

MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX DU LÉMAN

METALS AND ORGANIC MICROPOLLUTANTS IN GENEVA LAKE WATERS

CAMPAGNE 2013

PAR

Stéphan RAMSEIER GENTILE

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

Didier ORTELLI et Patrick EDDER

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

RÉSUMÉ

Le programme de surveillance de base des eaux du Léman confirme les résultats des années précédentes. Les teneurs en métaux lourds demeurent stables et relativement faibles. Celles-ci satisfont pleinement aux exigences requises pour les eaux de boisson. Les concentrations en pesticides totaux dans le lac se stabilisent depuis 2008 et oscillent entre 0.12 et 0.18 µg/L. En ce qui concerne le metalaxyl, après plusieurs années à la hausse, les teneurs sont enfin en décroissance mais restent souvent supérieures à 0.020 µg/L. Les prélèvements en automne ont à nouveau permis de mettre en évidence des traces d'atrazine au fond du lac et la somme des métabolites de cet herbicide exprimée sous la forme de la molécule mère semble être en augmentation depuis 2011. Toutefois, les concentrations individuelles de chaque pesticide sont restées inférieures à celles fixées dans la législation pour une eau de boisson (soit 0.1 µg/L par composé et 0.5 µg/L pour la totalité des substances). Concernant les produits pharmaceutiques, deux campagnes supplémentaires agrémentées d'une palette élargie à 58 molécules comprenant entre autres, des psychotropes, n'ont pas permis de mettre en évidence d'autres résidus que ceux déjà mesurés dans les campagnes antérieures (anesthésiants, antiépileptique, relaxant musculaire).

SUMMARY

The monitoring programme of the Lake Geneva basin confirmed the results of previous years. The heavy metal concentrations were stable and relatively low. They fully met the requirements for drinking water. The concentrations of total pesticides in the lake has stabilised since 2008 and ranged between 0.12 and 0.18 mg / L. Regarding metalaxyl, after several years of growth, the contents finally declined, but often remained above 0.020 mg / L. Autumn samples helped highlight traces of atrazine in the lake bottom and the amount of this herbicide metabolites expressed as the parent compound appears to be increasing since 2011; however, the individual concentrations of each pesticide remained below those set out in the legislation for drinking water (0.1 mcg / L per compound and 0.5 mg / L for all substances). For pharmaceuticals, two additional campaigns embellished with an enlarged pallet of 58 molecules comprising amongst others, psychotropics, failed to reveal residues other than those already measured in previous campaigns (anaesthetics, antiepileptics and muscle relaxants).

1. INTRODUCTION

La présence de micropolluants dans les eaux du bassin versant lémanique et du lac est une préoccupation majeure de la CIPEL. Une veille consacrée aux micropolluants dans les eaux brutes est nécessaire afin de garantir et pérenniser l'usage des eaux du lac pour l'alimentation en eau potable moyennant un traitement simple. Chaque année, la CIPEL réalise un programme d'analyses pour la recherche de micropolluants dans le lac car ce dernier représente un milieu stable (intégrant la pollution) et adéquat pour une bonne visualisation des pollutions.

2. ÉCHANTILLONNAGE (FIGURE 1, TABLEAU 1)

Pour la surveillance de base des teneurs en métaux lourds et en produits phytosanitaires, des échantillons sont prélevés deux fois par année au centre du Léman, à la station SHL2 (figure 1) à quatre profondeurs, après brassage éventuel des eaux (printemps) et en période de stratification (automne). Le prélèvement du printemps a été effectué le 13 mars 2013 et celui d'automne le 12 septembre 2013 (SAVOYE *et al*, 2014).

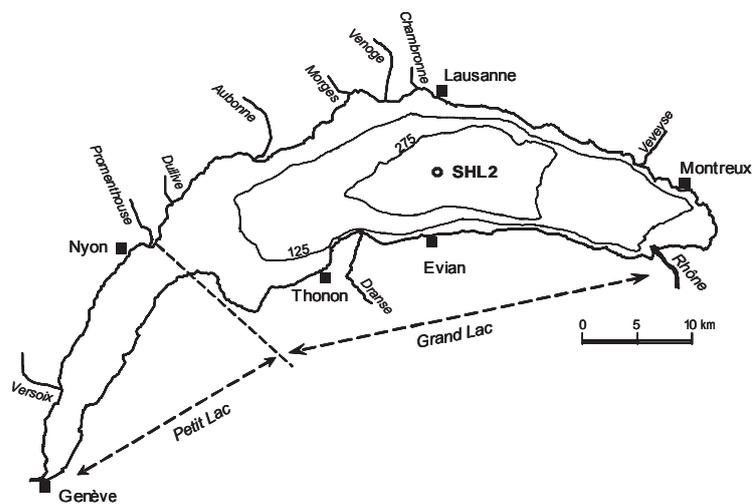


Figure 1

: Situation du

point de prélèvement - station SHL2.

Figure 1 : Location of the sampling sites - SHL2 station.

Six échantillons ont été prélevés à SHL2 pour analyses de 6 métaux lourds (plomb, cadmium, chrome, cuivre, mercure et manganèse) :

- **Métaux :** 13.03.2013 : mélange 1 :1 des niveaux 1 m et 30 m
- **Métaux:** 13.03.2013 : mélange 1 :1 des niveaux 200 m et 305 m
- **Métaux:** 15.11.2013 : mélange 1 :1 des niveaux 1 m et 30 m
- **Métaux:** 15.11.2013 : mélange 1 :1 des niveaux 200 m et 305 m
- **Manganèse :** 13.03.2013 : mélange 1 : 1 : 1 :1 des niveaux 275, 300, 305 et 309 m
- **Manganèse :** 15.11.2013 : mélange 1 : 1 : 1 :1 des niveaux 275, 300, 305 et 309 m

Huit échantillons ont été prélevés pour analyses de 399 pesticides ainsi que de 8 résidus de médicaments :

- **Pesticides :** 12.03.2013 : prélèvements à SHL2 à 1, 30, 100 et 305 m
- **Pesticides :** 12.09.2013 : prélèvements à SHL2 à 1, 30, 100 et 305 m

Enfin 4 échantillons supplémentaires ont été effectués sur une liste étendue à 58 résidus de produits pharmaceutiques :

- **Médicaments :** 11.06.2013 : prélèvements à SHL2 à 15, 100 m
- **Médicaments :** 11.09.2013 : prélèvements à SHL2 à 15, 100 m

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. ANALYSES CHIMIQUES

Métaux

Les analyses de métaux sont effectuées par le service de consommation et des affaires vétérinaires (SCAV) à Genève. Le dosage s'effectue par absorption atomique sur les échantillons d'eau brute acidifiée sans filtration préalable. Il s'agit donc d'un dosage de métaux totaux.

Pesticides

La recherche de pesticides a été effectuée par le SCAV de Genève. Les eaux brutes sont pré-concentrées 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 est analysé par chromatographie en phase liquide couplée à un détecteur de spectrométrie de masse en mode tandem (HPLC-MS/MS). La liste des substances recherchées est similaire à celle de 2011 et comprend 399 molécules d'intérêt : 144 herbicides, 93 fongicides, 128 insecticides, 14 acaricides, 4 régulateurs de croissance et 16 métabolites. La liste complète figure en annexe du rapport de la campagne 2011 (ORTELLI et al. 2012).

Médicaments

Huit principes actifs médicamenteux d'intérêt, car synthétisés ou formulés sur les sites industriels situés dans le bassin versant du Rhône valaisan, ont été ajoutés à la méthode de dosage des pesticides effectuée par la SCAV de Genève.

Les échantillons des deux campagnes (juin, septembre) avec une palette de résidus médicamenteux élargie (voir annexe 1) ont été analysés par le laboratoire SCITEC (Lausanne) par HPLC.

3.2. CONTRÔLES

Les laboratoires ayant réalisé les analyses sont accrédités selon les prescriptions des normes ISO/CEI 17025:2005 pour les laboratoires d'essai. Cette exigence contraint à la mise en place d'une assurance qualité, au respect des bonnes pratiques professionnelles et donc à ce que tout soit mis en œuvre pour garantir la qualité des résultats. La confiance en des mesures correctes, principalement pour les pesticides, est également assurée par la participation du laboratoire à diverses campagnes d'inter-calibration dont, entres autres, celles organisées par la CIPEL. Les résultats des inter-calibrations organisées par la CIPEL en 2013 font l'objet du rapport de STRAWCZYNSKI (2014).

4. MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX DU LÉMAN

4.1. MÉTAUX (TABLEAUX 1 ET 2)

Les concentrations mesurées en métaux lourds sont stables par rapport aux années précédentes. Les teneurs totales en éléments métalliques toxiques (mercure, plomb, cuivre, cadmium, chrome et manganèse) demeurent faibles et toutes inférieures à la limite de détection et respectent les valeurs de références suisse et française pour l'eau potable ainsi que les exigences relatives à la qualité des eaux pour les lacs et cours d'eau (OEaux 1998, OSEC 1995, Directive européenne CE/1998/83 et 2008/105/CE et Circulaire ministérielle 2007/23). Les résultats des eaux de fond (mélange des profondeurs 275 m à 309 m) pour le manganèse font état de concentrations inférieures à la limite de détection (<1 µg/L) et ce pour les deux campagnes. Cette substance est recherchée que dans les couches profondes compte-tenu du risque de relargage par les sédiments dans les conditions d'anoxie (SAVOYE, 2014).

Tableau 1 : Campagne du 13 mars 2013. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).
Table 1 : Survey done on 13 March, 2013. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

Profondeur (m)	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Mercure (µg/L)	Manganèse (µg/L)
mélange 1 et 30 m	< 0.5	< 0.02	< 0.1	< 0.5	< 0.2	
mélange 200 et 305	< 0.5	< 0.02	< 0.1	< 0.5	< 0.2	
mélange 275 et 309						< 1.0

Tableau 2 : Campagne du 15 novembre 2013. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).
Table 2 : Survey done on 15 november 2013. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

	Plomb (µ/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Mercure (µg/L)	Manganèse (µg/L)
mélange 1 et 30 m	< 0.5	< 0.02	< 0.1	< 0.5	< 0.2	
mélange 200 et 305 m	< 0.5	< 0.02	< 0.1	< 0.5	< 0.2	
mélange 275 et 309 m						< 1.0

4.2. PESTICIDES (PHYTOSANITAIRES) (FIGURES 2 ET 3)

Les valeurs en pesticides totaux mesurés dans le lac en 2013 s'inscrivent dans la continuité de ce qui est observé depuis 2008 avec une diminution des substances mises en évidence et de leurs concentrations. Les teneurs totales de pesticides oscillent entre 0.1 et 0.2 µg/L quelle que soit la profondeur de l'eau analysée (figure 2). Du point de vue de la santé publique, les valeurs mesurées sont donc inférieures aux réglementations suisse et française fixant une valeur maximale à 0.5 µg/L de pesticides totaux pour les eaux de boisson. Il faut toutefois souligner que localement et ponctuellement (au sein d'autres eaux superficielles comme les rivières), les concentrations mesurées peuvent être très largement supérieures à celles du point de prélèvement SHL2 comme le démontre le suivi des eaux du Rhône (BERNARD et al. 2014).

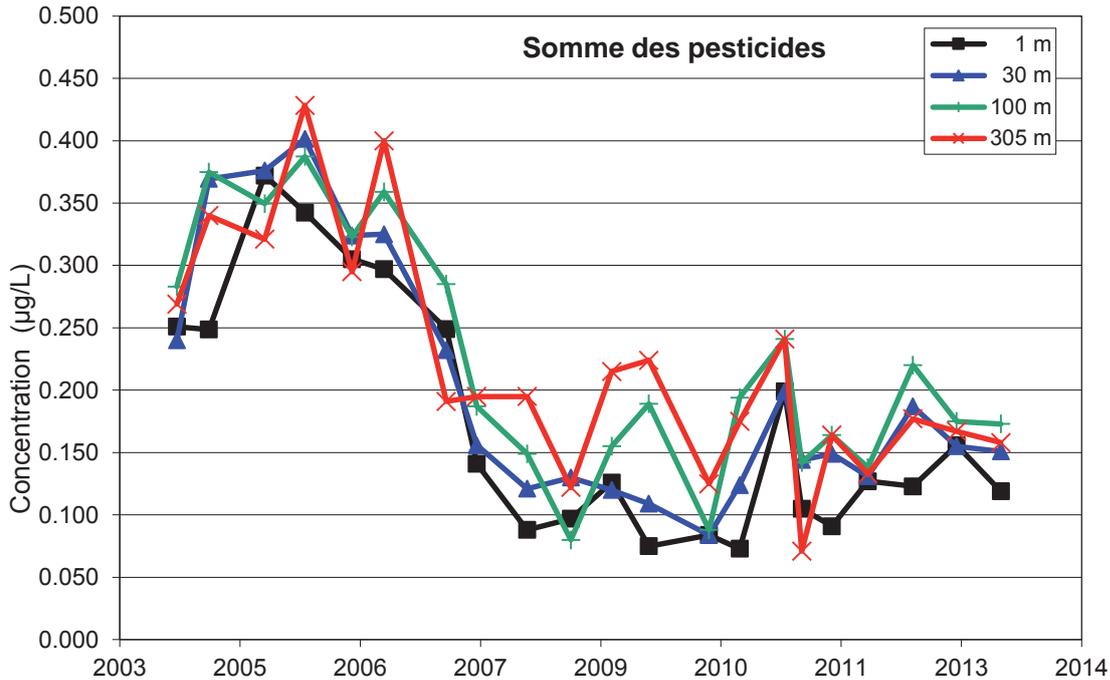


Figure 2 : Evolution des concentrations en pesticides totaux recherchés au centre du Léman (station SHL2) de 2004 à 2013 pour 4 profondeurs.

Figure 2 : Change in the total concentrations of the pesticides surveyed in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2013 at 4 depths.

Parmi les 399 substances recherchées, 45 d'entre-elles (54 en 2012, ORTELLI et al. 2013) ont été détectées dans le lac au moins une fois lors des deux campagnes (mars et septembre). Toutes les concentrations individuelles mesurées demeurent bien inférieures à 0.100 µg/L, valeur qui correspond à la limite maximale autorisée dans les eaux potables par substance individuelle. Cinq substances ont été mesurées à des teneurs supérieures à 0.010 µg/L. Il s'agit, comme en 2012, de métabolites de l'atrazine, de l'herbicide diuron et du fongicide metalaxyl.

La figure 3 montre plus spécifiquement l'évolution des concentrations pour les pesticides décelés aux teneurs les plus élevées lors des campagnes de 2004 à 2013 incluses. L'augmentation progressive de la concentration en metalaxyl observée depuis 2009 est heureusement arrivée à son terme en automne 2012. Cette concentration décroît en 2013 mais le metalaxyl reste, parmi les phytosanitaires, la substance qui est en concentration la plus élevée, souvent supérieure à 0.020 µg/L et distribuée à toutes les profondeurs. La raison de son accroissement marqué dans les années récentes n'a pas pu être déterminée. Aussi, la surveillance spécifique de ce fongicide sera poursuivie.

Les résultats détaillés des campagnes de mesures réalisées en 2013 sont donnés dans le tableau 3. Les herbicides sont le plus représentés et plus précisément les composés (principes actifs ou métabolites) de la famille des triazines puisqu'ils représentent toujours à eux seuls le tiers de la somme des pesticides décelés. L'atrazine n'était plus décelable ($< 0.001 \mu\text{g/L}$) dans le lac depuis la campagne CIPEL de septembre 2010 (ORTELLI et al. 2011) mais la campagne de 2013 l'a vu réapparaître dans les eaux profondes (profondeurs 100 et 305 m) sans qu'il soit possible d'expliquer la survenue de ces traces de nombreuses années après son interdiction dans l'Union européenne (en 2002) et en Suisse (2008).

La figure 4 met en évidence, à la profondeur de 30 m, la décroissance puis la disparition de la substance mère ainsi que la persistance (et lente diminution) de trois de ses principaux métabolites. La déséthyl-2-hydroxy-atrazine et la déséthyl-désisopropyl-atrazine ne sont pas représentés sur cette figure pour des raisons de clarté ; leurs teneurs étant excessivement faibles.

Pour chaque campagne d'analyse depuis l'année 2004, on a converti – tenant compte des masses moléculaires des cinq métabolites – toutes les concentrations en une teneur théorique d'atrazine de laquelle ils sont issus. Cette représentation montre que la concentration globale (exprimée en atrazine) a bien diminué ces dernières années (jusqu'à fin 2010) mais que celle-ci aurait étonnement tendance à remonter depuis 2011. Ce comportement pourrait être dû à une coïncidence résultant de la sommation d'incertitudes de mesures qui sont importantes lorsque que l'on traite cinq très faibles concentrations, cependant, il est, d'une part, peu probable que pareilles coïncidences se répètent sur plus de 3 échantillons à la suite et d'autre part, on détecte à nouveau des traces d'atrazine au fond du lac. Aussi il vaudra la peine de suivre attentivement cette tendance initiée il y a 2 ans.

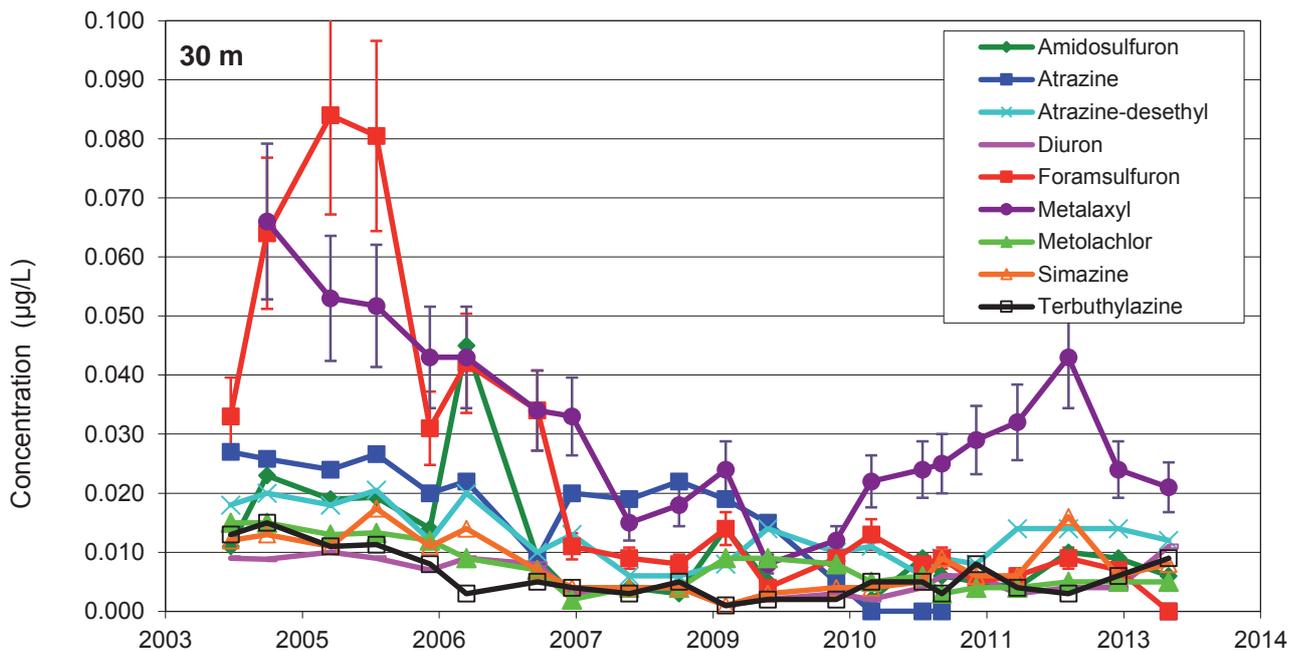


Figure 3 : Evolution des concentrations en divers pesticides au centre du Léman à 30 m (station SHL2) de 2004 à 2013.

Figure 3 : Change in the concentrations of some pesticide at 30 m in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2013.

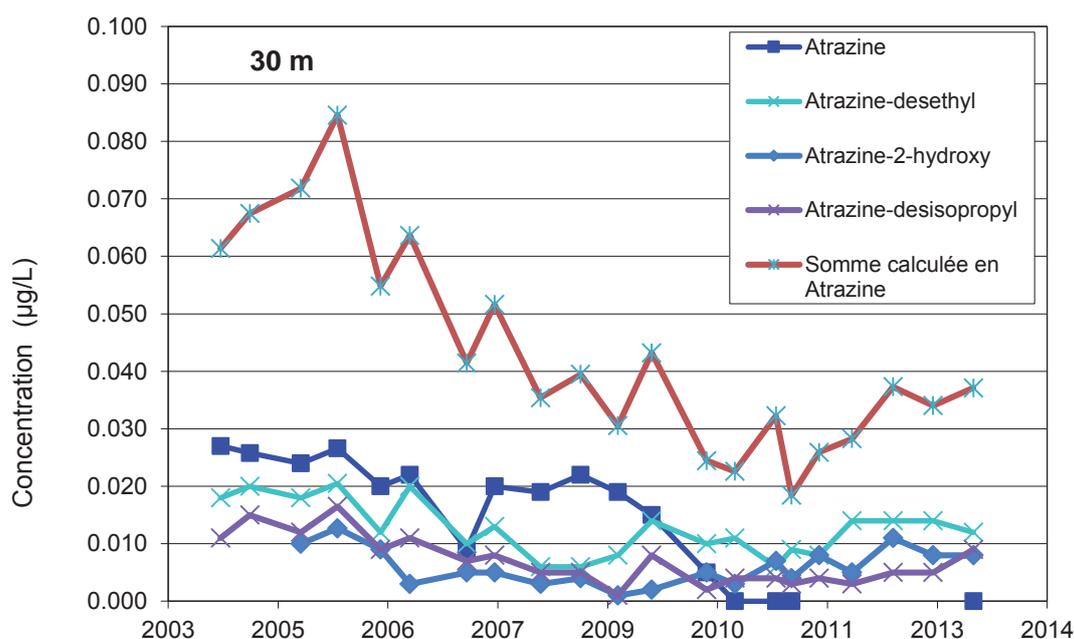


Figure 4 : Evolution des concentrations de l'atrazine et de trois de ses principaux métabolites ainsi que somme totale des teneurs en atrazine et de ses cinq métabolites convertis en atrazine à 30 m (station SHL2) de 2004 à 2013.

Figure 4 : Change in the concentrations of atrazine and three of its main metabolites at 30 m in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2013 and global concentration of atrazine and its five metabolites all expressed in atrazin content at 30 m.

Tableau 3 : Produits phytosanitaires (et leurs métabolites*) décelés dans le Léman à SHL2 le 12 mars et le 12 septembre 2013.

Table 3 : Pesticides (and their metabolites*) detected in Lake Geneva samples at SHL2 of 12 March and 11 September 2013

Concentrations en µg/L		12.03.13				12.09.13			
Pesticides	Type	1m	30m	100m	305m	1m	30m	100m	305m
Ametryn	Herbicide	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
Amidosulfuron	Herbicide	0.009	0.009	0.01	0.008	0.004	0.006	0.006	0.005
Atrazine	Herbicide							0.002	0.002
Atrazine-2-hydroxy*	Herbicide	0.008	0.008	0.009	0.007	0.007	0.008	0.01	0.008
Atrazine-desethyl*	Herbicide	0.015	0.014	0.016	0.013	0.013	0.012	0.016	0.011
Atrazine-desethyl-2-hydroxy*	Herbicide	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001			
Atrazine-desethyl-desisopropyl*	Herbicide	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
Atrazine-desisopropyl*	Herbicide	0.005	0.005	0.006	0.005	0.01	0.009	0.012	0.009
Azoxystrobin	Fongicide	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		
Boscalid	Fongicide	0.001	0.001						
Bromuconazole	Fongicide	0.001							
Carbendazim	Fongicide	0.001	0.001	0.001		0.002	0.002	0.003	0.004
Chlorfenvinphos	Insecticide		0.002						
Chlorotoluron	Herbicide	0.004	0.005	0.005	0.005	0.002	0.004	0.006	0.004
Cinidon-éthyl	Herbicide		0.002						

Cycloxydim	Herbicide				0.001				
Cyproconazole	Fongicide	0.004	0.003	0.004	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001
Cyromazine	Insecticide			0.003	0.006				
Dimethachlor	Herbicide	0.001	0.001	0.002	0.002		0.001	0.002	0.003
Dimethomorph	Fongicide	0.001	0.001		0.001				
N-(2,4-dimethylphenyl)formamide*	Insecticide		0.001	0.001					
Dinoterb	Herbicide				0.005				
Diuron	Herbicide	0.004	0.004	0.005	0.004	0.007	0.011	0.007	0.004
Ethiofencarbe	Insecticide				0.001				
Ethoxysulfuron	Herbicide	0.005	0.005	0.006	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001
Fenarimol	Fongicide	0.002	0.001	0.002	0.001				
Fenuron	Herbicide	0.001	0.001	0.001					
Fluxastrobine	Fongicide				0.005				
Foramsulfuron	Herbicide	0.008	0.007	0.009	0.007				
Furalaxyl	Fongicide	0.001	0.001	0.001	0.002		0.001	0.001	0.001
Imazamox	Herbicide						0.001		0.001
Iodosulfuron-methyl	Herbicide	0.006	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.004	0.002
Isoproturon	Herbicide	0.002	0.001	0.002	0.002		0.002	0.002	0.001
Linuron	Herbicide	0.002	0.002	0.001			0.005	0.001	0.001
Mandipropamid	Fongicide	0.001			0.002				
Mesotrione	Herbicide	0.001		0.001					
Metalaxyl	Fongicide	0.026	0.024	0.028	0.021	0.014	0.021	0.027	0.021
Metazachlor	Herbicide					0.001		0.001	
Methamidophos	Insecticide	0.006	0.005	0.005	0.005				
Methidathion	Insecticide		0.001						
Methoxyfenozone	Insecticide			0.001					
Metobromuron	Herbicide	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.005	0.003
Metolachlor	Herbicide	0.002	0.005	0.005	0.008	0.004	0.005	0.007	0.008
Metsulfuron-methyl	Herbicide		0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.003	0.007
Nitenpyram	Insecticide				0.001				
Nuarimol	Fongicide			0.001					
Penconazol	Fongicide	0.001	0.001						0.001
Prometryn	Herbicide	0.001	0.001	0.002	0.002			0.002	0.002
Propamocarb	Fongicide					0.001			
Prophame	Herbicide				0.001				
Propiconazole	Fongicide	0.005	0.005	0.006	0.005	0.004	0.005	0.005	0.007
Propoxur	Insecticide			0.001	0.005				
Propyzamide	Herbicide		0.001		0.001				
Pymetrozine	Insecticide			0.001	0.001		0.001	0.003	0.004
Pyrifenox	Fongicide	0.001							
Sebuthylazine	Herbicide					0.004	0.002	0.004	0.003
Secbumeton	Herbicide		0.001	0.001					0.002
Simazine	Herbicide	0.006	0.006	0.007	0.006	0.006	0.008	0.007	0.009
Simazine-2-hydroxy*	Herbicide	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.004	0.006	0.007
Tebuconazole	Fongicide	0.001	0.002	0.002	0.001				
Tebutam	Herbicide								
Terbumeton	Herbicide	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004
Terbuthylazine	Herbicide	0.006	0.006	0.006	0.006	0.009	0.009	0.006	0.006
Terbuthylazine-2-hydroxy*	Herbicide	0.005	0.005	0.005	0.003	0.006	0.006	0.009	0.006
Terbuthylazine-desethyl*	Herbicide	0.004	0.004	0.005	0.004	0.008	0.01	0.005	0.005
Terbutryn	Herbicide	0.001	0.001	0.001	0.001			0.001	0.001
Triasulfuron	Herbicide							0.001	
Somme des pesticides		0.156	0.155	0.175	0.167	0.119	0.151	0.173	0.158
substances décelées		42	45	44	45	28	31	34	35

4.3. MÉDICAMENTS (TABLEAU 4 ET FIGURE 5)

Comme les années précédentes, 8 principes actifs médicamenteux produits dans le bassin versant du Rhône ont été intégrés dans la méthode "pesticides". Il s'agit des substances suivantes : acide méfénamique, bupivacaïne, carbamazépine, carisoprodol, irbesartan, mépivacaïne, prilocaïne, ticlopidine. Le carisoprodol (relaxant musculaire), la mépivacaïne (anesthésique) et la carbamazépine (antiépileptique) restent à des concentrations élevées et du même ordre de grandeur que les années précédentes. Les mesures prises par les autorités valaisannes afin de limiter les rejets industriels ne semblent donc pas encore porter leurs fruits.

Lors des campagnes de mesure de juin et de septembre, un éventail élargi à 58 molécules à caractères pharmaceutiques (et autres stupéfiants) a été investigué aux deux profondeurs de 15 et 100 m. Les résultats obtenus n'ont pas permis de mettre en évidence de nouveaux polluants (limite de quantification de l'ordre de 1 à 4 ng/L selon les substances). Les résultats, par contre, confirment bien, à ces profondeurs, la présence de résidus de quelques médicaments trouvés régulièrement depuis quelques années et qui figurent au sein du tableau 4. La metformine, médication antidiabétique, mise en évidence lors de campagnes précédentes, n'a pas encore pu être incluse dans la méthode d'analyse pour le suivi du lac. Une demande allant dans ce sens a été formulée au laboratoire prestataire.

Tableau 4 : Médicaments décelés dans le Léman à SHL2 (en µg/L) le 12 mars, le 11 juin et le 11 septembre 2013.

Table 4 : Drugs detected in the Lake Geneva sampling at SHL2 (in µg/L) of 12 March, 11 June and 11 September 2013.

Substance	Type	1m	15m		30m	100m			305m
		12.03.13	11.06.13	11.09.13	12.03.13	12.03.13	11.06.13	11.09.13	12.03.13
Acide méfénamique			0.001						
Bupivacaïne	Anesthésiant	0.002	0.004		0.002	0.002	0.005	0.004	0.002
Carbamazépine	Anti-épileptique	0.031	0.020	0.010	0.029	0.038	0.025	0.023	0.028
Carisoprodol	Relaxant musculaire	0.047	0.028	0.010	0.041	0.048	0.032	0.031	0.035
Mépivacaïne	Anesthésiant	0.026	0.023	0.010	0.024	0.032	0.025	0.025	0.023
Prilocaïne	Anesthésiant	0.003	0.003	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005	0.003

Résidus médicamenteux dans le Léman, 2006-2013
30m

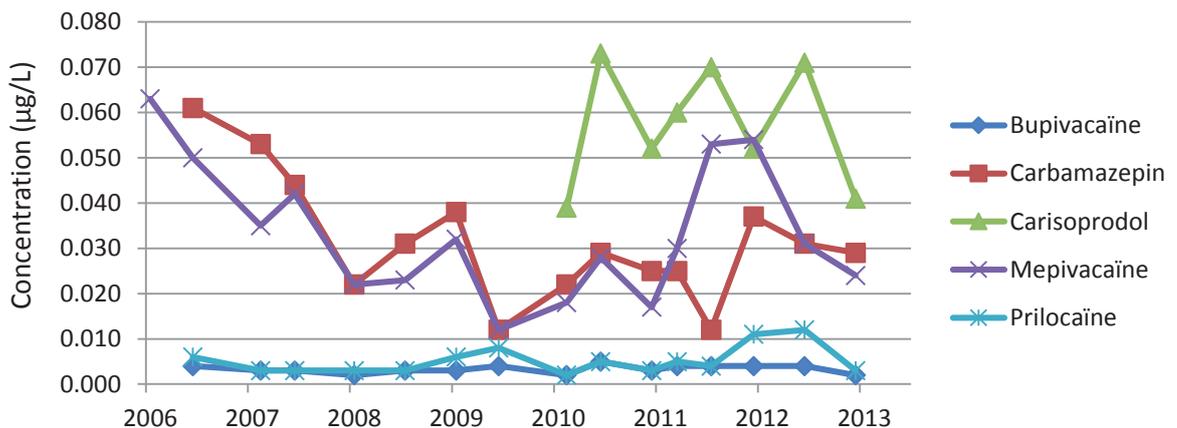


Figure 5 : Evolution des concentrations de quelques médicaments depuis 2006 au centre du Léman à 30 m (station SHL2).

Figure 5 : Change in some pharmaceutical concentration since 2006 at 30m depth in the centre of Lake Geneva (SHL2).

5. RESULTATS DE L'ETUDE DE MODELISATION DU FLUX DES MICROPOLLUANTS ISSUS DES REJETS DE STATIONS D'EPURATION (STEP)

Une étude mandatée en 2013 par la CIPEL et l'Office fédéral de l'environnement a permis d'évaluer, sur le territoire de la CIPEL, l'état de contamination des eaux superficielles (lac et cours d'eau) par les micropolluants provenant des rejets d'eaux usées domestiques. Une sélection de 13 substances a été opérée, principalement des résidus médicamenteux, pour la modélisation du flux de micropolluants rejetés dans les cours d'eau et 4 substances ont été retenues pour la modélisation du bilan des charges dans le lac (METLLER, 2014).

Le flux annuel total des 13 substances indicatrices déversées - via les effluents de STEP - dans les rivières du territoire de la CIPEL est résumé dans le tableau 5. C'est, par ailleurs, sans compter toutes les autres substances potentiellement utilisées par la population (2.3 millions d'habitants) et pour lesquelles les données sont trop lacunaires pour permettre le calcul des charges issues des exutoires de STEP.

L'étude n'avait toutefois pas pour vocation de calculer des charges exhaustives, mais d'évaluer, sur la base d'une sélection de 13 substances pertinentes, le succès des mesures de réduction qui pourraient être prises au sein des stations d'épuration, comme par exemple l'installation d'un traitement quaternaire par ozonation ou par adsorption au moyen de charbon actif en poudre. Les résultats obtenus sont, pour la plupart, en adéquation avec les substances qui sont régulièrement mises en évidence au sein des eaux du Léman et pour lesquelles des flux importants étaient présumés (benzotriazole, metformine par exemple).

Tableau 5 : Flux des substances dans le lac issus des rejets de STEP à l'échelle du territoire de la CIPEL (en gras : substances retenues pour la modélisation du bilan des charges dans le lac).

Table 5 : Flow of substances into the lake from WWTP discharges across the CIPEL territory (bold: substances used for modelling the lake load report).

	kg/an
Acésulfame	3'672
Aténolol	96
Benzotriazole	843
Carbamazépine	54
Carbamazépine -10,11-dihydro-10-37- dihydroxy	174
Clarithromycine	44
Diclofénac	147
Gabapentine	371
Acide méfénamique	116
Metformine	3'137
Metoprolol	35
Iso-nonylphénol	125
Sulfaméthoxazole	40

6. CONCLUSIONS

Les conclusions du programme 2013 de surveillance de base sont sans surprise et confirment les résultats des années précédentes (ORTELLI et al., 2013). Les teneurs en métaux lourds des eaux du Léman demeurent stables et faibles. Celles-ci satisfont pleinement aux exigences requises pour les eaux de boisson au sens des diverses législations franco-helvétiques. Si les concentrations pour certains pesticides sont en faible diminution, en revanche, les concentrations en pesticides totaux sont constantes; elles oscillent entre 0.12 et 0.18 µg/L. La teneur en métalaxyl régresse mais demeure – en regard des autres pesticides - la plus marquante à toutes les profondeurs. Toutefois, ces concentrations individuelles mesurées sont largement inférieures à celles fixées pour une eau de boisson (0.1 µg/L par composé) et aucun nouveau pesticide n'a été décelé en concentration significative. L'atrazine semble refaire son apparition dans les eaux profondes mais les teneurs demeurent très faibles. En revanche, ses métabolites sont toujours présents et la tendance à leur disparition des eaux du lac semblerait même s'inverser.

L'investigation élargie comprenant plusieurs dizaines de composés a permis, pour cette campagne 2013, d'exclure bon nombre de ceux-ci même à des concentrations très faibles de l'ordre du ng/L.

Pour les médicaments, on constate toujours des concentrations plus élevées (comparativement aux pesticides) de certains principes actifs notamment le carisoprodol et la carbamazépine. Le problème des rejets industriels dans le Rhône par les industries pharmaceutiques demeure donc non totalement résolu. Des efforts doivent être poursuivis afin de limiter ces apports et d'atteindre les objectifs pour les eaux du Léman tels ceux fixés dans le plan d'action 2011-2020. En outre, afin d'assurer une meilleure veille de ces résidus médicamenteux évidemment indésirables dans les eaux du lac, la CIPEL va poursuivre et intensifier le suivi de ces substances.

ANNEXE 1

Tableau 6 : Liste et concentrations (en ng/L) des 58 substances pharmaceutiques supplémentaires analysées lors des prélèvements des 11 juin et 11 septembre 2013 au point SHL2.

Table 6 : List and concentrations (ng / L) for 58 additional pharmaceutical substances analysed in samples of June 11 and September 11, 2013 by SHL2.

	11.juin.13 15 m.	11.juin.13 100 m.	11.sept.13 15 m.	11.sept.13 100 m.
Atenolol	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Azithromycine	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Benzonatate	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Bezafibrate	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Bupivacaïne	3.7	5.3	<1.0	3.9
Carbamazepine	20.2	24.9	10.4	23.3
Carisoprodol	28.1	32.1	10.3	31
Centiofur	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Ciprofloxacine	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Clarithromycine	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Clindamycine	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Cloxacilline	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cocaïne	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Codéine	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Dexamethasone	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Diazepam	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Diclofenac	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Estriol	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Estrone	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Fenofibrate	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Furosemide	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Gemfibrozil	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Heroïne	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Irbesartan	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Ibuprofen	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Ketoprofen	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Lorazepam	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Acid méfenamique	1.4	<1.0	<1.0	<1.0
Mépipvacaine	23.4	25.1	9.5	24.6
Methadone	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Metoprolol	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Metronidazole	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Mirtazapine	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Morphine	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Nadolol	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Naproxene	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Norfloxacine	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Oxazepam	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Pantoprazole	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Paracetamol	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Pravastatine	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Prilocaine	2.9	3.8	1.6	4.7
Primidone	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0

Propranolol	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Risperidone	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Sertraline	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Simvastatine	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Sulfadimethoxine	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Sulfamethazine	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Sulfamethoxazole	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Ticlopidine	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Torasemide	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Tramadol	<10.0	<10.0	<1.0	<1.0
Trimetazidine.2HCl	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Tylosin	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Venlafaxine	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Xipamide	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Zolpidem	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD, M. et MANGE, P. (2014) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2013, 132-149.
- Circulaire 2007/23 du 7 mai 2007 du Ministère français de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire définissant des normes de qualité environnementales provisoires des 41 substances chimiques 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
- DIRECTIVE CE/98/83 du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine - Journal officiel des Communautés européennes du 05.12.1998.
- DIRECTIVE 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau - Journal officiel des Communautés européennes du 24.12.2008.
- METTLER, S., GOTZ, C., KLEIN, A. (2014) : Modélisation du flux de micropolluants issus des rejets des stations d'épuration dans le territoire de la CIPEL (bassins du Léman et Rhône aval) Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2013, 176-198.
- OEaux (1998) : Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des Eaux (état au 1er janv. 2008) (Suisse).
- OSEC (1995) Ordonnance du DFI sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires du 26 juin 1995 (Etat le 1er janvier 2009).
- ORTELLI, D., EDDER, P., RAPIN, F. et RAMSEIER GENTILE, S. (2010) : Métaux et micropolluants organiques dans les rivières et les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2009, 57-76.
- ORTELLI, D., EDDER, P., RAPIN, F. et RAMSEIER GENTILE, S. (2011) : Métaux et micropolluants organiques dans les rivières et les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2010, 65-86.
- ORTELLI, D., EDDER, P., RAPIN, F. et RAMSEIER GENTILE, S. (2012) : Métaux et micropolluants organiques dans les rivières et les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2011, 51-66.
- ORTELLI, D., EDDER, P., KLEIN, A. et RAMSEIER GENTILE, S. (2013) : Métaux et micropolluants organiques dans les rivières et les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2012, 60-69.
- SAVOYE, L., QUETIN, P., et KLEIN A. (2014) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2013, 19-66.
- STRAWCZYNSKI, A. (2014) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2013, 222-235.