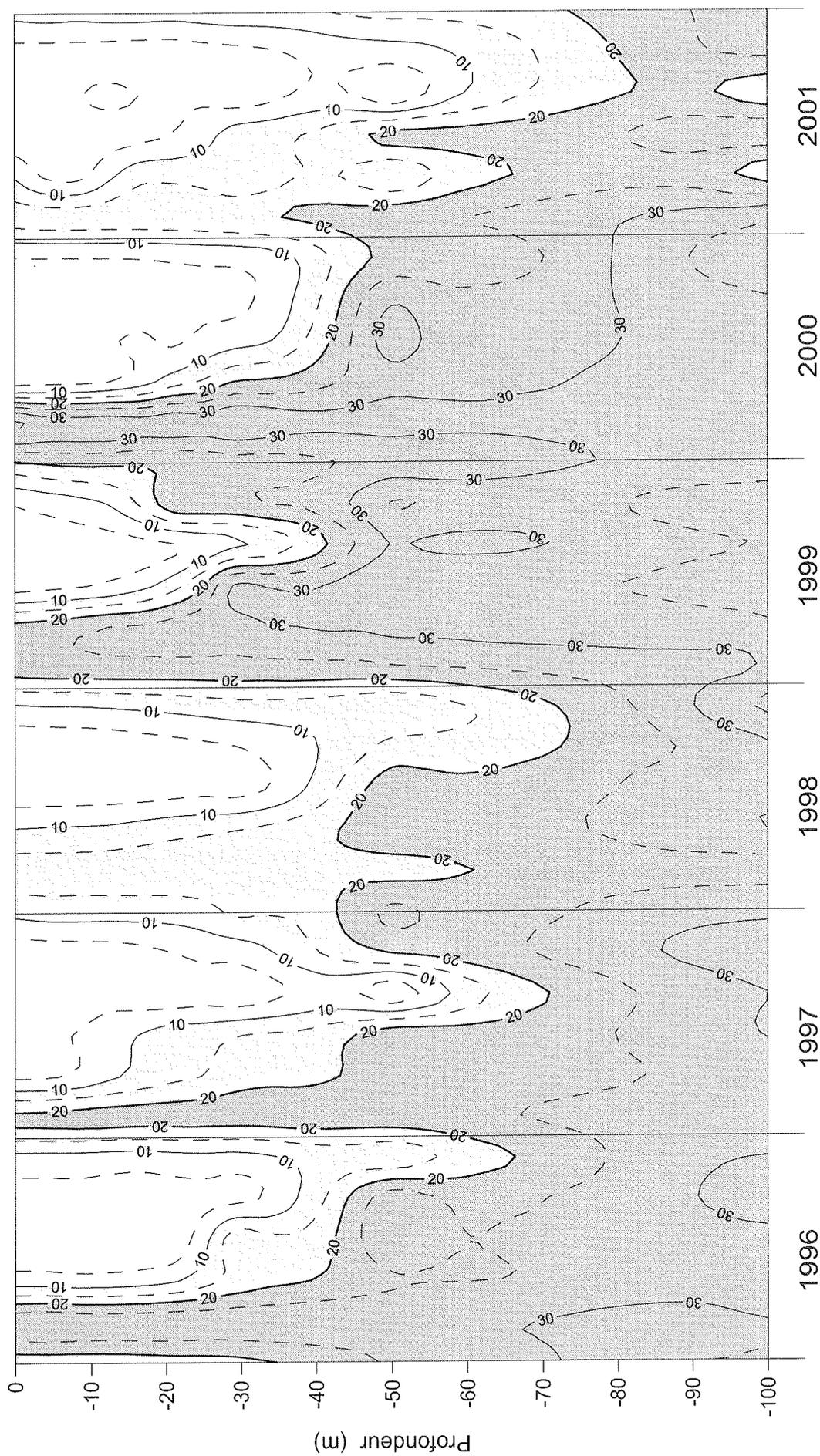


Figure 22 : Concentration en phosphore dissous (PO₄³⁻) dans les différentes couches du Léman (SHL2) (zone grisée foncée = concentration supérieure à 20 µgP/l ; zone grisée claire = concentration entre 10 et 20 µgP/l)

N.B. : suivant le nombre d'années prises en considération, de très légères modifications de représentation graphique peuvent apparaître (différence de lissage des courbes d'isovaleurs)

5.3 Azote nitrique et azote total (figure 23)

L'azote nitrique reste constant depuis quelques années avec une teneur moyenne annuelle de 570 $\mu\text{gN/l}$ en 2001.

L'azote total reste dans le même ordre de grandeur que les années précédentes avec une concentration de 680 $\mu\text{gN/l}$ en 2001 soit un stock de 58'270 tonnes N.

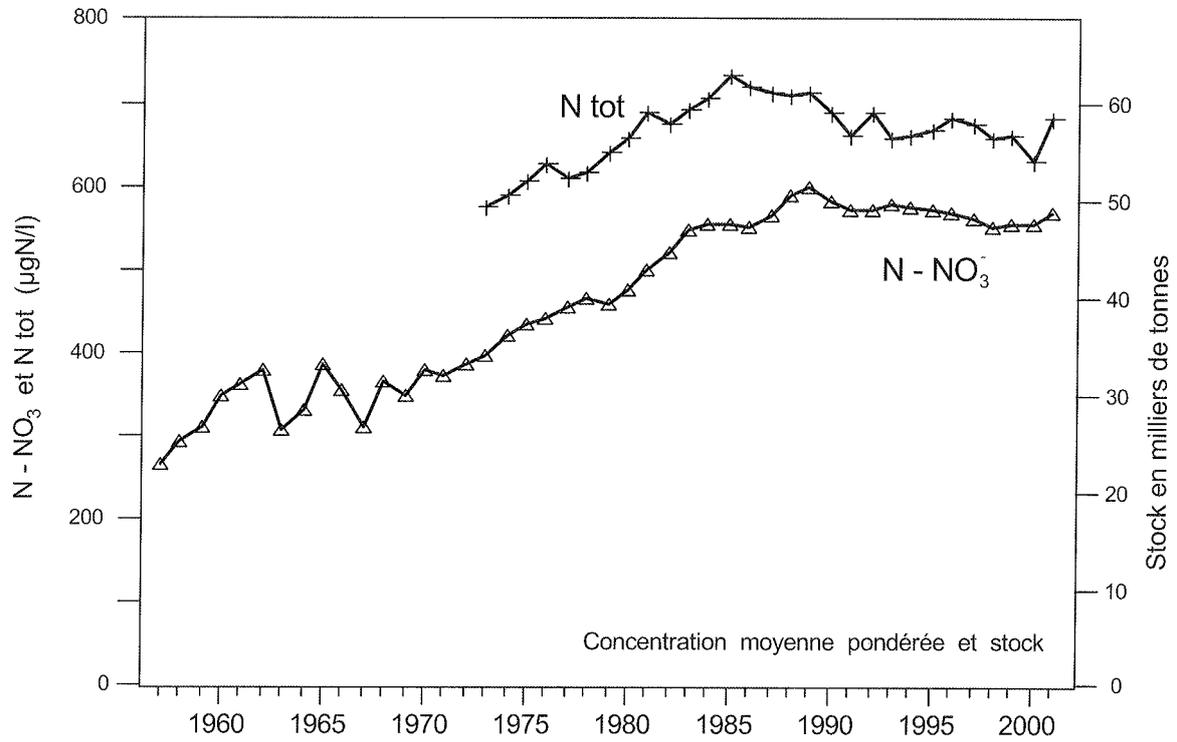


Figure 23 : Evolution de la concentration moyenne annuelle pondérée et des stocks d'azote total et d'azote nitrique contenus dans le Grand Lac (SHL2)

5.4 Chlorure (figure 24)

Depuis 1971, la teneur du Grand Lac en chlorure est en augmentation et passe à 7.60 mg/l en 2001 pour 2.73 mg/l en 1971 (figure 24). Le stock moyen du Grand Lac est alors de 651'600 tonnes de chlorure.

GUMY et de ALENCASTRO (2001) ont répertorié et quantifié à l'aide d'extrapolations les différentes sources du chlorure se déversant dans le Léman. Les résultats sont issus de la littérature, de mesures effectuées par la CIPEL et différents services cantonaux vaudois et valaisans, ainsi que des rapports d'activité des deux salines suisses (les Salines de Bex et celles du Rhin). Les résultats de ce travail montrent que les deux sources principales du chlorure sont l'industrie, avec plus de 50 % des apports, et les sels de déneigement, avec environ 20 % des apports. Par contre, les apports provenant de la déphosphatation dans les stations d'épuration sont négligeables (environ 3 %).

Une recherche bibliographique des valeurs de toxicité du chlorure pour différentes espèces aquatiques a également été effectuée. Les concentrations actuelles du Léman en chlorure sont bien inférieures aux valeurs toxiques citées.

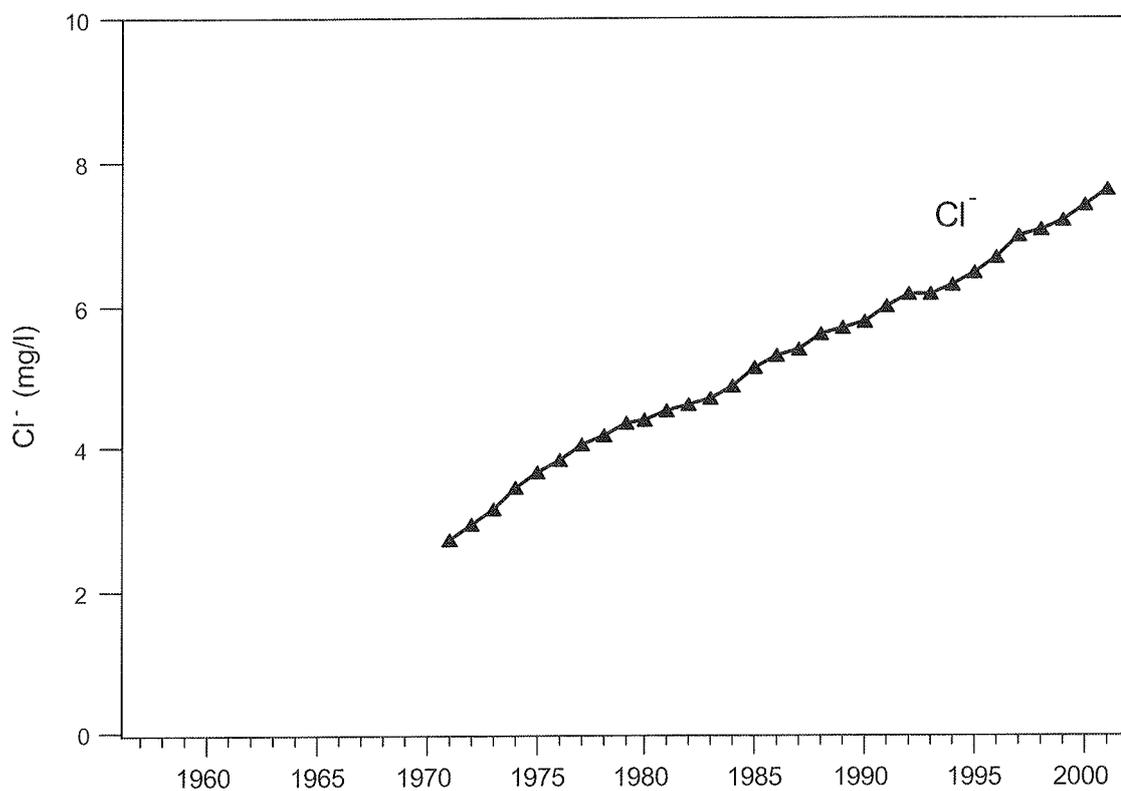


Figure 24 : Evolution de la concentration moyenne annuelle en chlorure, pondérée pour l'ensemble de la masse d'eau du Grand Lac (SHL2)

6. MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

6.1 Métaux (tableaux 1 et 2)

Les teneurs en éléments métalliques toxiques (mercure, plomb, cadmium et chrome) demeurent faibles, voire inférieures aux limites de détection (tableaux 1 et 2) et ne posent aucun problème en regard des valeurs recommandées pour les eaux de boisson. Elles sont également du même ordre de grandeur que les teneurs correspondantes observées dans d'autres eaux douces exemptes de pollutions métalliques (CORVI, 1984b; SIGG, 1992).

Les valeurs du fer et du manganèse, métaux non toxiques, sont données à titre indicatif.

Les concentrations toxiques pour le poisson citées dans la littérature (REICHENBACH-KLINKE, 1966; DIETRICH, 1995) varient pour chaque espèce, selon la nature et la forme chimique du métal mais sont bien supérieures aux concentrations observées dans les eaux du lac.

6.2 Pesticides (phytosanitaires) (tableau 3)

Bien que leur utilisation soit en nette régression, les herbicides atrazine (et son métabolite atrazine-déséthyle), simazine et terbutylazine sont décelables, en toutes saisons et presque à toutes les profondeurs, dans les eaux du lac, mais en très faibles teneurs. La présence de métolachlore, herbicide de la famille des acétanilides, fréquemment associé à l'atrazine dans la culture du maïs, a été également observée.

Toutes les concentrations mesurées sont inférieures à celles fixées pour une eau de boisson (0.1 µg/l par composé selon la Directive du Conseil des Communautés européennes - 1998 et l'Ordonnance suisse sur les substances étrangères et les composants, OSEC - 1995). Cependant, il faut rappeler que la présence de ces produits de synthèse persistants et résultant de l'activité humaine n'est pas souhaitable dans les eaux. L'Ordonnance suisse sur la protection des eaux (OEaux, 1998) rappelle cet objectif écologique pour les eaux superficielles. Il faut relever que les objectifs de qualité de cette ordonnance fixent la teneur en pesticides organiques à 0.1 µg/l pour les eaux de rivières.

Les substances phytosanitaires observées dans les eaux du lac font partie de la liste des substances à surveiller établie par la CIPEL en 1995 (JOUANY et al., 1995) ou dans celle en cours d'actualisation (CIPEL, en préparation). Ceci confirme la validité et la pertinence de ces choix.

Les produits cités dans l'annexe 1 n'ont pas été décelés lors des différentes analyses multi-résidus effectuées par chromatographie en phase gazeuse.

La limite de détection varie notablement selon le type de détecteur utilisé ainsi que la nature et la réponse du produit. Dans nos conditions de travail, cette limite peut être estimée à :

| | | | | |
|---|------|---|-----------|-------------------------------|
| . | 0.05 | - | 0.1 µg/l | pour les insecticides chlorés |
| . | 0.1 | - | 0.5 µg/l | pour les fongicides |
| . | 0.1 | - | 0.5 µg/l | pour les organophosphorés |
| . | 5.0 | - | 10.0 µg/l | pour les dérivés de l'urée |
| . | 0.01 | - | 0.02 µg/l | pour les triazines. |

6.3 NTA-EDTA (tableau 4)

Les concentrations de NTA, un des produits de substitution des phosphates dans les lessives avec les citrates ou les zéolithes, sont bien inférieures à la tolérance de 3 µg/l fixée pour les eaux de boisson en Suisse (OSEC, 1995) et nous n'observons aucune augmentation des teneurs depuis 1988.

En 1994, seules 1'000 tonnes de NTA ont encore été utilisées pour l'ensemble de la Suisse (ALDER et al., 1997). Sur la base de l'harmonisation internationale en Europe, on peut s'attendre à ce que le recours au NTA pour remplacer les phosphates diminue encore.

Les concentrations en EDTA dans les eaux lémaniques sont faibles, voisines de celles observées dans d'autres lacs suisses (HOURIET, 1996) et également bien inférieures à la valeur de tolérance de 5 µg/l et à la valeur limite fixée, pour la Suisse, à 200 µg/l (OSEC, 1995).

TABLEAU 1 - Campagne du 26 mars 2001

Léman - Grand Lac (Station SHL 2)

| Profondeur m | Manganèse µg/l | Fer µg/l | Plomb µg/l | Cadmium µg/l | Chrome µg/l | Cuivre µg/l | Mercure µg/l |
|-----------------|-------------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 0 | < 1 | 10 | nd * | nd * | 0.2 | 4 | nd * |
| 1 | < 1 | 16 | nd | nd | 0.2 | 7 | nd |
| 5 | < 1 | 25 | nd | nd | 0.1 | 3 | nd |
| 7.5 | < 1 | 16 | nd | nd | 0.2 | 14 | nd |
| 10 | < 1 | 46 | nd | nd | 0.1 | 7 | nd |
| 30 | < 1 | 21 | nd | nd | 0.1 | 5 | nd |
| 100 | 1 | 13 | nd | nd | 0.1 | 5 | nd |
| 305 | 43 | 14 | nd | nd | nd | 5 | nd |
| fond | 51 | 20 | nd | nd | 0.2 | nd | nd |

* = non décelé (Plomb < 1 µg/l; cadmium < 0.02 µg/l; chrome < 0.1 µg/l; cuivre < 0.5 µg/l; mercure < 0.1 µg/l)

TABLEAU 2 - Campagne du 9 octobre 2001

Léman - Grand Lac (Station SHL 2)

| Profondeur m | Manganèse µg/l | Fer µg/l | Plomb µg/l | Cadmium µg/l | Chrome µg/l | Cuivre µg/l | Mercure µg/l |
|-----------------|-------------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 0 | < 1 | 6 | nd * | nd * | 0.3 | 3 | nd * |
| 1 | < 1 | 2 | nd | nd | nd * | 4 | nd |
| 5 | < 1 | 2 | nd | nd | nd | 3 | nd |
| 7.5 | < 1 | 4 | nd | nd | nd | 3 | nd |
| 10 | < 1 | 4 | nd | nd | nd | 2 | nd |
| 30 | < 1 | 6 | nd | 0.06 | nd | 4 | nd |
| 100 | 1 | 6 | nd | nd | nd | 2 | nd |
| 305 | 34 | 5 | nd | nd | nd | 10 | nd |
| fond | 42 | 6 | nd | nd | nd | 2 | nd |

* = non décelé (Plomb < 1 µg/l; cadmium < 0.02 µg/l; chrome < 0.1 µg/l; cuivre < 0.5 µg/l; mercure < 0.1 µg/l)

TABLEAU 3 - Pesticides (phytosanitaires) décelés

Léman - Grand Lac (Station SHL2)

| Profondeur m | 26 mars 2001 | | | | 9 octobre 2001 | | | |
|-----------------|------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Simazine µg/l | Atrazine µg/l | Terbutyl- zine µg/l | Métola- chlore µg/l | Simazine µg/l | Atrazine µg/l | Terbutyl- zine µg/l | Métola- chlore µg/l |
| 0 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 1 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 5 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 7.5 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 10 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 30 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 100 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| 305 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| fond | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |

TABLEAU 4 - NTA et EDTA

Léman - Grand Lac (Station SHL2)

| Profondeur m | NTA (µg/l) | | EDTA (µg/l) | |
|-----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | 26 mars 2001 | 9 octobre 2001 | 26 mars 2001 | 9 octobre 2001 |
| 0 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.3 |
| 1 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.3 |
| 5 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.3 |
| 7.5 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.2 |
| 100 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.3 |
| 30 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.4 |
| 100 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.3 |
| 305 | < 0.1 | 0.05 | 0.4 | 0.4 |
| fond | 0.1 | 0.05 | 0.5 | 0.3 |

RÉFÉRENCES POUR L'EAU POTABLE :

| | Manganèse µg/l | Fer µg/l | Plomb µg/l | Cadmium µg/l | Chrome µg/l | Cuivre µg/l | Mercure µg/l |
|------------|-------------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| OMS (1) | 500 | 300 | 300 | 5 | 50 | 2'000 | 1 |
| CE (2) | 50 | 200 | 10 | 5 | 50 | 2'000 | 1 |
| OSEC (3) C | 50 | 300 | - | - | - | 1'500 | - |
| D | - | - | 10 | 5 | ** 20 | | 1 |

** = chrome VI

- (1) = Organisation Mondiale de la Santé, "Guidelines for drinking water quality", Vol. I, EFP/82.39 (1984) et "Guidelines values for chemicals in drinking water" (1993).
- (2) = Directive 98/83/CE DU CONSEIL du 3 novembre 1998 - Journal officiel des Communautés européennes du 05.12.1998.
- (3) = Ordonnance sur les Substances Etrangères et les Composants (1995) (Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3003 Berne).
- C = Valeur de tolérance (concentration maximale au-delà de laquelle l'eau est considérée comme souillée ou diminuée d'une autre façon dans sa valeur intrinsèque).
- D = Valeur limite (concentration maximale au-delà de laquelle l'eau est jugée impropre à la consommation).

EXIGENCES RELATIVES À LA QUALITÉ DES EAUX POUR LES COURS D'EAU
(Ordonnance suisse sur la protection des eaux - OEaux du 28 octobre 1998) :

| | Plomb µg/l | Cadmium µg/l | Chrome µg/l | Cuivre µg/l | Mercure µg/l |
|-----------|---------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| total (4) | 10 | 0.2 | 5 | 5 | 0.03 |
| dissous | 1 | 0.05 | 2 (5) | 2 | 0.01 |

- (4) = La valeur indiquée pour la concentration dissoute est déterminante.
Si la valeur indiquée pour la concentration totale est respectée, on partira du principe que celle qui est fixée pour la concentration dissoute l'est également.
- (5) = Cr (III et VI).

7. CONCLUSIONS

Les principales observations en 2001 sont les suivantes :

- le brassage hivernal des eaux n'a atteint que les 100 premiers mètres de la colonne d'eau en mars 2001,
- ce brassage très partiel n'a pas permis d'oxygéner les eaux du fond qui atteignent 4.55 mgO₂/l au début du mois d'avril et 2.08 mgO₂/l au mois de novembre. La concentration en oxygène dissous reste aux alentours de 4 mgO₂/l dans les eaux du fond pour la majorité de l'année,
- le renouvellement des couches superficielles en nutriments lors du brassage hivernal a été relativement faible comparé aux années précédentes,
- la période des eaux claires a été observée de mi-mai à fin juin, mais avec une augmentation de la transparence relativement faible,
- le phosphore dissous est consommé en quasi-totalité dans les couches superficielles à partir de mi-mai jusqu'en novembre.

Pour les stocks :

- pour le phosphore dans le Grand Lac, on observe une baisse dans la continuité de l'année 2000 avec 2'930 tonnes de P, soit 34.2 µgP/l en moyenne pour l'année 2001 et de 2'465 tonnes de phosphore dissous, soit 28.8 µP/l,
- l'azote nitrique et l'azote total restent stables relativement aux années précédentes (48'600 tonnes N pour les nitrates),
- le stock en chlorure continue d'augmenter pour atteindre 651'600 tonnes, soit 2.4 % de plus qu'en 2000.

Les teneurs en métaux lourds des eaux du Léman demeurent faibles et satisfont pleinement aux exigences requises pour les eaux de boisson et la vie piscicole. De même, les exigences relatives à la qualité des eaux fixées dans l'Ordonnance suisse sur la protection des eaux (OEaux, 1998), mais pour les cours d'eau, sont respectées pour les métaux surveillés. Seules les concentrations de cuivre observées sont quelquefois proches des exigences fixées par cette ordonnance.

Des traces d'herbicides triaziniques et de métolachlore sont toujours décelées dans les eaux du lac. Bien que les concentrations demeurent faibles, et probablement sans effet toxique sur l'écosystème, il faut relever que leur présence n'est pas souhaitable et que toute mesure visant à en limiter l'apport est à encourager.

Les teneurs en NTA et EDTA des eaux du lac restent faibles et respectent les tolérances requises pour les eaux de boisson.

BIBLIOGRAPHIE

- ALDER, A.C., GIGER, W. et SCHAFFNER, C. (1997) : Remplacement des phosphates dans les produits détergents : vers le pire ou vers l'acceptable ? EAWAG news, 42F, 6-8.
- BALVAY, G. (2002) : Bref aperçu sur le zooplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001.
- BLANC, P., CORVI, C. et RAPIN, F. (1994) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1993, 37-64.
- BLANC, P., CORVI, C., NIREL, P., REVACLIER, R. et RAPIN, F. (1996) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1995, 37-80.
- BLANC, P., PELLETIER, J.P. et MOILLE, J.P. (1993) : Variabilité spatiale et temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques dans l'eau du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1992, 113-162 et 162b-162p.
- CORVI, C. (1984b) : Métaux en traces. In : Le Léman, Synthèse 1957-1982, Ed. par Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Chapitre 3.2.11, page 207, tableau 3.
- CORVI, C. et KHIM-HEANG, S. (1996) : Recherche de quelques métaux et micropolluants organiques. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1995, 81-89.
- DIETRICH, D. (1995) : Kritische Beurteilung der Ökotoxikologischen Aussagekraft von Schwermetallanalysen in Fischen aus schweizerischen Gewässern. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., 86, 213-225.
- DIRECTIVE DU CONSEIL DES COMMUNAUTES EUROPEENNES du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (98/83/CE DU CONSEIL). Journal officiel des Communautés européennes, numéro L 330/32 du 5 décembre 1998.
- GUMY, D. et de ALENCASTRO, L.F. (2001) : Origine de la pollution du Léman par le chlorure. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 261-278.
- HOURIET, J.-P. (1996) : NTA dans les eaux. Cahier de l'environnement, série protection des eaux, No 264 et Annexes : Données de mesure. Documents environnement, série protection des eaux, No 54, Ed. par OFEFP, Berne.
- JOUANY, J.M. et al. (1995) : Etablissement d'une liste de substances phytosanitaires utilisées en agriculture à surveiller dans le bassin lémanique : méthodologie. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1994, 217-233.
- LEBOULANGER, C. (2002) : Dynamique de la production phytoplanctonique et de la biomasse chlorophyllienne dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001.
- OEaux (1998) : Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des Eaux (Suisse).
- OSEC (1995) : Ordonnance du 26 juin 1995 sur les Substances Etrangères et les Composants (état au 31 janvier 2000) (Suisse).
- REICHENBACH-KLINKE, H.-H. (1966) : Krankheiten und Schädigungen der Fische. Gustav Fischer Verlag, page 288.
- SIGG, L. (1992) : Les métaux lourds dans les cours d'eau. Nouvelles de l'EAWAG, 32, 32-35.
- STRAWCZYNSKI, A. (2002) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001.

PRODUITS PHYTOSANITAIRES RECHERCHÉS

ANNEXE 1

I. INSECTICIDES ET FONGICIDES CHLORÉS

| | |
|----------------|---------------------|
| α - HCH | IPRODIONE |
| β - HCH | HEPTACHLORE EPOXYDE |
| γ - HCH | HEPTACHLORE |
| δ - HCH | ALDRINE |
| pp'DDE | ENDRINE |
| pp'DDT | DIELDRINE |
| op'DDT | CAPTAFOL |
| pp'DDD | PROCYMIDONE |
| op'DDE | VINCLOZOLINE |
| op'DDD | CHLOROTHALONIL |
| DICOFOL | PCNB |
| ENDOSULFAN | DICHLORFLUANIDE |
| | FOLPET |

II. HERBICIDES AZOTÉS

II. 1 Triazines :

| | |
|------------|---------------|
| ATRAZINE | AZIPROTRYNE |
| SIMAZINE | TERBUTRYNE |
| PROPAZINE | TERBUTYLAZINE |
| DESMETRYNE | AMETRYNE |
| PROMETRYNE | |

II. 2 Dérivés de l'urée :

| | |
|--------------------|--------------|
| CHLORBROMURON | METOBROMURON |
| FENURON | CHLOROXYURON |
| METHABENZTHIAZURON | DIURON |
| MONOLINURON | LINURON |
| CYCLURON | ISOPROTURON |
| | DIFENOXYURON |

II.3 Divers :

METOLACHLORE

III. INSECTICIDES PHOSPHORÉS

| | |
|---------------------------|--------------------|
| ACEPHATE | LEPTOPHOS |
| AMIDITHION | MALAOXON |
| AZINPHOS-ETHYLE | MALATHION |
| AZINPHOS-METHYLE | MECARBAM |
| BROMOPHOS METHYLE | MERPHOS |
| BROMOPHOS-ETHYLE | METHACRIFOS |
| CARBOPHENOTHION-ETHYLE | METHAMIDOPHOS |
| CARBOPHENOTHION-METHYLE | METHIDATHION |
| CHLORFENVINFOS | MEVINPHOS |
| CHLORMEPHOS | MONOCROTHOPHOS |
| CHLORPYRIFOS | NALED |
| CHLORTHION | OMETHOAT |
| CHLORTHIOPHOS | OXIDEMETON-METHYLE |
| COUMAPHOS | PARAOXON |
| CYANOPHOS | PARAOXON-METHYLE |
| DEMETON-S-METHYLE | PARATHION |
| DEMETON-S-METHYLE-SULFONE | PARATHION-METHYLE |
| DEMETHON-SYSTOX | PHENKAPTON |
| DIALIFOS | PHENTOATE |
| DIAZINON | PHORATE |
| DICHLOFENTHION | PHOSALONE |
| DICHLORVOS | PHOSMET |
| DICROTOPHOS | PHOSPHAMIDON |
| DIMETHOATE | PIRIMIPHOS-ETHYLE |
| DIOXATHION | PIRIMIPHOS-METHYLE |
| DISULFOTON | PROFENOFOS |
| DITALIMPHOS | PROTHIOPHOS |
| DITHIONATE | PROTHOATE |
| EDIFENPHOS | PYRAZOPHOS |
| ENDOTHION | QUINALPHOS |
| EPN | SULFOTEP |
| ETHION | SULPROFOS |
| ETHOPROFOS | TEMEPHOS |
| ETRIMFOS | TERBUFOS |
| FENCHLORPHOS | TETRACHLORVINFOS |
| FENITROTHION | THIOMETON |
| FENSULFOTHION | TRIAMIPHOS |
| FENTHION | TRIAZOPHOS |
| FONOFOS | TRICHLORONAT |
| FORMOTHION | TRICHLORPHON |
| HEPTENOFOS | VAMIDOTHION |
| IODPHENFOS | ZINOPHOS |
| ISOPHENFOS | |

Concentrations moyennes pondérées - Léman (Grand Lac - SHL 2)

| Année | Oxygène mg/l | P tot. µg P/l | P-PO ₄ µg P/l | N tot. µg N/l | Nmintot µg N/l | N-NH ₄ µg N/l | N-NO ₂ µg N/l | N-NO ₃ µg N/l | Cl mg Cl/l | C.O.P µg C/l | Npartic µg N/l | Ppartic µg P/l | Transpar 12 mois (en m) | Transpar mai-sept (en m) |
|-------|-----------------|------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1957 | 9.66 | 12.4 | | | 266 | 0.3 | 1.0 | 265 | | | | | 10.80 | 6.74 |
| 1958 | 10.32 | 11.2 | | | 297 | 0.9 | 1.7 | 294 | | | | | 9.50 | 5.20 |
| 1959 | 9.59 | 10.4 | | | 312 | 0.3 | 1.1 | 311 | | | | | 9.70 | 6.74 |
| 1960 | 9.57 | 15.4 | | | 349 | 1.2 | 1.1 | 347 | | | | | 11.10 | 10.46 |
| 1961 | 9.36 | 20.0 | | | 366 | 3.4 | 0.9 | 362 | | | | | 9.50 | 8.06 |
| 1962 | 10.33 | 20.4 | | | 392 | 9.0 | 1.5 | 381 | | | | | 9.70 | 6.80 |
| 1963 | 10.30 | 34.7 | | | 314 | 6.0 | 1.5 | 306 | | | | | 9.80 | 6.26 |
| 1964 | 10.21 | 58.8 | | | 342 | 8.8 | 1.3 | 332 | | | | | 9.50 | 7.30 |
| 1965 | 10.25 | 56.8 | | | 391 | 4.4 | 1.3 | 385 | | | | | 9.50 | 7.10 |
| 1966 | 10.44 | 43.9 | | | 362 | 4.8 | 1.4 | 356 | | | | | 8.10 | 5.74 |
| 1967 | 9.72 | 27.0 | | | 314 | 2.1 | 1.0 | 311 | | | | | 9.80 | 6.30 |
| 1968 | 9.43 | 42.5 | | | 372 | 5.4 | 0.7 | 366 | | | | | 10.30 | 6.52 |
| 1969 | 9.01 | 41.7 | | | 354 | 4.2 | 1.1 | 349 | | | | | 9.60 | 7.24 |
| 1970 | 9.69 | 80.5 | 50.5 | | 383 | 2.9 | 1.3 | 379 | | | | | 8.63 | 4.86 |
| 1971 | 9.69 | 67.6 | 45.6 | | 382 | 9.0 | 1.6 | 371 | 2.73 | | | | 9.49 | 6.02 |
| 1972 | 9.25 | 71.1 | 56.3 | | 401 | 14.6 | 1.6 | 385 | 2.93 | | | | 8.45 | 6.88 |
| 1973 | 9.36 | 80.5 | 66.1 | 574 | 412 | 13.8 | 2.4 | 396 | 3.16 | | | | 9.33 | 5.48 |
| 1974 | 9.12 | 78.2 | 63.2 | 588 | 438 | 13.8 | 1.9 | 422 | 3.44 | | | | 8.46 | 5.98 |
| 1975 | 8.96 | 84.0 | 66.1 | 606 | 447 | 10.6 | 1.9 | 434 | 3.66 | | | | 7.30 | 3.78 |
| 1976 | 8.36 | 89.6 | 72.3 | 628 | 454 | 11.7 | 1.4 | 441 | 3.84 | | | | 8.18 | 4.00 |
| 1977 | 8.31 | 89.4 | 74.0 | 608 | 468 | 11.2 | 1.8 | 455 | 4.05 | | | | 7.95 | 5.18 |
| 1978 | 8.55 | 86.8 | 73.4 | 617 | 474 | 7.0 | 1.8 | 465 | 4.18 | | | | 7.27 | 5.64 |
| 1979 | 8.93 | 89.5 | 74.0 | 641 | 466 | 5.5 | 1.5 | 459 | 4.35 | | | | 10.42 | 5.86 |
| 1980 | 9.06 | 82.5 | 71.5 | 657 | 485 | 7.4 | 1.9 | 476 | 4.39 | | | | 8.88 | 6.04 |
| 1981 | 9.32 | 82.6 | 71.6 | 688 | 507 | 8.0 | 1.1 | 498 | 4.53 | | | | 8.10 | 5.80 |
| 1982 | 9.24 | 77.5 | 69.5 | 675 | 529 | 8.4 | 1.2 | 519 | 4.60 | | | | 7.54 | 5.52 |
| 1983 | 9.19 | 75.4 | 67.3 | 693 | 560 | 10.2 | 1.2 | 549 | 4.70 | | | | 8.23 | 6.04 |
| 1984 | 9.46 | 76.4 | 67.6 | 706 | 566 | 11.2 | 1.0 | 554 | 4.88 | | | | 7.59 | 5.55 |
| 1985 | 9.54 | 73.1 | 65.0 | 734 | 571 | 14.0 | 0.6 | 556 | 5.12 | | | | 8.44 | 4.94 |
| 1986 | 9.83 | 71.8 | 61.9 | 718 | 558 | 6.8 | 1.0 | 550 | 5.30 | 106.7 | 19.0 | 3.1 | 7.50 | 4.31 |
| 1987 | 9.62 | 67.7 | 58.3 | 713 | 573 | 6.6 | 0.8 | 566 | 5.40 | 72.9 | 14.0 | 2.9 | 8.00 | 4.70 |
| 1988 | 9.33 | 61.7 | 54.5 | 709 | 594 | 5.4 | 0.9 | 588 | 5.60 | 115.3 | 17.2 | 2.5 | 7.18 | 5.19 |
| 1989 | 8.65 | 58.3 | 51.7 | 712 | 605 | 5.6 | 0.9 | 598 | 5.68 | 93.3 | 14.2 | 2.1 | 8.85 | 6.22 |
| 1990 | 8.33 | 55.3 | 48.3 | 689 | 589 | 5.8 | 0.9 | 582 | 5.79 | 101.7 | 16.4 | 2.4 | 7.82 | 6.08 |
| 1991 | 8.49 | 52.3 | 45.3 | 660 | 580 | 5.9 | 0.9 | 572 | 6.00 | 91.5 | 15.1 | 2.5 | 7.79 | 5.86 |
| 1992 | 8.42 | 49.9 | 40.8 | 690 | 577 | 5.4 | 1.2 | 570 | 6.16 | 91.2 | 17.7 | 2.8 | 6.77 | 5.19 |
| 1993 | 8.29 | 47.3 | 40.4 | 656 | 581 | 3.2 | 0.9 | 577 | 6.18 | 88.1 | 13.3 | 2.3 | 8.24 | 5.42 |
| 1994 | 8.33 | 44.8 | 39.4 | 660 | 580 | 3.9 | 1.1 | 575 | 6.29 | 83.6 | 14.0 | 2.2 | 7.10 | 5.87 |
| 1995 | 8.22 | 41.3 | 37.0 | 667 | 576 | 3.5 | 1.2 | 571 | 6.47 | 90.1 | 13.1 | 2.3 | 7.47 | 5.89 |
| 1996 | 8.27 | 40.9 | 36.0 | 681 | 575 | 4.5 | 1.1 | 569 | 6.68 | 107.4 | 22.3 | 2.3 | 7.17 | 4.56 |
| 1997 | 8.41 | 37.7 | 33.7 | 673 | 568 | 4.2 | 1.1 | 563 | 6.96 | 107.4 | 23.1 | 2.2 | 8.82 | 6.73 |
| 1998 | 8.26 | 39.6 | 35.2 | 658 | 557 | 5.1 | 0.9 | 551 | 7.06 | 100.3 | 22.1 | 2.2 | 7.36 | 5.65 |
| 1999 | 8.79 | 39.2 | 34.9 | 662 | 560 | 3.3 | 0.8 | 556 | 7.19 | 92.3 | 13.2 | 2.3 | 8.99 | 5.72 |
| 2000 | 9.09 | 36.5 | 31.8 | 629 | 550 | 2.9 | 1.3 | 546 | 7.42 | 109.8 | 14.7 | 2.5 | 7.42 | 4.96 |
| 2001 | 8.48 | 34.2 | 28.8 | 680 | 570 | 1.8 | 0.8 | 567 | 7.60 | 94.1 | 12.9 | 2.3 | 6.29 | 5.06 |

Remarques :

Les méthodes de calcul pour les concentrations moyennes pondérées et les stocks, ainsi que les volumes d'eau des différentes couches du Léman sont indiqués dans BLANC et al. (1996).

Stocks en tonnes - Léman (Grand Lac - SHL 2)

| Année | Oxygène tonnes | P tot. tonnes | P-PO ₄ tonnes | N tot. tonnes | Nmintot tonnes | N-NH ₄ tonnes | N-NO ₂ tonnes | N-NO ₃ tonnes | Cl tonnes | C.O.P. tonnes | P partic tonnes | N partic tonnes |
|-------|-------------------|------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 1957 | 827'900 | 1'150 | | | 22'824 | 25 | 109 | 22'690 | | | | |
| 1958 | 883'900 | 960 | | | 25'370 | 75 | 145 | 25'150 | | | | |
| 1959 | 822'000 | 890 | | | 26'733 | 30 | 93 | 26'610 | | | | |
| 1960 | 819'800 | 1'320 | | | 29'931 | 105 | 96 | 29'730 | | | | |
| 1961 | 802'000 | 1'720 | | | 31'370 | 290 | 80 | 31'000 | | | | |
| 1962 | 885'200 | 1'750 | | | 37'527 | 770 | 127 | 36'630 | | | | |
| 1963 | 883'100 | 2'970 | | | 26'839 | 510 | 129 | 26'200 | | | | |
| 1964 | 874'900 | 5'050 | | | 29'275 | 750 | 115 | 28'410 | | | | |
| 1965 | 878'500 | 4'870 | | | 33'459 | 375 | 114 | 32'970 | | | | |
| 1966 | 894'400 | 3'760 | | | 31'071 | 415 | 116 | 30'540 | | | | |
| 1967 | 823'700 | 2'320 | | | 26'887 | 180 | 87 | 26'620 | | | | |
| 1968 | 808'300 | 3'640 | | | 31'888 | 465 | 63 | 31'360 | | | | |
| 1969 | 772'100 | 3'580 | | | 30'403 | 360 | 93 | 29'950 | | | | |
| 1970 | 830'600 | 6'920 | | | 32'804 | 245 | 109 | 32'450 | | | | |
| 1971 | 830'500 | 5'790 | 3'910 | | 32'668 | 770 | 138 | 31'760 | 237'000 | | | |
| 1972 | 792'400 | 6'090 | 4'830 | | 34'426 | 1'255 | 141 | 33'030 | 251'000 | | | |
| 1973 | 801'900 | 6'900 | 5'660 | 49'180 | 35'306 | 1'185 | 201 | 33'920 | 271'000 | | | |
| 1974 | 781'700 | 6'700 | 5'420 | 50'350 | 37'544 | 1'180 | 164 | 36'200 | 295'000 | | | |
| 1975 | 767'500 | 7'200 | 5'670 | 51'970 | 38'292 | 905 | 167 | 37'220 | 314'000 | | | |
| 1976 | 716'800 | 7'670 | 6'200 | 53'820 | 38'916 | 1'000 | 116 | 37'800 | 329'000 | | | |
| 1977 | 712'100 | 7'660 | 6'340 | 52'140 | 40'115 | 960 | 155 | 39'000 | 347'000 | | | |
| 1978 | 732'300 | 7'440 | 6'290 | 52'860 | 40'558 | 595 | 153 | 39'810 | 358'000 | | | |
| 1979 | 765'500 | 7'670 | 6'340 | 54'970 | 39'929 | 470 | 129 | 39'330 | 372'000 | | | |
| 1980 | 776'200 | 7'070 | 6'130 | 56'270 | 41'574 | 635 | 159 | 40'780 | 376'000 | | | |
| 1981 | 798'600 | 7'080 | 6'130 | 58'970 | 43'490 | 680 | 90 | 42'720 | 388'000 | | | |
| 1982 | 791'600 | 6'640 | 5'950 | 57'830 | 45'274 | 720 | 104 | 44'450 | 394'000 | | | |
| 1983 | 787'600 | 6'460 | 5'760 | 59'360 | 48'000 | 875 | 105 | 47'020 | 403'000 | | | |
| 1984 | 810'200 | 6'550 | 5'790 | 60'500 | 48'488 | 965 | 83 | 47'440 | 418'000 | | | |
| 1985 | 817'600 | 6'260 | 5'570 | 62'970 | 48'855 | 1'205 | 50 | 47'600 | 439'000 | | | |
| 1986 | 842'600 | 6'150 | 5'300 | 61'500 | 47'812 | 580 | 72 | 47'160 | 454'000 | 9'138 | 262 | 1'630 |
| 1987 | 824'200 | 5'800 | 5'000 | 61'130 | 49'169 | 570 | 69 | 48'530 | 462'000 | 6'247 | 249 | 1'203 |
| 1988 | 799'940 | 5'290 | 4'665 | 60'750 | 50'882 | 458 | 74 | 50'350 | 480'200 | 9'882 | 217 | 1'472 |
| 1989 | 741'520 | 4'995 | 4'430 | 61'020 | 51'776 | 482 | 74 | 51'220 | 486'300 | 7'993 | 179 | 1'220 |
| 1990 | 714'200 | 4'740 | 4'145 | 59'000 | 50'460 | 493 | 77 | 49'890 | 496'200 | 8'715 | 209 | 1'400 |
| 1991 | 727'600 | 4'480 | 3'880 | 56'540 | 49'670 | 509 | 81 | 49'080 | 514'000 | 7'840 | 218 | 1'292 |
| 1992 | 721'550 | 4'275 | 3'495 | 59'150 | 49'389 | 464 | 105 | 48'820 | 528'300 | 7'811 | 241 | 1'515 |
| 1993 | 710'190 | 4'050 | 3'460 | 56'210 | 49'814 | 274 | 80 | 49'460 | 529'700 | 7'548 | 197 | 1'142 |
| 1994 | 714'185 | 3'835 | 3'380 | 56'550 | 49'701 | 334 | 92 | 49'275 | 538'930 | 7'166 | 185 | 1'203 |
| 1995 | 704'075 | 3'535 | 3'170 | 57'140 | 49'348 | 302 | 101 | 48'945 | 554'670 | 7'722 | 193 | 1'123 |
| 1996 | 708'680 | 3'505 | 3'085 | 58'350 | 49'205 | 382 | 93 | 48'730 | 572'410 | 9'205 | 198 | 1'913 |
| 1997 | 721'005 | 3'230 | 2'885 | 57'690 | 48'701 | 357 | 94 | 48'250 | 596'140 | 9'207 | 185 | 1'981 |
| 1998 | 707'750 | 3'395 | 3'020 | 56'430 | 47'764 | 434 | 80 | 47'250 | 604'630 | 8'596 | 186 | 1'897 |
| 1999 | 753'185 | 3'360 | 2'990 | 56'780 | 48'002 | 283 | 64 | 47'655 | 615'910 | 7'905 | 193 | 1'134 |
| 2000 | 778'880 | 3'130 | 2'725 | 53'910 | 47'815 | 250 | 115 | 47'450 | 635'650 | 9'413 | 212 | 1'263 |
| 2001 | 726'525 | 2'930 | 2'465 | 58'270 | 48'818 | 152 | 66 | 48'600 | 651'600 | 8'065 | 197 | 1'105 |