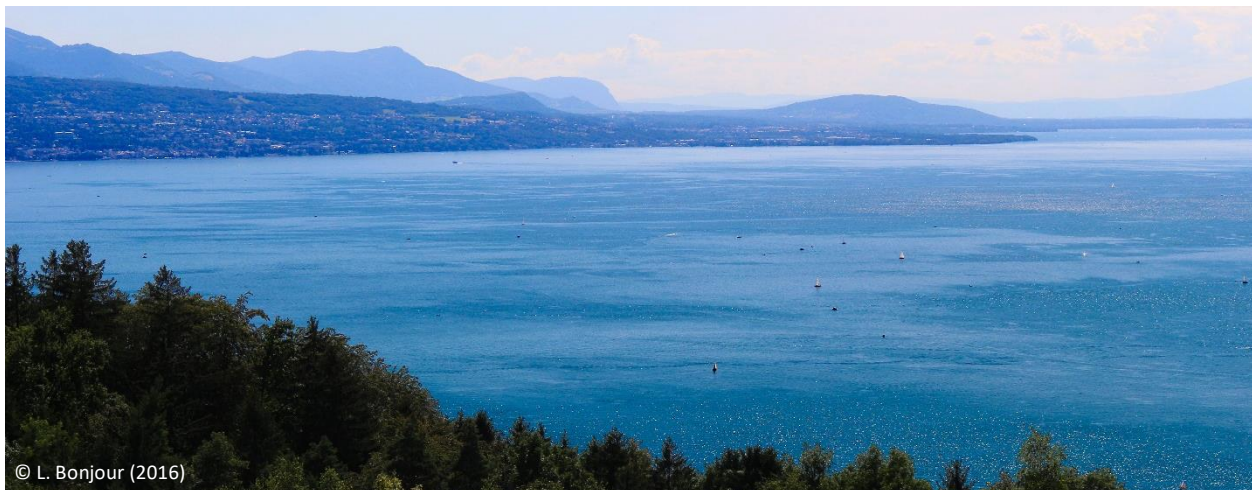


SURVEILLANCE DES MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX DU LEMAN ET DE SES AFFLUENTS



Romain GAILLARD

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

ENCADRE PAR

Nathalie CHEVRE

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

Adrien ORIEZ

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 (PRE) – Chimie des Eaux et PCAM
Chemin des Boveresses 155 -CP33 CH-1066 EPALINGES

SOMMAIRE

1.	CONTEXTE ET INTRODUCTION	5
2.	BASE DE DONNEES	6
2.1	Harmonisation et consolidation des résultats	7
2.2	Situation actuelle et principales tendances	9
3.	PRINCIPALES ADAPTATIONS DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE	11
3.1	Bilan général	12
3.2	Programme de surveillance actuel	15
4.	ETAT DES LIEUX	15
4.1	Organismes consultés	15
4.2	Substances non-analysées par la CIPEL	17
4.6	Consultations complémentaires	20
5.	CRITERES DE SELECTION	22
5.1	Choix des critères	22
5.2	Application	24
5.2.1	Première sélection – Détection/quantification	24
5.2.2	Deuxième sélection – Détection/quantification + écotoxicité	26
5.2.3	Troisième sélection – Détection/quantification + écotoxicité proche/dépassée	27
6.	CONCLUSION	29
7.	BIBLIOGRAPHIE	30
7.1	Publications	30
7.2	Sites et articles web	31
8.	ANNEXES	31
8.1	Fiche descriptive de la « base de données micropolluants à SHL2 »	31
8.2	Infographies des adaptations du programme de surveillance	36
8.2.1	Substances diverses	36
8.2.2	Substances médicamenteuses	37
8.2.3	Métaux lourds en traces totales et dissoutes	38
8.2.4	Substances phytosanitaires	39
8.3	Tableaux des substances jamais analysées dans le Léman par la CIPEL	40
8.3.1	Substances diverses	40
8.3.2	Substances médicamenteuses	43
8.3.3	Métaux lourds en traces totales et dissoutes	45
8.3.4	Substances phytosanitaires	45
8.4	Tableaux des substances jamais analysées dans le Léman par la CIPEL et détectées/quantifiées par les autres organismes de surveillance	47
8.4.1	Substances diverses	47

8.4.2 Substances médicamenteuses	49
8.4.3 Métaux en traces totales et dissoutes.....	49
8.4.4 Substances phytosanitaires	50

1. CONTEXTE ET INTRODUCTION

Le développement des activités anthropiques a une influence directe sur les milieux naturels qui n'est pas sans risque. Le changement climatique actuel en est un excellent exemple à l'échelle mondiale. À plus petite échelle, on observe également de nombreux changements et influences des sociétés humaines sur l'environnement et l'écosystème lacustre du Léman ne déroge pas à la règle. Il suffit de revenir quelques décennies en arrière pour comprendre les enjeux de la surveillance du milieu lacustre.

Prenons par exemple le flux de phosphore dans le lac, initialement présent de manière naturelle. Avant les années 1960, les concentrations de phosphore se situaient autour de 15 µg/L alors que dans les années 1970, les concentrations ont augmenté jusqu'à atteindre 89.5 µg/L en 1979. Le lac était par conséquent en situation d'eutrophisation et la source de ce surplus d'apport en phosphore, assimilée à une micropollution, a dû être rapidement identifiée. En l'occurrence, l'ensemble des acteurs de l'eau du bassin lémanique ont été sollicités afin d'effectuer de nombreux changements et améliorations, principalement dans l'assainissement des eaux usées ainsi que par l'interdiction des phosphates dans la composition des lessives¹. Cet exemple illustre de manière claire la relation entre l'homme et son environnement, par son influence omniprésente sur les milieux naturels. On le comprend, les effets de nos activités ne sont pas toujours positifs et ils ne sont bien entendu pas sans conséquences. Toutefois, cette problématique montre également l'efficacité et le rôle fondamental de la Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL) qui a pu surveiller et évaluer ce changement, avertir et sensibiliser à temps les acteurs concernés afin de finalement coordonner une diminution des concentrations en phosphore au sein du Léman pour atteindre moins de 20 µg/L aujourd'hui (objectif de 10-15 µg/L pour 2020).

Depuis sa création en 1962, la CIPEL a donc permis une surveillance accrue de la qualité des eaux du Léman tout en passant à l'action lorsque cela était nécessaire. C'est le plan d'action décennal, mis à jour en fonction des diverses problématiques touchants la région lémanique, qui guide la CIPEL vers ses objectifs. Dès 2004, par la création d'un groupe de travail ad hoc et dans le cadre du plan d'action actuel, allant de 2011 à 2020, la CIPEL a nettement renforcé la surveillance des rejets anthropiques dans le lac et plus particulièrement autour de la thématique des micropolluants. Le but étant non seulement de préserver les écosystèmes lacustres mais également de permettre l'alimentation en eau potable de plus de 900'000 personnes (Plagellat et Klein, 2019). Comme le mentionne l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), les substances micropolluantes ont différentes sources, ponctuelles et/ou diffuses et proviennent de nombreux produits d'usage courant. Elles peuvent porter atteinte aux organismes aquatiques ainsi qu'à la qualité des eaux malgré de très faibles concentrations². Rien qu'en Suisse, on comptabilise plus de 120'000 substances homologuées sur le marché. Les principales catégories de micropolluants organiques sont les médicaments, les pesticides, les cosmétiques, les retardateurs de flamme, etc. Auxquelles s'ajoutent les micropolluants inorganiques, les métaux lourds en traces (totaux et dissous). À noter que pour l'ensemble de ce travail, les retardateurs de flammes et autres substances inclassables sont comprises dans une catégorie nommée « micropolluants divers ».

¹ Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL). *Phosphore et santé du Léman*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.cipel.org/themes/phosphore/> (consulté le 5 août 2020)

² Office fédéral de l'environnement (OFEV). *Thème Eaux, qualité des eaux, micropolluants*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/info-specialistes/etat-des-eaux/etat-des-cours-deau/qualite-des-cours-deau/micropolluants-dans-les-cours-deau.html> (consulté le 5 août 2020)

Enjeu majeur de son prochain plan d'action 2021-2030, la surveillance des micropolluants dans les eaux du Léman a fortement évolué depuis les premières recherches en 1976. Pourtant, les connaissances scientifiques manquent encore pour renseigner le comportement physico-chimique de nombreuses substances dans le milieu aquatique ainsi que leur réelle influence sur les écosystèmes lacustres, notamment au travers des normes de qualité environnementale (NQE). C'est par cette volonté de connaissance et de recul sur les recherches effectuées qu'un travail de stage a été mis en place au sein du secrétariat permanent de la CIPEL. L'objectif principal est d'effectuer un travail préliminaire dans le cadre de la future stratégie de surveillance des micropolluants du Léman (relevés au point de mesures SHL2) et de ses affluents, appliquée dès 2021.

Les différentes tâches effectuées dans le cadre de ce travail sur les micropolluants sont les suivantes :

- Harmonisation et consolidation de la base de données « micropolluants »
- Caractérisation de l'évolution des concentrations (tendances)
- Compilation des principales adaptations du programme de surveillance
- Etat des lieux des substances recherchées sur le territoire de la CIPEL ainsi qu'en dehors
- Proposition de critères de sélection des substances actives pour le Léman et ses affluents
- Réalisation d'une veille sur les substances particulières

2. BASE DE DONNEES

Elément essentiel pour la compilation des données, la structuration de la base de données des micropolluants échantillonnés dans le Léman à SHL2 (cf. figure 1) constitue la première étape de ce travail de stage. Auparavant, à chaque nouvelle campagne et publication d'un rapport, un nouveau fichier était constitué afin de mettre en avant les tendances à court ou à moyen terme et ne permettait pas de garder une trace de toutes les analyses. De plus, le formatage des données n'était pas optimal, l'ensemble était séparé par catégorie de micropolluant et n'était pas harmonisé et de nombreuses analyses n'y figuraient pas. La figure 2 en fin de chapitre illustre le développement complet de la base de données.

- 1) **Objectif** = Harmoniser, consolider, faciliter l'intégration des nouveaux résultats et rendre compte des tendances des concentrations
- 2) **Livrable** = Base de données Excel complète et uniforme en un seul et même fichier

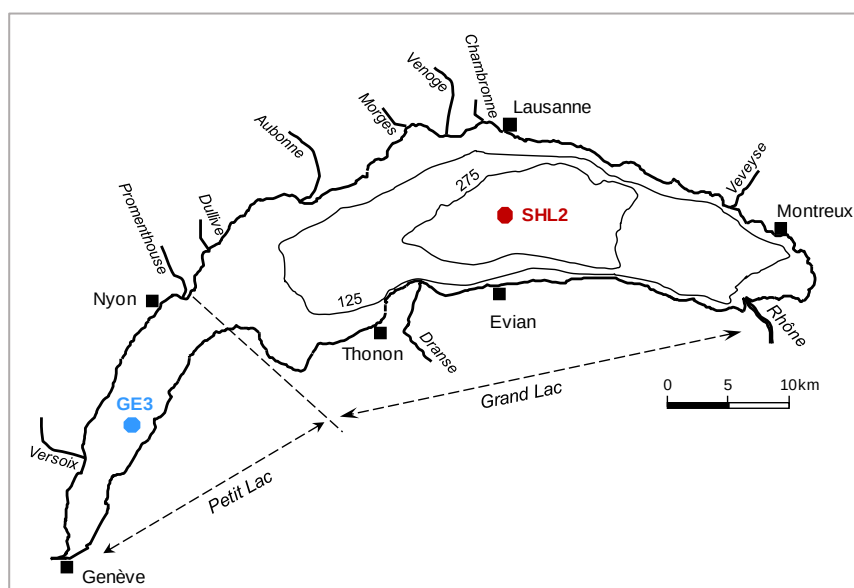


Figure 1 : Situation des points de prélèvement SHL2 et GE3 sur le Léman

2.1 Harmonisation et consolidation des résultats

Cette partie est constituée de deux étapes imbriquées l'une dans l'autre (cf. figure 2). Tout d'abord, un format uniforme a été mis en place par Adrien Oriez (CIPEL) et communiqué aux laboratoires d'analyses du Scitec SA (Lausanne) et du SECOE (Genève) afin de répondre au besoin d'harmonisation des données. Ce nouveau formatage a été introduit directement dans le cadre des conventions des campagnes de 2020 entre les laboratoires et la CIPEL. Le tableau ci-dessous illustre les 17 attributs nécessaires à l'harmonisation des résultats dans la base de données.

Tableau 1 : Tableau des attributs pour l'envoi des résultats des laboratoires tiré de la convention 2020 avec le SECOE (GE)

ATTRIBUTS	FORMAT	DESCRIPTION
Identifiant CIPEL	[TEXTE]	Numérotation pour l'archivage CIPEL (laisser vide)
Laboratoire	[TEXTE]	Nom du laboratoire
Identifiant laboratoire	[TEXTE]	Numérotation de l'analyse au sein du laboratoire
Groupe de paramètres	[TEXTE]	Catégorie du paramètre (Pesticides, Métaux, Résidus médicamenteux ou Autres)
Méthode	[TEXTE]	Appareil ou méthode utilisé par le laboratoire
Date de prélèvement	[jj.mm.aaaa]	Date du prélèvement
Profondeur	[TEXTE]	Profondeur du prélèvement : 1,15,30,100,305, mélange 1:1 (1m+30m) ou mélange 1:1 (200m+305m)
Substances	[TEXTE]	Nom de la substance
N° CAS	[TEXTE]	Numéro CAS de la substance
Type	[TEXTE]	Type de substance (Fongicide, Herbicide, Insecticide, Herbicide - Métabolite)
Date d'analyse	[jj.mm.aaaa]	Date d'analyse par le laboratoire
Unité	[TEXTE]	Unité des résultats ([µg/L] ou [ng/L])
Résultat	[NUMERIQUE]	Résultat de l'analyse
Incertitude de mesure	[NUMERIQUE]	L'incertitude correspond à l'incertitude moyenne sur la plage de quantification
LOQ	[NUMERIQUE]	Limite inférieure de quantification
LOD	[NUMERIQUE]	Limite inférieure de détection
Remarque	[TEXTE]	Indiquer toute particularité vis-à-vis de l'analyse ou des résultats

Cela a permis de gagner en lisibilité et en efficacité car l'ensemble des attributs fournit facilement les informations nécessaires, notamment dans le cadre des rapports scientifiques. Ajouté à cela, le but est bien évidemment de simplifier l'intégration des résultats des laboratoires dans la base de données afin de ne pas perdre trop de temps à chaque réception. Malgré tout, il est évident que des petites retouches devront être effectuées au cas par cas, telles que l'identifiant CIPEL ou la notation des formats textes qui peut très rapidement varier et poser ensuite des soucis dans la base de données (e.g. lorsque l'on aimerait filtrer les données sous Excel).

La base de données a ensuite nécessité une certaine consolidation, qui découlait en grande partie de ce nouveau formatage. En effet, les nombreuses analyses effectuées dans les campagnes précédentes ne possédaient souvent pas l'ensemble des informations détaillées des attributs du tableau 1. Il était par conséquent nécessaire de renseigner ces éléments en consultant les rapports scientifiques annuels

ainsi que les fiches de résultats envoyées par les différents laboratoires d'analyses. En parallèle, de nombreuses analyses historiques ont été valorisées par leur intégration dans l'archivage numérique ainsi que dans la base de données. En finalité, chaque catégorie de micropolluant possède trois onglets propres rassemblant les résultats, un suivi graphique rapide ainsi que les caractéristiques des substances (dont les informations doivent être complétées).

Ci-dessous, la figure 2 illustre une synthèse du développement de la base de données. Pour plus d'informations détaillées au sujet de son fonctionnement, une fiche descriptive est consignée dans les annexes de ce travail et figure au même emplacement que la base de données complète sur les micropolluants (F:\CIPEL\1. Poste-SG\DONNEES\Eau\Lac\Micropolluants\3_SHL2). À noter que l'accès public à cette base de données sera discuté lors de la prochaine séance du Conseil Scientifique, dans le cadre des réflexions sur l'Observatoire du Léman intégrée dans le Plan d'Action 2021-2030 de la CIPEL.

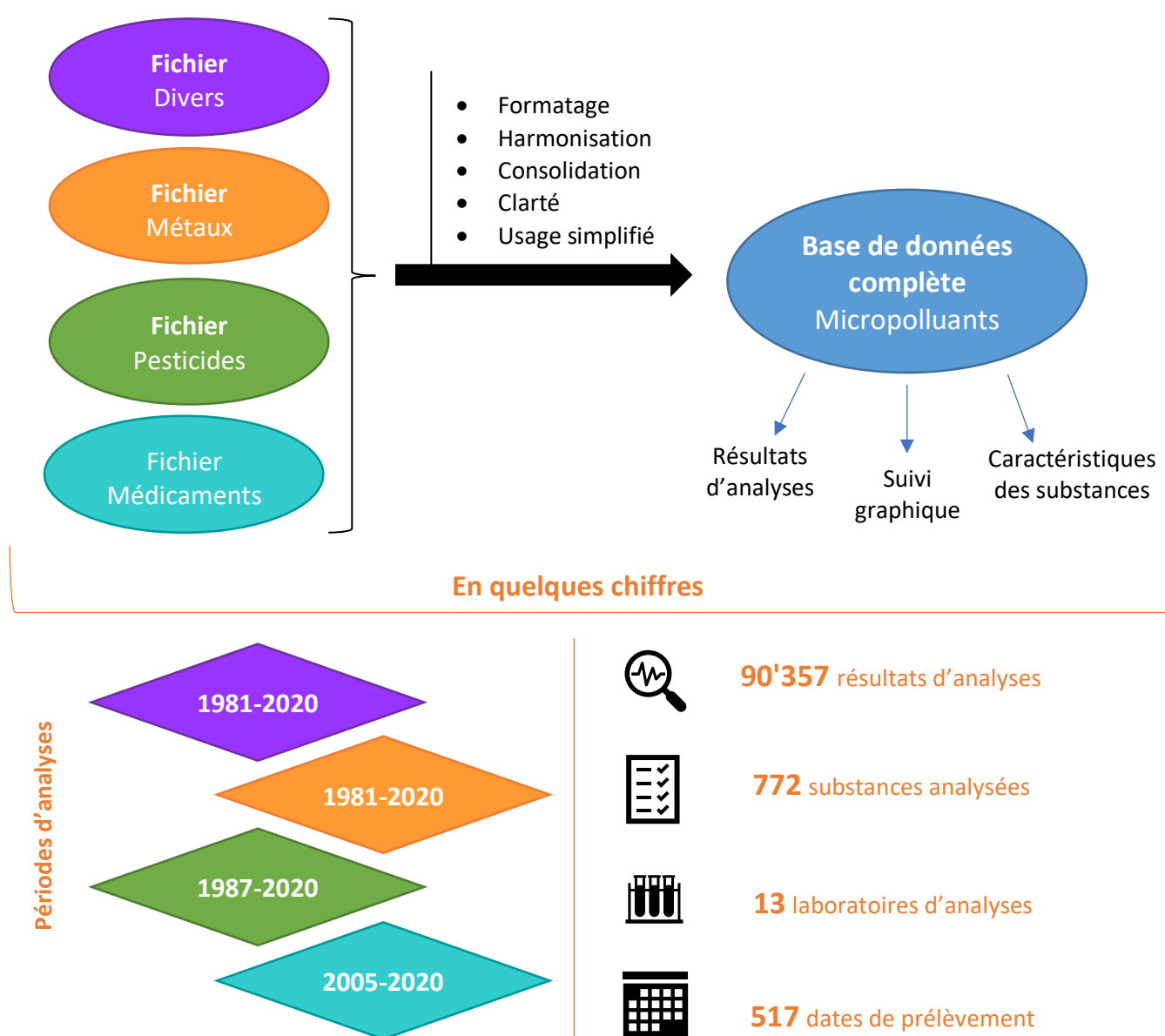


Figure 2 : Processus de développement de la base de données des micropolluants du Léman à SHL2 et statistiques

2.2 Situation actuelle et principales tendances

L'évolution temporelle des concentrations en micropolluants dans les eaux du Léman est consignée dans le rapport scientifique publié par la CIPEL chaque année et auquel j'ai eu la chance de pouvoir prendre part dans l'écriture. Sans redondance par rapport à ce qui y est énoncé, je trouve intéressant de revenir rapidement sur l'état actuel des concentrations de micropolluants dans les eaux afin de situer l'entièreté du propos. Un paragraphe est consacré aux concentrations inhabituelles en metformine et guanylurée.

Pour la campagne effectuée en 2019, les teneurs en métaux lourds en traces restent stables et respectent les exigences légales suisses et françaises dédiées à la protection de l'environnement et des eaux de boisson. Le cadmium total (cf. figure 3) est concerné par des valeurs élevées qui sont très certainement dues à une contamination des flacons. Ce fut déjà

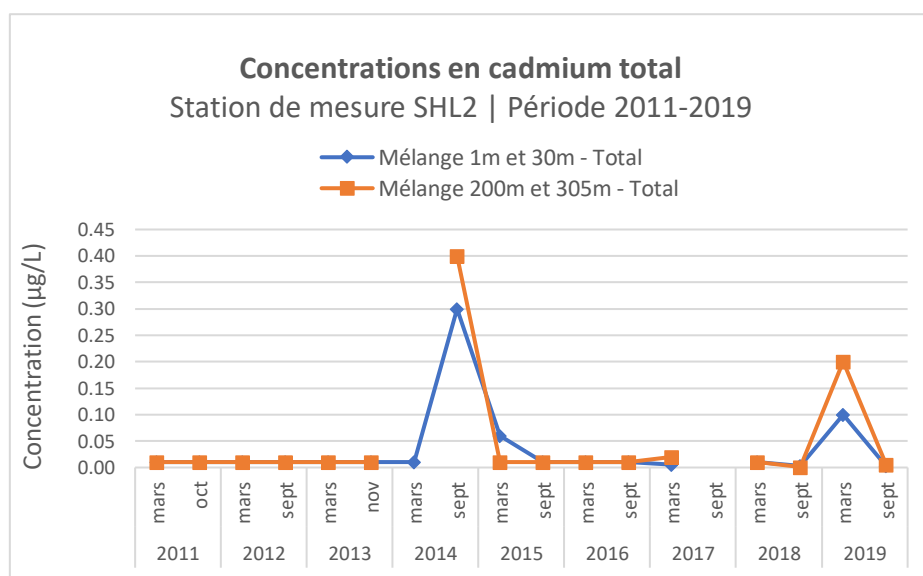


Figure 3 : Evolution des concentrations en cadmium au centre du Léman (SHL2) de 2011 à 2019

le cas avec les valeurs aberrantes de 2014. Les conventions mises en place avec les laboratoires actuels doivent permettre une meilleure protocolisation des analyses afin d'éviter que cela se reproduise (e.g. avec la méthode des flacons blancs).

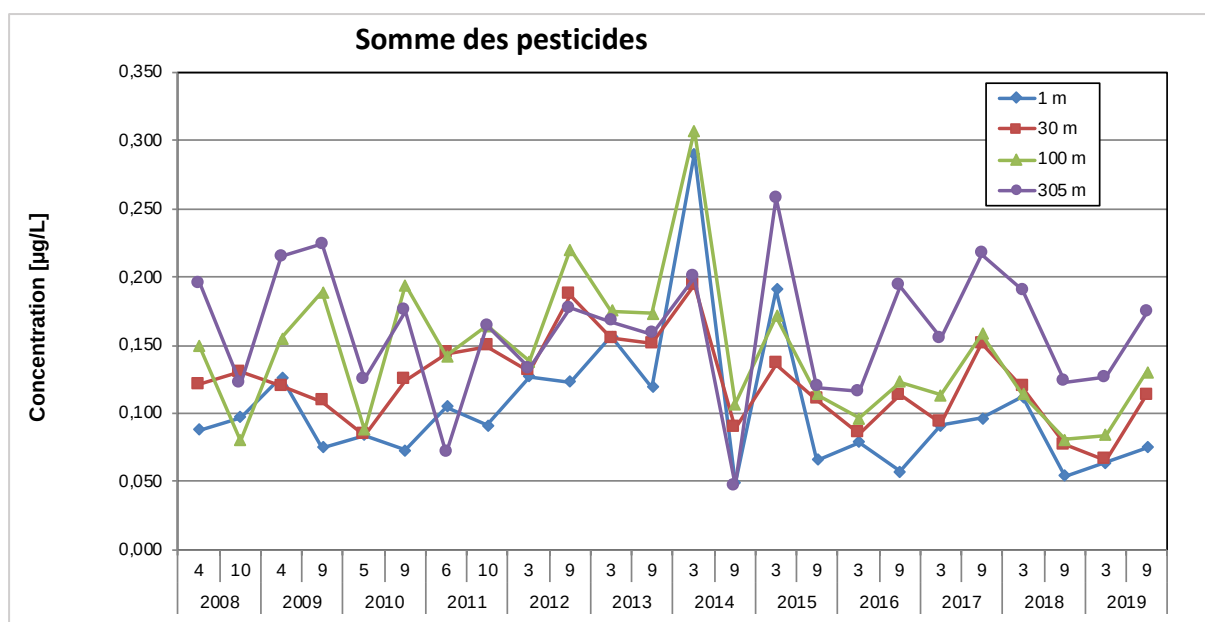


Figure 4 : Evolution de la somme des concentrations en pesticides totaux au centre du Léman (SHL2) de 2008 à 2019

La somme des concentrations en pesticides totaux pour chaque profondeur reste relativement stable (cf. figure 4) et est située en-dessous du seuil maximal de 0.5 µg/L autorisé dans les eaux de boisson (Directive CE/98/83 et OPBD 2016). Les concentrations sont par ailleurs plus élevées à 305 mètres de profondeur depuis la campagne de 2015. Ceci est très certainement dû à une accumulation des concentrations lié au manque de brassage complet de la colonne d'eau, n'ayant pas eu lieu depuis l'hiver 2011-2012 (Lazzarotto, Quetin et Klein, 2013). Individuellement, les législations suisses et françaises sont également respectées. Les concentrations décelées sont stables et restent en-dessous des NQE des directives européennes (Directive 2008/105/EC provenant de la Directive 2000/60/CE) et des critères de qualité en exposition chronique et aiguë du centre écotoxicologique suisse³.

Surveillées de manière parfois aléatoire par le passé, peu de substances diverses sont actuellement recherchées dans les eaux du Léman. Le 1,4-dioxane possède les concentrations les plus élevées mais elles ne dépassent pas les seuils recommandés par l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) en 2014. Pour rappel, il s'agit de 6.6 µg/L pour la fermeture des captages et de 0.66 µg/L pour initier une recherche de solutions pour les captages. La benzidine et son métabolite ne sont pas quantifiés et le perchlorate possède des teneurs inférieures au seuil de quantification analytique (Chèvre, Gaillard et Plagellat, 2020)..

Dans le cadre des médicaments, seules l'azithromycine, la clarithromycine et le diclofénac possèdent une valeur seuil définie dans la législation suisse. Leur surveillance fluctue par conséquent en fonction de la substance concernée mais malgré tout, elles ne sont pas les bienvenues dans l'écosystème lacustre et il est fondamental de réduire leurs concentrations au strict minimum afin de pérenniser l'alimentation en eau du bassin lémanique.

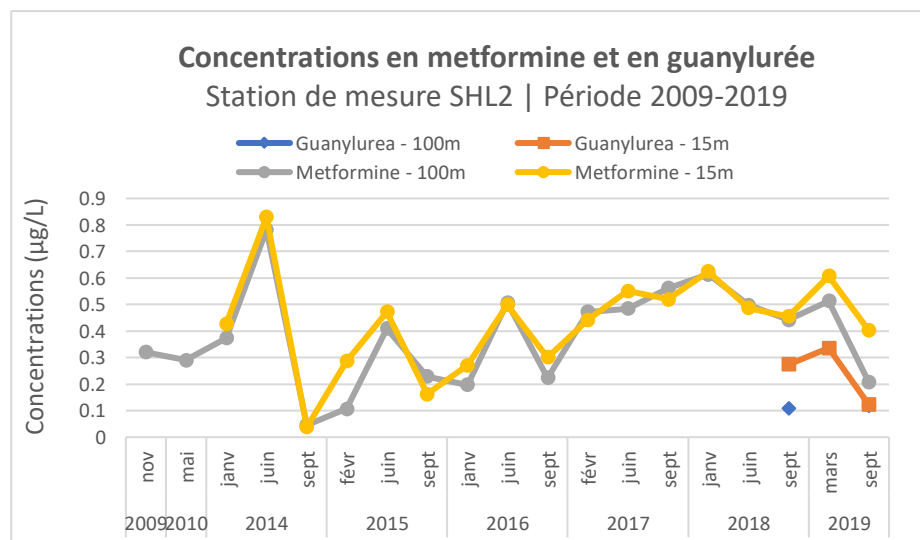


Figure 5 : Evolution des concentrations en metformine et en guanylurée au centre du Léman (SHL2) de 2009 à 2019

On peut s'attarder sur deux substances médicamenteuses dont l'évolution est récemment particulière. Il s'agit de la metformine (anti-diabétique) et de son métabolite, la guanylurée, recherchées respectivement depuis 2009 et 2018 dans les eaux du Léman à SHL2. En 2019 dans le Léman, la différence de concentration en metformine se creuse entre les profondeurs de 15 mètres et 100 mètres (cf. figure 5). En effet, malgré des valeurs absolues plus basses qu'en mars, la différence atteint 0.295 µg/L en septembre 2019 avec des concentrations plus élevées à 15 mètres. L'incertitude des résultats est comprise entre 16% et 22% et n'a pas d'influence sur la différence entre les deux

³ Centre Ecotoxicologique suisse. Prestations d'expert. Norme de qualité environnementale. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/> (consulté le 25 mai 2020)

profondeurs qui reste bel et bien présente. Les recherches effectuées dans la littérature n'ont pas permis d'identifier les raisons spécifiques d'une augmentation similaire de la différence. En revanche, l'article de Trautwein *et al.* (2014) met en avant des concentrations deux fois plus élevées entre 20 mètres et 230 mètres par rapport à 1 mètre dans le Lac de Constance. Cet élément va plutôt dans le sens inverse de ce que l'on retrouve dans le Léman et n'explique donc pas nos résultats. La relation de transformation et de dégradation entre la metformine et la guanylurée est également variable et doit encore être renseignée, d'autres voies de dégradation doivent exister (Trautwein *et al.*, 2014 ; Baptiste *et al.*, 2019) et d'autres produits de dégradation intermédiaires ont même été détectés (Elizalde-Velasquez et Gomez-Olivan, 2019). Associée à la metformine, la guanylurée est détectée dans les eaux du Léman mais les concentrations sont encore plus importantes dans les eaux du Rhône amont avec un maximum de 2.9 µg/L de guanylurée et de 1.3 µg/L en avril 2019 (Bernard, Mange et Maeder, 2020). Ceci est confirmé dans la littérature, notamment par Elizalde-Velasquez et Gomez-Olivan (2019) qui témoignent de concentrations plus importantes dans les rivières et les fleuves. La forte dégradation de la metformine dans les stations d'épuration (STEP) augmente considérablement les concentrations en guanylurée dans les effluents en fonction des processus de traitement utilisés et semble expliquer les fortes concentrations de guanylurée retrouvées dans le Rhône (Caldwell *et al.*, 2018). L'inversion des concentrations avec le Léman, possédant plus de metformine que de guanylurée, est confirmée dans la littérature mais n'est pas totalement renseignée. Il est clair que ces deux substances méritent de plus amples investigations, notamment dans le cadre de leurs voies de dégradation, et la mise en avant récente de trois autres métabolites de la metformine (4-DAT, 2,4-AMT et MBG) en est la preuve (Elizalde-Velasquez et Gomez-Olivan, 2019). La toxicité de la metformine semble par ailleurs réduite à faibles concentrations avec une valeur chronique de 160 µg/L et une valeur aiguë de 640 µg/L⁴ mais il y a encore très peu d'études sur le sujet. De plus, elle se bioaccumule dans les moules et les poissons. Il manque également des connaissances concrètes sur la guanylurée (Elizalde-Velasquez et Gomez-Olivan, 2019 ; Caldwell *et al.*, 2018). Les résultats d'analyses de metformine et de guanylurée des prochaines campagnes vont être à surveiller de près et si les méthodes analytiques le permettent, l'intégration des trois nouveaux métabolites dans le programme de suivi pourrait être intéressante.

On comprend que de nombreuses substances ne possèdent pas de seuil légal ni de norme de qualité environnementale (NQE) ou valeur guide, essentielles afin de déterminer la toxicité d'une substance. Avec l'avancée des méthodes et appareils d'analyses ainsi que le renforcement des connaissances chimiques, il sera impératif de maintenir une veille efficace sur les substances qui ne sont actuellement pas surveillées dans le Léman. On peut également espérer une certaine diminution des concentrations totales en micropolluants dans les eaux de surface grâce aux traitements quaternaires mis en place et en prévision dans les STEP du territoire de la CIPEL.

3. PRINCIPALES ADAPTATIONS DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE

Le programme de surveillance des micropolluants du Léman a beaucoup évolué depuis les premières analyses de détergent anionique en 1968 (CIPEL, 1984). Au fil des campagnes, des substances ont été ajoutées, d'autres retirées et cela ne s'est pas fait au grès du hasard. Dès lors et sans trop rentrer dans le détail, il est fondamental de renseigner les principales adaptations effectuées tout en précisant leur(s) justification(s) afin d'orienter la stratégie de surveillance de la campagne 2021. La faible quantité d'informations et de renseignements des premières années de surveillance ainsi que l'ancrage temporel de certaines substances ne permettent pas une valorisation des anciennes campagnes. De fait, il a été décidé de renseigner les principales adaptations du programme de surveillance sur les 20 dernières années, soit de 2000 à 2020.

⁴ Centre Ecotoxicologique suisse. *Prestations d'expert. Norme de qualité environnementale*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/> (consulté le 25 mai 2020)

- 1) **Objectif** = Dresser l'historique du programme de surveillance des micropolluants dans les eaux (changements + justifications)
- 2) **Livrable** = Infographie des principales adaptations du programme de surveillance ainsi qu'un fichier Excel rassemblant les justifications

3.1 Bilan général

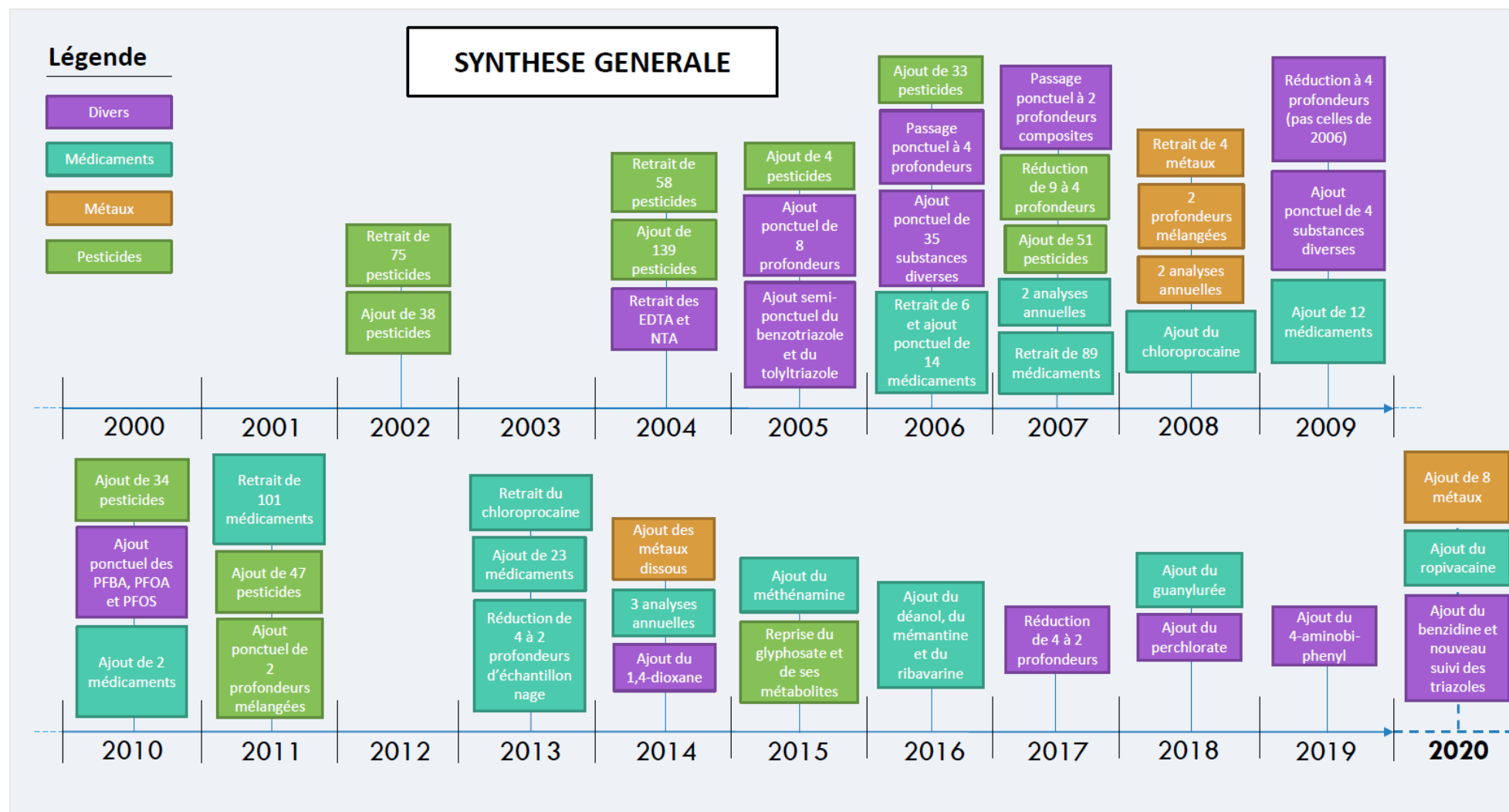


Figure 6 : Principales adaptations du programme de surveillance des micropolluants dans le Léman (SHL2) de 2000 à 2020, synthèse générale

La figure 6 à la page précédente illustre de manière synthétique les principales adaptations du programme de surveillance qui ont été effectuées depuis 2000. Pour plus de détails concernant ces changements, les infographies par catégorie de micropolluant sont consultables aux annexes 8.2.1 à 8.2.4. Afin d'accompagner et justifier ces changements, les procès-verbaux des séances du conseil scientifique, du comité opérationnel, des groupes de travail et également certaines correspondances ont été consultés. Les justifications spécifiques et en détails sont consultables dans le fichier Excel complémentaire disponible dans le dossier de travail (F:\CIPEL\5. Poste-STAGE\2020 – STAGE – Romain Gaillard\Ingenieur \Strategie_Surveillance_2021\2_Historique_Adaptations).

On observe de manière claire un renforcement des changements, notamment des ajouts de substances, depuis 2004. Le nombre croissant d'adaptations du programme s'explique par la création du « groupe micropolluants » à la fin de l'année 2004. En parallèle de cette création, le nombre de substances recherchées explose littéralement avec l'avancée des méthodes analytiques et élargit le champ de recherche. Il n'était cependant techniquement et financièrement pas possible pour la CIPEL de pratiquer une analyse pour tous les contaminants et dans ce sens, Patrick Edder du « groupe micropolluants » met en avant la nécessité de préciser les substances les plus pertinentes à chercher pour les prochaines campagnes. Le but est de trouver les substances utilisées dans le bassin versant du Léman en approchant les industriels, les agriculteurs, les médecins et les milieux concernés.

Plusieurs axes d'analyse se mettent en place et le premier concerne les pesticides avec un suivi bien plus important en 2004 par l'ajout de 139 pesticides grâce à l'achat d'un nouvel appareil par le laboratoire du Service cantonal de la Consommation et des Affaires Vétérinaires de Genève (SCAV). En 2005, les membres du conseil scientifique décident de mener de plus amples investigations dans les résidus médicamenteux par un suivi régulier plus fourni qu'auparavant. Afin de sonder les substances potentielles à ajouter au programme, une analyse à large spectre (ou *screening*) est menée en partenariat avec un laboratoire allemand (TZW de Karlsruhe). Cette méthode est à nouveau réitérée en 2006, 2009 et en 2010 afin de mettre en avant les substances médicamenteuses possédant les concentrations les plus élevées. Dans les campagnes intermédiaires, les substances aux concentrations les plus élevées, en plus petit nombre et dont la production est située en Valais (Orgamol), sont analysées par le SCAV de Genève. Cela permet de réduire le coût des analyses sur plusieurs campagnes. Le panel des substances médicamenteuses s'élargit par ailleurs à nouveau en 2013, par une nouvelle collaboration avec le laboratoire Scitec SA de Lausanne, démontrant ainsi l'importance du laboratoire d'analyse dans les recherches de micropolluants.

En parallèle, en 2005, un autre axe s'est orienté sur les cosmétiques, filtres ultra-violet (UV) et autres substances diverses avec également un sondage plus conséquent sur 8 profondeurs. Ces substances diverses sont analysées très sporadiquement jusqu'en 2017, principalement en fonction des listes de production fournies par les industries valaisannes, rejetant certaines substances dans le Rhône et en finalité, dans le Léman. La détection de composés perfluorés (PFBA, PFOA et PFOS) en 2008 dans les eaux de boisson de Lausanne a également rendu nécessaire une analyse ponctuelle à SHL2, démontrant l'influence directe des découvertes sur le territoire. Ce processus s'est produit sur plusieurs substances, telles que le 1,4-dioxane, le perchlorate, la benzidine ou encore les métabolites du chlorothalonil. Un suivi plus régulier de quelques substances diverses est mis en place dès 2017 après une collaboration fructueuse avec le laboratoire Scitec SA, possédant des limites de quantification basses et une mise à jour pertinente des substances recherchées en fonction de l'avancée des méthodes.

Les micropolluants inorganiques, les métaux totaux et dissous, ont bénéficié d'une plus grande constance dans les analyses que les autres catégories de micropolluants et ce, depuis 1970. En effet, les profondeurs et la fréquence d'analyse n'ont pas changé depuis ces années-là et le véritable changement arrive seulement en 2008 avec le retrait de certains métaux, la suppression des analyses bimensuelles et le mélange des niveaux de profondeurs pour l'échantillonnage. Aucune justification

particulière annonce ces changements mais par déduction, les seuils légaux n'étant pas dépassés et les concentrations plus ou moins stables durant les campagnes effectuées, 4 métaux sont retirés et les analyses sont limitées à deux par année. Les concentrations n'étant pas significativement éloignées entre les profondeurs mélangées (1 + 30 mètres et 200 + 305 mètres), il est possible que la décision fût prise de simplifier l'échantillon mais il n'y a aucune justification spécifique pour cette démarche. Par la même occasion, ces changements permettent une optimisation des coûts, pouvant possiblement être redistribués au plus pertinent. Plus loin, en 2014, les métaux dissous sont ajoutés aux analyses afin de vérifier la conformité légale de leur concentration dans le Léman. Ils n'ont pas été retirés depuis. En 2020, de nombreuses substances ont également été ajoutées au travers de la nouvelle collaboration avec le Service de l'Ecologie de l'Eau de Genève (SECOE). Ceci s'est effectué en parallèle d'une vérification des concentrations de nickel et de zinc, donc les seuils légaux totaux et dissous sont énoncés dans l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, 1998, état au 1^{er} avril 2020) et n'ont encore pas été contrôlés.

Pour revenir sur l'équilibre des coûts des analyses, très peu énoncés dans les procès-verbaux, on peut prendre pour exemple les adaptations des pesticides. La stratégie d'analyse reste tout de même constante, en gardant la même fréquence et les mêmes 4 profondeurs. Toutefois, les retraits et ajouts de substances se sont multipliés au cours des 20 dernières années, principalement en fonction des utilisations, des productions industrielles et des détections voire quantifications faites sur le territoire de la CIPEL. Etant donné le nombre croissant de substances que les laboratoires peuvent analyser, il était important de pouvoir cibler les substances sur l'appui d'informations en provenance des acteurs. La liste des pesticides a par conséquent été mise à jour régulièrement sur cette base, tout d'abord par de nombreux ajouts puis par de nombreux retraits, afin de garder le même effectif de substances sondées sans augmenter le coût des analyses. Cet équilibre des coûts s'observe aussi bien dernièrement, en 2020, avec le retrait conséquent de 253 pesticides non-détectés depuis quelques années. En contrepartie, d'autres micropolluants ont pu être ajoutés ou repris et des profondeurs supplémentaires sont désormais sondées pour les résidus médicamenteux.

Illustrés dans la figure ci-dessous, les facteurs d'influence sont nombreux mais la balance des coûts semble fondamentale dans l'évolution du programme de surveillance et conditionne la stratégie adoptée. L'évidence scientifique met en avant des besoins auxquels il faut réfléchir de manière interdépendante entre les substances et les analyses. La stratégie est donc pensée dans sa globalité, en adaptant les recherches d'une catégorie de micropolluants à une autre en fonction des besoins.

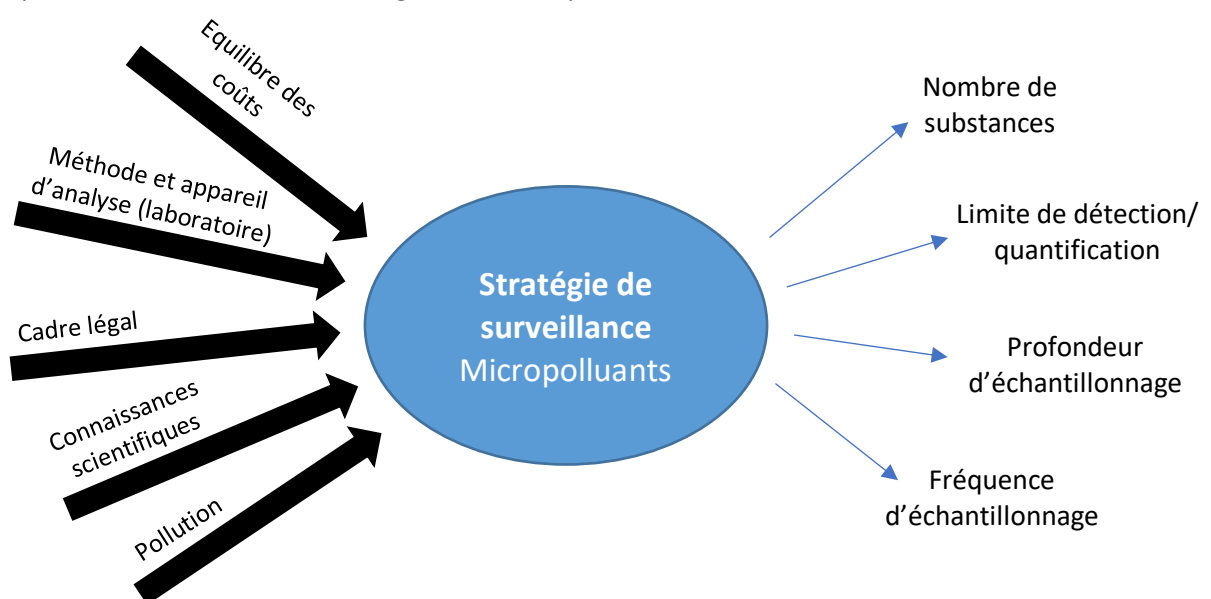


Figure 7 : Facteurs d'influence et résultantes de la stratégie de surveillance des micropolluants dans les eaux du Léman par la CIPEL et de ses principales adaptations

3.2 Programme de surveillance actuel

Les différentes adaptations effectuées depuis les débuts de la surveillance des substances micropolluantes ont abouti en un programme robuste faisant l'objet d'une veille permanente. Le programme actuel pour la campagne 2020 comprend le suivi de 151 pesticides, 67 résidus médicamenteux et 25 métaux (25 totaux et 24 dissous) depuis la surface jusqu'au fond ainsi que le suivi du manganèse à quatre niveaux de profondeurs au fond du lac. Le tableau ci-dessous décrit l'ensemble des substances échantillonnées par l'INRAE et analysées par les laboratoires. Depuis cette année, les analyses sont menées sur la base de conventions effectuées avec les laboratoires. La première est faite avec le SECOE et concerne les métaux en traces dissoutes et totales et la deuxième est faite avec le Scitec SA, qui se charge des analyses des autres catégories de micropolluants.

Tableau 2 : Planification de l'échantillonnage à SHL2 pour la campagne 2020

Catégorie de substance	Laboratoire	Profondeur [m]	Date de prélèvement [mois]			
			Janvier	Mars	Juin	Septembre
Médicaments	Scitec SA	1/15/100/305	4 éch.		4 éch.	
Métaux (1)	SECOE	Mélange 1 :1 1+30/200+305		2 éch.		2 éch.
Métaux (2)	SECOE	275/300/305/309		2 éch.		2 éch.
Micropolluants divers	Scitec SA	15/100	2 éch.		2 éch.	
Pesticides	Scitec SA	1/30/100/305			4 éch.	4 éch.

4. ETAT DES LIEUX

Les micropolluants sont inhérents à l'usage quotidien de nombreux objets, infrastructures et ressources de tous types, influencés grandement par la localisation des diverses activités anthropiques. De l'agriculture aux usages domestiques en passant par les zones d'activités industrielles, les substances actives rejetées dans l'environnement aquatique peuvent être très variables d'un territoire à un autre. La source de la pollution et le cadre légal qui l'accompagne dépassent bien souvent le cadre du bassin versant et de l'entité qui le surveille. Dès lors, il est fondamental d'informer et de partager les connaissances à disposition afin d'agir à plus large échelle pour réduire les apports en micropolluants (CIPR, 2019).

- 1) **Objectif** = Compilation des substances recherchées par les autres entités de surveillance et mise en avant des substances qui n'ont jamais été surveillées par la CIPEL dans le Léman
- 2) **Livrable** = Fichier Excel contenant les listes de substances pour chaque entité ainsi que des tableaux contenant les substances qui n'ont jamais été recherchées par la CIPEL dans le Léman

4.1 Organismes consultés

Les organismes de surveillance concernent plusieurs échelles spatiales et tout comme la CIPEL, certains d'entre eux gèrent les eaux de surface de manière internationale. La plupart des organismes ne publie pas publiquement les listes de substances actives recherchées, il a par conséquent fallu les contacter afin de les obtenir. Globalement, ils ont accueilli notre requête de manière enthousiaste et ont même parfois désiré effectuer une démarche similaire en comparant les substances recherchées dans le

Léman avec les leur. Ci-dessous figurent les huit différents organismes consultés ainsi que les éléments du réseau hydrographique et les années concernées par les recherches de micropolluants dans les eaux.

Tableau 3 : Organismes internationaux, nationaux et cantonaux dont les listes de substances micropolluantes ont été consultés

Organisme de surveillance	Elément de réseau hydrographique	Date(s) des recherches
<i>Commission Internationale pour la Protection des eaux du lac de Constance (IGKB)</i>	Lac de Constance et Rhin du lac	2015/2019
<i>Commission Internationale pour la Protection des eaux Italo-Suisses (CIPAIS)</i>	Lac de Lugano et ses affluents	2013-2018
<i>Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)</i>	Rhin et ses affluents	2018
<i>Directive Cadre sur l'Eau pour l'Europe (DCE)</i>	Ensemble des environnements aquatiques	2018
<i>Direction Générale de l'Environnement pour le canton de Vaud (DGE)</i>	Rivières	2015-2019
<i>Office Fédéral de l'Environnement et le programme NAWA pour la Suisse (OFEV)</i>	Rivières	2019
<i>Service de l'Ecologie de l'Eau pour le canton de Genève (SECOE)</i>	Lac Léman au point GE3	2020
<i>Service de l'Environnement pour le canton du Valais (SEN)</i>	Rhône	2019

La spécialiste de la surveillance des micropolluants de la CIPR Tabea Stötter est actuellement en congé maternité et ce, jusqu'à début septembre. De fait, ils ne nous ont pas fourni de liste exhaustive et il sera intéressant d'attendre son retour pour avoir possiblement plus d'informations à ce sujet. Ils possèdent toutefois un portail de consultation et de téléchargement web en libre accès et ce sont ces listes de substances accompagnées des résultats à différentes stations de mesure qui ont été extraits et consultés comme base de comparaison. Les stations de mesures privilégiées étaient Weil am Rhein et Koblenz/Rhein, en Allemagne, par leur situation à proximité de la Suisse et avec une position centrale sur le lit du Rhin. Malheureusement, les substances n'étant pas toutes recherchées dans ces deux stations, certaines autres stations viennent compléter les données de quantification maximale. Hormis la CIPAIS, les autres organismes ont pu nous fournir directement une liste au format Word/Excel dans laquelle figuraient les substances recherchées ainsi que les résultats.

Les limites de quantification sont directement issues des fichiers fournis par les organismes consultés. Les NQE chroniques et aiguës proviennent quant à elle du centre écotoxicologique suisse⁵ et du Portail Substances Chimiques de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)⁶. Les valeurs guides environnementales (VGE) ainsi que les « predicted no effect concentration » (PNEC) chroniques proviennent également du portail de l'INERIS.

4.2 Substances non-analysées par la CIPEL

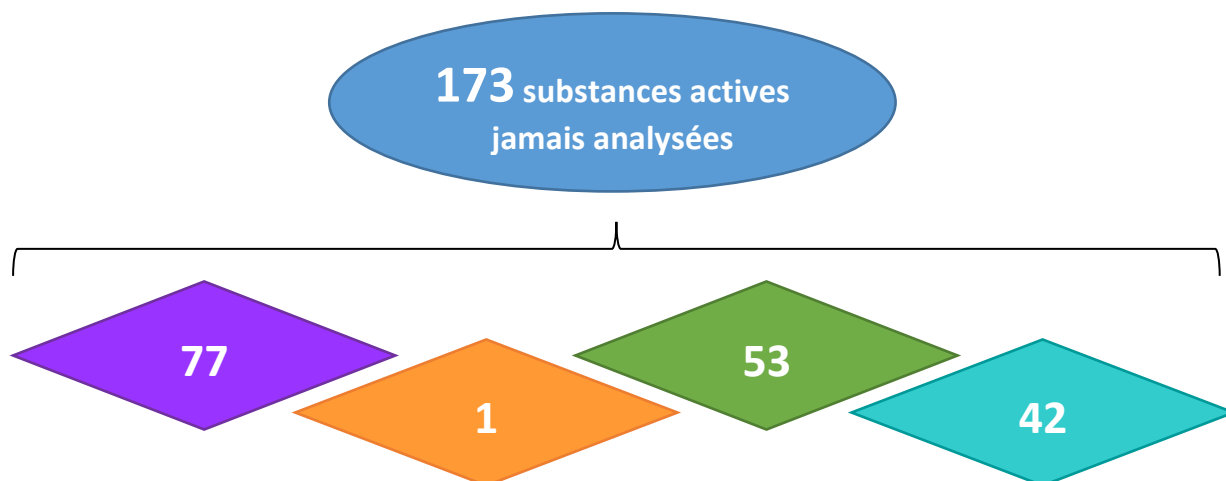


Figure 8 : Nombre de substances actives analysées dans les eaux de surface par les organismes cantonaux, nationaux et internationaux qui n'ont jamais été analysées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Comme l'illustre le schéma de la figure ci-dessus, au total, 173 substances actives n'ont jamais été analysées par la CIPEL dans les eaux du Léman et font partie des programmes de recherche des organismes consultés. Les substances sont consignées dans le tableau ci-dessous sous leur forme anglophone ou sans accent afin de faciliter leur recherche sur le web ainsi que dans la littérature. Les listes détaillées classées par catégorie sont situées aux annexes 8.3.2 à 8.3.5 et sont également compilées dans un fichier Excel complémentaire.

Tableau 4 : Substances actives surveillées dans les eaux de surface par les autres organismes de surveillance internationaux, nationaux et cantonaux qui n'ont jamais été analysées dans les eaux du Léman par la CIPEL

173 substances actives			
1-A	A-F	F-P	P-V
1,1,1-Trichloroethane	Aspartame	Fluconazole	Phenothrine
1,2,3-Trichlorobenzene	Atenolol-acide	Hexa BDE 153	Piperonyl-butoxyde
1,2,3-Trichloropropane	Azoxystrobine-acide	Hexa BDE 154	Propachlore ESA
1,2,4-Trichlorobenzene	Bentazone-N-methyl	Hexachlorobenzene	Propofol
1,2-Dichlorobenzene	Benzene	Hexachlorobutadiene	Pyraclostrobin
1,2-Dichloroethane	Benzothiazole	Hexazinone	Saccharine
1,3,5-Trichlorobenzene	Bicalutamide	Icaridine	Simazine-desethyl
2-Chlorotoluene	Bifenthrine	Ipconazole	Sitagliptine

⁵ Centre suisse d'écotoxicologie appliquée. Prestations d'expert. Norme de qualité environnementale. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/> (consulté le 25 mai 2020)

⁶ Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS). Portail Substances Chimiques. Disponible à l'adresse suivante : <https://substances.ineris.fr/fr/>

2-Trifluoromethylbenzamide	Bromoxynil	Irgarol	Spinosade factor A
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol (TMDD)	Cafeine	Isochloridazon	Spiroxamine-1 et -2
2,4 Dinitrophenol (DNP)	Candesartan	Isopropylamide d'acide anthranilique (AIPA)	Sucralose
3-Trifluoromethylaniline	Carbidopa	Ivermectine	Sulfapyridine
4-Dimethylaminopyridine	Carbamazepine-10,11-epoxide	Lambda-cyhalotrine	Sulfathiazole
4-Chloroaniline	Cetirizine	Lamotrigine	Tau-fluvalinate
4-Chlorotoluene	Chloroalcanes C10-C13	Levetiracetam	Tefluthrine
7-dehydroestrone	Cibamino-(s)	Lidocaine	Telmisartan
10,11-dihydroxycarbamazepine	Cibazepine	Lindane	Terbutylazine-desethyl-2-hydroxy
Acesulfame	Climbazole	Lufenuron-1 et -2	Testosterone
Aciclovir	Clotrimazole	Metaflumizone	Tetra BDE 47
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctylsulfonique (H4PFOS)	Colpidogrel	Metamitron-desamino	Tetrachloromethane
Acide 2-amino-4-methylsulfonyl-benzoïque	Cotinine	Metazachlore OXA	Tetraglyme
Acide 2,4,5-trichlorophenoxyacétique	Cyclamate	Metofluthrine	Transfluthrine
Acide 2H, 2H,3H,3H-perfluorundecanoïque (H4PFUnA)	Cypermethrine	MGDA	Tri BDE 28
Acide 4-2,4-dichlorophenoxybutyrique	Cyphenothrine	Miconazole	Tribuneron-méthyl
Acide 7H-Dodecafluorheptanoïque (HPFHpA)	Dichlobenil	N-Acetyl-4-aminoantipyrine	Tributyletain-cation
Acide diatrizoïque	Dichlorprop	N-Acetyl-4-sulfaméthoxazole	Trichloroéthène
Acide paratoluenesulfonique (APTS)	Dichlorométhane	N-Formyl-4-aminoantipyrine	Trichlorométhane
Acide pentétique (DTPA)	Diglyme	N, N'-diméthylsulfamide	Triéthyl phosphate (TEP)
Acide perfluorobutanesulfonique (PFBS)	Di-isopropyl ether	NOV-14-BOC	Triglyme
Acide perfluorooctylsulfonamide (PFOSA)	Diméthachlore ESA	O-desméthylvenlafaxine	Tri-isobutyl phosphate (TIBP)
Acide perfluorodécane sulfonique (PFDS)	Diméthachlore OXA	Olmesartan	Tri-N-butyl phosphate (TNBP)
Acide perfluorodécanoïque (PFDA)	Diméthénamide ESA	Oxacarbazepine	Triphénylphosphine (TPP)
Acide perfluorodécanoïque (PFDoA)	Diméthénamide-P	PCB28	Triphénylphosphine-oxyde (TPPO)

Acide perfluoroheptanoïque (PFHpA)	Dimoxystrobine	PCB52	Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate (TDCP)
Acide perfluorohexanoïque (PFHxA)	DNOC	PCB101	Tris(chloroisopropyl)phosphate (TCPP)
Acide perfluorohexanesulfonique (PFHxS)	Diuron-desmethyl	PCB118	Tris(butoxyethyl)phosphate (TBEP)
Acide fluorononanoïque (PFNA)	Ethidimuron	PCB138	Valsartan
Acide perfluoroundecanoïque (PFUnA)	Ethofenprox	PCB153	Valsartan-acide
Acrinathrine	Ethyl tert-butyl ether (ETBE)	PCB180	Venfalaxine-N,O-Didesmethyl
ADA	Erythromycine A dihydrate	PDTA	Verapamil
Amisulpride	Etain	Penta BDE 99	Vinchlozoline
Androstenedione	Famoxadone	Penta BDE 100	
Anhydride pentafluoropropionique (PFPA)	Fenoprop	Pentachlorobenzene	
Apixaban	Fenvalerate	Pentachlorophenol (PCP)	

Le territoire très industrialisé et l'historique chargé impliqué dans la surveillance du Rhin, notamment avec l'accident chimique de Sandoz en 1986 (CIPR, 2020), se reflètent nettement dans le nombre élevé de substances actives recherché par la CIPR. En effet, 112 des 173 substances actives qui ne sont pas analysées par la CIPEL sont suivies par la CIPR, représentant ainsi 65% des substances totales. À titre de comparaison, la DGE intègre 24% (42) du total des substances non-analysées par la CIPEL, le SECOE 19% (33), la CIPAIS 15% (26), l'IGKB 6% (11), la DCE 5% (8), le SEN 4% (7) et l'OFEV 3% (6).

Les substances diverses sont recherchées en plus grand nombre, avec 77 substances actives dont la majorité provient de multiples activités industrielles et des vastes recherches de la CIPR (annexe 8.3.1). Sur les 42 substances médicamenteuses, la CIPR intègre encore une fois le plus de substances avec un total de 25 (annexe 8.3.2). Les pesticides sont aussi nombreux à être recherchés avec 53 substances actives, recherchés principalement par la DGE (28) et la CIPR (17) (annexe 8.3.4). Les micropolluants inorganiques, à savoir les métaux lourds en traces, ne sont en revanche pas nombreux et seul un métal, l'étain, n'a jamais été recherché par la CIPEL (annexe 8.3.3).

Il est important de préciser que certaines substances du programme de la CIPR n'ont pas pu être identifiées et n'ont par conséquent pas encore été confirmées. Dans l'attente de leur réponse, les substances concernées ne figurent pas dans les listes en annexe mais sont mises en évidence dans le fichier Excel correspondant, disponible sur le dossier de travail. Il s'agit des substances suivantes :

- 2-Naphtalenesulfonate (*substance diverse*)
- Acide 2,7-naphtalenedisulfonique (*substance diverse*)
- Azoxystrobine-acide (*pesticides*)
- Verapamil D617 (*médicament*)

De plus, ces quatre substances ont été quantifiées par la CIPR au moins une fois en 2018 et méritent donc une attention particulière lorsqu'elles seront formellement identifiées (réponse en attente).

4.6 Consultations complémentaires

La consultation des organismes précédemment cités permet de mettre en avant les substances surveillées dans d'autres bassins versants que celui du Léman. Toutefois, le transfert des micropolluants de source domestique et urbaine se fait principalement par les effluents de STEP avant d'entrer dans le lac. De fait, il est également intéressant de comparer les substances suivies dans le cadre des effluents afin de combler de possibles lacunes dans les recherches à SHL2.

Pour ce faire, ce sont les substances suivies en 2018 dans les effluents des cantons de Genève (GE), du Valais (VS) et de Vaud (VD) qui ont été consultées. Elles impliquent les 12 substances obligatoires concernant la vérification du taux d'épuration des STEP inscrites dans l'Ordonnance de 2016 du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC). De plus, les substances surveillées par le gouvernement français et le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer ont aussi été vérifiées. Il s'agit d'un contrôle périodique permettant d'identifier les micropolluants à enjeu pour les STEP concernées et comptabilisant un total de 84 substances. La fiche technique visant une réduction des micropolluants dans les effluents est intégrée dans leur plan d'action 2016-2021.

Tableau 5 : Substances actives surveillées dans le cadre des effluents de STEP en Suisse et en France et qui n'ont jamais été analysées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance des effluents de STEP	Substance active
<i>Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication</i>	Amisulpride
	Candesartan
	N-Acetyl-4-aminoantipyrine
	N-Acetyl-4-sulfamethoxazole
<i>Direction Générale de l'Environnement (VD) et Service de l'Environnement (VS)</i>	Sulfapyridine
	1,2-Dichloroethane
<i>Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer</i>	BDE 028
	BDE 047
	BDE 099
	BDE 100
	BDE 153
	BDE 154
	BDE 183
	BDE 209
	Benzene
	Biphenyl
	Chlordecone
	Chloroalcanes C10-C13
	Cypermethrine
	Dibutyletain-cation
	Dichloromethane
	Hexabromocyclododecane (HBCDD)
	Hexachlorobenzene
	Hexachlorobutadiene
	Mecoprop-p (MCP)
	Metaldehyde
	Monobutyletain-cation
	NP1OE
	NP2OE
	Octylphenols
	OP1OE

OP2OE
Pentachlorobenzene
Pentachlorophenol
Tributyletain-cation
Tri-N-butyl phosphate (TNBP)
Tetrachloromethane
Trichloroethylene
Trichloromethane
Triphenyletain-cation

Parmi ces 40 substances qui n'ont jamais été analysées par la CIPEL, 16 substances ne figurent pas dans les listes consultées dans le cadre de la surveillance des eaux de surface par les autres organismes (cf. tableau 4). Le tableau ci-dessous regroupe ces substances ainsi que leurs caractéristiques principales. L'ensemble des substances provient de la fiche technique du gouvernement français et démontre qu'il y a également des recherches à effectuer dans cette direction. Bien entendu, cette liste concerne le territoire français et n'est pas directement applicable au territoire suisse toutefois, certaines d'entre elles peuvent avoir un rôle intéressant à jouer dans la surveillance des micropolluants des effluents de STEP.

Tableau 6 : Substances actives surveillées dans le cadre des effluents de STEP en France et qui n'ont jamais été analysées dans les eaux du territoire de la CIPEL ni par les autres organismes de surveillance internationaux, nationaux et cantonaux

Organisme de surveillance	Substance active	Type	N° CAS	LOQ [µg/L]	NQE ¹ [µg/L] chronique (aigüe)	PNEC [µg/L] chronique
Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer	BDE 183	Usage industriel	207122-16-5			
	BDE 209	Retardateur de flamme	1163-19-5			
	Biphenyl	Hydrocarbure aromatique	92-52-4			
	Chlordecone	Insecticide	143-50-0			
	Dibutyletain-cation	Usage industriel	14488-53-0			
	Hexabromocyclododecane (HBCDD)	Retardateur de flamme	3194-55-6			
	Mecoprop-p (MCP)	Herbicide	16484-77-8		190 (3.6)	
	Metaldehyde	Molluscicide	108-62-3			
	Monobutyletain-cation	Usage industriel	78763-54-9			
	NP1OE	Surfactant non-anionique	27986-36-3			
	NP2OE	Surfactant non-anionique	27176-93-8			
	Octylphenols	Intermédiaire	67554-50-1			
	OP1OE	Intermédiaire	2315-67-5			
	OP2OE	Intermédiaire	2315-61-9			
	Pentachlorophenol	Herbicide et insecticide	87-86-5		0.4 (1)	0.1
	Triphenyletain-cation	Fongicide et molluscicide	668-34-8			

5. CRITERES DE SELECTION

Les chapitres précédents ont permis de mettre en avant un total de 177 substances qui n'ont jamais été analysées dans les eaux du Léman par la CIPEL. Etant donné l'importance du transfert de micropolluants d'origine urbaine et domestique au travers des eaux usées, 16 substances surveillées dans les effluents de STEP en France peuvent également y être ajoutées en complément. Désormais et comme le démontre l'analyse des principales adaptations du programme de surveillance, l'équilibre des coûts est décisif dans l'organisation de la stratégie et plus concrètement d'une campagne et dans notre cas, le nombre total de substances micropolluantes recherchées à SHL2. Dès lors et même si certaines substances pourraient ne pas être pertinente à surveiller sur le territoire couvert par la CIPEL, il est nécessaire d'effectuer une sélection affinée de substances que l'on pourra qualifier de prioritaires.

- 1) **Objectif** = Déterminer un nombre suffisant de critères permettant une sélection prioritaire des substances à rechercher dans le Léman lors des prochaines campagnes de mesures
- 2) **Livrable** = Critères de sélection ainsi qu'un tableau contenant une sélection affinée de substances effectuée sur la base de ces derniers

5.1 Choix des critères

Pour ce faire, la mise en place de critères de sélection est déterminante, car elle va permettre un tri spécifique avec en finalité une priorisation des substances à rechercher. La démarche utilisée dans ce travail se rapproche fortement de ce qui a été effectué récemment par l'OFEV dans le cadre du développement de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface « NAWA TREND ». En effet, la problématique des micropolluants devenant de plus en plus préoccupante pour les milieux naturels et principalement pour les eaux de surface, la Confédération et les cantons ont décidé d'inclure les micropolluants organiques dans le programme de surveillance nationale à partir de 2018. Ce programme se dénomme « NAWA MP » et son principal objectif est de pouvoir déterminer l'état des cours d'eau par rapport aux concentrations effectives de micropolluants⁷. Sans entrer dans le détail de leur méthodologie générale, plusieurs sites ont été choisis et un certain nombre de substances a dû être sélectionné. Déterminée a priori par les substances autorisées sur le marché (pesticides) ainsi que par les données mesurées disponibles (médicaments et substances diverses), la sélection des substances s'est faite sur plusieurs paramètres :

- L'exposition
- Critères de qualité écotoxicologiques
- Expertise de recherche et de faisabilité analytique

L'exposition repose sur des analyses à large spectre (« screenings ») ainsi que des modèles très complets intégrant la dégradabilité des substances dans le sol, l'eau, le corps, les STEP ainsi que les chiffres de vente sur le territoire et de nombreux autres paramètres. Cela démontre la complexité des éléments dont il faut tenir compte afin de déterminer les substances prioritaires. Par ailleurs, certaines connaissances étaient lacunaires, notamment pour les ventes et les critères de qualité écotoxicologiques qui ont été livrés expressément pour cette étude par le Centre Ecotoxicologique suisse pour les substances finalement sélectionnées par l'OFEV. Ces substances sont au nombre de 65, il s'agit de 49 pesticides, 13 médicaments et 3 substances diverses.

⁷ Aquaetgas.ch (Aqua & Gas). Rubrique Eau. *Micropolluants dans le monitoring des eaux de surface. Extension de NAWA TREND et premiers résultats de la campagne 2018*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.aquaetgas.ch/fr/eau/cours-d-eau/ag-07-2020-extension-de-nawa-trend-et-premiers-resultats-de-la-campagne-2018/> (consulté le 20 août 2020)

On remarque une prédominance des produits phytosanitaires, omniprésents sur le territoire de l'étude (i.e. majoritairement le Plateau) et qui sont mis en avant dans les recherches de l'OFEV. Il est toutefois important de rappeler que cette étude concerne une sélection basée sur la totalité des substances micropolluantes et met par conséquent en avant un certain nombre de substances déjà analysé par la CIPEL à SHL2. La sélection effectuée pour ce travail apporte dans ce sens un pas supplémentaire, qui ne considère pas les substances prioritaires de premier plan et d'ores et déjà maintes fois analysées dans le Léman et ses affluents.

En finalité, 14 critères de sélection ont été déterminés en s'appuyant sur le travail de l'OFEV ainsi que sur une présentation très pertinente du Dr. Didier Ortelli, chimiste cantonal adjoint de l'Etat de Genève, à l'Université de Lausanne en 2013. Il y décortique l'impact des micropolluants et plus précisément des établissements de soin, tout en donnant un cadre de suivi des substances dans les eaux de surface.

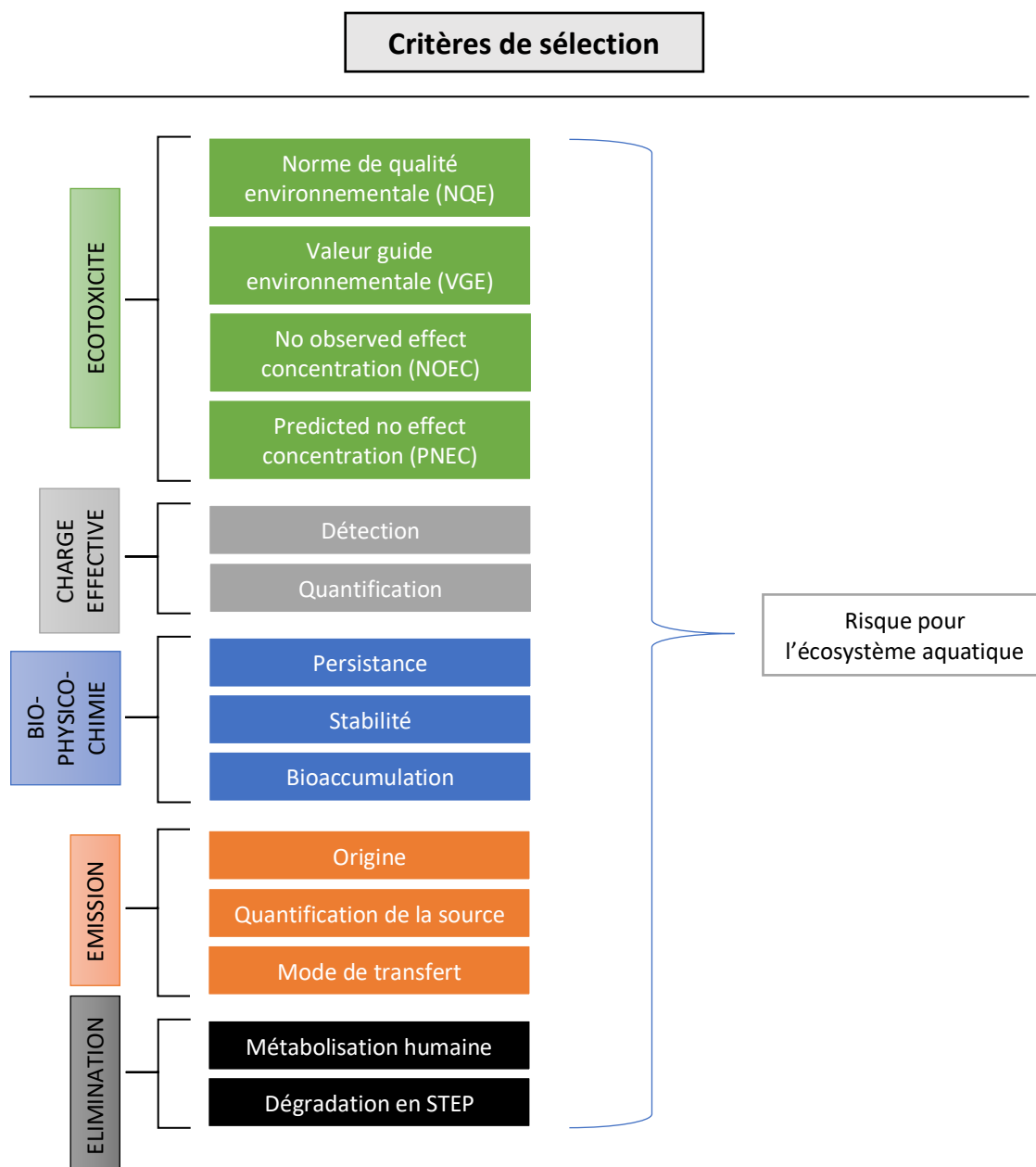


Figure 9 : Etablissement des critères de sélection afin de préciser les micropolluants à rechercher dans les eaux du Léman et de ses affluents par la CIPEL

Etabli par le rapport entre l'exposition et le risque écotoxicologique, les critères de sélection déterminent le risque pour l'écosystème lacustre. Tout d'abord, on retrouve sans surprise les critères de qualité écotoxicologiques sous la forme des NQE et par l'appui des NOEC, PNEC ainsi que des valeurs guides environnementales. Cette diversité de prise en compte des valeurs environnementales de référence permet d'obtenir au moins une information relative à l'écotoxicité d'une substance sans devoir attendre sur la validation spécifique d'une NQE par exemple. La charge effective rend compte de la détection et de la quantification d'une substance, à savoir si elle a déjà été retrouvée dans les eaux de surface d'un autre territoire. La persistance, la stabilité ainsi que la bioaccumulation sont les paramètres standards bio-physico-chimiques ajoutant une dimension supplémentaire au risque que représente une substance. La bioaccumulation est typiquement quantifiée au travers du « logKow », donnant le rapport de partition octanol/eau et permettant d'identifier l'hydrophobicité de la substance.

On trouve ensuite l'origine à proprement dit de la substance ainsi que sa quantification, déterminée par exemple par sa production, sa vente ou encore son utilisation sur le territoire et permettant ainsi d'évaluer son flux d'entrée vers les eaux de surface. Cette entrée peut se faire via deux modes de transfert : diffus et/ou ponctuel. La pollution diffuse provient principalement des médicaments, des usages domestiques, des produits de dégradation, etc. et se définit par des concentrations souvent plus faibles et relativement stables dans le temps. Au contraire, la pollution ponctuelle concerne les pesticides, les usages irréguliers, les accidents et la production industrielle. Enfin, la métabolisation par le corps humain et la dégradation en STEP renseignent l'élimination (%) de la substance. Principalement en lien avec les eaux usées, il s'agit des résidus médicamenteux et des substances domestiques et urbaines en premier lieu. Les performances des traitements utilisés dans les activités industrielles peuvent toutefois aussi s'y ajouter.

5.2 Application

L'objectif final de ce travail est de pouvoir mettre en avant des substances à suivre prioritairement dans les eaux du Léman. Dans ce sens, les critères de sélection évoqués dans la section précédente vont être appliqués directement sur le panel de substances qui n'a jamais été analysé dans les eaux du Léman par la CIPEL. La proposition des critères de sélection pourra également être utilisée dans le cadre de la surveillance des affluents du lac avec de possibles ajouts de certaines substances.

5.2.1 Première sélection – Détection/quantification

Le nombre de critères de sélection est important mais le manque de connaissances et d'informations au sujet des substances l'est malheureusement également. Afin de parer cela tout en effectuant une priorisation pertinente, une première sélection va s'appuyer sur l'importante surveillance de certains autres organismes consultés au travers de la détection et de la quantification des substances. Cela exclut en revanche les substances surveillées par la CIPAI, la DCE ainsi que les recherches dans les effluents de STEP français, n'ayant fourni aucuns résultats. Au total, 78 substances ont été décelées et majoritairement quantifiées par les organismes concernés (cf. tableau 7). En effet, malgré la surveillance de certaines substances par plusieurs organismes, elles n'ont pas été quantifiées par chacun d'entre eux. Cela est bien évidemment du territoire en question et des activités qui s'y développent et cette précision est intégrée aux tableaux des substances. Vous pouvez retrouver le détail des détections/quantifications aux annexes 8.4.1 à 8.4.4.

On retrouve 39 substances diverses qui ont toutes été détectées et quantifiées. Plusieurs substances possèdent des concentrations non négligeables relevées par la CIPR dans les eaux du Rhin. Avec les concentrations les plus élevées, on trouve le benzothiazole et l'acide pentetique (DTPA), respectivement avec une concentration instantanée maximale de 4.1 µg/L et une concentration

moyenne journalière maximale de 2.8 µg/L en 2018. Le benzothiazole est un composé hétérocyclique aromatique dont l'écotoxicité chronique est de 240 µg/L et l'écotoxicité aiguë de 250 µg/L⁸. Les valeurs sont donc éloignées de ce que l'OFEV a retrouvé dans les eaux du Rhône à la Porte du Scex et même s'il pourrait être intéressant de mener une campagne-test pour vérifier leur concentration, rien ne semble indiquer une grande toxicité pour le milieu lacustre. A contrario, il n'y a pas encore de valeur d'écotoxicité pour l'acide pentetique (DTPA) quantifié sur une partie néerlandaise du Rhin par la CIPR, un agent de conservation qu'il pourrait être intéressant à surveiller.

Tableau 7 : Substances actives détectées/quantifiées dans les eaux de surface par les autres organismes de surveillance internationaux, nationaux et cantonaux qui n'ont jamais été analysées dans les eaux du Léman par la CIPEL

78 substances actives			
1-C	C-L	M-T	T-V
1,2-Dichloroethane	Colpidogrel	Metamitron-desamino	Testosterone
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol (TMDD)	Cotinine	N-Acetyl-4-aminoantipyrine	Tetrachloromethane
4-Dimethylaminopyridine	Cyclamate	N-Acetyl-4-sulfamethoxazole	Tetraglyme
10,11-dihydroxycarbamazepine	Cypermethrine	N-Formyl-4-aminoantipyrine	Transfluthrine
Acesulfame	Dichlobenil	O-desmethylvenlafaxine	Tributyletain-cation
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctylsulfonique (H4PFOS)	Dichloromethane	Olmesartan	Trichloroethene
Acide diatrizoïque	Diglyme	PCB 28	Trichloromethane
Acide paratoluenesulfonique (APTS)	Di-isopropyl ether	PCB 52	Triethyl phosphate (TEP)
Acide pentetique (DTPA)	Dimethachlore ESA	PCB 101	Tri-isobutyl phosphate (TIBP)
Acide perfluorobutanesulfonique (PFBS)	Dimethachlore OXA	PCB 118	Tri-N-butyl phosphate (TNBP)
Acide perfluorohexanoïque (PFHxA)	Dimethenamide ESA	PCB 138	Triphenylphosphine (TPP)
Acide perfluorohexanesulfonique (PFHxS)	Dimethenamide-P	PCB 153	Triphenylphosphine-oxide (TPPO)
Amisulpride	Etain	PCB 180	Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate (TDCP)
Androstenedione	Ethyl tert-butyl ether (ETBE)	Pentachlorobenzene	Tris(chloroisopropyl)phosphate (TCPP)
Atenolol-acide	Fluconazole	Saccharine	Valsartan
Benzothiazole	Irgarol	Spiroamine-1 et -2	Valsartan-acide
Cafeine	Lambda-cyhalotrine	Sucralose	Venlafaxine-N,O-Didesmethyl
Candesartan	Lamotrigine	Sulfapyridine	Verapamil
Cibamino-(s)	Levetiracetam	Tau-fluvalinate	
Climbazole	Lidocaine	Tefluthrine	

⁸ Centre suisse d'écotoxicologie appliquée. *Prestations d'expert. Norme de qualité environnementale*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/> (consulté le 25 mai 2020)

Un total de 24 résidus médicamenteux a été détecté et/ou quantifié. Les valeurs maximales concernent le climbazole et le valsartan-acide, avec respectivement 1.4 µg/L et 0.91 µg/L, tous deux en moyenne journalière maximale relevées par la CIPR sur la partie allemande du Rhin en 2018. Le climbazole est utilisé comme traitement de l'eczéma alors que le valsartan-acide est un métabolite du valsartan, utilisé dans le traitement de l'hypertension. Tout comme pour la plupart des substances actives médicamenteuses, elles ne possèdent pas de valeur d'écotoxicité et il est donc difficile d'évaluer le risque de ces deux substances. La limite de quantification (LOQ) peut être un indice de suivi en démontrant l'avancée des méthodes analytiques et la volonté de l'organisme de rechercher de faibles concentrations. En l'occurrence, selon les chiffres de la CIPR, on retrouve une LOQ de 0.003 µg/L pour le métabolite du valsartan, ce qui est inférieur à la LOQ du climbazole (0.01). Ajouté à ces quelques éléments notables, il est important de préciser que le cibamino(s), le venfalaxine-N,O-didesmethyl et la testostérone ont été uniquement décelés par les organismes suisses, à savoir le SEN et la DGE en 2019 et le SECOE en 2020.

14 substances phytosanitaires ont été détectées et/ou quantifiées par les autres organismes de surveillance. Un nombre plus important de substances provient cette fois-ci de la surveillance effectuée par la DGE dans les cours d'eau vaudois et non de la CIPR comme ce fût souvent le cas. Le spiroxamine-1 et -2, deux stéréoisomères du spiroxamine, possèdent les valeurs maximales avec respectivement 0.423 µg/L et 0.624 µg/L en concentrations cumulées proportionnelles sur 14 jours relevées en mai 2018. Le tributyletain-cation, le dimethachlore ESA ainsi que le dimethachlore OXA possèdent également des concentrations importantes et nettement plus élevées que les autres pesticides. La concentration instantanée maximale du tributyletain-cation atteint 0.4 µg/L en 2018 sur un défluent du Rhin (Ijssel) et les concentrations cumulées proportionnelles sur 14 jours atteignent au maximum 0.39 µg/L pour le dimethachlore ESA et 0.298 µg/L pour le dimethachlore OXA sur le Boiron de Morges à Tolochenaz en octobre 2019. Ces dernières concentrations importantes et récentes démontrent un intérêt singulier à suivre ces substances puisqu'elles sont déversées dans le Léman. Il est aussi impératif de préciser que l'irgarol, un algicide, et le dichlobenil, un herbicide, n'ont pas été quantifiés par les organismes suisses de l'OFEV et de la DGE en 2018 et 2019.

Dans le cadre des micropolluants inorganiques, autrement dit les métaux lourds à l'état de traces totales et dissoutes, seul l'étain est détecté et quantifié par la CIPR. Ce métal est quantifié tout au long de l'année avec une concentration moyenne journalière maximale de 1.52 µg/L relevée dans les eaux du Rhin à la station allemande de Koblenz en 2018.

5.2.2 Deuxième sélection – Détection/quantification + écotoxicité

Malgré les nombreuses lacunes présentes dans les données renseignées au sujet de l'écotoxicité des substances micropolluantes, il est tout à fait envisageable d'utiliser ce critère afin d'affiner encore le choix des substances prioritaires dans le cas du Léman. En l'occurrence, l'ensemble des valeurs écotoxiques est pris en compte dans le but d'avoir un maximum d'informations. Au total, 24 substances sont mises en avant dans le tableau ci-dessous et possèdent par conséquent une valeur référence d'écotoxicité (PNEC, NOEC, NQE, VGE) ainsi qu'une détection et/ou quantification par les autres organismes de surveillance.

Tableau 8 : Substances actives détectées/quantifiées dans les eaux de surface par les autres organismes de surveillance internationaux, nationaux et cantonaux qui n'ont jamais été analysées dans les eaux du Léman par la CIPEL et qui possèdent une valeur relative à l'écotoxicité

24 substances actives			
1-D	D-L	P-T	T-V
1,2-Dichloroethane	Dimethachlore ESA	Pentachlorobenzene	Trichloromethane
10,11-dihydroxycarbamazepine	Dimethachlore OXA	Spiroamine-1 et -2	Triethyl phosphate (TEP)
Benzothiazole	Dimethenamide-P	Tefluthrine	Tri-N-butyl phosphate (TNBP)
Cafeine	Etain	Transfluthrine	Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate (TDCP)
Cypermethrine	Irgarol	Tributyletain-cation	Tris(chloroisopropyl)phosphate (TCPP)
Dichloromethane	Lambda-cyhalotrine	Trichloroethene	Valsartan

On retrouve une prédominance des substances diverses avec 11 substances possédant des valeurs d'écotoxicité sur les 39 substances quantifiées et sélectionnées par le premier critère. Une précision importante peut être faite sur la cafeine, possédant effectivement une valeur de PNEC chronique de 87 µg/L mais qui n'est jamais atteinte. Elle reste largement en-dessous de ce seuil avec une concentration instantanée maximale de 0.256 µg/L et est surtout recherchée à des fins indicatrices. La cafeine est en fait un alcaloïde utilisé comme traceur anthropogénique et était utilisé par la DGE jusqu'en 2015. Date depuis laquelle l'acesulfame, un édulcorant largement utilisé, l'a remplacé comme traceur plus pertinent.

Le manque important de données écotoxicologiques renseignant les résidus médicamenteux est nettement visible avec seulement 2 médicaments figurant dans le tableau sur 24 détectés et/ou quantifiés. Concernant les pesticides, 10 substances sur les 14 initialement détectées et/ou quantifiées possèdent des références d'écotoxicité et démontre les nombreuses investigations qui ont été menées.

5.2.3 Troisième sélection – Détection/quantification + écotoxicité proche/dépassée

Dans une troisième phase de sélection encore plus affinée, il est envisageable de mettre en avant les substances qui ont dépassé au moins une fois récemment les seuils d'écotoxicité en référence ou qui en sont très proches. La proximité à une valeur écotoxique est très difficile à définir sans une expertise approfondie et mérite plus d'investigation. On se contentera donc de fixer un facteur-seuil de 3.5, calqué sur le transfluthrine possédant une concentration maximale mesurée de 0.00002 µg/L, soit une concentration 3.5 fois moins importante que sa NQE fixée à 0.00007 µg/L. Cela limite considérablement le nombre de substances, car elles sont majoritairement situées à un facteur-seuil plus important (10 voire 100) et en même temps, cela permet d'introduire l'irgarol et le transfluthrine. La première n'est pas quantifiée alors que sa LOQ est située au-dessus de sa NQE. Quant à la deuxième, elle fait partie des pyréthrinoides, une famille de substances largement utilisée comme répulsif contre les mouches, les moustiques et autres insectes et qui peut porter atteinte aux organismes vivants à de très faibles quantités (Centre Ecotox, 2017).

Tableau 9 : Substances actives détectées/quantifiées dans les eaux de surface par les autres organismes de surveillance internationaux, nationaux et cantonaux qui n'ont jamais été analysées dans les eaux du Léman par la CIPEL et qui sont proches voire dépassent une valeur relative à l'écotoxicité

Organisme de surveillance	Substance active	Quantification [µg/L] maximale	Type de mesure¹	Type d'écotoxicité concernée	Valeur d'écotoxicité [µg/L] chronique (aigue)
DGE, OFEV	Cypermethrine	0.00066	CP3	NQE	0.00003 (0.00044)
CIPR	Etain	1.52	28M	PNEC	1.5
DGE, OFEV	Irgarol	<0.005	CP14	NQE	0.0023 (0.013)
DGE	Lambda-cyhalotrine	0.000069	CP14	NQE	0.000022 (0.00019)
CIPR	Pentachlorobenzene	0.13	E28	NQE	0.007
DGE	Spiroxamine-1 et -2	0.624	CP14	NQE	0.032
DGE	Tefluthrine	0.000006	CP14	NQE	0.000016
DGE	Transfluthrine	0.00002	CP14	NQE	0.00007
CIPR	Tributyletain-cation	0.4	E28	NQE	0.004 (0.015)

¹Précisions sur les types de mesures

- 28M = échantillon moyen sur 28 jours
- CP3 = cumulé proportionnel sur 3 jours (aigu)
- CP14 = cumulé proportionnel sur 14 jours (chronique)
- E28 = échantillon instantané une fois tous les 28 jours

Avec ce critère supplémentaire, on obtient un total de 9 substances finales qui sont les plus prioritaires actuellement à surveiller. Evoquée précédemment, on retrouve 4 substances de la famille des pyrèthriinoïdes représentant un grand risque pour les écosystèmes lacustres par leur toxicité à de très faibles concentrations. La cypermethrine et la lambda-cyhalotrine dépassent même leur NQE respectivement en exposition aiguë et chronique. L'étain représente un risque écotoxique surtout lorsqu'il se présente sous sa forme organométallique tel que le tributyletain-cation et le triéthyletain⁹. Toutefois, une valeur de PNEC chronique à 1.5 µg/L est annoncée par l'INERIS sur le Portail Substances Chimiques et montre qu'il peut y avoir un risque pour l'environnement lacustre lorsque les concentrations d'étain se maintiennent de manière chronique à un niveau élevé. On observe d'ailleurs que sa concentration moyenne maximale sur 28 jours atteint 1.52 µg/L et dépasse légèrement sa PNEC. Le tributyletain-cation dépasse quant à lui sa NQE aiguë et ce, assez largement, entraînant par conséquent une importante préoccupation pour les eaux de surface. L'irgarol, un algicide, n'est pas quantifié mais comme évoqué plus haut, sa LOQ est située au-dessus de sa NQE en exposition chronique. Il serait judicieux de sonder cette substance en abaissant la limite de quantification de la méthode analytique. Le pentachlorobenzène possède une NQE chronique mais sa recherche est effectuée de manière ponctuelle et donc en exposition aiguë. Pourtant, sa concentration maximale atteint 0.13 µg/L et est nettement au-dessus de sa NQE chronique. En d'autres termes, l'écotoxicité de cette substance mérite de plus amples investigations afin de préciser son risque réel. Il pourrait néanmoins être intéressant d'effectuer une recherche de précaution. Même sans l'addition de leur concentration, le stéréoisomère spiroxamine-2 de la spiroxamine est nettement au-dessus de sa NQE. Les deux stéréoisomères de ce fongicide sont donc à surveiller de près et ils méritent aussi de plus amples investigations écotoxicologiques afin de préciser notamment la valeur de leur NQE aiguë.

⁹ Lenntech.fr. Lenntech Water Treatment Solutions. *Etain - Sn. Propriétés chimiques – Effets de l'étain sur la santé – Effets de l'étain sur l'environnement*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.lenntech.fr/francais/data-perio/sn.htm> (Consulté le 22 août 2020)

6. CONCLUSION

Sans revenir sur l'ensemble des éléments qui ont été évoqués dans ce travail, il est clair que le processus a suivi une succession logique permettant en finalité d'apporter des éléments de réflexions sur la future stratégie de surveillance des micropolluants dans le Léman. Il a fallu consolider et harmoniser la base de données afin de valoriser l'ensemble des analyses qui ont été effectuées jusqu'à maintenant. Cela a permis de tirer certaines conclusions sur des tendances au moyen et long terme tout en facilitant la synthèse des principales adaptations du programme de surveillance du Léman. On comprend qu'une optimisation entre les coûts et les analyses est trouvée pour chaque campagne annuelle de la CIPEL et qu'il n'est pas facile de corréliser le budget avec des recherches pouvant vite devenir démesurées au vu du nombre de substances homologuées sur le marché. Toutefois et malgré la mise en sommeil du « groupe micropolluants » en 2014, de nombreuses améliorations ont été effectuées sur le programme de surveillance, notamment grâce à la mise en place de conventions avec les laboratoires, afin de préciser les substances les plus pertinentes à rechercher dans les eaux du Léman et la campagne 2020 en est la preuve.

Les critères de sélection formulés à la fin de ce travail ont permis de retenir finalement 9 substances micropolluantes qui sont les plus prioritaires à rechercher actuellement dans les eaux du Léman, au regard des informations et connaissances à disposition. La mise en parallèle avec les substances recherchées dans les STEP suisses et françaises est aussi fondamentale et non négligeable, au travers de l'apport conséquent de micropolluants domestiques et urbains par les eaux usées. Dès à présent, il est nécessaire d'expertiser et de mettre en perspectives ces substances dans le but de préciser leur pertinence réelle sur le territoire de la CIPEL. Effectivement et comme ce fût déjà précisé durant ce travail, chaque territoire possède ses spécificités et entraîne une concentration spécifique en micropolluants. Cela dépend bien évidemment des activités exercées dans le bassin versant ainsi que du cadre législatif, imposant ou non des contraintes de vente et d'utilisation des substances avec en parallèle, des traitements des eaux différenciés engendrant des rejets différenciés dans les eaux de surface.

Afin de pouvoir aller maintenant plus loin, on comprend par conséquent qu'il est fondamental de renseigner les documents qui ont été créés durant ce stage et de maintenir un niveau de connaissances élevé, toujours en proie à des ajouts et à des changements en fonction des études et des avancées analytiques. Les sources, les modes de transfert ou encore les NQE et valeurs d'écotoxicité, tels sont les nombreuses lacunes qui doivent être comblées pour préciser les substances à suivre en priorité. De plus, sans mentionner « l'effet cocktail » des synergies méconnues entre les substances, les nouveaux métabolites et leurs dégradations toujours plus complexes (e.g. metformine et guanylurée) mettent à mal les investigations scientifiques et il serait judicieux d'avoir recours à un processus de type « screening » voire à une analyse non ciblée, permettant d'ouvrir le spectre des recherches dans le Léman. Ajouté à ces éléments de connaissance, l'historique mouvementé de la CIPR démontre également leur implication et leurs démarches approfondies en termes de surveillance des micropolluants et il sera fortement utile de suivre attentivement leurs nouvelles recommandations à ce sujet.

De grandes avancées se profilent d'ailleurs à l'horizon. En 2018, la Confédération et les cantons ont décidé d'étendre le programme d'observation nationale de longue durée de la qualité des eaux de surface « NAWA TREND » aux micropolluants organiques. Le nouveau programme « NAWA MP » a démontré des premiers résultats convaincants dans son approche méthodologique et permettra une homogénéisation du suivi national. Les nombreux dépassements relevés durant la phase d'étude ne rassurent pas mais attestent de la nécessité d'une surveillance nationale efficace afin de limiter leur concentration. Ceci s'intègre dans la stratégie de réduction des micropolluants à l'échelle nationale, ciblant principalement l'amélioration des rendements de STEP par l'ajout de traitements quaternaires

dans 135 STEP du territoire suisse d'ici à 2040. Ces éléments sont par conséquent encourageants et témoignent de la mise en place d'une politique de réduction de ces micropollutions. Toutefois, il est indéniable qu'il serait encore plus judicieux de pouvoir traiter le problème à sa source pour ne pas devoir adapter continuellement les traitements aux substances actives que nous créons et libérons dans les eaux de surface et, plus largement, dans les écosystèmes aquatiques. Une utilisation raisonnée de ces substances ainsi qu'une large sensibilisation des acteurs permettrait peut-être actions drastiques auprès des milieux industriels tout en intégrant leur biodégradabilité aux multiples activités anthropiques.

7. BIBLIOGRAPHIE

7.1 Publications

Bernard M., Mange P. et Maeder Y. (2020). *Micropolluants dans les eaux du Rhône amont*. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux du Léman contre Pollut., Campagne 2019, xx-xx.

Baptiste A. J. et al. (2019). *Biodegradation of metformine and its transformation product, guanylurea, by natural and exposed microbial communities*. Ecotoxicology and Environmental Safety 182, Elsevier, 109414.

Caldwell D. J. et al. (2019). *Environmental risk assessment of metformin and its transformation product guanylurea : II. Occurrence un surface waters of Europe and the United States and deviation of predicted no-effect concentrations*. Chemosphere 216, Elsevier, 855-865.

Chèvre N., Gaillard R. et Plagellat C. (2020). *Métaux et micropolluants organiques dans les eaux du Léman*. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux du Léman contre Pollut., Campagne 2019, xx-xx.

Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman contre la pollution (CIPEL) (1984). *Le Léman, synthèse 1957-1982*. 205-211.

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) (2020). *Bilan Rhin 2020*. 1-40.

Elizalde-Velasquez G. A. et Gomez-Olivan L. M. (2019). *Occurrence, toxic effects and removal of metformine in the aquatic environments in the world : Recent trends and perspectives*. Science of the Total Environment 702, Elsevier, 134924.

Lazzarotto J., Quetin P. et Klein A. (2013). *Evolution physico-chimiques des eaux du Léman (éléments majeurs) et données météorologiques*. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux du Léman contre Pollut., Campagne 2012, 16-46.

OEaux (1998). *Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (état au 1^{er} avril 2020)*, Suisse.

Ordonnance du DETEC (2016). *Ordonnance du 3 novembre 2016 concernant la vérification du taux d'épuration atteint avec les mesures prises pour éliminer les composés traces organiques dans les stations d'épuration des eaux usées (état au 1^{er} décembre 2016)*, Suisse.

Orelli D. (2012). *Les médicaments dans les eaux du Léman, problématique et bilan*. Partenariat entre le SCAV et la CIPEL. Atelier sur les micropolluants, Université de Lausanne (Unil).

Plagellat C. et Klein A. (2019). *Métaux et micropolluants organiques dans les eaux du Léman*. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux du Léman contre Pollut., Campagne 2018, 162-181.

Trautwein C. et al. (2014). *Occurrence of the antidiabetic drug Metformine and its ultimate transformation product Guanylurea in several compartments of the aquatic cycle*. Environment International 70, Elsevier, 203-2012.

7.2 Sites et articles web

Aquaetgas.ch (Aqua & Gas). Rubrique Eau. *Micropolluants dans le monitoring des eaux de surface. Extension de NAWA TREND et premiers résultats de la campagne 2018*. Disponible à l'adresse suivante : https://www.aquaetgas.ch/fr/eau/cours-d-eau/ag-07-2020_extension-de-nawa-trend-et-premiers-résultats-de-la-campagne-2018/ (consulté le 20 août 2020)

Centre suisse d'écotoxicologie appliquée. *Prestations d'expert. Norme de qualité environnementale*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.centrecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/> (consulté le 25 mai 2020)

Centre suisse d'écotoxicologie appliquée (2017). Fiche d'information. *Les pyréthrinoides dans l'environnement*. Disponible à l'adresse suivante : https://www.centrecotox.ch/media/189995/2017_pyrethroide_fr.pdf

Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL). *Phosphore et santé du Léman*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.cipel.org/themes/phosphore/> (consulté le 5 août 2020)

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS). *Portail Substances Chimiques*. Disponible à l'adresse suivante : <https://substances.ineris.fr/fr/>

Lenntech.fr. Lenntech Water Treatment Solutions. *Etain - Sn. Propriétés chimiques – Effets de l'étain sur la santé – Effets de l'étain sur l'environnement*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.lenntech.fr/francais/data-perio/sn.htm> (Consulté le 22 août 2020)

Office fédéral de l'environnement (OFEV). *Thème Eaux, qualité des eaux, micropolluants*. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/info-specialistes/etat-des-eaux/etat-des-cours-deau/qualite-des-cours-deau/micropolluants-dans-les-cours-deau.html> (consulté le 5 août 2020)

8. ANNEXES

8.1 Fiche descriptive de la « base de données micropolluants à SHL2 »

Informations générales

La base de données micropolluants (L3_SHL2_MP_BD) regroupe l'ensemble des quatre catégories de micropolluants organiques et inorganiques recherchés à SHL2 en un seul fichier Excel afin de faciliter la liaison entre les résultats et éviter un surplus inutile de fichiers séparés. Dans le cas où ce fichier est trop important, les catégories possèdent également chacune leur base de données spécifique. Chaque

base de données est constituée des résultats d'analyses provenant des laboratoires, d'un affichage graphique ainsi que des caractéristiques des substances.

Les quatre catégories principales de micropolluants sont les suivantes :

- Métaux traces (MET) : regroupe les métaux lourds en traces dissoutes et totales, allant de l'aluminium au zinc
- Pesticides (PEST) : regroupe les fongicides, insecticides, herbicides et nématicides
- Résidus médicamenteux (MEDIC) : regroupe les médicaments, allant de l'antiépileptique aux agents de contraste en passant par les hormones
- Micropolluants divers (DIV) : regroupe les micropolluants non classés dans les catégories ci-dessus, il s'agit principalement des substances issues des milieux industriels et domestiques tels que des anti-corrosifs, isolants, retardateurs de flamme, antibactériens, plastiques, hydrocarbures polycycliques aromatiques ou encore des cosmétiques (liste non-exhaustive)

Onglets

Chaque catégorie de micropolluants possède un numéro d'identification et trois onglets distincts. Chaque onglet est basé sur les abréviations des catégories ainsi que sur son contenu tout en étant trié dans l'ordre alphabétique. À titre d'exemple, la base de données des métaux en traces dissoutes et totales se nomme : **3_MET_BD**, derrière les divers (1) et les médicaments (2) et donc en troisième position devant les pesticides (4).

Base de données (BD)

Ce premier onglet constitue l'élément principal puisqu'il s'agit des résultats d'analyses en laboratoire. Un total de 17 attributs permet de renseigner chaque analyse de substance. Ces attributs sont décrits ci-dessous.

ATTRIBUTS	FORMAT	DESCRIPTION
Identifiant CIPEL	[TEXTE]	Numérotation pour l'archivage CIPEL (laisser vide)
Laboratoire	[TEXTE]	Nom du laboratoire
Identifiant laboratoire	[TEXTE]	Numérotation de l'analyse au sein du laboratoire
Groupe de paramètres	[TEXTE]	Catégorie du paramètre (Pesticides, Métaux, Résidus médicamenteux ou Autres)
Méthode	[TEXTE]	Appareil ou méthode utilisé par le laboratoire
Date de prélèvement	[jj.mm.aaaa]	Date du prélèvement
Profondeur	[TEXTE]	Profondeur du prélèvement : 1,15,30,100,305, mélange 1:1 (1m+30m) ou mélange 1:1 (200m+305m)
Substances	[TEXTE]	Nom de la substance
N° CAS	[TEXTE]	Numéro CAS de la substance
Type	[TEXTE]	Type de substance (Fongicide, Herbicide, Insecticide, Herbicide - Métabolite, ...)
Date d'analyse	[jj.mm.aaaa]	Date d'analyse par le laboratoire
Unité	[TEXTE]	Unité des résultats ([µg/L] ou [ng/L])
Résultat	[NUMERIQUE]	Résultat de l'analyse
Incertitude de mesure	[NUMERIQUE]	L'incertitude correspond à l'incertitude moyenne sur la plage de quantification
LOQ	[NUMERIQUE]	Limite inférieure de quantification
LOD	[NUMERIQUE]	Limite inférieure de détection
Remarque	[TEXTE]	Indiquer toute particularité vie-à-vie de l'analyse ou des résultats

Figure 10 : Description des attributs de classification des analyses pour la base de données micropolluants (Excel, 2020)

Précisions complémentaires :

- La méthode concerne la méthode d'analyse utilisée par les laboratoires et est renseignée par son nom anglophone, tel que décrite dans les rapports scientifiques publié par la CIPEL. La méthode d'extraction n'est pas explicitée. Par ailleurs, le numéro de la méthode utilisée est écrit directement selon les fiches de résultats du laboratoire si aucune autre précision n'est donnée à son sujet
- Hormis le calcium, le magnésium et le manganèse dont l'unité est le **mg/L**, l'ensemble des substances possède les mêmes unités, à savoir le **µg/L**

Suivi graphique (GR)

Ce deuxième onglet permet un affichage graphique rapide et un suivi de l'évolution temporelle des concentrations. Ci-dessous, une illustration de l'organisation de l'affichage au moyen d'un tableau et d'un graphique croisé dynamique.

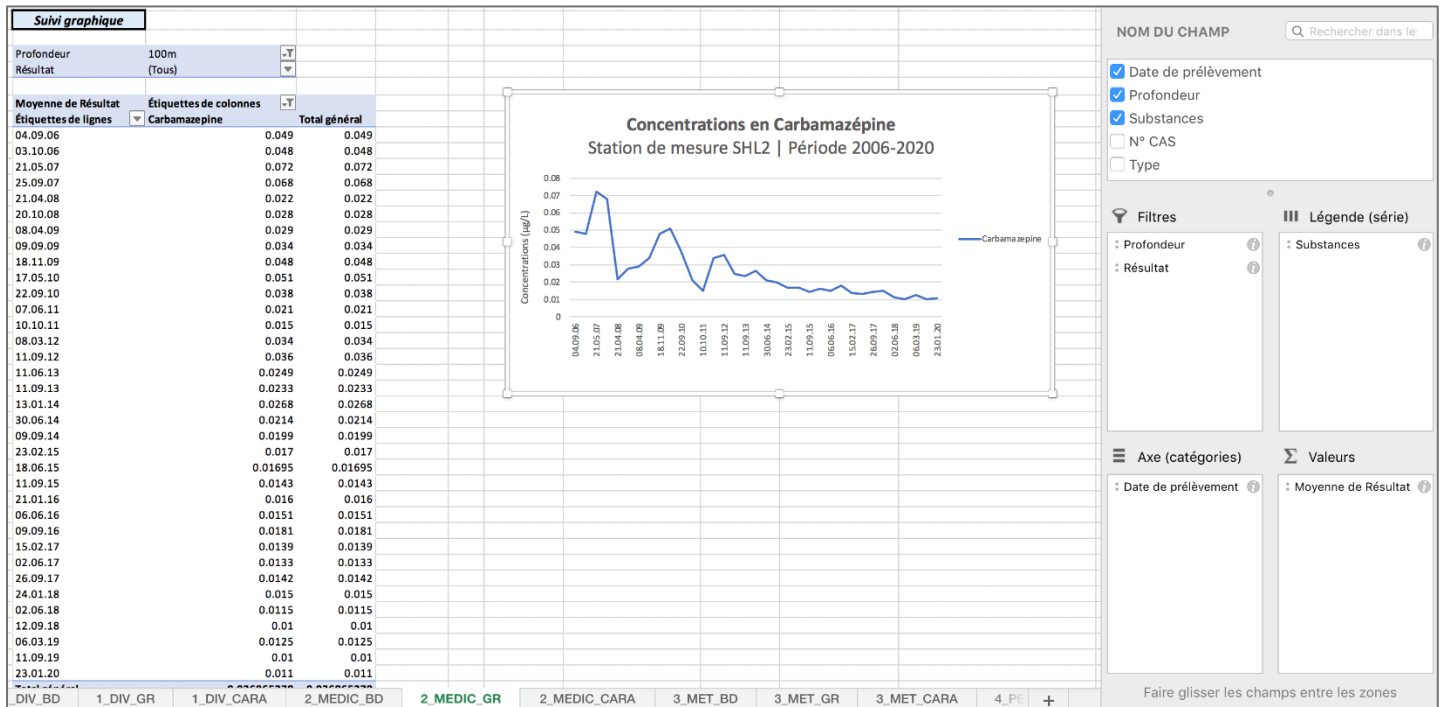


Figure 11 : Onglet d'affichage graphique rapide pour les résidus médicamenteux (Excel, 2020)

Les filtres permettent d'adapter la sélection au choix de l'utilisateur. Dans l'exemple illustré par la figure 11, la carbamazépine est choisie à une profondeur de 100 mètres depuis le début de sa recherche dans les eaux du Léman (2006). Ce type d'affichage permet un rapide aperçu de l'évolution des concentrations d'une substance afin de déceler une erreur dans les analyses ou de rendre simplement compte d'une diminution/élévation des concentrations en comparaison des campagnes précédentes.

Toutefois, certains éléments ne sont pas pratiques et peuvent même fragiliser l'interprétation du graphique en donnant de fausses informations. Voici les éléments auxquels il faut faire attention et, si besoin, **comment les contourner** :

- Le mode croisé dynamique utilise un calcul pour passer du tableau au graphe ; **la somme** est utilisée ici et comme chaque prélèvement possède une date unique, la somme s'effectue sur une seule valeur et annule ainsi le calcul de somme
- Lorsque la concentration d'une substance n'est pas décelée (= n.d.) ou est inférieure à la LOQ et noté "<0.001", le tableau croisé dynamique affiche la valeur "#DIV/0!" et rien ne sera par conséquent affiché dans le suivi graphique
- Les écarts entre les dates en abscisse du graphique ne sont pas linéaires et possèdent parfois des « sauts » dans les données ; **l'utilisation des années/trimestre** permet d'aider à la lecture
- Le type de graphique « en courbe avec marques » néglige parfois certaines valeurs extrêmes ou isolées ; **l'utilisation** du mode « nuage de points avec lignes droites et marqueurs » permet d'éviter cela
- L'ordre de priorité des champs du tableau croisé dynamique est important et influence directement les éléments affichés ; le plus simple est de **ne pas changer les champs en place** ou d'effectuer des changements champ après champ voire dans un nouvel onglet ad hoc

De manière générale, on comprend par ces éléments que cet affichage reste préliminaire et permet surtout une visualisation graphique rapide afin de mettre en avant des tendances. Si l'utilisateur aimerait pouvoir aller plus loin, il possède deux solutions : soit un double-clic de souris sur la ligne en question qui permet de sortir la valeur affichée, soit un copier/coller des valeurs nécessaires dans un nouvel onglet.

Caractéristiques des substances (CARA)

Il s'agit à nouveau d'un tableau possédant un ensemble d'attributs spécifiques. L'exemple ci-dessous en illustre seulement une partie pour faciliter la lecture.

La liste exhaustive des attributs du tableau est la suivante :

- Substance
- Origine/source (agricole, domestique, industrielle, urbaine)
- Usage spécifique (alimentation, nettoyage, transport, etc.)
- Mode de transfert (diffus et/ou ponctuel)
- Persistance/stabilité
- Bioaccumulation (log Kow = logarithme de partition octanol/eau)
- Métabolisation (par le corps humain)
- Dégradation en STEP
- Predicted No Effect Concentration (PNEC) en exposition chronique
- No Observed Effect Concentration (NOEC)
- Valeurs guides environnementales (VGE)
- Norme de qualité environnementale (NQE) en exposition aiguë
- Norme de qualité environnementale (NQE) en exposition chronique
- Statut légal suisse (concerne principalement les pesticides)
- Statut légal français (concerne principalement les pesticides)
- Remarque (information complémentaire)

		Statut légal - Suisse						
Norme de qualité environnementale (NQE) Exposition aiguë (µg/L)	Norme de qualité environnementale (NQE) Exposition chronique (µg/L)	Statut	Retrait	Délai de vente	Délai d'utilisation	Délai d'inclusion	Statut	Retrait
		Interdit	Jamais homologué*				Interdit	2002
		Autorisé					Autorisé	
		Interdit	01.01.07				Interdit	30.06.03
0.55	0.2	Autorisé					Autorisé	
470	270							
12	12							
0.7	0.44	Interdit	01.11.16				Interdit	2011
190	10	Interdit	06.01.20	06.01.21	06.01.22		Autorisé	
Actuellement pas possible	250							
3700	37	Interdit	Jamais homologué*				Interdit	2002
		Interdit	10.12.19	10.12.19	31.12.19		Interdit	20.11.19
		Autorisé					Autorisé	
0.044	0.046							
0.073	0.01							
		Autorisé					Autorisé*	
1.3	1.3	Autorisé				31.10.20	Autorisé	
3.3	0.33	Autorisé					Autorisé	
		Interdit*	01.02.13				Interdit*	2011
410	88	Autorisé					Autorisé	

Figure 12 : Onglet regroupant les caractéristiques des pesticides (Excel, 2020)

Afin de pouvoir remplir le contenu de ce tableau, il est impératif d'avoir recours à des plateformes et sites web fiables dans le but d'homogénéiser l'information. Pour ce faire, plusieurs références ont été consultées et permettront d'obtenir des informations complémentaires dans les prochaines années, afin de compléter progressivement les connaissances (notamment concernant les NQE).

Les sources et références des informations compilées sont les suivantes :

- Les valeurs de PNEC chroniques et les VGE proviennent du Portail des Substances Chimiques de l'INERIS (institut national de l'environnement industriel et des risques) (<https://substances.ineris.fr/fr/>)
- Les normes de qualité environnementale proviennent du centre écotoxicologique suisse (centreecotox.ch) ainsi que du Portail des Substances Chimiques de l'INERIS (<https://substances.ineris.fr/fr/>)
- Les statuts légaux suisses des substances proviennent du site web de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et de l'onglet relatif aux produits phytosanitaires homologués sur le territoire (<https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/zugelassene-pflanzenschutzmittel.html>) ; certaines précisions ont été données par André Zimmermann de la station de protection des plantes à la Direction Générale de l'Agriculture, de la Viticulture et des Affaires Vétérinaires (DGAV, canton de Vaud)
- Les statuts légaux français des substances proviennent du catalogue national des produits phytopharmaceutiques autorisés sur le territoire français (<https://ephy.anses.fr/>) ainsi que de la base de données européenne sur les pesticides (EU pesticide database : <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance.selection&language=EN>)

Les sources, les usages, les principales propriétés physico-chimiques ou encore les valeurs d'écotoxicité telles que la NOEC ne sont pas remplies, car elles demandent beaucoup de temps. De nombreux éléments doivent également encore être étudiés et consolidés afin de parfaire les connaissances des substances donc il est normal de trouver des lacunes dans les informations à disposition. Il s'agit dès maintenant de compléter ces informations au fur et à mesure de l'avancée des connaissances. Quelques pistes peuvent déjà aider à renseigner ces éléments tels que Swissmedic (institut suisse des produits thérapeutiques), les pharmacies cantonales, l'Anses (agence nationale de la sécurité sanitaire, alimentaire, environnement, travail), les documents de l'OFAG et de l'OFEV ainsi que des commissions internationales de protection des eaux (principalement la CIPR), l'INERIS et son très complet Portail des Substances Chimiques ou encore des informations directement en provenance des milieux privés concernés.

8.2 Infographies des adaptations du programme de surveillance

8.2.1 Substances diverses

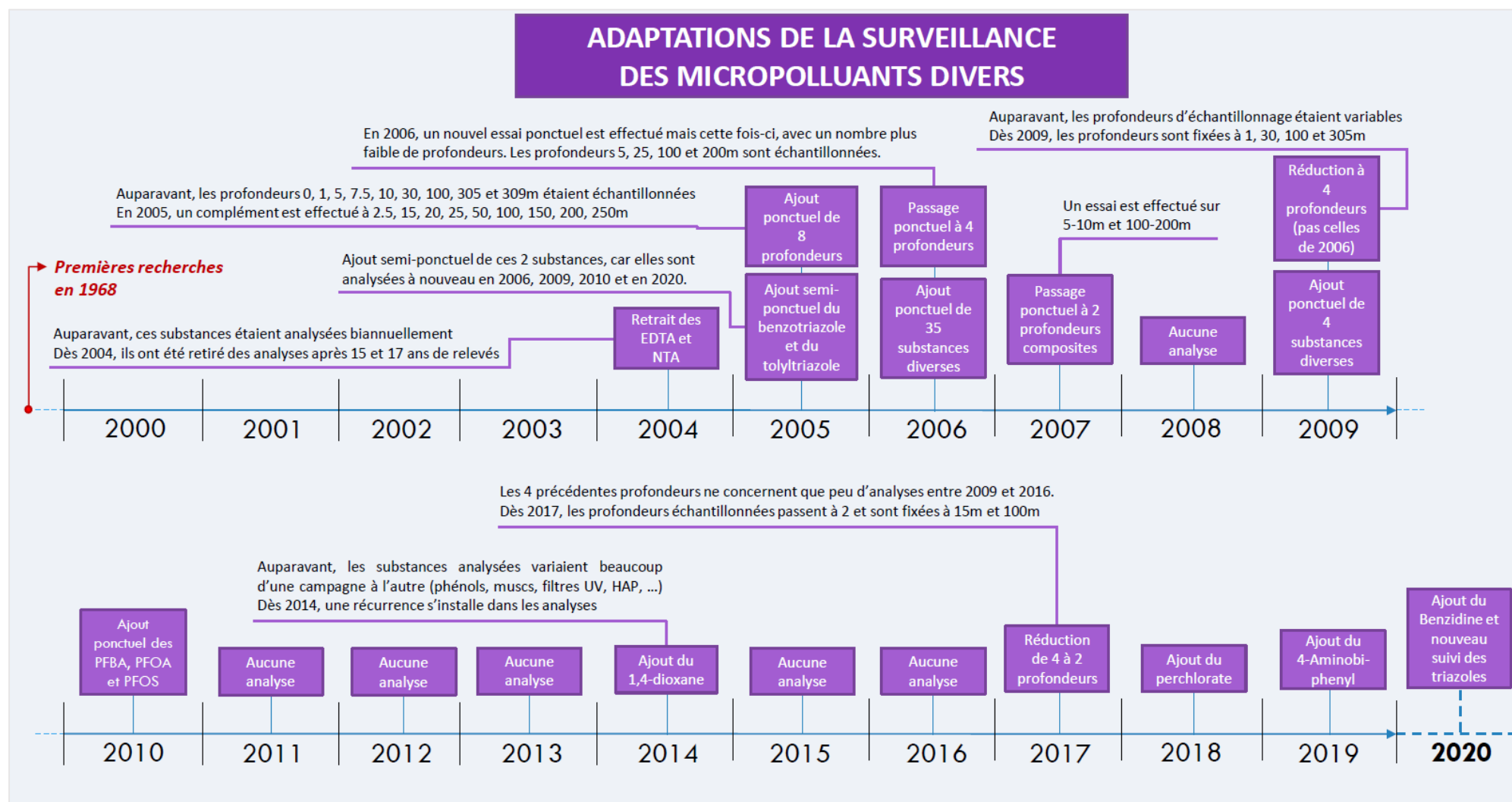


Figure 13 : Principales adaptations du programme de surveillance des micropolluants divers dans le Léman (SHL2) de 2000 à 2020

8.2.2 Substances médicamenteuses

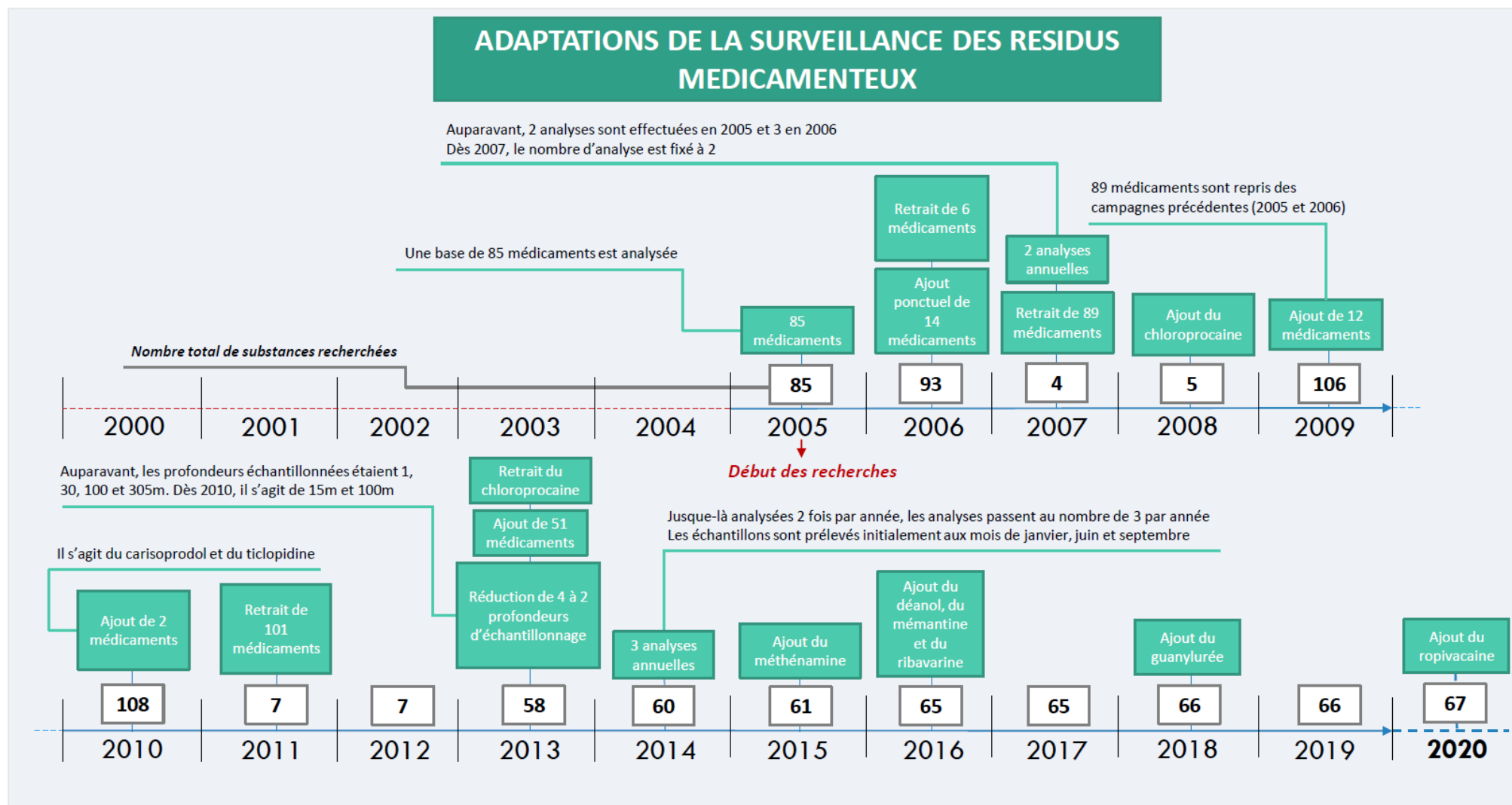


Figure 14 : Principales adaptations du programme de surveillance des substances médicamenteuses dans le Léman (SHL2) de 2000 à 2020

8.2.3 Métaux lourds en traces totales et dissoutes

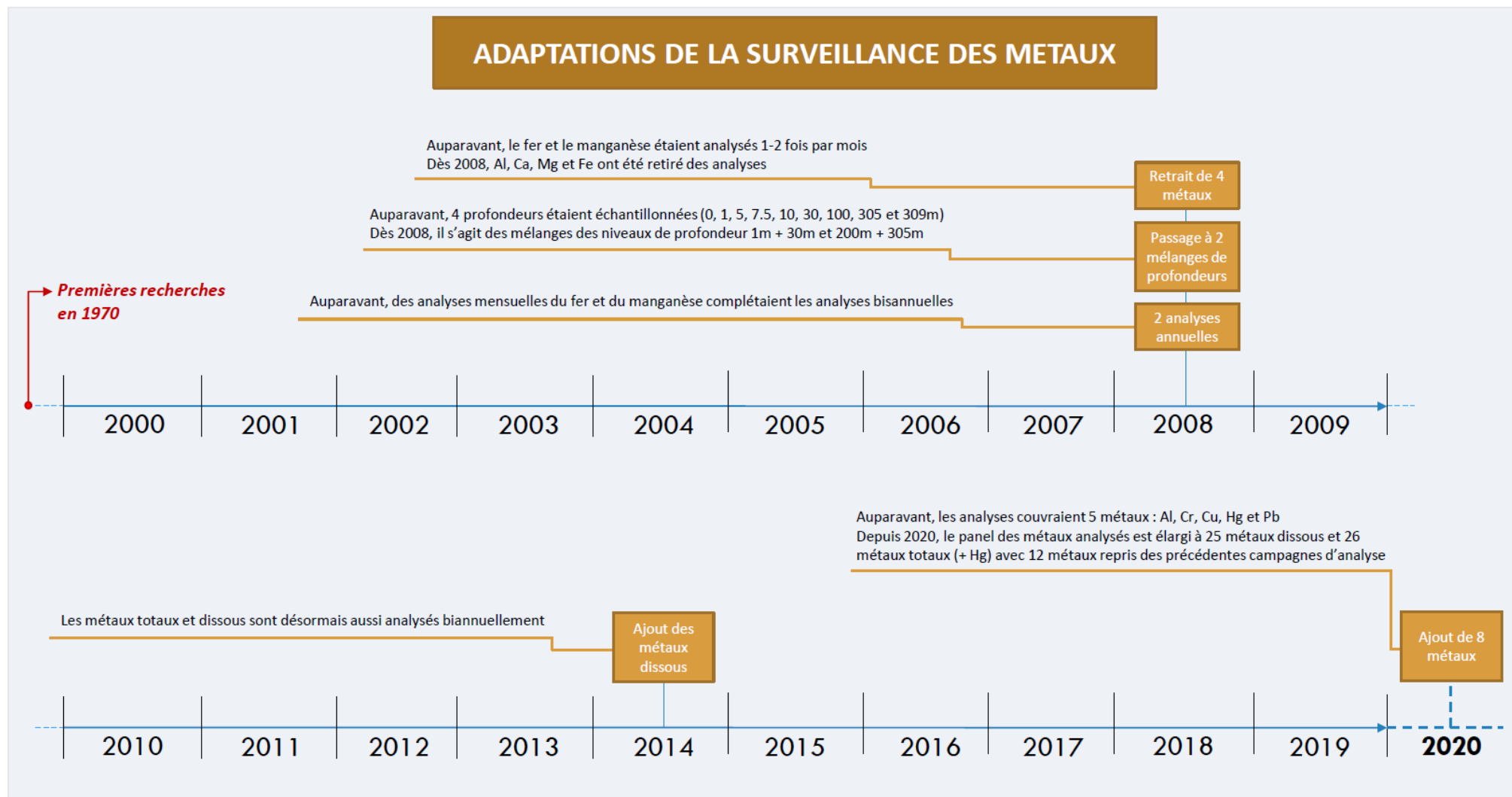


Figure 15 : Principales adaptations du programme de surveillance des métaux lourds en traces totales et dissoutes dans le Léman (SHL2) de 2000 à 2020

8.2.4 Substances phytosanitaires

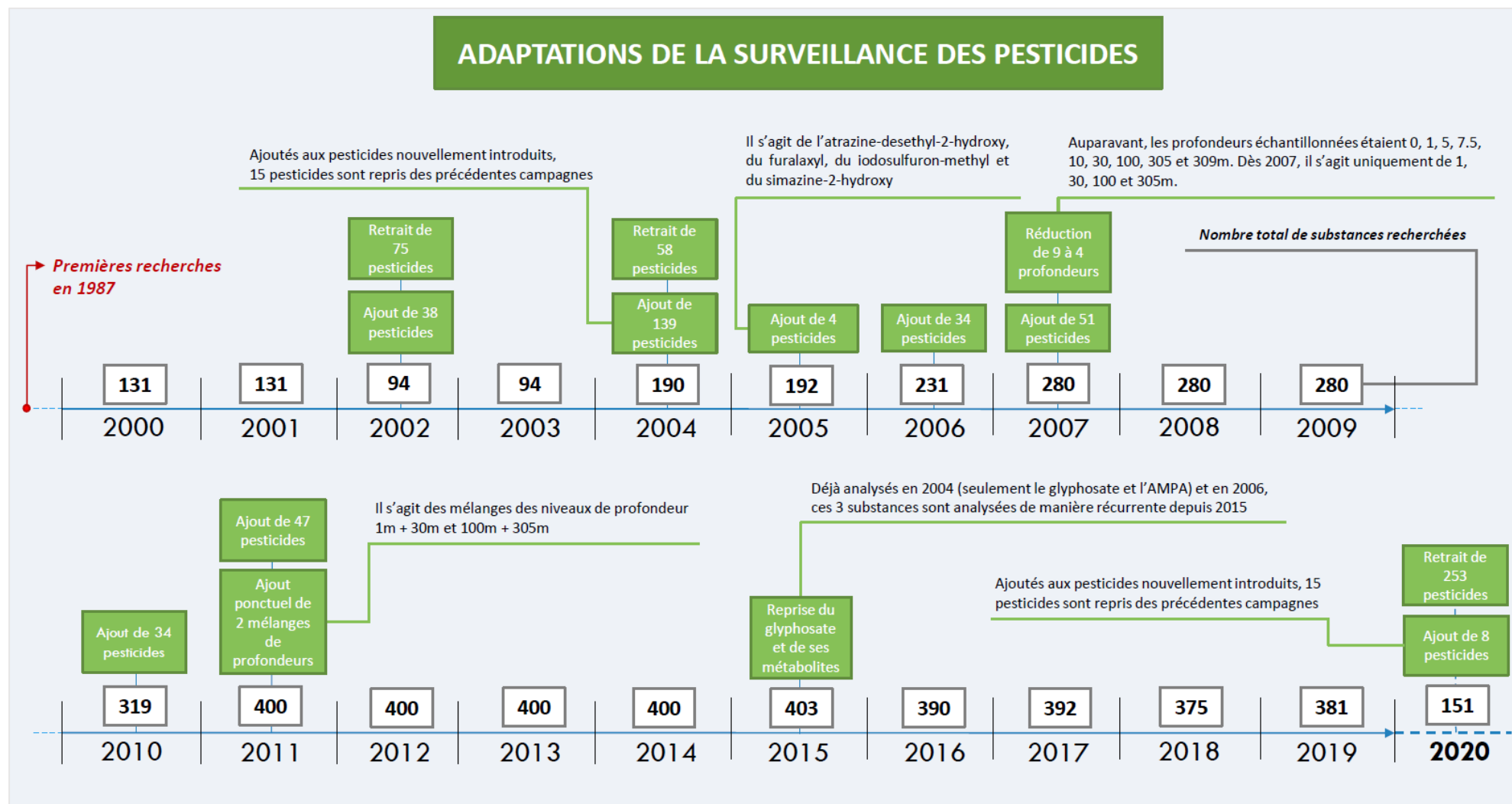


Figure 16 : Principales adaptations du programme de surveillance des substances phytosanitaires dans le Léman (SHL2) de 2000 à 2020

8.3 Tableaux des substances jamais analysées dans le Léman par la CIPEL

8.3.1 Substances diverses

Tableau 10 : Substances actives de type divers recherchées dans les eaux de surface par les organismes suisses et internationaux de surveillance des eaux de surface et qui n'ont jamais été recherchées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance	Substance active	Type	N° CAS	LOQ [µg/L]	NQE ¹ [µg/L] chronique (aigüe)	PNEC [µg/L] chronique	VGE [µg/L]
CIPR	1,1,1-Trichloroethane	Solvant halogéné	71-55-6	0.01-0.5		26	26
CIPR	1,2,3-Trichlorobenzene	Solvant industriel	87-61-6	0.01		4	
CIPR	1,2,3-Trichloropropane	Solvant et intermédiaire de synthèse	96-18-4				
CIPR	1,2,4-Trichlorobenzene	Solvant et colorant	120-82-1	0.0025-0.01		4	
CIPR	1,2-Dichlorobenzene	Intermédiaire de synthèse	95-50-1			6.3	
CIPR	1,2-Dichloroethane	Intermédiaire de synthèse	107-06-2	0.01-0.04	10	1060	
CIPR	1,3,5-Trichlorobenzene	Solvant et émulsifiant industriel	108-70-3	0.01		4	
CIPR	2-Chlorotoluene	Agent de dispersion	95-49-8			8	8
CIPR	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol (TMDD)	Usage industriel	126-86-3	0.025			
CIPAIS	2,4 Dinitrophenol (DNP)	Colorant et intermédiaire	51-28-5				
CIPR	3-Trifluoromethylaniline	Usage industriel	98-16-8	0.02			
CIPR	4-Diméthylaminopyridine	Catalyseur de réactions chimiques	1122-58-3	0.005-0.01			
CIPR	4-Chloroaniline	Usage industriel	106-47-8	0.002		1	0.2
CIPR	4-Chlorotoluene	Intermédiaire de synthèse	106-43-4			32	12
CIPR, CIPAIS, DGE, OFEV, SECOE	Acesulfame	Edulcorant	33665-90-6	0.016			
CIPR	Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctylsulfonique (H4PFOS)	Usage industriel	27619-97-2	0.001			
CIPR	Acide 2H, 2H,3H,3H-perfluorundecanoïque (H4PFUnA)	Usage industriel	34598-33-9	0.001			
CIPR	Acide 7H-Dodecafluorheptanoïque (HPFHpA)	Usage industriel	1564-95-8	0.001			
CIPR, SECOE	Acide paratoluenesulfonique (APTS)	Catalyseur d'acidité	104-15-4	0.05-0.2			

<i>CIPAI</i> <i>S</i> , <i>CIPR</i>	Acide pentetique (DTPA)	Antioxygène et conservateur	67-43-6			
<i>CIPR</i>	Acide perfluorobutanesulfonique (PFBS)	Tensioactif fluoré	375-73-5	0.002-0.005		
<i>CIPR</i>	Acide perfluorooctylsulfonamide (PFOSA)	Usage industriel	754-91-6	0.001		
<i>CIPR</i>	Acide perfluorodecanesulfonique (PFDS)	Usage industriel	335-77-3	0.001		
<i>CIPR</i>	Acide perfluorodecanoïque (PFDA)	Retardateur de flamme	335-76-2	0.001-0.005		
<i>CIPR</i>	Acide perfluorododecanoïque (PFDoA)	Usage industriel	307-55-1	0.001		
<i>CIPR</i>	Acide perfluoroheptanoïque (PFHpA)	Usage industriel	375-85-9	0.01-0.001		
<i>CIPR</i>	Acide perfluorohexanoïque (PFHxA)	Usage industriel	307-24-4	0.001-0.01		
<i>CIPR</i>	Acide perfluorohexanesulfonique (PFHxS)	Usage industriel	355-46-4	0.001-0.005		
<i>CIPR</i>	Acide fluorononanoïque (PFNA)	Tensioactif fluoré	206-801-3	0.001-0.01		
<i>CIPR</i>	Acide perfluoroundecanoïque (PFUnA)	Usage industriel	2058-94-8	0.001		
<i>CIPAI</i> <i>S</i>	ADA	Intermédiaire de synthèse	26239-55-4			
<i>CIPR</i>	Anhydride pentafluoropropionique (PFPA)	Usage industriel	356-42-3	0.005		
<i>SECOE</i>	Aspartame	Edulcorant	22839-47-0			
<i>CIPR</i>	Benzene	Solvant et colorant	71-43-2	0.25	10 (50)	80
OFEV , <i>SECOE</i>	Benzothiazole	Composé hétérocyclique aromatique	95-16-9	0.01	240 (250)	
<i>DGE</i> , <i>SECOE</i>	Cafeine	Alcaloïde	58-08-2	0.003		87
<i>CIPR</i>	Chloroalcane C10-C13	Retardateur de flamme	85535-84-8	0.1	0.4 (1.4)	0.5
<i>SECOE</i>	Cotinine	Alcaloïde	486-56-6			
<i>CIPR</i> , <i>CIPAI</i> <i>S</i> , <u><i>SECOE</i></u>	Cyclamate	Edulcorant	100-88-9	<u>0.002</u>		
<i>CIPR</i>	Dichloromethane	Solvant	75-09-2	0.04	20	1650
<i>CIPR</i>	Diglyme	Solvant	111-96-6	0.02-0.1		
<i>CIPR</i>	Di-isopropyl ether	Solvant	108-20-3	0.01-0.05		
<i>CIPR</i>	Ethyl tert-butyl ether (ETBE)	Additif pour carburant	637-92-3	0.05		
<i>CIPR</i>	Hexa BDE 153	Retardateur de flamme	68631-49-2	0.001-0.002	(0.14)	

CIPR	Hexa BDE 154	Retardateur de flamme	207122-15-4	0.001	(0.14)		
CIPR	Hexachlorobenzene	Plastifiant du PVC	118-74-1	0.01		0.013	
CIPR	Hexachlorobutadiene	Solvant	87-68-3	0.01		0.44	
CIPR	Isopropylamide d'acide anthranilique (AIPA)	Usage industriel	30391-89-0				
CIPAIS	MGDA	Agent chélateur	164462-16-2				
CIPR	PCB28	Retardateur de flamme	7012-37-5	0.0001-0.01			
CIPR	PCB52	Retardateur de flamme	35693-99-3	0.0001-0.01			
CIPR	PCB101	Retardateur de flamme	37680-73-2	0.0001-0.01			
CIPR	PCB118	Retardateur de flamme	31508-00-6	0.0001-0.01			
CIPR	PCB138	Retardateur de flamme	35065-28-2	0.0001-0.01			
CIPR	PCB153	Retardateur de flamme	35065-27-1	0.0001-0.01			
CIPR	PCB180	Retardateur de flamme	35065-29-3	0.0001-0.01			
CIPAIS	PDTA	Produit industriel (photographie)	4408-81-5				
CIPR	Penta BDE 99	Retardateur de flamme	60348-60-9	0.001	(0.14)		
CIPR	Penta BDE 100	Retardateur de flamme	189084-64-8	0.001	(0.14)		
CIPR	Pentachlorobenzene	Intermédiaire de synthèse	608-93-5	0.0025-0.02	0.007	1	
CIPR, CIPAIS, CIPR, CIPAIS, DGE, OFEV, SECOE	Saccharine	Edulcorant	81-07-2	0.05			
	Sucralose	Edulcorant	56038-13-2	0.02-0.05, 0.05			
CIPR	Tetra BDE 47	Retardateur de flamme	5436-43-1	0.001			
CIPR	Tetrachloromethane	Solvant et réfrigérant	56-23-5	0.001	12	2.5	
CIPR	Tetraglyme	Solvant	143-24-8	0.02			
CIPR	Tri BDE 28	Retardateur de flamme	41318-75-6	0.001			
CIPR	Trichloroethene	Solvant	79-01-6	0.001	10		
CIPR	Trichloromethane	Solvant	67-66-3	0.02	2.5	146	
CIPR	Triethyl phosphate (TEP)	Catalyseur d'acidité et plastifiant	78-40-0			632	
CIPR	Triglyme	Solvant	112-49-2	0.02-0.1			
CIPR	Tri-isobutyl phosphate (TIBP)	Retardateur de flamme	126-71-6	0.003-0.03			
CIPR	Tri-N-butyl phosphate (TNBP)	Usage industriel	126-73-8	0.004-0.1	82	82	37

CIPR	Triphenylphosphine (TPP)	Liant pour peintures et sables	603-35-0	0.05	
CIPR	Triphenylphosphine-oxide (TPPO)	Usage industriel	791-28-6	0.01-0.1	
CIPR	Tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCP)	Retardateur de flamme	13674-87-8	0.01	1.1
CIPR	Tris(chloroisopropyl) phosphate (TCPP)	Retardateur de flamme	13674-84-5	0.1	120
CIPR	Tris(butoxyethyl)phosphate (TBEP)	Retardateur de flamme	78-51-3	0.08	

8.3.2 Substances médicamenteuses

Tableau 11 : Substances actives de médicaments et hormones recherchées dans les eaux de surface par les organismes suisses et internationaux de surveillance des eaux de surface et qui n'ont jamais été recherchées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance	Substance active	Type	N° CAS	LOQ/LOD [µg/L]	NQE ¹ [µg/L] chronique (aigüe)
DGE	7-dehydroestrone	Hormone	474-86-2	0.000021-0.0027	
CIPAIS, CIPR, DGE, OFEV, SECOE	10,11-dihydroxycarbamazepine	Métabolite du carbamazepine	58955-93-4	0.005, 0.015	100
CIPR	Aciclovir	Antiviral	59277-89-3	0.02	
DGE, SECOE	Acide diatrizoïque	Agent de contraste (ACR)	117-96-4	0.005-0.087	
CIPR, DGE, SECOE	Amisulpride	Antidépresseur	71675-85-9	0.0045	
DGE	Androstenedione	Hormone	63-05-8	0.00006-0.001	
SEN	Apixaban	Anticoagulant	503612-47-3	0.01	
CIPR	Atenolol-acide	Métabolite de l'atenolol	56392-14-4	0.15	
CIPR	Bicalutamide	Traitement du cancer de la prostate	90357-06-5	0.01	
CIPR, DGE, SECOE	Candesartan	Antihypertenseur	139481-59-7	0.0048	
SEN	Carbidopa	Traitement Parkinson	28860-95-9	0.01	
CIPR	Carbamazepine-10,11-epoxide	Métabolite du carbamazepine	36507-30-9	0.01	
CIPAIS	Cetirizine	Antihistaminique	83881-51-0		
SEN	Cibamino-(s)	Intermédiaire de synthèse		0.01	
SEN	Cibazepine	Intermédiaire de synthèse		0.01	
CIPR	Climbazole	Traitement de l'eczéma	38083-17-9	0.01	

DCE	Clotrimazole	Antimycosique	23593-75-1	
CIPR	Colpidogrel	Antiagrégant plaquettaire	113665-84-2	0.01
CIPAIS	Erythromycine A dihydrate	Antibiotique	59319-72-1	
CIPR, DCE	Fluconazole	Antimycosique	86386-73-4	0.01
SECOE	Ivermectine	Traitement des parasitoses	70288-86-7	
CIPR, CIPAIS, SECOE	Lamotrigine	Antiépileptique	84057-84-1	0.01-0.025
CIPR	Levetiracetam	Antiépileptique	102767-28-2	0.02
CIPR	Lidocaine	Anesthésique local	137-58-6	0.01-0.02
DCE	Miconazole	Antimycosique	22916-47-8	
CIPR, CIPAIS, DGE	N-Acetyl-4-aminoantipyrine	Métabolite du metamizole	83-15-8	<u>0.001-</u> <u>0.0022</u>
DGE, SECOE	N-Acetyl-4-sulfamethoxazole	Métabolite du sulfamethoxazole	21312-10-7	0.011-0.029
CIPR, CIPAIS	N-Formyl-4-aminoantipyrine	Métabolite du aminophenazone	1672-58-8	
SEN	NOV-14-BOC	Intermédiaire de synthèse		0.01
CIPR, DCE	O-desmethylvenlafaxine	Antidépresseur	93413-62-8	0.025
CIPR	Olmesartan	Traitement de l'hypertension	144689-63-4	0.01
CIPR	Oxacarbazepine	Antiépileptique	28721-07-5	0.02
SEN	Propofol	Anesthésique général	2078-54-8	0.01
CIPR	Sitagliptine	Antidiabétique	486460-32-6	0.02
CIPR, CIPAIS, DGE	Sulfapyridine	Antibiotique	144-83-2	<u>0.001-</u> <u>0.006</u>
DGE	Sulfathiazole	Antibiotique	72-14-0	0.01-0.07
CIPR	Telmisartan	Traitement de l'hypertension	144701-48-4	0.01-0.02
DGE	Testosterone	Hormone	58-22-0	0.0001-0.002
CIPR, SECOE	Valsartan	Traitement hypertension	137862-53-4	560 (9000)
CIPR, SECOE	Valsartan-acide	Métabolite du valsartan	164265-78-5	<u>0.003</u>
CIPR, SECOE	Venfalaxine-N,O-Didesmethyl	Métabolite du venfalaxine	135308-74-6	<u>0.002</u>
CIPR	Verapamil	Traitement hypertension	52-53-9	0.15

8.3.3 Métaux lourds en traces totales et dissoutes

Tableau 12 : Métaux en traces totales et dissoutes recherchés dans les eaux de surface par les organismes suisses et internationaux de surveillance des eaux de surface et qui n'ont jamais été recherchés dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance	Métal	Type	N° CAS	LOQ [µg/L]	NQE ¹ [µg/L] chronique (aigüe)	PNEC [µg/L] chronique	VGE [µg/L]
CIPR	Etain	Métal total	7440-31-5	0.02		1.5	

8.3.4 Substances phytosanitaires

Tableau 13 : Substances actives de pesticides recherchées dans les eaux de surface par les organismes suisses et internationaux de surveillance des eaux de surface et qui n'ont jamais été recherchées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance	Substance active	Type	N° CAS	LOQ/LOD [µg/L]	NQE ¹ [µg/L] chronique (aigüe)	PNEC [µg/L] chronique	VGE [µg/L]
SECOE	2-Trifluorométhylbenzamide	Métabolite du fluopyrame	360-64-5				
DGE	Acide 2-amino-4-méthylsulfonylbenzoïque	Herbicide	393085-45-5	0.02			
CIPAIS	Acide 2,4,5-trichlorophenoxyacétique	Herbicide	93-76-5			5	0.1
CIPR, CIPAIS	Acide 4-2,4-dichlorophenoxybutyrique	Herbicide	94-82-6	0.005-0.05			
DGE	Acrinathrine	Insecticide	101007-06-1	0.000025			
CIPR	Azoxystrobine-acide	Métabolite de l'azoxystrobine		0.001-0.01			
DGE, SECOE	Bentazone-N-méthyl	Métabolite du bentazone	61592-45-8	0.01	23 (86)		
DGE	Bifenthrine	Insecticide	82657-04-3	0.000025	0.000095 (0.011)	0.000019	0.02
CIPAIS	Bromoxynil	Herbicide	1689-84-5			0.5	
CIPR, DGE, OFEV, SECOE	Cyperméthrine	Insecticide	52315-07-8	0.000013	0.00003 (0.00044)		
DGE	Cyphenothrine	Insecticide	39515-40-7	0.000013			
DGE, SECOE	Dichlobenil	Herbicide	1194-65-6	0.01			
CIPAIS, CIPR, DGE	Dichlorprop	Herbicide	120-36-5	0.01, 0.02	1 (7.6)	1.6	0.1
CIPR, DGE	Diméthachlore ESA	Métabolite du diméthachlore		0.01, 0.02	100 (6.6)		
DGE	Diméthachlore OXA	Métabolite du diméthachlore	108638-4-49-7	0.02	46.5		

<i>DGE, SECOE</i>	Dimethenamide ESA	Métabolite du dimethenamide	205939-58-8	0.01		
<i>CIPR</i>	Dimethenamide-P	Enantiomère du dimethenamide	163515-14-8		0.26 (2.5)	0.2 0.1
<i>DCE</i>	Dimoxystrobine	Fongicide	149961-52-4			
<i>CIPAI, CIPR</i>	DNOC	Herbicide	497-56-3			
<i>SECOE</i>	Diuron-desmethyl	Métabolite du diuron	3567-62-2			
<i>CIPAI</i>	Ethidimuron	Herbicide	30043-49-3			
<i>DGE</i>	Ethofenprox	Insecticide	80844-07-1	0.0000 025-0.0000 03	0.0054	
<i>SECOE, DCE</i>	Famoxadone	Fongicide	131807-57-3			
<i>CIPAI, CIPR</i>	Fenoprop	Herbicide	93-72-1	0.02		
<i>DGE</i>	Fenvalerate	Insecticide	51630-58-1	0.0000 15	0.0001 (0.00085)	
<i>CIPAI, DGE</i>	Hexazinone	Herbicide	51235-04-2	<u>0.005</u>		
<i>CIPR</i>	Icaridine	Insecticide	119515-38-7	0.01		
<i>DCE</i>	Ipconazole	Fongicide	125225-28-7			
<i>CIPR, DGE, OFEV, SECOE</i>	Irgarol	Algicide	28159-98-0	0.01, <u>0.005</u>	0.0023 (0.013)	
<i>CIPR</i>	Isochloridazon	Métabolite du chloridazon	1698-61-9			
<i>DGE</i>	Lambda-cyhalotrine	Insecticide	76703-62-3	0.0000 13	0.000022 (0.00019)	
<i>DGE, SECOE</i>	Lindane	Insecticide	58-89-9	0.007		0.02
<i>SECOE</i>	Lufenuron-1 et -2	Insecticides stéréoisomères	103055-07-8			
<i>DCE</i>	Metaflumizone	Insecticide	139968-49-3			
<i>CIPR, DGE</i>	Metamitrone-desamino	Métabolite du metamitrone	36993-94-9	0.002-0.01		
<i>CIPR, DGE</i>	Metazachlore OXA	Métabolite du metazachlore	123424-4-60-2	<u>0.02</u>	9.6 (0.7)	
<i>DGE</i>	Metofluthrine	Insecticide	240494-70-6	0.0000 13		
<i>DGE</i>	N, N'-dimethylsulfamide	Métabolite du dimethylsulfamide	3984-14-3	0.005-0.019		
<i>CIPAI, CIPR</i>	Pentachlorophenol (PCP)	Herbicide, insecticide, fongicide et algicide	87-86-5	0.006-0.01	0.4 (1)	0.1
<i>DGE</i>	Phenothrine	Insecticide	26002-80-2	0.0000 13	0.000001	

SECOE	Piperonyl-butoxyde	Insecticide	51-03-6		
SECOE	Propachlore ESA	Métabolite du propachlore	123732-85-4		
SECOE	Pyraclostrobine	Fongicide	175013-18-0		
CIPAI	Simazine-desethyl	Métabolite de la simazine	1007-28-9		
SEN	Spinosade factor A	Insecticide	131929-60-7	0.01	
DGE	Spiroxamine-1 et -2	Fongicides stéréo-isomères	118134-30-8	0.01-0.04	0.032
DGE	Tau-fluvalinate	Insecticide	102851-06-9	0.000005	
DGE	Tefluthrine	Insecticide	79538-32-2	0.000005-0.0002	0.000016
CIPR	Terbuthylazine-desethyl-2-hydroxy	Métabolite du terbuthylazine	66753-06-8	0.01	
DGE	Transfluthrine	Insecticide	118712-89-3	0.000013-0.000125	0.00007
SECOE	Tribuneron-methyl	Insecticide	101200-48-0		
CIPR	Tributyletain-cation	Biocide organométallique	36643-28-4	0.0002 (0.0015)	0.0001
CIPR	Vinchlozoline	Fongicide	50471-44-8	0.02	

¹Précisions sur les NQE

- NQE aigüe = 1 à 3 jours
- NQE chronique = 7 à 14 jours
- NQE INERIS = valeurs exprimées en moyenne annuelle

8.4 Tableaux des substances jamais analysées dans le Léman par la CIPEL et détectées/quantifiées par les autres organismes de surveillance

8.4.1 Substances diverses

Tableau 14 : Substances actives de type divers détectées/quantifiées dans les eaux de surface par les organismes suisses et internationaux de surveillance des eaux de surface et qui n'ont jamais été recherchées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance	Substance active	Quantification maximale [µg/L]	Type de mesure ¹	Station de mesures (pays)
CIPR	1,2-Dichloroethane	0.79	E28	Maassluis/Ijssel (NL)
CIPR	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol (TMDD)	0.057	1M14	Weil am Rhein (D)
CIPR	4-Diméthylaminopyridine	0.009	1M14	Weil am Rhein (D)
CIPR, DGE, OFEV	Acesulfame	0.8	1M14	Weil am Rhein (D)

<i>CIPR</i>	Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctylsulfonique (H4PFOS)	0.002	E28	Lobith/Rhein (NL)
<i>CIPR</i>	Acide paratoluenesulfonique (APTS)	0.17	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Acide pentetique (DTPA)	2.8	E28	Lobith/Rhein (NL)
<i>CIPR</i>	Acide perfluorobutanesulfonique (PFBS)	0.002	E28	Koblenz/Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Acide perfluorohexanoique (PFHxA)	0.002	E28	Koblenz/Rhein (D)
<i>CIPR</i>	perfluorohexanesulfonique (PFHxS)	0.002	E28	Koblenz/Rhein (D)
<i>OFEV, SECOE</i>	Benzothiazole	4.1	IE	Porte du Scex/Rhône (CH)
<i>DGE</i>	Cafeine	0.256	IE	Ecublens les bois/Venoge (CH)
<i>SECOE</i>	Cotinine	0.041	IE	Léman/GE3 à 7.5m (CH)
<i>CIPR</i>	Cyclamate	0.18	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Dichloromethane	0.6	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Diglyme	0.55	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Di-isopropyl ether	0.097	E28	Maassluis/Ijssel (NL)
<i>CIPR</i>	Ethyl tert-butyl ether (ETBE)	0.06	E14	Karlsruhe/Rhein (D)
<i>CIPR</i>	PCB 28	0.0008	E28	Maassluis/Ijssel (NL)
<i>CIPR</i>	PCB 52	0.0006	E28	Maassluis/Ijssel (NL)
<i>CIPR</i>	PCB 101	0.0005	E28	Lobith/Rhein (NL)
<i>CIPR</i>	PCB 118	0.0003	E28	Kampen/Ijssel (NL)
<i>CIPR</i>	PCB 138	0.0004	E28	Kampen/Ijssel (NL)
<i>CIPR</i>	PCB 153	0.0006	E28	Kampen/Ijssel (NL)
<i>CIPR</i>	PCB 180	0.0002	E28	Kampen/Ijssel (NL)
<i>CIPR</i>	Pentachlorobenzene	0.13	E28	Kampen/Ijssel (NL)
<i>CIPR</i>	Saccharine	0.07	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR, DGE, OFEV, SECOE</i>	Sucralose	0.38	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Tetrachloromethane	0.009	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Tetraglyme	0.85	1M28	Koblenz/Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Trichloroethene	0.023	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Trichloromethane	0.047	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Triethyl phosphate (TEP)	0.26	14M	Koblenz/Mosel (D)
<i>CIPR</i>	Tri-isobutyl phosphate (TIBP)	0.085	E28	Bimmen/Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Tri-N-butyl phosphate (TNBP)	0.11	14M	Koblenz/Mosel (D)
<i>CIPR</i>	Triphenylphosphine (TPP)	0.014	14M	Koblenz/Mosel (D)
<i>CIPR</i>	Triphenylphosphine-oxide (TPPO)	0.16	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate (TDCP)	0.015	E28	Bimmen/Rhein (D)
<i>CIPR</i>	Tris(chloroisopropyl)phosphate (TCPP)	0.31	14M	Koblenz/Mosel (D)

8.4.2 Substances médicamenteuses

Tableau 15 : Substances médicamenteuses détectées/quantifiées dans les eaux de surface par les organismes suisses et internationaux de surveillance des eaux de surface et qui n'ont jamais été recherchées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance	Substance active	Quantification maximale [µg/L]	Type de mesure ¹	Station de mesures (pays)
CIPR, DGE, OFEV, SECOE	10,11-dihydroxycarbamazépine	0.191	28M	Koblenz/Mosel (D)
DGE	Acide diatrizoïque	0.101	CP14	Tolochenaz/ Boiron de Morges (CH)
CIPR	Amisulpride	0.028	28M	Koblenz/Rhein (D)
DGE	Androstenedione	0.006	IE	Ecublens/Venoge (CH)
CIPR	Atenolol-acide	0.15	28M	Koblenz/Mosel (D)
CIPR, DGE, SECOE	Candesartan	0.141	28M	Koblenz/Mosel (D)
SEN	Cibamino-(s)	<0.01	IE	Porte du Scex/Rhône (CH)
CIPR	Climbazole	1.4	E28	Karlsruhe/Rhein (D)
CIPR	Colpidogrel	0.015	28M	Koblenz/Rhein (D)
CIPR	Fluconazole	0.026	28M	Koblenz/Mosel (D)
CIPR, SECOE	Lamotrigine	0.13	E28	Bimmen/Rhein (D)
CIPR	Levetiracetam	0.049	E28	Bimmen/Rhein (D)
CIPR	Lidocaïne	0.0203	28M	Koblenz/Mosel (D)
CIPR, DGE	N-Acetyl-4-aminoantipyrine	0.29	E28	Lobith/Rhein (NL)
DGE, SECOE	N-Acetyl-4-sulfamethoxazole	<u>0.017</u>	<u>IE</u>	<u>Ecublens/Venoge (CH)</u>
CIPR	N-Formyl-4-aminoantipyrine	0.39	E28	Lobith/Rhein (NL)
CIPR	O-desmethylvenlafaxine	0.089	28M	Koblenz/Mosel (D)
CIPR	Olmesartan	0.0298	28M	Koblenz/Mosel (D)
DGE	Sulfapyridine	0.012	IE	Ecublens/Venoge (CH)
DGE	Testosterone	<0.001	IE	Ecublens/Venoge (CH)
SECOE	Valsartan	0.29	E28	Bimmen/Rhein (D)
CIPR, SECOE	Valsartan-acide	0.91	28M	Koblenz/Mosel (D)
CIPR, SECOE	Venlafaxine-N,O-Didesmethyl	0.026	28M	Koblenz/Mosel (D)
CIPR	Verapamil	0.51	1M14	Weil am Rhein (D)

8.4.3 Métaux en traces totales et dissoutes

Tableau 16 : Métal détecté/quantifié dans les eaux de surface par les organismes suisses et internationaux de surveillance des eaux de surface et qui n'ont jamais été recherchées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance	Métal	Quantification maximale [µg/L]	Type de mesure ¹	Station de mesures (pays)
CIPR	Etain	1.52	28M	Koblenz/Rhein (D)

8.4.4 Substances phytosanitaires

Tableau 17 : Substances phytosanitaires détectées/quantifiées dans les eaux de surface par les organismes suisses et internationaux de surveillance des eaux de surface et qui n'ont jamais été recherchées dans les eaux du Léman par la CIPEL

Organisme de surveillance	Substance active	Quantification maximale [µg/L]	Type de mesure ¹	Station de mesures (pays)
<i>DGE, OFEV</i>	Cypermethrine	0.00066	CP3	Pampigny/ Combagnou (CH)
<i>DGE</i>	Dichlobenil	<0.01 (LOQ)	CP1/14	Ecublens/ Venoge (CH)
<i>DGE</i>	Dimethachlore ESA	0.39	CP14	Tolochenaz/ Boiron de Morges (CH)
<i>DGE</i>	Dimethachlore OXA	0.298	CP14	Tolochenaz/ Boiron de Morges (CH)
<i>DGE</i>	Dimethenamide ESA	0.019	CP14	Tolochenaz/ Boiron de Morges (CH)
<i>CIPR</i>	Dimethenamide-P	0.05	E28	Kampen/Ijssel (NL)
<i>DGE, OFEV</i>	Irgarol	<0.005 (LOQ)	CP14	Ecublens/ Venoge (CH)
<i>DGE</i>	Lambda-cyhalotrine	0.000069	CP14	Tolochenaz/ Boiron de Morges (CH)
<i>CIPR</i>	Metamitrone- desamino	0.011	1M14	Weil am Rhein (D)
<i>DGE</i>	Spiroxamine-1 et -2	0.624	CP14	Allaman/ Aubonne (CH)
<i>DGE</i>	Tau-fluvalinate	0.000022	CP14	Tolochenaz/ Boiron de Morges (CH)
<i>DGE</i>	Tefluthrine	0.000006	CP14	Tolochenaz/ Boiron de Morges (CH)
<i>DGE</i>	Transfluthrine	0.00002	CP14	Tolochenaz/ Boiron de Morges (CH)
<i>CIPR</i>	Tributyletain-cation	0.4	E28	Kampen/Ijssel (NL)

¹Précisions sur les types de mesures

- 1M14 = échantillon moyen sur 1 jour une fois tous les 14 jours
- 1M28 = échantillon moyen sur 1 jour une fois tous les 28 jours
- 14M = échantillon moyen sur 14 jours
- 28M = échantillon moyen sur 28 jours
- CP1/14 = cumulé proportionnel sur 1 jour et sur 14 jours
- CP3 = cumulé proportionnel sur 3 jours (aigu)
- CP14 = cumulé proportionnel sur 14 jours (chronique)
- E28 = échantillon instantané une fois tous les 28 jours
- IE = échantillon instantané une fois