

MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX DU LÉMAN

METALS AND ORGANIC MICROPOLLUTANTS IN GENEVA LAKE WATERS

CAMPAGNE 2017

PAR

Audrey KLEIN

SECRÉTARIAT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN

Agroscope - Changins - Bâtiment DC, CP 1080, CH - 1260 NYON 1

Cécile PLAGELLAT

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ENVIRONNEMENT - DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL, URBAIN ET RURAL

Division Protection des eaux – Laboratoire et PCAM - Chemin des Boveresses 155 - CP33 – CH - 1066 EPALINGES

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 celles du 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.

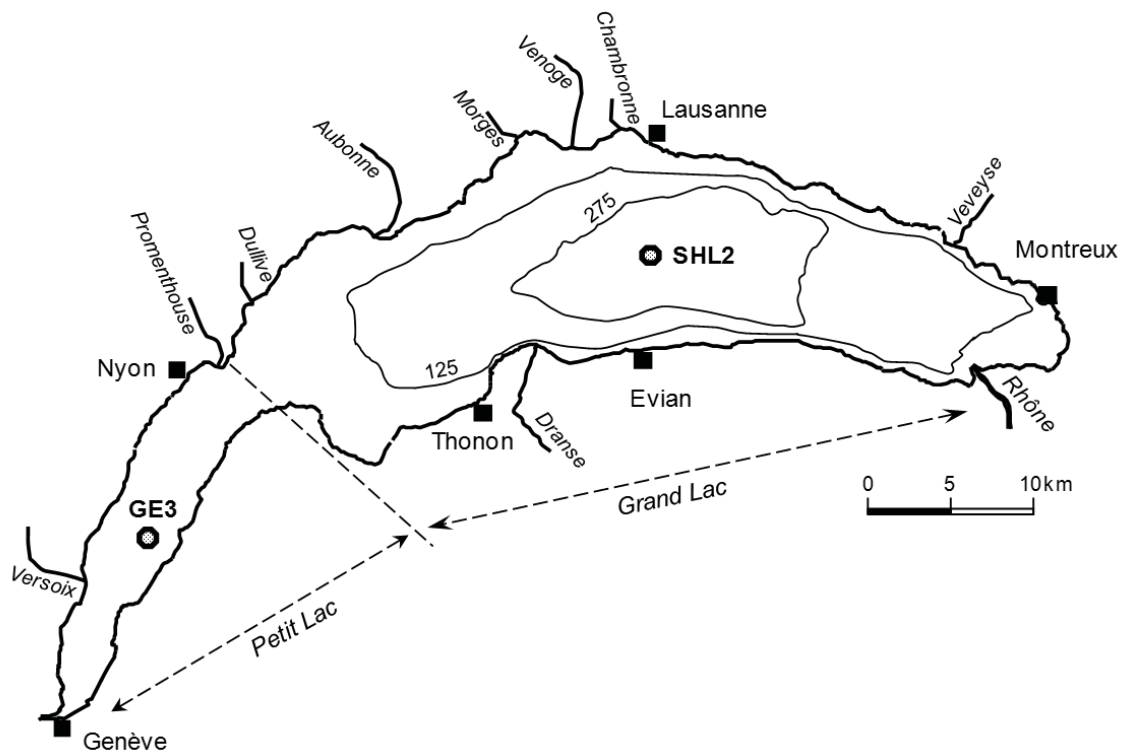


Figure 1 : Situation du point de prélèvement - station SHL2.

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

Tableau 1 : Dates des campagnes de prélèvements pour l'analyse des éléments trace métalliques totaux et dissous, des pesticides et des résidus médicamenteux pour 2017

Table 1: Dates of sampling programme for the analysis of total and dissolved metals, pesticides and medicinal residues for 2017

Substances	Profondeurs	15 févr.	09 mars	21 mars	02 juin	26 sept.
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			
Résidus de produits pharmaceutiques	15, 100 m	x			x	x

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. ANALYSES CHIMIQUES

Éléments trace métalliques

Les analyses de éléments trace métalliques totaux (cadmium, chrome, cuivre, plomb, mercure, manganèse) sont effectuées par le service de consommation et des affaires vétérinaires (SCAV) de 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.

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 (spectrométrie par torche à plasma couplée à la spectrométrie de masse). Le mercure, anciennement dosé par spectrométrie à 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 mode tandem (LC-QTRAP). La liste des substances recherchées comprend 370 molécules d'intérêt avec une limite de quantification de 1 ng/L (Tableau en Annexe 1). Ces analyses couvrent 15 acaricides, 91 fongicides, 128 herbicides, 113 insecticides, 6 nématocides, 2 phytoprotecteurs, 4 régulateurs de croissance et 10 métabolites.

Le glyphosate, le glufosinate et l'AMPA ont été rajoutés dans le suivi depuis 2016. Les analyses sont effectuées par le SECOE en 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 HPLC MS/MS à partir d'une palette de 61 résidus médicamenteux et 4 substances hormonales (KLEIN 2017).

Autres substances

L'analyse du 1,4-dioxane a été ajoutée à la campagne de suivi 2017 suite aux valeurs mesurées dans la nappe du Rhône et dans le Rhône. Cette analyse est sous-traitée au laboratoire SCITEC de Lausanne.

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 2018).

4. MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX DU LÉMAN

4.1. ÉLÉMENTS TRACE MÉTALLIQUES

Les concentrations mesurées en éléments trace métalliques 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 (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 - Campagnes du 09 mars 2017 et du 25 septembre 2017. Léman - Grand Lac (Station SHL 2). (n.d = non décelé)

Table 2: Survey done on 09 March, 2017 and on 25 September 2017. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2) (n.d = not detected)

Date	Profondeur (m)	Plomb (µg/L)	Cadmium	Chrome	Cuivre (µg/L)	Mercuré
	Normes OSEC+	10.0	3.0	50.0	-	1.0
	OEaux	10.0	0.2	5.0	5.0	0.03
09.03.2017	mélange 1 et 30 m	0.02 ± 0.002	0.005 ± 0.0003	0.1 ± 0.018	1.4 ± 0.06	< 0.2
	mélange 200 et 305	0.06 ± 0.006	0.02 ± 0.001	0.1 ± 0.018	1.4 ± 0.06	< 0.2
26.09.2017	mélange 1 et 30 m	0.07 ± 0.007	0.02 ± 0.001	0.1 ± 0.018	0.4 ± 0.02	n.d
	mélange 200 et 305	0.01 ± 0.001	n.d	0.1 ± 0.018	0.3 ± 0.01	n.d

*Ordonnance fédérale sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires

Les analyses de manganèse effectuées dans la couche profonde du lac (275, 300, 305 et 309 m), permettent de mettre en évidence un éventuel risque de relargage par les sédiments dans des conditions d'anoxie. L'augmentation des concentrations en septembre (tableau 3) comparées à celle de mars montre que le lac est en anoxie en fin d'été.

Tableau 3 : Manganèse - Campagnes du 09 mars 2017 et du 25 septembre 2017. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 3: Manganese - Survey done on 09 March, 2017 and on 25 September 2017. Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2).

	09.03.2017	25.09.2017
Profondeur (m)	Teneurs en µg/L	
275 m	0.7 ± 0.2	< 1.0
300 m	2.6 ± 0.6	11 ± 3.7
305 m	5.8 ± 1.6	20 ± 7.0
309 m	5.9 ± 1.7	50 ± 20

Les résultats d'analyse des éléments trace métalliques dissous (tableau 4) montrent que les teneurs sont conformes aux normes qui figurent dans l'Ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux, 1998).

Tableau 4 : Éléments trace métalliques dissous - Campagnes du 09 mars 2017 et du 25 septembre 2017. Léman - Grand Lac (Station SHL 2).

Table 4 : Survey done on 09 March, 2017 and on 25 September 2017. 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
09.03.2017	mélange 1 et 30 m	n.d	< 0.006	0.08	< 0.5	<0.0005
	mélange 200 et 305	<0.1	< 0.016	< 0.07	< 0.5	<0.0005
25.09.2017	mélange 1 et 30 m	n.d	< 0.006	0.08	< 0.5	<0.0005
	mélange 200 et 305	n.d	< 0.006	< 0.06	< 0.5	<0.0005

4.2. PESTICIDES (PHYTOSANITAIRES)

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

Sur un total de 373 pesticides, une vingtaine de substances sont détectées (tableau 5).

En 2017, les teneurs en pesticides totaux oscillent entre 0.09 et 0.22 µg/L (tableau 5 et figure 2). Ces valeurs s'inscrivent dans la continuité de ce qui est observé depuis 2007 et restent inférieures aux réglementations en vigueur. En effet, 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).

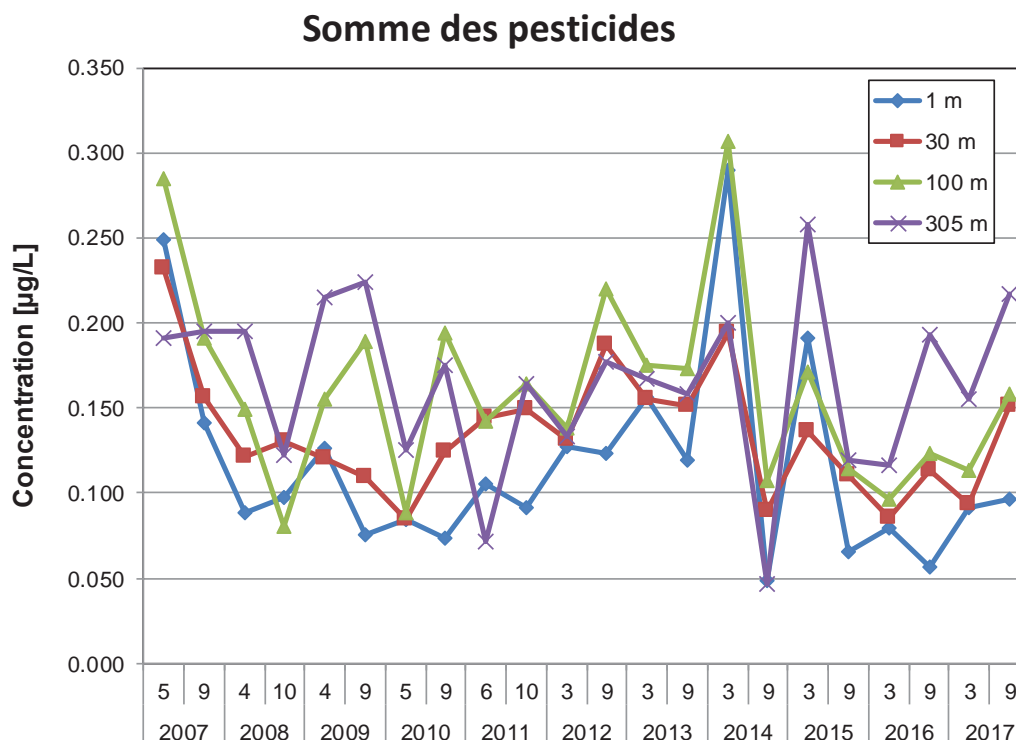


Figure 2 : Evolution des concentrations en pesticides totaux recherchés au centre du Léman (station SHL2) de 2007 à 2017 pour 4 profondeurs.

Figure 2 : Change in the total concentrations of the pesticides surveyed in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2007 and 2017 at 4 depths.

4.2.2. Evolution des concentrations individuelles

Les figures 3 montrent l'évolution depuis 2007 des 13 pesticides ou produits de dégradation de 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).

En 2017, seuls quelques herbicides comme l'atrazine et 2 de ses métabolites, le metalaxyl, le 2,6-dichlorobenzamide (produit de dégradation du dichlobenil), la simazine, la terbuthylazine ainsi que l'AMPA (produit de dégradation 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 ainsi que dans les eaux de surface, qui est fixée à 0.1 µg/L.

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.

Du point de vue environnemental, ces substances sont en concentration bien inférieures aux normes de qualité environnementale (NQE) au sens de la directive cadre sur l'eau déterminant les NQE pour les eaux de surface (Directive 2008/105/EC) ainsi que celles mises en place pour la Suisse par le centre Ecotox.

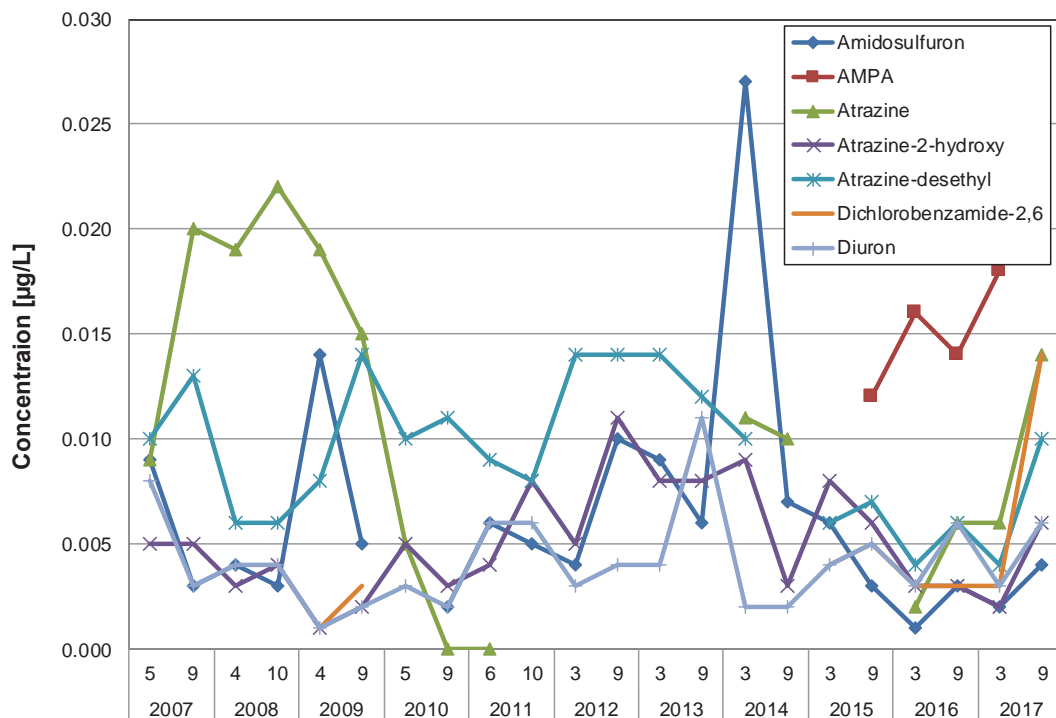
La concentration d'amidosulfuron reste similaire ces 3 dernières années, après un pic constaté en 2014, dont l'origine industrielle a été identifiée grâce aux analyses effectuées dans le Rhône amont (BERNARD et MANGE 2015)

Les concentrations en atrazine peuvent être considérées comme constantes depuis ces 10 dernières années, avec quelques prélèvements dans lesquelles celle-ci n'est pas détectée.

Les concentrations en foramsulfuron sont en constante diminution depuis 2007.

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. La contamination reste similaire ces 4 dernières années. Les concentrations en terbuthylazine montrent une légère augmentation passant de mesures proches de 0.05 µg/L à des mesures proches de 0.01 µg/L. Son produit de dégradation est toujours détecté mais, quant à lui, reste en concentration constante.

Concentrations des principaux pesticides à 30 m



Concentrations des principaux pesticides à 30 m

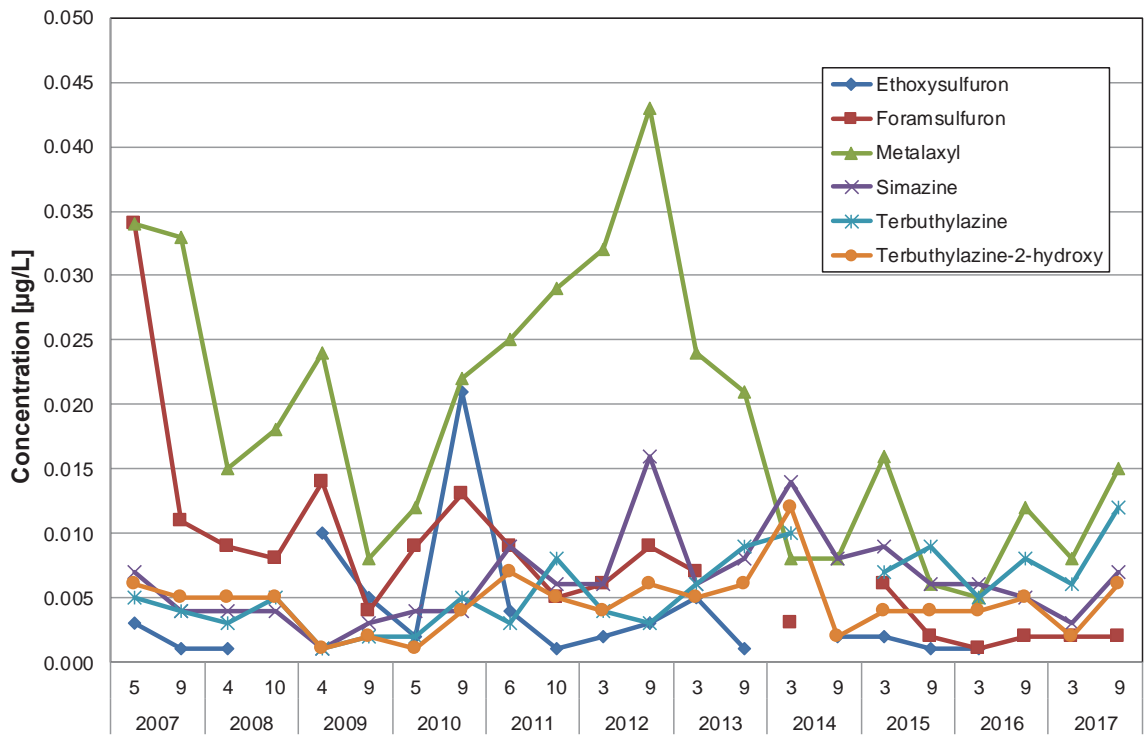


Figure 3 : Evolution des concentrations en divers pesticides au centre du Léman à 30 m (station SHL2) de 2004 à 2017.

Figure 3 : Change in the concentrations of some pesticide at 30 m in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2017.

La figure 4 présente, à la profondeur de 30 m, les concentrations cumulées d'atrazine et de ses métabolites. Depuis 2017, l'atrazine-desethyl-desisopropyl-2-hydroxy et l'atrazine-desethyl--2-hydroxy ne sont plus suivies par le laboratoire.

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 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 (Raetz et al. 2017).

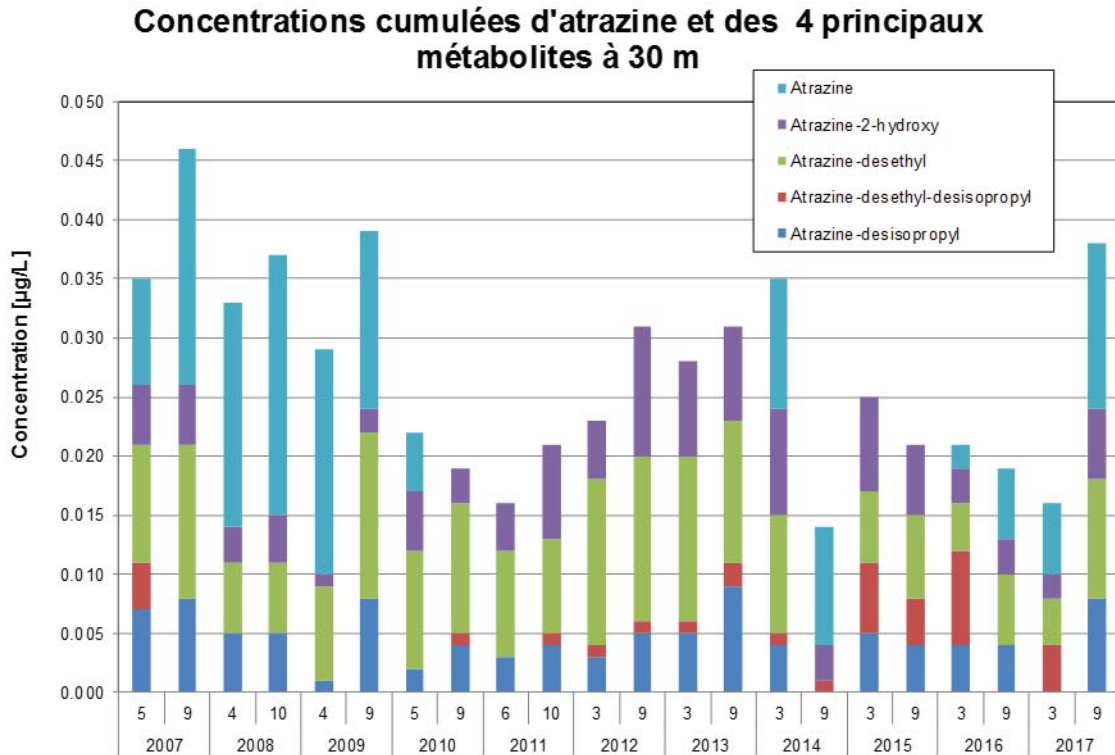


Figure 4 : Evolution des concentrations de l'atrazine et de ses 4 principaux métabolites à 30 m (station SHL2) de 2004 à 2017.

Figure 4 : Change in the concentrations of atrazine and four of its main metabolites at 30 m in the center of Lake Geneva (SHL2) between 2004 and 2017.

Tableau 5 : Produits phytosanitaires (et leurs métabolites*) décelés dans le Léman à SHL2 le 26 mars et le 25 septembre 2017 à quatre profondeurs.

Table 5 : Pesticides (and their metabolites*) detected in Lake Geneva samples at SHL2 of 26 March and 25 September 2017 at four depths.

Pesticides (µg/L)	NQE-MA *				21.03.17		26.09.17		21.03.17		26.09.17		21.03.17		26.09.17	
	1 m	1 m	30 m	30 m	100 m	100 m	30 m	30 m	100 m	100 m	100 m	100 m	305 m	305 m	305 m	305 m
Ametryn	nd	nd	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd	0.001	0.001	0.001	nd	0.002	0.002	0.002	nd
Amidosulfuron	0.003	0.002	0.002	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.007	0.007
AMPA	0.007	na	0.018	na	0.018	0.018	na	na	0.018	0.018	0.018	na	0.047	0.047	na	na
Atrazine	0.007	0.009	0.006	0.014	0.006	0.007	0.014	0.016	0.007	0.007	0.016	0.016	0.01	0.01	0.023	0.023
Atrazine-2-hydroxy	0.002	0.004	0.002	0.006	0.002	0.002	0.006	0.007	0.002	0.002	0.007	0.007	0.003	0.003	0.01	0.01
Atrazine-desethyl	0.005	0.008	0.004	0.01	0.004	0.005	0.01	0.011	0.005	0.005	0.011	0.011	0.006	0.006	0.014	0.014
Atrazine-desethyl-desisopropyl	nd	nd	0.004	nd	0.004	nd	nd	0.009	nd	nd	0.009	0.009	nd	nd	nd	nd
Atrazine-desisopropyl	0.005	0.007	nd	0.008	nd	0.005	0.008	nd	0.005	0.005	nd	nd	0.005	0.005	0.011	0.011
Chlorotoluron	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004
Cloquintocet	nd	nd	nd	0.002	nd	nd	0.002	0.002	nd	nd	0.002	0.002	nd	nd	0.003	0.003
Cyproconazole	0.003	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.004	0.004	0.003	0.003
Dichlorobenzamide-2,6	0.003	0.007	0.003	0.014	0.003	0.004	0.014	0.01	0.004	0.004	0.01	0.01	0.004	0.004	0.014	0.014
Diuron	0.004	0.004	0.003	0.006	0.003	0.004	0.006	0.006	0.004	0.004	0.006	0.006	0.004	0.004	0.007	0.007
Ethoxysulfuron	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd
Fluometuron	0.004	nd	0.004	0.002	0.004	0.004	0.002	0.002	0.004	0.004	0.002	0.002	0.007	0.007	0.004	0.004
Foramsulfuron	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003
Furalaxyl	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.001	0.001
Glyphosate	0.004	na	0.003	na	0.003	0.004	na	na	0.004	0.004	na	na	nd	nd	na	na
Iodosulfuron-méthyl	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004
Linuron	nd	nd	nd	0.002	nd	nd	0.002	0.001	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd	nd	nd
Mecoprop	0.003	0.005	0.003	0.006	0.003	0.003	0.006	0.005	0.003	0.003	0.005	0.005	0.002	0.002	0.005	0.005
Metalaxyl	0.008	0.008	0.008	0.015	0.008	0.009	0.015	0.018	0.009	0.009	0.018	0.018	0.014	0.014	0.032	0.032
Métolachlore	0.004	0.003	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.01	0.01
Prometryne	nd	nd	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Propiconazole	0.004	0.004	0.004	0.006	0.004	0.005	0.006	0.007	0.005	0.005	0.007	0.007	0.005	0.005	0.009	0.009
Secbumeton	nd	nd	nd	0.001	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd	0.001	0.001
Simazine	0.004	0.004	0.003	0.007	0.003	0.004	0.007	0.007	0.004	0.004	0.007	0.007	0.005	0.005	0.011	0.011
Simazine, 2-Hydroxy-	nd	0.001	nd	0.001	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd	0.002	0.002
Terbumeton	nd	0.003	nd	0.004	nd	nd	0.004	0.004	nd	nd	0.004	0.004	nd	nd	0.005	0.005
Terbutylazine	0.007	0.009	0.006	0.012	0.006	0.008	0.012	0.012	0.008	0.008	0.012	0.012	0.008	0.008	0.013	0.013
Terbutylazine, Deséthyl-	0.004	0.008	0.004	0.008	0.004	0.005	0.008	0.008	0.005	0.005	0.008	0.008	0.004	0.004	0.009	0.009
Terbutylazine-2-hydroxy	0.003	0.005	0.002	0.006	0.002	0.003	0.006	0.006	0.003	0.003	0.006	0.006	0.003	0.003	0.008	0.008
Terbutryne	0.001	0.001	nd	0.001	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd	0.001	0.001	nd	nd	0.002	0.002
Somme des pesticides	0.091	0.096	0.093	0.151	0.093	0.113	0.151	0.158	0.113	0.113	0.158	0.158	0.155	0.155	0.217	0.217
Max	0.008	0.009	0.018	0.015	0.018	0.018	0.015	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.047	0.047	0.032	0.032
Nombres de substances détectées	23	21	23	27	23	24	27	27	24	24	27	27	24	24	27	27

* Norme de qualité environnementale maximale admissible

(a) DIRECTIVE 2008/105/EC

(b) Base de données du centre Ecotox l'ÉAWAG

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

4.3. MÉDICAMENTS

La surveillance des résidus médicamenteux comprend 3 prélèvements effectués en février, juin et septembre 2017 à 15 et 100 m de profondeur. Les résultats sont présentés dans le tableau 6.

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. Néanmoins les concentrations en carbamazépine, mepivacaïne et carisoprolol ont diminué par rapport aux années 2007 et 2010 démontrant une diminution de la source de contamination. A noter la détection de deux antibiotiques - le sulfaméthoxazole et la méthénéamine, et du tramadol (analgésique) à partir de 2017.

Fig. 5 a)

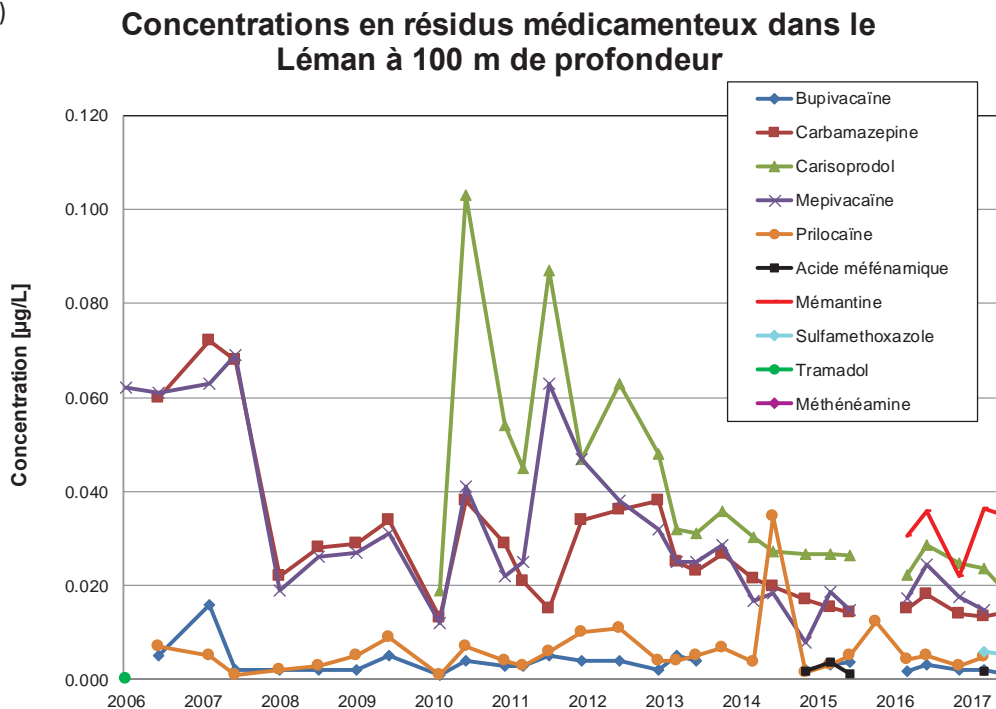
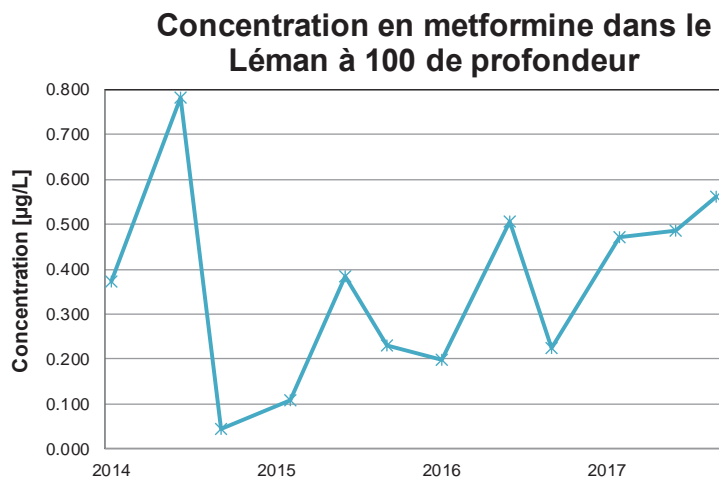


Fig. 5 b)



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

Figures 5 a) and b): Change in some pharmaceutical concentrations since 2006 at 100m depth Geneva (SHL2) (a) and metformin (b).

Tableau 6 : Résidus médicamenteux décelés dans le Léman à la station SHL2 le 15 février, le 2 juin et le 25 septembre 2016 à 100 m de profondeur.

Table 6 : Pharmaceuticals detected in Lake Geneva samples at SHL2 of 15 February, 2 June and 25 September 2016 at 100m depth.

Substance	Type	NQE	15.02.2017	02.06.2017	25.09.2017
			µg/L		
Bupivacaïne	Anesthésiant	-	0.0022	0.0021	0.0013
Carbamazépine	Anti-épileptique	2.0	0.0139	0.0133	0.0142
Carisoprodol	Myorelaxant	-	0.0247	0.0236	0.0191
Mépipivacaïne	Anesthésiant	-	0.0176	0.0149	
Metformine	Antidiabétique	156.0	0.472	0.485	0.562
Prilocaine	Anesthésiant	-	0.0028	0.0049	
Acide méfénamique	Anti-inflammatoire	1.0		0.0017	
Mémantine	Maladie Alzheimer	-	0.0221	0.0364	0.0349
Sulfaméthoxazole	Antibiotique	0.6		0.0058	0.0054
Tramadol	Analgésique	-		0.003	
Méthénamine	Antibiotique	-			0.0588

4.4. AUTRES SUBSTANCES

Le 1,4-dioxane a été trouvé à des teneurs de 0.3 et 0.4 µg/L dans les deux campagnes d'analyse de juin et septembre à 100 m. 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 première de ces limites tout en étant néanmoins proches.

5. CONCLUSION

Les résultats du programme 2017 de surveillance des eaux du lac confirment les résultats des années précédentes :

- les teneurs en éléments trace métalliques 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 0.09 et 0.22 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, mis en place en 2017 a commencé à montrer son efficacité sur les eaux du Rhône lors du dernier trimestre 2017 (BERNARD et al. 2018) ce qui devrait se répercuter en 2018 sur la qualité des eaux du Léman. 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., 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.
- 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.
- KLEIN A. (2017) : Métaux et micropolluants organiques dans les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut. Campagne 2016, 125-142
- 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.
- 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.
- VARGAS, S. (2018) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2017, 165-175.
- Base de données NQE du centre Ecotox, EAWAG.
<http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/>

ANNEXES

Tableau 7 : liste des substances recherchées dans les eaux du Léman (SHL2)

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

Paramètres	N° CAS	Catégories
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
Amitraze	33089-61-1	Acaricide
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,Déisopropyl-	1007-28-9	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	Nematicide
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-desphenyl	6339-19-1	Métabolite, Herbicide chloridazon
Chlorobromuron	13360-45-7	Herbicide
Chlorotoluron	15545-48-9	Herbicide
Chloroxuron	1982-47-4	Herbicide
Chlorphénapyr	122453-73-0	Acaricide

Paramètres	N° CAS	Catégories
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-methyl	919-86-8	Insecticide
Demeton-S-methyl-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, Herbicide dichlobenil
Dichlorprop-methyl	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
Difenoxyuron	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
Dimethylphenyl-N'-methylformamidine, 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
Ethion	563-12-2	Acaricide

Paramètres	N° CAS	Catégories
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	Nematicide
Fenamiphos-sulfoxide	31972-43-7	Nematicide
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	Nematicide
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
Fluometuron	2164-17-2	Herbicides
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
Forchlorfénuron	68157-60-8	Régulateur de croissance
Fosthiazate	98886-44-3	Nematicide
Fuberidazole	3878-19-1	Fongicide
Furalaxyl	57646-30-7	Fongicide
Haloxypyr	69806-34-4	Herbicide
Haloxypyr-méthyl	69806-40-2	Herbicide
Hexaconazole	79983-71-4	Fongicide
Hexaflumuron	86479-06-3	Insecticide
Hexythiazox	78587-05-0	Acaricide
Hydroxycarbofuran, -3	16655-82-6	Insecticide
Imazalil	35554-44-0	Fongicide
Imazamox	114311-32-9	Herbicide

Paramètres	N° CAS	Catégories
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
Isoprocab	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
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
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
Methoxyfenozide	161050-58-4	Insecticide
Metobromuron	3060-89-7	Herbicide
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	79510-48-8	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
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

Paramètres	N° CAS	Catégories
Omethoate	1113-02-6	Insecticide
o-Phthalimide	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-méthyle	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	Nematicide
Phenmédiophame	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	113036-87-6	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	145026-81-9	Herbicides
Proquinazid	189278-12-4	Fongicide
Prosulfocarb	52888-80-9	Herbicide
Prothiofos	34643-46-4	Insecticide
Pymetrozine	123312-89-0	Insecticide
Pyraclostrobine	175013-18-0	Fongicide
Pyraflufen	129630-17-7	Herbicide
Pyraflufen-éthyl	129630-19-9	Herbicide
Pyréthres	8003-34-7	Insecticide
Pyridabene	96489-71-3	Insecticide
Pyrifénox	88283-41-4	Fongicide

Paramètres	N° CAS	Catégories
Pyrifthalide	135186-78-6	Herbicide
Pyriméthanol	53112-28-0	Fongicide
Pyrimiphos-méthyl	29232-93-7	Insecticide
Pyriproxphène	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-éthyle	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-méthyle	317815-83-1	Herbicide
Thifensulfuron -méthyle	79277-27-3	Herbicide
Thiobencarb	28249-77-6	Herbicide
Thiocyclame	31895-21-3	Insecticide
Thiodicarbe	59669-26-0	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
Triadiménol	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

Paramètres	N° CAS	Catégories
Trifloxysulfurone	145099-21-4	Herbicide
Triflumuron	64628-44-0	Insecticide
Triflurosulfuron-methyl	126535-15-7	Herbicide
Triforine	26644-46-2	Fongicide
Trinexapac	104273-73-6	Régulateur de croissance
Triticonazole	131983-72-7	Fongicide
Tritosulfuron	142469-14-5	Herbicide
Vamidothion	2275-23-2	Insecticide
Zoxamide	156052-68-5	Fongicide