

MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX ET SÉDIMENTS DU LÉMAN

METALS AND ORGANIC MICROPOLLUTANTS IN GENEVA LAKE WATERS AND SEDIMENTS

Campagne 2007

PAR

Patrick EDDER et Didier ORTELLI

SERVICE DE LA CONSOMMATION ET DES AFFAIRES VÉTÉRINAIRES (SCAV), CP 76, CH - 1211 GENÈVE 4 Plainpalais

Audrey KLEIN

SECRÉTARIAT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN
ACW - Changins - Bâtiment DC, CP 1080, CH - 1260 NYON 1

Stéphan RAMSEIER

SERVICES INDUSTRIELS DE GENÈVE, PÔLE ENVIRONNEMENT, CP 2777, CH - 1211 GENÈVE 2

RÉSUMÉ

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.

La recherche de produits phytosanitaires et de quelques médicaments dans les eaux du lac s'est poursuivie et la baisse de leurs concentrations respectives observée l'année dernière se confirme, pour certains même de manière spectaculaire.

Cette année, une importante étude a été menée sur les sédiments avec la recherche de toute une série de micropolluants (pesticides organochlorés, filtres UV, muscs polycycliques, hydrocarbures polycycliques aromatiques, retardateurs de flamme polybromés, phtalates). Dans certains cas, les teneurs mesurées semblent importantes mais la comparaison avec d'autres lacs et l'interprétation de ces résultats sont difficiles en raison du très faible nombre de données existantes dans la littérature.

ABSTRACT

The levels of heavy metals in the water of Lake Geneva remain low, and fully compliant with the levels stipulated for drinking water and for fish life.

The search of pesticides and some drug residues in water of the lake continued and a decrease of their contents observed last year is confirmed, for some in a spectacular way.

This year, an important study was undertaken on the sediments with the search for a whole series of the micropollutants (organochloride pesticides, UV filters, aromatic muscs polycyclic, polycyclic hydrocarbons, polybrominated flame retardants, phthalates). In certain cases, the measured contents seem important but the comparison with other lakes and the interpretation of these results are difficult due to the very low number of existing data in the literature.

1. INTRODUCTION

Excepté les travaux menés sur le Rhône amont (BERNARD et ARNOLD, 2008), les études se sont à nouveau focalisées sur le lac, car ce dernier représente un milieu stable intégrant la pollution et adéquat pour une bonne visualisation des pollutions dues aux micropolluants organiques. Les pollutions des rivières, même si elles sont parfois plus importantes et les écosystèmes plus menacés, sont beaucoup plus ponctuelles et nécessiteraient un suivi sur une large période de temps. Ces travaux sont menés de manière plus systématique par les cantons ou les autorités régionales françaises.

La présence de micropolluants dans les eaux du bassin lémanique et du lac est une préoccupation majeure de la CIPEL. Le groupe de travail de la CIPEL dédié à cette problématique a poursuivi les travaux menés précédemment dans le domaine des résidus de produits phytosanitaires et de quelques médicaments. Les résultats obtenus l'année dernière pour les filtres UV et les muscs polycycliques se devaient d'être confirmés et une nouvelle série d'analyses a été menée cette année. Ce complément a été étendu avec la recherche des phtalates, contaminants importants issus de la dégradation des matières plastiques.

Depuis 1970, mais surtout de 1976 à 1988, les sédiments du Léman ont fait l'objet d'études systématiques visant à définir l'ampleur de leur pollution en métaux lourds.

L'influence des rejets des stations d'épuration sur la contamination des sédiments des zones côtières du Léman par les métaux lourds a également été mise en évidence par des études CIPEL réalisées dans les années 70.

Lors de la campagne CIPEL de 2007, une attention particulière a été portée sur les sédiments où certains composés susceptibles de s'y fixer et s'y accumuler (filtres UV, muscs polycycliques, hydrocarbures polycycliques aromatiques, retardateurs de flamme polybromés, phtalates) ont été recherchés en plusieurs points du lac. Cinq sites présentant des sédiments de qualité variable ont été choisis pour réaliser des prélèvements : le delta de la Dranse, la baie de Vidy, le Grand lac (SHL2), le Petit lac (GE3) et les Grangettes (réserve naturelle).

Cette campagne visait à mettre en évidence dans les sédiments du lac, des substances dont les effets sur l'environnement et la santé ne sont pas encore bien identifiés comme les phtalates, les filtres UV ou les retardateurs de flamme polybromés (PBDE). Les micropolluants organiques persistants et significatifs quant à leur toxicité, tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ou les pesticides organochlorés semi-volatils ont également été recherchés dans les sédiments. Si ces substances n'ont pas été mises en évidence dans les eaux du Léman, elles possèdent par contre de fortes propriétés d'adsorption sur les matières en suspension.

2. ÉCHANTILLONNAGE (figures 1 et 2)

La surveillance de la pollution des eaux du lac en métaux lourds, en produits phytosanitaires et en quelques principes actifs de médicaments produits industriellement dans le bassin versant du Rhône valaisan, a été effectuée sur des échantillons prélevés au centre du Léman, à la station SHL2 (figure 1), les 21 mai et 25 septembre 2007 (LAZAROTTO et RAPIN, 2008).

Pour les recherches des autres micropolluants (filtres UV, muscs polycycliques et phtalates), les prélèvements ont été effectués le 18 juin 2007 à la station SHL2 à 4 profondeurs (mélange de niveaux : 5-10 m et 100-200 m) et en tête de pompage à la crépine des stations de potabilisation (eaux brutes) du Prieuré à Genève, de St-Sulpice, de Vevey et de Lutry, ainsi que de la station de pompage pour la pisciculture de l'INRA à Thonon-les-Bains. Simultanément, les eaux potabilisées (après traitements) des stations de St-Sulpice et Lutry ont également été prélevées et analysées (à charge de producteurs d'eau que nous remercions pour la transmission des résultats).

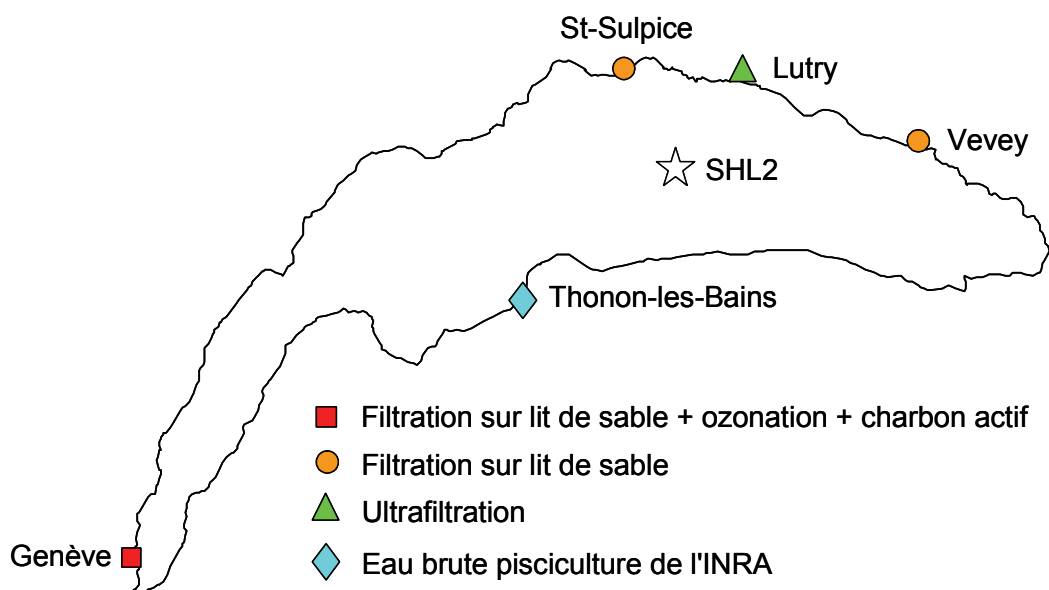


Figure 1 : Situation des points de prélèvement pour les eaux de station de production d'eau potable et de la station SHL2.

Figure 1 : Location of the tap water production sampling sites and the SHL2 station.

Les prélèvements dans les sédiments ont été réalisés à la benne par l'Institut F.-A. FOREL - Versoix (Université de Genève) le 28 juin 2007 aux Grangettes et SHL2, et le 29 juin 2007 dans le delta de la Dranse, la baie de Vidy et GE3. Les prélèvements ont été effectués à une profondeur de 153 m dans le delta de la Dranse, 40 m dans la baie de Vidy, 309 m à SHL2, 72 m à GE3 et 28 m aux Grangettes (figure 2).

Pour chacun des sites, 5 échantillons de 500 g humides (boîtes en polypropylène) ont été prélevés pour les analyses des phtalates et des pesticides organochlorés semi-volatils et 5 échantillons de 100 g humides (boîte en aluminium) pour les analyses des HAP, PBDE, filtres UV et muscs polycycliques. Une feuille d'aluminium a été intercalée dans chaque boîte en aluminium pour isoler le sédiment humide du couvercle en carton.

Une couche d'environ 1 cm de sédiment a été prélevée dans chacun des échantillons puis homogénéisée avant d'être déposée dans les récipients à destination des deux laboratoires mandatés pour les analyses.

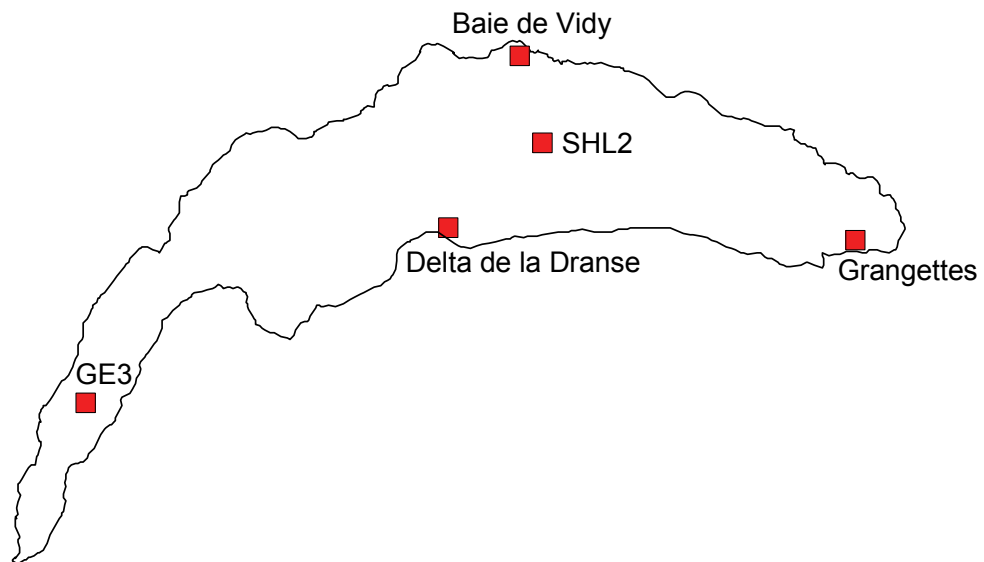


Figure 2 : Situation des points de prélèvement des sédiments dans le Léman.

Figure 2 : Location of sampling points for the Geneva lake sediments.

3. MÉTHODOLOGIE

Certains métaux et micropolluants organiques (pesticides et médicaments) sont recherchés dans les eaux du lac à différentes profondeurs (0 - 1 - 5 - 7.5 - 10 - 30 - 100 - 305 - 309 m pour les métaux, 1 - 30 - 100 - 300 m pour les micropolluants organiques), après brassage éventuel des eaux (mai) et en période de stratification (septembre). Les éléments suivants ont été dosés : aluminium, plomb, cadmium, chrome, cuivre et mercure. Lors des contrôles effectués en 2007, la méthode d'analyse des pesticides dans les eaux comprenait 262 substances, soit 111 herbicides, 146 fongicides et insecticides et 5 médicaments. La liste des pesticides recherchés est à peu près la même qu'en 2006 (voir annexe 1). Comme en 2006, quelques médicaments ont été incorporés à la méthode de surveillance des pesticides.

Pour les micropolluants organiques, les analyses ont été effectuées par divers laboratoires :

- Service de la consommation et des affaires vétérinaires (SCAV) de Genève dans les eaux pour les pesticides et quelques principes actifs de médicaments produits industriellement dans le bassin versant du Rhône valaisan (Chablais) (carbamazépine, mépivacaïne, prilocaïne, bupivacaïne et chlorprocaïne).
- Institut des sciences et technologies de l'environnement (ISTE) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) pour les analyses des filtres UV et des muscs polycycliques dans les eaux et les sédiments, des retardateurs de flamme polybromés (PBDE) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sédiments.
- Laboratoire départemental d'analyses de la Drôme à Valence pour les analyses de phtalates dans les eaux et les sédiments et les pesticides organochlorés dans les sédiments.

Les annexes 2 et 3 donnent la liste des substances analysées par les laboratoires dans les eaux et les sédiments.

3.1 Analyses chimiques

3.1.1 Analyse d'eau

Métaux

Les analyses de métaux sont effectuées par absorption atomique sur les échantillons d'eau brute acidifiée sans filtration préalable. Il s'agit donc de métaux totaux.

Pesticides et substances médicamenteuses produites sur le bassin versant

La recherche de pesticides, carbamazépine, mépivacaïne, chlorprocaïne, prilocaïne et bupivacaïne est effectuée sur les eaux brutes : les substances sont préconcentrées à partir d'un échantillon de 500 mL d'eau passé sur une phase solide. Après élution à l'aide d'un solvant et concentration de ce dernier, l'extrait concentré est analysé par chromatographie en phase liquide couplée à un détecteur de spectrométrie de masse en mode tandem (HPLC/MS-MS). Le principe de cette méthode, appliquée aux contrôles des résidus de pesticides dans les fruits et légumes, a été décrit plus en détail par ORTELLI et *al.*, (2004 et 2006) et permet de garantir sans ambiguïté l'identité de la substance décelée. Cette manière de procéder est préconisée aujourd'hui dans divers documents officiels telle que la directive CE/657/2002 concernant les performances analytiques des méthodes. Les limites de quantification sont données en annexe 1 et sont généralement comprises entre 0.001 et 0.020 µg/L.

Filtres UV

Pour les filtres UV, l'analyse est effectuée par extraction liquide-liquide avec du pentane, du pentane-ether 1:1 (v/v), puis de l'éther sur 700 mL d'eau brute. L'extrait organique est ensuite purifié sur phase solide (SG 60) puis analysé par GC-MS en mode SIM. Les limites de détection et quantification sont données en annexe 2.

Muscs polycycliques

L'analyse des muscs polycycliques est effectuée par extraction liquide-liquide avec de l'hexane sur 700 mL d'eau brute. L'extrait organique est ensuite purifié sur phase solide (SG 60) puis injecté sur GC-MS en mode SIM. Les limites de détection et de quantification sont données en l'annexe 2.

Phtalates

Le dosage des phtalates est effectué par GC-MS après extraction de 1 litre d'eau par un mélange dichlorométhane - acétate d'éthyle. Les limites de quantification sont données en annexe 2.

3.1.2 Analyse des sédiments

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

10 g de sédiment sec et 5 g de cuivre activé sont extraits par Soxhlet (hexane : acétone, 75:25 v/v). L'extrait est ensuite purifié par chromatographie de perméation sur gel (GPC) (hexane : dichlorométhane, 5 mL/min) et extraction sur silicagel 60 (3 g, 3 % d'eau, 3 fractions). Les HAP sont ensuite dosés par GC-MSD en mode SIM. Les résultats sont corrigés en tenant compte du blanc et du rendement des extractions. Les limites de détection et quantification sont données en annexe 3.

La méthode d'extraction et purification a été utilisée lors de l'exercice d'intercalibration CIL (Cambridge Isotope Laboratories / Cerilliant Corporation, Second Round International Interlaboratory Study on Sediment and Fish Tissue Reference Materials). Les résultats obtenus par le laboratoire de l'EPFL étaient en conformité avec les résultats certifiés.

Phtalates

Le dosage des phtalates est effectué par GC-MS après extraction de 10 g de sédiments par un mélange dichlorométhane - acétone. Les limites de quantification sont données en annexe 3.

Filtres UV

La recherche des filtres UV a été effectuée selon la méthode de Plagellat (PLAGELLAT et *al.*, 2006). 20 g de sédiments humides sont mis en suspension avec 50 mL d'eau et 6 g NaCl. Le mélange est extrait avec 20 mL de pentane:acétone (1/1), 2x 20 mL de pentane-ether (1/1) et 1x 20 mL d'éther-dichlorométhane (4/1). Chaque extraction est effectuée en agitant le mélange 30 minutes et en centrifugeant 10 minutes à chaque fois. Une purification des phases organiques (somme des 4 fractions) est effectuée par GPC (hexane: dichlorométhane, 5 mL/min) et silicagel 60 (5 g, 1.5 % d'eau, 4 fractions). La quantification est effectuée par GC-MSD (SIM) avec un standard interne CB77 Carbone-13, sauf pour l'OT (octyl-triazone) qui est dosé par HPLC-DAD. Les résultats sont corrigés en tenant compte du blanc et du rendement des extractions. Les limites de détection et de quantification sont données en l'annexe 3.

Retardateurs de flamme polybromés (PBDE)

10 g de sédiment sec et 5 g de cuivre activé sont extraits par Soxhlet (hexane : acétone, 75 :25 v/v). L'extrait est ensuite purifié par chromatographie de perméation sur gel (GPC) (hexane : dichlorométhane, 5 mL/min) et extraction sur silicagel 60 (3 g, 3 % d'eau, 3 fractions). Les PBDE sont ensuite dosés par GC-MSD avec une ionisation chimique négative (NCI) et détectés en mode SIM. La quantification est effectuée avec l'utilisation d'un standard interne CB77 Carbone-13 et les résultats sont corrigés en tenant compte du blanc et du rendement des extractions. Les limites de détection et quantification sont données en annexe 3.

La méthode d'extraction et purification a été utilisée lors de l'exercice d'intercalibration CIL (Cambridge Isotope Laboratories / Cerilliant Corporation, Second Round International Interlaboratory Study on Sediment and Fish Tissue Reference Materials). Les résultats obtenus par le laboratoire de l'EPFL étaient en conformité avec les résultats certifiés. Les limites de détection et de quantification sont données en l'annexe 3.

Pesticides organochlorés semi-volatils

Ces substances ont été recherchées selon une méthode multi-résidus : 5-10 g de sédiments sont mélangés à 5 g d'hydromatrix, puis extraits par ASE (Accelerated Solvent Extraction) au moyen d'un mélange 1:1 (v/v) dichlorométhane/acétone pendant 10 min. à 120 bar et une température de 10°C, puis une deuxième fois sous les mêmes conditions par le même mélange acidifié à pH 2. Après élimination de la phase aqueuse et de l'acétone, l'extrait organique est purifié sur florisil puis analysé par chromatographie en phase gazeuse avec plusieurs types de détecteurs (ECD, NPD, MS). Les limites de quantification sont données en annexe 3.

3.2 Contrôles

La qualité des résultats, principalement pour les pesticides, est assurée par la participation des divers laboratoires à la plupart des procédures d'intercalibration organisées par la CIPEL. Les résultats de ces intercalibrations organisées en 2007 par la CIPEL font l'objet du rapport de STRAWCZINSKI (2008).

Le laboratoire départemental d'analyses de la Drôme-Valence (LDA-26) est accrédité par le Comité français d'accréditation (COFRAC), avec notamment un programme spécifique sur les boues et les sédiments.

4. MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX DU LÉMAN

4.1 Métaux (Tableaux 1 et 2)

Les teneurs totales en éléments métalliques toxiques (mercure, plomb, cuivre, aluminium, cadmium et chrome) demeurent faibles voire inférieures aux limites de détection 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, 1984; SIGG, 1992). Les valeurs pour le cuivre sont parfois proches des exigences relatives à la qualité des eaux pour les cours d'eau, surtout lors de la campagne de mai 2007.

Les concentrations observées dans les eaux du lac sont bien inférieures aux concentrations métalliques toxiques pour le poisson, citées dans la littérature (DIETRICH, 1995) qui varient pour chaque espèce, selon la nature et la forme chimique du métal.

Tableau 1 : Campagne du 21 mai 2007. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 1 : Survey done on May 25, 2007. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

Profondeur (m)	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Aluminium	Mercure (µg/L)
1	< 0.5	< 0.02	< 0.1	1	< 10	< 0.1
30	< 0.5	< 0.02	< 0.1	5	< 10	< 0.1
100	< 0.5	< 0.02	< 0.1	5	< 10	< 0.1
305	< 0.5	< 0.02	< 0.1	3	< 10	< 0.1

Tableau 2 : Campagne du 15 octobre 2007. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 2 : Survey done on October 15, 2007. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

Profondeur (m)	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Aluminium (µg/L)	Mercure (µg/L)
0	< 0.5	< 0.02	< 0.1	4	< 10	< 0.1
1	< 0.5	< 0.02	< 0.1	3	< 10	< 0.1
5	< 0.5	< 0.02	< 0.1	3	< 10	< 0.1
7.5	< 0.5	< 0.02	< 0.1	3	< 10	< 0.1
10	< 0.5	< 0.02	< 0.1	2	< 10	< 0.1
30	< 0.5	< 0.02	< 0.1	2	< 10	< 0.1
100	< 0.5	< 0.02	< 0.1	2	< 10	< 0.1
305	< 0.5	< 0.02	< 0.1	2	< 10	< 0.1
fond	< 0.5	< 0.02	< 0.1	2	< 10	< 0.1

RÉFÉRENCES POUR L'EAU POTABLE :

	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Mercure (µg/L)
OMS ¹	10	3	50 ²	2'000	6 ³
CE ⁴	10	5	50	2'000	1
OSEC ⁵	T	-	-	-	-
	L	10	5	20 ⁶	1'500

¹ = Organisation Mondiale de la Santé, "Guidelines for Drinking-water Quality", 3rd edition Geneva 2006.

² = Teneurs totales.

³ = Mercure inorganique.

⁴ = Directive 98/83/CE DU CONSEIL du 3 novembre 1998 - Journal officiel des Communautés européennes du 05.12.1998.

⁵ = Ordonnance sur les Substances Etrangères et les Composants (1995) (Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3003 Berne).

T = 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).

L = Valeur limite (concentration maximale au-delà de laquelle l'eau est jugée impropre à la consommation).

⁶ = Chrome hexavalent.

EXIGENCES RELATIVES À LA QUALITÉ DES EAUX POUR LES COURS D'EAU

(Ordonnance suisse sur la protection des eaux - OEaux du 28 octobre 1998, annexe 2, paragraphe 12, chiffre 5):

	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Mercuré (µg/L)
total ⁷	10	0.2	5	5	0.03
dissous	1	0.05	2 ⁸	2	0.01

⁷ = 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.

⁸ = Chrome trivalent et hexavalent.

4.2 Pesticides (phytosanitaires) (annexes 1, 4 et 5; figures 3, 4 et 5)

En 2006, suite aux premières mesures prises concernant les rejets industriels des entreprises chimiques valaisannes, le suivi des résidus de produits phytosanitaires avait montré une tendance à la baisse (BERNARD et al., 2007 et EDDER et al., 2007). Les résultats de l'année 2007 étaient donc attendus avec beaucoup d'attention afin de vérifier la confirmation de cette perspective réjouissante.

Les résultats détaillés des campagnes de mesures réalisées en mai et septembre 2007 sont donnés en annexes 4 et 5.

Les figures 3 et 4 montrent l'évolution des concentrations en pesticides totaux et plus spécifiquement pour ceux présents en plus fortes quantités entre les campagnes 2004-2007.

Les teneurs moyennes en pesticides totaux qui avaient augmenté de 2004 à 2005, diminuent de manière importante en 2007 et se situent aujourd'hui aux environs de 0.15 µg/L. Ces dernières s'éloignent donc de la valeur maximale de tolérance fixée légalement (en Suisse comme en France) à 0.5 µg/L pour les eaux de boisson. Si cette évolution est réjouissante, il faut toutefois rester prudent car de nombreuses substances issues de l'agriculture, des industries, des jardins privés et des utilisations urbaines, ne sont pas encore incorporées dans la procédure analytique actuelle. Un premier travail a été initié dans ce sens par la CIPEL, avec l'inventaire des pesticides d'origine agricole utilisés dans les cultures du bassin versant du Léman. Certaines substances ont pu ainsi être ajoutées dans les programmes de surveillance de la qualité des eaux.

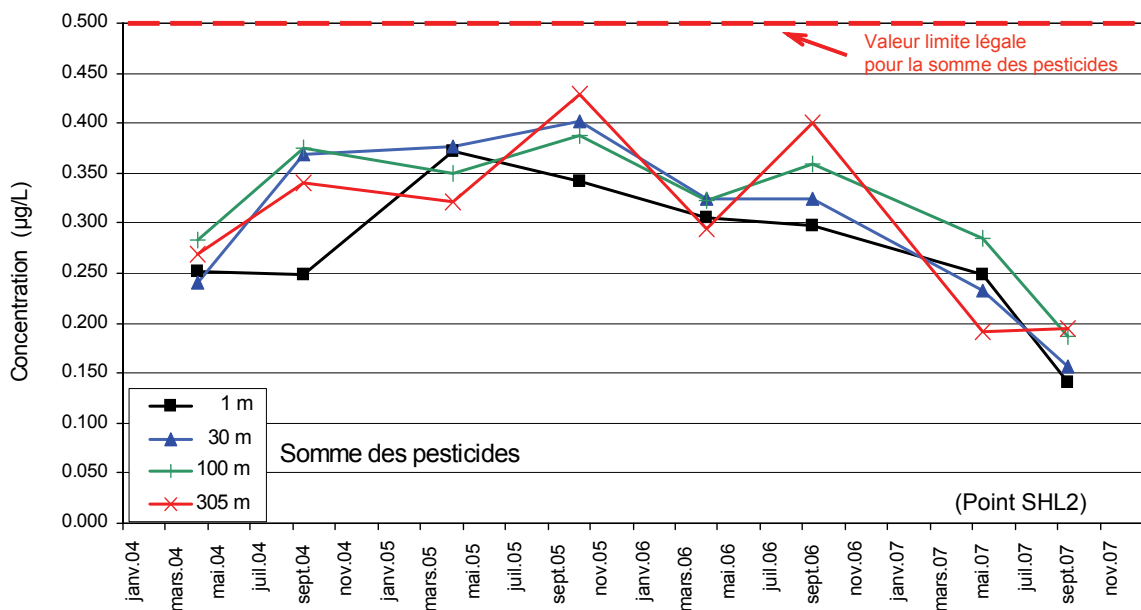


Figure 3 : Evolution des concentrations en pesticides totaux recherchés au centre du Léman (station SHL2) de 2004 à 2007 pour 4 profondeurs.

Figure 3 : Change in the total concentrations of the pesticides tested for the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2007 at 4 depths.

L'évolution des concentrations du foramsulfuron (herbicide) montre que la situation, très inquiétante en 2005, s'est heureusement améliorée grâce à une réduction sensible des apports (BERNARD et al., 2006 et 2007). La concentration moyenne en foramsulfuron se situe aujourd'hui aux alentours de 0.01 µg/L et a donc baissé d'un facteur 8 en l'espace de deux ans. Cette tendance se confirme également pour d'autres pesticides comme l'amidosulfuron, le métalaxyl ou le métolachlore, issus d'apports industriels.

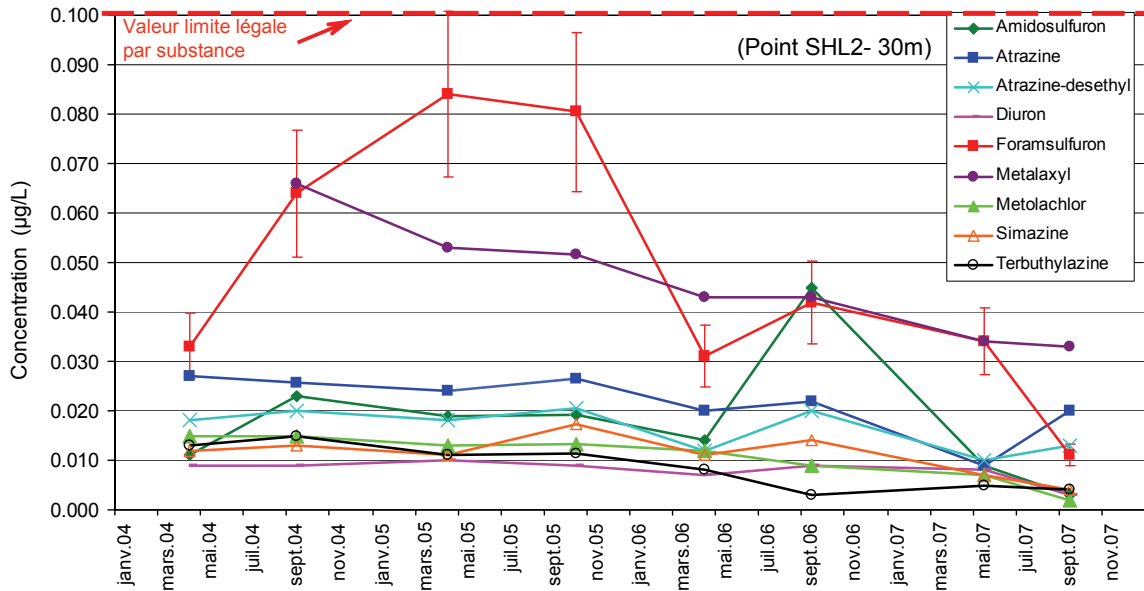


Figure 4 : Evolution des concentrations en divers pesticides au centre du Léman (station SHL2) de 2004 à 2007.

Figure 4 : Change in some pesticide concentrations in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2007.

Il est encourageant de constater que deux ans après l'alerte de la CIPEL, les mesures prises quant à la réduction des rejets par les industries ont été efficaces et qu'aujourd'hui, il est possible de constater une baisse très significative de la contamination du Léman.

Cependant, malgré une utilisation en nette régression des herbicides de la famille des triazines, ceux-ci restent encore décelables dans les eaux du lac. La présence du métolachlore fréquemment associé à l'atrazine dans la culture du maïs est également toujours observée.

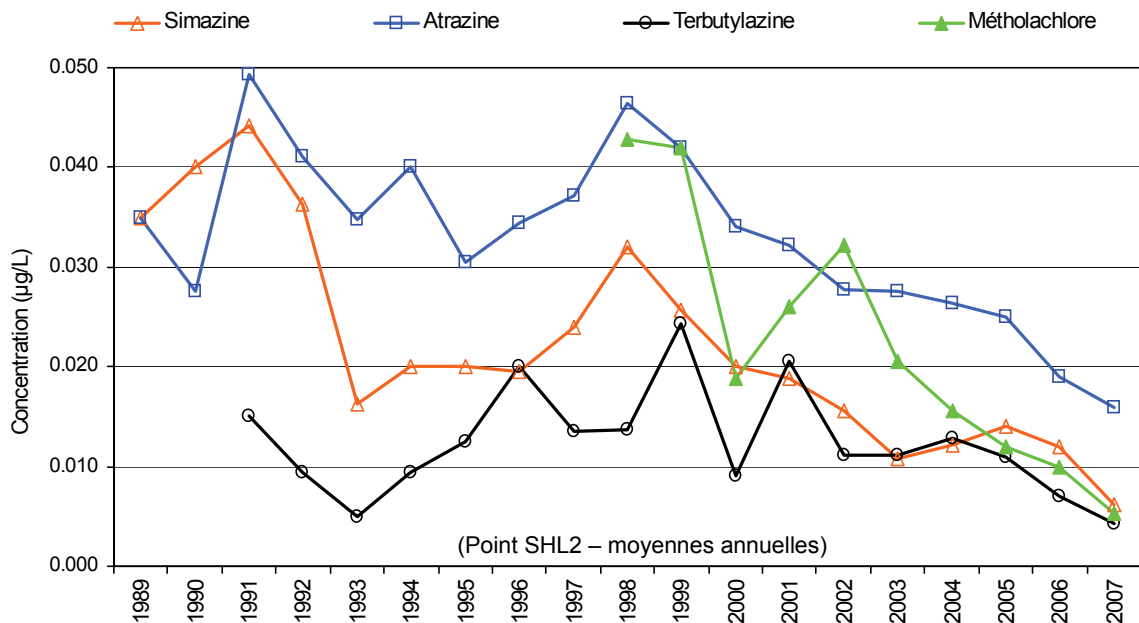


Figure 5 : Evolution des concentrations en divers pesticides au centre du Léman (station SHL2) entre 1989 et 2007.

Figure 5 : Change in some pesticide concentrations in the center of Lake Geneva (SHL2) between 1989 and 2007.

Comme pour les rejets industriels, les efforts de sensibilisation des milieux agricoles montrent donc également leurs effets avec des concentrations à la baisse dans les eaux du Léman. Il conviendrait de confirmer cette tendance, notamment pour certaines substances utilisées depuis longtemps en agriculture, en vérifiant qu'elle ne soit pas la conséquence de l'utilisation de produits de substitution.

Comme l'année précédente, toutes les concentrations mesurées sont inférieures à celles fixées pour une eau de boisson (0.1 µg/L par composé et 0.5 µg/L pour la somme des pesticides selon la Directive du Conseil des Communautés européennes - 1998 et l'Ordonnance suisse sur les substances étrangères et les composants, OSEC - 1995). L'Ordonnance suisse sur la protection des eaux (OEaux, 1998, annexe 1, chiffre 3b) stipule que "l'eau, les matières en suspension et les sédiments ne doivent pas contenir de substances de synthèse persistantes". Il faut relever que les exigences relatives à la qualité des eaux de cette ordonnance fixent la teneur en pesticides organiques à 0.1 µg/L par pesticide pour les cours d'eau. Cette concentration n'a pas de lien direct avec une éventuelle toxicité envers les organismes, mais se veut au moins aussi sévère que ce qui est exigé pour l'être humain (eau de boisson). En France, la Circulaire du 7 mai 2007 (Circulaire 2007/23) définit les "normes de qualité environnementale provisoires (NQE_p)" des 41 substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ainsi que des substances pertinentes du programme national de réduction des substances dangereuses dans l'eau. Ces normes varient selon les substances et il n'y a pas de valeur totale.

La situation dépeinte en 2005 s'est donc considérablement améliorée. Toutefois, il importe de rester vigilant, de maintenir les efforts pour sensibiliser tous les acteurs pouvant être responsables de rejets en produits phytosanitaires dans les eaux (milieux industriels, agriculture, usages urbains et jardins privés) et de constamment réactualiser les méthodes de suivi.

4.3 Médicaments (annexes 4 et 5, figure 6)

Depuis 2006, cinq principes actifs de médicaments ont été intégrés dans la méthode de suivi des pesticides. Il s'agit de la carbamazépine, de la mépivacaïne, la chlorprocaïne, la prilocaïne et la bupivacaïne. Les résultats détaillés des campagnes de mesures faites en mai et septembre 2007 sont donnés en annexes 4 et 5.

L'origine de la présence de ces substances dans les eaux du lac provient d'une part de leur utilisation en médecine humaine et d'autre part des rejets issus de l'industrie qui les fabrique dans le Chablais valaisan (BERNARD et al., 2007 et EDDER et al., 2007). Comme pour les pesticides, des mesures ont été prises courant 2007 par l'Etat du Valais afin de diminuer les rejets dus à cette industrie. La figure 6 présente les teneurs mesurées dans le lac au point SHL2 depuis 2006 et semble indiquer qu'il y a une tendance à la baisse. Il faut toutefois rester prudent avec cette interprétation, car en prenant en compte les incertitudes de mesures (~25 %) et du fait qu'il y a encore des apports assez importants dus aux rejets industriels (BERNARD et ARNOLD, 2008), cette diminution est assez faible. Ceci devra être confirmé en 2008.

Comme pour le suivi des pesticides, la CIPEL a initié un inventaire des substances médicamenteuses utilisées dans le bassin versant suisse du Léman.

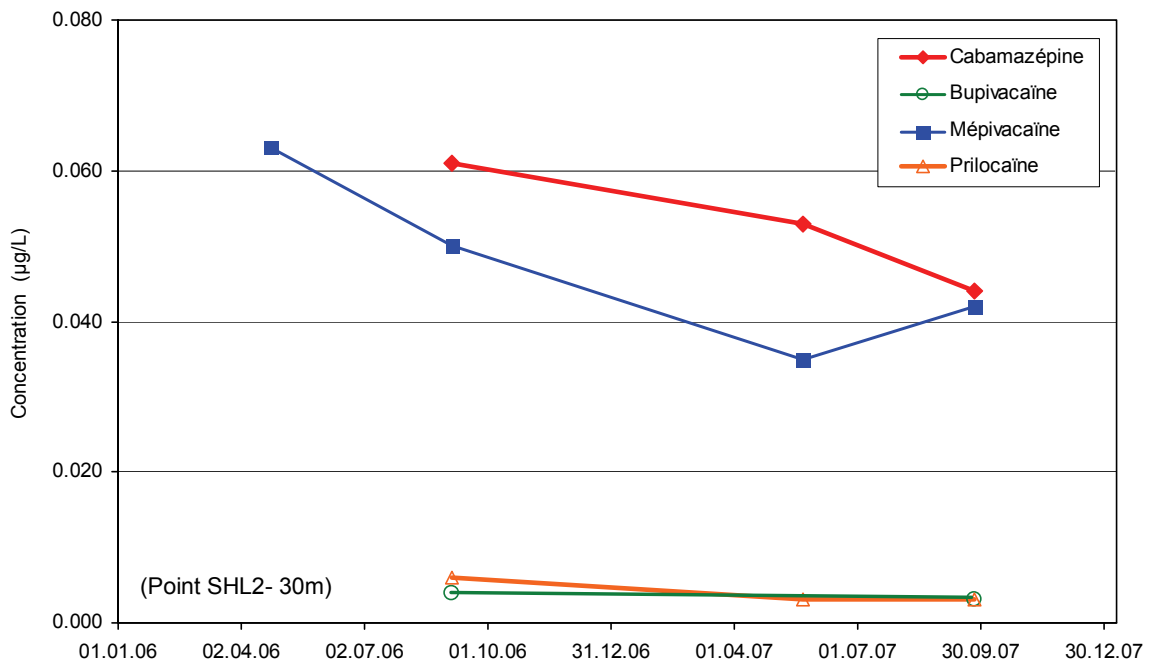


Figure 6 : Evolution des concentrations en mépivacaïne, carbamazépine, bupivacaïne et prilocaïne depuis 2006 au centre du Léman (station SHL2).

Figure 6 : Change in mepivacain, carbamazepine, bupivacaine and prilocaïne concentrations from 2006 in the center of Lake Geneva (SHL2).

4.4 Produits cosmétiques et phtalates (annexes 6 et 7)

Les résultats obtenus pour les micropolluants de type produits cosmétiques sont présentés en annexe 6.

Muscs polycycliques

Les muscs polycycliques sont des fragrances fréquemment utilisées dans la parfumerie et notamment dans l'industrie des produits lessiviels. Ces analyses avaient déjà été menées en 2006 (EDDER et al., 2007) mais une confirmation des résultats d'alors était souhaitée. Les résultats présentés en annexe 6 montrent que trois de ces substances sont présentes (pas systématiquement quantifiées toutefois) dans les eaux : le galaxolide entre 4.2 et 11.3 ng/L, le tonalide entre 0.7 et 2.9 ng/L et le celestolide proche de la limite de quantification. En prenant en compte les incertitudes de mesure et les concentrations proches du seuil de détection, les valeurs peuvent être considérées comme relativement homogènes. Les trois muscs mesurés correspondent d'ailleurs à ceux mesurés dans les eaux épurées à la sortie des STEP, avec des valeurs moyennes sur 7 jours de 770 ng/L pour le galaxolide, 320 ng/L pour le tonalide et 40 ng/L 2 jours sur 7 pour le celestolide (KUPPER et al., 2006).

Il existe relativement peu de données écotoxicologiques sur les muscs polycycliques et il est donc difficile d'évaluer les risques. Cependant, ces substances sont connues pour avoir la capacité de se fixer aisément dans les tissus (y compris les tissus humains) et sont susceptibles de se bio-accumuler, notamment dans les poissons car elles présentent des $\log K_{ow}$ (coefficient de partage eau-octanol) de 5.9 pour le galaxolide et de 4.6 pour le tonalide (JOSS et al., 2005). Rappelons ici que les substances dont le $\log K_{ow}$ est supérieur à 3 peuvent présenter un risque de bio-accumulation.

Les commentaires exprimés précédemment (EDDER et al., 2007) lors de la campagne 2006 mentionnaient que ces molécules polycycliques (donc riches en doubles liaisons conjuguées) étaient vraisemblablement dégradées - lors d'un traitement de potabilisation de l'eau - par l'ozone. Les résultats obtenus pour cette campagne montrent que certains muscs sont partiellement retenus au moyen de filières (Lutry, St-Sulpice) qui ne comprennent pourtant pas l'usage d'un oxydant ou d'un adsorbant.

Pour le galaxolide, la meilleure performance de l'ultrafiltration sur membrane (seuil de coupure théorique : 10 nm correspondant approximativement¹ à un poids moléculaire de 10'000 Da) ne peut pas être expliquée à la seule lumière de la taille de la molécule retenue. Celle-ci devrait théoriquement passer (VON GUNTEN, 2005) au travers de pores "aussi larges" $M(\text{galaxolide}) = 258 \text{ g/mol}$; quant aux lits de sables de quartz, leur finesse de filtration est de plusieurs décades moins efficace².

Il faut admettre alors que d'autres phénomènes sont en jeu surtout si l'on compare l'abattement du galaxolide avec celui du méthoxycinnamate d'octyle (OMC). Ce dernier n'est manifestement pas retenu au sein des deux filières lausannoises alors que son poids moléculaire $M(\text{OMC}) = 290 \text{ g/mol}$ est du même ordre de grandeur.

Il est probable que les deux composés musqués soient adsorbés sur des matrices organiques (acides humiques ?) de dimensions plus importantes et par conséquent éliminés lors des filtrations. Il a été démontré que le galaxolide était retenu lors de filtration sur berge (BRUCHET et al., 2006) ou lors d'adsorption sur charbons actifs (JANEX-HABIBI et al., 2004), l'adsorption sur boues pouvant jouer aussi un rôle important. Aussi, chacune des étapes d'un traitement d'eau apporte un abattement des substances indésirables comme il l'avait été démontré pour les pesticides (EDDER et al., 2006).

En tout état de cause, ces résultats indiquent que l'on peut difficilement présager du comportement d'une molécule en mettant simplement en regard son poids moléculaire avec la porosité annoncée du filtre utilisé. On ne peut donc pas s'affranchir des interactions (hydrophobes, hydrogène) de la substance étudiée avec son milieu environnant (polysaccharides, acides humiques, fulviques, protéines etc.) ainsi même qu'avec le filtre en question.

Filtres UV

Les résultats obtenus dans l'étude effectuée en 2006 étaient difficiles à interpréter et des problèmes analytiques n'avaient alors pas été exclus (par exemple des contaminations). Il était donc nécessaire de refaire ces analyses en portant une attention particulière aux prélèvements afin d'éviter tout risque de contamination. Les résultats sont présentés dans l'annexe 6, et montrent bien que les valeurs présentées l'année dernière comportaient des erreurs. Seul le méthoxycinnamate d'octyle (OMC) a été mis en évidence dans le Léman en 2007 et dans des teneurs beaucoup plus faibles, au centre du lac (SHL2) de l'ordre de 31 ng/L entre 5-10 m et 2 ng/L entre 100 et 200 m, et sur le pourtour du lac, entre 0.7 et 1.1 ng/L aux alentours de 30 m. Ceci démontre bien le caractère hydrophobe de ces substances qui s'adsorbent fortement dans les boues de station d'épuration (PLAGELLAT et al., 2006) et présentent un risque de bio-accumulation en regard d'un coefficient de partage eau-octanol élevé (K_{ow} supérieurs à 10^6 , pour le méthoxycinnamate d'octyle pris en compte ici) (PLAGELLAT, 2004).

A la différence des muscs polycycliques, les filtres UV ne semblent pas être retenus par les traitements de potabilisation qui relèvent d'un mode séparatif (filtration, ultrafiltration). Les teneurs rencontrées dans les eaux brutes sont intégralement retrouvées en sortie de station. Les teneurs mesurées restent toutefois très faibles et il est donc malaisé d'en tirer des conclusions définitives.

¹ Les correspondances de ce type sont toutefois réalisées à partir de polyéthylène glycols.

² On admet que seules les matières en suspension de tailles supérieures à 30-50 μm sont retenues par les lits de sable.

Phtalates

Les phtalates sont des additifs utilisés dans les matières plastiques afin de conférer au produit une certaine souplesse et dans nombre d'autres produits. Ils sont utilisés très fréquemment et sont aujourd'hui des contaminants majeurs ubiquistes (environnement, alimentations, matériaux, etc.). Les résultats présentés en annexe 6 montrent la présence de deux phtalates, le dibutyl phtalate (DBP) et le bis(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP), tous deux beaucoup utilisés dans les polymères de chlorure de vinyle (PVC), d'acétate de vinyle et de cellulose.

Les concentrations mesurées sont élevées par rapport à d'autres micropolluants organiques, puisque comprises entre 700 et 1000 ng/L. A titre de comparaison, les teneurs les plus importantes mesurées pour les pesticides sont de l'ordre de 30-40 ng/L. Les limites de quantification de la méthode analytique étant élevées, il est vraisemblable qu'une fraction importante des représentants de cette catégorie de micropolluants doit être occultée; par conséquent, le niveau réel de contamination est certainement fortement sous-estimé.

La persistance des phtalates dans l'eau est relativement longue avec des demi-vies de 5 à 30 jours (Gouvernement du Canada, 1994a ; 1994b), mais ils ont une forte tendance à s'adsorber sur les matières en suspension et dans les sédiments (cf. paragraphe 5.2).

A l'heure actuelle, il n'existe pas de norme pour les teneurs en phtalates dans l'eau potable ; au demeurant, ces substances n'ont pas été mises en évidence lors de cette campagne pour les eaux brutes (des stations de traitement) et a fortiori dans les eaux potabilisées. Aussi, il est impossible ici d'évaluer l'efficacité des traitements à l'égard de ces substances. La méthode analytique utilisée est peu sensible et les valeurs mesurées dans les eaux du lac sont proches des limites de détection. La toxicologie aiguë des différents phtalates commercialisés est généralement très faible. Les expérimentations animales ont montré qu'après des expositions répétées, les organes cibles sont le foie et les organes génitaux (INRS 2003 et 2004) avec des effets sur la reproduction. Ils n'affichent cependant pas de potentiel cancérigène ou génotoxique et ne devraient pas être bio-accumulés. Le niveau NOAEL - no observed adverse effects level - estimé sur les rats est de 152 mg·kg⁻¹·j⁻¹ pour le DBP et de 4.8 mg·kg⁻¹·j⁻¹ pour le DEHP.

Avec un facteur de sécurité de 100, on obtient donc des doses admissibles journalières (ADI-admissible daily intake) pour l'homme de 1'500 µg·kg⁻¹·j⁻¹ et de 48 µg·kg⁻¹·j⁻¹. Dans l'hypothèse (peu vraisemblable) où les traitements de potabilisation ne permettraient que de faibles abattements des phtalates, la consommation de 2 litres d'eau par jour ne provoquerait qu'une faible exposition, bien inférieure (d'un facteur 1'000) aux ADI.

5. MICROPOLLUANTS DANS LES SÉDIMENTS

Le but de cette campagne a été d'investiguer des substances encore peu recherchées jusqu'à présent dans les sédiments du Léman, en particulier certains micropolluants qui ont par ailleurs déjà pu être mis en évidence dans la phase aqueuse.

Tous les résultats sont présentés en détail en annexe 7.

5.1 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (Tableaux 3, 4, 5 et annexe 7)

Les HAP sont très peu solubles dans l'eau et s'adsorbent très rapidement sur les particules en suspension, c'est pourquoi ils n'ont d'ailleurs pas été mis en évidence dans les échantillons d'eau du Léman lors de la campagne d'analyses de 2006 (EDDER et al., 2007). Les résultats d'analyses dans les sédiments mettent en évidence 17 substances avec des concentrations nettement au-dessus du seuil de détection, pour chacun des sites prospecté. Les concentrations totales varient de moins de 400 µg/kg de matière sèche (MS) dans la réserve des Grangettes à plus de 4'500 µg/kg de MS dans la baie de Vidy.

Les sédiments les plus contaminés sont ceux de la baie de Vidy, suivis par ordre décroissant de concentrations du site GE3, du delta de la Dranse, du site SHL2 et enfin des Grangettes. Cette classification est nettement moins évidente pour les autres paramètres analysés lors de cette campagne.

L'étude réalisée en 2007 dans les sédiments de la baie de Vidy dans la zone de sortie de l'exutoire de la station d'épuration (Institut F.-A. FOREL, 2007, annexe 4d.4), confirme bien la contamination élevée des HAP à cet endroit.

Les teneurs mesurées dans les sédiments du Léman sont par ailleurs assez semblables à celles mesurées dans les sédiments de dix rivières suisses où les concentrations varient entre 78 et 1'142 µg/kg (OFEFP, 2003) (Tableau 3).

En 2005, l'Agence de l'Eau RM&C a réalisé pour le compte du Ministère de l'Ecologie une campagne exceptionnelle visant à établir un état des lieux de la contamination des milieux aquatiques par les substances dangereuses en France (INERIS, 2005). Un prélèvement a été effectué dans les sédiments du Léman. Pour certaines substances de la famille des HAP, les résultats de la campagne CIPEL de 2007 varient entre 72 et 228 µg/kg MS et sont du même ordre de grandeur que ceux de la campagne de l'Agence de l'Eau RM&C qui s'évaluent entre 48 et 253 µg/kg MS (Tableau 4).

En comparaison avec les propositions de critères de qualité canadienne pour la protection de la vie aquatique (cf. ISQG - annexe 7), on peut faire les observations suivantes : pratiquement toutes les teneurs individuelles en HAP des sédiments des Grangettes remplissent ces critères. Certains HAP aux points SHL2 et GE3 ainsi que du delta de la Dranse sont légèrement supérieurs ; ceux de la baie de Vidy sont en revanche bien supérieurs.

Enfin, des recherches bibliographiques montrent que globalement, les concentrations en HAP mesurées dans les sédiments de plusieurs lacs d'Europe et du monde, affichent des teneurs semblables à celles mesurées dans les sédiments du Léman (cf. Tableau 5). Il est difficile d'interpréter ces valeurs dans la mesure où il n'existe pas de norme de qualité. Les seules normes existantes portent sur les concentrations dans l'eau (cf. Circulaire 2007/23 du Ministère en charge de l'écologie datée du 7 mai 2007).

Tableau 3 : Concentrations en HAP mesurées dans les sédiments de 10 rivières suisses (Médiane de la teneur totale en HAP).

Table 3 : HAP concentrations found in the sediments of 10 Swiss rivers (Median of the total HAP content).

Rivière (station)	Médiane de la somme HAP µg/kg MS (matière sèche)
Limmat (Ennetturgi)	1'140
Birse (Duggingen)	1'050
Rhin (Ellikon)	700
Aar (Döttingen)	630
Thour (Flaach)	440
Reuss (Birmensdorf)	360
Rhône (Chancy)	250
Rhône (Bouveret)	130
Inn (Susch)	100
Tessin (Gudo)	80

Tableau 4 : Concentrations en HAP mesurées dans les sédiments du Léman le 28.10.2005 (INERIS, 2005 et CIPEL, 2007).

Table 4 : Concentrations of HAP found in the sediments of Lake Geneva on 28.OCT.2005 (INERIS 2005 and CIPEL 2007).

HAP	INERIS, 2005	CIPEL, 2007
	µg/kg MS	valeur moyenne des 5 sites µg/kg MS
Fluoranthène	253	230
Benzo(b)fluoranthène	149	200
Benzo(a)pyrène	112	120
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	102	180
Benzo(k)fluoranthène	78	70
Benzo(g,h,i)pérylène	48	80

Tableau 5 : Concentrations en HAP mesurées dans les sédiments de plusieurs lacs d'Europe et du monde.

Table 5 : Concentrations of HAP found in the sediments of several lakes in Europe and worldwide.

Lac	Valeur en µg/kg MS	Références
Léman	370 à 4'600	annexe 7
Hangzhou (Chine)	310 à 3'000	ZHU, et al., 2005
Ganzirri (Italie - Sicile)	7.4 à 5'800	GIACALONE et al., 2004
Cima (Pérou)	4'300	GOMES, et al., 2003
Annecy (France)	1'430	NAFFRECHOUX, et al., 2000
Région du delta Mackenzie (Nord Canada)	20 à 200	HEADLEY, et al., 2002
Planina (Slovenie)	5	MURI, et al., 2003
Baikal, Lagoga, Onega	870	KIRSO, et al., 2002

5.2 Phtalates

Les résultats d'analyses mettent en évidence trois types de phtalates : le dibutyl phtalate (DBP) présent dans 4 sites sauf aux Grangettes, le diéthyl phtalate présent uniquement dans la baie de Vidy, et le bis(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP) présent dans les 5 sites avec une concentration nettement plus élevée dans la baie de Vidy.

D'après la littérature, les phtalates ont aussi été retrouvés dans les sédiments d'autres lacs. On peut notamment citer la présence de bis (2-ethylhexyl) phtalate dans les sédiments de lacs suédois (HAARSTAD et BORCH, 2004).

Les concentrations mesurées pour cette substance dans les sédiments du Léman sont assez semblables à celles de sédiments de lacs et de rivières allemandes qui varient entre 210 et 8'440 µg/kg (FROMMEA et al., 2002).

5.3 Retardateurs de flamme polybromés (PBDE) (Tableau 6)

Les PBDE (poly éther diphenylique bromé) sont très abondamment utilisés dans l'industrie, notamment pour leurs propriétés ignifuges et ils sont présents dans de nombreux objets de la vie courante (textiles, plastiques, peintures, téléviseurs, tapis, voitures, ordinateurs et autres appareils électriques).

Les molécules de BDE (éther diphenylique bromé) ont une structure semblable à celle des polychlorés biphenyles (PCB), qui sont considérés comme des cancérigènes probables et peuvent causer des anomalies congénitales, des dommages neurologiques et des déséquilibres de l'activité thyroïdienne.

Les PBDE sont des substances très recherchées depuis plusieurs années dans l'environnement. Elles sont régulièrement détectées dans les sédiments, l'atmosphère, les boues de station d'épuration mais aussi dans les poissons, les oiseaux, les mammifères marins, les tissus humains, le lait maternel et le sang. On s'interroge encore cependant sur leurs effets potentiels.

Il existe de nombreuses études sur les PBDE et on trouve un grand nombre de références dans la littérature, notamment dans celle émanant du Canada où aucune réglementation ne limite pour l'instant leur utilisation contrairement à l'Union européenne qui a interdit, en août 2004, l'utilisation et la commercialisation de la plupart des PBDE (cf. Directive 2003/11/CE).

Les PBDE sont bien retenus dans les boues des stations d'épuration des eaux usées. Les valeurs moyennes pour 17 stations d'épuration en Suisse sont comprises entre 0.1 µg/kg (BDE 119) et 310 µg/kg (BDE 209). Les BDE les plus importants étant les BDE 209, BDE 47 et BDE 99. (KUPPER et al., 2008).

Les résultats d'analyses des sédiments du Léman montrent que les PBDE sont présents dans chacun des 5 sites étudiés, avec des concentrations qui varient de 1.9 µg/kg MS dans les sédiments des Grangettes à 127 µg/kg MS dans ceux de la baie de Vidy.

Mis à part les concentrations nettement plus élevées dans les sédiments issus de la baie de Vidy, les autres sites présentent des teneurs d'un ordre de grandeur comparable à ceux d'autres lacs ou rivières (Tableau 6).

Tableau 6 : Concentrations totales mesurées en PBDE dans les sédiments de plusieurs lacs d'Europe et du monde.

Table 6 : Total concentrations of PBDEs found in the sediments of several Lakes in Europe and worldwide..

Lac / Rivière	Teneur en µg/kg MS	Références
Léman	de 1.9 à 130	Annexe 7
Danube	de 0.32 à 1.06	MOCHE et al., 2004
Lac Majeur (italo-suisse)	5.1	VIVES et al., 2007
Lac Ellasjoen (Norvège)	0.73	EVENSET et al., 2007
Lac Winnipeg (Canada)	de 1.16 à 1.61	LAW, 2006
Lac Ontario (Canada)	de 4.85 à 6.33	SONG, 2005
Lac Erie (Canada)	de 1.83 à 1.95	SONG, 2005

Du fait de leur présence au sein de tous les niveaux trophiques, il pourrait être intéressant, à l'avenir, d'effectuer des mesures de ces substances dans la chair des poissons du Léman.

5.4 Pesticides organochlorés semi-volatils

Les résultats pour 25 types de pesticides analysés sont tous inférieurs au seuil de quantification. Ils sont donnés en annexe 7.

En revanche, l'étude réalisée en 2007 dans les sédiments de la baie de Vidy dans la zone de sortie de l'exutoire de la station d'épuration (Institut F.-A. FOREL, 2007, annexe 4d.3), avait montré la présence de deux de ces pesticides : l'heptachlore époxyde entre 0.37 et 45.12 µg/kg MS, et la dieldrine avec une concentration de 1.34 µg/kg MS. Les échantillons de la campagne CIPEL ont été analysés par le laboratoire de la Drôme, où le seuil de quantification pour ces deux substances est de 10 µg/kg de MS. Leur présence dans les sédiments de la baie de Vidy à des concentrations bien en-dessous de ce seuil, n'exclut cependant pas leur présence potentielle au sein des sédiments du Léman issus de la campagne CIPEL.

5.5 Filtres UV

Ces substances sont connues pour être résistantes aux biodégradations et photodégradations et donc susceptibles de parvenir dans l'environnement aquatique et d'y perdurer. De plus, elles présentent un caractère hydrophobe et s'adsorbent fortement. Elles ont donc été recherchées dans les sédiments du lac, d'autant plus que deux composés, le méthoxycinnamate d'octyle (OMC) et l'octocrylène (OC) ont été mis en évidence dans les eaux du Léman. Les résultats d'analyses dans les sédiments montrent que l'octocrylène est présent avec des concentrations élevées dans chacun des échantillons et notamment dans celui de la baie de Vidy.

Il est difficile d'interpréter ces résultats, dans la mesure où aucune autre valeur n'a été retrouvée dans la littérature pour d'autres sédiments de lacs.

6. CONCLUSIONS

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.

Les concentrations en pesticides dans le lac ont bien diminué. La teneur en foramsulfuron par exemple est aujourd'hui redescendue à des valeurs bien inférieures à la PNEC (Predicted no-effect concentration ; concentration prédite sans effet) qui est de 0.004 µg/L (CHÈVRE, 2007).

Plusieurs médicaments dont le lieu de production industrielle est situé sur le Rhône amont ont été mis en évidence. Pour ceux-ci, des mesures devront également être prises par les industries. Il est également impératif que les organes de contrôle se dotent des moyens nécessaires afin d'effectuer des contrôles sérieux de ces substances. Aujourd'hui, seules quelques-unes d'entre elles font l'objet d'analyses. De plus, les données écotoxicologiques dans ce domaine sont encore lacunaires, ce qui rend difficile toute évaluation fiable des risques encourus par les biocénoses.

Des recherches sur les sédiments d'autres lacs ont permis de citer à titre d'exemple des ordres de grandeur de concentrations mesurées pour certaines substances. On constate que certaines d'entre elles font l'objet de nombreux travaux de recherches et d'analyses, comme c'est le cas des PBDE. D'autres sont encore très peu étudiées dans l'environnement, comme les filtres UV par exemple. Il est difficile de comparer ces résultats avec ceux du Léman en raison des caractéristiques (pétrographie, hydrographie, relief, etc.) du bassin versant mais aussi de l'influence des rejets (urbains, agricoles, industriels) qui varient d'un lac à l'autre. Cette campagne a permis toutefois de mettre en évidence, dans les sédiments du Léman, la présence de substances émergentes qui n'étaient pas recherchées jusqu'à présent. Aussi seul un état des lieux a été dressé et les résultats obtenus ne permettent pas de tirer ici des conclusions quant à l'impact de ces polluants sur les organismes aquatiques.

Enfin, cet état des lieux de l'état de la contamination des sédiments par ces divers types de micropolluants, mériterait peut-être que l'on s'intéresse à leur origine ainsi qu'à leur éventuelle présence dans la chair des poissons du lac.

Les analyses d'eaux potables après traitements dans les différentes stations situées sur le pourtour du Léman avaient montré antérieurement que seules les filières de potabilisation les plus complètes (incluant la filtration sur sables, l'ozonation, l'adsorption sur charbon actif abattaient de façon significative les micropolluants. Il paraît de plus en plus évident que chacune des étapes d'une filière de traitement permette de retrancher une fraction - variable - des substances à éliminer. Cette fraction dépend de la nature physico-chimique intrinsèque des substances en question (charge, taille, conformation spatiale, solubilité, polarisabilité, coefficients de partition etc.), du type et du dosage du traitement appliqué ainsi que du mode d'exploitation envisagé (régénération régulière des lits de charbons actifs). En outre, l'intégralité de la matrice aqueuse joue un rôle lors du processus de traitement tant du point de vue de son contenu en matières organiques naturelles que des éléments minéraux (les ions bromure ou manganéux réagissent à l'ozone par exemple).

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD, M., ARNOLD, C., EDDER, P. et ORTELLI, D., (2007) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2006, 163-172.
- BERNARD, M. et ARNOLD, C. (2008) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2007, 139-148.
- BRUCHET, A., HOCHEREAU, C., RODRIGUES, J.-M. et JANEX-HABIBI, M.-L. (2006) : Composés pharmaceutiques et produits d'hygiène : analyse d'indicateurs pour l'évaluation du risque sanitaire. TSM 12, 43-51
- CCME, (1999, update 2002) : Canadian council of ministers of the environment. Canadian sediment quality guidelines for protection of aquatic life. Summary tables.
- CHEVRE, N. (2007) : Estimation de l'écotoxicité des substances retrouvées dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2006, 173-186.
- CIRCULAIRE 2007/23 du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire du 07.05.2007.
- CORVI, C. (1984) : Métaux en traces. In : Le Léman, Synthèse 1957-1982, Ed. par Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Chapitre 3.2.11, Tableau 3 page 207.

- DIETRICH, D. (1995) : Kritische Beurteilung der ökotoxikologischen Aussagekraft von Schwermetallanalysen in Fischen aus schweizerischen Gewässern. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., 86, 213-225.
- Directive CE/98/83 du Conseil du 3 novembre 1998 - Journal officiel des Communautés européennes du 05.12.1998.
- DIRECTIVE CE/657/2002 du Conseil du 12 août 2002 - Journal officiel des Communautés européennes du 17.08.2002
- DIRECTIVE 2003/11/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 février 2003 – Journal officiel de l'Union européenne du 15.02.2003
- EDDER, P., ORTELLI, D., RAMSEIER, S. et CHEVRE, N. (2007) : Métaux et micropolluants organiques. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2006, 65-87.
- EDDER, P., ORTELLI, D. et RAMSEIER, S. (2006) : Métaux et micropolluants organiques dans les eaux du Léman, Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2005, 59-81.
- EVENSET, A., et al: (2007) : Historical trends in persistent organic pollutants and metals recorded in sediment from Lake Ellasjoen, Bjornoya, Norwegian Arctic. Environ. Pollut., 146 (1), 196-205.
- GIACALONE, A., GIANGUZZA, A., MANNINO, M.R., ORECCHIO, S. et PIAZZESE, D. (2004) : Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of marine coastal lagoons in Messina, Italy. Extraction and GC/MS analysis, distribution and sources. Polycycl. Aromat. Comp., 24 (2), 135-149.
- GOMES, AD. et AZEVEDO, D.D., (2003) : Aliphatic and aromatic hydrocarbons in tropical recent sediments of Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. J. Brazilian Chem. Society, 14 (3), 358-368.
- GOUVERNEMENT DU CANADA, ENVIRONNEMENT CANADA ET SANTE CANADA (1994a) : Rapport d'évaluation du phthalate de dibutyle. Loi canadienne sur la prot. environ., 38p.
- GOUVERNEMENT DU CANADA, ENVIRONNEMENT CANADA ET SANTE CANADA (1994b) : Rapport d'évaluation du phthalate de bis(2-éthylhexyle). Loi canadienne sur la prot. environ., 52p.
- FROMMEA, H., KÜCHLERB, T., OTTOC, T., PILZC, K., MÜLLERB, J. et WENZELB, A. (2004) : Occurrence of phthalates and bisphenol A and F in the environment. Water Research, 36, Issue 6, 1429-1438.
- HAARSTAD, K. et BORCH, H., (2004) : Indications of hormonally active substances in municipal solid waste leachate: Mobilization and effect studies from Sweden and Norway. J. Environ. Sci. And Health Part A-toxic/hazardous Substances & Environmental Engineering, 39 (4), 901-913.
- HEADLEY, J.V., MARSH, P., AKRE, C.J., PERU, K.M. et LESACK, L. (2002) : Origin of polycyclic aromatic hydrocarbons in lake sediments of the Mackenzie Delta. J. of Environmental Science and Health, part A, 37 (7), 1159-1180.
- INERIS (2005) : Etat des lieux de la contamination des milieux aquatiques par les substances dangereuses. Campagne exceptionnelle 2005, 49p. http://rsde.ineris.fr/XLS/fich_RMC_PE_NQ_Sed__.xls
- INRS (2003) : Phtalate de dibutyle. Fiche toxicologique n°98, cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail, Paris.
- INRS (2004) : Phtalate de bis(2-éthylhexyle). Fiche toxicologique n°161, cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail, Paris.
- INSTITUT F.A. FOREL (2007) : Bilan et flux microbiologique dans la baie de Vidy (Lausanne). Rapp. final de l'étude, Serv. Assain. Ville Lausanne, 168p.
- JANEX-HABIBI, M.-L., BRUCHET, A. et TERNES, T. (2004) : Effet des traitements d'eau potable et d'épuration des eaux usées sur les résidus médicamenteux. Résultats du projet Poséidon. TSM, 11, 59-66.
- JOSS, A., KELLER, E., ALDER, A.C., GOEBEL, A., MC ARDELL, C.S., TERNES, T. et SIEGRIST, H. (2005) : Removal of pharmaceuticals and fragrances in biological wastewater treatment. Water Res., 39, 3139-3152.
- KIRSO, U., IRHA, N., PAALME, L., REZNIKOV, S. et MATVEYEV, A. (2002) : Levels and origin of PAHs in some big lakes. Polycycl. Aromat. Comp., 22 (3-4), 715-728.
- KUPPER, T., PLAGELLAT, C., BRÄNDLI, R.C., DE ALENCASTRO, L.F., GRANDJEAN, D. et TARRADELLAS, J., (2006): Fate and removal of polycyclic musks, UV filters and biocides during wastewater treatment. Water Research, 40, 2603-2612.
- KUPPER, T., DE ALENCASTRO, L.F., GATSIGAZI, R., FURRER, R., GRANDJEAN, D. et TARRADELLAS, J. (2008) : Concentrations and specific loads of brominated flame retardants in sewage sludge. Chemosphere, 71, 1173-1180.
- LAW, K., HALLDORSON, T., DANELL, R., STERN, G., GEWURTZ, S., ALAEE, M., MARVIN, C., WHITTLE, M. et TOMY, G. (2006) : Bioaccumulation and trophic transfer of some brominated flame retardants in a Lake Winnipeg (Canada) food web. Environ. Toxicol. Chem., 25 (8), 2177-2186.

- LAZZAROTTO, J., et RAPIN, F. (2008) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2007, 31-55.
- MOCHE, W., STEPHAN, K. et THANNER, G. (2004) : Bromierte Flammschutzmittel in der Aquatischen Umwelt. Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- MURI, G., WAKEHAM, SG. ET FAGANELI, J. (2003) : Polycyclic aromatic hydrocarbons and black carbon in sediments of a remote alpine lake (Lake Planina, northwest Slovenia). Environ. Toxicol. Chem., 22 (5), 1009-1016.
- NAFFRECHOUX, E., COMBET, E., FANGET, B., PATUREL, L. et BERTHIER, F. (2000) : Occurrence and fate of PAHs from road runoff in the south drainage basin of Annecy Lake. Polycycl. Aromat. Comp., 18 (2), 149-159.
- OEaux (1998) : Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des Eaux (état au 1^{er} janv. 2008) (Suisse).
- OFEFP (2003) : Micropolluants dans les sédiments. Cahier de l'environnement, n°353, OFEV, Berne.
- OMS (2006) : "Guidelines for Drinking-water Quality", first addendum to third edition", 3rd edition. Organisation Mondiale de la Santé, Geneva.
- OSEC (1995) : Ordonnance du 26 juin 1995 sur les Substances Etrangères et les Composants dans les denrées alimentaires (état 1^{er} avril 2008) (Suisse).
- ORTELLI, D., EDDER, P. et CORVI, C. (2004) : Multiresidue analysis of 74 pesticides in fruits and vegetables by liquid chromatography-electrospray-tandem mass spectrometry. Anal. Chim. Acta, 520, 33-45.
- ORTELLI, D., EDDER, P. et COGNARD, E. (2006) : Recent advances in pesticides residues analysis in food and in environmental samples. Trav. Chim. Alim. Hyg., 97, 275-287
- PLAGELLAT, C., KUPPER, T., FURRER, R., DE ALENCASTRO, L. F., GRANDJEAN, D. et TARRADELLAS, J. (2006) : Concentrations and specific loads of UV filters in sewage sludge originating from a monitoring network in Switzerland. Chemosphere, 62, 915-925.
- PLAGELLAT, C., (2004) : Origines et flux de biocides et de filtres UV dans les stations d'épuration des eaux usées. Thèse no 3053, EPFL, Lausanne.
- SIGG, L. (1992) : Les métaux lourds dans les cours d'eau. Nouvelles de l'EAWAG, 32, 32-35.
- SONG, WL., FORD, J.C., LI, A., STURCHIO, N.C., ROCKNE, K.J., BUCKLEY, D.R. et MILLS, W.J. (2005) : Polybrominated diphenyl ethers in the sediments of the Great Lakes. 3. Lakes Ontario and Erie. Environ. Sci. & Technol., 39 (15), 5600-5605.
- STRAWCZYNSKI, A. (2008) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2007, xx-xx.
- VIVES, I., CANUTI, E., CASTRO-JIMÉNEZ, J., CHRISTOPH, E.H., EISENREICH, S.J. HANKE, G., HUBER, T., MARIANI, G., MUELLER, A., SKEJO, H., UMLAUF, G. et WOLLGAST, J. (2007) : Occurrence of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in Lake Maggiore (Italy and Switzerland). J. Environ. Monitor., 9(6), 589-598.
- VON GUNTEN, U. (2005) : Verminderung der Konzentration von Spurenstoffen. GWA, 1, 53-59.
- ZHU, LZ., CAI, XF. et WANG, J. (2005) : PAHs in aquatic sediment in Hangzhou, China: Analytical methods, pollution pattern, risk assessment and sources. J. Environ. Sci. China, 17 (5), 748-755.

**Produits phytosanitaires recherchés.
Pesticides (crop treatments) survey**

	Substance	Type	NumCAS	LQ [$\mu\text{g/L}$]
1	Acetamidrid	Insecticide	135410-20-7	0.001
2	Acetochlor	Herbicide	34256-82-1	0.02
3	Acibenzolar-S-methyl	Régulateur croissance	135158-54-2	0.02
4	Aclonifen	Herbicide	74070-46-5	0.01
5	Alachlor	Herbicide	15972-60-8	0.005
6	Aldicarb	Insecticide	116-06-3	0.001
7	Aldicarb sulfoxide	Fongicide	1646-87-3	0.001
8	Aldoxycarb (Aldicarb sulfone)	Insecticide	1646-88-4	0.001
9	Amidosulfuron	Herbicide	120923-37-7	0.001
10	Amitrole	Herbicide	61-82-5	0.001
11	Asulam	Herbicide	3337-71-1	0.001
12	Atrazine	Herbicide	1912-24-9	0.001
13	Atrazine-2-hydroxy	Herbicide	2163-68-0	0.001
14	Atrazine-desethyl	Herbicide	6190-65-4	0.001
15	Atrazine-desethyl-2-hydroxy	Herbicide	19988-24-0	0.001
16	Atrazine-desethyl-desisopropyl	Herbicide	3397-62-4	0.001
17	Atrazine-desisopropyl	Herbicide	1007-28-9	0.001
18	Azaconazole	Fongicide	60207-31-0	0.001
19	Aziprotryne	Herbicide	4658-28-0	0.001
20	Azoxystrobin	Fongicide	131860-33-8	0.001
21	Benalaxyl	Fongicide	71626-11-4	0.001
22	Bendiocarb	Insecticide	22781-23-3	0.001
23	Benfuracarb	Insecticide	82560-54-1	0.02
24	Benodanil	Insecticide	15310-01-7	0.01
25	Benoxacor	Herbicide	98730-04-2	0.01
26	Bentazon	Herbicide	25057-89-0	0.001
27	Benthiavalcab isopropyl	Fongicide	177406-68-7	0.001
28	Benzoximate	Acaricide	29104-30-1	0.005
29	Bifenox	Herbicide	42576-02-3	0.02
30	Bitertanol	Fongicide	55179-31-2	0.001
31	Boscalid (Nicobifen)	Fongicide	188425-85-6	0.001
32	Bromacil	Herbicide	314-40-9	0.001
33	Bromuconazole	Fongicide	116255-48-2	0.001
34	Bupirimate	Fongicide	41483-43-6	0.001
35	Buprofezin	Insecticide	69327-76-0	0.001
36	Butocarboxim	Insecticide	34681-10-2	0.001
37	Carbaryl	Insecticide	63-25-2	0.001
38	Carbendazim	Fongicide	10605-21-7	0.001
39	Carbofuran	Insecticide	1563-66-2	0.001
40	Carboxin	Fongicide	5234-68-4	0.001
41	Chlorbromuron	Herbicide	13360-45-7	0.001
42	Chlorfenapyr	Acaricide	122453-73-0	0.02
43	Chlorfluaazuron	Insecticide	71422-67-8	0.001
44	Chloridazon	Herbicide	1698-60-8	0.001
45	Chlorotoluron	Herbicide	15545-48-9	0.001
46	Chloroxuron	Herbicide	1982-47-4	0.001
47	Clethodim	Herbicide	99129-21-2	0.001
48	Clodinafop-propargyl	Herbicide	105512-06-9	0.02
49	Clofentezine	Acaricide	74115-24-5	0.1
50	Clomazone	Herbicide	81777-89-1	0.001
51	Clopyralid	Herbicide	1702-17-6	0.1
52	Cloquintocet-mexyl ester	Herbicide	99607-70-2	0.001
53	Cyanazin	Herbicide	21725-46-2	0.001
54	Cyclosulfamuron	Herbicide	136849-15-5	0.001
55	Cycloxydim	Herbicide	101205-02-1	0.001
56	Cymoxanil	Fongicide	57966-95-7	0.001
57	Cyproconazole	Fongicide	113096-99-4	0.001
58	Cyprodinil	Fongicide	121552-61-2	0.001
59	Demeton-S-methyl	Insecticide	919-86-8	0.02
60	Demeton-S-methyl-sulfon	Insecticide	17040-19-6	0.02
61	Diafenthuron	Insecticide	80060-09-9	0.1
62	Dichlorprop-P	Herbicide	15165-67-0	0.02

	Substance	Type	NumCAS	LQ [µg/L]
63	Diclobutrazol	Fongicide	75736-33-3	0.001
64	Dicrotophos	Insecticide	141-66-2	0.001
65	Diethofencarb	Fongicide	87130-20-9	0.02
66	Difenoconazol	Fongicide	119446-68-3	0.001
67	Difenoxyuron	Herbicide	14214-32-5	0.001
68	Diflubenzuron	Insecticide	35367-38-5	0.01
69	Diflufenican	Herbicide	83164-33-4	0.001
70	Dimefuron	Herbicide	34205-21-5	0.001
71	Dimethachlor	Herbicide	50563-36-5	0.001
72	Dimethenamid	Herbicide	87674-68-8	0.001
73	Dimethoate	Insecticide	60-51-5	0.001
74	Dimethomorph	Fongicide	110488-70-5	0.001
75	Dimetilan	Insecticide	644-64-4	0.001
76	Diniconazole	Fongicide	83657-24-3	0.001
77	Dinoseb	Herbicide	88-85-7	0.1
78	Dinoterb	Herbicide	1420-07-1	0.02
79	Dioxacarb	Insecticide	6988-21-2	0.001
80	Diphenylamine	Insecticide	122-39-4	0.1
81	Disulfoton	Insecticide	298-04-4	0.1
82	Diuron	Herbicide	330-54-1	0.001
83	Dodemorph	Fongicide	1593-77-7	0.005
84	Epoxiconazole	Fongicide	106325-08-0	0.001
85	Etaconazole	Fongicide	60207-93-4	0.001
86	Ethiofencarb	Insecticide	29973-13-5	0.001
87	Ethoxyquin	Fongicide	91-53-2	0.05
88	Ethoxysulfuron	Herbicide	126801-58-9	0.001
89	Fenamidone	Fongicide	161326-34-7	0.001
90	Fenamiphos	Nematicide	22224-92-6	0.001
91	Fenarimol	Fongicide	60168-88-9	0.001
92	Fenazaquin	Acaricide	120928-09-8	0.02
93	Fenbuconazole	Fongicide	114369-43-6	0.001
94	Fenhexamide	Fongicide	126833-17-8	0.001
95	Fenobucarb	Insecticide	3766-81-2	0.001
96	Fenoxycarb	Insecticide	79127-80-3	0.005
97	Fenpiclonil	Fongicide	74738-17-3	0.001
98	Fenpropathrin	Insecticide	64257-84-7	0.02
99	Fenpropidin	Fongicide	67306-00-7	0.005
100	Fenpropimorph	Fongicide	67564-91-4	0.001
101	Fenpyroximat	Acaricide	134098-61-6	0.01
102	Fenuron	Herbicide	101-42-8	0.001
103	Fipronil	Insecticide	120068-37-3	0.02
104	Flazasulfuron	Herbicide	104040-78-0	0.01
105	Florasulam	Herbicide	145701-23-1	0.005
106	Fluazifop-butyl	Herbicide	79241-46-6	0.001
107	Fluazinam	Fongicide	79622-59-6	0.001
108	Flucycloxuron	Acaricide	94050-52-9	0.02
109	Fludioxonil	Fongicide	131341-86-1	0.02
110	Flufenacet	Herbicide	142459-58-3	0.001
111	Flufenoxuron	Insecticide	101463-69-8	0.001
112	Fluoxastrobin	Fongicide	193740-76-0	0.001
113	Flupyrsulfuron-methyl sodium	Herbicide	144740-54-5	0.01
114	Fluquinconazole	Fongicide	136426-54-5	0.02
115	Fluroxypyr	Herbicide	69377-81-7	0.005
116	Flurprimidol	Herbicide	56425-91-3	0.001
117	Flurtamone	Herbicide	96525-23-4	0.001
118	Flusilazole	Fongicide	85509-19-9	0.001
119	Flutolanil	Fongicide	66332-96-5	0.001
120	Flutriafol	Fongicide	76674-21-0	0.001
121	Foramsulfuron	Herbicide	173159-57-4	0.001
122	Fuberidazole	Fongicide	003878-19-1	0.001
123	Furalaxyl	Fongicide	57646-30-7	0.001
124	Furathiocarb	Insecticide	65907-30-4	0.001
125	Haloxypop-methyl	Herbicide	69806-40-2	0.001
126	Hexaconazole	Fongicide	79983-71-4	0.001
127	Hexaflumuron	Insecticide	86479-06-3	0.001
128	Hexythiazox	Acaricide	78587-05-0	0.02

	Substance	Type	NumCAS	LQ [µg/L]
129	Imazalil	Fongicide	35554-44-0	0.001
130	Imidacloprid	Insecticide	105827-78-9	0.005
131	Indoxacarb	Insecticide	173584-44-6	0.02
132	Iodosulfuron-methyl	Herbicide	185119-76-0	0.001
133	Ioxynil	Herbicide	1689-83-4	0.001
134	Iprovalicarb	Fongicide	140923-17-7	0.05
135	Isazophos	Insecticide	42509-80-8	0.001
136	Isoproturon	Herbicide	34123-59-6	0.001
137	Lenacil	Herbicide	2164-08-1	0.001
138	Linuron	Herbicide	330-55-2	0.001
139	Lufenuron	Insecticide	103055-07-8	0.001
140	Mandipropamid	Fongicide	374726-62-2	0.001
141	MCPA	Herbicide	94-74-6	0.02
142	MCPB	Herbicide	94-81-5	0.1
143	Mecarbam	Insecticide	2595-54-2	0.1
144	Mecoprop	Herbicide	7085-19-0	0.02
145	Mepanipyrim	Fongicide	110235-47-7	0.001
146	Metalaxyl	Fongicide	57837-19-1	0.02
147	Metamitron	Herbicide	41394-05-2	0.001
148	Metconazole	Fongicide	125116-23-6	0.001
149	Methabenzthiazuron	Herbicide	18691-97-9	0.001
150	Methiocarb	Insecticide	2032-65-7	0.001
151	Methomyl	Insecticide	16752-77-5	0.001
152	Methoxyfenozide	Insecticide	161050-58-4	0.001
153	Metobromuron	Herbicide	3060-89-7	0.001
154	Metolachlor	Herbicide	51218-45-2	0.001
155	Metolcarb	Insecticide	1129-41-5	0.01
156	Metosulam	Herbicide	139528-85-1	0.001
157	Metoxuron	Herbicide	19937-59-8	0.001
158	Metribuzin	Herbicide	21087-64-9	0.001
159	Metsulfuron-methyl	Herbicide	74223-64-6	0.001
160	Monocrotophos	Insecticide	6923-22-4	0.001
161	Monolinuron	Herbicide	1746-81-2	0.001
162	Monuron	Herbicide	150-68-5	0.001
163	Myclobutanil	Fongicide	88671-89-0	0.001
164	Napropamide	Herbicide	15299-99-7	0.001
165	Neburon	Herbicide	555-37-3	0.001
166	Nicosulfuron	Herbicide	111991-09-4	0.005
167	Norflurazon	Herbicide	27314-13-2	0.001
168	Nuarimol	Fongicide	63284-71-9	0.001
169	Omethoate	Insecticide	1113-02-6	0.02
170	Orbencarb	Herbicide	34622-58-7	0.01
171	Orthosulfamuron	Herbicide	213464-77-8	0.02
172	Oryzalin	Herbicide	19044-88-3	0.001
173	Oxadiazon	Herbicide	19666-30-9	0.001
174	Oxadixyl	Fongicide	77732-09-3	0.001
175	Oxamyl	Insecticide	23135-22-0	0.02
176	Oxydemeton-methyl	Insecticide	301-12-2	0.001
177	Paclobutrazol	Regul. croiss.	76738-62-0	0.001
178	Penconazole	Fongicide	66246-88-6	0.001
179	Pencycuron	Fongicide	66063-05-6	0.001
180	Pendimethalin	Herbicide	40487-42-1	0.01
181	Phenmedipham	Herbicide	13684-63-4	0.005
182	Phenthoat	Insecticide	2597-03-7	0.02
183	Phosalone	Insecticide	2310-17-0	0.001
184	Picoxystrobin	Fongicide	117428-22-5	0.001
185	Pirimicarb	Insecticide	23103-98-2	0.001
186	Pretilachlor	Herbicide	51218-49-6	0.001
187	Prochloraz	Fongicide	67747-09-5	0.001
188	Promecarb	Insecticide	2631-37-0	0.001
189	Prometryn	Herbicide	7287-19-6	0.001
190	Propachlor	Herbicide	1918-16-7	0.001
191	Propamocarb	Fongicide	24579-73-5	0.001
192	Propanil	Herbicide	709-98-8	0.001
193	Propaquizafop	Herbicide	111479-05-1	0.02
194	Propargite	Acaricide	2312-35-8	0.01

	Substance	Type	NumCAS	LQ [µg/L]
195	Propazine	Herbicide	139-40-2	0.001
196	Propetamphos	Insecticide	31218-83-4	0.02
197	Propham	Herbicide	122-42-9	0.001
198	Propiconazole	Fongicide	60207-90-1	0.001
199	Propoxur	Insecticide	114-26-1	0.001
200	Propoxycarbazone-sodium	Herbicide	181274-15-7	0.01
201	Propyzamide	Herbicide	23950-58-5	0.001
202	Proquinazid	Fongicide	189278-12-4	0.005
203	Prosulfocarb	Herbicide	52888-80-9	0.001
204	Pymetrozine	Insecticide	123312-89-0	0.001
205	Pyraclostrobin	Fongicide	175013-18-0	0.001
206	Pyridaben	Insecticide	96489-71-3	0.01
207	Pyrifenoxy	Fongicide	88283-41-4	0.001
208	Pyriftalid	Herbicide	135186-78-6	0.001
209	Pyrimethanil	Fongicide	53112-28-0	0.001
210	Pyriproxyfen	Insecticide	95737-68-1	0.005
211	Quizalofop-P-Ethyl	Herbicide	100646-51-3	0.01
212	Sebumeeton	Herbicide	26259-45-0	0.001
213	Simazine	Herbicide	122-34-9	0.001
214	Simazine-2-hydroxy	Herbicide	2599-11-3	0.001
215	Spinosad	Insecticide	168316-95-8	0.01
216	Spirodiclofen	Acaricide	148477-71-8	0.02
217	Spiroxamine	Fongicide	118134-30-8	0.005
218	Sulfometuron-methyl	Herbicide	74222-97-2	0.001
219	Sulfosulfuron	Herbicide	141776-32-1	0.01
220	Tebuconazole	Fongicide	107534-96-3	0.001
221	Tebufenozide	Insecticide	112410-23-8	0.05
222	Tebufenpyrad	Acaricide	119168-77-3	0.001
223	Tebutam	Herbicide	35256-85-0	0.001
224	Teflubenzuron	Insecticide	83121-18-0	0.001
225	Tepraloxym	Herbicide	149979-41-9	0.001
226	Terbacil	Herbicide	5902-51-2	0.02
227	Terbufos	Insecticide	13071-79-9	0.01
228	Terbumeton	Herbicide	33693-04-8	0.001
229	Terbutylazine	Herbicide	5915-41-3	0.001
230	Terbutylazine-2-hydroxy	Herbicide	66753-07-9	0.001
231	Terbutylazine-desethyl	Herbicide	30125-63-4	0.001
232	Terbutryn	Herbicide	886-50-0	0.001
233	Tetraconazole	Fongicide	112281-77-3	0.001
234	Thiabendazole	Fongicide	148-79-8	0.001
235	Thiacloprid	Insecticide	111988-49-9	0.001
236	Thiamethoxam	Insecticide	153719-23-4	0.02
237	Thifensulfuron-methyl	Herbicide	79277-27-3	0.001
238	Thiobencarb	Herbicide	28249-77-6	0.001
239	Thiocyclam hydrogen oxalate	Insecticide	31895-22-4	0.02
240	Thiodicarb	Insecticide	59669-26-0	0.001
241	Thiofanox	Insecticide	39196-18-4	0.001
242	Thiophanate ethyl	Fongicide	23564-06-9	0.1
243	Thiophanate methyl	Fongicide	23564-05-8	0.1
244	Tolclofos-methyl	Fongicide	57018-04-9	0.1
245	Triadimefon	Fongicide	43121-43-3	0.001
246	Triadimenol	Fongicide	55219-65-3	0.001
247	Triasulfuron	Herbicide	82097-50-5	0.001
248	Tribenuron-methyl	Herbicide	101200-48-0	0.02
249	Triclopyr	Herbicide	55335-06-3	0.1
250	Tricyclazole	Fongicide	41814-78-2	0.001
251	Trifloxystrobin	Fongicide	141517-21-7	0.001
252	Trifloxysulfuron	Herbicide	145099-21-4	0.001
253	Triflumizole	Fongicide	68694-11-1	0.001
254	Triflumuron	Insecticide	64628-44-0	0.001
255	Triforine	Fongicide	26644-46-2	0.01
256	Trinexapac-ethyl	Herbicide	95266-40-3	0.001
257	Vamidotion	Insecticide	2275-23-2	0.001

ANNEXE 2

Liste des autres micropolluants recherchés dans les eaux du Léman et limites de détection (LD) / quantification (LQ) correspondantes.

Other micropollutants analysed in the water of Lake of Geneva and the corresponding detection limits (DLs) and quantification limits (QLs).

Muscs et filtres UV (Inst. des sciences et technologies de l'environ. ISTE - EPFL)

		LD	LQ
Polycyclic musks (PCMs)			
Galaxolide (HHCB)	ng/L	0.2	0.7
Tonalide (AHTN)	ng/L	0.6	2.0
Ceestolide (ADBI)	ng/L	0.1	0.4
Phantolide (AHDl)	ng/L	0.4	1.5
Traseolide (ATII)	ng/L	0.4	1.5
Cashmeran (DPMI)	ng/L	0.2	0.7
Filtres UV			
3-(4-methylbenzylidene) camphor 4-MBC	ng/L	0.6	2.0
Octyl-methoxycinnamate OMC	ng/L	0.1	0.4
Octocrylène OC	ng/L	0.6	2.0
Octyl-triazone OT	ng/L	41	134

Phtalates (Laboratoire départemental de la Drôme, Valence)

		LD	LQ
Phtalates			
Dibutyl phtalate	µg/L		0.5
Benzène butylphtalate	µg/L		0.5
Di-éthyl phtalate	µg/L		1.0
Di-méthyl phtalate	µg/L		0.5
Di-octylphtalate	µg/L		5.0
Bis(2-éthylhexyl phtalate	µg/L		1.0

ANNEXE 3

Liste des autres micropolluants recherchés dans les sédiments et limites de détection (LD) / quantification (LQ) correspondantes.

Other micropollutants analysed in the sediments of Lake of Geneva and the corresponding detection limits (DLs) and quantification limits (QLs).

Filtres UV (Inst. des sciences et technologies de l'environ. ISTE - EPFL)

		LD	LQ
3-(4-methylbenzylidene) camphor 4-MBC	ng/L	0.10	0.35
Octyl-methoxycinnamate OMC	ng/L	0.06	0.2
Octocrylène OC	ng/L	0.84	3.0
Octyl-triazone OT	ng/L	32.3	105

HAPs (Inst. des sciences et technologies de l'environ. ISTE - EPFL)

		LD	LQ
Naphthalène	µg/kg	0.8	2.65
Acénaphthylène	µg/kg	1.3	4.30
Acénaphthène	µg/kg	1.3	4.30
Fluorène	µg/kg	1.4	4.60
Phénanthrène	µg/kg	0.7	2.30
Anthracène	µg/kg	0.7	2.30
Fluoranthène	µg/kg	0.4	1.30
Pyrène	µg/kg	1.0	3.30
Benzo (a) Anthracène	µg/kg	0.6	2.0
Chrysène	µg/kg	3.7	12.20
Benzo (b) Fluoranthène	µg/kg	0.8	2.65
Benzo (k) Fluoranthène	µg/kg	0.1	0.30
Benzo (a) Pyrène	µg/kg	0.2	0.65
Dibenz (a,h) Anthracène	µg/kg	0.5	1.65
Benzo (g,h,i) Perylène	µg/kg	0.7	2.30
Indeno(1.2.3-cd)pyrene	µg/kg	1.2	3.95

PBDE (Inst. des sciences et technologies de l'environ. ISTE - EPFL)

		LD	LQ
2,4,4' – Tribromodiphenylether (BDE-28)	µg/kg	0.005	0.016
2,2',4,5' – Tetrabromodiphenylether (BDE-49)	µg/kg	0.003	0.01
2,2',4,4' – Tetrabromodiphenylether (BDE-47)	µg/kg	0.002	0.007
2,3',4,4' – Tetrabromodiphenylether (BDE-66)	µg/kg	0.003	0.01
2,2',4,4',6 – Pentabromodiphenylether (BDE-100)	µg/kg	0.002	0.007
2,3',4,4',6 – Pentabromodiphenylether (BDE-119)	µg/kg	0.002	0.007
2,2',4,4',5 – Pentabromodiphenylether (BDE-99)	µg/kg	0.003	0.01
2,2',3,4,4' – Pentabromodiphenylether (BDE-85)	µg/kg	0.002	0.007
2,2',4,4',5, 6' – Hexabromodiphenylether (BDE-154)	µg/kg	0.006	0.02
2,2',4,4',5, 5' – Hexabromodiphenylether (BDE-153)	µg/kg	0.012	0.04
2,2',3,4,4',5' – Hexabromodiphenylether (BDE-138)	µg/kg	0.024	0.08
2,2',4,4',5', 6' – Heptabromodiphenylether (BDE-183)	µg/kg	0.151	0.5
Decabromodiphenylether (BDE-209)	µg/kg	0.09	0.3

Phtalates (Laboratoire départemental de la Drôme. Valence)

		LD	LQ
Dibutyl phtalate	µg/kg		100
Benzène butylphtalate	µg/kg		100
Di-éthyl phtalate	µg/kg		100
Di-méthyl phtalate	µg/kg		100
Di-octylphtalate	µg/kg		100
Bis(2-éthylhexyl) phtalate	µg/kg		100

Pesticides organochlorés semi-volatils (Laboratoire départemental de la Drôme. Valence)

		LD	LQ
Aldrine	µg/kg		10
Chlordane	µg/kg		50
Chlordane Alpha	µg/kg		20
Chlordane Béta	µg/kg		20
Chlordécone	µg/kg		10
DDD-2.4'	µg/kg		50
DDD-4.4'	µg/kg		50
DDE-2.4'	µg/kg		50
DDE-4.4'	µg/kg		50
DDT-2.4'	µg/kg		50
DDT-4.4'	µg/kg		50
Dieldrine	µg/kg		10
Endosulfan Alpha	µg/kg		20
Endosulfan Béta	µg/kg		20
Endosulfan Sulfate	µg/kg		20
Endrine	µg/kg		10
HCH Espilon	µg/kg		10
HCH Gamma (Lindane)	µg/kg		10
HCH Alpha	µg/kg		10
HCH Béta	µg/kg		10
HCH Delta	µg/kg		10
Heptachlore	µg/kg		10
Heptachlore époxyde	µg/kg		10
Hexachlorobenzène	µg/kg		10
Méthoxychlore	µg/kg		20

Produits phytosanitaires décelés dans le lac prélèvement SHL2 du 21 mai 2007.
Pesticides survey in the lake- SHL2 sampling of 21 May 2007.

ANNEXE 4

Concentration en µg/L		21.05.2007	21.05.2007	21.05.2007	21.05.2007
Pesticides	Type	1 m	30 m	100 m	305 m
Amidosulfuron	Herbicide	0.010	0.009	0.011	0.007
Atrazine	Herbicide	0.010	0.009	0.012	0.009
Atrazine-2-hydroxy	Herbicide	0.008	0.005	0.006	0.004
Atrazine-desethyl	Herbicide	0.014	0.010	0.012	0.008
Atrazine-desethyl-2-hydroxy	Herbicide			0.001	
Atrazine-desethyl-desisopropyl	Herbicide	0.003	0.004	0.004	0.003
Atrazine-desisopropyl	Herbicide	0.009	0.007	0.008	0.004
Azaconazole	Fongicide				0.001
Azoxystrobin	Fongicide	0.001	0.001	0.001	0.001
Bromacil	Herbicide				0.001
Carbendazim	Fongicide	0.001			
Carboxin	Fongicide		0.002		0.003
Chlorbromuron	Herbicide				0.001
Chloridazon	Herbicide	0.001	0.002	0.001	
Chlorotoluron	Herbicide	0.003	0.004	0.006	0.004
Cyproconazole	Fongicide	0.005	0.005	0.005	0.006
Cyprodinil	Fongicide	0.001	0.002	0.001	0.001
Difenoconazol	Fongicide	0.001	0.001	0.001	0.002
Dimethachlor	Herbicide	0.004	0.006	0.004	0.004
Dimethomorph	Fongicide	0.001	0.001	0.001	0.001
Dimetilan	Insecticide				0.001
Diuron	Herbicide	0.007	0.008	0.007	0.007
Ethoxysulfuron	Herbicide	0.003	0.003	0.003	0.002
Fenarimol	Fongicide	0.002	0.006	0.006	0.007
Fenuron	Herbicide		0.001		0.001
Flurprimidol	Régul. croiss.		0.001	0.001	
Foramsulfuron	Herbicide	0.029	0.034	0.039	0.022
Furalaxyl	Fongicide	0.002	0.002	0.002	0.003
Iodosulfuron-methyl	Herbicide	0.006	0.006	0.006	
Isoproturon	Herbicide	0.001	0.003	0.003	0.004
Linuron	Herbicide	0.003	0.002	0.002	0.002
Lufenuron	Insecticide			0.002	
MCPA	Herbicide		0.001	0.001	
Mecoprop	Herbicide	0.003	0.002	0.003	0.001
Metalaxyl	Fongicide	0.052	0.034	0.057	0.027
Methabenzthiazuron	Herbicide			0.001	0.001
Metobromuron	Herbicide	0.005	0.005	0.007	0.006
Metolachlor	Herbicide	0.006	0.007	0.013	0.006
Metsulfuron-methyl	Herbicide	0.001	0.001	0.001	0.002
Nuarimol	Fongicide		0.001		0.001
Oxadixyl	Fongicide				
Penconazole	Fongicide	0.001	0.001	0.001	0.001
Pirimicarb	Insecticide	0.001		0.001	0.001
Prometryn	Herbicide	0.002	0.004	0.004	0.003
Propazine	Herbicide		0.001	0.001	0.001
Propiconazole	Fongicide	0.006	0.007	0.009	0.006
Propyzamide	Herbicide		0.001	0.001	0.001
Pymetrozine	Insecticide	0.007	0.006	0.005	0.003
Secbumeton	Herbicide	0.002		0.001	
Simazin	Herbicide	0.008	0.007	0.008	0.005
Simazine-2-hydroxy	Herbicide		0.001	0.001	0.001
Tebuconazole	Fongicide		0.001	0.001	
Tebutam	Herbicide		0.001		
Terbumeton	Herbicide	0.002		0.001	
Terbuthylazine	Herbicide	0.006	0.005	0.006	0.004
Terbuthylazine-2-hydroxy	Herbicide	0.014	0.006	0.009	0.006
Terbuthylazine-desethyl	Herbicide	0.007	0.004	0.005	0.004
Terbutryn	Herbicide	0.001	0.002	0.003	0.002
Somme des pesticides		0.249	0.232	0.285	0.191
Médicaments	Type	1 m	30 m	100 m	305 m
Bupivacaïne	Anesthésiant			0.016	
Carbamazépin	Anti-épileptique	0.054	0.053	0.072	0.041
Mepivacaïne	Anesthésiant	0.054	0.035	0.063	0.033
Prilocaine	Anesthésiant	0.007	0.003	0.005	0.004

Produits phytosanitaires décelés dans le lac - prélèvement SHL2 du 25 septembre 2007.
Pesticides survey in the lake- SHL2 sampling of 25 september 2007.

ANNEXE 5

Concentration en µg/L		25.09.07	25.09.07	25.09.07	25.09.07
Pesticides	Type	1 m	30 m	100 m	305 m
Amidosulfuron	Herbicide	0.008	0.003	0.004	0.012
Atrazine	Herbicide	0.018	0.020	0.023	0.026
Atrazine-2-hydroxy	Herbicide	0.006	0.005	0.003	0.008
Atrazine-desethyl	Herbicide	0.014	0.013	0.012	0.016
Atrazine-desethyl-2-hydroxy	Herbicide		0.001	0.001	
Atrazine-desisopropyl	Herbicide	0.012	0.008	0.004	0.011
Azoxystrobin	Fongicide	0.001		0.001	
Carbendazim	Fongicide	0.001	0.001	0.001	0.001
Chlorbromuron	Herbicide				0.001
Chlorotoluron	Herbicide	0.001	0.003	0.004	0.003
Cyproconazole	Fongicide	0.002	0.003	0.003	0.002
Cyprodinil	Fongicide	0.001		0.001	
Dimethachlor	Herbicide		0.002	0.002	0.002
Dimethomorph	Fongicide	0.001			
Diuron	Herbicide	0.004	0.003	0.002	0.004
Ethoxysulfuron	Herbicide	0.004	0.001	0.002	0.005
Fenarimol	Fongicide		0.001	0.002	0.001
Flurprimidol	Rég. croiss.		0.001		0.001
Foramsulfuron	Herbicide	0.013	0.011	0.026	0.015
Furalaxyl	Fongicide	0.001	0.001	0.001	0.001
Iodosulfuron-methyl	Herbicide	0.002	0.001		0.003
Isoproturon	Herbicide		0.001	0.002	0.001
Linuron	Herbicide			0.001	0.001
Mecoprop	Herbicide	0.001	0.002	0.002	0.001
Metalaxyl	Fongicide	0.025	0.033	0.054	0.039
Metobromuron	Herbicide		0.002	0.004	0.002
Metsulfuron-methyl	Herbicide				
Monolinuron	Herbicide	0.002	0.002	0.002	0.004
Monuron	Herbicide	0.001			0.001
Oxadixyl	Fongicide		0.003		
Penconazole	Fongicide	0.001		0.001	
Prometryn	Herbicide		0.001	0.002	0.002
Propiconazole	Fongicide	0.002	0.004	0.005	0.003
Pymetrozine	Insecticide	0.008	0.006	0.002	0.001
Secbumeton	Herbicide		0.001	0.001	0.001
Simazin	Herbicide	0.006	0.004	0.004	0.008
Simazine-2-hydroxy	Herbicide		0.001	0.001	0.001
Tebutam	Herbicide				0.001
Terbumeton	Herbicide		0.001	0.001	0.001
Terbuthylazine	Herbicide	0.001	0.004	0.004	0.004
Terbuthylazine-2-hydroxy	Herbicide	0.001	0.005	0.005	0.004
Terbuthylazine-desethyl	Herbicide	0.001	0.004	0.003	0.003
Terbutryn	Herbicide		0.001	0.001	0.001
Trifloxystrobine	Fongicide	0.001	0.001	0.001	
Somme des pesticides		0.139	0.154	0.184	0.191
Médicaments	Type	1 m	30 m	100 m	305 m
Bupivacaïne	Anesthésiant	0.001	0.003	0.002	0.005
Carbamazépin	Anti-épileptique	0.026	0.044	0.068	0.053
Mepivacaïne	Anesthésiant	0.017	0.042	0.069	0.089
Prilocaine	Anesthésiant	0.003	0.003	0.001	0.006

Autres micropolluants dans le lac - prélèvements SHL2 et des eaux avant et après potabilisation du 3 octobre 2007.

Other micropollutants surveyed in the lake - samples taken from SHL2 and of the water before and after treatment to produce tap water on 3 October 2007

ANNEXE 6

Résultats en ng/L	LD	LQ	SHL2 5-10 m	SHL2 100-200 m	Thonon- INRA eau brute	Genève eau brute	Vevey eau brute	Lutry eau brute	St-Sulpice eau brute	Lutry eau traitée	St-Sulpice eau traitée
Filtres UV											
4-MBC	0.6	2.0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
OMC	0.1	0.4	31.3	2.0	0.7	1.0	nd	1.1	0.9	1.1	0.9
OC	0.6	2.0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
OT	41	134	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Muscs polycycliques											
Cashmeran	0.2	0.7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Celestolide	0.1	0.4	nd	nd	nq *	nd	nq *	nd	nd	nd	nq *
Phantolide	0.4	1.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Traseolide	0.4	1.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Galaxolide	0.2	0.7	4.2	6.0	5.1	5.4	10.8	11.3	9.1	6.0	7.0
Tonalide	0.6	2	nq *	nq *	nd	nd	2.9	nq *	nd	nd	nd
Phthalates											
Benzyl butyl phtalate		500	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq
Di butyl phtalate		500	700	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq
Di ethyl phtalate		1'000	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq
Di methyl phtalate		500	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq
Di octyl phtalate		5'000	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq
Bis(2-ethylhexyl)phtalate		1'000	nq	1'100	1'200	nq	nq	nq	nq	nq	nq

nq * : détecté mais valeur inférieure à la limite de quantification (LQ)

nq* : detected but lower than Quantification limit

Micropolluants dans les sédiments du lac.

ANNEXE 7

Micropollutants surveyed in the lake sediments (Results in µg/kg of DM (ppb) / DM = dry matter).

Résultats en µg/kg de MS	LQ	LQ	Delta Dranse	Baie Vidy	SHL2	GE3	Grangettes
Filtres UV							
4-MBC	0.1	0.35	nd	48.89	nd	nd	nd
OMC	0.06	0.20	0.50	5.00	0.41	nq*	0.36
OC	0.84	3.0	4.34	4'153.6	nq*	nq*	nq*
OT	32.3	105	nd	nq*	nd	nd	nd
Phthalates							
Benzyl butyl phtalate		100	nq	nq	nq	nq	nq
Di butyl phtalate		100	205	500	177	206	nq
Di ethyl phtalate		100	nq	132	nq	nq	nq
Di methyl phtalate		100	nq	nq	nq	nq	nq
Di octyl phtalate		100	nq	nq	nq	nq	nq
Bis(2-ethylhexyl)phtalate		100	344	13'093	410	207	142
PBDE							
2,4,4' - Tribromodiphenylether (BDE-28)	0.016		nq*	0.152	nq*	0.038	nq
2,2',4,5' - Tetrabromodiphenylether (BDE-49)	0.01		0.014	0.581	0.047	0.023	nq
2,2',4,4' - Tetrabromodiphenylether (BDE-47)	0.007		0.32	11.251	0.35	0.142	0.117
2,3',4,4' - Tetrabromodiphenylether (BDE-66)	0.01		nq*	0.293	nq*	0.017	nq
2,2',4,4',6 - Pentabromodiphenylether (BDE-100)	0.007		0.024	1.269	0.01	0.007	nq*
2,3',4,4',6 - Pentabromodiphenylether (BDE-119)	0.007		nq	nq	nq	nq	nq
2,2',4,4',5 - Pentabromodiphenylether (BDE-99)	0.01		0.472	20.513	0.354	0.21	0.131
2,2',3,4,4' - Pentabromodiphenylether (BDE-85)	0.007		nq	0.387	nq	nq	nq
2,2',4,4',5,6' - Hexabromodiphenylether (BDE-154)	0.02		nq	0.423	nq	nq	nq
2,2',4,4',5,5' - Hexabromodiphenylether (BDE-153)	0.04		nq	0.846	nq	nq	nq
2,2',3,4,4',5' - Hexabromodiphenylether (BDE-138)	0.08		nq	0.196	nq	nq	nq
2,2',4,4',5',6' - Heptabromodiphenylether (BDE-183)	0.5		nq	nq*	nq	nq	nq
Decabromodiphenylether (BDE-209)	0.3		10.23	90.7	3.35	1.52	1.69
Somme des PBDE			11	127	4.1	2.0	1.9

nq* : détecté mais valeur inférieure à la limite de quantification (LQ)

nq* : detected but lower than Quantification limit

ANNEXE 7 (suite)

Micropolluants dans les sédiments du lac.
 Micropollutants surveyed in the lake sediments (Results in µg/kg of DM (ppb) / DM = dry matter).

Résultats en µg/kg de MS	LQ	LQ	Delta Dranse	Baie Vidy	SHL2	GE3	Grangettes	ISQG
HAP								
Naphthalène	0.8	2.65	11.6	28.7	9.9	11.3	6.0	34.6
Acénaphthylène	1.3	4.30	nq *	12.4	nq *	4.7	nq *	5.8
Acénaphthène	1.3	4.30	nq *	27.9	nq *	6.5	nq *	6.7
Fluorène	1.4	4.60	9.1	55.9	9.4	19.1	10.0	21.2
Phénanthrène	0.7	2.30	72.5	389.0	68.3	175.9	51.1	41.9
Anthracène	0.7	2.30	8.9	73.9	8.7	18.0	5.2	46.9
Fluoranthène	0.4	1.30	113.8	531.6	109.4	320	65.6	111
Pyrène	1.0	3.30	91.5	534.9	87.0	245.0	55.4	53.0
Benzo (a) Anthracène	0.6	2.0	58.3	381.0	46.9	109.4	28.4	31.7
Chrysène	3.7	12.2	55.8	420.6	51.6	110.7	28.6	57.1
Benzo (b) Fluoranthène	0.8	2.65	77.0	599.8	74.0	185.5	37.6	-
Benzo (k) Fluoranthène	0.1	0.30	28.0	204.4	32.4	81.6	16.9	-
Benzo (a) Pyrène	0.2	0.65	51.8	375.7	44.5	115.4	25.9	31.9
Dibenzo (a,h) Anthracène	0.5	1.65	12.0	101.1	11.1	30.3	5.6	6.2
Benzo (g,h,i) Perylène	0.7	2.30	40.2	282.5	34.3	25.5	9.0	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	1.2	3.95	1.1	568.4	70.5	161.4	28.7	?
Somme des HAP			632	4'588	658	1'620	368	-

ISQG: Interim freshwater sediment quality guidelines. (Canadian sediment quality guidelines for protection of aquatic life) CCME, 2002.

nq * : détecté mais valeur inférieure à la limite de quantification (LQ)

nq* : detected but lower than Quantification limit

Micropolluants dans les sédiments du lac.

Micropolluants surveyed in the lake sediments (Results in µg/kg of DM (ppb) / DM = dry matter).

ANNEXE 7 (suite)

Résultats en µg/kg de MS (ppb)		LQ	Delta Dranse CIPEL-S1	Baie Vidy CIPEL-S2	SHL2 CIPEL-S3	GE3 CIPEL-S4	Grangettes CIPEL-S5
Famille / Méthodes							
Aldrine	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlordane	Insect-organo-chlorés / MMIR	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Chlordane Alpha	Insect-organo-chlorés / MMIR	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Chlordane Béta	Insect-organo-chlorés / MMIR	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Chlordécone	Insect-organo-chlorés / MMIR	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
DDD-2,4'	Insect-organo-chlorés / MI6	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
DDD-4,4'	Insect-organo-chlorés / MI6	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
DDE-2,4'	Insect-organo-chlorés / MI6	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
DDE-4,4'	Insect-organo-chlorés / MI6	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
DDT-2,4'	Insect-organo-chlorés / MI6	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
DDT-4,4'	Insect-organo-chlorés / MI6	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Dieldrine	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Endosulfan Alpha	Insect-organo-chlorés / MMIR	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Endosulfan Béta	Insect-organo-chlorés / MMIR	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Endosulfan Sulfate	Insect-organo-chlorés / MMIR	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Endrine	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
HCH Epsilon	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
HCH Gamma (Lindane)	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
HCH Alpha	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
HCH Béta	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
HCH Delta	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Heptachlore	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Heptachlore époxyde	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Hexachlorobenzène	Insect-organo-chlorés / MI6	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Méthoxychlore	Insect-organo-chlorés / MMIR	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20