

## MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX DU LÉMAN

## METALS AND ORGANIC MICROPOLLUTANTS IN LAKE GENEVA WATERS

CAMPAGNE 2019

PAR

**Cécile PLAGELLAT**

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ENVIRONNEMENT – DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL, URBAIN ET RURAL  
Division Protection des eaux (PRE) – Chimie des Eaux et PCAM  
Chemin des Boveresses 155 -CP33 CH-1066 EPALINGES

**Romain GAILLARD**

SECRETARIAT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN  
Agroscope – Changins – Bâtiment DC, CP 1080, CH – 1260 NYON 1

**Nathalie CHEVRE**

FACULTÉ DES GÉOSCIENCES ET DE L'ENVIRONNEMENT  
Université de Lausanne, Géopolis 3630  
CH-1015 LAUSANNE

### **RÉSUMÉ**

*La surveillance des micropolluants dans les eaux du Léman est un enjeu majeur du plan d'action 2011-2020 et comprend le suivi de 381 pesticides, 66 résidus médicamenteux et 5 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 du Léman a une finalité essentiellement de "contrôle de la ressource en eau de boisson", pour permettre l'alimentation en eau potable de plus de 900'000 personnes.*

*Les teneurs en pesticides et en métaux satisfont 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, seules l'azithromycine, la clarithromycine et le diclofénac ont une valeur seuil définie dans la législation suisse. Leur présence dans l'environnement n'est toutefois pas souhaitable, notamment dans des eaux destinées à l'alimentation en eau potable, comme celles du Léman.*

### **ABSTRACT**

*Surveillance of micropollutants in Lake Geneva's waters is a critical issue in the 2001-2020 action plan and includes the monitoring of 381 pesticides, 66 drug residues, and five metals (total and dissolved) from the surface to the bottom as well as the monitoring of manganese at the bottom of the lake.*

*This water-quality monitoring program for Lake Geneva essentially aims to "monitor the drinking water resource" to supply drinking water to more than 900'000 people.*

*The pesticide and metal levels satisfy both the environmental and drinking water requirements as defined by Swiss and French legislations.*

*Today only three pharmaceuticals, azithromycine, clarithromycine and diclofenac, have a water quality criteria defined in the swiss law. Nonetheless, their presence in the environment is not desirable, notably in waterbody that supply drinking water such as 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 du Léman 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 à quatre profondeurs sont prélevés deux fois par année au centre du Léman, à la station SHL2 (figure 1 et tableau 1), au printemps, après le brassage des eaux et en automne, en période de stratification. En 2019, le brassage des eaux a atteint la profondeur de 100 m contre 201 m en 2018.

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

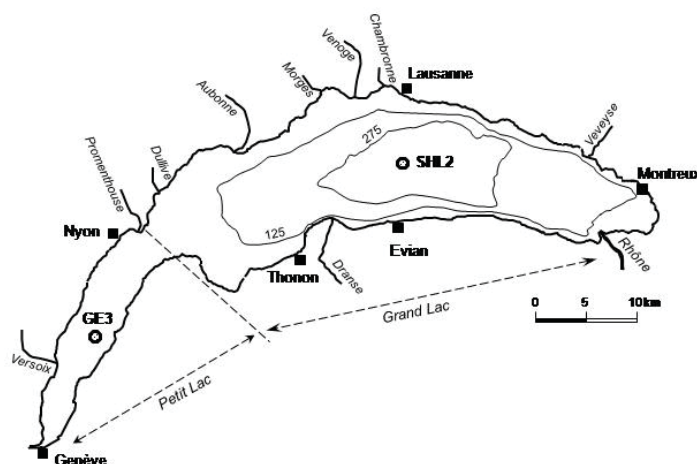


Figure 1 : Situation du point de prélèvement - station SHL2.

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

Tableau 1 : Dates des campagnes de prélèvements pour l'analyse des éléments trace métalliques totaux et dissous, des pesticides et des résidus médicamenteux pour 2019.

Table 1 : Dates of sampling programme for the analysis of total and dissolved metals, pesticides and pharmaceutical residues for 2019.

Substances	Profondeurs	06.03	07.03	11.09	25.09
Eléments trace métalliques (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
Glyphosate-AMPA-Glufosinate	1, 30, 100 et 305 m		x		x
Résidus de produits pharmaceutiques	15, 100 m	x		x	
1,4-Dioxane et perchlorate	15, 100 m	x		x	
Benzidine et le 4-Aminobiphenyle	15, 100 m			x	

### **3. MÉTHODOLOGIE**

#### **3.1. ANALYSES CHIMIQUES**

##### **Éléments trace métalliques**

Les analyses d'éléments trace métalliques totaux (cadmium, chrome, cuivre, plomb, mercure, manganèse) sont effectuées par le service de consommation et des affaires vétérinaires (SCAV) du canton de Genève. Le dosage s'effectue pour le Cd, Cr, Cu, Pb, Mn par ICP-MS (spectrométrie de masse à plasma par couplage inductif) sur les échantillons d'eau brute acidifiée sans filtration ni dilution préalable. Le mercure est analysé par absorption atomique en vapeur froide sans dilution ni acidification préalable.

Depuis 2014, les concentrations en éléments trace métalliques dissous sont suivies dans le lac. Les analyses 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 (SECOE) après filtration à 0.45 µm et acidification des échantillons. Le dosage du cadmium, chrome, cuivre et plomb s'effectue par ICP-MS. L'analyse du chrome représente la somme du chrome III et du chrome VI qui ne sont pas différenciés par ICP-MS. Le mercure, anciennement dosé par spectrométrie d'absorption atomique en vapeur froide est depuis 2017 dosé par spectrométrie de fluorescence 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 tandem (LC-QTRAP). La liste des substances recherchées comprend 381 molécules d'intérêt avec une limite de quantification de 1 ng/L (Tableau en Annexe 1). Ces analyses couvrent 14 acaricides, 90 fongicides, 139 herbicides, 112 insecticides, 6 nématicides, 2 phytoprotecteurs, 4 régulateurs de croissance et 14 métabolites.

Le glyphosate, le glufosinate et l'AMPA ont été ajoutés dans le suivi depuis 2015. Les analyses sont effectuées par le SECOE par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS/MS) après dérivatisation puis extraction sur phase solide. La limite de quantification est de 2 ng/L.

##### **Médicaments**

Les échantillons sont analysés par le laboratoire SCITEC (Lausanne) par LC-MS/MS sur une palette de 59 résidus médicamenteux, 2 narcotiques, un métabolite et 4 substances hormonales (Tableau en Annexe 2).

##### **Autres substances**

L'analyse du 1,4-dioxane a été ajoutée à la campagne de suivi depuis 2017 suite aux valeurs mesurées dans le Rhône amont et sa nappe.

Consécutivement au problème de contamination de la nappe du genevois par le perchlorate en 2017, cette substance est recherchée dans les eaux du Léman depuis 2018. Ces analyses sont sous-traitées au laboratoire SCITEC de Lausanne.

Suite au communiqué de presse du 1<sup>er</sup> avril 2019 du service de l'environnement du Valais annonçant la mise en évidence de Benzidine dans la nappe phréatique en aval de la décharge de Gamsenried située en amont de Viège, la CIPEL a demandé des analyses de la Benzidine et de son métabolite le 4-Aminobiphenyle sur des échantillons du Léman en septembre 2019. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire SCITEC au seuil de quantification analytique de 1 ng/L.

#### **3.2. CONTRÔLES**

Les laboratoires ayant réalisé les analyses sont accrédités selon les prescriptions des normes ISO/CEI 17025:2017 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.

## 4. MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX DU LÉMAN

### 4.1. ÉLÉMENTS TRACE MÉTALLIQUES

Les concentrations mesurées en éléments trace métalliques totaux et dissous sont présentées dans le tableau 2. Excepté pour le mercure total, les méthodes permettent de vérifier les teneurs par rapport à la limite imposée par l'ordonnance OEaux.

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 (OPBD 2016 et Directive européenne CE/1998/83) ainsi que les exigences relatives à la qualité des eaux superficielles de l'ordonnance Suisse sur la protection des eaux (OEaux, 1998).

Tableau 2 : Éléments trace métalliques totaux (T) et dissous (D) - Campagnes du 07 mars 2019 et du 25 septembre 2019. Léman - Grand Lac (Station SHL 2). (n.d = non décelé)

Table 2 : Survey done on 07 March 2019 and on 25 September 2019. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2). (n.d = not detected)

	[µg/L]	Plomb		Cadmium		Chrome		Cuivre		Mercure	
		T	D	T	D	T	D	T	D	T	D
	<b>Normes OPBD</b>	<b>10.0</b>	-	<b>3.0</b>	-	<b>50.0</b>	-	<b>1000</b>	-	<b>1.0</b>	-
	<b>OEaux**</b>	<b>10.0</b>	<b>1.0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.05</b>	<b>5.0</b>	<b>2.0</b>	<b>5.0</b>	<b>2.0</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>
Date	<b>LOQ</b>	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0.4/0.2</b>	<b>0.0005</b>
07.03.2019	Mélange 1 et 30 m	0.02	n.d.	0.1	<0.005	0.1	0.086	0.3	0.49	< 0.2	0.0008
	Mélange 200 et 305 m	0.03	n.d.	0.2	<0.005	0.1	0.065	0.3	0.47	< 0.2	0.0008
25.09.2019	Mélange 1 et 30 m	<0.02	n.d.	<0.005	<0.005	0.09	0.09	0.4	0.40	<0.4	<0.0005
	Mélange 200 et 305 m	<0.02	n.d.	0.005	<0.005	0.07	0.063	0.4	0.43	<0.4	<0.0005

\* Ordonnance sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public

\*\* Ordonnance sur la protection des eaux

n.d : non détecté, <x : en dessous de la limite de quantification

LOQ : limite de quantification de la méthode

Depuis 2018, la méthode est suffisamment performante pour permettre une détection du cuivre. Les valeurs obtenues en 2019 sont similaires à celles de 2018 et restent en-dessous de la norme OEaux de 2.0 µg/L.

La valeur du cadmium total atteint la limite fixée par l'OEaux de 0.2 µg/L en mars sur l'échantillon 200-305 m (figure 2). En 2014, des dépassements de cette limite avaient aussi été observés. Les organismes d'eau douce les plus sensibles sont les invertébrés avec une NOEC/CE10 de 0.16 µg/L (ECB, 2007).

**Concentrations en Cadmium (fraction totale et dissoute) à différentes profondeurs pour le fond du lac Léman**  
Station de mesure SHL2 | Période 2011-2019

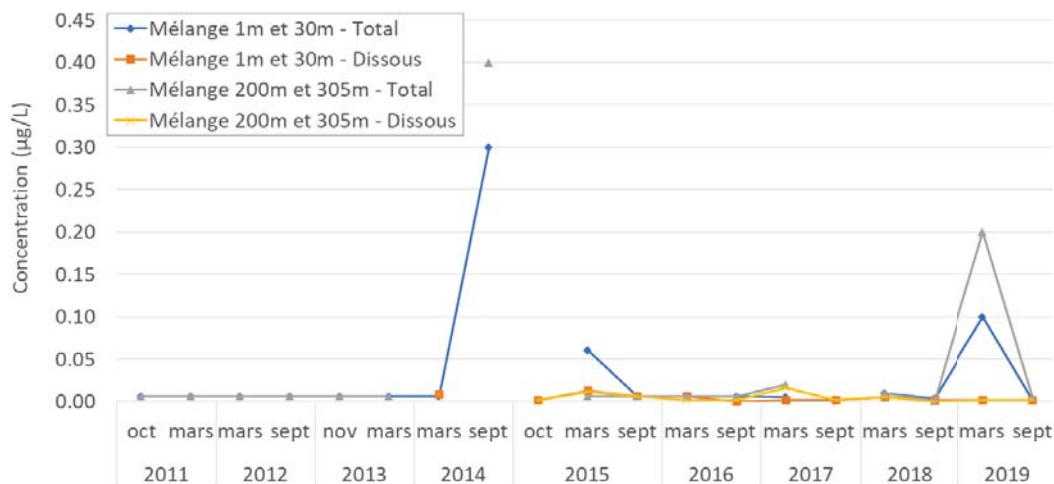


Figure 2 : Evolution des concentrations du Cadmium au centre du Léman (station SHL2) de 2011 à 2019.

Figure 2 : Change in the concentrations of Cadmium in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2011 and 2019.

Ci-dessous, la présentation des résultats pour le suivi du manganèse dans les couches profondes du lac. En 2012, un brassage complet du lac a eu lieu, permettant une remontée de l'oxygène dissous au-dessus de 11.19 mg/L à 309 m de profondeur. Depuis, la teneur en oxygène dissous à cette profondeur diminue. Le manque d'oxygène engendre la réduction du manganèse des couches supérieures des sédiments et une remobilisation de celui-ci dans les eaux (SCHALLER T. et WEHRLI B, 1997). Selon les relevés physico-chimiques de 2019, la concentration en oxygène dissous est inférieure à 4 mg/L tout au long de l'année. Les analyses de manganèse total sur les eaux brutes du mois de septembre effectuées dans la couche profonde du lac (305 et 309 m) mettent en évidence le relargage cyclique et annuel par les sédiments (tableau 3). La figure 3 montre que la concentration de manganèse à 309 m est systématiquement plus élevée en septembre par rapport à mars. Les analyses de 2019 confirment les valeurs plus élevées obtenues depuis 2017 par rapport aux années précédentes.

Tableau 3 : Manganèse - Campagnes du 7 mars 2019 et du 25 septembre 2019. Léman - Grand Lac (Station SHL2).

Table 3 : Manganese - Survey done on 7 March, 2019 and on 25 September 2019. Lake Geneva - Grand Lac (SHL2).

Profondeur (m)	Teneurs en µg/L	
	07.03.2019	25.09.2019
275 m	0.5	1.7
300 m	0.4	4.5
305 m	6.9	12
309 m	0.6	51

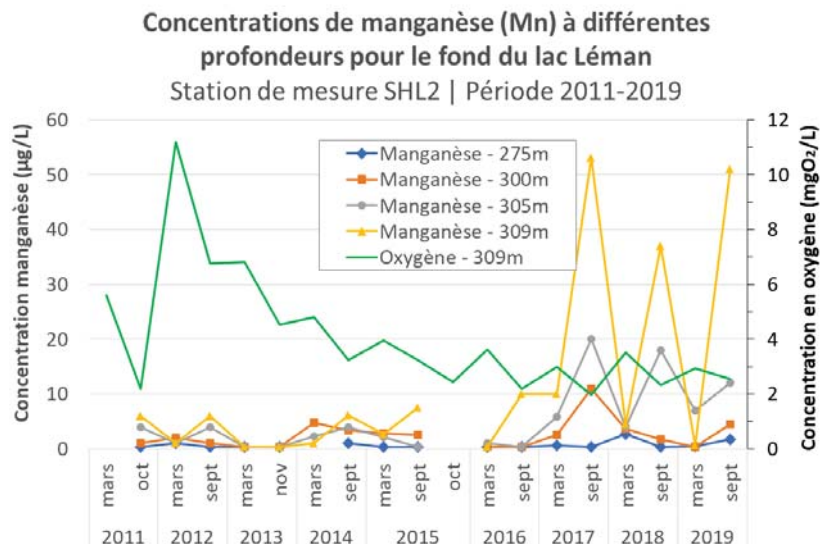


Figure 3 : Evolution des concentrations du manganèse total recherché au centre du Léman (station SHL2) de 2011 à 2019 pour 4 profondeurs.

Figure 3 : Change in the concentrations of manganese surveyed in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2011 and 2019 at 4 depths.

## 4.2. PESTICIDES

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

Sur un total de 381 pesticides, entre 24 et 34 substances sont détectées (tableau 4).

En 2019, les teneurs en pesticides totaux oscillent entre 0.054 et 0.174 µg/L (tableau 4 et figure 4). Ces valeurs s'inscrivent dans la continuité de ce qui est observé depuis 2008 et restent inférieures aux réglementations en vigueur. En effet, 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 OPBD 2016).

Depuis 2014, la concentration totale à 305 m reste plus élevée qu'aux autres profondeurs. Depuis 2012, il n'y a pas eu de brassage jusqu'au fond du lac, ce qui pourrait expliquer cette tendance.

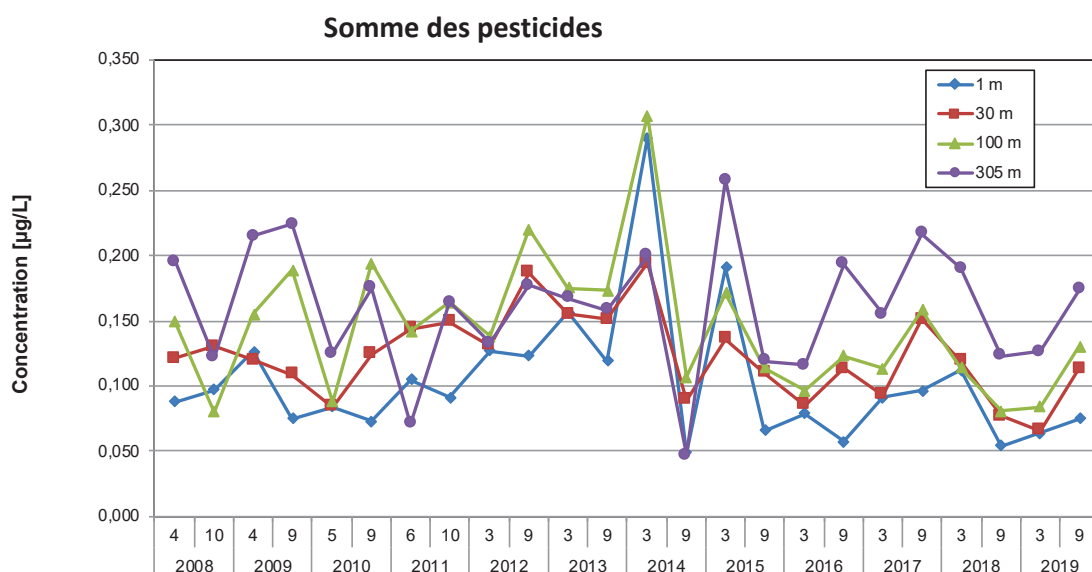


Figure 4 : Evolution des concentrations en pesticides totaux recherchés au centre du Léman (station SHL2) de 2008 à 2019 pour 4 profondeurs.

Figure 4 : Change in the total concentrations of the pesticides surveyed in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2008 and 2019 at 4 depths.

#### 4.2.2. Evolution des concentrations individuelles

La figure 5 montre l'évolution depuis 2004 des 10 pesticides ou produits de dégradation de pesticides décelés à des teneurs supérieures ou égales à 0.010 µg/L lors de campagnes des années précédentes à la profondeur de 30 m (profondeur représentative à laquelle les crépines des installations de potabilisation pompent l'eau du lac).

En 2019 sur l'ensemble des profondeurs, 1 substance et 2 métabolites ont été trouvées à des concentrations supérieures ou égales à 0.010 µg/L (tableau 4) : le metalaxyl (fongicide), l'AMPA (produit de dégradation de l'herbicide glyphosate) et le metolachlor OXA (produit de dégradation du metolachlor).

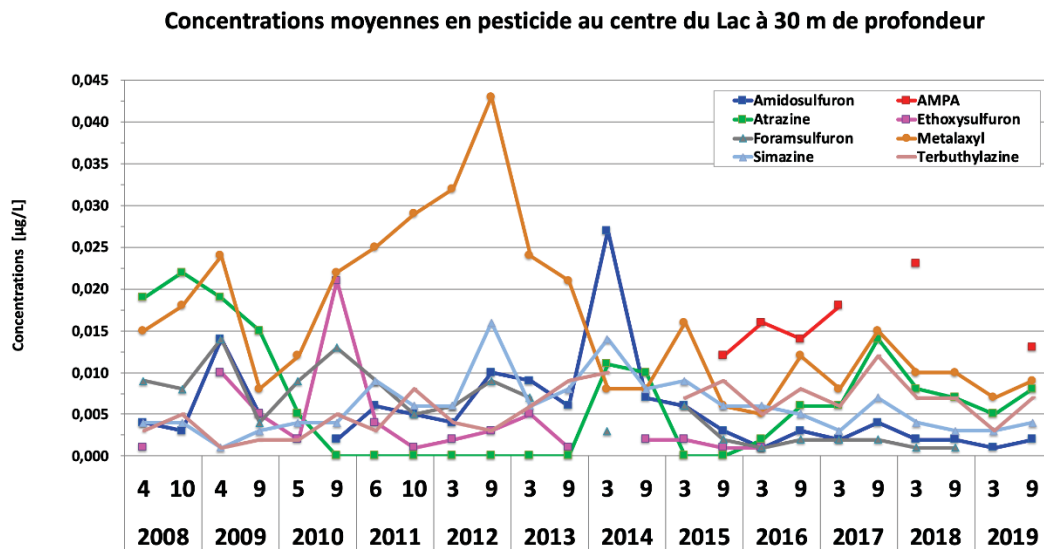


Figure 5 : Evolution des concentrations en divers pesticides au centre du Léman à 30 m (station SHL2) de 2008 à 2019.

Figure 5 : Change in the concentrations of some pesticides at 30 m in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2008 and 2019.

Leurs concentrations restent en-dessous de la limite maximale autorisée par substance individuelle dans les eaux potables ainsi que dans les eaux de surface, qui est fixée à 0.1 µg/L. Du point de vue environnemental, les concentrations de ces substances sont inférieures aux normes de qualité environnementale (NQE) au sens de la directive déterminant les NQE pour les eaux de surface (Directive 2008/105/EC) en application de la directive fixant un cadre pour la gestion des eaux (Directive 2000/60/CE) ainsi qu'en référence des valeurs guides mises en place pour la Suisse par le centre Ecotox dont certaines ont été incluses dans la nouvelle version de l'Ordonnance sur la Protection des Eaux (révision 2020).

La figure 6A présente, à la profondeur de 30 m, les concentrations d'atrazine et de ses métabolites cumulés. A noter que depuis 2018, l'atrazine-deséthyl-desisopropyl-2-hydroxy et l'atrazine-deséthyl-2-hydroxy ne sont plus suivies par le laboratoire, car les concentrations étaient très faibles. L'atrazine a été retirée du marché en France en 2003 et en Suisse en 2007. De manière cohérente, on observe une baisse des concentrations dans le Léman avec des concentrations non-détectables dès la fin 2010 (ORTELLI et al. 2011). Étonnamment, la concentration en atrazine remonte dès fin 2013 à 0.01 µg/L pour se stabiliser autour 0.005 µg/L. Aucune explication n'a pu être trouvée. Il sera donc important de suivre son évolution ces prochaines années. Les contrôles des eaux potables par le canton de Vaud montrent que les produits de dégradation de l'atrazine sont encore présents mais à des concentrations en-dessous des normes de 0.1 µg/L pour l'eau potable (Raetz et al. 2017).

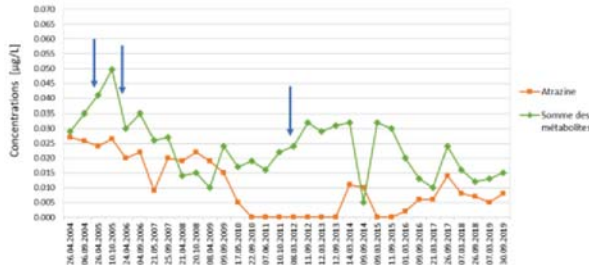
Le foramsulfuron (Figure 6B), un herbicide dont les concentrations étaient proches de 0.9 µg/L en 2005, a vu ses concentrations diminuer proche de la limite de détection. Ceci est principalement dû à la diminution des rejets industriels. Les concentrations en metalaxyl, un fongicide également en partie de source industrielle, ont également baissé pour se stabiliser en-dessous de 0.01 µg/L (Figure 6B). Pour cette substance, il semble que des rejets ne soient plus observés dans le Rhône depuis 2012 (Bernard et al. 2020).

Les concentrations en metolachlor (Figure 6C) ont diminué entre 2005 et 2007 certainement dû à l'interdiction du metolachlor au profit du S-metolachlor. Depuis lors, les concentrations varient entre 0.002 et 0.01 µg/L.

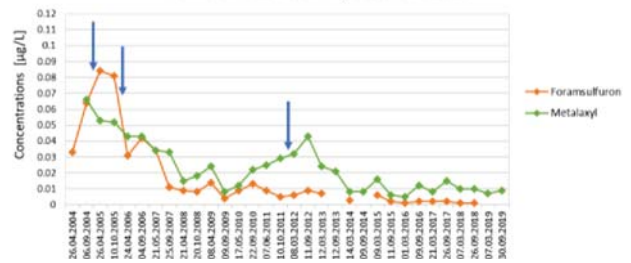
Les concentrations d'amidosulfuron (Figure 6D) ont baissé depuis 2007 et restent constantes ces 4 dernières années au-dessous de 0.005 µg/L. Un pic est toutefois constaté en 2014, son origine industrielle a été identifiée grâce aux analyses effectuées dans le Rhône amont (BERNARD et MANGE 2015).

L'AMPA (Figure 6E), produit de dégradation du glyphosate analysé depuis 2015, était en augmentation jusqu'en 2018. Sa concentration a diminué jusqu'à 100m en 2019 mais reste plus élevée au fond du lac, à hauteur de 0.048 µg/L. Les concentrations en glyphosate fluctuent autour de 0.005 µg/L. Le glufosinate (herbicide total) n'est quant à lui pas décelé par les analyses.

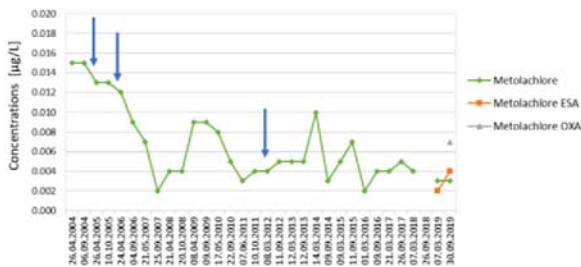
A) Concentrations en atrazine et somme des métabolites  
Point SHL2 à 30m | 2004 à 2019



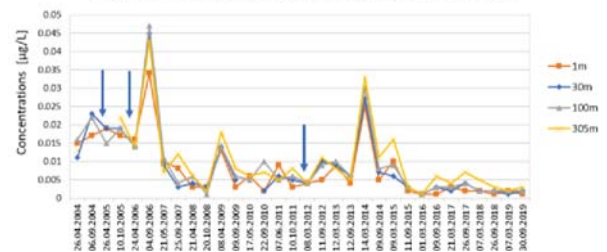
B) Concentrations en foramsulfuron et metolaxyl  
Point SHL2 à 30m | 2004 à 2019



C) Concentrations en metolachlore et ses métabolites  
Point SHL2 à 30m | 2004 à 2019

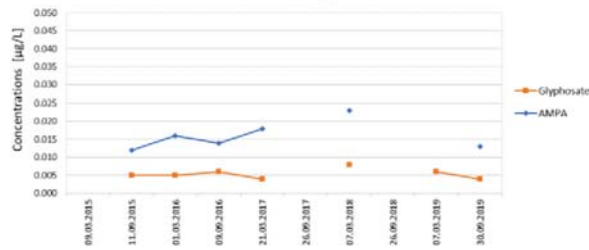


D) Concentrations en amidosulfuron  
Point SHL2 à 1, 30, 100 et 305m | 2004 à 2019





E) Concentrations en glyphosate et son métabolite  
Point SHL2 à 30m | 2015 à 2019



F) Concentrations en simazine et son métabolite  
Point SHL2 à 30m | 2004 à 2019

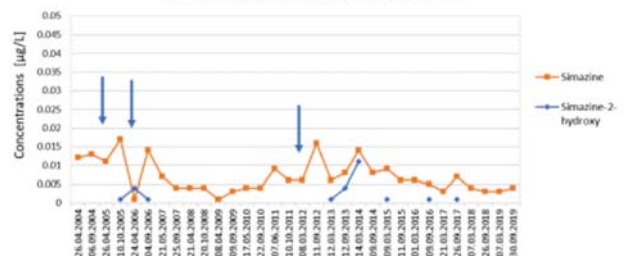


Figure 6 : Evolution des concentrations en divers pesticides au centre du Léman à 30 m (station SHL2) et brassages complets (flèches bleues) de 2004 à 2019. A) Atrazine et 6 de ses métabolites, B) Foramsulfuron et metalaxyl, C) Metolachlor et 2 de ses métabolites, D) Amidosulfuron, E) Glyphosate et AMPA et F) Simazine et son métabolite.

Figure 6 : Change in the concentrations of some pesticide at 30 m in the center of Lake Geneva (SHL2) and complete mixing (blue arrows) between 2004 and 2019. A) Atrazine and its 6 metabolites, B) Foramsulfuron and metalaxyl, C) Metolachlor and its 2 metabolites, D) Amidosulfuron, E) Glyphosate and AMPA and F) Simazine and its metabolite.

Les concentrations en simazine (Figure 6F), proches de 0.004 µg/L entre 2008 et 2010, ont augmenté entre 2011 et 2014 avec un maximum à 0.016 µg/L. Depuis 2015, cette concentration diminue et atteint 0.004 µg/L en septembre 2019. Cette substance est interdite à la vente en France depuis 2004 et en Suisse depuis 2007. L'augmentation entre 2011 et 2014 ne peut donc pas se justifier par son utilisation agricole. Comme pour l'atrazine, il sera important de suivre son évolution ces prochaines années.

Enfin, l'ethoxysulfuron n'est plus détecté depuis septembre 2016. Pour rappel, des concentrations élevées avaient été trouvée en 2010. L'herbicide terbumeton n'est également plus détecté depuis 2016. Pour rappel il n'est plus homologué en Suisse et en France depuis 2002. En revanche, le fluometuron, un herbicide utilisé pour les cultures de coton et non homologué en Suisse et en France est détecté entre 0.001 et 0.004 µg/L en 2018 et 2019.

Tableau 4 : Produits phytosanitaires (et leurs métabolites\*) décelés dans le Léman à SHL2 le 07 mars et le 30 septembre 2019 à quatre profondeurs.

Table 4 : Pesticides (and their metabolites\*) detected in Lake Geneva samples at SHL2 of 07 March and 30 September 2019 at four depths.

Pesticides (µg/L)	NQE <sup>a</sup>	NQE/ VG/vs <sup>b</sup>	1 m		30 m		100 m		305 m	
			7 mars	30 sept.	7 mars	30 sept.	7 mars	30 sept.	7 mars	30 sept.
2,6-dichlorobenzamide		-	0.002	0.003	0.002	0.004	0.002	0.003	0.003	0.004
Amidosulfuron		-	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003
<b>AMPA</b>		452		0.002		<b>0.013</b>	<b>0.016</b>	<b>0.023</b>	<b>0.048</b>	<b>0.048</b>
Atrazine		0.6	0.005	0.005	0.005	0.008	0.005	0.007	0.007	0.009
Atrazine-2-hydroxy*		-	0.003	0.002	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003
Atrazine-desethyl*		-	0.004	0.005	0.005	0.006	0.005	0.007	0.005	0.007
Atrazine-desisopropyl*		-	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.006
Boscalide	12	11.6						0.001		
Carbendazime	0.44	0.1		0.005		0.004		0.003		0.004
Chloridazon-méthyl-desphenyl		-	0.003		0.003		0.003		0.003	
Chlorothalonil-SA		-	0.004	0.002	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003
Chlorotoluron	0.6	0.1	0.001		0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003
Cloquintocet-mexyl		-				0.001		0.002		0.003
Cyproconazole	1.3	0.6	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.004	0.002
Diuron	0.07	0.2	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.004	0.001	0.003
Fluometuron		-	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004
Foramsulfuron	0.017	-						0.001		0.002
Glyphosate	120	28	0.002	0.002	0.002	0.005	0.006	0.004	0.002	0.002
Iodosulfuron-méthyl		-				0.001		0.002		0.003
Isoproturon	<b>0.64</b>	0.3								0.001
Linuron	0.26	1.0						0.002		
Mecoprop	3.6	20	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001
Mesotrione		-			0.002		0.001		0.002	
<b>Metaxyl</b>	20	20	0.007	0.006	0.007	0.009	0.007	0.009	<b>0.01</b>	0.0015
Métamitron	4.0	4.0	0.001							
Metazachlor ESA	0.02	-	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Metobromuron		-								0.002
Métolachlore	<b>(-5) 0.69</b>	-	0.002	0.004	0.003	0.003	0.002	0.004	0.003	0.005
Metolachlor ESA*		-	0.002	0.002	0.002	0.004	0.002	0.003	0.002	0.003
<b>Metolachlor OXA*</b>		-		0.004		0.007		0.008		<b>0.011</b>

Pesticides (µg/L)	NQE <sup>a</sup>	NQE/ VG/vs <sup>b</sup>	1 m		30 m		100 m		305 m	
			7 mars	30 sept.	7 mars	30 sept.	7 mars	30 sept.	7 mars	30 sept.
Monolinuron		0.1								
Prometryne										0.002
Propiconazole		-	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.001
Secbumeton		-								0.003
Simazine		1.0	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.001
Terbumeton		-								0.005
Terbutylazine	<b>0.22</b>	0.06	0.003	0.006	0.003	0.007	0.003	0.007	0.003	0.001
Terbutylazine, Deséthyl-*		-	0.003	0.006	0.003	0.004	0.003	0.005	0.003	0.006
Terbutylazine-2-hydroxy*		-	0.003	0.003	0.003	0.005	0.003	0.003	0.003	0.004
<b>Somme des concentrations en pesticides</b>			0.064	0.074	0.065	0.112	0.084	0.130	0.125	0.1605
<b>Concentration maximal observée</b>			0.007	0.006	0.007	0.013	0.016	0.023	0.048	0.048
<b>Nombres de substances détectées</b>			<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>34</b>

(a) Normes des qualités environnementales. Base de données du centre Ecotox, Eawag : <https://www.centrecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/>. En gras, les valeurs qui ont été introduites dans la nouvelle version de l'Ordonnance sur la Protection des Eaux (OEaux) en Suisse.

(b) Normes des qualités environnementales (NQE) ou valeurs guides (VG) ou valeurs seuils (vs) : Ineris <https://substances.ineris.fr/fr/page/9>

**En gras : concentration individuelle au-dessus de 0.01 µg/L.**

### 4.3. MÉDICAMENTS

La surveillance des résidus médicamenteux comprend 2 prélèvements effectués en mars et septembre 2019 à 15 et 100 m de profondeur. L'annexe 2 liste toutes les substances analysées. Les résultats sont présentés dans le tableau 5. Aucun dépassement des valeurs limites existantes n'est observé.

Tableau 5 : Résidus médicamenteux décelés dans le Léman à la station SHL2 le 07 mars et le 11 septembre 2019 à 15 m et 100 m de profondeur.

Table 5 : Pharmaceuticals detected in Lake Geneva samples at SHL2 of 07 March and 11 September 2019 at 15 m and 100 m depth.

Concentrations [µg/L]			15 m		100 m	
Substance	Type	Valeur limite (Chronique)	07.03	11.09	07.03	11.09
1,4 Dioxane	Solvant/stabilisant	-	<0.2	<0.2	0.2	<0.2
Acide méfénamique	Anti-inflammatoire	1	0.001	<0.001	0.0015	<0.001
Bupivacaïne	Anesthésiant	-	0.001	<0.001	0.002	<0.001
Carbamazépine	Anti-épileptique	2	0.010	0.005	0.013	0.010
Carisoprodol	Myorelaxant	-	0.016	0.010	0.021	0.017
Guanylurea	Métabolite metformine	-	0.336	0.122	<0.05	0.118
Mémantine	Maladie Alzheimer	-	0.015	<0.01	0.023	0.020
Mepivacaïne	Anesthésiant	-	0.011	0.006	0.016	0.011
Metformine	Antidiabétique	160	0.607	0.402	0.513	0.207
Méthénamine	Antibiotique	-	0.048	0.067	0.044	0.054
Prilocaine	Anesthésiant	-	0.035	0.001	0.044	0.003
Sulfaméthoxazole	Antibiotique	0.6	0.005	<0.004	0.005	<0.004

Sur les 66 substances mesurées, la metformine, intégrée depuis 2014 au programme de surveillance du lac, reste la substance avec la plus grande concentration et dépasse de plus d'un ordre de grandeur celle des autres résidus détectés (figure 7). Cette concentration oscille autour de 0.5 µg/L. Depuis 2018, la teneur en guanylurée, produit de dégradation de la metformine, est aussi suivie. Sa concentration allant jusqu'à 0.34 µg/L en fait le deuxième composé parapharmaceutique le plus présent dans les eaux du lac. Les concentrations obtenues aux deux profondeurs sont proches.

Cette substance, utilisée comme antidiabétique, est prescrite pour traiter les patients atteints de diabète de type 2 et particulièrement les patients en surpoids. Une utilisation comme coupe faim expliquerait aussi sa présence en forte concentration dans les eaux usées. La concentration moyenne en sortie de STEP est de 24 µg/L avec des maximums allant jusqu'à 100 µg/L (Bilan 2018 de l'épuration Vaudoises, DGE-DIREV).

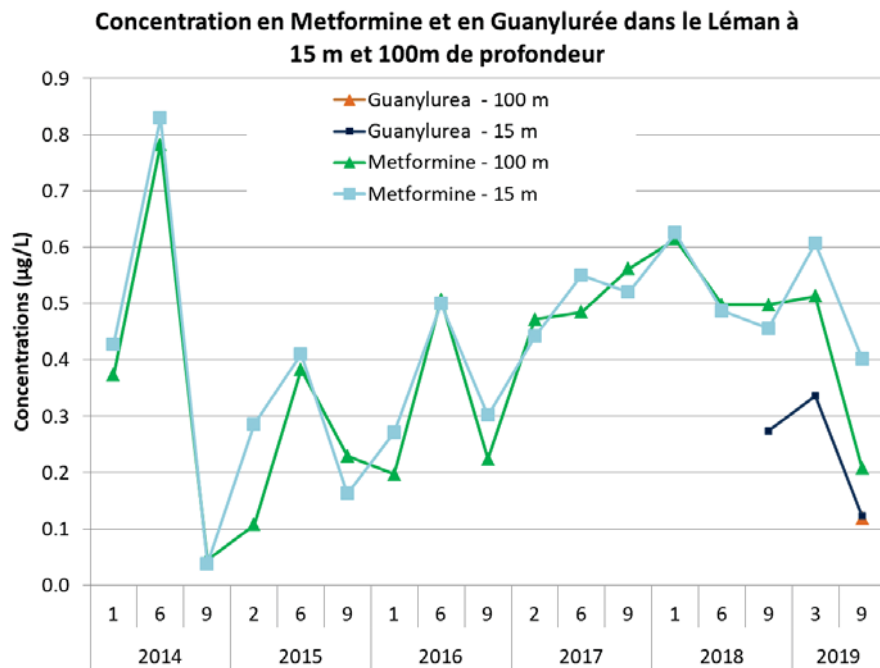


Figure 7 : Evolution des concentrations de metformine depuis 2014 et de son produit de dégradation la guanylurée.  
 Figure 7 : Change in metformin concentration since 2014 and its degradation product concentrations.

Quant à la carbamazépine, au carisoprodol et à la mépivacaïne, leur présence se confirme année après année au sein du lac. Néanmoins, leurs concentrations diminuent, ce qui témoigne d'une diminution de la source de pollution en lien avec des rejets industriels (Figure 8). La présence de la méthénamine, antibiotique utilisé pour soigner les infections urinaires et ajoutée dans la campagne d'analyse en septembre 2017, est toujours confirmée sur le monitoring de 2019. La méthénamine est le deuxième principe actif le plus présent dans les eaux du Rhône amont après la metformine (BERNARD *et al.* 2019) et le troisième dans le lac.

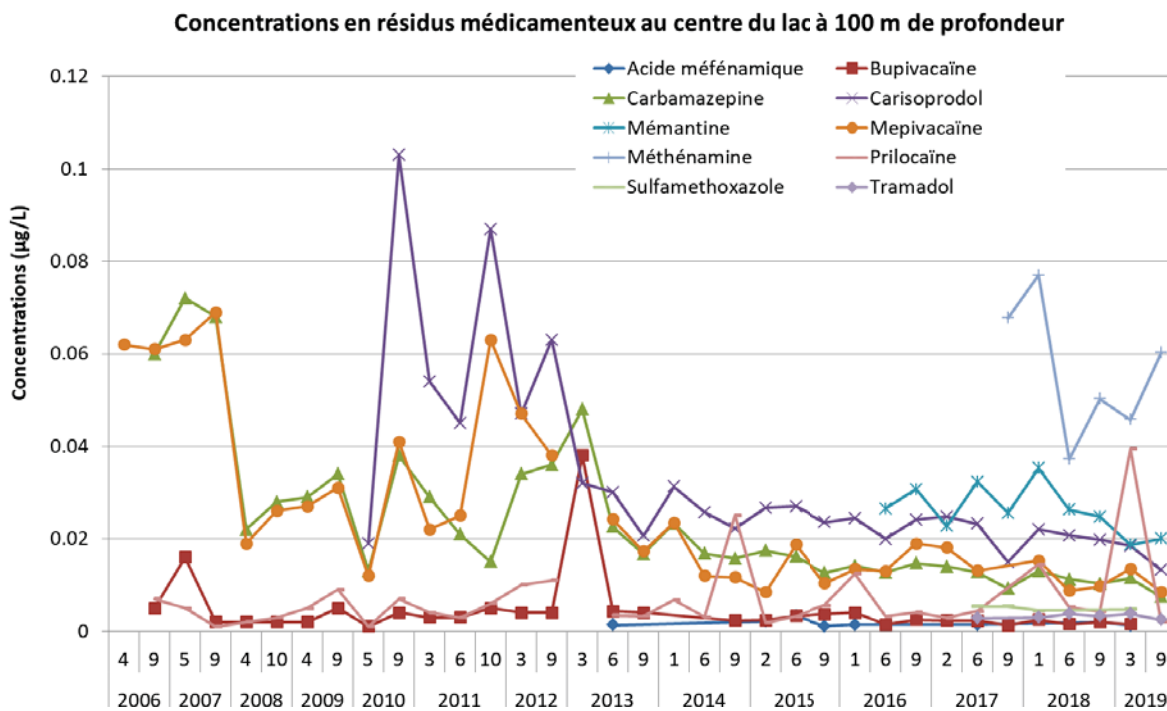


Figure 8 : Evolution des concentrations en résidus médicamenteux depuis 2006 à 100 m de profondeur (station SHL2).  
 Figure 8 : Change in some pharmaceutical concentrations since 2006 at 100 m depth (SHL2).

Depuis fin 2013, le suivi des médicaments est effectué à deux profondeurs ; 15 m et 100 m. La figure 9 ci-dessous montre les concentrations aux deux profondeurs pour 6 de ces composés. Les concentrations sont plus élevées à 100 m qu'à 15 m. Ceci pourrait être expliqué par la source de la pollution et nécessite d'autres investigations.

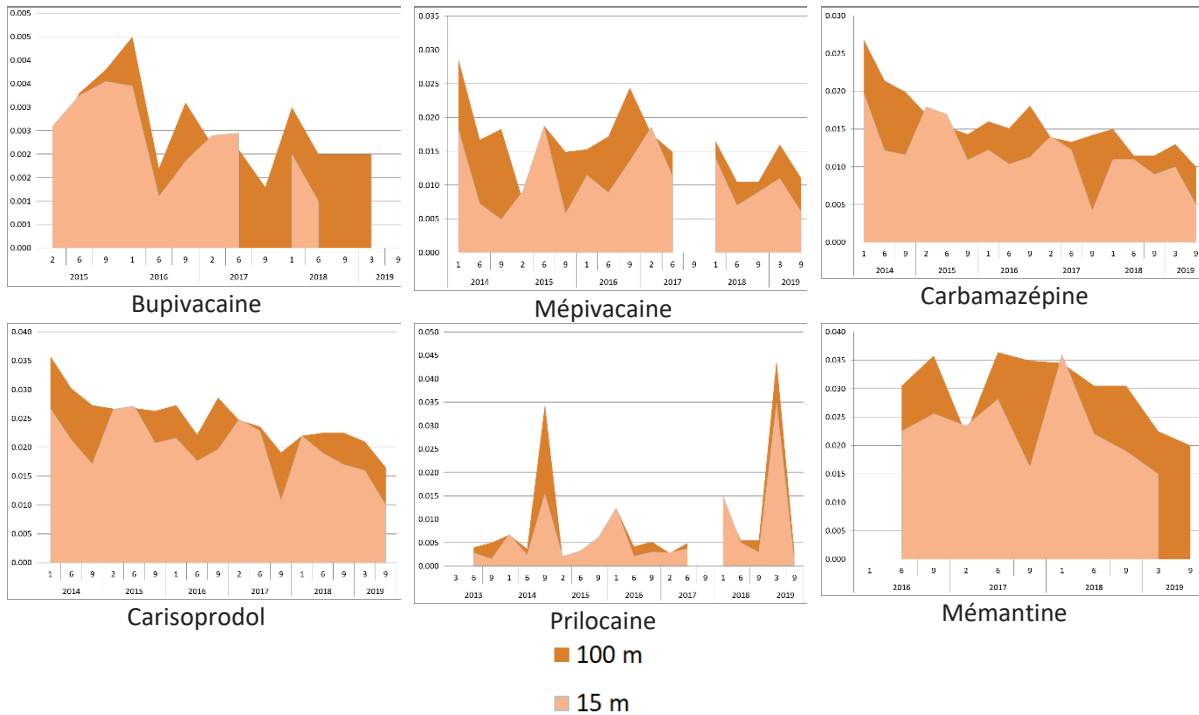


Figure 9 : Comparaison des concentrations (en µg/L) en résidus médicamenteux depuis 2013 à 15 m et 100 m de profondeur (station SHL2).

Figure 9 : Comparison in some pharmaceutical concentrations since 2013 at 15 m and 100 m depth (SHL2).

#### 4.4. AUTRES SUBSTANCES

Sur les 4 échantillons de 2019, le 1,4-dioxane n'a été quantifié qu'une seule fois à une teneur de 0.2 µg/L à 100 m tandis qu'en 2017 il avait été quantifié dans tous les échantillons avec une concentration maximale de 0.4 µg/L à 100 m. Déjà en 2018, le maximum quantifié n'était plus que de 0.3 µg/L. L'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) a recommandé en 2014 la fermeture des captages d'eau destinée à la consommation humaine dont les concentrations en 1,4-dioxane excédaient 6.6 µg/L et la recherche de solutions pour les captages avec des concentrations excédant 0.66 µg/L. Les valeurs trouvées dans le Léman restent inférieures à la limite de 0.66 µg/L et vont visiblement vers une diminution.

Le perchlorate présente des teneurs inférieures à la limite de quantification de la méthode soit 2 µg/L. Le perchlorate a une PNEC dans l'eau douce de 0.3 µg/L (RODIER et LEGUBE, 2016). La méthode d'analyse utilisée ne permet pas de déterminer s'il y a un problème écotoxique au niveau de cette substance dans le lac.

Les analyses au seuil de quantification analytique de 1 ng/L sur les échantillons de septembre à 15 m et 100 m n'ont pas montré la présence de la benzidine et de son métabolite, le 4-Aminobiphenyle. La benzidine est facilement dégradée en présence d'oxygène ainsi que par les UV.

## 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., L. FAUQUET, MANGE, P. et ROSSIER, J. (2018) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2017, 127-144.
- BERNARD, M., MANGE, P. et MAEDER, I. (2020) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2019, xx.
- DIRECTIVE 98/83/CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- DIRECTIVE 2008/105/EC fixant des normes de qualité environnementale pour les eaux de surface.
- ECB 2007, European Union Risk Assessment Report, Cadmium oxide and cadmium metal, Part I, 2007.
- OEaux (1998) : Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des Eaux (état au 1er avril 2020) (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.
- OPBD : Ordonnance du 16 décembre 2016 sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (Suisse).
- RAETZ (2017) Rapport d'activités 2017 – Service de la consommation et des affaires vétérinaires – Inspection des eaux.
- RODIER J. et LEGUBE B – L'Analyse de l'eau, 10<sup>e</sup> éd. - 2016
- SCHALLER T. et WEHRLI B : Geochimical-Focusing of Manganese in Lake Sediments – An indicator of Deep-Water Oxygen Conditions, Aquatic Geochemistry 2 : 359-378, 1997.
- TRAN KHAC, V., QUETIN, P., ANNEVILLE, O. (2019) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman et données météorologiques. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2018, xx-xx.
- Base de données NQE du centre Ecotox, EAWAG : <https://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/>
- Base de données NQE Ineris : Ineris <https://substances.ineris.fr/fr/page/9>

## ANNEXES

### Annexe 1 – Liste des pesticides recherchés

Paramètres	N° CAS	Catégorie
Acephate	30560-19-1	Insecticide
Acetamiprid	135410-20-7	Insecticide
Acétochlore	34256-82-1	Herbicide
Acibenzolar-S-methyl	135158-54-2	Régulateur de croissance
Aclonifen	74070-46-5	Herbicide
Aldicarbe	116-06-3	Insecticide
Aldicarbe-sulfon	1646-88-4	Insecticide
Aldicarbe-sulfoxide	1646-87-3	Fongicide
Amétoctradin	865318-97-4	Fongicide
Amétryne	834-12-8	Herbicide
Amidosulfuron	120923-37-7	Herbicide
Asulam	3337-71-1	Herbicide
Atrazine	1912-24-9	Herbicide
Atrazine,2-hydroxy-	2163-68-0	Métabolite, Herbicide Atrazine
Atrazine,Dééthyl-	6190-65-4	Métabolite, Herbicide Atrazine
Atrazine,Dééthyl-2-hydroxy-	19988-24-0	Métabolite, Herbicide Atrazine
Atrazine,Déisopropyl-	1007-28-9	Métabolite, Herbicide Atrazine
Atrazine,Déisopropyl-2-hydroxy-	7313-54-4	Métabolite, Herbicide Atrazine
Atrazine-desethyl-desisopropyl	3397-62-4	Métabolite, Herbicide Atrazine
Azaconazole	60207-31-0	Fongicide
Azadirachtine	11141-17-6	Insecticide
Azaméthiphos	35575-96-3	Insecticide
Azinphos-éthyl	2642-71-9	Insecticide
Azinphos-méthyl	86-50-0	Insecticide
Aziprotryne	4658-28-0	Herbicide
Azoxystrobine	131860-33-8	Fongicide
Beflubutamid	113614-08-7	Herbicide
Bénalaxyl	71626-11-4	Fongicide
Bendiocarbe	22781-23-3	Insecticide
Benodanil	15310-01-7	Insecticide
Bentazone	25057-89-0	Herbicide
Benthiavalicarb-isopropyl	177406-68-7	Fongicide
Benzoximate	29104-30-1	Acaricide
Bitertanol	55179-31-2	Fongicide
Bixafène	581809-46-3	Fongicide
Boscalid	188425-85-6	Fongicide
Bromacil	314-40-9	Herbicide
Bromuconazole	116255-48-2	Fongicide
Bupirimate	41483-43-6	Fongicide
Buprofézine	953030-84-7	Insecticide
Butafenacil	134605-64-4	Herbicide
Butocarboxime	34681-10-2	Insecticide
Cadusafos	95465-99-9	Nématicide
Carbaryl	63-25-2	Insecticide
Carbendazime	10605-21-7	Fongicide
Carbetamide	16118-49-3	Herbicide
Carbofuran	1563-66-2	Insecticide
Carboxine	5234-68-4	Fongicide
Carfentrazone-éthyle	128639-02-1	Herbicide
Chlorantraniliprole	500008-45-7	Insecticide
Chlorfenvinphos	2701-86-2	Insecticide
Chloridazon	1698-60-8	Herbicide
Chloridazon, méthyl-desphenyl	17254-80-7	Métabolite, Herbicide Chloridazon
Chloridazon-desphenyl	6339-19-1	Métabolite, Herbicide Chloridazon
Chlorobromuron	13360-45-7	Herbicide
Chlorothalonil sulfonic acide	1418095-02-9	Métabolite, Fongicide Chlorothalonil
Chlorotoluron	15545-48-9	Herbicide
Chloroxuron	1982-47-4	Herbicide



Paramètres	N° CAS	Catégorie
Chlorphénapyr	122453-73-0	Acaricide
Chlorprophame	101-21-3	Herbicide
Chlorpyrifos	2921-88-2	Insecticide
Chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	Insecticide
Chlorthiamide	1918-13-4	Herbicide
Chlorthiophos	60238-56-4	Insecticide
Cinidon-éthyl	142891-20-1	Herbicide
Clétodime	99129-21-2	Herbicide
Clodinafop-propargyl	105512-06-9	Herbicide
Clofentezine	74115-24-5	Acaricide
Clomazone	81777-89-1	Herbicide
Clopyralid	1702-17-6	Herbicide
Cloquintocet	88349-88-6	Phytoprotecteur
Clothianidin	210880-92-5	Insecticide
Cyanazine	21725-46-2	Herbicide
Cyazofamid	120116-88-3	Fongicide
Cyclosulfamuron	136849-15-5	Herbicide
Cycloxydime	101205-02-1	Herbicide
Cyflufénamid	180409-60-3	Fongicide
Cyfluthrine	68359-37-5	Insecticide
Cymiazole	61676-87-7	Acaricide
Cymoxanil	57966-95-7	Fongicide
Cyproconazole	94361-06-5	Fongicide
Cyprodinil	121552-61-2	Fongicide
Cyromazine	66215-27-8	Insecticide
Demeton-S-méthyl	919-86-8	Insecticide
Demeton-S-méthyl-sulfone	17040-19-6	Insecticide
Desmetryne	1014-69-3	Herbicide
Diafenthiuron	80060-09-9	Insecticide
Dialiphos	10311-84-9	Insecticide
Dichlorobenzamide, 2,6	2008-58-4	Métabolite, Fongicide Fluopicolide
Dichlorprop-méthyl	57153-17-0	Herbicide
Dichlorvos	62-73-7	Insecticide
Diclobutrazole	75736-33-3	Fongicide
Dicofol	115-32-2	Acaricide
Dicrotophos	141-66-2	Insecticide
Dicyclanile	112636-83-6	Insecticide
Diétofencarb	87130-20-9	Fongicide
Difénoconazole	119446-68-3	Fongicide
Difénoxuron	14214-32-5	Herbicide
Diflubenzuron	35367-38-5	Insecticide
Diflufenican	83164-33-4	Herbicide
Dimefuron	34205-21-5	Herbicide
Diméthachlore	50563-36-5	Herbicide
Dimethenamide	87674-68-8	Herbicide
Dimethoate	60-51-5	Insecticide
Diméthomorphe	110488-70-5	Fongicide
Diméthylphénylformamide, 2,4-	60397-77-5	Métabolite, Acaricide Amitraze
Diméthylphényl-N'-méthylformamidine,N-2,4-	33089-74-6	Métabolite, Acaricide Amitraze
Dimetilane	644-64-4	Insecticide
Diniconazole	83657-24-3	Fongicide
Dinocap	39300-45-3	Fongicide
Dioxacarbe	6988-21-2	Insecticide
Diphenylamine	122-39-4	Insecticide
Disulfoton	298-04-4	Insecticide
Diuron	330-54-1	Herbicide
Dodémorphe	1593-77-7	Fongicide
EPN	2104-64-5	Insecticide
Epoxiconazole	133855-98-8	Fongicide
Etaconazole	60207-93-4	Fongicide
Ethiofencarbe	29973-13-5	Insecticide

Paramètres	N° CAS	Catégorie
Ethion	563-12-2	Acaricide
Ethiprole	181587-01-9	Insecticide
Éthofumesate	26225-79-6	Herbicide
Éthoxyquine	91-53-2	Fongicide
Éthoxysulfuron	126801-58-9	Herbicide
Étoxazole	153233-91-1	Acaricide
Etrimfos	38260-54-7	Insecticide
Fenamidone	161326-34-7	Fongicide
Fenamiphos-sulfone	31972-44-8	Nématicide
Fenamiphos-sulfoxide	31972-43-7	Nématicide
Fenarimol	60168-88-9	Fongicide
Fenazaquine	120928-09-8	Acaricide
Fenbuconazole	114369-43-6	Fongicide
Fenhexamide	126833-17-8	Fongicide
Fénobucarbe	3766-81-2	Insecticide
Fenoxaprop-ethyl	66441-23-4	Herbicide
Fenoxaprop-P	113158-40-0	Herbicide
Fenoxycarb	79127-80-3	Insecticide
Fenpiclonil	74738-17-3	Fongicide
Fenpropathrine	39515-41-8	Insecticide
Fenpropidine	67306-00-7	Fongicide
Fenpropimorphe	67564-91-4	Fongicide
Fenpyrazamine	473798-59-3	Fongicide
Fenpyroximate	134098-61-6	Acaricide
Fensulfothion	115-90-2	Nématicide
Fenthion	55-38-9	Insecticide
Fenthion-sulfone	3761-42-0	Insecticide
Fenthion-sulfoxide	3761-41-9	Insecticide
Fénuron	101-42-8	Herbicide
Flazasulfuron	104040-78-0	Herbicide
Flonicamid	158062-67-0	Insecticide
Fluaziname	79622-59-6	Fongicide
Fluazuron	86811-58-7	Insecticide
Flucycloxyuron	113036-88-7	Acaricide
Fludioxonil	131341-86-1	Fongicide
Flufenacet	142459-58-3	Herbicide
Flufenoxuron	101463-69-8	Insecticide
Flumétraline	62924-70-3	Régulateur de croissance
Fluometuron	2164-17-2	Herbicide
Fluopicolide	239110-15-7	Fongicide
Fluopyram	658066-35-4	Fongicide
Fluoxastrobine	193740-76-0	Fongicide
Flupyrsulfuron-méthyl	144740-54-5	Herbicide
Fluquinconazole	136426-54-5	Fongicide
Flurochloridone	61213-25-0	Herbicide
Fluroxypyr	69377-81-7	Herbicide
Fluroxypyr-meptyl	81406-37-3	Herbicide
Flusilazole	85509-19-9	Fongicide
Flutolanil	66332-96-5	Fongicide
Flutriafol	76674-21-0	Fongicide
Fonofos	66767-39-3	Insecticide
Foramsulfuron	173159-57-4	Herbicide
Forchlorféuron	68157-60-8	Régulateur de croissance
Fosthiazate	98886-44-3	Nématicide
Fuberidazole	3878-19-1	Fongicide
Furalaxyl	57646-30-7	Fongicide
Haloxyfop	69806-34-4	Herbicide
Haloxyfop-méthyl	69806-40-2	Herbicide
Hexaconazole	79983-71-4	Fongicide
Hexaflumuron	86479-06-3	Insecticide
Hexythiazox	78587-05-0	Acaricide

Paramètres	N° CAS	Catégorie
Hydroxycarbofuran, -3	16655-82-6	Insecticide
Imazalil	35554-44-0	Fongicide
Imazamox	114311-32-9	Herbicide
Imidaclopride	138261-41-3	Insecticide
Indoxacarb	144171-61-9	Insecticide
Iodosulfuron-méthyl	144550-06-1	Herbicide
Iprodione	36734-19-7	Fongicide
Iprovalicarbe	140923-17-7	Fongicide
Isazofos	42509-80-8	Insecticide
Isofenphos	25311-71-1	Insecticide
Isoprocarb	2631-40-5	Insecticide
Isoproturon	34123-59-6	Herbicide
Isopyrazam	881685-58-1	Fongicide
Isoxabène	82558-50-7	Herbicide
Isoxadifen-éthyl	163520-33-0	Herbicide
Kresoxim-méthyl	143390-89-0	Fongicide
Lénacile	2164-08-1	Herbicide
Linuron	330-55-2	Herbicide
Lufénurone	103055-07-8	Insecticide
Malaaxon	1634-78-2	Insecticide
Malathion	121-75-5	Insecticide
Mandipropamid	374726-62-2	Fongicide
Mecarbame	2595-54-2	Insecticide
Mecoprop	93-65-2	Herbicide
Mefenpyr-diéthyl	135590-91-9	Phytoprotecteur
Mépanipirim	110235-47-7	Fongicide
Mepronil	55814-41-0	Fongicide
Mésosulfuron-méthyl	208465-21-8	Herbicide
Mésotrione	104206-82-8	Herbicide
Metalaxyl	57837-19-1	Fongicide
Métamitrone	41394-05-2	Herbicide
Métazachlore	67129-08-2	Herbicide
Métazachlore ESA	172960-62-2	Métabolite, Herbicide Métazachlore
Metconazole	125116-23-6	Fongicide
Methabenzthiazuron	18691-97-9	Herbicide
Methamidophos	10265-92-6	Insecticide
Methidathion	950-37-8	Insecticide
Methiocarbe	2032-65-7	Insecticide
Methiocarb-sulfoxide	2032-65-7	Métabolite, Herbicide Methiocarb
Méthomyl	16752-77-5	Insecticide
Methoprotryne	841-06-5	Herbicide
Methoxyfenozone	161050-58-4	Insecticide
Metobromuron	3060-89-7	Herbicide
Metolachlor, ethane sulfonic acid	171118-09-5	Métabolite, Herbicide Metolachlor
Metolachlor, oxanilic acid	152019-73-3	Métabolite, Herbicide Metolachlor
Métolachlore	51218-45-2	Herbicide
Métolcarb	1129-41-5	Insecticide
Metosulam	139528-85-1	Herbicide
Metoxuron	19937-59-8	Herbicide
Metrafenone	220899-03-6	Fongicide
Métribuzine	21087-64-9	Herbicide
Metsulfuron-méthyl	74223-64-6	Herbicide
Mévinphos	7786-34-7	Insecticide
Monocrotophos	6923-22-4	Insecticide
Monolinuron	1746-81-2	Herbicide
Monuron	150-68-5	Herbicide
Myclobutanil	88671-89-0	Fongicide
Naled	300-76-5	Insecticide
Naphthylacétamide, -1	86-86-2	Herbicide
Napropamide	15299-99-7	Herbicide
Neburon	555-37-3	Herbicide

Paramètres	N° CAS	Catégorie
Nicosulfuron	111991-09-4	Herbicide
Nitenpyram	150824-47-8	Insecticide
Norflurazon	27314-13-2	Herbicide
Novaluron	116714-46-6	Insecticide
Nuarimol	63284-71-9	Fongicide
Omethoate	1113-02-6	Insecticide
o-Phthalamide	85-41-6	Fongicide
Orbencarb	34622-58-7	Herbicide
Orthosulfamuron	213464-77-8	Herbicide
Oryzalin	19044-88-3	Herbicide
Oxadiargyl	39807-15-3	Herbicide
Oxadiazon	19666-30-9	Herbicide
Oxadixyl	77732-09-3	Fongicide
Oxamyl	23135-22-0	Insecticide
Oxine-cuivre	10380-28-6	Fongicide
Oxydéméton-méthyl	301-12-2	Insecticide
Pacloutrazol	76738-62-0	Régulateur de croissance
Paraoxon	311-45-5	Insecticide
Paraoxon-méthyl	950-35-6	Insecticide
Parathion	56-38-2	Insecticide
Parathion-méthyl	298-00-0	Insecticide
Penconazole	66246-88-6	Fongicide
Pencycuron	66063-05-6	Fongicide
Penoxsulame	219714-96-2	Herbicide
Pethoxamide	106700-29-2	Herbicide
Phénomiphos	22224-92-6	Nématicide
Phenmédiphame	13684-63-4	Herbicide
Phenthoate	2597-03-7	Insecticide
Phosalone	2310-17-0	Insecticide
Phosmet	732-11-6	Insecticide
Phosphamidon	13171-21-6	Insecticide
Phoxim	14816-18-3	Insecticide
Picloram	1918-02-1	Herbicide
Picolinafène	137641-05-5	Herbicide
Picoxystrobine	117428-22-5	Fongicide
Pinoxaden	243973-20-8	Herbicide
Pirimicarbe	23103-98-2	Insecticide
Pirimicarbe, Désméthyl-	30614-22-3	Métabolite, Insecticide Primicarb
Pirimicarbe, Désméthyl-formamido-	27218-04-8	Métabolite, Insecticide Primicarb
Pirimiphos-éthyl	23505-41-1	Insecticide
Primisulfuron-méthyl	86209-51-0	Herbicide
Prochloraz	67747-09-5	Fongicide
Profenofos	41198-08-7	Insecticide
Promécarbe	2631-37-0	Insecticide
Prometryne	7287-19-6	Herbicide
Propachlore	1918-16-7	Herbicide
Propamocarbe	24579-73-5	Fongicide
Propanil	709-98-8	Herbicide
Propaquizafop	111479-05-1	Herbicide
Propargite	2312-35-8	Acaricide
Propazine	139-40-2	Herbicide
Propetamphos	31218-83-4	Insecticide
Prophame	122-42-9	Herbicide
Propiconazole	60207-90-1	Fongicide
Propoxur	114-26-1	Insecticide
Propoxycarbazone-sodium	181274-15-7	Herbicide
Proquinazid	189278-12-4	Fongicide
Prosulfocarb	52888-80-9	Herbicide
Prothiofos	34643-46-4	Insecticide
Pymetrozine	123312-89-0	Insecticide
Pyraclostrobin	175013-18-0	Fongicide

Paramètres	N° CAS	Catégorie
Pyraflufen	129630-17-7	Herbicide
Pyraflufen-éthyl	129630-19-9	Herbicide
Pyrèthres	8003-34-7	Insecticide
Pyridabene	96489-71-3	Insecticide
Pyrifenox	88283-41-4	Fongicide
Pyriftalide	135186-78-6	Herbicide
Pyriméthanol	53112-28-0	Fongicide
Pyrimiphos-méthyl	29232-93-7	Insecticide
Pyriproxyphène	95737-68-1	Insecticide
Pyroxsulam	422556-08-9	Herbicide
Quinalphos	13593-03-8	Insecticide
Quinmerac	90717-03-6	Herbicide
Quinoclamine	2797-51-5	Herbicide
Quinoxifène	124495-18-7	Fongicide
Quizalofop-P-éthyl	100646-51-3	Herbicide
Résméthrine	10453-86-8	Insecticide
Sebuthylazine	7286-69-3	Herbicide
Sebuthylazine, Deséthyl-	37019-18-4	Métabolite, Herbicide Sebuthylazine
Secbumeton	26259-45-0	Herbicide
Simazine	122-34-9	Herbicide
Simazine, 2-Hydroxy-	2599-11-3	Métabolite, Herbicide Simazine
Spinosad	168316-95-8	Insecticide
Spirodiclofen	148477-71-8	Acaricide
Spirotetramat	203313-25-1	Insecticide
Spiroxamine	118134-30-8	Fongicide
Sulcotrione	99105-77-8	Herbicide
Sulfometuron-méthyl	74222-97-2	Herbicide
Sulfosulfuron	141776-32-1	Herbicide
Sulfotep	3689-24-5	Insecticide
Tébuconazole	107534-96-3	Fongicide
Tebufenozide	112410-23-8	Insecticide
Tébufenpyrad	119168-77-3	Acaricide
Tébutame	35256-85-0	Herbicide
Teflubenzuron	83121-18-0	Insecticide
Tembotrione	335104-84-2	Herbicide
Tepraloxymid	149979-41-9	Herbicide
Terbufos	13071-79-9	Insecticide
Terbumeton	33693-04-8	Herbicide
Terbuthylazine	5915-41-3	Herbicide
Terbuthylazine, Deséthyl-	30125-63-4	Herbicide
Terbuthylazine-2-Hydroxy	66753-07-9	Herbicide
Terbutryne	886-50-0	Herbicide
Tetrachlorvinphos	22248-79-9	Insecticide
Tetraconazole	112281-77-3	Fongicide
Tétraméthrine	7696-12-0	Insecticide
Thiabendazole	148-79-8	Fongicide
Thiacloprid	111988-49-9	Insecticide
Thiaméthoxam	153719-23-4	Insecticide
Thiencarbazone-méthyl	317815-83-1	Herbicide
Thifensulfuron-méthyl	79277-27-3	Herbicide
Thiobencarb	28249-77-6	Herbicide
Thiocyclame	31895-21-3	Insecticide
Thiodicarbe	59669-26-0	Insecticide
Thiocyclamehydrogénoxalate	31895-22-4	Insecticide
Thiofanox	39196-18-4	Insecticide
Thiophanate-éthyl	23564-06-9	Fongicide
Thiophanate-méthyl	23564-05-8	Fongicide
Tolclofos-méthyl	57018-04-9	Fongicide
Tolyfluanide	731-27-1	Fongicide
Tralkoxydim	87820-88-0	Herbicide
Triadiméfone	43121-43-3	Fongicide

Paramètres	N° CAS	Catégorie
Triadimenol	55219-65-3	Fongicide
Triasulfuron	82097-50-5	Herbicide
Triazophos	24017-47-8	Insecticide
Tricyclazole	41814-78-2	Fongicide
Tridémorphe	81412-43-3	Fongicide
Trifloxystrobine	141517-21-7	Fongicide
Trifloxysulfurone	145099-21-4	Herbicide
Triflumuron	64628-44-0	Insecticide
Triflusulfuron-méthyl	126535-15-7	Herbicide
Triforine	26644-46-2	Fongicide
Trinexapac-éthyl	126535-15-7	Herbicide
Triticonazole	131983-72-7	Fongicide
Tritosulfuron	142469-14-5	Herbicide
Vamidothion	2275-23-2	Insecticide
Zoxamide	156052-68-5	Fongicide

## Annexe 2 – Liste des résidus médicamenteux recherchés

Paramètres	N° CAS	Catégorie	LOQ [ng/L]	Valeur limite (Chronique)
Acide méfénamique	61-68-7	Analgésique	1	1000 <sup>1</sup>
17-alpha-éthynylestradiol	57-63-6	Hormone de synthèse	5	0.037 <sup>1</sup>
Atenolol	29122-68-7	Bêta-bloquant	1	150000 <sup>1</sup>
Azithromycine	83905-01-5	Antibiotique	10	19 <sup>2</sup>
Benzonatate	104-31-4	Antitussif	1	
Beta-estradiol	58-28-2	Hormone	5	0.4 <sup>1</sup>
Bezafibrate	41859-67-0	Hypolipémiant	1	2300 <sup>1</sup>
Bupivacaine	38396-39-3	Anesthésique	1	
Carbamazepine	298-46-4	Antiépileptique	1	2000 <sup>1</sup>
Carisoprodol	78-44-4	Anti-douleur	4	
Ceftiofur	80370-57-6	Antibiotique	4	
Ciprofloxacine	85721-33-1	Antibiotique	1	89 <sup>1</sup>
Clarithromycine	81103-11-9	Antibiotique	10	120 <sup>1</sup>
Clindamycin	18323-44-9	Antibiotique	4	
Cloxacillin	61-72-3	Antibiotique	1	
Cocaine	50-36-2	Stupéfiant	1	
Codeine	76-57-3	Analgésique/ narcotique	1	
Deanol	108-01-0	Cosmétique/Traitement asthénie	100	
Dexaméthason	50-02-2	Anti-inflammatoire	4	
Diazépam	439-14-5	Anxiolytique	4	
Diclofénac	15307-86-5	Analgésique	10	50 <sup>1</sup>
Estriol	50-27-1	Hormone	5	
Estrone	53-16-7	Hormone	5	3.6 <sup>1</sup>
Fénofibrate	49562-28-9	Traitement cholestérol	1	
Furosémide	54-31-9	Diurétique	4	
Guanylurée		Produit dégradation Metformine	50	
Gemfibrozil	25812-30-0	Hypolipémiant	4	
Héroïne	561-27-3	Antalgique/narcotique	1	

<sup>1</sup> Limite du centre Ecotox

<sup>2</sup> Limite OEaux, Annexe 2, modification du 13 février 2020.

Ibuprofène	15687-27-1	Analgésique	4	11 <sup>1</sup>
Irbérsartan	138402-11-6	Antihypertenseur	4	700000 <sup>1</sup>
Kétoprofène	22071-15-4	Analgésique	4	
Lorazépam	846-49-1	Anxiolytique	1	
Mémantine	19982-08-2	Traitement Alzheimer	10	
Mépipivacaïne	96-88-8	Anesthésique local	4	
Metformine	657-24-9	Antidiabétique	10	160000 <sup>1</sup>
Méthadone	76-99-3	Analgésique/ narcotique	4	
Méthénamine	100-97-0	Antibiotique	10	
Métoprolol	37350-58-6	Bêta-bloquant	4	8600 <sup>1</sup>
Métronidazole	443-48-1	Antibiotique	4	
Mirtazapine	85650-52-8	Antidépresseur	4	
Morphine	57-27-2	Antalgique/narcotique	1	
Nadolol	42200-33-9	Bêta-bloquant	4	
Naproxène	22204-53-1	Analgésique	1	1700 <sup>1</sup>
Norfloxacine	70458-96-7	Antibiotique	1	
Oxazépam	604-75-1	Anxiolytique	1	
Pantoprazole	102625-70-7	Traitement Ulcère	1	
Paracétamol	103-90-2	Analgésique	1	
Pravastatine	81093-37-0	Hypolipémiant	1	
Prilocaine	721-50-6	Anesthésique	1	
Primidone	125-33-7	Analgésique	4	
Propranolol	525-66-6	Bêta-bloquant	1	160 <sup>1</sup>
Ribavirine	36791-04-5	Virostatique	100	
Rispéridone	106266-06-2	Antipsychotique	1	
Sertraline	79617-96-2	Psychotrope	1	
Simvastatine	79902-63-9	Hypolipémiant	4	
Sulfadiméthoxine	122-11-2	Antibiotique	4	
Sulfaméthazine	57-68-1	Antibiotique	1	30000 <sup>1</sup>
Sulfaméthoxazole	723-46-6	Antibiotique	4	600 <sup>1</sup>
Ticlopidine	55142-85-3	Antiagrégant plaquettaire	1	
Torasémide	56211-40-6	Anti-Hypertenseur	1	
Tramadol	27203-92-5	Antalgique	1	
Trimétazidine.2HCl	13171-25-0	Traitement vertige et angine poitrine	1	
Tylosine	1401-69-0	Bactériostatique macrolide	4	
Venlafaxine	93413-69-5	Antidépresseur	4	
Xipamide	14293-44-8	Diurétique	4	
Zolpidem	82626-48-0	Somnifère	1	