

MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX DU LÉMAN

METALS AND ORGANIC MICROPOLLUTANTS IN GENEVA LAKE WATERS

CAMPAGNE 2015

PAR

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

La surveillance des micropolluants dans les eaux du Léman est un enjeu majeur du plan d'action 2011-2020 et comprend le suivi des pesticides, des résidus médicamenteux et des métaux (totaux et dissous) depuis la surface jusqu'au fond ainsi que le suivi du manganèse au fond du lac.

Ce programme de surveillance de la qualité de l'eau brute a une finalité essentiellement de "contrôle eau de boisson", pour permettre l'alimentation en eau potable de plus de 900'000 personnes.

Les teneurs en pesticides et en métaux satisfont pleinement aux exigences requises pour l'environnement ainsi que pour les eaux de boisson au sens des législations suisse et française.

Pour les résidus de médicaments, il n'existe pas à ce jour de valeurs de référence permettant d'estimer leur impact. Leur présence dans l'environnement n'est toutefois pas souhaitable, notamment dans des eaux destinées à l'alimentation en eau potable, comme le Léman.

ABSTRACT

Monitoring of micropollutants in the waters of Lake Geneva is an important concern in the action plan for 2011-2020 and includes monitoring of pesticides, medicinal residues and metals (total and dissolved) from the surface to the bottom as also the monitoring of manganese at the bottom of the lake.

This program for monitoring the water quality for untreated water has an objective basically of "drinking water testing", to enable provision of drinking water for more than 900,000 people.

The levels of pesticides and metals easily meet the requirements for the environment as also those for drinking water stipulated by the legal requirements for Switzerland and France.

Where medicinal residues are concerned, there have not been, up until the present day, reference values enabling evaluation of their impact. Their presence in the environment is, in any case, undesirable, in particular in water which is for drinking water supplies, like Lake Geneva.

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 réputé simple. Chaque année, la CIPEL surveille la présence des micropolluants dans les eaux du lac grâce à un programme d'analyses qu'elle actualise régulièrement en fonction de l'évolution de sa connaissance de la provenance de certaines substances et de leurs effets sur les milieux aquatiques ou la santé humaine.

2. ÉCHANTILLONNAGE

Pour la surveillance 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).

Les résidus médicamenteux sont prélevés trois fois par année (hiver, début de l'été et automne) à 2 profondeurs.

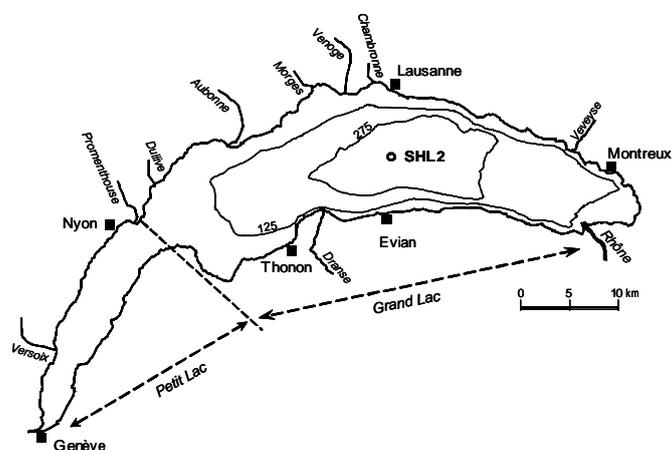


Figure 1 : Situation du point de prélèvement - station SHL2.

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

Tableau 1 : Dates des campagnes de prélèvements pour l'analyse des métaux totaux et dissous, des pesticides et des résidus médicamenteux

Table 1 : Dates of sampling programme for the analysis of total and dissolved metals, pesticides and medicinal residues.

Substances	Profondeurs	23.02.2015	09.03.2015	18.06.2015	11.09.2015	26.10.2015
métaux lourds totaux	mélange 1:1 des niveaux 1 m + 30 m et des niveaux 200 m + 305 m		x		x	
manganèse	275, 300, 305 et 309 m		x		x	
métaux lourds dissous	mélange 1:1 des niveaux 1 m + 30 m et des niveaux 200 m + 305 m		x			x
pesticides	1, 30, 100 et 305 m		x		x	
résidus de produits pharmaceutiques	15, 100 m	x		x	x	

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. ANALYSES CHIMIQUES

Métaux

Les analyses de métaux totaux 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.

Les analyses de métaux dissous sont effectuées par le laboratoire de la protection des eaux et de l'environnement du service de l'écologie de l'eau du canton de Genève après filtration à 0.45 µm et acidification des échantillons. Le dosage des métaux lourds (cuivre, cadmium, chrome et plomb) s'effectue par ICP-MS (spectrométrie par torche à plasma couplée à la spectrométrie de masse) et le mercure est dosé par la méthode FIMS (Spectromètre à absorption atomique en vapeur froide).

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 depuis 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

Les échantillons ont été analysés par le laboratoire SCITEC (Lausanne) par HPLC MS/MS sur une palette de 61 résidus médicamenteux (RAMSEIER *et al.* 2015).

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 que tout soit mis en œuvre pour garantir la qualité des résultats. La confiance en des mesures correctes, principalement pour les micropolluants, est également assurée par la participation des laboratoires à diverses campagnes d'inter-calibration dont, entre autres, celles organisées par la CIPEL et qui font l'objet d'un rapport (VARGAS 2016).

4. MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX DU LÉMAN

4.1. MÉTAUX

Les concentrations mesurées en métaux lourds totaux sont présentées dans le tableau 2. Les teneurs mesurées dans la couche superficielle (mélange 1 et 30 m) demeurent faibles et respectent les valeurs de références suisse et française pour l'eau potable (OSEC 1995 et Directive européenne CE/1998/83).

Concernant les analyses de manganèse effectuées dans la couche profonde du lac (mélange 200 et 305 m), pour mettre en évidence un éventuel risque de relargage par les sédiments dans des conditions d'anoxie, celles-ci demeurent faibles également (tableau 3).

Depuis 2014, des analyses sont effectuées sur les métaux dissous pour vérifier la conformité des teneurs aux normes qui figurent dans l'Ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux 1998). Les résultats de la campagne d'analyse du 26 octobre 2015 sont conformes aux normes (tableau 4).

Tableau 2 : Métaux totaux - Campagnes du 09 mars 2015 et du 11 septembre 2015. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 2 : Survey done on 09 March, 2015 and on 11 September 2015. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

Date	Profondeur (m)	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Mercure (µg/L)
09.03.2015	mélange 1 et 30	< 0.5	0.60 ± 0.01	< 0.1	1.20 ± 0.07	< 0.2
09.03.2015	mélange 200 et	< 0.5	< 0.02	< 0.1	0.80 ± 0.05	< 0.2
11.09.2015	mélange 1 et 30	< 0.5	< 0.02	0.10 ± 0.01	< 0.5	< 0.2
11.09.2015	mélange 200 et	< 0.5	< 0.02	0.30 ± 0.04	< 0.5	< 0.2

Tableau 3 : Manganèse - Campagnes du 09 mars 2015 et du 11 septembre 2015. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 3 : Survey done on 09 March, 2015 and on 11 September 2015. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

Profondeur (m)	09.03.2015	11.09.2015
	Teneurs en µg/L	
275 m	< 1.0	< 1.0
300 m	2.9 ± 0.5	2.5 ± 0.4
305 m	2.2 ± 0.4	< 1.0
309 m	2.7 ± 0.4	7.5 ± 1.2

Tableau 4 : Métaux dissous - Campagne du 26 octobre 2015. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 4 : Survey done on 26 October 2015. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

Date	Profondeur (m)	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Mercuré (µg/L)
	normes OEaux	0.1	0.05	2	2	0.01
26.10.2015	mélange 1 et 30	< 0.06	< 0.006	0.06	< 0.5	n.d.
26.10.2015	mélange 200 et	< 0.06	< 0.006	< 0.06	< 0.5	n.d.

4.2. PESTICIDES (PHYTOSANITAIRES)

4.2.1. Evolution de la concentration totale en pesticides à 1, 30, 100 et 305 m de profondeur.

Dès 2011, le nombre de substances déterminables s'est accru notablement du fait de nouvelles techniques analytiques (ORTELLI *et al.* 2012). Toutefois le nombre de substances détectées n'a quant à lui pas forcément augmenté. Sur un total de 399 pesticides, une cinquantaine de substances sont détectées (tableau 5), selon les méthodes analytiques en vigueur et les limites de détection des appareils de mesure.

En 2015, les teneurs en pesticides totaux oscillent entre 0.068 et 0.258 µg/L (tableau 5 et figure 2). Ces valeurs s'inscrivent dans la continuité de ce qui est observé depuis 2008. Ces valeurs peuvent être interprétées, du point de vue de la santé publique et du point de vue environnemental selon les réglementations actuelles en vigueur :

- du point de vue de la santé publique, les valeurs mesurées sont toujours inférieures aux réglementations suisse et française fixant pour les eaux de boisson une teneur maximale à 0.5 µg/L pour la somme des pesticides (Directive CE/98/83 et OSEC 1995) ;
- du point de vue environnemental, ces substances sont bien inférieures (d'un facteur 100) aux normes de qualité environnementale (NQE) pour les substances prioritaires et certains autres polluants, au sens de la directive cadre sur l'eau déterminant les NQE pour les eaux de surface (Directive 200/105/EC).

La baisse significative constatée en 2008 est liée à la réduction des rejets de pesticides d'origine industrielle, dont 2 principales substances (le foramsulfuron et le metalaxyl) avaient été mises en évidence en 2004 à des teneurs particulièrement élevées dans le lac (EDDER *et al.* 2006).

Depuis 2008, nous pouvons observer une évolution variable des teneurs entre les campagnes de printemps et celles de fin d'été, début d'automne :

- en 2015, 2014, 2011 et 2008, les concentrations totales en pesticides sont au printemps, entre 2 et 3 fois plus élevées que celles mesurées à la fin de l'été ou au début de l'automne ;
- en 2012, 2010 et 2009, la tendance s'inverse avec des teneurs plus élevées en automne qu'au printemps ;
- l'année 2013 ne présente pas de différence significative entre les campagnes de printemps et celles de fin d'été, début d'automne.

En considérant la pluviométrie moyenne mensuelle du mois qui précède le prélèvement effectué au point SHL2 (données météorologiques issues des rapports CIPEL 2009 à 2015), nous pouvons observer qu'il s'agit d'un paramètre important à prendre en considération dans l'interprétation des résultats. En effet, l'influence des événements pluvieux qui ont précédé les campagnes d'analyse au point SHL2 vont induire un lessivage des sols pouvant entraîner des quantités variables de substances vers les milieux aquatiques.

Par ailleurs, les pratiques agricoles dans le bassin versant et les risques de transfert vers les eaux (CONDAMINES 2015), les apports d'origine industrielle issus du Rhône amont (BERNARD et MANGE 2015) ainsi que les apports de micropolluants d'origine domestique issus des rejets de stations d'épuration (METTLER *et al.* 2014), sans qu'ils soient pour autant exhaustifs, sont d'autres éléments de connaissance à prendre en considération dans l'interprétation des résultats.

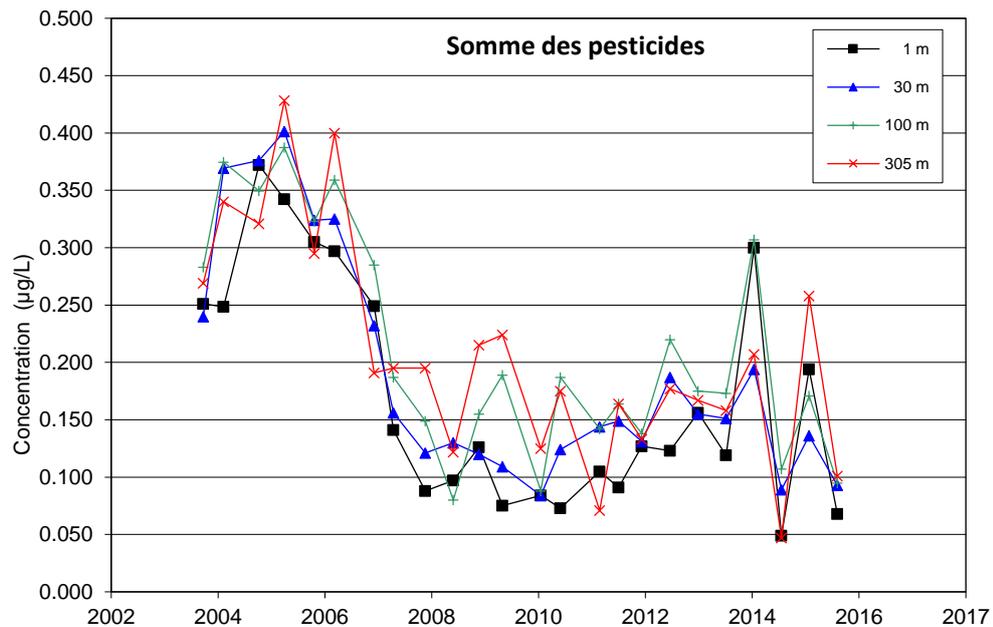


Figure 2 : Evolution des concentrations en pesticides totaux recherchés au centre du Léman (station SHL2) de 2004 à 2015 pour 4 profondeurs.

Figure 2 : Change in the total concentrations of the pesticides surveyed in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2015 at 4 depths.

4.2.2. Evolution des concentrations individuelles à 30m de profondeur

En 2015, seuls quelques composés de la classe des triazines et leurs métabolites, l'amidosulfuron, le chlorobromuron, le foramsulfuron et le metalaxyl, ont été quantifiés à des teneurs très légèrement supérieures ou égales à 0.010 µg/L. Ces valeurs restent inférieures d'un facteur entre 5 et 10, à la limite maximale autorisée par substance individuelle dans les eaux potables, qui est fixée à 0.1 µg/L (en bleu et rouge dans le tableau 5).

Toutes les autres concentrations individuelles mesurées demeurent, et ce à toutes les profondeurs investiguées, à des teneurs inférieures à 0.01 µg/L.

La figure 3 montre l'évolution depuis 2004 des pesticides décelés à des teneurs supérieures ou égales à 0.010 µg/L à la profondeur de 30 m (profondeur représentative à laquelle les crépines des installations de potabilisation pompent l'eau du lac).

L'augmentation progressive de la concentration en metalaxyl observée depuis 2009 est arrivée à son terme en automne 2012, sans qu'aucune explication n'ait pu être trouvée. Quant à l'augmentation de l'amidosulfuron constatée en 2014, celle-ci a pu être expliquée grâce aux analyses effectuées dans le Rhône amont (BERNARD et MANGE 2015). L'augmentation des teneurs était d'origine industrielle. La situation est revenue à la normale en 2015.

La figure 4 présente, à la profondeur de 30 m, les concentrations en atrazine et ses métabolites.

Compte-tenu de la marge d'erreur analytique (erreur moyenne standard de 20%, représentative de l'incertitude de mesure obtenue en validation pour l'atrazine et ses métabolites comprise entre 12 et 31% selon les substances et le niveau de concentration), on peut considérer que les teneurs en atrazine et ses métabolites sont stables depuis 2008. La valeur recalculée (du 9 septembre 2014) en atrazine-mère produisant les métabolites mesurés est sans doute une erreur due à des difficultés analytiques de détermination de la palette des 6 métabolites pris en compte pour ce calcul. En tout état de cause, l'atrazine est à nouveau bien mise en évidence dans les eaux du Léman alors qu'elle avait pourtant disparu dès la fin 2010 (ORTELLI et al. 2011). Aussi, malgré son interdiction de vente (depuis 2002 dans l'Union Européenne et 2008 en Suisse), les distributeurs d'eau détectent encore cet herbicide dans l'eau pompée du Léman en vue de sa potabilisation (S. RAMSEIER, comm. pers.).

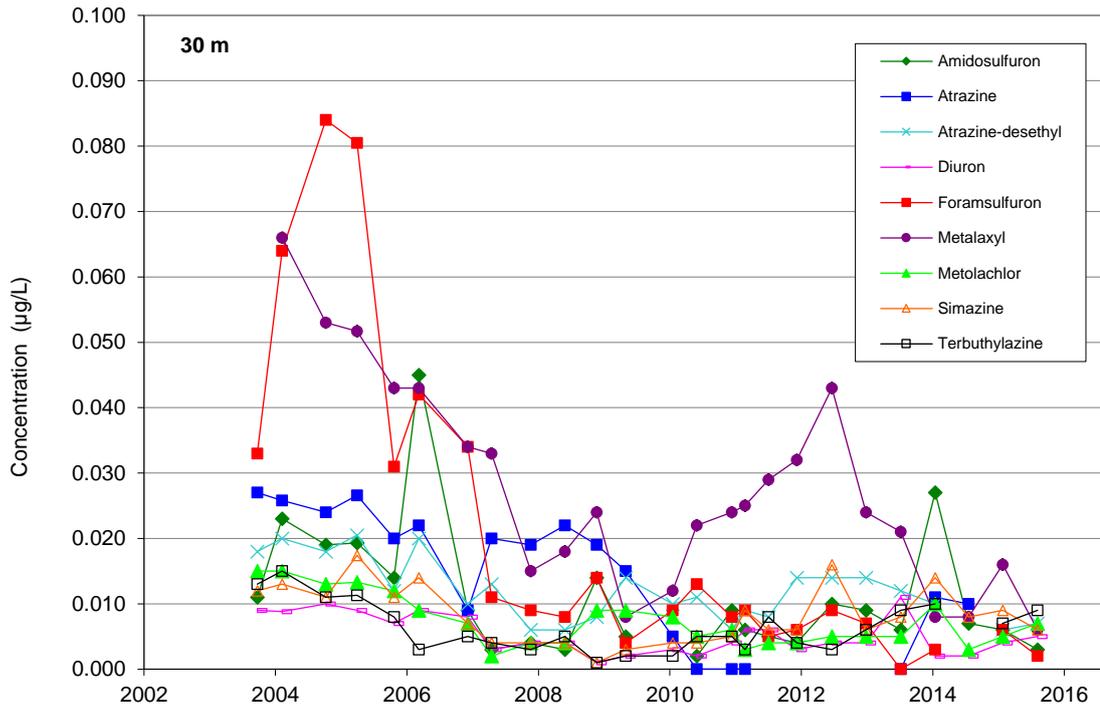


Figure 3 : Evolution des concentrations en divers pesticides au centre du Léman à 30 m (station SHL2) de 2004 à 2015.

Figure 3 : Change in the concentrations of some pesticide at 30 m in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2015.

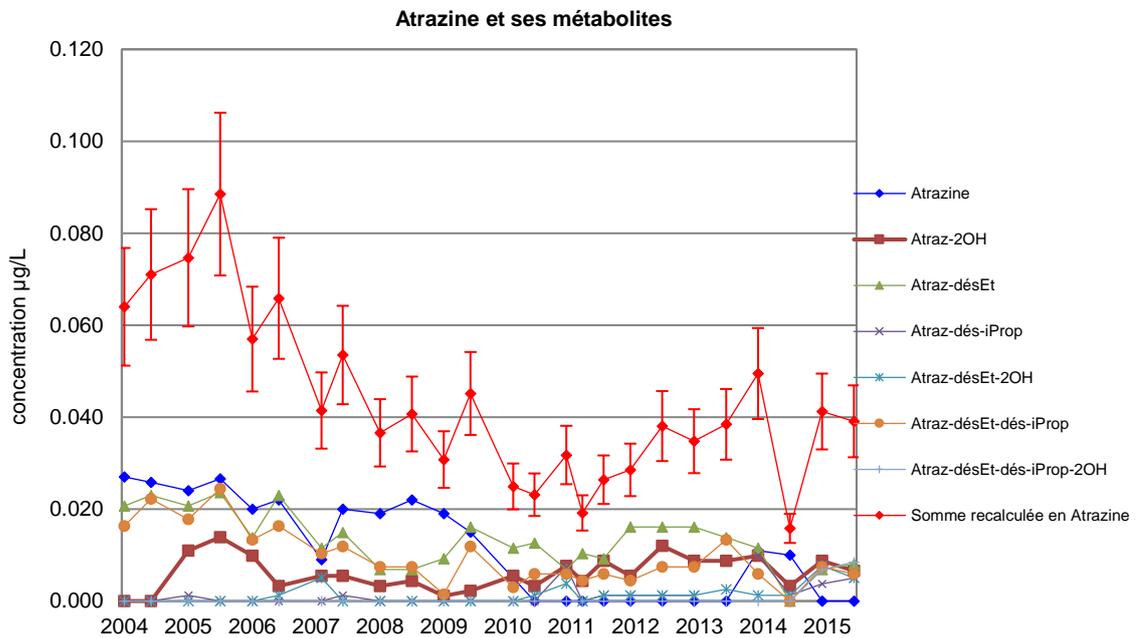


Figure 4 : Evolution des concentrations de l'atrazine et de trois de ses principaux métabolites ainsi que de la somme des teneurs en atrazine mère et de ses cinq métabolites convertis en atrazine à 30 m (station SHL2) de 2004 à 2015. Les barres d'erreur représentent un pourcentage de 20%.

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 2015 and sum of atrazine and its five metabolite concentrations all expressed in atrazine content at 30 m depth.

Tableau 5 : Produits phytosanitaires (et leurs métabolites*) décelés dans le Léman à SHL2 le 9 mars et le 09 septembre 2015 à quatre profondeurs.

Table 5 : Pesticides (and their metabolites*) detected in Lake Geneva samples at SHL2 of 9 March and 09 September 2015 at four depths.

Pesticides et concentrations en µg/L	09.03.15	09.09.15	09.03.15	09.09.15	09.03.15	09.09.15	09.03.15
	1m	1m	30m	30m	100m	100m	305m
Ametryn	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.003
Amidosulfuron	0.010	0.002	0.006	0.003	0.009	0.003	0.016
Atrazine	0.010						
Atrazine-2-hydroxy*	0.010	0.004	0.008	0.006	0.012	0.006	0.020
Atrazine-desethyl*	0.007	0.006	0.006	0.007	0.008	0.008	0.014
Atrazine-desethyl-2-hydroxy*	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.008
Atrazine-desethyl-desisopropyl*	0.007	0.004	0.006	0.004	0.007	0.004	0.009
Atrazine-desisopropyl*	0.006	0.004	0.005	0.004	0.006	0.005	0.010
Atrazine-desethyl-desisopropyl-2-hydroxy*	0.006	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005
Azoxystrobine			0.007				
Benzamide, 2,6-Dichloro-	0.003	0.002	0.004	0.005	0.005	0.005	0.007
Chlorobromuron	0.009		0.005		0.005		0.010
Chlorotoluron	0.004	0.001	0.003	0.002	0.004	0.002	0.006
Cyproconazole		0.001		0.002		0.002	
Cyprodinil	0.007						
Diuron	0.005	0.003	0.004	0.005	0.005	0.005	0.006
Ethiofencarbe	0.003						
Ethoxysulfuron		0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.003
Foramsulfuron	0.010	0.001	0.006	0.002	0.009	0.002	0.017
Iodosulfuron-méthyl	0.004	0.001	0.003	0.002	0.005	0.003	0.007
Isoproturon	0.002		0.001	0.001	0.001	0.001	0.003
Metalaxyl	0.024	0.003	0.016	0.006	0.023	0.008	0.018
Métolachlore	0.008	0.005	0.005	0.007	0.006	0.005	0.013
Metsulfuron-méthyl	0.001		0.001	0.001	0.001		
Propazine							0.001
Propiconazole	0.008	0.002	0.006	0.001	0.008	0.002	0.009
Simazine	0.013	0.004	0.009	0.006	0.012	0.006	0.022
Simazine, 2-Hydroxy-*	0.001		0.001		0.001		0.002
Terbumeton	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003
Terbutylazine	0.010	0.007	0.007	0.009	0.010	0.009	0.013
Terbutylazine-2-hydroxy*	0.004	0.003	0.004	0.004	0.005	0.004	0.009
Terbutylazine, Deséthyl-*	0.013	0.004	0.010	0.003	0.012	0.003	0.022
Terbutryne	0.002		0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
Somme des pesticides	0.194	0.068	0.136	0.093	0.171	0.095	0.258
max	0.024	0.007	0.016	0.009	0.023	0.009	0.022
nombre de substances détectées	29	23	28	26	27	25	27

En italique rouge : concentration maximale mesurée par campagne et par profondeur

En bleu : concentration supérieure ou égale à 0.010 µg/L

4.3. MÉDICAMENTS

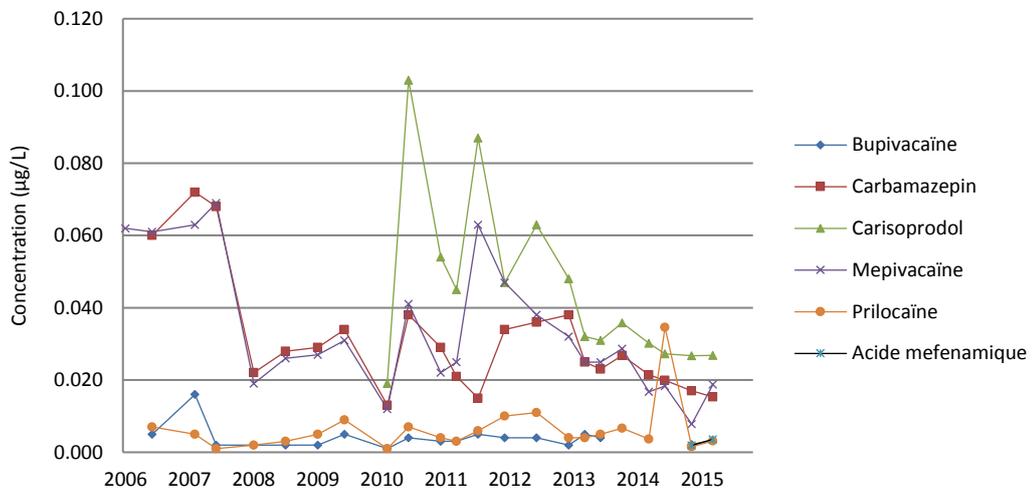
Comme lors de la campagne précédente, 3 prélèvements ont été effectués à 15 et 100 m de profondeur et 61 molécules à caractères pharmaceutiques (et autres stupéfiants) ont été recherchées (RAMSEIER *et al.* 2015). Les résultats sont présentés dans le tableau 6.

Une nouvelle substance a été détectée en 2015, il s'agit de l'acide méfenamique (figure 5a).

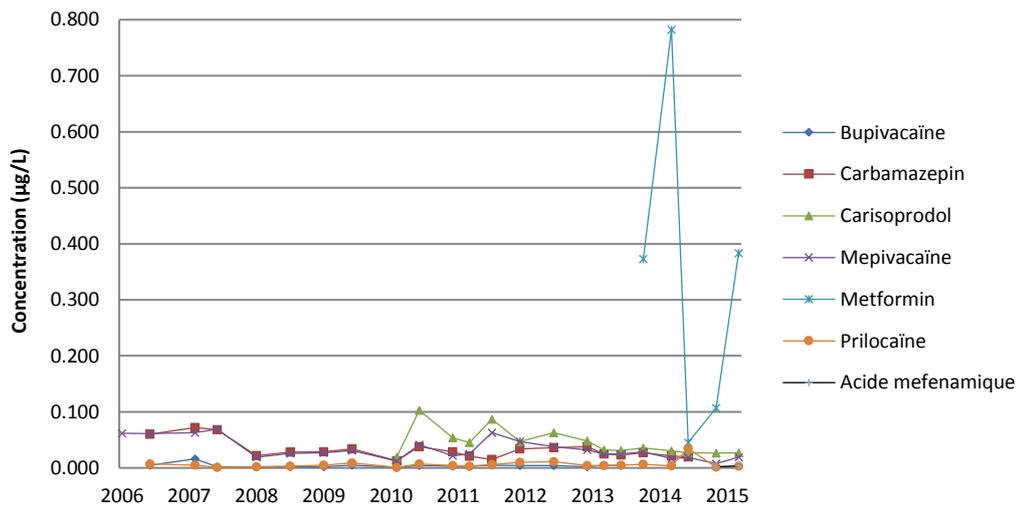
La metformine (antidiabétique), mise en évidence lors des campagnes précédentes a pu être intégrée dès 2014 dans le programme de surveillance du lac. Celle-ci dépasse de plus d'un ordre de grandeur celle des autres résidus détectés (figure 5b). Quant aux autres substances (carbamazépine, carisoprodol, mépivacaïne, prilocaïne), leur présence se confirme année après année au sein du lac.

D'autres substances constatées en 2015 en grande quantité dans les eaux du Rhône amont (BERNARD et MANGE, 2016), devront être intégrées dès 2016 dans le suivi du Léman. Il s'agit notamment de la mémantine (substance active utilisée pour le traitement de la maladie d'Alzheimer).

Résidus médicamenteux dans le Léman à 100 m



Résidus médicamenteux dans le Léman à 100 m (avec metformin)



Figures 5 a) et b) : Evolution des concentrations en résidus médicamenteux depuis 2006 à 100 m de profondeur (station SHL2), sans (fig.a) et avec la metformine (fig.b).

Figures 5 a) et b) : Change in some pharmaceutical concentrations since 2006 at 100m depth Geneva (SHL2), without (fig.a) and with metformin (fig.b).

Tableau 4 : Résidus médicamenteux décelés dans le Léman à SHL2 le 23 février, le 18 juin et le 09 septembre 2015 à 15 et 100 m de profondeur.

Concentrations en résidus médicamenteux (µg/L)		15 m			100 m		
Substance	Type	23.02.2015	18.06.2015	09.09.2015	23.02.2015	18.06.2015	09.09.2015
Bupivacaïne	Anesthésiant	0.0025	0.0021	0.0035	0.0022	0.0033	0.0038
Carbamazépin	Anti-épileptique	0.0181	0.0134	0.0111	0.017	0.0153	0.0143
Carisoprodol	Myorelaxant	0.028	0.0215	0.0208	0.0267	0.0268	0.0263
Mepivacaïne	Anesthésiant	0.0089	0.0097	0.0055	0.0078	0.0188	0.0149
Metformine	Antidiabétique	0.305	0.472	0.174	0.107	0.383	0.229
Prilocaine	Anesthésiant	0.0019	0.0021	0.0061	0.0015	0.0031	0.0051
Acide méfénamique	Anti-inflammatoire	0.0025	0.0011	0.0012	0.0019	0.0036	0.0011

5. CONCLUSIONS

Les résultats du programme 2015 de surveillance des eaux du lac confirment les résultats des années précédentes :

- les teneurs en métaux lourds des eaux du Léman demeurent stables et faibles ;
- les concentrations individuelles en pesticides restent faibles et les teneurs totales oscillent, en fonction de la période de l'année et de la profondeur, entre 0.068 et 0.258 µg/L.

Ces teneurs satisfont pleinement aux exigences requises pour l'environnement ainsi que pour les eaux de boisson au sens des législations suisse et française.

Pour ce qui est des résidus de médicaments, il n'existe pas à ce jour de valeurs de référence permettant d'estimer leur impact. Leur présence dans l'environnement n'est toutefois pas souhaitable, notamment dans des eaux destinées à l'alimentation en eau potable, comme le Léman. Le traitement des rejets de l'industrie pharmaceutique située le long du Rhône amont, annoncé pour 2016 par les autorités cantonales valaisannes (BERNARD et MANGE, 2016), devrait mettre un terme à la présence des résidus d'origine industrielle. Quant à la présence des substances d'origine domestique (comme la metformine), il faudra attendre la mise en place des traitements quaternaires dans les stations d'épuration du bassin lémanique pour voir leurs teneurs diminuer.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD, M. et MANGE, P. (2015) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2014, 144-162.
- BERNARD, M. et MANGE, P. (2016) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2015, 115-131.
- CONDAMINES (2015) : Caractérisation des risques de transfert de pesticides d'origine agricole dans le bassin lémanique. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2014, 218-245.
- DIRECTIVE 98/83/CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- DIRECTIVE 200/105/EC fixant des normes de qualité environnementale pour les eaux de surface.
- EDDER, P., ORTELLI, D. et RAMSEIER GENTILE, S. (2006) : Métaux et micropolluants organiques dans les rivières et les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2005, 65-87.
- METTLER, S., GÖTZ, C., VERMEIRSEN, E., KLEIN, A. (2014) : Modélisation du flux des micropolluants issus des rejets des stations d'épuration dans le territoire de la CIPEL. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut. Campagne 2013,175-197.
- OEaux (1998) : Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des Eaux (état au 1er janv. 2008) (Suisse).
- ORTELLI, D., EDDER, P., RAPIN, F., RAMSEIER, 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., KLEIN, A., RAMSEIER GENTILE, S. (2012) : Métaux et micropolluants organiques dans les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut. Campagne 2011, 51-66.
- OSEC (1995) Ordonnance du DFI sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires du 26 juin 1995.
- RAMSEIER GENTILE S., KLEIN, A., BOUCHEZ A. (2015) : Métaux et micropolluants organiques dans les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2014, 68-83.
- VARGAS, S. (2016) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2015, 159-170.