

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

PHYSICAL-CHEMICAL CHANGES AND TESTS FOR METALS AND SOME MICROPOLLUTANTS IN THE WATERS OF LAKE GENEVA

Campagne 2002

PAR

Jérôme LAZZAROTTO

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

François RAPIN

SECRÉTARIAT DE LA 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 2002 se caractérise par une activité photosynthétique continue toute l'année et un brassage hivernal faible.

L'hiver 2001-2002 n'a pas fourni de brassage permettant de réoxygéner les eaux profondes. On peut estimer que la circulation hivernale des eaux a atteint 120 mètres en mars 2002.

La concentration en oxygène des eaux du fond du Grand Lac atteint 4.31 mg O₂/L au maximum au mois de juin et 1.91 mg O₂/L au minimum à mi-octobre. Dix mois sur douze, la concentration en oxygène dissous est inférieure à 4 mg O₂/L dans les eaux du fond.

La température des eaux du fond continue d'augmenter. Depuis le dernier brassage en 1986, il y a un accroissement de 1°C. En 2002 on observe 5.94°C en moyenne contre 5.86°C en 2001.

La période des "eaux claires", en liaison avec le développement du zooplancton, est peu marquée, pour cette période la transparence est très faible relativement aux années précédentes.

Le phosphore dissous est consommé en quasi-totalité dans les couches superficielles à partir de mi-mars jusqu'en décembre.

La concentration moyenne en phosphore total du lac est de 34.0 µgP/L en 2002, il n'y a pas d'évolution significative par rapport à 2001. Pour les stocks de phosphore total du Grand Lac, on observe une valeur de 2'920 tonnes de phosphore en moyenne pour l'année 2002.

On observe un comportement asymptotique de la teneur en phosphore pour ces dernières années, il est donc important de poursuivre et d'intensifier les efforts au niveau de la lutte à la source et au niveau de l'assainissement.

L'azote nitrique et l'azote total restent constants relativement aux années précédentes.

La concentration en chlorure continue d'augmenter pour atteindre 7.85 mg Cl/L, soit 3.3 % de plus qu'en 2001.

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. 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.

ABSTRACT

2002 was characterized by continuous photosynthetic activity all year round, and by low winter churning.

The winter of 2001-2002 did not produce enough churning to reoxygenate the water at the bottom of the lake. Water circulation during the winter can be estimated to have reached 120 meters by March 2002.

The oxygen concentration in the water at the bottom of the Great Lake reached a peak of 4.31 mg O₂/L in June and a minimum of 1.91 mg O₂/L in mid-October. For 10 months out of 12, the oxygen concentration was below 4 mg O₂/L in the water at the bottom.

The temperature of the water at the bottom of the lake continued to increase. Since the last heavy churning in 1986, the mean temperature has increased by 1°C. In 2002 the mean temperature was 5.94°C, versus 5.86°C in 2001.

The "clear water" period, linked to the development of the zooplankton, was not very marked, and the transparency during this period was much lower than in previous years.

The dissolved phosphorus had virtually all been consumed in the surface layers from mid March to December.

The mean total phosphorus concentration of the lake was 34.0 µgP/L in 2002; there had been no significant change since 2001. The mean total phosphorus content of the Grand Lac for 2002 was 2'920 tonnes.

The phosphorus content values for recent years display an asymptotic pattern; this means that it is important to continue and even step up efforts to tackle this both at source and by means of purification.

The nitric nitrogen and total nitrogen remained the same as in previous years.

The chloride concentration continued to increase, and reached 7.85 mg Cl/L, i.e. 3.3 % up on 2001.

The levels of heavy metals in the waters of lake Geneva remained low, and complied with the requirements for drinking water and for water for fish life. Traces of triazine herbicides and metolachlor were still detectable in the water of the lake. Although the concentrations remain low, and probably have no toxic impact on the ecosystem, it should be noted that their presence is undesirable, and any measures intended to reduce their introduction are to be encouraged.

1. MÉTHODES

La station de mesure des paramètres physico-chimiques, représentée sur la figure 1, est la suivante :

- 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),

Cette 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 - 25* - 30 - 35* - 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. Les profondeurs 25 et 35 m (*) sont prélevées de mars à octobre. Il y a eu 21 campagnes de prélèvements en 2002.

Les prélèvements sont effectués, selon des techniques uniformisées, par la Station d'Hydrobiologie Lacustre (INRA-UMR/CARRETEL-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 2002, les résultats analytiques sont concordants (STRAWCZYNSKI et PASQUINI, 2003).

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

Certains métaux et micropolluants organiques sont recherchés, à différentes profondeurs (0 - 1 - 5 - 7.5 - 10 - 30 - 100 - 305 - 309 m), 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).

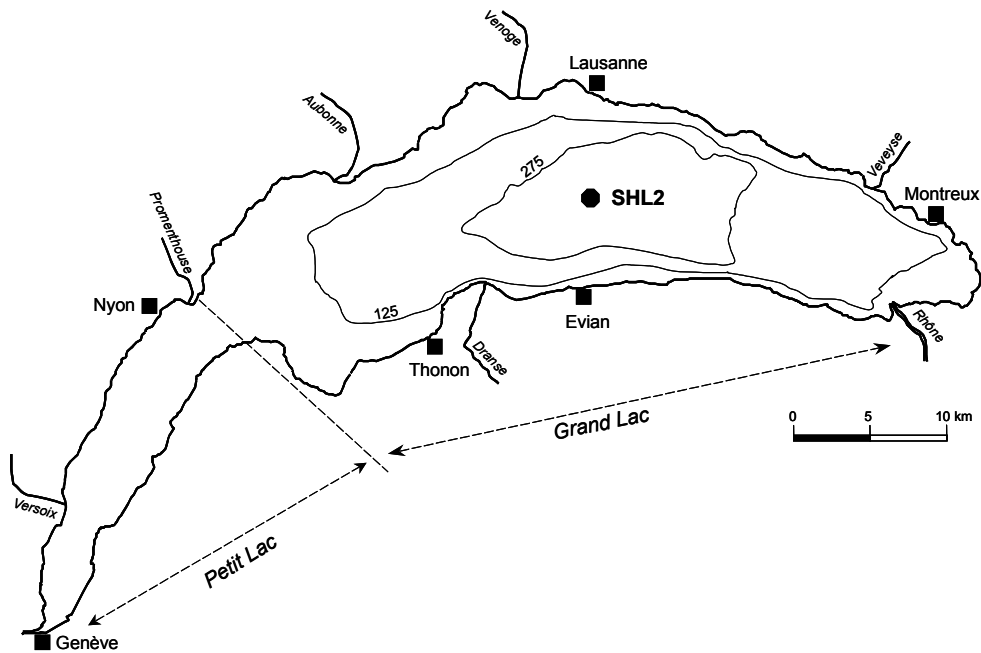


Figure 1 : Situation du point de prélèvement

Figure 1 : Location of the sampling station

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

L'hiver 2001-2002 a été froid mais sans vents suffisants pour homogénéiser la colonne d'eau; dès le mois de février, les températures ont été élevées pour la saison et les vents faibles. Cela a entraîné un mauvais brassage pour l'année 2002.

Cependant, on constate une réoxygénation de la colonne d'eau continue jusqu'en fin juin 2002 où la concentration en oxygène dissous atteint 4.31 mgO₂/L (moins importante qu'en 2001 : 4.55 mgO₂/L).

La température des eaux du fond du Grand Lac continue d'augmenter selon la tendance observée ces dernières années.

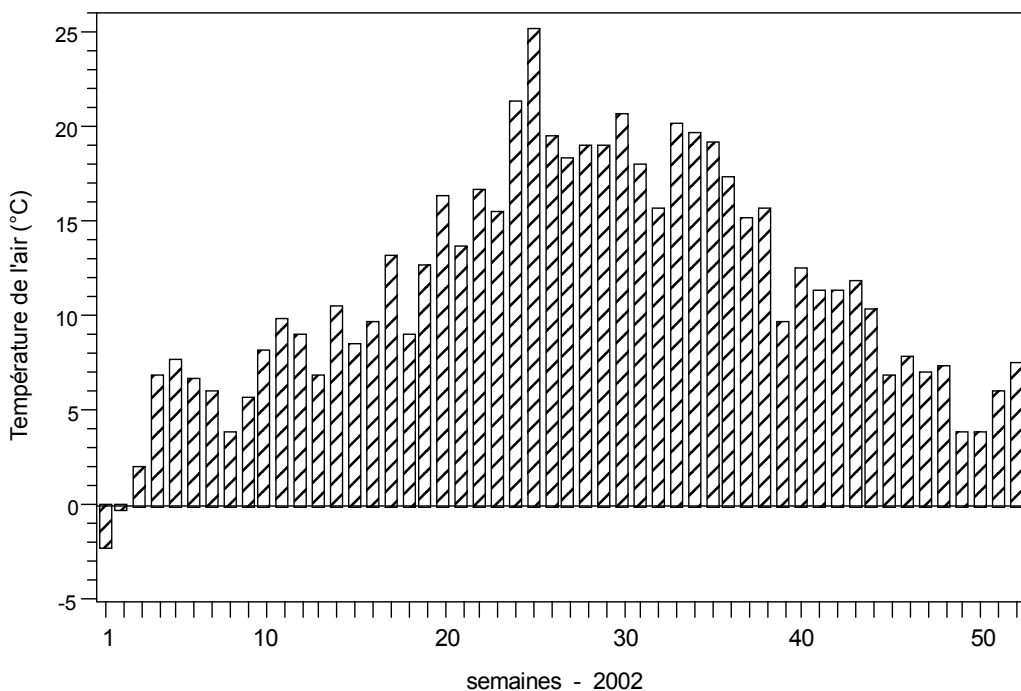


Figure 2 a : Température moyenne hebdomadaire de l'air à la station de Pully en 2002

Figure 2 a : Mean weekly air temperature at the Pully station in 2002

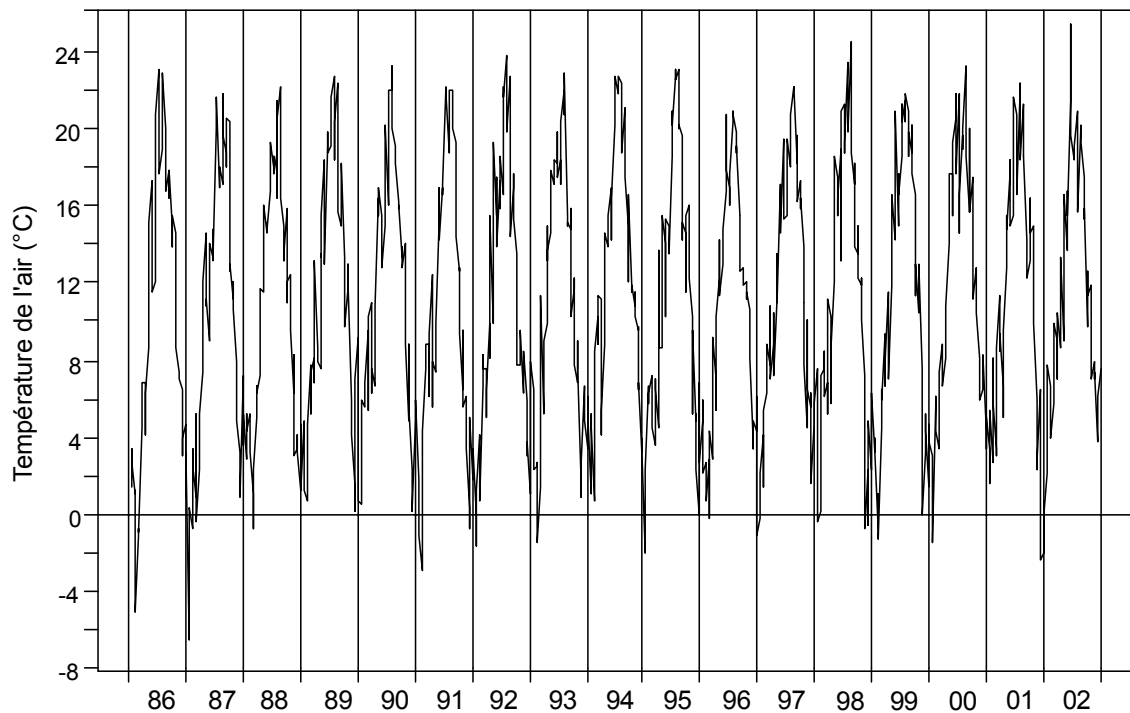


Figure 2 b : Température moyenne hebdomadaire de l'air à la station de Pully de 1986 à 2002

Figure 2 b : Mean weekly air temperature at the Pully station from 1986 to 2002

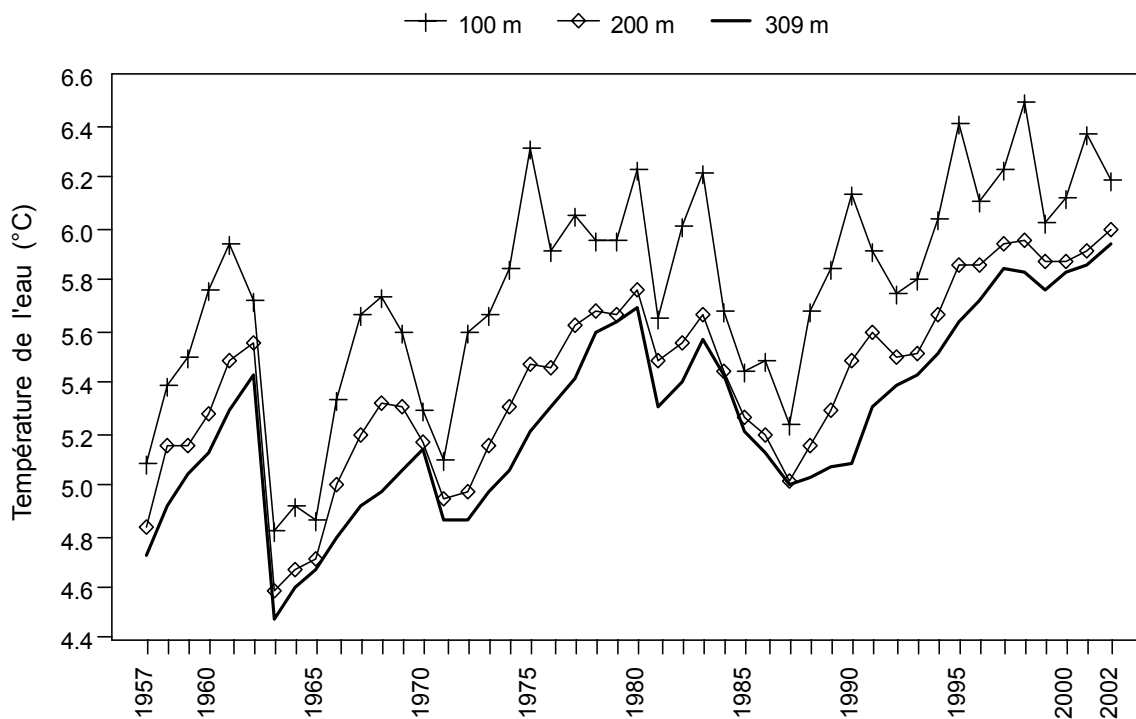


Figure 3 : Evolution de la température moyenne annuelle de l'eau à 100, 200 et 309 mètres de profondeur, Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 3 : Change in the mean annual water temperature at depths of 100, 200 and 309 meters, lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

Température (°C) - Léman / Grand Lac (SHL 2) - 1996 à 2002

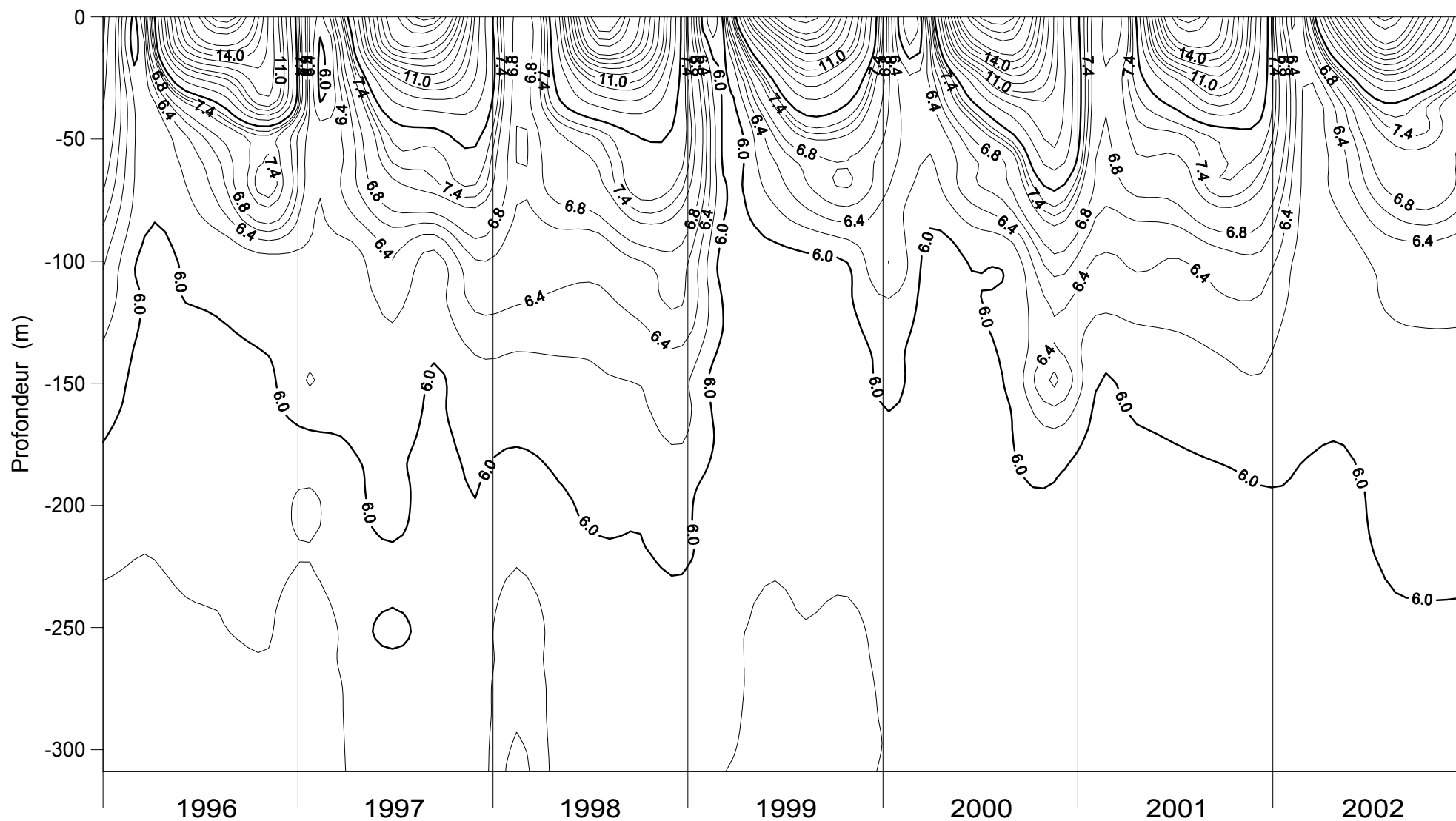


Figure 4 : Température des eaux du Léman (Grand Lac - SHL2) en fonction de la profondeur (N.B. : suivant le nombre d'années prises en considération, de très légères modifications de présentation graphique peuvent apparaître (différence de lissage des courbes d'isovaleurs))

Figure 4 : Water temperature in lake Geneva (Grand Lac - SHL2) as a function of depth (N.B.: depending on how many years are taken into consideration, there may be some very slight differences in the graphical presentation (differences in the smoothing of the isothermal curves))

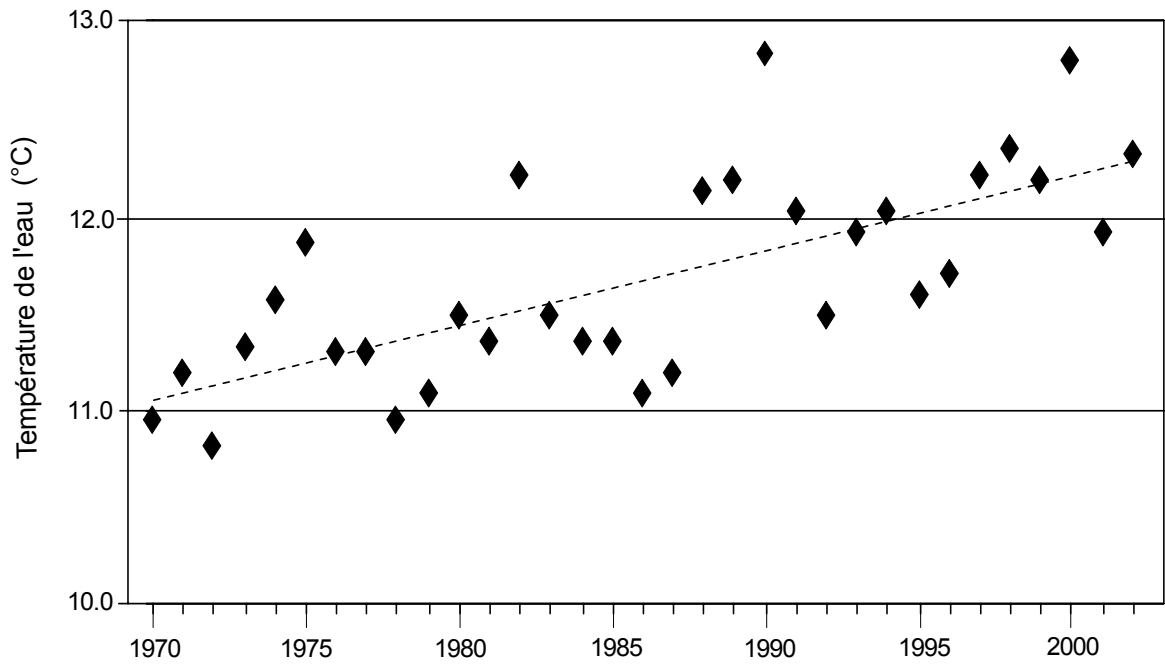


Figure 5 : Evolution de la température moyenne annuelle de l'eau du Léman à 5 mètres de profondeur - Grand Lac (SHL2)

Figure 5 : Change in the mean annual water temperature of lake Geneva at a depth of 5 meters I - Grand Lac (SHL2)

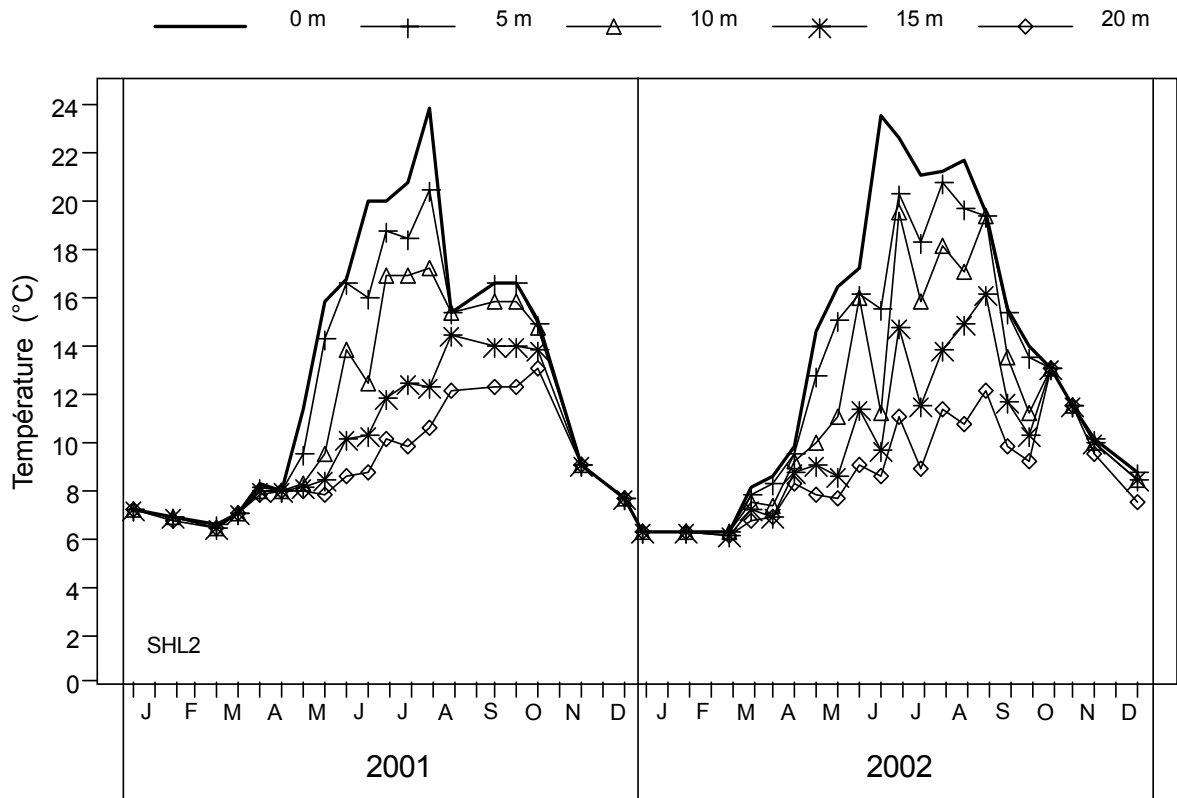


Figure 6 : Température de l'eau des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m) Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 6 : Temperature of the water in the surface layers (0, 5, 10, 15 and 20 m) lake Geneva - 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 2002 ne permet qu'un renouvellement partiel des nutriments en provenance des couches profondes. La concentration en orthophosphates est remontée à 20 µgP/L début mars 2002 dans les couches superficielles contre 24 µgP/L en mars 2001 (figures 7 et 8).

Parallèlement, l'azote nitrique est remonté à 590 µgN/L (figure 9) et la silice dissoute à 1.37 mg/L (figure 10) dans les couches superficielles au mois de mars.

La transparence maximale de 13.0 m observée le 5 février 2002 est élevée comparée à l'année précédente (8.9 m en février 2001) (figure 11).

L'activité photosynthétique a fortement démarré à partir du mois de mars suivant le réchauffement des eaux superficielles et s'est maintenue de façon soutenue toute l'année (figure 9). Cette augmentation de l'activité photosynthétique commence plus tôt qu'en 2001.

Cette activité est accompagnée d'une chute brutale des concentrations en nutriments (PO_4^{3-} , SiO_2 , NO_3^- : figures 7 à 10) et de faibles valeurs de transparence (inférieure à 5 mètres : figure 11) qui correspondent à la poussée de diatomées.

Cette activité induit aussi une augmentation de l'oxygène dissous dans les couches superficielles, cette augmentation est plus importante que l'année précédente (figure 12).

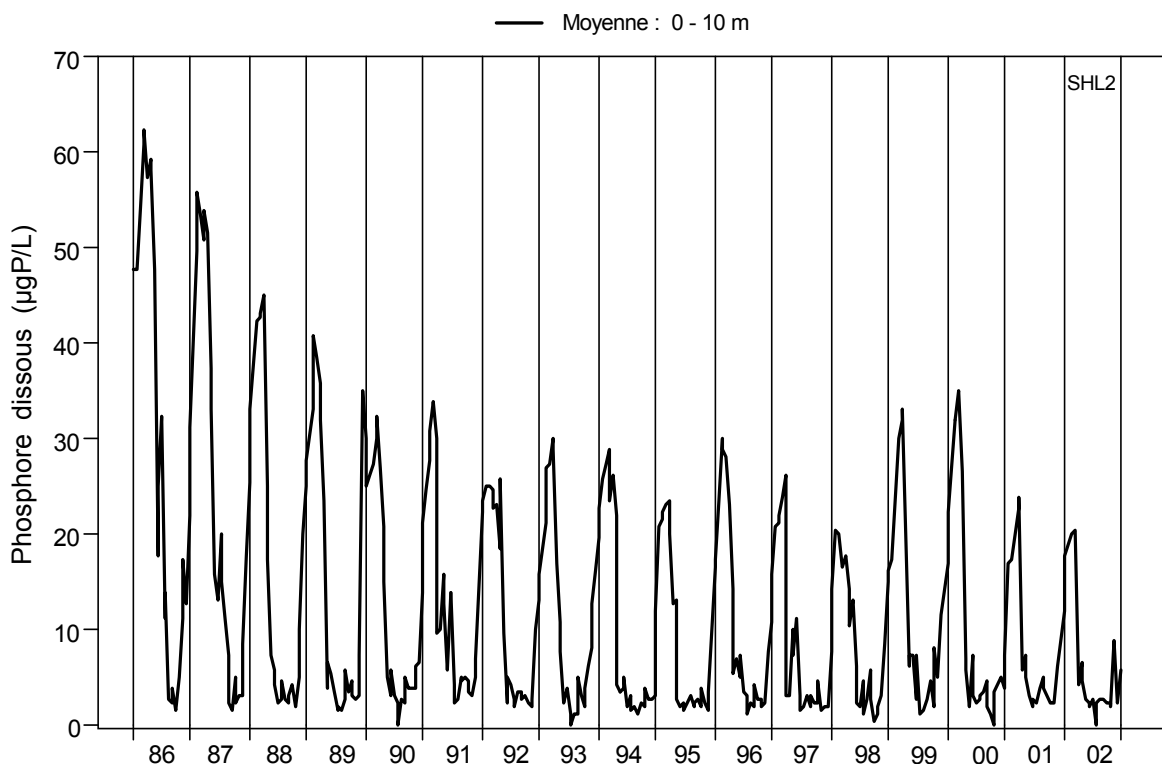


Figure 7 : Concentration en phosphore dissous (PO_4^{3-}) des eaux de la couche superficielle (moyenne 0-10 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 7 : Concentration of dissolved phosphorus (PO_4^{3-}) in the water in the surface layers (mean 0-10 m), lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

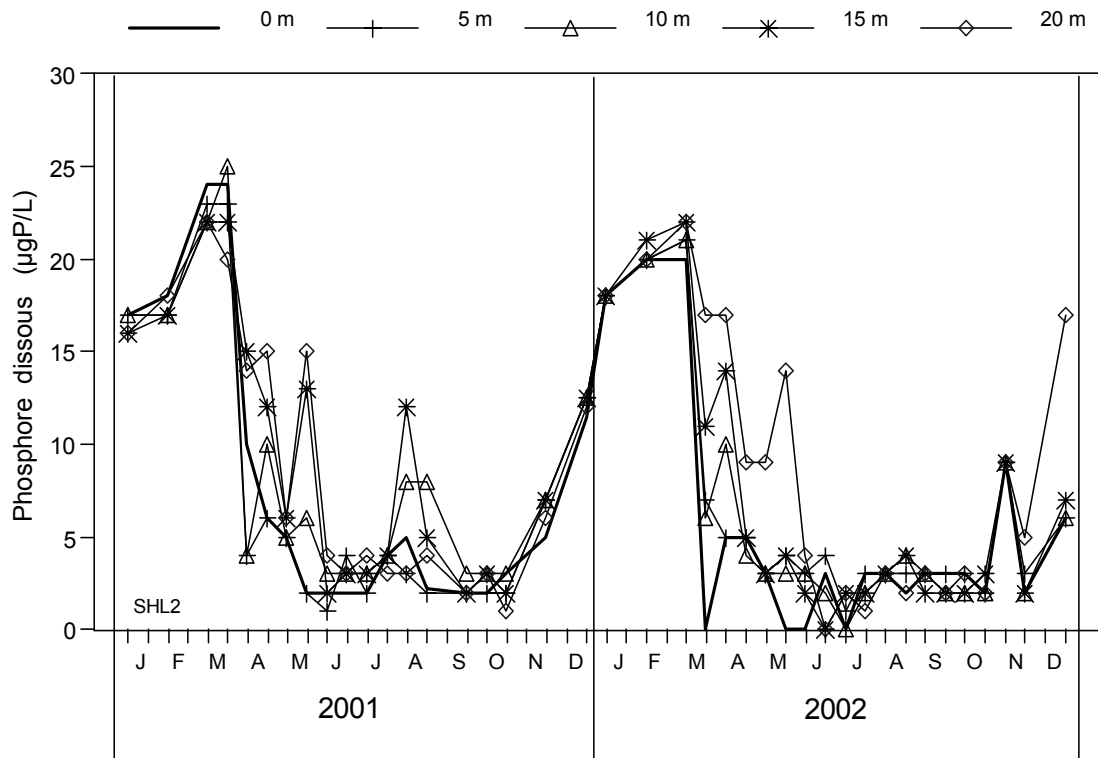


Figure 8 : Concentration en phosphore dissous (PO_4^{3-}) des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 8 : Concentration of dissolved phosphorus (PO_4^{3-}) in the water in the surface layers (0, 5, 10, 15 and 20 m), lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

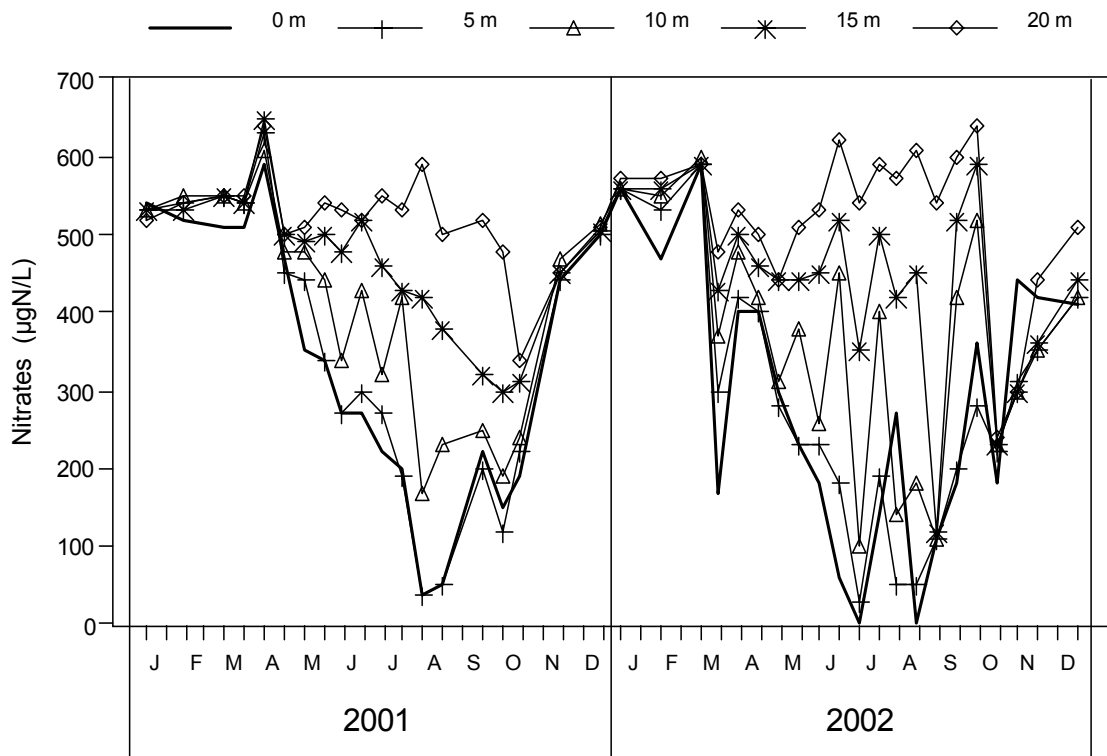


Figure 9 : Concentration en nitrate (NO_3^-) des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 9 : Concentration of nitrate (NO_3^-) in the water in the surface layers (0, 5, 10, 15 and 20 m), lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

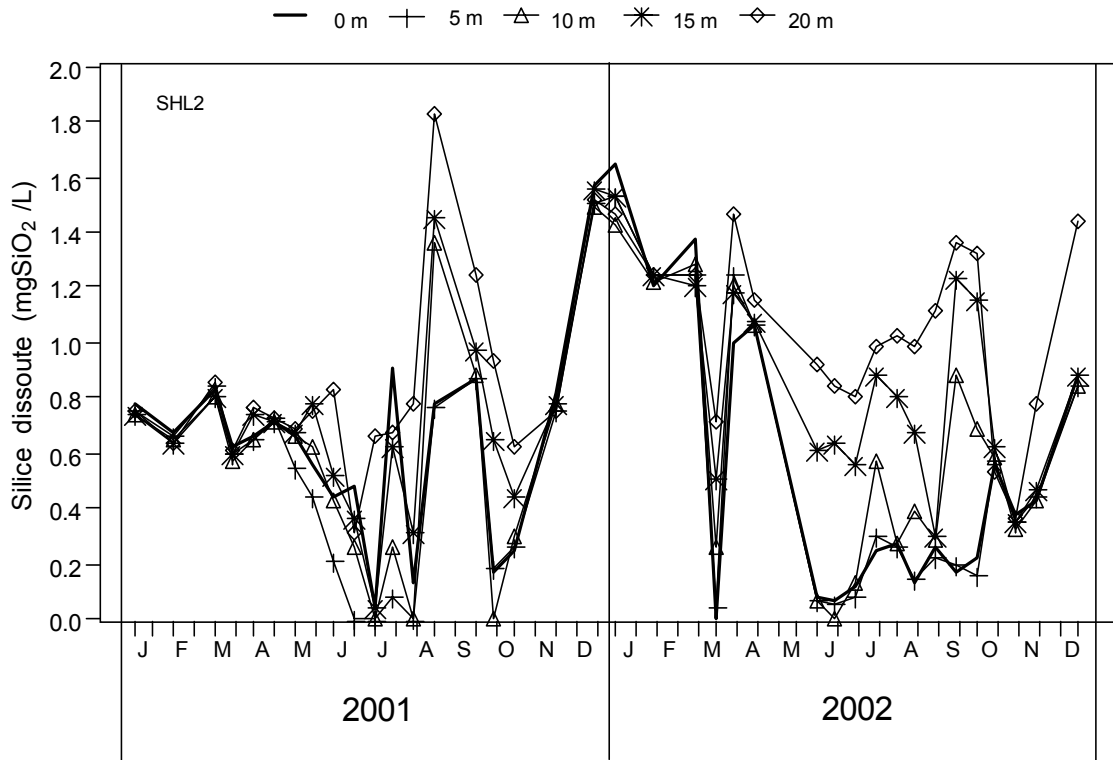


Figure 10 : Concentration en silice dissoute (SiO₂) des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 10 : Concentration of dissolved silica (SiO₂) in the water in the surface layers (0, 5, 10, 15 and 20 m), lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

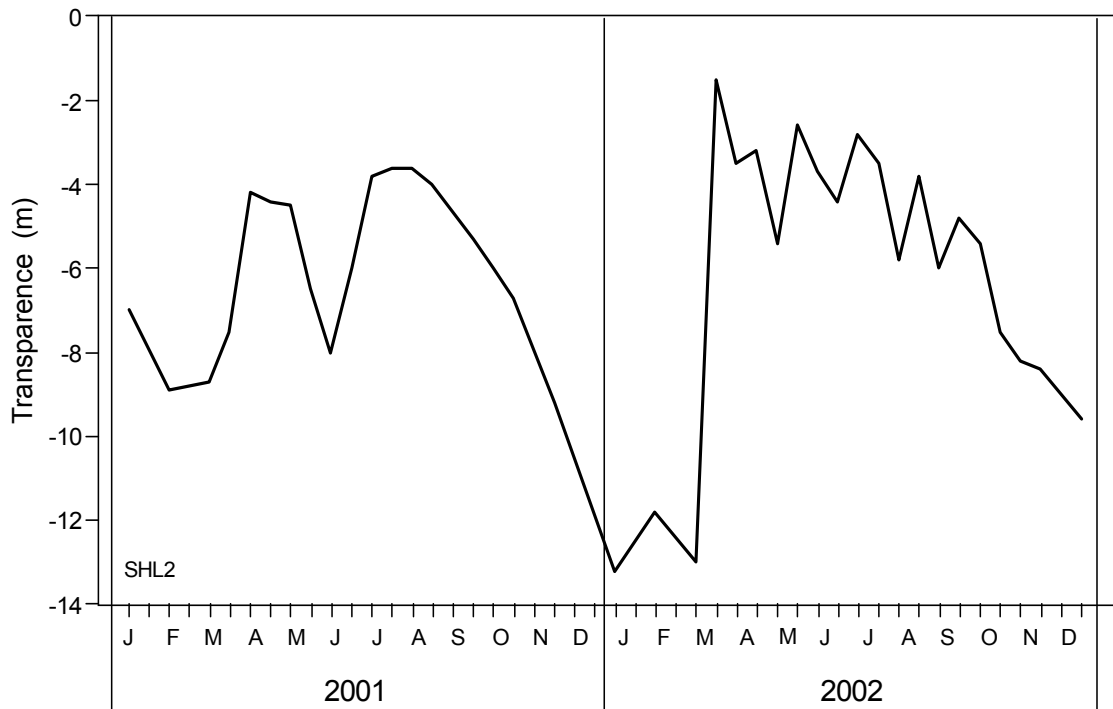


Figure 11 : Transparence mesurée avec le disque de Secchi, Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 11 : Transparency measured using a Secchi disk, lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

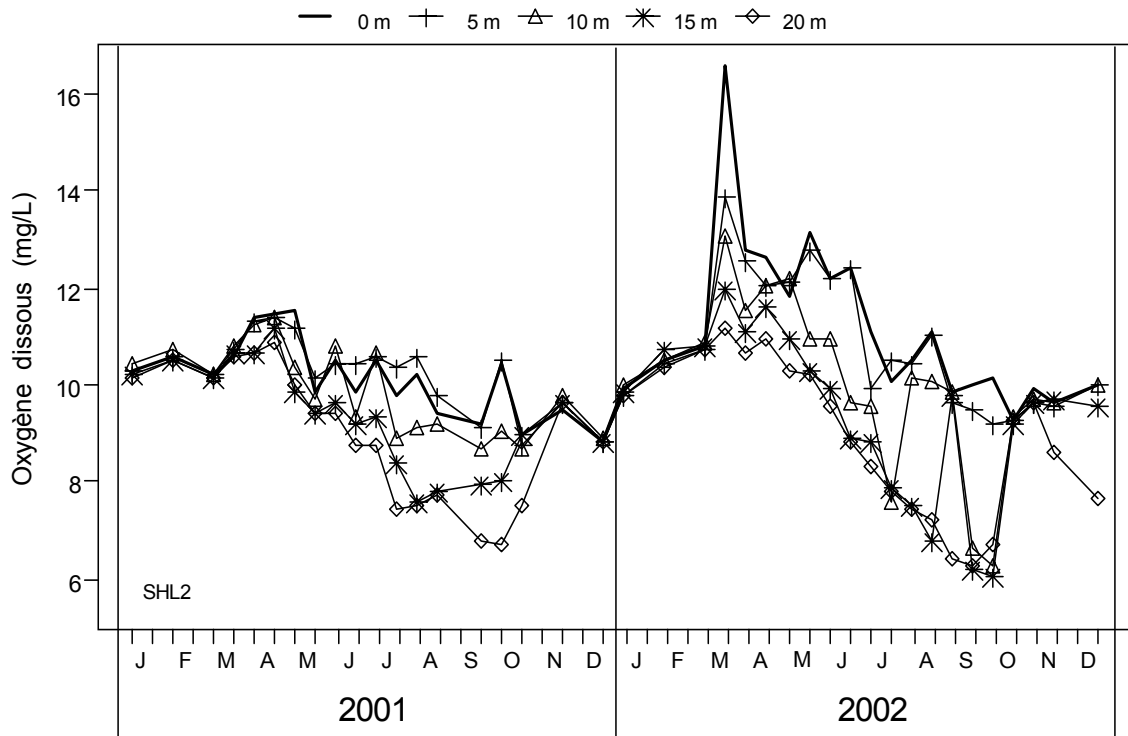


Figure 12 : Concentration en oxygène dissous des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 12 : Concentration of dissolved oxygen in the water in the surface layers (0, 5, 10, 15 and 20 m), lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

3.2 Reste de l'année

La période des "eaux claires" est liée au développement du zooplancton. Elle est peu marquée cette année : on l'observe au mois de mai avec une transparence maximum de 5.4 m durant la campagne du 15 mai 2002, plus faible qu'en 2001 (figure 11). Cette période est observée légèrement plus tôt que pour l'année 2001, mais ne se distingue pas nettement du reste de l'année.

Confirmant cette situation, on constate une augmentation de l'azote ammoniacal due au développement du zooplancton et de ses excréments (BALVAY, 2003). L'azote ammoniacal atteint des concentrations de 30 µgN/L en surface de manière continue entre mai et juillet, soit deux fois moins importantes que pour l'année précédente (figure 13) en relation avec la moindre abondance du zooplancton (BALVAY, 2003).

L'activité phytoplanctonique redémarre à partir de fin avril entraînant une chute des concentrations en nutriments dans les couches superficielles. La silice, les orthophosphates et les nitrates chutent à la même période (figures 8 à 10), les orthophosphates restent à des concentrations très faibles jusqu'en décembre (figure 8).

Cette activité est accompagnée d'un pic en carbone particulaire et en azote particulaire et atteint un maximum lors de la campagne du 18 mars 2002 (figure 14).

Les températures des couches superficielles sont similaires à celles de 2001 de janvier à juillet, et restent importantes jusqu'en septembre, avec une température supérieure de 4 °C par rapport à 2001 pour cette période (figure 6).

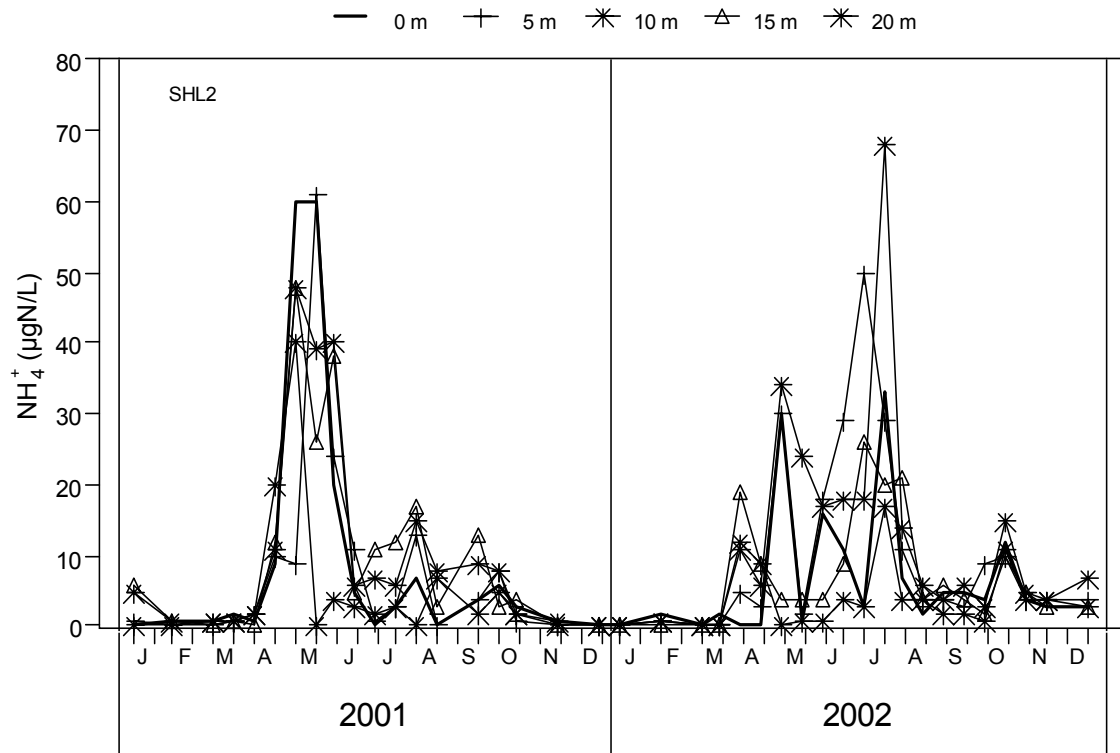


Figure 13 : Concentration en azote ammoniacal des eaux des couches superficielles (0, 5, 10, 15 et 20 m), Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 13 : Concentration of ammoniacal nitrogen in the water in the surface layers (0, 5, 10, 15 and 20 m), lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

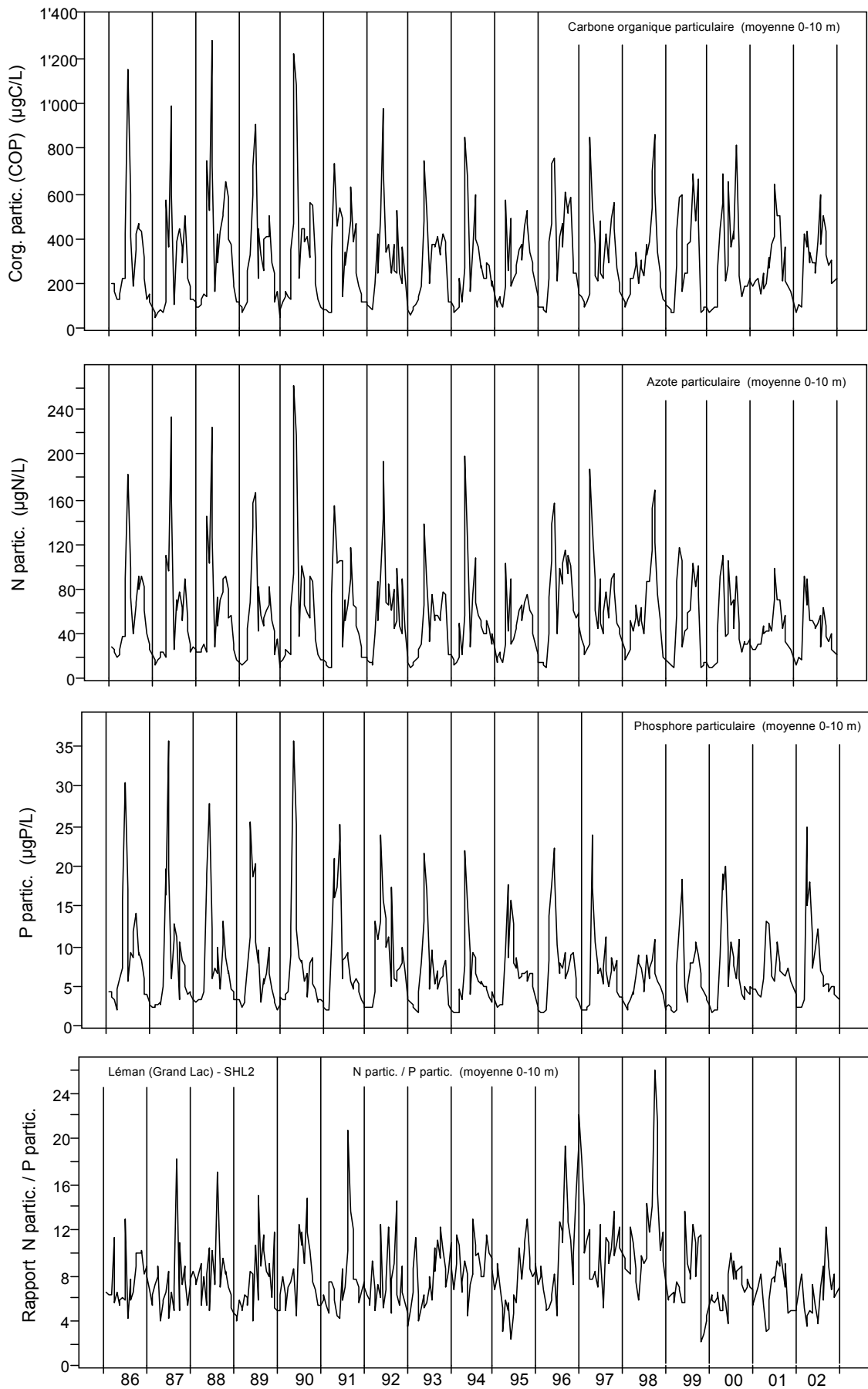


Figure 14 : Concentrations en carbone organique, azote et phosphore particulaires des eaux de la couche superficielle (0-10 m) et rapport Nparticulaire / Pparticulaire, Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 14 : Concentrations of particulate organic carbon, nitrogen and phosphorus in the water in the surface layers (0-10 m) and the N/P particulates ratio, lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

4. ÉVOLUTION SAISONNIÈRE DANS LES COUCHES PROFONDES

Depuis 1986, on n'a pas observé de brassage absolument complet du lac; 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 des eaux. Toutefois on a observé, en 1999, un brassage presque complet (figures 15 et 17).

En 2002, l'homogénéisation de la colonne d'eau atteint environ 120 m lors de la campagne du 5 mars 2002, elle est donc insuffisante pour assurer la réoxygénation des eaux profondes (figures 15 et 17).

La moyenne de la teneur en oxygène au fond du Grand Lac en 2002 est de 3.37 mgO₂/L, contre 3.90 mgO₂/L en 2001 et elle est en dessous de 4 mgO₂/L durant toute l'année sauf au mois de juin et de septembre (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 entraîne la remise en solution des orthophosphates contenus dans les sédiments (figure 16). Cette diffusion reste faible et du même ordre que les années précédentes : 103 µgP/L au maximum le 13 novembre 2002 (contre 104 µgP/L en 2001).

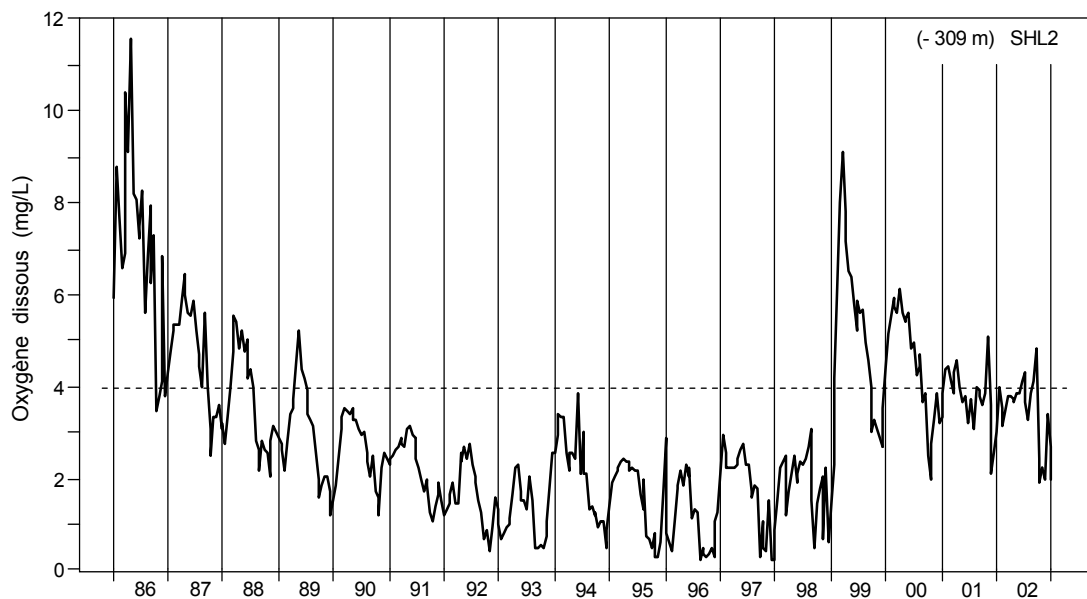


Figure 15 : Concentration en oxygène dissous des eaux du fond, Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 15 : Concentration of dissolved oxygen in the water at the bottom of the lake, lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

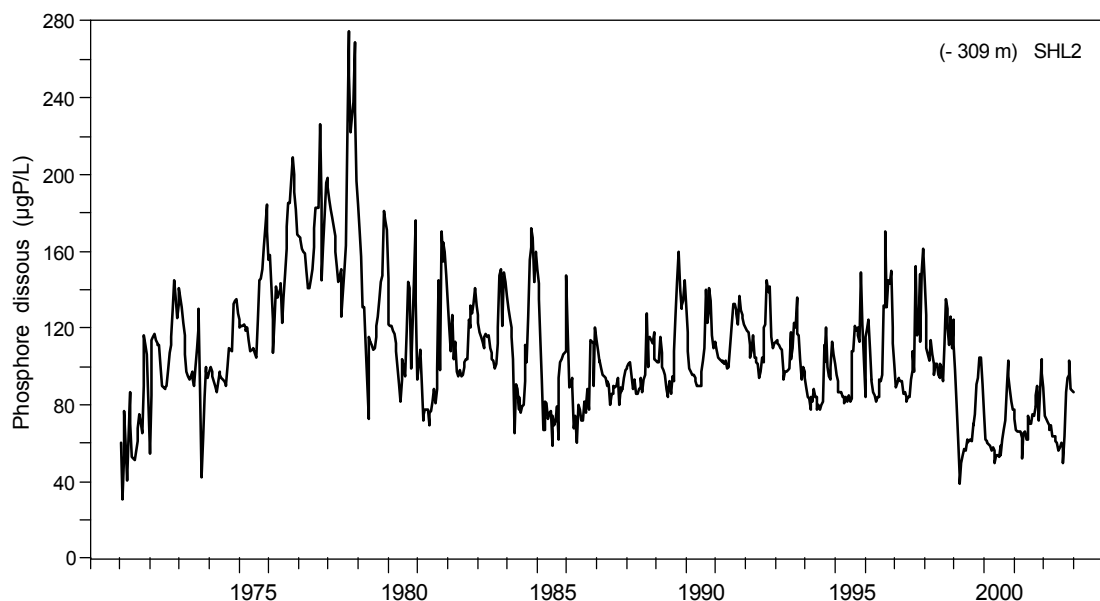


Figure 16 : Concentration en phosphore dissous (PO₄³⁻) des eaux du fond, Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 16 : Concentration of dissolved phosphorus (PO₄³⁻) in the water at the bottom of the lake, lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

Oxygène (mg/l) - Léman / Grand Lac (SHL 2) - 1996 à 2002

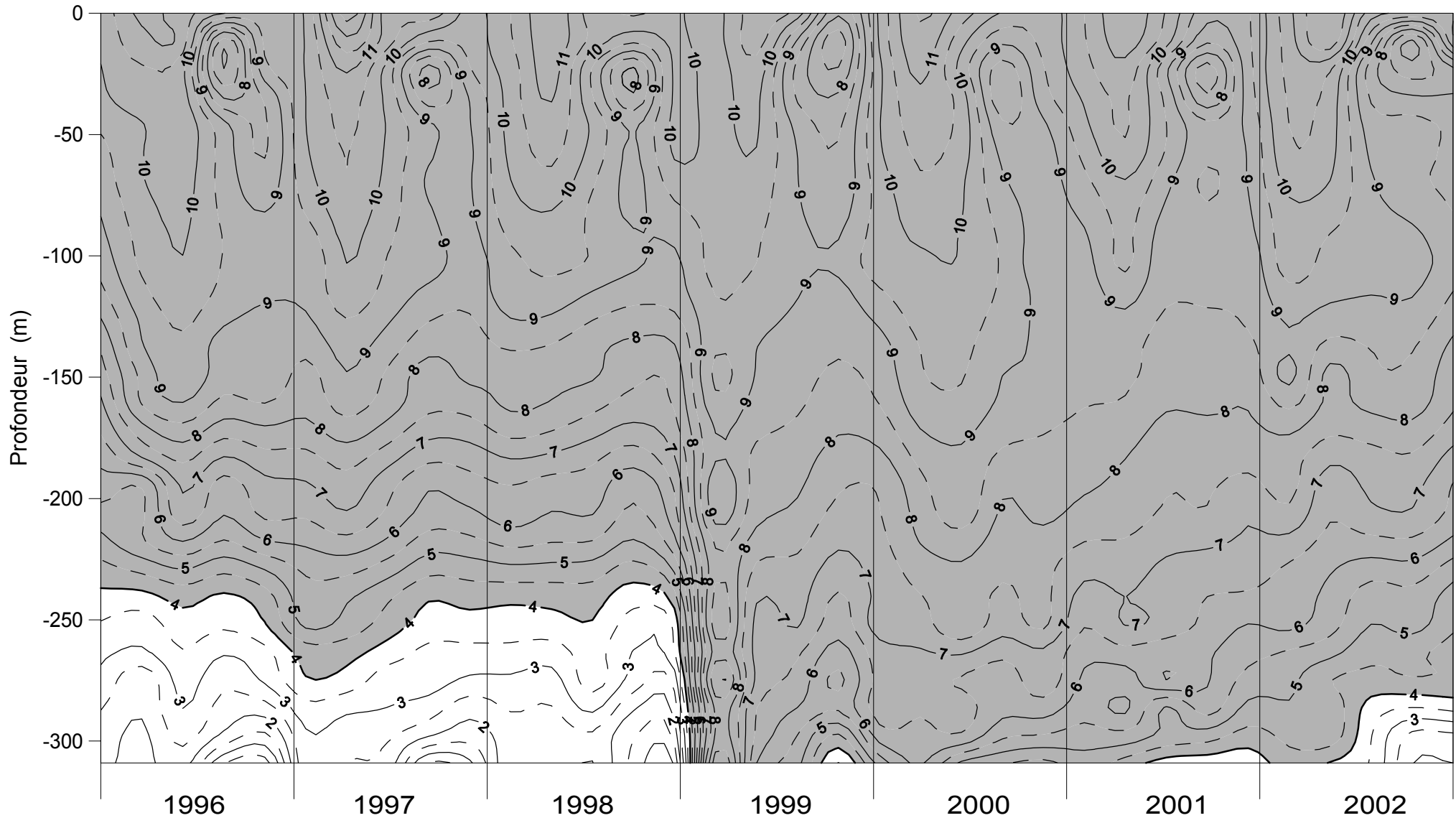


Figure 17 : Concentration en oxygène dissous des eaux du Léman (Grand Lac - SHL2) en fonction de la profondeur (zone grisée = concentration supérieure à 4 mgO₂/L)
(N.B. : suivant le nombre d'années prises en considération, de très légères modifications de représentation graphique peuvent apparaître - différence de lissage des courbes d'isovaleurs)

Figure 17 : Concentration of dissolved oxygen in the water of lake Geneva (Grand Lac - SHL2) as a function of depth (shaded zone = concentration > 4 mgO₂/L)
(N.B. : depending on how many years are taken into consideration, there may be some very slight differences in the graphical presentation (differences in the smoothing of the isothermal curves))

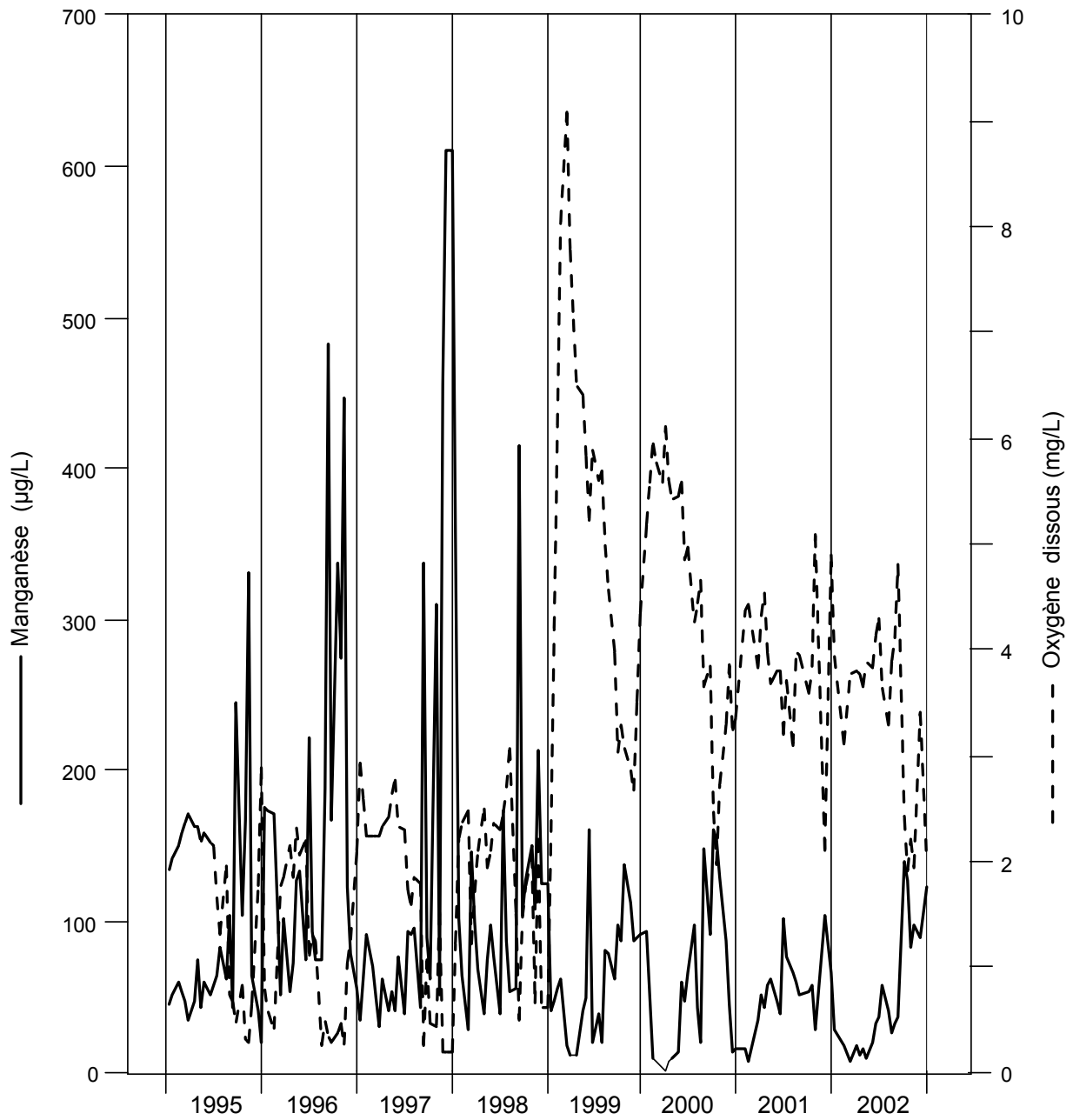


Figure 18 : Evolution comparée des concentrations en manganèse total et en oxygène dissous dans les eaux du fond du Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 18 : Comparison of the changes in the concentrations of total manganese and of dissolved oxygen in the water at the bottom of lake Geneva - 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 2002 n'a pas permis une réoxygénation importante des couches profondes, la concentration d'oxygène au printemps au fond du lac atteint à peine 3.81 mgO₂/L, plus faible qu'en 2001 : 4.55 mgO₂/L.

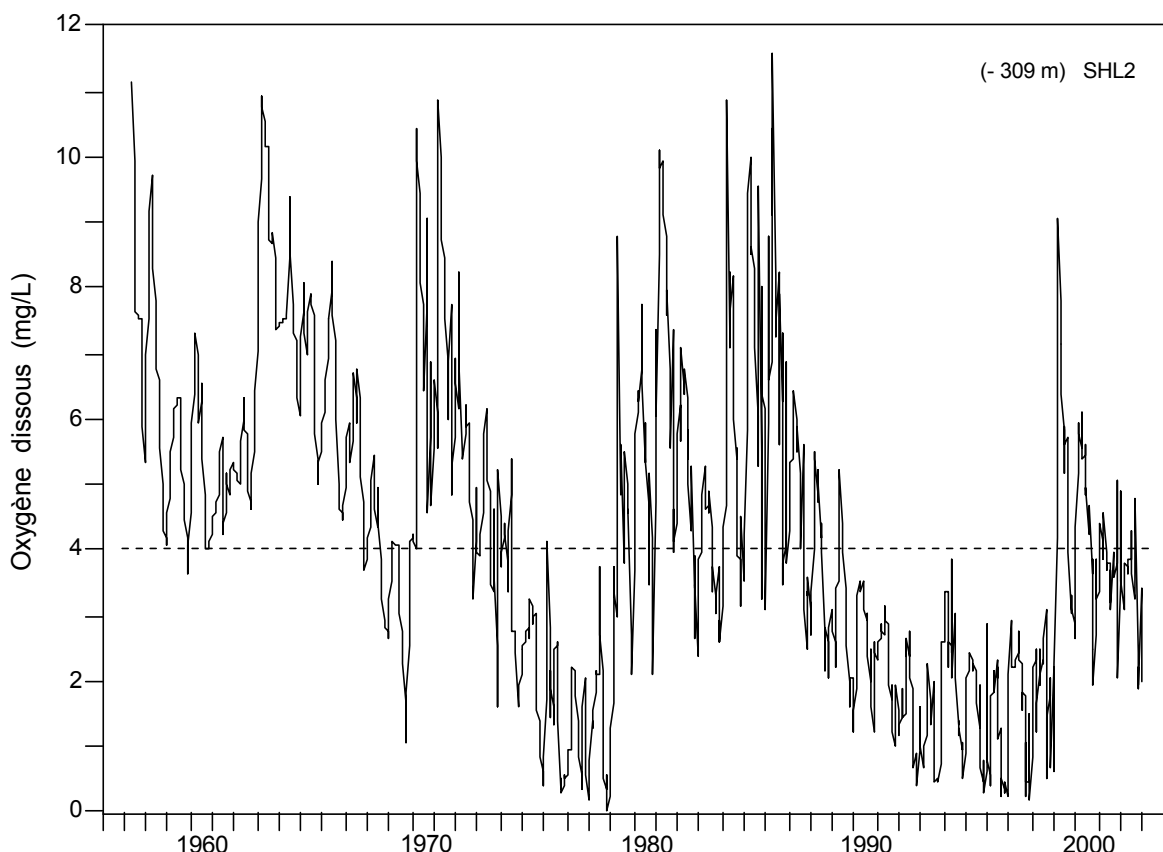


Figure 19 : Concentration en oxygène dissous des eaux au fond du Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 19 : Concentration of dissolved oxygen in the water at the bottom of lake Geneva - 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 :

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

avec

C_i = concentration dans la strate

V_i = volume de la strate

V = volume total du Grand Lac

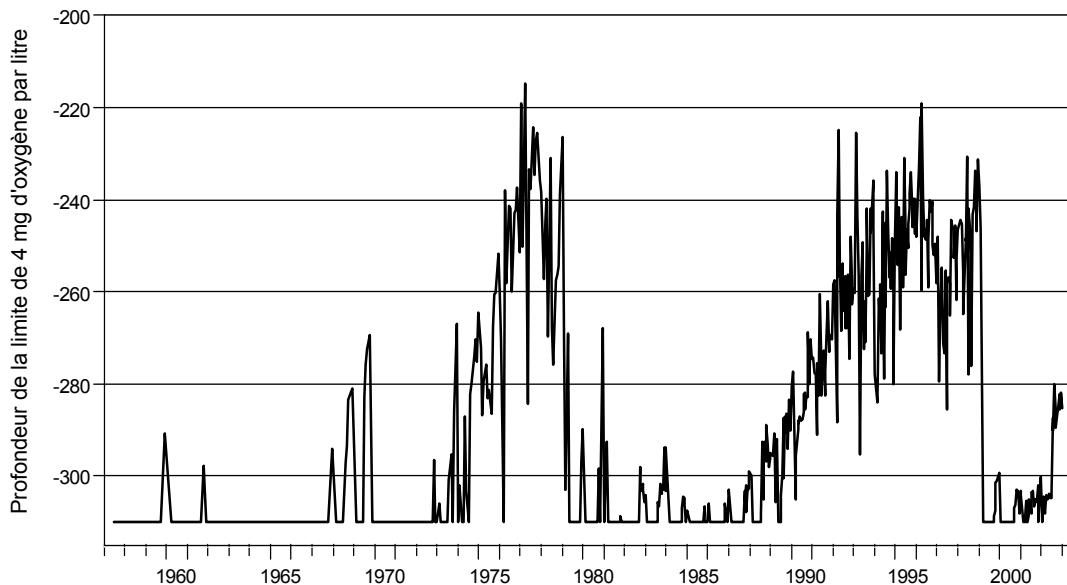


Figure 20 : Evolution de la profondeur de la limite à 4 mgO₂/L dans le Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 20 : Change in the depth of the 4 mgO₂/L threshold in lake Geneva - 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.

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

En 2002, le stock moyen en phosphore total n'évolue pas significativement, soit 2'915 tonnes P en phosphore total (2'930 t en 2001) et 2'530 tonnes P pour le phosphore dissous (2'465 t en 2001). Ce qui correspond à une concentration moyenne de 34.0 µgP/L en phosphore total et de 29.5 µgP/L en phosphore dissous (figure 21).

On observe un comportement asymptotique de l'évolution en phosphore total pour ces dernières années, ce qui confirme que des efforts supplémentaires de réduction du phosphore sont à produire, au niveau de l'assainissement et à la source.

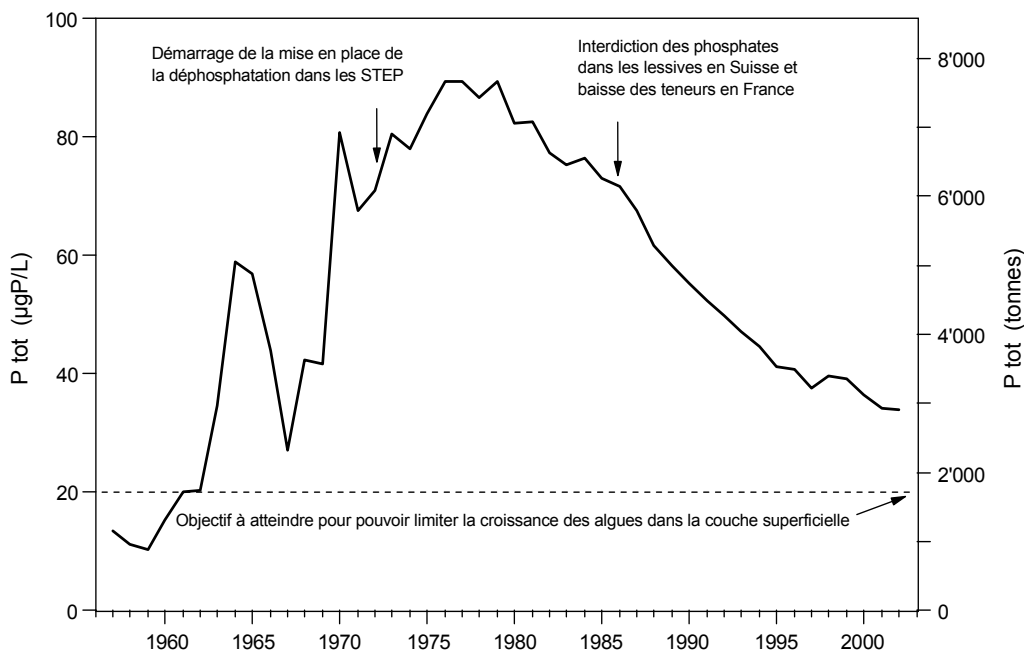


Figure 21 : Evolution de la concentration moyenne annuelle pondérée et du stock de phosphore total contenu dans le Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 21 : Change in the weighted mean annual total phosphorus concentration and total phosphorus content of the lake of Geneva - Grand Lac (SHL2)

La figure 22 montre l'évolution des concentrations en phosphore dissous dans les différentes couches pour les années 1996 à 2002.

Orthophosphate - PO₄ (µgP/l) - Léman / Grand Lac (SHL 2) - 1996 à 2002

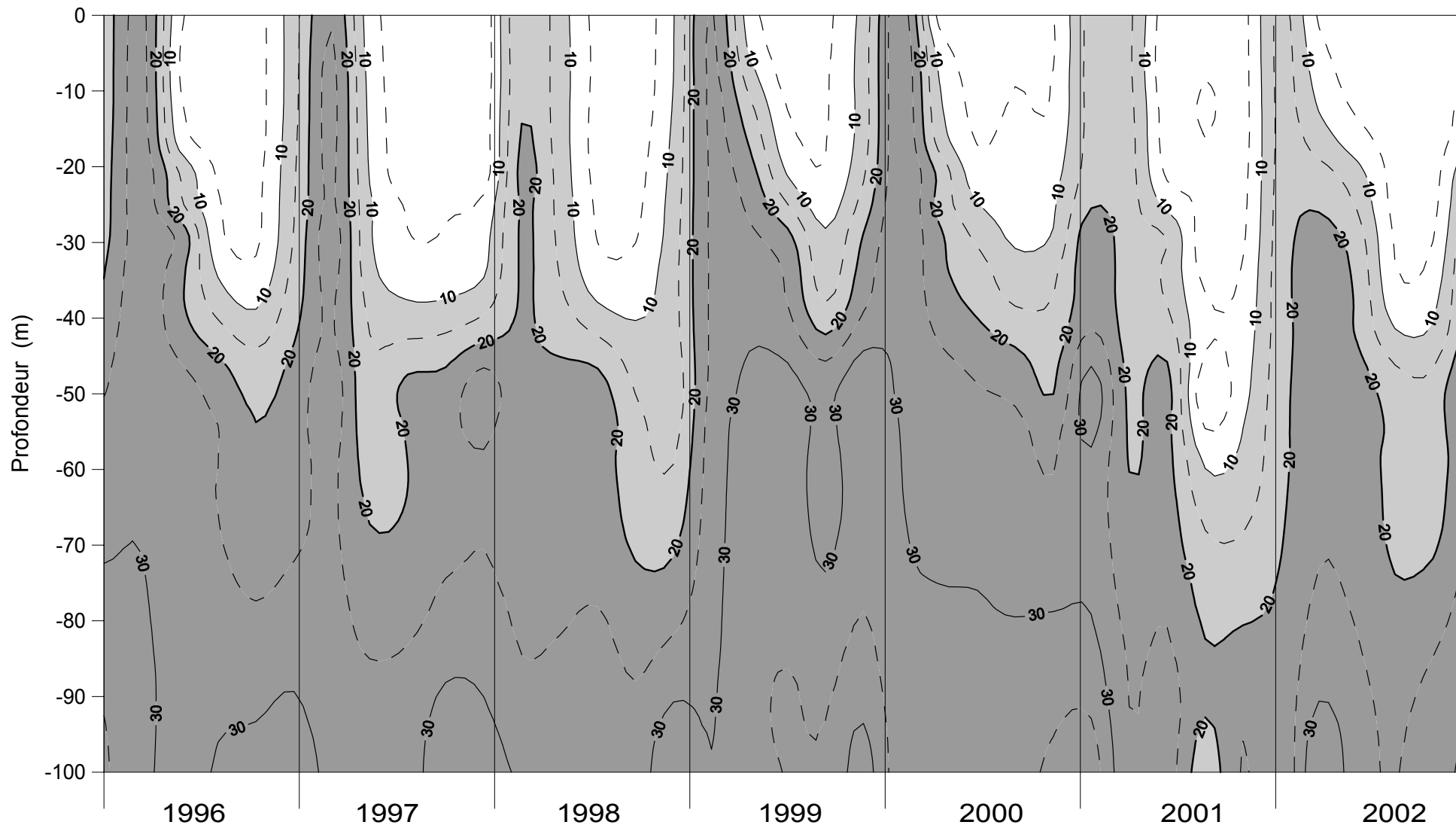


Figure 22 : Concentration en phosphore dissous (PO₄³⁻) dans les différentes couches du Léman (SHL2) (zone grisée foncée = concentration supérieure à 20 µgP/L; zone grisée claire = concentration entre 10 et 20 µgP/L) (N.B. : suivant le nombre d'années prises en considération, de très légères modifications de représentation graphique peuvent apparaître (différence de lissage des courbes d'isovaleurs))

Figure 22 : Concentration of dissolved phosphorus (PO₄³⁻) in the various layers of lake Geneva (SHL2) (dark gray shaded zone = concentration > 20 µgP/L; light gray shaded zone = concentration between 10 and 20 µgP/L) (N.B.: depending on how many years are taken into consideration, there may be some very slight differences in the graphical presentation (differences in the smoothing of the isothermal curves))

5.3 Transparence (figure 23)

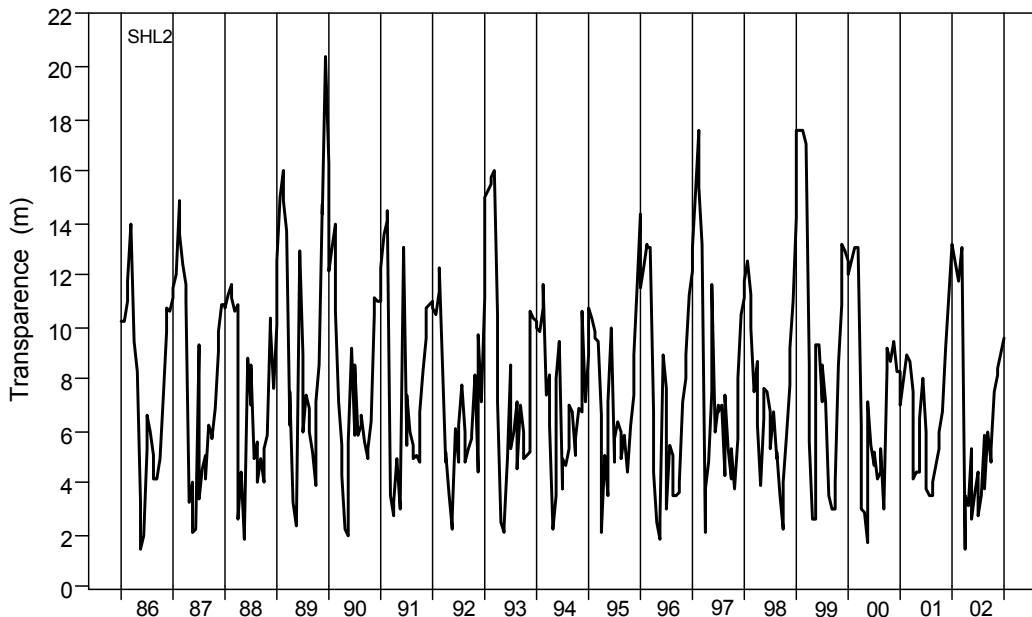


Figure 23 : Evolution de la transparence mesurée avec le disque de Secchi, Léman - Grand Lac (SHL2)
Figure 23 : Change in the transparency measured using a Secchi disk, lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

5.4 Azote nitrique et azote total (figure 24)

L'azote nitrique reste constant depuis quelques années avec une teneur moyenne annuelle de 544 $\mu\text{gN/L}$ en 2002 (soit 2.41 mgNO_3/L ; la norme pour l'eau de boisson est en Suisse de : 40 mgNO_3/L et en France de : 50 mgNO_3/L).

L'azote total reste constant relativement aux années précédentes avec une concentration de 659 $\mu\text{gN/L}$ en 2002 soit un stock de 56'460 tonnes N (figure 24).

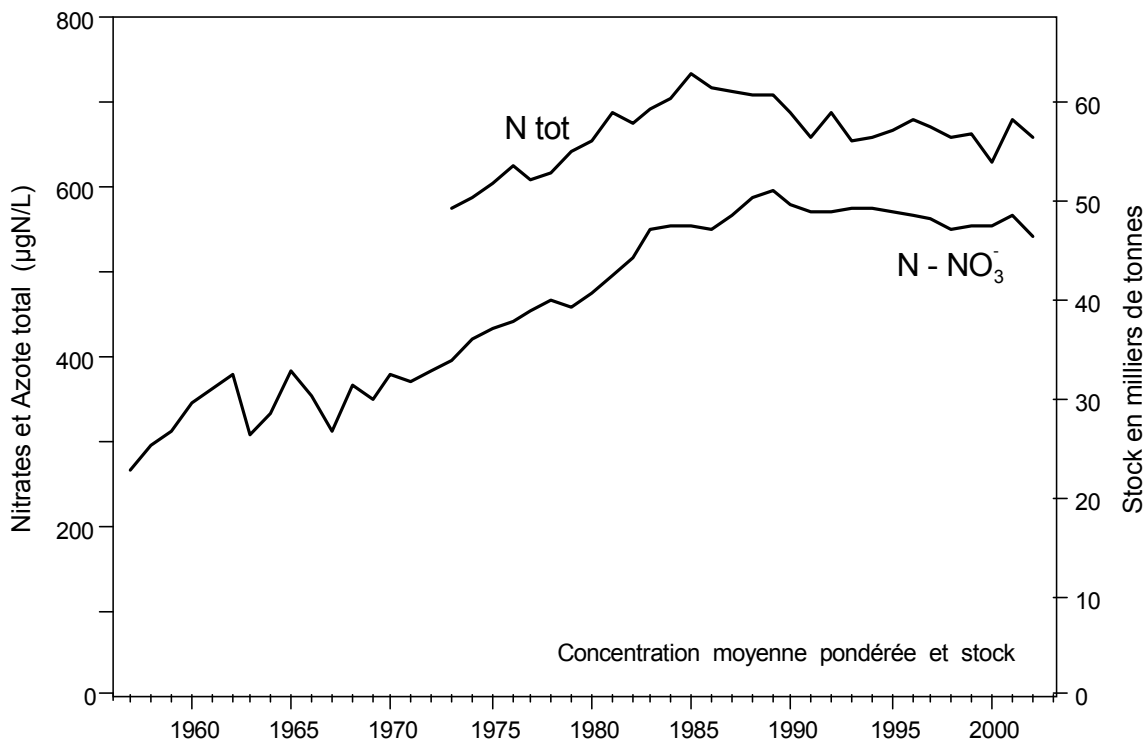


Figure 24 : Evolution de la concentration moyenne annuelle pondérée et des stocks d'azote total et d'azote nitrique contenus dans le Léman - Grand Lac (SHL2)
Figure 24 : Change in the weighted mean annual total nitrogen concentration, in the total nitrogen content and the nitric nitrogen content of the lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

5.5 Chlorure (figure 25)

Depuis 1971, la teneur du Grand Lac en chlorure est en augmentation et passe en 2002 à 7.60 mg/L contre 2.73 mg/L en 1971 (figure 25). Le stock moyen du Grand Lac est alors de 672'320 tonnes de chlorure.

L'étude menée par GUMY et De ALENCASTRO (2001) indique que les principales sources de chlorure pour le Léman sont l'industrie majoritairement et les sels de déneigement. Il est à noter que les concentrations de chlorure observées dans le Léman sont très inférieures aux valeurs toxiques citées dans la littérature.

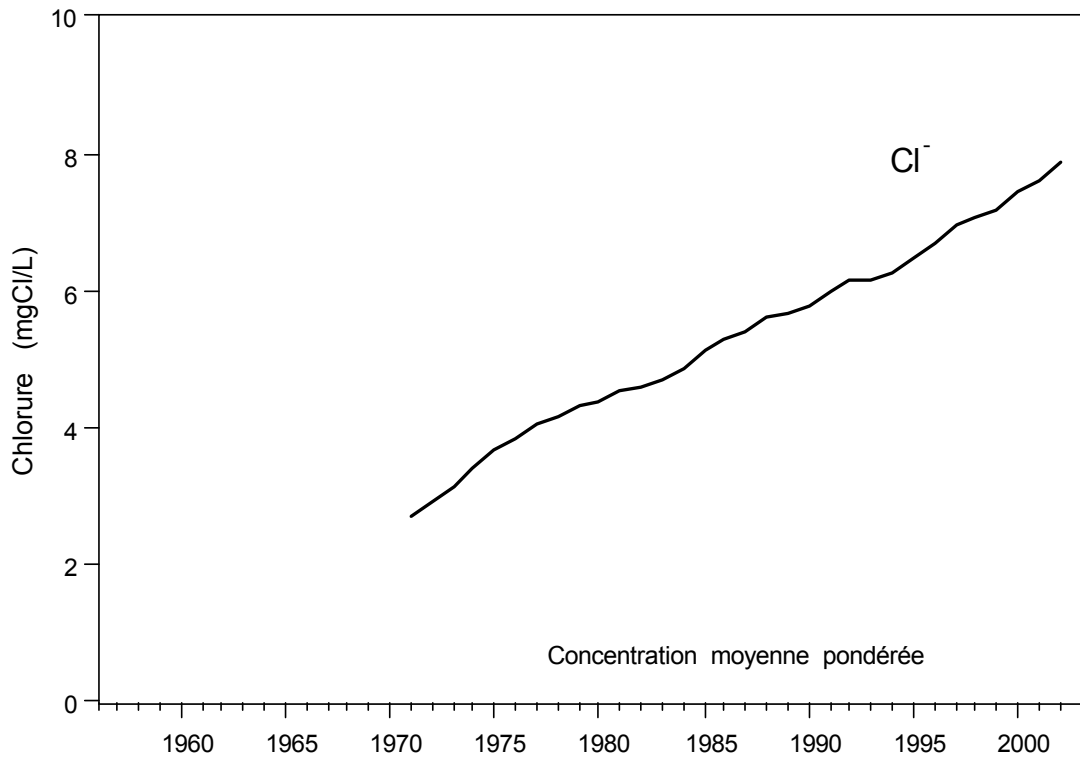


Figure 25 : Evolution de la concentration moyenne annuelle en chlorure, pondérée pour l'ensemble de la masse d'eau du Léman - Grand Lac (SHL2)

Figure 25 : Change in the weighted mean annual concentration of chloride in the entire mass of the water of the lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

6. MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

6.1 Métaux (tableaux 1 et 2)

Les concentrations en métaux sont déterminées sur les échantillons d'eau brute acidifiée sans filtration préalable, il s'agit donc de métaux totaux.

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 teneurs en cuivre du printemps (17.04.2002) sont relativement élevées et nettement supérieures à celles observées en septembre (10.09.2002). Les fluctuations temporelles voir spatiales observées ces dernières années pour cet élément demeurent à ce jour non expliquées.

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, est toujours 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. Cette concentration ne représente pas ce qui est admissible pour les organismes, mais se veut au moins aussi sévère que ce qui est exigé pour l'homme (eau de boisson).

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 17 avril 2002

Léman - Grand Lac (Station SHL 2)

Table 1 : Survey on April 17, 2002

lake Geneva - Grand Lac (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	4	nd *	nd *	0.2	6	nd *
1	< 1	4	nd	nd	0.2	6	nd
5	< 1	5	nd	0.02	0.2	8	nd
7.5	< 1	4	nd	nd	0.2	5	nd
10	< 1	7	nd	0.02	0.2	6	nd
30	< 1	7	nd	nd	0.1	5	nd
100	1	5	nd	nd	0.2	5	nd
305	10	5	nd	0.03	0.1	4	nd
fond	11	6	nd	nd	0.1	11	nd

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

Tableau 2 : Campagne du 10 septembre 2002

Léman - Grand Lac (Station SHL 2)

Table 2 : Survey on September 10, 2002

lake Geneva - Grand Lac (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	4	nd *	nd *	0.1	1	nd *
1	< 1	4	nd	0.06	0.1	nd *	nd
5	< 1	6	nd	nd	0.1	1	nd
7.5	< 1	5	nd	0.03	0.1	1	nd
10	1	5	nd	0.06	0.1	2	nd
30	1	5	nd	0.08	0.1	nd	nd
100	< 1	4	nd	0.10	nd *	nd	nd
305	23	6	nd	0.03	nd	nd	nd
fond	14	4	nd	nd	nd	nd	nd

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

Tableau 3 : Pesticides (phytosanitaires) décelés

Léman - Grand Lac (Station SHL2)

Table 3 : Pesticides (crop treatments) detected

lake Geneva - Grand Lac (SHL 2)

Profondeur m	17 avril 2002				10 septembre 2002			
	Simazine µg/L	Atrazine µg/L	Terbutyla- zine µg/L	Métola- chlore µg/L	Simazine µg/L	Atrazine µg/L	Terbutyla- zine µg/L	Métola- chlore µg/L
0	0.01	0.02	< 0.02	0.03	0.01	0.02	< 0.02	0.03
1	0.02	0.02	< 0.02	0.04	0.01	0.02	< 0.02	0.02
5	0.02	0.03	< 0.02	0.02	0.01	0.02	< 0.02	0.03
7.5	0.01	0.03	< 0.02	0.04	0.01	0.03	< 0.02	0.04
10	0.01	0.03	< 0.02	0.03	0.01	0.03	< 0.02	0.03
30	0.02	0.02	< 0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03
100	0.02	0.03	< 0.02	0.03	0.02	0.02	< 0.02	0.03
305	0.02	0.04	< 0.03	0.04	0.02	0.04	< 0.02	0.03
fond	0.02	0.03	< 0.02	0.03	0.02	0.04	< 0.02	0.04

Tableau 4 : NTA et EDTA

Léman - Grand Lac (Station SHL2)

Table 4 : NTA and EDTA

lake Geneva - Grand Lac (SHL2)

Profondeur m	NTA (µg/L)		EDTA (µg/L)	
	17 avril 2002	10 septembre 2002	17 avril 2001	10 septembre 2002
0	0.2	0.6	0.5	0.4
1	0.3	0.3	0.5	0.5
5	0.2	0.6	0.6	0.4
7.5	0.3	0.5	0.6	0.6
10	0.3	0.5	0.4	0.3
30	0.1	0.2	0.3	0.4
100	0.3	0.1	0.5	0.4
305	< 0.1	< 0.1	0.3	0.4
fond	0.1	< 0.1	0.4	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	Mercuré 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	Mercuré 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 2002 sont les suivantes :

- le brassage hivernal des eaux n'a atteint que les 120 premiers mètres de la colonne d'eau en mars 2002,
- la concentration en oxygène des eaux du fond du Grand Lac atteint 4.31 mgO₂/L au maximum au mois de juin et 1.91 mgO₂/L au minimum à mi-octobre. 10 mois sur 12, la concentration en oxygène dissous est inférieure à 4 mgO₂/L dans les eaux du fond,
- la température des eaux du fond continue d'augmenter. Depuis le dernier brassage en 1986, il y a un accroissement de 1°C. En 2002 on observe 5.94°C en moyenne contre 5.86°C en 2001.
- la période des "eaux claires", en liaison avec le développement du zooplancton, est peu marquée cette année. Elle a été observée au mois de mai, avec une transparence très faible par rapport aux années précédentes,
- le phosphore dissous est consommé en quasi-totalité dans les couches superficielles à partir de mi-mars jusqu'en décembre,
- la concentration moyenne en phosphore total du lac est de 34.0 µgP/L en 2002, il n'y a pas d'évolution significative par rapport à 2001.

Pour les stocks :

- pour le Grand Lac, on observe une valeur de 2'920 tonnes en moyenne pour l'année 2002 pour le phosphore total et de 2'530 tonnes pour le phosphore dissous,
- l'azote nitrique et l'azote total restent stables relativement aux années précédentes,
- le stock en chlorure continue d'augmenter pour atteindre 672'320 tonnes Cl, soit 3.3 % de plus qu'en 2001.

On observe un comportement asymptotique de la teneur en phosphore pour ces dernières années, il est donc important de poursuivre et d'intensifier les efforts au niveau de la lutte à la source et au niveau de l'assainissement.

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. (2003) : Evolution du zooplancton du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2002, 85-97.
- 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.
- 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. et PASQUINI, F. (2003) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2002.

PRODUITS PHYTOSANITAIRES RECHERCHÉS

ANNEXE 1

I. HERBICIDES

I. 1 Triazines :

Atrazine	Propazine
Atrazine-déséthyle	Simazine
Atrazine-déisopropyle	Terbutryne
Cyanazine	Terbutylazine
Prometryne	

I. 2 Dérivés de l'urée :

Chlorbromuron	Isoproturon
Chlortoluron	Linuron
Diuron	Monolinuron
Fenuron	

I. 3 Divers :

Alachlore	Metribuzine
Bromacil	Napropamide
Dinoterbe	Norflurazon
Dinosèbe	Oxadiazon
Ethofumesate	Pendimethaline
loxynil	Phenmedipham
Metamitron	Propanil
Metolachlor	Prophame
Metoxuron	Trifluraline

II. INSECTICIDES ET FONGICIDES CHLORÉS

α - Endosulfan	Aldrine
β - Endosulfan	Captane
γ - Endosulfan	Chlorothalonil
Endosulfan-sulfate	Cyproconazol
α - HCH	Dichlofluamide
β - HCH	Dicofol
γ - HCH	Dieldrine
δ - HCH	Endrine
op'DDD	Folpet
op'DDE	Heptachlor
op'DDT	Heptachlor époxyde
pp' DDE	Iprodione
pp'DDD	Procymidone
pp'DDT	Vinclozoline

III. INSECTICIDES PHOSPHORÉS

Azinphos - méthyle	Malathion
Bromophos - méthyle	Mecarbam
Chlorfenvinfos	Methidathion
Chlorpyriphos-éthyle	Mevinphos
Chlorpyriphos-méthyle	Parathion
Diazinon	Parathion-méthyle
Dichlofenthion	Phosalone
Ethion	Phosphamidon
Ethrimphos	Pirimiphos-méthyle
Fenithrothion	Quinalphos
Fenthion	Tetrachlorvinphos
Formothion	

IV. DIVERS

Aldicarb	Fenamiphos
Carbaryl	Flusilazole
Carbofuran	Methomyl
Deltamethrine	Permethrine
Diéthyltoluamide (DEET)	

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

Mean weighted concentrations

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
2002	8.45	34.0	29.5	659	547	2.1	0.8	544	7.85	97.1	11.2	2.0	6.78	4.28

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)

Total content in tons

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
2002	724'005	2'915	2'530	56'460	46'875	178	67	46'630	672'320	8'322	172	962