

MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX DU LÉMAN

METALS AND ORGANIC MICROPOLLUTANTS IN GENEVA LAKE WATERS

CAMPAGNE 2016

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 également pour finalité le contrôle de la ressource en eau potable de plus de 900'000 personnes que représente le Léman.

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.

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 et en pesticides, des échantillons sont prélevés deux fois par année au centre du Léman, à la station SHL2 (figure 1 et tableau 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.

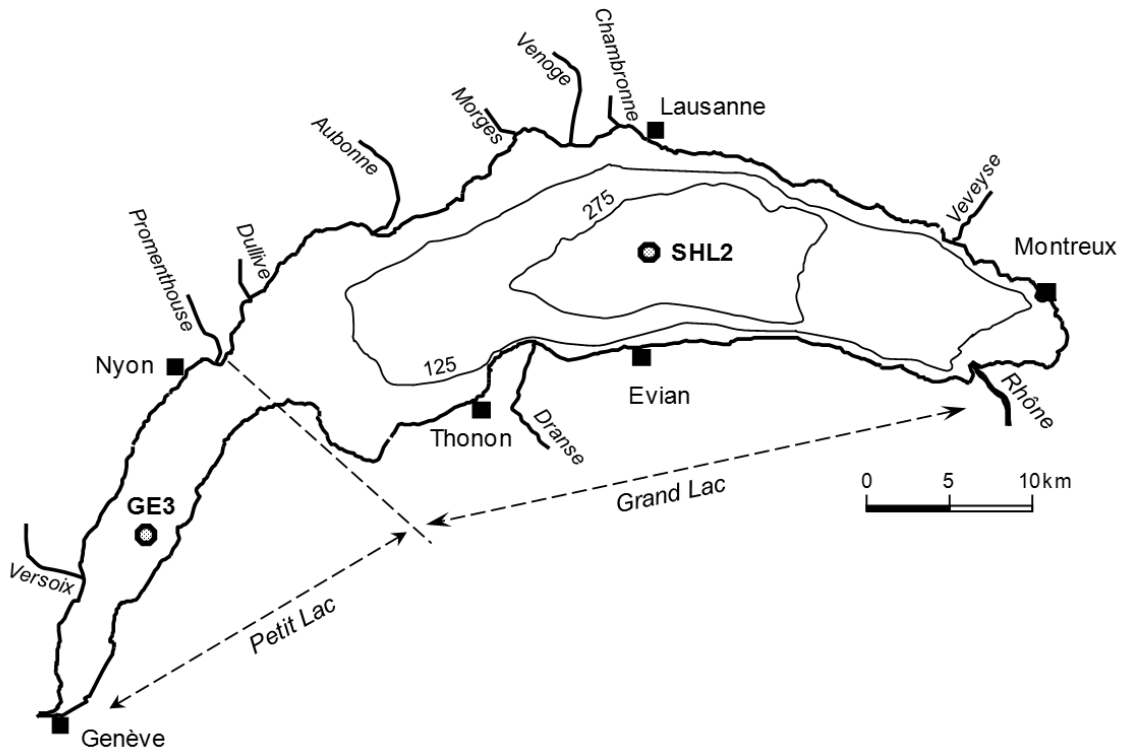


Figure 1 : Situation du point de prélèvement - station SHL2.

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	20.01.2016	02.03.2016	06.06.2016	09.09.2016
Métaux lourds totaux et dissous	Mélange 1:1 des niveaux 1 + 30 m et 200 + 305 m		x		x
Manganèse	275, 300, 305 et 309 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 (cadmium, chrome, cuivre, plomb, mercure, manganèse) sont effectuées par le service de consommation et des affaires vétérinaires (SCAV) à Genève. Le dosage s'effectue pour le Cd, Cr, Cu, Pb, Mn par ICP-MS sur les échantillons d'eau brute acidifiée sans filtration ni dilution préalable. Le mercure est analysé par absorption atomique sans dilution ni acidification 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 du cadmium, chrome, cuivre et plomb s'effectue par ICP-MS (spectrométrie par torche à plasma couplée à la spectrométrie de masse) et le mercure est dosé par spectrométrie à absorption atomique en vapeur froide.

Pesticides

La recherche de pesticides est 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 (LC-MS/MS). La liste des substances recherchées comprend 383 molécules d'intérêt (annexe 1).

Médicaments

Les échantillons sont analysés par le laboratoire SCITEC (Lausanne) par HPLC MS/MS sur une palette de 65 résidus médicamenteux (annexe 2).

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 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 2017).

4. MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX DU LÉMAN

4.1. MÉTAUX

Les concentrations mesurées en métaux 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). Pour le cuivre, les teneurs ont diminué d'un facteur 10 par rapport aux teneurs mesurées jusqu'au début des années 2000.

Concernant les analyses de manganèse effectuées dans la couche profonde du lac (275, 300, 305 et 309 m), pour mettre en évidence un éventuel risque de relargage par les sédiments dans des conditions d'anoxie, celles-ci demeurent faibles mais montrent des signes d'anoxie en fin d'été (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 des deux campagnes réalisées en 2016 sont conformes aux normes (tableau 4).

Tableau 2 : Métaux totaux - Campagnes du 02 mars 2016 et du 09 septembre 2016. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 2: Survey done on 02 March, 2016 and on 09 September 2016. 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 OSEC	10.0	3.0	50.0	-	1.0
02.03.2016	mélange 1 et 30 m	< 0.5	< 0.02	0.2 ± 0.03	< 0.5	< 0.2
	mélange 200 et 305	< 0.5	< 0.02	0.2 ± 0.03	< 0.5	< 0.2
09.09.2016	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	0.8 ± 0.05	< 0.2

Tableau 3 : Manganèse - Campagnes du 02 mars 2016 et du 09 septembre 2016. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 3: Survey done on 02 March, 2016 and on 09 September 2016. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

	02.03.2016	09.09.2016
Profondeur (m)	Teneurs en µg/L	
275 m	< 1.0	< 1.0
300 m	< 1.0	< 1.0
305 m	1.0 ± 0.2	< 1.0
309 m	< 1.0	10.0 ± 1.7

Tableau 4 : Métaux dissous - Campagnes du 02 mars 2016 et du 09 septembre 2016. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 4 : Survey done on 02 March, 2016 and on 09 September 2016. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

Date	Profondeur (m)	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Mercure (µg/L)
	Normes OEaux	1.0	0.05	2.0	2.0	0.01
02.03.2016	mélange 1 et 30 m	<0.1	< 0.006	0.06	< 0.5	<0.05
	mélange 200 et 305 m	<0.1	< 0.006	< 0.06	< 0.5	<0.05
09.09.2016	mélange 1 et 30 m	<0.1	n.d	0.1	0.51	<0.05
	mélange 200 et 305 m	<0.1	< 0.006	0.06	< 0.5	<0.05

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 383 pesticides, une vingtaine de substances sont détectées (tableau 5), selon les méthodes analytiques en vigueur et les limites de détection des appareils de mesure.

En 2016, les teneurs en pesticides totaux oscillent entre 0.06 et 0.2 µg/L (tableau 5 et figure 2). Ces valeurs s'inscrivent dans la continuité de ce qui est observé depuis 2008 et restent inférieures aux réglementations 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 ;
- les années 2013 et 2016 ne présentent 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 sources et éléments de connaissance à prendre en considération dans l'interprétation des résultats.

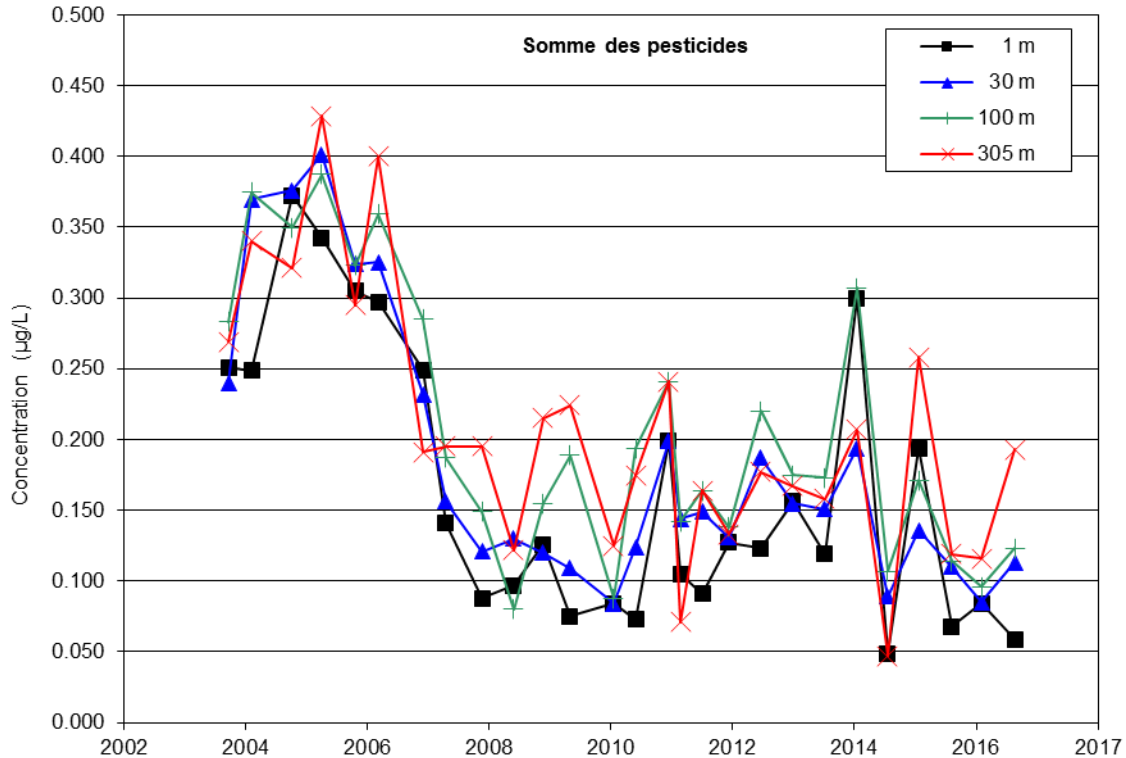


Figure 2 : Evolution des concentrations en pesticides totaux recherchés au centre du Léman (station SHL2) de 2004 à 2016 pour 4 profondeurs.

Figure 2 : Change in the total concentrations of the pesticides surveyed in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2016 at 4 depths.

4.2.2. Evolution des concentrations individuelles à 30m de profondeur

En 2016, seuls quelques composés comme l'atrazine et son métabolite l'atrazine-desethyl-desisopropyl, le metalaxyl et l'AMPA (métabolite du glyphosate), ont été quantifiés à des teneurs très légèrement supérieures ou égales à 0.010 µg/L (tableau 5).

Ces valeurs sont inférieures d'un facteur 10, à la limite maximale autorisée par substance individuelle dans les eaux potables, qui est fixée à 0.1 µg/L. A noter que l'AMPA est la substance présente avec les teneurs les plus élevées, à toutes les profondeurs, et lors des campagnes de printemps et d'automne.

Toutes les autres concentrations individuelles mesurées demeurent, et ce à toutes les profondeurs investiguées, à des teneurs qui oscillent entre 1 et 10 ng/L, dont une nouvelle substance, le fluometuron, détectée en 2016 et qui est présente à toutes les profondeurs durant la campagne du 9 septembre 2016.

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 apparemment 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.).

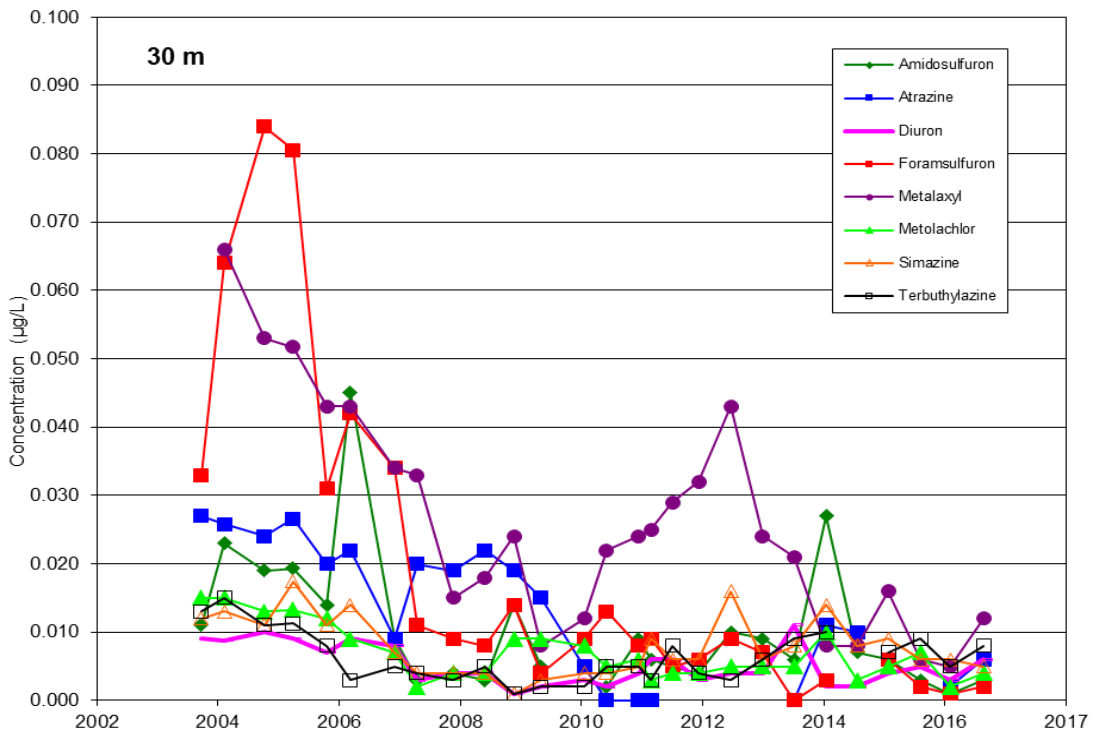


Figure 3 : Evolution des concentrations en divers pesticides au centre du Léman à 30 m (station SHL2) de 2004 à 2016.

Figure 3 : Change in the concentrations of some pesticide at 30 m in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2016.

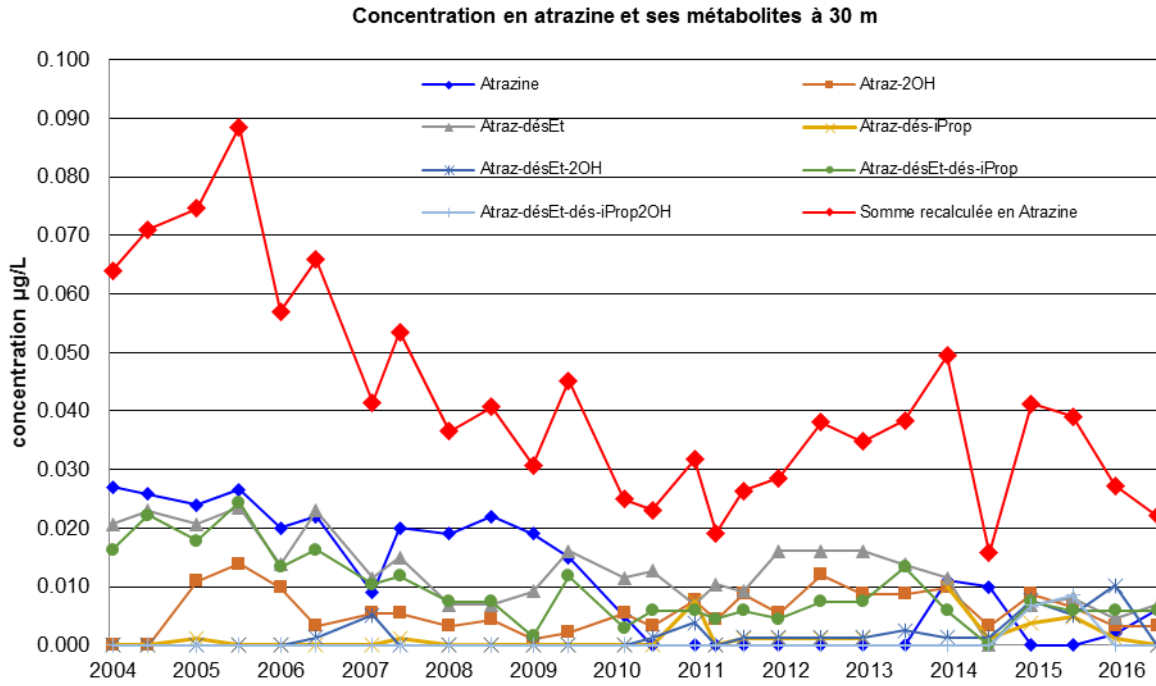


Figure 4 : Evolution des concentrations de l'atrazine et de trois de ses principaux métabolites ainsi que de la somme des teneurs en atrazine mère et de ses cinq métabolites convertis en atrazine à 30 m (station SHL2) de 2004 à 2016. Les barres d'erreur représentent un pourcentage de 20%.

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 2016 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 2 mars et le 09 septembre 2016 à quatre profondeurs.

Table 5 : Pesticides (and their metabolites*) detected in Lake Geneva samples at SHL2 of 2 March and 09 September 2016 at four depths

Pesticides	Type	02.03.16	09.09.16	02.03.16	09.09.16	02.03.16	09.09.16	02.03.16	09.09.16
		1m	1m	30m	30 m	100m	100m	305m	305m
Ametryn	Herbicide	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Amidosulfuron	Herbicide	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.006
Atrazine	Herbicide	0.002	0.004	0.002	0.006	0.002	0.007	0.004	0.011
Atrazine-2-hydroxy*	Herbicide	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005
Atrazine-desethyl*	Herbicide	0.004	0.004	0.004	0.006	0.004	0.007	0.007	0.01
Atrazine-desethyl-2-hydroxy*	Herbicide	0.001		0.001		0.002		0.002	
Atrazine-desethyl-desisopropyl*	Herbicide	0.007	0.004	0.008		0.008		0.010	
Atrazine-desisopropyl*	Herbicide	0.004		0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.007
Benzamide, 2,6-Dichloro-	Métabolite	0.005	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.005
Chlorotoluron	Herbicide	0.001		0.002	0.003	0.001	0.004	0.003	
Cyproconazole	Fongicide		0.001		0.002		0.002		0.003
Diuron	Herbicide	0.002	0.003	0.003	0.006	0.002	0.003	0.003	0.007
éthoxysulfuron	Herbicide	0.001		0.001		0.001		0.001	
Fluometuron			0.002		0.004		0.004		0.007
Foramsulfuron	Herbicide	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.004
Glyphosate	Herbicide	0.006	0.002	0.004	0.008	0.005	0.006	0.005	0.002
AMPA*	Métabolite	0.015		0.016	0.014	0.018	0.021	0.015	0.043
Iodosulfuron-méthyl	Herbicide	0.003		0.003		0.003		0.003	
Isoproturon	Herbicide							0.001	0.003
Metalaxyl	Fongicide	0.002	0.006	0.005	0.012	0.005	0.013	0.007	0.025
Métolachlore	Herbicide	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.005	0.004	0.008
Propiconazole	Fongicide	0.002	0.003	0.002	0.005	0.002	0.005	0.003	0.007
Simazine	Herbicide	0.005	0.003	0.006	0.005	0.006	0.005	0.009	0.008
Simazine, 2-Hydroxy-*	Herbicide		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Terbumeton	Herbicide	0.001	0.001		0.001	0.005	0.001	0.004	0.001
Terbutylazine	Herbicide	0.005	0.007	0.005	0.008	0.005	0.008	0.006	0.009
Terbutylazine-2-hydroxy*	Herbicide	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.006	0.008
Terbutylazine, Deséthyl-*	Herbicide	0.005	0.003	0.002	0.005	0.004	0.005	0.005	0.008
Terbutryne	Herbicide		0.001	0.001	0.002	0.001	0.002		0.002
Somme des pesticides		0.08	0.06	0.09	0.11	0.10	0.12	0.12	0.19
Max		0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04
Nbre de substances détectées		24	22	25	24	26	24	26	24

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

4.3. MÉDICAMENTS

La surveillance des résidus médicamenteux comprend 3 prélèvements effectués en janvier, juin et septembre 2016 à 15 et 100 m de profondeur. Les résultats sont présentés dans le tableau 6.

Trois nouvelles substances ont été intégrées dans la liste de surveillance en 2016, suite aux analyses effectuées dans le Rhône (BERNARD et MANGE, 2016) et qui ont montré la présence de mémantine (substance active utilisée pour le traitement de la maladie d'Alzheimer), deanol et ribavirine. Seule la mémantine a été détectée à des teneurs entre 30 et 35 ng/L (figure 5a).

La metformine (antidiabétique), intégrée dès 2014 dans le programme de surveillance du lac, est la substance présente en plus grande concentration et dépasse de plus d'un ordre de grandeur celle des autres résidus détectés (figure 5b).

Quant aux autres substances (carbamazépine, carisoprodol, mepivacaïne, prilocaïne), leur présence se confirme année après année au sein du lac.

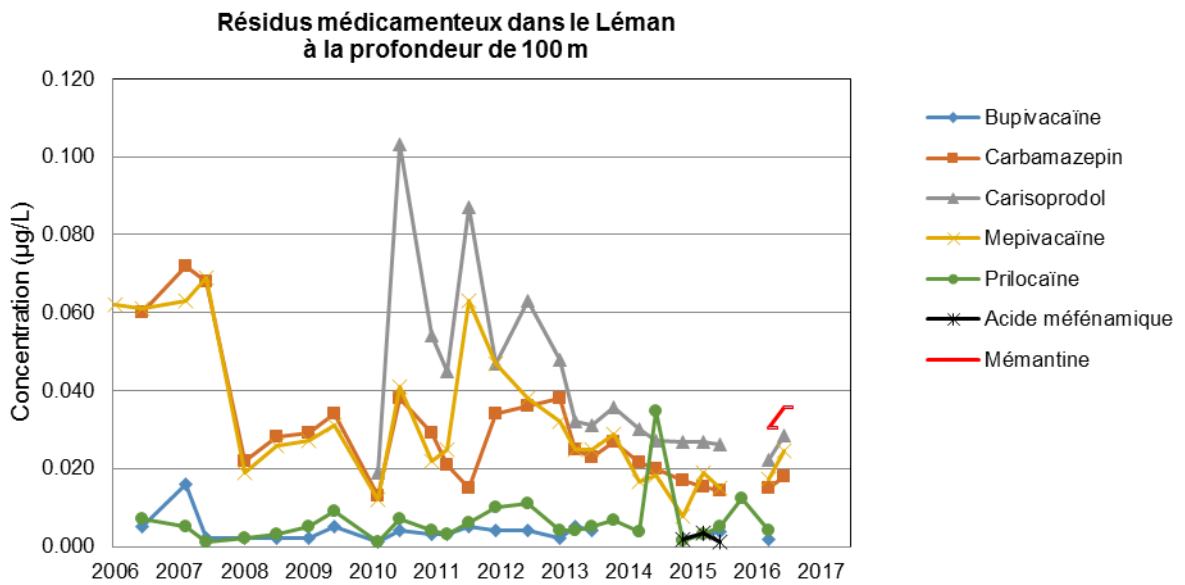


Fig. 5 a)

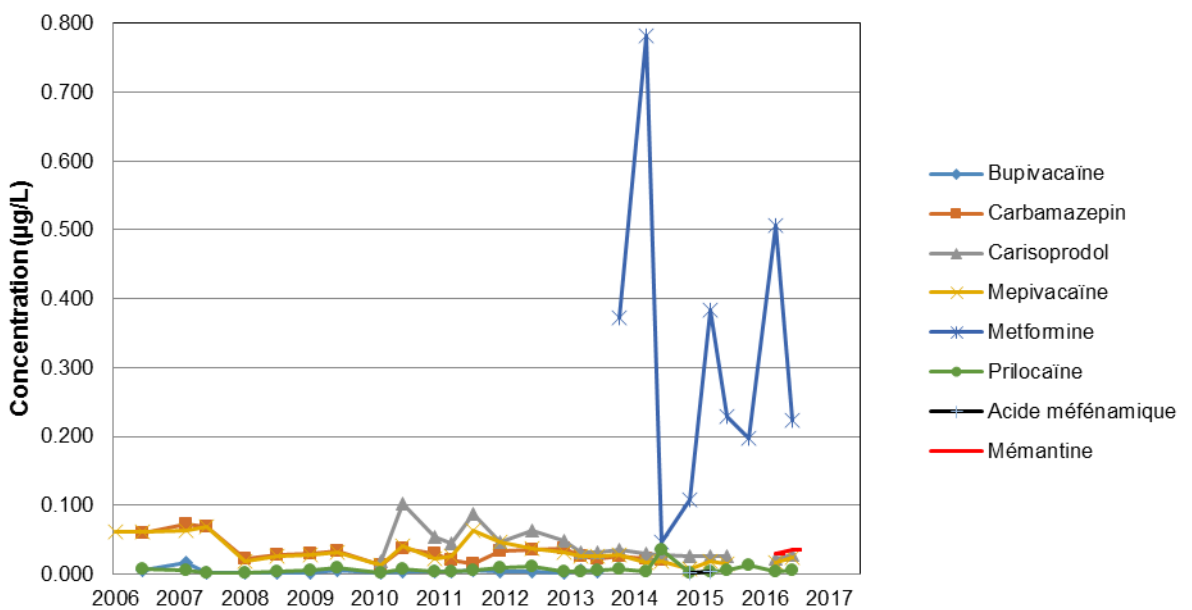


Fig. 5 b)

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

Tableau 6 : Résidus médicamenteux décelés dans le Léman à la station SHL2 le 20 janvier, le 6 juin et le 9 septembre 2016 à 15 et 100 m de profondeur.

Table 6 : Pharmaceutical detected in Lake Geneva samples at SHL2 of 20 January, 6 June and 9 September 2016 at at 15 and 100m depth Geneva.

Concentrations en résidus médicamenteux (µg/L)		15 m			100 m		
Substance	Type	20.01.2016	06.06.2016	09.09.2016	20.01.2016	06.06.2016	09.09.2016
Bupivacaïne	Anesthésiant		0.001	0.002		0.002	0.003
Carbamazépin	Anti-épileptique		0.010	0.011		0.015	0.018
Carisoprodol	Myorelaxant		0.017	0.019		0.022	0.028
Mepivacaïne	Anesthésiant		0.009	0.014		0.017	0.024
Metformine	Antidiabétique	0.259	0.475	0.319	0.197	0.507	0.224
Prilocaine	Anesthésiant	0.013	0.002	0.003	0.012	0.004	0.005
Acide méfénamique	Anti-inflammatoire						
Mémantine	Maladie Alzheimer		0.022	0.025		0.030	0.036

5. CONCLUSIONS

Les résultats du programme 2016 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 0.06 et 0.25 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 est reporté à fin 2017 (BERNARD 2017), et 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.
- BERNARD, M., L. FAUQUET et MANGE, P. (2017) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2016, 115-132.
- CONDAMINES, M. (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.
- VARGAS, S. (2017) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2016, 217-224.

ANNEXES

Tableau 7 : liste des pesticides recherchés dans les eaux du Léman (SHL2)

Table 7 : list of pesticides sought in the waters of Lake Geneva (SHL2)

Catégories	Paramètres
Acaricide	Amitraze
Acaricide	Benzoximate
Acaricide	Chlorphénapyr
Acaricide	Clofentezine
Acaricide	Cyhexatin
Acaricide	Cymiazole
Acaricide	Ethion
Acaricide	Étoxazole
Acaricide	Fenazaquine
Acaricide	Fenpyroximate
Acaricide	Flucycloxon
Acaricide	Hexythiazox
Acaricide	Propargite
Acaricide	Spirodiclofen
Acaricide	Tébufenpyrad
Fongicide	Aldicarbe-sulfoxide
Fongicide	Amétoctradin
Fongicide	Anilazine
Fongicide	Azaconazole
Fongicide	Azoxystrobine
Fongicide	Bénalaxyl
Fongicide	Bénomyl
Fongicide	Benthiavalicarb-isopropyl
Fongicide	Bitertanol
Fongicide	Boscalid
Fongicide	Bromuconazole
Fongicide	Bupirimate
Fongicide	Carbendazime
Fongicide	Carboxine
Fongicide	Cyazofamid
Fongicide	Cyflufenamid
Fongicide	Cymoxanil
Fongicide	Cyproconazole
Fongicide	Cyprodinil
Fongicide	Diclobutrazole
Fongicide	Diétofencarb
Fongicide	Difénoconazole
Fongicide	Diméthomorphe
Fongicide	Diniconazole
Fongicide	Dinocap

Catégories	Paramètres
Fongicide	Dodémorphe
Fongicide	Epoxiconazole
Fongicide	Etaconazole
Fongicide	Éthoxyquine
Fongicide	Fenamidone
Fongicide	Fenarimol
Fongicide	Fenbuconazole
Fongicide	Fenhexamide
Fongicide	Fenpiclonil
Fongicide	Fenpropidine
Fongicide	Fenpropimorphe
Fongicide	Fenpyrazamine
Fongicide	Fluaziname
Fongicide	Fludioxonil
Fongicide	Fluopicolide
Fongicide	Fluopyram
Fongicide	Fluoxastrobine
Fongicide	Fluquinconazole
Fongicide	Flusilazole
Fongicide	Flutolanil
Fongicide	Flutriafol
Fongicide	Fuberidazole
Fongicide	Furalaxyl
Fongicide	Hexaconazole
Fongicide	Imazalil
Fongicide	Iprodione
Fongicide	Iprovalicarbe
Fongicide	Isopyrazam
Fongicide	Kresoxim-methyl
Fongicide	Mandipropamid
Fongicide	Mépanipyrin
Fongicide	Mepronil
Fongicide	Metalaxyl
Fongicide	Metconazole
Fongicide	Metrafenone
Fongicide	Myclobutanil
Fongicide	Nuarimol
Fongicide	Ofurace
Fongicide	Oxadixyl
Fongicide	Oxine-cuivre

Catégories	Paramètres
Fongicide	Penconazole
Fongicide	Pencycuron
Fongicide	Picoxystrobine
Fongicide	Prochloraz
Fongicide	Propamocarbe
Fongicide	Propiconazole
Fongicide	Proquinazid
Fongicide	Pyraclostrobin
Fongicide	Pyrifénox
Fongicide	Pyriméthanyl
Fongicide	Quinoxifén
Fongicide	Spiroxamine
Fongicide	Tébuconazole
Fongicide	Tetraconazole
Fongicide	Thiabendazole
Fongicide	Thiophanate-éthyl
Fongicide	Thiophanate-méthyl
Fongicide	Tolclofos-méthyl
Fongicide	Tolyfluanide
Fongicide	Triadiméfone
Fongicide	Triadiménol
Fongicide	Tricyclazole
Fongicide	Tridémorphe
Fongicide	Trifloxystrobine
Fongicide	Triflumizole
Fongicide	Triforine
Fongicide	Triticonazole
Herbicide	Acétochlore
Herbicide	Aclonifén
Herbicide	Alachlore
Herbicide	Amétryne
Herbicide	Amidosulfuron
Herbicide	Amitrole
Herbicide	Asulam
Herbicide	Atrazine
Herbicide	Atrazine, 2-hydroxy-
Herbicide	Atrazine, Dééthyl-
Herbicide	Atrazine, Dééthyl-2-hydroxy-
Herbicide	Atrazine, Désisopropyl-
Herbicide	Atrazine-deséthyl- desisopropyl
Herbicide	Atrazine-deséthyl- desisopropyl-2-hydroxy
Herbicide	Atrazine-desisopropyl-2- hydroxy

Catégories	Paramètres
Herbicide	Aziprotryne
Herbicide	Benfluraline
Herbicide	Benoxacor
Herbicide	Bentazone
Herbicide	Bifenox
Herbicide	Bromacil
Herbicide	Butafenacil
Herbicide	Carbetamide
Herbicide	Carfentrazone
Herbicide	Carfentrazone-éthyle
Herbicide	Chloridazon
Herbicide	Chlorobromuron
Herbicide	Chlorotoluron
Herbicide	Chloroxuron
Herbicide	Chlorthal-diméthyl
Herbicide	Chlorthiamide
Herbicide	Cinidon-éthyl
Herbicide	Clétodime
Herbicide	Clodinafop-propargyl
Herbicide	Clomazone
Herbicide	Clopyralid
Herbicide	Cloquintocet-mexyl
Herbicide	Cyanazine
Herbicide	Cyclosulfamuron
Herbicide	Cycloxydime
Herbicide	Desmetryne
Herbicide	Dichlorprop-méthyl
Herbicide	Dichlorprop-P
Herbicide	Difénoxuron
Herbicide	Diflufenican
Herbicide	Dimefuron
Herbicide	Diméthachlore
Herbicide	Dimethenamide
Herbicide	Dinosèbe
Herbicide	Dinoterb
Herbicide	Diuron
Herbicide	Éthofumesate
Herbicide	Éthoxysulfuron
Herbicide	Fenoxaprop-ethyl
Herbicide	Fénuron
Herbicide	Flazasulfuron
Herbicide	Florasulam
Herbicide	Fluazifop-P-butyl
Herbicide	Flufenacet

Catégories	Paramètres
Herbicide	Flumioxazine
Herbicide	Flupyrsulfuron-méthyl
Herbicide	Flurochloridone
Herbicide	Fluroxypyr
Herbicide	Fluroxypyr-meptyl
Herbicide	Flurprimidole
Herbicide	Flurtamone
Herbicide	Foramsulfuron
Herbicide	Haloxyfop-méthyl
Herbicide	Imazamox
Herbicide	Iodosulfuron
Herbicide	Isoproturon
Herbicide	Isoxadifen-éthyl
Herbicide	Lénacile
Herbicide	Linuron
Herbicide	MCPA
Herbicide	MCPB
Herbicide	Mécoprop
Herbicide	Mésosulfuron-méthyl
Herbicide	Mésotrione
Herbicide	Métamitrone
Herbicide	Métazachlore
Herbicide	Methabenzthiazuron
Herbicide	Methoprotryne
Herbicide	Metobromuron
Herbicide	Métolachlore
Herbicide	Metosulam
Herbicide	Metoxuron
Herbicide	Métribuzine
Herbicide	Metsulfuron-méthyl
Herbicide	Monolinuron
Herbicide	Monuron
Herbicide	Napropamide
Herbicide	Neburon
Herbicide	Nicosulfuron
Herbicide	Norflurazon
Herbicide	Orbencarb
Herbicide	Orthosulfamuron
Herbicide	Oryzalin
Herbicide	Oxadiargyl
Herbicide	Oxadiazon
Herbicide	Pendiméthaline
Herbicide	Phenméthiphame
Herbicide	Picolinafène

Catégories	Paramètres
Herbicide	Pinoxaden
Herbicide	Pretilachlore
Herbicide	Prometryne
Herbicide	Propachlore
Herbicide	Propanil
Herbicide	Propaquizafop
Herbicide	Propazine
Herbicide	Prophame
Herbicide	Propoxycarbazone-sodium
Herbicide	Propyzamide
Herbicide	Prosulfocarb
Herbicide	Prosulfuron
Herbicide	Pyraflufen
Herbicide	Pyridate
Herbicide	Pyriftalide
Herbicide	Quinoclamine
Herbicide	Quizalofop-P-éthyle
Herbicide	Rimsulfuron
Herbicide	Secbumeton
Herbicide	Simazine
Herbicide	Simazine, 2-Hydroxy-
Herbicide	Sulcotrione
Herbicide	Sulfometuron-méthyl
Herbicide	Sulfosulfuron
Herbicide	Tébutame
Herbicide	Tepraloxymid
Herbicide	Terbacil
Herbicide	Terbumeton
Herbicide	Terbuthylazine
Herbicide	Terbuthylazine, Deséthyl-
Herbicide	Terbuthylazine-2-hydroxy
Herbicide	Terbutryne
Herbicide	Thifensulfuron méthyle
Herbicide	Thiobencarb
Herbicide	Tralkoxydim
Herbicide	Triasulfuron
Herbicide	Trifloxysulfurone
Herbicide	Triflusaluron-méthyl
Herbicide	Trinexapac-éthyl
Herbicide	Tritosulfuron
Insecticide	Acephate
Insecticide	Acetamiprid
Insecticide	Aldicarbe
Insecticide	Aldicarbe-sulfon

Catégories	Paramètres
Insecticide	Azadirachtine
Insecticide	Azaméthiphos
Insecticide	Azinphos-éthyl
Insecticide	Azinphos-méthyl
Insecticide	Bendiocarbe
Insecticide	Benodanil
Insecticide	Buprofézine
Insecticide	Butocarboxime
Insecticide	Carbaryl
Insecticide	Carbofuran
Insecticide	Chlorantraniliprole
Insecticide	Chlorfenvinphos
Insecticide	Chlorfluazuron
Insecticide	Chlorpyrifos
Insecticide	Chlorpyrifos-méthyl
Insecticide	Chlorthiophos
Insecticide	Clothianidin
Insecticide	Cyromazine
Insecticide	Demeton-S
Insecticide	Demeton-S-methyl
Insecticide	Demeton-S-methyl-sulfone
Insecticide	Diafenthion
Insecticide	Dialiphos
Insecticide	Dicrotophos
Insecticide	Dicyclanile
Insecticide	Diflubenzuron
Insecticide	Diméthoate
Insecticide	Diméthilane
Insecticide	Dioxacarbe
Insecticide	Diphenylamine
Insecticide	Disulfoton
Insecticide	EPN
Insecticide	Ethiofencarbe
Insecticide	Etrimfos
Insecticide	Fenitrothion
Insecticide	Fénobucarbe
Insecticide	Fenoxycarb
Insecticide	Fenpropathrine
Insecticide	Fenthion
Insecticide	Fenthion-oxon
Insecticide	Fenthion-sulfone
Insecticide	Fenthion-sulfoxyde
Insecticide	Fipronil
Insecticide	Flonicamid

Catégories	Paramètres
Insecticide	Fluazuron
Insecticide	Flufenoxuron
Insecticide	Fonofos
Insecticide	Furathiocarb
Insecticide	Hydroxycarbofuran, 3-
Insecticide	Imidaclopride
Insecticide	Indoxacarb
Insecticide	Isazofos
Insecticide	Isofenphos
Insecticide	Isoprocarb
Insecticide	Lufénurone
Insecticide	Malaoxon
Insecticide	Malathion
Insecticide	Mecarbame
Insecticide	Methamidophos
Insecticide	Methidathion
Insecticide	Methiocarbe
Insecticide	Méthomyl
Insecticide	Methoxyfenoxyde
Insecticide	Métolcarb
Insecticide	Mévinphos
Insecticide	Monocrotophos
Insecticide	Naled
Insecticide	Nicotine
Insecticide	Nitenpyram
Insecticide	Novaluron
Insecticide	Omethoate
Insecticide	Oxamyl
Insecticide	Oxydéméton-méthyl
Insecticide	Paraoxon
Insecticide	Paraoxon-méthyl
Insecticide	Parathion
Insecticide	Phenthoate
Insecticide	Phosalone
Insecticide	Phosmet
Insecticide	Phosmet-oxon
Insecticide	Phosphamidon
Insecticide	Phoxim
Insecticide	Pirimicarbe
Insecticide	Pirimiphos-éthyl
Insecticide	Profenofos
Insecticide	Promécarbe
Insecticide	Propetamphos
Insecticide	Propoxur

Catégories	Paramètres
Insecticide	Prothiofos
Insecticide	Pymetrozine
Insecticide	Pyridabene
Insecticide	Pyridafenthion
Insecticide	Pyrimiphos-méthyl
Insecticide	Pyriproxypène
Insecticide	Quinalphos
Insecticide	Spinosad
Insecticide	Spiromesifen
Insecticide	Spirotetramat
Insecticide	Sulfotep
Insecticide	Tebufenozide
Insecticide	Teflubenzuron
Insecticide	Terbufos
Insecticide	Tetrachlorvinphos
Insecticide	Tétraméthrine
Insecticide	Thiacloprid
Insecticide	Thiaméthoxam
Insecticide	Thiocyclamehydrogénoxalate
Insecticide	Thiodicarbe
Insecticide	Thiofanox
Insecticide	Tolfenpyrad
Insecticide	Triazophos

Catégories	Paramètres
Insecticide	Triflumuron
Insecticide	Vamidothion
Métabolite	Benzamide, 2,6-Dichloro-
Métabolite	Diméthylphénylformamide, 2,4-
Métabolite	Dimethylphenyl-N'-methylformamidine, N-2,4-
Métabolite	Methiocarb-sulfone
Métabolite	Methiocarb-sulfoxide
Métabolite	Pirimicarbe, Désméthyl-
Métabolite	Pirimicarbe, Désméthyl-formamido-
Nematicide	Cadusafos
Nematicide	Fenamiphos-sulfone
Nematicide	Fenamiphos-sulfoxide
Nematicide	Fensulfothion
Nematicide	Fosthiazate
Nematicide	Phénamiphos
Régulateur croissance	Acibenzolar-S-methyl
Régulateur croissance	Flumétraline
Régulateur croissance	Paclobutrazol

Tableau 8 : liste des résidus médicamenteux recherchés dans les eaux du Léman (SHL2)

Table 8 : list of medicinal residues sought in the waters of Lake Geneva (SHL2)

Analyses	LQ (ng/L)
17-alpha-ethynylestradiol	10.0
Aténolol	1.0
Azithromycine	10.0
Benzonatate	1.0
Beta-estradiol	10.0
Bezafibrate	1.0
Bupivacaine	1.0
Carbamazepine	1.0
Carisoprodol	4.0
Centiofur	4.0
Ciprofloxacine	1.0
Clarithromycine	10.0
Clindamycine	4.0
Cloxacillin	1.0
Cocaine	1.0
Codeine	1.0
Deanol	100
Dexamethasone	4.0
Diazepam	4.0
Diclofenac	10.0
Estriol	10.0
Estrone	10.0
Fenofibrate	1.0
Furosemide	4.0
Gemfibrozil	4.0
Heroine	1.0
Ibersartan	4.0
Ibuprofen	4.0
Ketoprofen	4.0
Lorazepam	1.0
Mefenamic acid	1.0
Mementine	10.0

Analyses	LQ (ng/L)
Mepivacaine	4.0
Metformine	10.0
Méthadone	4.0
Metheneamine	10.0
Metoprolol	4.0
Metronidazole	4.0
Mirtazapine	4.0
Morphine	1.0
Nadolol	4.0
Naproxen	1.0
Norfloxacine	1.0
Oxazepam	1.0
Pantoprazole	1.0
Paracetamol	1.0
Pravastatin	1.0
Prilocaine	1.0
Primidone	4.0
Propranolol	1.0
Ribavirine	100
Risperidone	1.0
Sertraline	1.0
Simvastatin	4.0
Sulfadimethoxine	4.0
Sulfamethazine	1.0
Sulfamethoxazole	4.0
Ticlopidine	1.0
Torasemide	1.0
Tramadol	1.0
Trimetazidine.2HCl	1.0
Tylosin	4.0
Venlafaxine	4.0
Xipamide	4.0
Zolpidem	1.0