

# MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

## METALS AND ORGANIC MICROPOLLUTANTS

Campagne 2005

PAR

**Patrick EDDER et Didier ORTELLI**

SERVICE DE PROTECTION DE LA CONSOMMATION, CP 76, CH - 1211 GENÈVE 4 Plainpalais

**Stéphan RAMSEIER**

SERVICES INDUSTRIELS DE GENÈVE, Service de l'eau, 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 dans les eaux du lac s'est poursuivie. Leurs concentrations totales, et surtout en Foramsulfuron, continuent d'augmenter et se rapprochent sensiblement des valeurs limites pour l'eau potable. L'origine industrielle de certains de ces produits a été clairement identifiée. Une attention particulière a été portée sur l'eau potable afin de déterminer les abattements que permettent les diverses installations de potabilisation de l'eau existant sur le pourtour du Léman. Si les stations possédant les équipements les plus sophistiqués produisent de l'eau ne contenant quasiment plus de pesticides, la majorité d'entre elles ne conduisent qu'à des abattements de 50 à 75 % des pesticides initialement présents dans l'eau de la ressource. Le cas d'Yvoire, où le processus de traitement ne comprend qu'un simple tamisage et une chloration ne montre aucune réduction de pesticides; aussi, les concentrations dans l'eau potable ainsi produite se rapprochent beaucoup des valeurs maximales autorisées.*

*Cette année, la problématique des résidus de médicaments a également été étudiée. Une unique campagne d'analyses a été menée pour rechercher une centaine de principes actifs dans trois rejets de stations d'épuration, et dans l'eau du Léman. Dans les rejets de stations d'épuration (STEP), une trentaine de substances ont été mises en évidence, comprenant de nombreuses classes de médicaments dont beaucoup d'antibiotiques et de produits de contraste iodés, souvent présents à des teneurs importantes.*

*Des résidus de produits industriels, comme l'iso-nonylphénol, le bisphénol A ou encore les benzotriazoles ont aussi été mis en évidence et devront, par la suite, faire également l'objet d'une attention particulière.*

### ABSTRACT

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

*Testing for pesticide residues in water of the lake continued. Total pesticide levels, and especially those of foramsulfuron, are still increasing and are getting much nearer to the acceptable limits for drinking water. The industrial origin of some of these products was clearly identified. Drinking water was closely monitored in order to determine the reductions that the various water processing plants located on the shores Lake Geneva have achieved. The stations with the most sophisticated facilities produce water that contains almost no pesticides, and most of them achieve a reduction of 50 to 75 % in the level of pesticides initially present in the unprocessed water. The case of Yvoire, where the treatment consists of just one simple sifting process followed by chlorination, is more problematic because there is no reduction in pesticide levels, and the concentrations are much closer to the maximum values permitted in drinking water.*

*This year, the problem of the drugs residues was also investigated. An analytical survey was carried out to screen for hundreds of active ingredients in discharges from three wastewater treatment plants (WWTPs) into Lake Geneva and the Rhone before it enters the lake. About thirty substances were detected in the WWTP discharges, including many classes of drugs, particularly many antibiotics and iodinated contrast media, which were often present at high concentrations.*

*Residues of industrial products, such as nonlyphenols, bisphenol A, and the benzotriazoles were also detected, and in the future they too will be subjected to detailed monitoring.*

## 1. INTRODUCTION

La problématique des micropolluants dans les eaux du bassin lémanique et du lac est aujourd'hui une préoccupation majeure de la CIPEL. Un groupe de travail spécifique a été créé fin 2004 afin d'étudier cet aspect.

Ce groupe de travail a, d'une part, poursuivi les travaux menés précédemment dans le domaine des résidus de produits phytosanitaires et, d'autre part, également élargi ses investigations à d'autres types de micropolluants comme les médicaments ou certaines substances d'origine industrielle, telles que le benzotriazole. Les travaux se sont pour l'instant focalisés sur le lac, car ce dernier représente un milieu plus stable et plus 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.

## 2. ÉCHANTILLONNAGE

### 2.1 Lac

La surveillance de la pollution en métaux lourds, en produits phytosanitaires et en benzotriazoles des eaux du lac est effectuée sur des échantillons prélevés au centre du Léman, à la station SHL2 (figure 1), les 26 avril et 10 octobre 2005 (LAZAROTTO et al., 2006).

Pour les recherches concernant l'eau potable, les eaux brutes (pompage à la crépine) des stations de potabilisation du Prieuré à Genève, d'Evian, de Nyon et de Vevey ont été prélevées par le personnel des différentes installations, de même que les eaux potabilisées (après traitements) des stations du Prieuré (Genève), Founex, Coppet, Nyon, Rolle, St-Sulpice, Lutry, Vevey, Yvoire et Evian.

Pour l'étude comparative de l'efficacité des différents traitements sur la réduction des pesticides, des échantillons ont également été prélevés le long de la filière de traitement d'une unique installation (Prieuré), après filtration sur sable, après ozonation et finalement après filtration sur charbon actif. Pour cette dernière, deux prélèvements ont été effectués : l'un sur un filtre neuf venant d'être réactivé, l'autre sur un filtre dont la dernière régénération remontait à 2002.

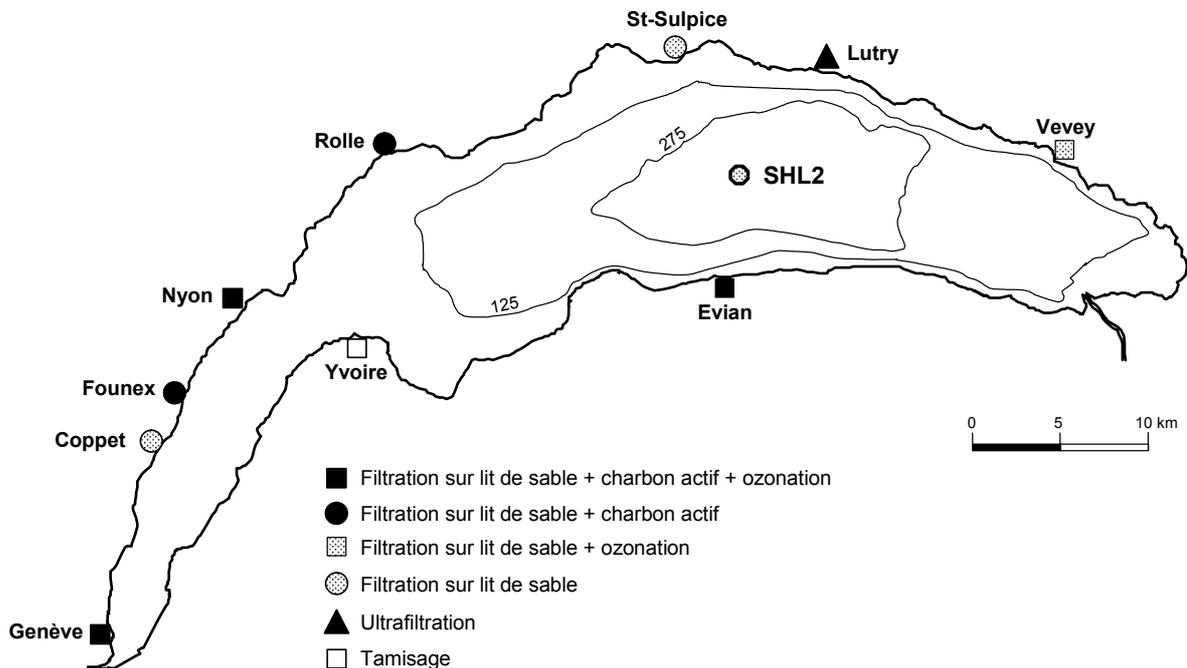


Figure 1 : Situation des points de prélèvement pour les eaux de station de production d'eau potable et de la station SHL2.

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

Pour les analyses de médicaments et de substances à effet endocrinien comme l'iso-nonylphénol, ou le bisphénol A, l'échantillon d'eau du lac a été prélevé au large de la station de l'INRA à Thonon (prof. 50 m) le 1<sup>er</sup> juin 2005 et non pas au point SHL2 habituel.

## 2.2 Exutoires de STEP

Dans le cadre d'une étude relative aux substances rejetées par les stations d'épuration dans le milieu aquatique, des prélèvements (échantillon moyen sur 24 h) de 11 STEP suisses, à forte ou moyenne charge, recevant des eaux industrielles ou mixtes ont été effectués début juin 2005.

Le tableau 1 donne les lieux de prélèvement ainsi que les paramètres recherchés sur chaque échantillon.

Les échantillons analysés par les laboratoires CARSO-LSEHL (Laboratoire Santé Environnement Hygiène de Lyon), TZW (Technologiezentrum Wasser) à Karlsruhe et de l'EAWAG (Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux) à Dübendorf / ZH ont été transportés le jour du prélèvement au moyen d'une glacière à 4 °C.

Tableau 1 : Prélèvement des rejets de STEP 2005 et paramètres analysés

Table 1 : Sampling of WWTP wastes 2005 and analysed parameters

Points de prélèvement - Laboratoires d'analyses	Analyses <b>87 substances</b> - CARSO - LSEHL / Lyon	Analyses <b>pesticides</b> - SPCo / Genève	Analyses de <b>médicaments et perturbateurs endocriniens</b> - TZW / Karlsruhe
Volume prélevé	6 x 1 L	1 X 2 L	6 x 1 L
STEP d'Aire (GE)	oui	oui	oui
STEP du Nant d'Avril (GE)	oui	oui	non
STEP de Givaudan (GE)	oui	oui	non
STEP de Firmenich (GE)	oui	oui	non
STEP de Viège-Lonza (VS)	oui	oui	non
STEP de Monthey-CIMO (VS)	oui	oui	non
STEP de Sierre (VS)	oui	oui	non
STEP d'Orgamol (VS)	oui	oui	non
STEP de Tamöil (VS)	oui	oui	non
STEP de Nyon (VD)	oui	oui	oui
STEP de Lausanne Vidy (VD)	oui	oui	oui

## 3. MÉTHODOLOGIE

Certains métaux et micropolluants organiques sont recherchés dans les eaux du lac à différentes profondeurs (0 - 1 - 5 - 7.5 - 10 - 30 - 100 - 305 - 309 m), après brassage des eaux (avril) et en période de stratification (octobre). Les éléments suivants ont été dosés : manganèse, plomb, cadmium, chrome, cuivre et mercure. La liste des pesticides recherchés dans les eaux du Léman est à peu près la même qu'en 2004 et comprend environ 85 herbicides et 140 fongicides et insecticides. La liste des produits recherchés est indiquée en annexe 1.

La liste des paramètres analysés dans le cadre des exutoires de STEP (voir annexe 2) est celle préconisée dans le cahier des charges INERIS (réf. INERIS-DRC-CHEN-25580-PO6-Mco/02.0603). Cette liste comprend notamment les 33 substances prioritaires de la Directive Cadre sur l'Eau de l'Union européenne (DCE) ainsi que les 54 substances quantifiées dans les précédentes campagnes dites "132 substances", soit au total 87 substances. Ces analyses ont été confiées au laboratoire CARSO-LSEHL à Lyon.

Pour les autres micropolluants organiques, les analyses ont été sous-traitées à un laboratoire allemand (TZW à Karlsruhe), excepté pour le benzotriazole qui a été analysé à l'EAWAG. L'annexe 3 donne la liste des médicaments et autres substances analysées par le laboratoire allemand.

### 3.1 Analyses chimiques

#### ► 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

La recherche des pesticides est effectuée sur l'eau brute : ils sont préconcentrés 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 permet de garantir sans ambiguïté l'identité de la substance décelée. Cette manière de procéder est préconisée aujourd'hui dans divers documents officiels (par exemple la directive européenne EEC/657/2002) concernant les performances analytiques des méthodes.

► **Médicaments et substances à effet endocrinien**

Les analyses menées par le laboratoire TZW et l'EAWAG sont effectuées avec une méthodologie très similaire à celle appliquée pour les pesticides. Après préconcentration d'un volume d'eau de 500 mL sur un support d'extraction sur phase solide, les extraits sont analysés par HPLC-MS/MS.

**3.2 Contrôles**

La qualité des résultats est assurée par la participation du laboratoire ayant effectué les analyses (Service de protection de la consommation - SPCo) à toutes les procédures d'intercalibration organisées par la CIPEL (pesticides, métaux, etc.).

Les résultats des intercalibrations organisées en 2005 par la CIPEL font l'objet du rapport de STRAWCZINSKI (2006).

**4. RÉSULTATS**

**4.1 Métaux** (tableaux 2 et 3)

Les teneurs en éléments métalliques toxiques (mercure, plomb, 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 concentrations métalliques 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.

Tableau 2 : Campagne du 26 avril 2005

Léman - Grand Lac (Station SHL 2)

Table 2 : Survey done on April 26, 2005

Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2)

Profondeur m	Plomb µg/L	Cadmium µg/L	Chrome µg/L	Cuivre µg/L	Mercure µg/L
0	nd *	nd *	0.14	2	nd *
1	nd	nd	nd*	3	nd
5	nd	nd	nd	3	nd
7.5	nd	nd	0.14	4	nd
10	nd	nd	nd	3	nd
30	nd	nd	0.11	2	nd
100	nd	nd	nd	2	nd
305	nd	nd	nd	2	nd
fond	nd	0.02	nd	3	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 : Campagne du 10 octobre 2005

Léman - Grand Lac (Station SHL 2)

Table 3 : Survey done on October 10, 2005

Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2)

Profondeur m	Plomb µg/L	Cadmium µg/L	Chrome µg/L	Cuivre µg/L	Mercure µg/L
0	nd *	nd *	nd *	nd *	nd *
1	nd	nd	nd	nd	nd
5	nd	nd	nd	nd	nd
7.5	nd	nd	nd	nd	nd
10	nd	nd	nd	nd	nd
30	nd	nd	nd	nd	nd
100	nd	nd	nd	nd	nd
305	nd	nd	nd	nd	nd
fond	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)

RÉFÉRENCES POUR L'EAU POTABLE :

		Plomb µg/L	Cadmium µg/L	Chrome µg/L	Cuivre µg/L	Mercuré µg/L
OMS <sup>1</sup>		10	3	50 <sup>2</sup>	2'000	1 <sup>2</sup>
CE <sup>3</sup>		10	5	50	2'000	1
OSEC <sup>4</sup>	T	-	-	-	1'500	-
	L	10	5	20 <sup>5</sup>		

<sup>1</sup> = Organisation Mondiale de la Santé, "Guidelines for Drinking-water Quality", 3rd edition Geneva 2004.

<sup>2</sup> = Teneurs totales.

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

<sup>4</sup> = 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).

<sup>5</sup> = 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) :

	Plomb µg/L	Cadmium µg/L	Chrome µg/L	Cuivre µg/L	Mercuré µg/L
total <sup>6</sup>	10	0.2	5	5	0.03
dissous	1	0.05	2 <sup>7</sup>	2	0.01

<sup>6</sup> = 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.

<sup>7</sup> = Chrome trivalent et hexavalent.

**4.2 Pesticides (phytosanitaires) dans le lac** (annexes 4 et 5 et figures 2 et 3)

En 2004, le Service de protection de la consommation de Genève (SPCo) a mis en oeuvre une nouvelle technologie pour la recherche des résidus de pesticides dans les eaux, permettant le dépistage de 146 fongicides et insecticides et 86 herbicides, soit plus de 200 matières actives. Cette méthode, très performante et sensible, a été appliquée pour la première fois à la surveillance des eaux du lac la même année et a permis de mettre en évidence de nouveaux polluants dont certains en concentration élevée se rapprochaient des normes fixées pour les eaux de boisson (0.1 µg/L par composé et 0.5 µg/L en pesticides totaux selon la Directive du Conseil des Communautés européennes - 1998 et l'Ordonnance suisse sur les substances étrangères et les composants, OSEC - 1995). Divers indices suggéraient alors que bon nombre des pesticides décelés pouvaient avoir une origine industrielle. L'évolution des concentrations de ces derniers revêt donc un intérêt particulier et le lac a fait l'objet d'un contrôle très attentif.

Les pesticides recherchés sont listés dans l'annexe 1: près de 200 produits font aujourd'hui l'objet d'un suivi dans les eaux (rappelons que près de 2'000 substances actives sont actuellement commercialisées et qu'environ 300 d'entre elles sont estimées être utilisées dans le bassin versant lémanique). Les limites de détection sont très basses et se situent pour la majorité des molécules dosées entre 0.001 et 0.01 µg/L, soit entre 10 et 100 fois moins que les concentrations maximales fixées par les législations suisse et française (OSEC et Directive européenne citées ci-dessus).

Plus de trente pesticides, principalement des herbicides et des fongicides, ont été mis en évidence à presque toutes les profondeurs (annexes 4 et 5). Prise individuellement, leur concentration respective reste généralement inférieure à la norme par substance (0.1 µg/L), excepté pour le Foramsulfuron lors du prélèvement d'octobre 2005 effectué en surface. Les figures 2 et 3 montrent l'évolution des concentrations totales en pesticides et en Foramsulfuron entre les campagnes 2004 et 2005.

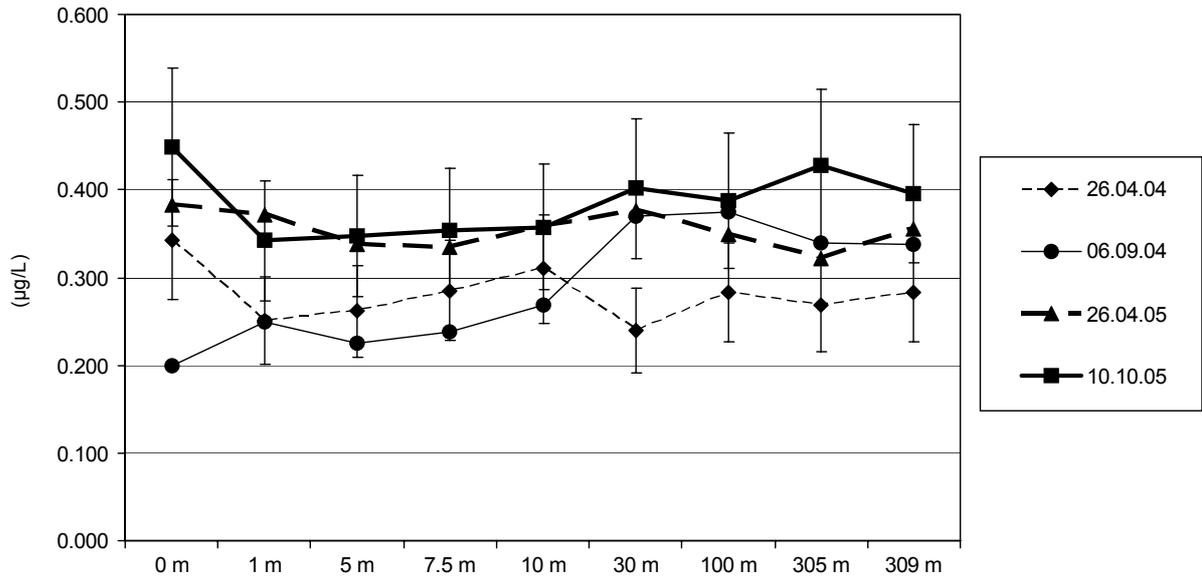


Figure 2 : Evolution des concentrations en pesticides totaux recherchés en fonction de la profondeur au centre du Léman (station SHL2) entre 2004 et 2005 (Pour une question de lisibilité, les barres d'erreur ont été reportées uniquement sur la première et sur la dernière campagne).

Figure 2 : Change in the total pesticide concentrations determined as a function of the depth in the middle of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2005 (To make this Figure easier to read, error bars are shown only for the first and last surveys).

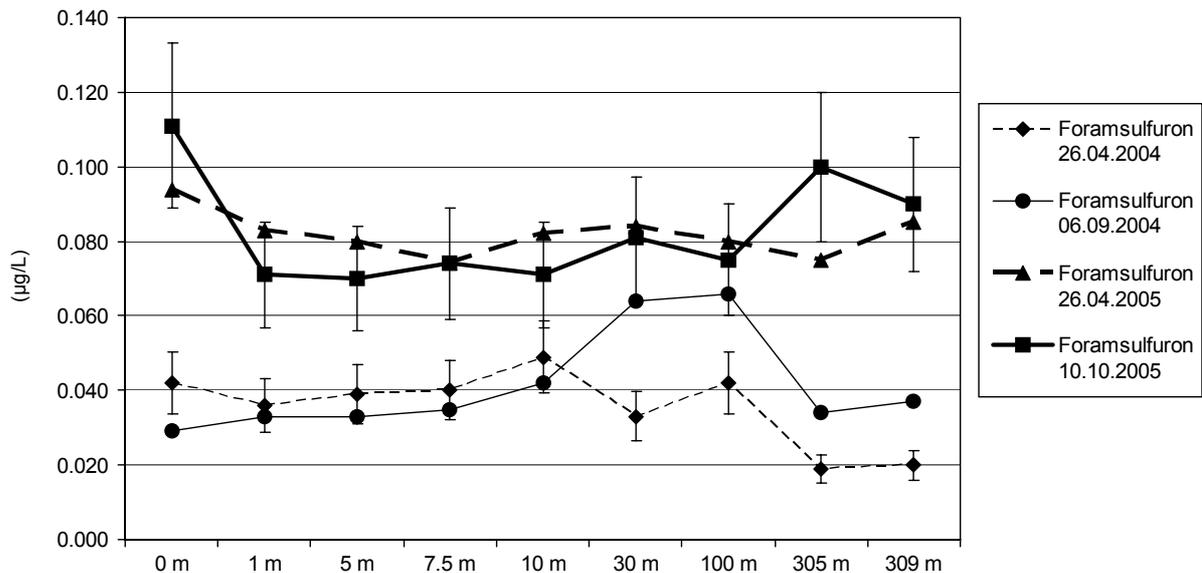


Figure 3 : Evolution des concentrations en Foramsulfuron en fonction de la profondeur au centre du Léman (station SHL2) entre 2004 et 2005 (Pour une question de lisibilité, les barres d'erreur ont été reportées uniquement sur la première et sur la dernière campagne).

Figure 3 : Change in Foramsulfuron concentrations as a function of depth in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2005 (To make this Figure easier to read, error bars are shown only for the first and last surveys).

Le brassage des eaux du lac en hiver 2005 a eu pour conséquences une meilleure homogénéisation du milieu et les concentrations mesurées au centre du lac à SHL2 en 2005 sont relativement stables sur tout le profil de profondeur.

Les figures 4 et 5 montrent également les concentrations mesurées à environ 30 m de profondeur sur le pourtour du lac (échantillons pompés aux crépines des différentes stations de traitement d'eau potable). Ces résultats offrent une bonne vision spatiale de l'état du Léman en regard des résidus de pesticides et permettent de constater, à cette profondeur, une certaine homogénéité des mesures sur tout le pourtour du lac.

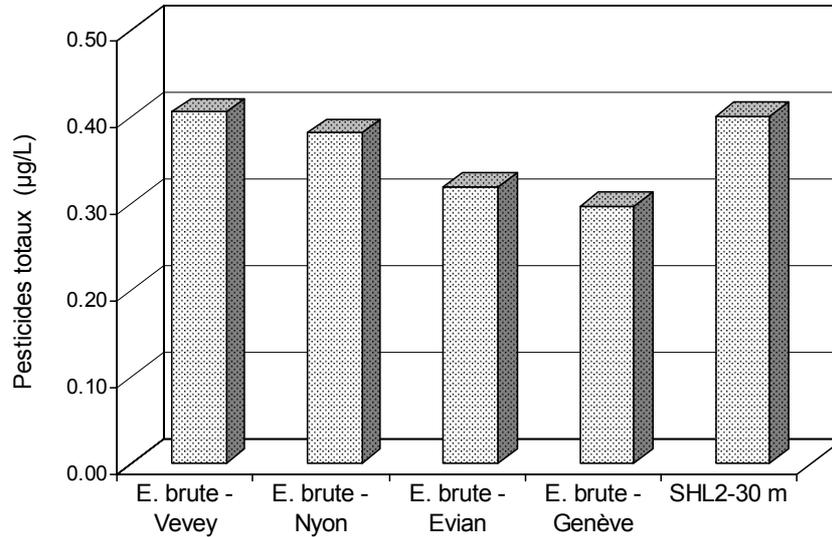


Figure 4 : Concentrations en pesticides totaux mesurées sur le pourtour du lac (stations de potabilisation, eaux brutes) comparativement au point central SHL2 (profondeur 30 m) en 2005.

Figure 4 : Total pesticide concentrations measured around the edge of the lake (plants processing untreated water to make it potable) in comparison with the central SHL2 point at a depth of 30 m in 2005.

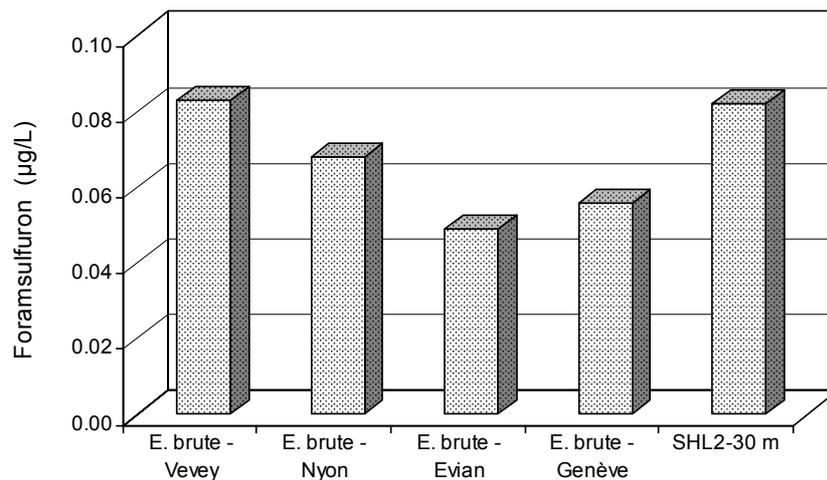


Figure 5 : Concentrations en Foramsulfuron mesurées sur le pourtour du lac (stations de potabilisation, eaux brutes) comparativement au point central SHL2 (profondeur 30 m) en 2005.

Figure 5 : Foramsulfuron concentrations measured around the edge of the lake (plants processing untreated water to make it potable) in comparison with the central SHL2 point at a depth of 30 m in 2005.

Les teneurs moyennes en pesticides totaux ont augmenté entre 2004 et 2005 et se situent aujourd'hui aux environs de 0.4 µg/L. Ces dernières se rapprochent donc toujours plus de la valeur maximale limite de 0.5 µg/L, ceci d'autant plus que de nombreuses substances ne sont pas encore incluses dans la méthode d'analyse (substances utilisées dans l'agriculture dans le bassin versant et substances produites industriellement).

L'année dernière (CORVI et al., 2005), nous avons déjà évoqué qu'un grand nombre des pesticides décelés dans le lac, dont en particulier le Foramsulfuron et le Métalaxyl, étaient amenés par les eaux du Rhône et provenaient de rejets industriels. Des analyses complémentaires, notamment le long du Rhône en amont et en aval de chaque industrie incriminée, ont bien confirmé cette hypothèse. Les industries, ainsi que l'Etat du Valais, ont été informés et ont pris des mesures début 2005. Les résultats de l'année prochaine seront donc particulièrement intéressants pour suivre l'efficacité des mesures entreprises.

La figure 3 illustre l'évolution des concentrations du Foramsulfuron (herbicide) en fonction de la profondeur. Si la situation était déjà fort inquiétante en 2004, elle s'est encore largement dégradée et une forte élévation des concentrations a été mesurée en 2005. La concentration moyenne en Foramsulfuron se situe aujourd'hui aux alentours de 0.08 µg/L et se rapproche très rapidement de la valeur limite pour l'eau potable de 0.1 µg/L.

Si cette pollution n'est pas endiguée rapidement, les analyses de l'année prochaine pourraient montrer des teneurs supérieures à 0.1 µg/L. Ceci d'autant plus que les données de la littérature concernant la stabilité du Foramsulfuron indiquent une demi-vie à pH 7.0 de 128 jours (INRA, 2005, FERENC, 2001). La dégradation du Foramsulfuron en absence de lumière (dès 5 m de profondeur) et à basse température (4 à 10 °C) pourraient être lente. Toutefois, ces études de stabilité réalisées en laboratoire ne tiennent pas forcément compte de tous les phénomènes naturels intervenant dans le milieu (dégradation par des microorganismes, adsorption sur les particules, etc). Du point de vue écotoxicologique, les études existantes montrent que si le Foramsulfuron, et d'une manière générale les sulfonilurées ne sont que peu toxiques pour les poissons, les invertébrés et les algues, ils sont en revanche très toxiques pour les plantes aquatiques (ROSHON 1999; MOHAMMAD *et al.*, 2005 et 2006; JUNGHANS *et al.*, 2003). En effet, les EC50 mesurées sur *Lemna gibba* sont de 0.65 et 0.40 µg/L (INRA 2005, IPM 2006). En appliquant le facteur de sécurité de 100 généralement admis, une PNEC de 0.004 µg/L est donc obtenue. Les concentrations mesurées dans le lac étant de 10 à 20 fois supérieures, il existe donc théoriquement un risque important pour les plantes aquatiques du Léman. Des études complémentaires seraient toutefois nécessaires pour mesurer l'impact réel de cette substance sur l'environnement lacustre.

Bien que leur utilisation soit en nette régression, les herbicides de la famille des triazines restent décelables dans les eaux du lac. La présence de l'herbicide Métolachlore 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 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'homme (eau de boisson).

#### 4.3 Pesticides (phytosanitaires) dans les eaux potables (figures 4 et 5)

Les résultats obtenus sur les eaux brutes (eaux du lac à l'arrivée dans la station) font état de concentrations en pesticides de plus en plus proches des valeurs limites pour l'eau de boisson; des analyses ont été effectuées afin de connaître les teneurs en pesticides des eaux distribuées par les différentes stations utilisant l'eau du Léman comme ressource, plus de 600'000 personnes étant alimentées par celle-ci. Pour rappel, un des objectifs principaux de la CIPEL est de garantir une qualité de l'eau du Léman suffisante pour produire de l'eau potable au moyen d'un traitement simple.

Onze différentes stations de potabilisation de l'eau sont réparties sur le pourtour du lac, 9 en Suisse et 2 en France. Chacune utilise des procédés de traitement de l'eau brute différents, plus ou moins sophistiqués, allant du simple tamisage (pour Yvoire) à des procédés comprenant des filtrations sur sable, ozonation et filtration sur charbon actif (RAMSEIER *et al.*, 2003).

La figure 6 donne les résultats obtenus exprimés en pesticides totaux dans quelques eaux brutes et dans les eaux potabilisées (en sortie de station).

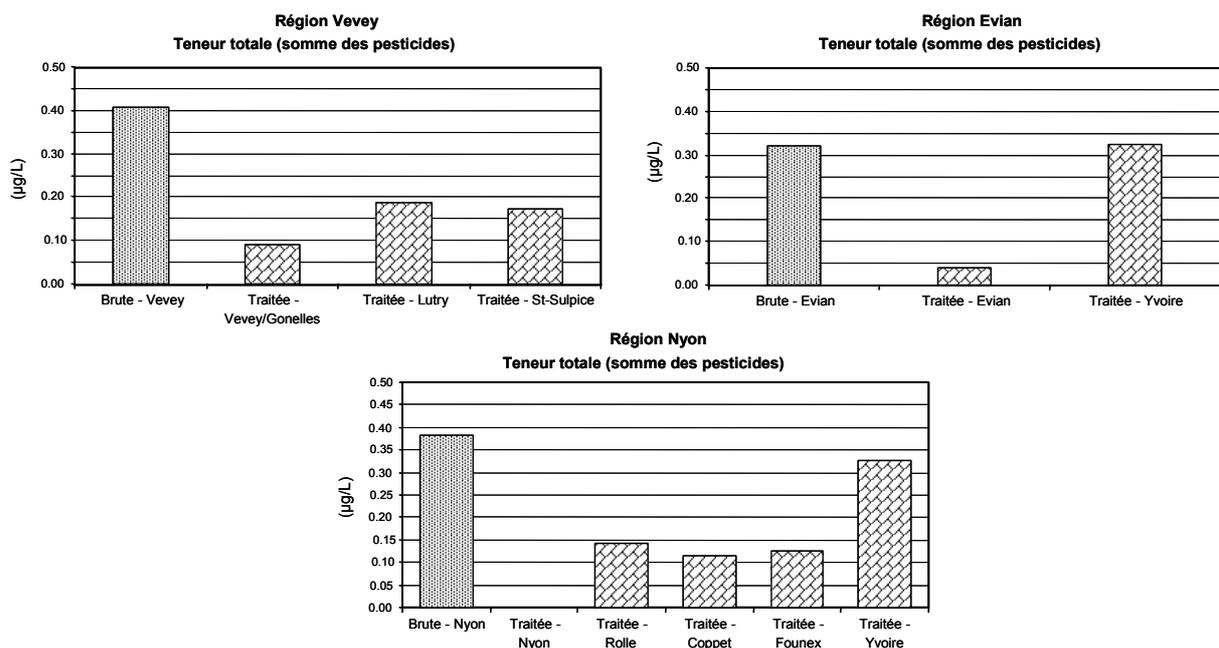


Figure 6 : Pesticides totaux dans les eaux avant et après traitement pour la fabrication d'eau potable.

Figure 6 : Total pesticide contents in the water before and after processing to produce drinking water.

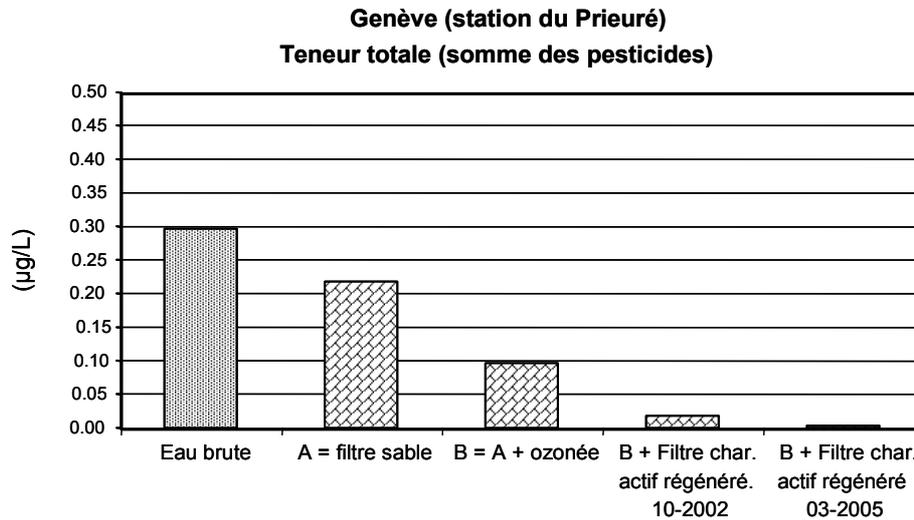


Figure 7 : Pesticides totaux dans les eaux le long de la filière de traitement à la station de potabilisation du Prieuré (Genève).

Figure 7 : Total pesticide contents in the water during the processing to produce drinking water at the Prieuré station (Geneva).

La figure 7 donne l'évolution des teneurs en pesticides totaux suite aux différents traitements de production de l'eau potable de l'usine du Prieuré à Genève.

Ces différentes séries de mesures montrent que les normes pour l'eau potable sont toujours respectées et que la plupart des stations de production d'eau permettent des abattements de la teneur totale en pesticides de l'ordre de 50 à 75 %. Toutefois, seules les usines de production possédant les procédés les plus complets (filtration sur sable + ozonation + filtration sur charbon actif) permettent une élimination quasi totale des pesticides. La situation d'Yvoire est particulière, car la simplicité du traitement (tamisage) ne réduit pas la teneur en pesticides. Si les teneurs devaient encore augmenter dans le lac, l'eau distribuée par cette station ne répondrait alors plus aux exigences pour l'eau potable, ce qui démontre qu'un traitement simple n'est plus à même de potabiliser l'eau du Léman.

La figure 7 permet de constater que chaque étape des processus de potabilisation de l'eau est utile à l'abattement des pesticides. Ces résultats semblent également montrer que la régénération des filtres à charbon actif est un paramètre important pour garantir une bonne rétention des pesticides. A terme, si la qualité de l'eau brute devait continuer à se détériorer, les chaînes de traitements les plus complètes deviendraient absolument nécessaires. Les frais d'exploitation augmenteraient en conséquence avec des répercussions probables sur le coût de l'eau potable.

Ces conclusions peuvent sans doute être transposées à beaucoup d'autres types de micropolluants organiques.

#### 4.4 Pesticides et composés figurant sur la liste des 87 substances à surveiller dans les rejets de STEP (annexes 6 et 7)

Les contrôles des rejets de STEP domestiques et industrielles concernaient principalement la liste des 87 substances à surveiller (annexe 2) et les pesticides (annexe 1). Pour une meilleure estimation de l'importance de ces rejets, les annexes 6 et 7 donnent les résultats en charge, c'est-à-dire en g/j en tenant compte des débits. En ce qui concerne les STEP industrielles, comme il s'agit d'un prélèvement moyen 24h, ces résultats ne permettent qu'un pointage dépendant des productions mises en œuvre à cette période dans l'usine. Une comparaison sérieuse des STEP et de leur efficacité en regard des micropolluants n'est pas possible sur la base de ces mesures ponctuelles et nécessiterait de faire des analyses supplémentaires.

##### ► 87 substances

La plupart des substances retrouvées sont proches des seuils de détection. Certains résultats méritent tout de même quelques commentaires :

- Une teneur élevée en 1,2 dichloroéthane a été mesurée en sortie d'une des STEP industrielles. Une très nette amélioration a toutefois été observée par rapport aux mesures effectuées en 1995 (151 g/L au lieu de 2'250 en 1995).
- La présence d'organostanneux (monobutylétain et dibutylétain) en sortie d'une autre STEP industrielle est problématique du fait de la forte écotoxicité de ces produits.
- La présence d'alkylphénols, connus pour être des perturbateurs endocriniens en sortie des trois STEP.
- L'absence (contre toute attente) d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) en sortie d'une STEP industrielle procédant à du raffinage pétrolier.

► **Pesticides**

Les STEP domestiques constituent aussi un apport en pesticides, mais selon les substances cet apport est marginal en regard de certaines STEP industrielles. En effet, les industries traitant des produits phytosanitaires rejettent des quantités parfois importantes des substances qu'elles produisent. Dans un des cas, une charge supérieure à 1,2 kg/j a été mesurée. Si on totalise la charge en pesticides, les deux STEP industrielles concernées par la production de produits phytosanitaires rejettent respectivement 19'300 g/j et 560 g/j de substances actives dans les eaux. Par extrapolation, sur une année ce serait donc environ plus de 7 tonnes de pesticides qui seraient déversées dans le Rhône. Dès lors, les résultats observés dans le lac semblent parfaitement cohérents avec cette estimation.

Il est donc impératif que des efforts beaucoup plus importants soient entrepris à la source pour préserver les eaux du Léman de ces apports bien trop importants en pesticides.

**4.5 Médicaments et substances à effets endocriniens dans les rejets de STEP (annexe 8 )**

L'annexe 3 présente la liste des médicaments recherchés par le laboratoire TZW à Karlsruhe auquel nous avons sous-traité ces analyses. Environ 100 substances médicamenteuses ont été recherchées.

L'annexe 8 donne la liste des substances mises en évidence dans les rejets des STEP d'Aire, de Vidy et de Nyon, ainsi que leur concentration et les flux correspondants. 39 substances différentes ont été mises en évidence dans les rejets de STEP, parfois avec des concentrations et/ou des flux importants. D'une manière générale, les constatations suivantes peuvent être faites :

- Des teneurs relativement importantes en substances ayant des effets endocriniens ont été observées. Il s'agit essentiellement de nonylphénols et de bisphénol A, substances provenant respectivement de la dégradation de détergents (surfactants) et de la dégradation de matières plastiques. Les hormones contraceptives sont présentes, mais n'ont été mesurées qu'à des concentrations relativement faibles.
- Les anti-inflammatoires et analgésiques sont bien présents avec des teneurs et des flux parfois relativement élevés. Etant donné les quantités utilisées, soit en milieu hospitalier, soit chez les privés, il n'est pas étonnant de retrouver des rejets de cet ordre de grandeur.
- Les produits de contraste iodés pour les rayons X sont décelés en quantités très importantes dans les rejets des trois STEP. Si les flux mesurés sont additionnés pour les trois STEP et pour l'ensemble de ces produits, ce sont plus de 7 kg de matières actives qui ont été rejetés dans le milieu lacustre le jour du prélèvement. Ces substances sont reconnues pour n'être que très peu dégradées par les STEP et très stables dans l'environnement (HEBERER, 2002). Fort heureusement, même si peu d'études écotoxicologiques complètes existent, elles ne semblent pas présenter de grand risque pour l'environnement. Mais beaucoup d'inconnues demeurent pour une évaluation correcte du risque que ces substances représentent.
- Des rejets en carbamazépine (médicament anti-épileptique et anti-névralgique) également mesurée dans le lac, ont effectivement été mis en évidence dans les trois STEP. La carbamazépine est connue pour n'être que très peu dégradée par les STEP (HEBERER 2002) et dans l'environnement.
- 12 antibiotiques ont été décelés, principalement des sulfamidés, des macrolides et des fluoroquinolones.

Une étude complémentaire a été menée durant l'automne 2005 par le Service de l'Ecologie de l'Eau à Genève (SECOE) sur les STEP d'Aire, du Nant d'Avril et de Vilette. La STEP du Nant d'Avril traite les eaux domestiques, mais également les rejets provenant de l'Hôpital de la Tour. Les analyses ont été mandatées auprès du même laboratoire et les résultats obtenus montrent des résultats assez similaires.

**4.6 Médicaments et substances à effets endocriniens dans les eaux du lac (tableau 4 )**

Le tableau 4 donne la liste des substances mises en évidence dans le lac ainsi que leur concentration.

Tableau 4 : Médicaments et perturbateurs endocriniens dans l'eau du Léman au point SHL2.

Table 4 : Drugs and endocrine disrupters in the Lake of Genva.

Substances	Famille	Teneur dans le lac (ng/L)
4-tert-octylphenol	Perturbateur endocrinien	6.9
iso-nonylphenol	Perturbateur endocrinien	81
bisphenol A	Perturbateur endocrinien	7.3
β-sitosterol	Perturbateur endocrinien	35
carbamazépine	Anti-épileptique	45
iohexol	Produit de contraste rayon X	13
ciprofloxacine	Antibiotique	97
norfloxacine	Antibiotique	30

La valeur mesurée en iso-nonylphénol est inférieure aux PNECs citées dans les récentes études FISCHNETZ (CHEVRE, 2003). En effet, pour le nonylphenol qui représente la substance la plus toxique appartenant à ce groupe de produits, la PNEC pour les algues a été estimée à 330 ng/L et 600 ng/L pour les poissons. Cependant, cette étude indique également qu'il peut exister des effets de synergie entre les différentes substances appartenant à cette catégorie de polluants. Pour une meilleure évaluation du risque lié aux alkylphénols, il serait nécessaire de procéder à des mesures complémentaires incluant le dosage d'autres substances de cette famille, notamment celles ayant le plus grand potentiel œstrogène comme le nonylphénol, le nonylphénolmonoéthoxylate, le nonylphénoléthoxylate et le nonylphénoltriéthoxylate.

La présence de carbamazépine dans le lac reste un phénomène relativement étonnant. En effet, le nombre de personnes souffrant d'épilepsie et traitées au moyen de carbamazépine semble être faible en comparaison avec la population traitée avec des anti-inflammatoires ou des analgésiques, substances qui n'ont pas été décelées dans le lac. Cette substance est toutefois également utilisée pour ses propriétés anti-névralgiques et pour d'autres effets encore. Il peut donc rentrer dans la composition de nombreux médicaments. Toutefois, la carbamazépine est connue pour être très peu dégradée dans les STEP et être très stable en milieu aqueux (HEBERER, 2002 ; MAYEUX et al., 2004). Les teneurs mesurées en sortie des STEP d'Aire, de Vidy et de Nyon ne montrent cependant pas des flux particulièrement importants (voir point suivant) pouvant expliquer le déversement de plusieurs tonnes de matières actives. Pourtant, la carbamazépine a également été mise en évidence dans d'autres études sur les lacs et rivières (MAYEUX et al., 2005 ; BAYERRISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2004). Une telle concentration dans le milieu peut s'expliquer soit par une rémanence très élevée dans l'environnement (en dizaines d'années), soit par une provenance d'autres sources comme, par exemple, la dégradation de médicaments analogues. En contrepartie, les données de la littérature ne semblent pas conclure à un risque écotoxicologique important (PNEC 420 ng/L) (FERRARI et al., 2003 ; OETKEN et al., 2005).

La mise en évidence de iohexol à une teneur relativement faible n'est que peu surprenante étant donné les flux en produits de contraste iodés mesurés dans les sorties de STEP. Très peu d'études écotoxicologiques existent pour cette classe de substances et aucune n'a été recensée pour le iohexol. Les quelques données disponibles semblent toutefois montrer que ces substances sont peu toxiques (PNEC de 10 mg/L pour le iopromide) (STEGGER-HARTMANN et al., 1999).

La présence de deux antibiotiques de la famille des fluoroquinolones est également préoccupante. En effet, les concentrations sont relativement élevées et les études disponibles sur leur écotoxicité montrent que celles-ci sont déjà supérieures à la PNEC (50 ng/L) (HALLING-SORENSEN et al., 2000). Toutefois, comme il n'y a que peu d'études incluant des essais sur les micro-organismes, des évaluations supplémentaires seraient nécessaires pour une meilleure mesure de l'impact de ces substances sur l'environnement. En effet, les tests sur les micro-organismes ne sont pas requis habituellement dans les tests écotoxicologiques. Ceci représente une lacune importante pour l'estimation du risque que représentent des substances comme les antibiotiques ou les fongicides.

Comme pour les rejets de STEP, une étude complémentaire a été menée durant l'automne 2005 par le Service de l'Ecologie de l'Eau à Genève (SECOE) par l'analyse d'un échantillon d'eau prélevé dans le petit lac et d'un échantillon prélevé dans la rade de Genève. Les résultats obtenus correspondent bien à ceux mesurés lors de la campagne organisée par la CIPEL en ce qui concerne la carbamazépine, mais diffèrent sur plusieurs autres points : d'autres produits de contraste iodés, le ioméprol (12 ng/L), le iopamidol (16 ng/L) et le iopromide (12 ng/L), ainsi qu'un autre antibiotique le sulfaméthoxazole (14 ng/L) ont été mis en évidence et, surtout, la présence des antibiotiques de la famille des fluoroquinolones n'a pas été confirmée.

Ces mesures montrent bien la nécessité d'avoir des résultats d'analyses supplémentaires en différents points du lac et sur sa profondeur afin de pouvoir faire une estimation correcte et fiable de l'état du lac.

#### **4.7 Benzotriazole et tolyltriazole dans le lac**

Le benzotriazole et le tolyltriazole sont des substances principalement utilisées comme inhibiteurs de corrosion dans les circuits ouverts de refroidissement et comme protecteurs de l'argenterie dans les produits détergents. Les résultats obtenus pour les différentes profondeurs au point SHL2 sont assez homogènes avec une valeur moyenne de 193 ng/L en benzotriazole et 48 ng/L en tolyltriazole.

Les concentrations en benzotriazole dans le lac sont relativement élevées et peu de données sont réellement disponibles pour comparer les eaux du Léman avec d'autres lacs, ainsi que pour évaluer le risque écotoxicologique qu'il représente pour le milieu aquatique.

Une étude est en cours au sein de l'EAWAG et des résultats seront publiés prochainement.

## 5. CONCLUSIONS

- ▶ **Métaux lourds** : 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 limite de détection du mercure dans les eaux par le laboratoire effectuant les analyses n'est pas suffisante pour vérifier le respect des exigences de l'OEaux (tableau 2) pour ce métal.
- ▶ **Pesticides** : Les concentrations en pesticides dans le lac continuent d'augmenter. Les teneurs relevées sont encore inférieures aux normes requises pour les eaux de boisson, mais des mesures urgentes doivent être prises afin d'éviter le dépassement de ces limites. Ceci concerne surtout les produits dont l'origine industrielle a été démontrée. La teneur en Foramsulfuron dans le lac est préoccupante; d'une part, elle s'approche de la norme eau potable fixée à 100 ng/L; d'autre part, elle est largement supérieure à la PNEC ce qui implique potentiellement un risque élevé pour les plantes aquatiques. Des analyses d'eau potable après traitements dans les différentes stations situées sur le pourtour du Léman montrent que les processus de potabilisation réduisent significativement les teneurs en pesticides. Toutes les eaux satisfont aux normes de potabilité pour les pesticides recherchés, même si seuls les traitements les plus sophistiqués (filtration sur sables + ozonation + filtration sur charbon actif) permettent leur élimination complète.
- ▶ **Médicaments et substances à effet endocrinien** : Environ 40 substances différentes ont été mesurées dans les exutoires de STEP. Le milieu lacustre est donc confronté à de nombreux composés qui ne sont pas tous dégradés par les STEP. Peu de substances ont par contre été mises en évidence dans le lac. Ces résultats étant issus d'une mesure ponctuelle, il est délicat d'en tirer des conclusions générales. Ceci indique clairement toutefois que des travaux complémentaires sont nécessaires pour avoir une meilleure vision de l'état du lac quant à cette problématique. D'autre part, les données écotoxicologiques dans ce domaine sont bien trop lacunaires ce qui rend très difficile toute évaluation fiable des risques encourus par l'environnement lacustre.

## BIBLIOGRAPHIE

- BAYERRISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2004) : Arzneimittel in der Umwelt, F + E Vorhaben 2000-2002, Schlussbericht.
- CHEVRE, N. (2003) : Risk assessment of 6 different substances occurring in Swiss rivers, Teilprojekt 02/01, Fischnetz-publication, Synthese Ökotox, EAWAG.
- 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, page 207, tableau 3.
- CORVI, C., ZIMMERLI P., ORTELLI D., KHIM-HEANG S., BECKER VAN SLOOTEN K. (2005) : Métaux et micropolluants organiques dans les eaux, les moules et les poissons du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 55-78.
- DIETRICH, D. (1995) : Kritische Beurteilung der ökotoxikologischen Aussagekraft von Schwermetallanalysen in Fischen aus schweizerischen Gewässern. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., 86, 213-225.
- FENT, K. (1996) : Ecotoxicology of organotin compounds. Crit. Rev. Toxicol., 26 (1), 1-117.
- FERENC, S.A. (2001) : Impacts of low-dose, high-potency herbicides on nontarget and unintended plant species. Pensacola, FL, US: SETAC ([www.setac.org](http://www.setac.org)).
- FERRARI, B., PAXEUS, N., GIUDICE R.L., POLLIO, A., GARRIC, J. (2003) : Ecotoxicological impact of pharmaceuticals found in treated wastewaters : study of carbamazepine, clofibric acid and diclofenac. Ecotoxicology and Environmental Safety, 55, 359-370.
- HALLING-SORENSEN, B., HOLTEN-LUTZHOFT, H.-C., ANDERSEN, H.R., INGERSLEV, F. (2000) : Environmental risk assessment of antibiotics : comparison of mecillinam, trimethoprim and ciprofloxacin. J. Antimicrobial Chemotherapy, Suppl., S1, 53-58.
- HEBERER, T. (2002) : Occurrence, fate and removal of pharmaceuticals residues in the aquatic environment : a review of recent research data. Toxicology letters, 131, 5-17.
- INRA (2005) : base de donnée AGRITOX ; [www.inra.fr/agritox](http://www.inra.fr/agritox)
- IPM Centers (2006) : United states environmental agency : base de données écotox : <http://www.ipmcenters.org/ECotox/DataAccess.cfm>
- JUNGHANS, BACKHAUS, T., FAUST, M., SCHOLZE, M., GRIMME, L..H. (2003) : Toxicity of sulfonylurea herbicides to the green alga *scenedesmus vacuolatus* : predictability of combination effects. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 71, 585-593.

- LAZZAROTTO, J., NIREL, P. et RAPIN, F. (2006) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2005, 31-63.
- MAYEUX V., COURTOIS, G., FENET, H., CASELLAS, C. (2005) : Impact sanitaire des effluents hospitaliers de l'agglomération de Montpellier. Master Pro2. de l'Université de Montpellier I.
- MOHAMMAD, M., ITOH, K., SUYAMA, K., YAMAMOTO, H. (2006) : Recovery of Lemna sp. After exposure to sulfonyleurea herbicides. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 76, 256-263.
- MOHAMMAD, M., ITOH, K., SUYAMA, K., YAMAMOTO, H. (2005) : Comparative sensitivity of Pseudokirchneretella subcapitata vs. Lemna sp. to sulfonyleurea herbicides. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 75, 866-872.
- OEaux (1998) : Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des Eaux (Suisse, état au 18 novembre 2003)
- OETKEN, M., NENTWIG, G., LOEFFER, D., TERNES, T., OELHLMANN, J. (2005) : Effects of pharmaceuticals on aquatic invertebrates. Part I. The antiepileptic drug carbamazepine. Arch. Environ., Contam. Toxicol., 49, 353-361.
- 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.
- OSEC (1995) : Ordonnance du 26 juin 1995 sur les Substances Etrangères et les Composants (Suisse, état novembre 2005).
- RAMSEIER, S., MANTEGAZZI, D., BERSIER, Y. (2003) : Qualité des eaux potables produites à partir du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2002, 123-138.
- REICHENBACH-KLINKE, H.-H. (1966) : Krankheiten und Schädigungen der Fische. Gustav Fischer Verlag, page 288.
- ROSHON, R.D. (1999) : A toxicity test for the effects of chemical on the non-target submersed aquatic macrophyte, Myriophyllum sibiricum Komarov. PhD thesis. The Faculty of Graduate Studies, University of Guelph, Guelph, Canada.
- SIGG, L. (1992) : Les métaux lourds dans les cours d'eau. Nouvelles de l'EAWAG, 32, 32-35.
- STEGER-HARTMANN, T, LANGE, R., SCHWEINFURTH H. (1999) : Environmental risk assessment for the widely used iodinated X-ray contrast agent iopromide (Ultravist). Ecotoxicology and Environmental Safety, 42, 274-281.
- STRAWCZYNSKI, A. (2006) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2005, 187-194.

Produits phytosanitaires recherchés.  
Pesticides (crop treatments) checked.

ANNEXE 1

**Herbicides :** (les limites de détection sont comprises entre 0.001 et 0.10 µg/L)

Acetochlor	Cycloxydim	MCPB	Propanil
Alachlor	Dichlorprop-methyl	Mecoprop	Propaquizafop
Amidosulfuron	Dichlorprop-P	Metamitron	Propazine
Amitrole	Difenoxuron	Methabenzthiazuron	Propham
Asulam	Dimefuron	Metobromuron	Propyzamide
Atrazine	Dimethachlor	Métolachlore	Prosulfocarb
Atrazine-2-hydroxy	Dimethenamid	Metoxuron	Pyridate
Atrazine-desethyl	Dinoseb	Metribuzin	Quizalofop-P-Ethyl
Atrazine-desisopropyl	Dinoterb	Metsulfuron-methyl	Simazin
Aziprotryne	Diuron	Monolinuron	Tebutam
Bentazone	Fenuron	Monuron	Tepaloxymid
Bifenox	Fluazifop-butyl	Napropamid	Terbacil
Bromacil	Fluroxypyr	Norflurazon	Terbuthylazine
Chlorbromuron	Foramsulfuron	Orbencarb	Terbuthylazine-2-hydroxy
Chloridazon	Haloxypop-methyl	Oryzalin	Terbuthylazine-desethyl
Chlorotoluron	Ioxynil	Oxadiazon	Terbutryn
Chloroxuron	Isoproturon	Pendimethalin	Thifensulfuron-methyl
Chlorpropham (CIPC)	Lenacil	Phenmedipham	Triasulfuron
Clopyralid	Linuron	Prometryn	Triclopyr
Cyanazin	MCPA	Propachlor	Trifluralin

**Fongicides, insecticides et acaricides :**

Acetamiprid	Difenoconazole	Imazalil	Pymetrozine
Aldicarb	Diflubenzuron	Imidacloprid	Pyridaben
Aldicarb-sulfoxide	Dimethoate	Indoxacarb	Pyrifenox
Aldoxycarb	Dimethomorph	Iprovalicarb	Pyrimethanil
Anilazine	Dimetilan	Isazofos	Pyriproxyfen
Azametiphos	Dinocap	Lufenuron	Spinosad
Azoxystrobin	Diphenylamine	Mecarbam	Spirodiclofen
Bendiocarb	Disulfoton	Mepanipyrim	Spiroxamine
Benfuracarb	Epoxiconazole	Metalaxyl	Tebuconazole
Benodanil	Ethiophencarb	Methiocarb	Tebufenozide
Benthiavalicarb-isopropyl	Fenamidone	Methomyl	Tebufenpyrad
Benzoximate	Fenarimol	Metolcarb	Teflubenzuron
Bromuconazole	Fenzaquin	Monocrotophos	Terbufos
Buprofezin	Fenbuconazole	Myclobutanil	Thiabendazole
Butocarboxym	Fenhexamid	Omethoate	Thiacloprid
Carbaryl	Fenoxycarb	Oxadixyl	Thiobencarb
Carbendazim	Fenpropathrin	Oxamyl	Thiodicarb
Carbofuran	Fenpropimorph	Oxine	Thiofanox
Carboxin	Fipronil	Phenthoate	Thiometon
Chlorfluazuron	Fludioxonil	Phosalone	Thiophanate-ethyl
Clofentezine	Flufenoxuron	Pirimicarb	Thiophanate-methyl
Cymoxanil	Fluquinconazole	Prochloraz	Tolclophos-methyl
Cyproconazole	Flutriafol	Promecarb	Tridemorph
Cyprodinil	Fuberidazole	Propamocarb	Triflumizole
Diafenthiuron	Furathiocarb	Propetamphos	Triflumuron
Dicrotophos	Hexaflumuron	Propiconazole	Triforine
Diethofencarb	Hexythiazox	Propoxur	Vamidothion

Liste des 87 substances (ou familles de substances) recherchées dans la campagne exutoires de STEP.

**ANNEXE 2**

List of the 87 substances (or groups of substances) included in the WWTP exit survey..

<b>Paramètres de base</b>	pH in situ (moyenne)
	Température in situ (moyenne)
	Conductivité in situ (moyenne)
	pH in situ (composite)
	Conductivité in situ (composite)
	pH au laboratoire
	Température au laboratoire
	Conductivité au laboratoire
	Matières en suspension (MES)
	Demande chimique en oxygène (DCO)
<b>Organo-Etains</b>	Composés du tributylétain
	Tributylétain cation
	Dibutylétain
	Monobutylétain
	Triphénylétain
<b>Métaux</b>	Cadmium et ses composés
	Plomb et ses composés
	Mercure et ses composés
	Nickel et ses composés
	Arsenic et ses composés
	Chrome
	Cuivre
	Zinc
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques(HAP)</b>	HAP total
	Benzo (a) pyrène
	Benzo (b) fluoranthène
	Benzo (g,h,i) pérylène
	Benzo (k) fluoranthène
	Indeno (1,2,3-cd) pyrène
	Anthracène
	Fluoranthène
	Naphtalène
	Acénaphène
<b>PolyChloroBiphényles(PCB)</b>	PCB (somme des 7 congénères)
	PCB 28
	PCB 52
	PCB 101
	PCB 118
	PCB 138
	PCB 153
	PCB 180
<b>Chlorobenzènes</b>	Hexachlorobenzène
	Pentachlorobenzène
	Trichlorobenzènes (mélange technique)
	1,2,4 Trichlorobenzène
	1,2,3 Trichlorobenzène
	1,3,5 Trichlorobenzène
	Chlorobenzène
	Dichlorobenzènes (somme des 3 isomères)
	1,2 dichlorobenzène
	1,3 dichlorobenzène
	1,4 dichlorobenzène
	1,2,4,5 Tetrachlorobenzène
	1-chloro-2-nitrobenzène
	1-chloro-3-nitrobenzène
	1-chloro-4-nitrobenzène
<b>Chlorotoluène</b>	Chlorotoluène total (somme des 3 isomères)
	2-chlorotoluène
	3-chlorotoluène
	4-chlorotoluène
<b>Nitro aromatiques</b>	Nitrobenzène
	2-nitrotoluène

<b>Benzène</b> <b>Toluène</b> <b>Ethylbenzène</b> <b>Xylène</b> <b>(BTEX)</b>	Benzène
	Ethylbenzène
	Isopropylbenzène
	Toluène
	Xylènes (somme o,m,p)
<b>Composés Organiques Halogénés Volatils</b> <b>(COHV)</b>	Hexachloropentadiène
	1,2 dichloroéthane
	Dichlorométhane
	Hexachlorobutadiène
	Chloroforme
	Tétrachlorure de carbone
	Chloroprène
	3-chloroprène (chlorure d'allyle)
	1,1 dichloroéthane
	1,1 dichloroéthylène
	1,2 dichloroéthylène
	Hexachloroéthane
	1,1,1,2-tétrachloroéthane
	Tétrachloroéthylène
	1,1,1 Trichloroéthane
	1,1,2 Trichloroéthane
	Trichloroéthylène
Chlorure de vinyle	
<b>Chlorophénols</b>	Pentachlorophénol
	4-chloro-3-méthylphénol
	Chlorophénols total (somme des 3 isomères)
	2 chlorophénol
	3 chlorophénol
	4 chlorophénol
	Dichlorophénols total (somme des 6 isomères)
	2,4 dichlorophénol
	2,4,5-trichlorophénol
	2,4,6 trichlorophénol
<b>Alkylphénols</b>	Nonylphénols
	4-para-nonylphénol
	Octylphénols
	para-tert-octylphénol
	4-tert-butylphénol
<b>Aniline</b>	Chloroanilines total (somme des 3 isomères)
	2-chloroaniline
	3-chloroaniline
	4-chloroaniline
	4-chloro2-nitroaniline
	Dichloroanilines (3,4)
<b>Diphényléthers bromés</b>	Diphényléthers bromés
	pentabromodiphényléther
	octabromodiphényléther
	décabromodiphényléther
<b>Pesticides</b>	Alachlore
	Atrazine
	Chlorfenvinphos
	Chlorpyrifos
	Diuron
	Endosulfan total
	alpha endosulfan
	béta endosulfan
	Hexachlorocyclohexane total
	gamma isomère - Lindane
	alpha hexachlorocyclohexane
	Isoproturon
	Simazine
Trifluraline	
<b>Autres</b>	Chloroalcanes C10-C13
	Di (2-éthylhexyl)phtalate
	Biphényle
	Acide chloroacétique
	Epichlorhydrine
	Tributylphosphate

Liste des médicaments et perturbateurs endocriniens recherchés par le laboratoire TZW.  
List of the drugs and endocrine disrupters checked by TZW .

**ANNEXE 3**

<p><b>Substances à effet endocrinien</b></p> <p>Estrone 17-beta-estradiol Mestranol Norethisteron 17-alpha-ethinylestradiol Estriol 4-tert-octylphenol Iso-nonylphenol Bisphenol A β-sitosterol Daidzeine</p>	<p><b>Tranquillisants</b></p> <p>Diazepam Venlafaxine</p>	<p><b>Antibiotiques</b></p> <p>Sulfamethoxazole Sulfamerazine Furazolidone Chloroamphenicol Erythromycin Clarithromycin Amoxicillin Dicloxacillin Penicillin V Sulfadiazine Ronidazole Trimethoprim Virginiamycin Anhydro-erythromycin Spiramycin Oxacillin Nafcillin Sulfadimidine Metronidazole Dapsone Oleandomycin Roxithromycin Tylosin Cloxacillin Penicillin G Clindamycin Azithromycin Ciprofloxacin Norfloxacin Enrofloxacin Enoxacin Ofloxacin Oxytetracycline Doxycycline Tetracycline Meclocycline Chlorotetracycline</p>
<p><b>Analgésiques, antipyrétiques, anti-phlogistiques</b></p> <p>Diclofenac Indometacine Paracetamol Ibuprofen Naproxen Ketoprofen Fenoprofen</p>	<p><b>Analgésiques</b></p> <p>Phenazone Pimethylaminophenazone Propyphenazone</p>	
<p><b>Hypolipémiants</b></p> <p>Clofibrac acid Etofibrate Bezafibrate Fenofibrate Gemfibrozil Fenofibrac acid Simvastatin</p>	<p><b>Beta-bloquants</b></p> <p>Metoprolol Bisoprolol Betaxolol Propranolol Sotalol Atenolol Pindolol</p>	
<p><b>Antiépileptique</b></p> <p>Carbamazepine</p>	<p><b>Broncholytiques, secretolytiques</b></p> <p>Salbutamol Clenbuterol Terbutaline</p>	
<p><b>Vasodilateur</b></p> <p>Pentoxifylline</p>	<p><b>Antinéoplastiques</b></p> <p>Ifosfamide Cyclophosphamide</p>	
	<p><b>Produits de contraste rayons X</b></p> <p>Iopamidol Amidotrizoic acid Iotalamic acid Iopromide Iodipamide Ioxaglic acid Iomeprol Iohexol Ioxitalamic acid</p>	

Produits phytosanitaires décelés dans le lac - prélèvement SHL2 du 26 avril 2005.

ANNEXE 4

Pesticides detected in the lake- SHL2 sampling of 26 april 2005.

<b>Prélèvement SHL2 du 26.4.05</b>	0m	1m	5m	7.5m	10m	30m	100m	305m	Fond
Pesticides	µg/L								
Amidosulfuron	0.022	0.019	0.018	0.019	0.018	0.019	0.015	0.015	0.017
Atrazine	0.025	0.022	0.021	0.021	0.022	0.024	0.023	0.021	0.026
Atrazine-2-hydroxy	0.011	0.009	0.008	0.009	0.010	0.010	0.010	0.008	0.009
Atrazine-desethyl	0.020	0.017	0.017	0.017	0.014	0.018	0.018	0.016	0.017
Atrazine-desethyl-2-hydroxy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Atrazine-desisopropyl	0.013	0.011	0.010	0.010	0.010	0.012	0.011	0.010	0.011
Azoxystrobin	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Carbendazim	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Chlorotoluron	0.009	0.008	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009	0.007	0.007
Cyproconazole	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.005
Cyprodinil	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
Difenoconazol	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001
Dimethachlor	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003
Dimethenamid	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.009
Diuron	0.010	0.009	0.008	0.008	0.008	0.010	0.008	0.007	0.005
Fenarimol	0.008	0.012	0.008	0.009	0.009	0.008	0.007	0.004	0.001
Fenuron					0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Foramsulfuron	0.094	0.083	0.080	0.074	0.082	0.084	0.080	0.075	0.085
Furalaxyl	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Isoproturon	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Linuron	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Lufenuron		0.002		0.001	0.003	0.003	0.001		0.003
Metalaxyl	0.044	0.054	0.047	0.048	0.053	0.053	0.048	0.044	0.049
Methabenzthiazuron	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Metobromuron	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008
Metolachlore	0.013	0.012	0.011	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012	0.011
Monolinuron	0.014	0.013	0.012	0.010	0.013	0.013	0.012	0.011	0.012
Monuron	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Prometryn	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005
Propazine	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Propiconazole	0.006	0.009	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.007	0.008
Propyzamide	0.001								
Pymetrozine	0.007	0.008	0.006	0.006	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004
Pyrifenox		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Pyrimethanil				0.002				0.001	0.001
Simazin	0.012	0.010	0.009	0.010	0.010	0.011	0.010	0.009	0.010
Tebuconazole		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Tebutam	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Terbumeton	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Terbutylazine	0.011	0.011	0.010	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010
Terbutylazine-2-hydroxy	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006
Terbutylazine-desethyl	0.007	0.006	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
Terbutryn	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
<b>Somme</b>	<b>0.383</b>	<b>0.372</b>	<b>0.338</b>	<b>0.335</b>	<b>0.359</b>	<b>0.376</b>	<b>0.350</b>	<b>0.320</b>	<b>0.356</b>

Produits phytosanitaires décelés dans le lac - prélèvement SHL2 du 10 octobre 2005.

ANNEXE 5

Pesticides detected in the lake- SHL2 sampling of 10 October 2005.

<b>Prélèvement SHL2 du 10.10.05</b>	0m	1m	5m	7.5m	10m	30m	100m	305m	Fond
Pesticides	µg/L								
Amidosulfuron	0.028	0.017	0.018	0.019	0.019	0.019	0.019	0.022	0.019
Atrazine	0.031	0.024	0.024	0.025	0.025	0.027	0.027	0.030	0.027
Atrazine-2-hydroxy	0.014	0.010	0.011	0.011	0.011	0.013	0.013	0.015	0.014
Atrazine-desethyl	0.027	0.019	0.021	0.020	0.021	0.021	0.020	0.023	0.021
Atrazine-desisopropyl	0.022	0.018	0.017	0.017	0.018	0.017	0.017	0.019	0.016
Azoxystrobin	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Carbendazim	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003
Chlorbromuron	-	-	-	-	-	-	0.002	-	-
Chlorotoluron	0.009	0.006	0.006	0.006	0.006	0.009	0.010	0.011	0.010
Cycloxydim	-	-	-	-	-	-	-	0.003	0.002
Cyproconazole	0.010	0.007	0.007	0.008	0.007	0.008	0.007	0.007	0.007
Cyprodinil	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002
Difenoconazol	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001
Dimethachlore	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003
Dimethenamid	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	-	0.001	0.001
Dinoterb	0.001	-	-	-	-	-	0.001	-	0.001
Diuron	0.012	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008
Fenarimol	0.011	0.007	0.007	0.007	0.007	0.015	0.012	0.008	0.006
Fenuron	-	-	-	-	-	0.001	0.001	0.001	0.001
Foramsulfuron	0.111	0.071	0.070	0.074	0.071	0.081	0.075	0.100	0.090
Furalaxyl	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002
Iodosulfuron-methyl	0.016	0.011	0.011	0.010	0.013	0.010	0.006	0.010	0.009
Isoproturon	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003
Linuron	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002
Metalaxyl	0.017	0.031	0.041	0.037	0.039	0.052	0.055	0.051	0.051
Metobromuron	0.009	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.009	0.009	0.009
Metolachlore	0.016	0.011	0.010	0.012	0.013	0.013	0.013	0.015	0.012
Metsulfuron-methyl	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Prometryn	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.004	0.004
Propazine	-	-	-	-	-	-	0.001	0.001	0.001
Propiconazole	0.013	0.010	0.010	0.010	0.009	0.011	0.012	0.011	0.011
Propyzamide	0.001	-	-	0.001	0.001	-	0.001		0.001
Pymetrozine	0.017	0.010	0.012	0.011	0.012	0.010	0.004	0.004	0.004
Pyrimethanil	-	0.003	-	-	0.001	-	-	-	-
Simazin	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017	0.018	0.017
Simazine-2-hydroxy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Tebuconazole	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	-	-	-
Tebutam	0.001	0.001	-	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Terbumeton	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003
Terbuthylazine	0.012	0.010	0.010	0.011	0.011	0.011	0.011	0.013	0.011
Terbuthylazine-2-hydroxy	0.019	0.012	0.015	0.014	0.015	0.014	0.014	0.016	0.016
Terbuthylazine-desethyl	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Terbutryn	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003
Triasulfuron	-	0.003	-	-	-	0.001	-	-	-
Somme	0.449	0.342	0.347	0.354	0.357	0.401	0.387	0.428	0.395

Flux en micropolluants organiques mesurés en sortie de STEP domestiques.

ANNEXE 6

Load of organic micropollutants measured in the discharges from domestic WWTPs.

Rejets en g/j	Nyon	Vidy	Aïre	Sierre	Nant d'Avril
Débit sortie m <sup>3</sup> /j	7'530	93'770	143'560	23'050	10'580
4-tert butyl phénol		9.8			148.0
4-tert-octylphénol		12.2			
Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)		46.9	71.8		6.3
Dichlorométhane			80.4		
Chloroforme	5.5	73.1			38.1
Phosphate de tributyle	1.1	18.3	19.4	2.2	
Somme des 13 PBDE	0.2	0.5	1.3	0.2	0.1
Somme des penta BDE99 et 100		0.1	0.4	0.0	
Toluène	1.5			2.8	
Amidosulfuron				1.8	
Atrazine			1.3	0.9	0.1
Atrazine-2-hydroxy			0.3	0.1	
Atrazine-desethyl		0.3	0.7	0.1	0.2
Atrazine-desethyl-desisopropyl				0.3	
Azoxystrobin	0.3			1.4	
Carbendazim				0.8	0.1
Chlorotoluron			0.1		0.0
Chloridazon	0.3	13.1			
Cyproconazole	1.0				0.3
Cyprodinil	0.1			0.1	
Difenoconazol				0.2	
Dimefuron					0.1
Dimethomorph	0.1				
Diuron	1.6	2.3	6.2	1.5	1.0
Fenuron		2.5	0.4		
Foramsulfuron					
Fenhexamide			0.4	0.2	0.2
Isoproturon			0.3		0.1
Linuron	0.3	1.6		1.2	0.1
Mecoprop			45.9		
Metamitron	12.0				
Metolachlor		1.3			
Primicarb	0.5	0.8	0.9	0.5	
Propiconazole	0.0	0.7	0.6	0.2	
Propoxur	0.1	0.7	3.6		0.5
Propyzamide				0.5	
Pyrifenox	0.0	0.5	2.3	0.2	
Simazine	0.2	2.2	1.0	3.2	3.3
Tebuconazole	0.0	0.2	0.4	0.2	0.3
Terbuthylazine			1.9	0.4	0.1
Terbuthylazine-2-hydroxy			0.7	0.2	0.1
Terbutryn	0.0	0.2	0.9	0.1	0.1
Thiabendazole	0.1	0.6	1.4		0.1
Triadimenol			0.6		

Flux en micropolluants organiques mesurés en sortie de STEP industrielles.

ANNEXE 7

Load of organic micropollutants measured in the discharges from industrial WWTPs.

Rejets en g/j	Industries					
	1	2	3	4	5	6
Débit sortie m <sup>3</sup> /j	3'060	668	13'410	13'050	362	5'500
4-tert butyl phénol						3.0
Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)	2.8	3.9		31.3	0.7	3.9
Dichlorométhane	14.4	0.6				
1,2-dichloroéthane	462.0			157.0		
Chloroforme		2.8	37.5	22.0	0.6	
Somme des 13 PBDE			0.1	0.4		
Somme des penta BDE99 et 100				0.1		
Toluène			32.2			
Xylènes				21.7	0.1	33.7
Acénaphène			2.6			
Anthracène			0.7			
Benzène			20.1			
1,2 Dichlorobenzène				19.6		
1,3 Dichlorobenzène				14.4		
2,4,5 trichlorophénol				2.5		
4-ter-octylphénol				2.2		
2-chloroaniline				4.3		
Naphtalène			7.8			
Biphényle				2.7		
Dibutylétain					0.1	
Monobutylétain					0.2	
Mépipacaïne					16'652.0	
Amidosulfuron		1.0	60.3			0.2
Atrazine				9.0		
Atrazine-2-hydroxy			0.1	0.2		
Atrazine-desethyl				0.2		
Atrazine-desethyl-desisopropyl	0.1				0.1	
Aziprotryne			0.2			
Carbendazim				0.2		
Chlorotoluron			0.3	0.6		
Cyproconazole				15.7		
Cyprodinil				30.0		
Difenoconazol				44.4	0.2	
Dimethachlor				344.5		
Diuron			7.4	5.1		0.1
Epoxiconazole						
Fenarimol			1'258.0			
Fenuron			0.6			0.1
Foramsulfuron			65.7			
Isoproturon			0.2	0.2		
Metolachlore				40.5		
Metoxuron			8.2	6.8		
Metsulfuron-methyl			11.7			
Propiconazole	0.0			60.0		
Pyrifenox				0.2		
Simazine			0.5	0.2		
Tebuconazole				6.9		
Terbuthylazine			2.7	0.2		
Terbuthylazine-2-hydroxy				0.2		

Médicaments et perturbateurs endocriniens décelés dans les analyses de STEP et flux journaliers. **ANNEXE 8**  
 Drugs and endocrine disrupters detected during WWTP analyses and daily loads.

	STEP d'Aire		STEP de Nyon		STEP de Vidy	
	ng/L	g/j	ng/L	g/j	ng/L	g/j
<b>Perturbateurs endocriniens :</b>						
Estrone	< 5	-	19	0.1	32	3.0
17-beta-estradiol	< 5	-	< 5	-	< 5	-
Mestranol	< 10	-	18	0.1	<10	-
Norethisteron	< 5	-	< 5	-	< 5	-
17-alpha-ethinylestradiol	< 5	-	< 5	-	< 5	-
Estriol	< 10	-	27	0.2	23	2.2.
4-tert-octylphenol	34	4.9	150	1.1	110	10.3
Iso-nonylphenol	430	61.7	590	4.4	710	66.6
Bisphenol A	92	13.2	160	1.2	450	42.2
β-sitosterol	610	87.6	230	1.7	160	15.0
Daidzeine	< 125	-	470	3.5	< 125	-
<b>Analgesiques, antipyrétiques, antiphlogistiques, antirhumatismaux :</b>						
Diclofenac	290	41.6	720	5.4	640	60.0
Indometacine	96	13.8	250	1.9	150	14.1
Paracetamol	< 50	-	500	3.8	< 50	-
Ibuprofen	< 50	-	1'700	12.8	1'200	112.5
Naproxen	270	38.8	360	2.7	360	33.8
Ketoprofen	59	8.5	150	1.1	130	12.2
Fenoprofen	< 50	-	< 50	-	< 50	-
<b>Hypolipidémiants :</b>						
Clofibrac acid	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Etofibrate	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Bezafibrate	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Fenofibrate	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Gemfibrozil	< 50	-	220	1.7	170	15.9
Fenofibrac acid	240	34.5	750	5.6	740	69.4
Simvastatin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
<b>Antiépileptiques :</b>						
Carbamazepine	240	34.5	320	2.4	310	29.1
<b>Vasodilateurs :</b>						
Pentoxifylline	< 50	-	< 50	-	< 50	-
<b>Tranquillisants :</b>						
Diazepam	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Venlafaxine	240	-	97	0.7	190	17.8
<b>Analgésiques :</b>						
Phenazone	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Diméthylaminophenazone	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Propyphenazone	< 50	-	< 50	-	< 50	-
<b>Beta-bloquants :</b>						
Metoprolol	100	14.4-	120	0.9	55	5.2
Bisoprolol	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Betaxolol	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Propranolol	61	8.8	< 50	-	53	5.0
Sotalol	240	34.5	210	1.6	220	20.6
Atenolol	590	84.7	690	5.2	820	76.9
Pindolol	< 50	-	< 50	-	< 50	-

	STEP d'Aire		STEP de Nyon		STEP de Vidy	
	ng/L	g/j	ng/L	g/j	ng/L	g/j
<b>Broncholytiques, sécrétolytiques :</b>						
Salbutamol	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Clenbuterol	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Terbutaline	< 50	-	< 50	-	< 50	-
<b>Antineoplastiques :</b>						
Ifosfamide	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Cyclophosphamide	< 50	-	< 50	-	< 50	-
<b>Produits de contraste rayons X :</b>						
Iopamidol	5'100	732	7'400	55.7	4'300	403
Amidotrizoic acid	390	56.0	3'500	26.4	220	20.6
Iotalamic acid	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Iopromide	8'900	1278	< 50	-	< 50	-
Iodipamide	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Ioxaglic acid	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Iomeprol	1'400	201	7'700	58.0	15'000	1'407
Iohexol	2'300	330	2'000	15.1	25'000	2'344
Ioxitalamic acid	1'900	273	390	2.9	1'800	169
<b>Antibiotiques :</b>						
Sulfamethoxazole	320	45.9	200	1.5	240	22.5
Sulfamerazine	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Furazolidone	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Chloroamphenicol	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Erythromycin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Clarithromycin	290	41.6	280	2.1	120	11.3
Amoxicillin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Dicloxacillin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Penicillin V	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Sulfadiazine	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Ronidazole	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Trimethoprim	100	14.4	48	0.4	91	8.5
Virginiamycin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Anhydro-erythromycin	91	13.1	< 50	-	< 50	-
Spiramycin	130	18.7	52	0.4	< 50	-
Oxacillin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Nafcillin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Sulfadimidine	< 50	-	100	0.8	56	5.3
Metronidazole	150	21.5	89	0.7	330	30.9
Dapsone	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Oleandomycin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Roxithromycin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Tylosin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Cloxacillin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Penicillin G	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Clindamycin	90	12.9	140	1.1	51	4.8
Azithromycin	68	9.8	83	0.6	< 50	-
Ciprofloxacin	< 50	-	< 50	-	1'100	103
Norfloxacin	< 50	-	< 50	-	210	19.7
Enrofloxacin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Enoxacin	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Ofoxacin	< 50	-	< 50	-	140	13.1
Oxytetracycline	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Doxycycline	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Tetracycline	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Meclocycline	< 50	-	< 50	-	< 50	-
Chlorotetracycline	< 50	-	< 50	-	< 50	-

CONSEIL SCIENTIFIQUE

DE LA COMMISSION INTERNATIONALE  
POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN  
CONTRE LA POLLUTION

# RAPPORTS

SUR LES ÉTUDES  
ET RECHERCHES ENTREPRISES  
DANS LE BASSIN LÉMANIQUE

PROGRAMME QUINQUENNAL 2001-2005  
**CAMPAGNE 2005**

*Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut.,  
Campagne 2005, 2006*