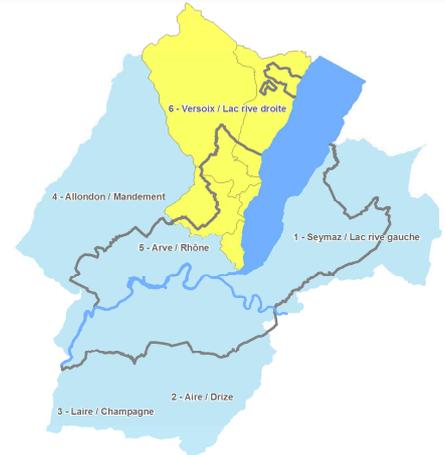


# La Versoix, ses affluents et défluent

Etat **2015** et évolution depuis 2003



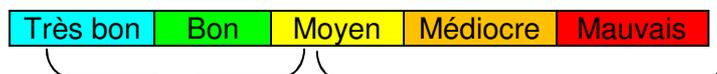
Secteur 6 : Versoix/Lac rive droite





## LA SITUATION EN UN CLIN D'OEIL...

Le tableau synoptique suivant présente de manière synthétique l'état actuel de la Versoix et de ses affluents et défluent analysés en 2015 (couleur de la tête de flèche) ainsi que l'évolution de la qualité depuis 2003 (sens de la flèche et couleur de la penne). Ce système permet de déterminer 5 états :



Objectifs écologiques :      Atteints      Non atteints

Cours d'eau / Stations	Chimie	Phyto sanitaires	Bactériologie	Macro- invertébrés	Diatomées	Poissons (2009-2015)
<b>VERSOIX</b>						
source	-	●	-	↔	↔	-
pont de Grilly (CH/F)	↔	●	↔	↗	↔	-
Sauverny (CH/F)	↗	-	↗	↗	↗	↔
aval Oudar (CH/F)	↗	●	↔	↔	↗	-
pont de Bossy	↗	●	↗	↗	↗	↘
Mâchefer	↔	-	↔	↔	↗	↘
embouchure	↗	↔	↗	↗	↗	↔
<b>MUNET</b>	↗	●	↔	↗	↔	
<b>ODAR</b>	↗	↔	↗	↗	↔	
<b>PISSEVACHE</b>	↔	↘	↗	↘	↔	
<b>CREUSON / amt route de Sauverny</b>	↘	-	↔	↘	↔	
<b>CREUSON / embouchure</b>	↘	↘	↔	↔	↗	
<b>CREVE-COEUR</b>	↘	↘	↗	↔	↘	
<b>BRAILLE</b>	↔	●	↔	↗	↘	
<b>BRASSU</b>	↗	-	↗	↘	↔	
<b>PRY</b>	↘	-	↔	↔	↔	

### Feuille de contrôle du document

Titre	La Versoix, ses affluents et défluent. Etat 2015 et évolution depuis 2003
Objet / sujet	Etude de la qualité des rivières genevoises
Auteur	Arielle <b>Cordonier</b>
Contribution	Frédéric <b>Bachmann</b> , Mathieu <b>Coster</b> , Yvan <b>Genoud</b> , Ion <b>Iorgulescu</b> , Nadir <b>Kheyar</b> , Sophie <b>Lavigne</b> , Pascale <b>Nirel Cornaz</b> , Sandra <b>Vargas</b> .
Service	Service de l'écologie de l'eau
Date	10/01/17
Nom du fichier	Versoix Etat 2015.docx
Statut	<input type="checkbox"/> Provisoire <input checked="" type="checkbox"/> Final
Photo de couverture	Embouchure de la Versoix, Service de l'écologie de l'eau
Distribution	Public
Visa	

### Versions, Modifications

No	Chapitre	Version	Date
1.0	Protection des eaux	Version 1.0	10.01.2017

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>8</b>
<b>2. LE BASSIN VERSANT DE LA VERSOIX</b>	<b>9</b>
2.1. Généralités	9
2.2. Agriculture	9
2.3. Assainissement	10
2.4. Industrie et Artisanat	11
2.5. Régime hydrologique	11
2.6. Travaux de renaturation	13
<b>3. DEROULEMENT DE L'ETUDE</b>	<b>14</b>
<b>4. RESULTATS 2015</b>	<b>16</b>
4.1 Contexte climatologique	16
4.1.1. Températures	16
4.1.2. Précipitations	18
4.2. Contexte hydrologique	18
4.3. Écomorphologie	20
4.4. Analyses physico-chimiques et bactériologiques	22
4.4.1 pH et conductivité en continu	22
4.4.2 Température en continu	24
4.4.3 Éléments majeurs	25
4.4.4 Métaux	27
4.4.5 Micropolluants Organiques	29
4.4.6 Rapport rubidium/strontium	38
4.4.7 État sanitaire	40
4.5. Test Ecotoxicologique	42
4.5.1. activité oestrogénique/ bioessai ER CALUX	42
4.6. Indicateurs biologiques	43
4.6.1 Module Diatomées	43
4.6.2 Module Macrozoobenthos	47
4.6.3. Etat des populations Ephémères-Plécoptères-Trichoptères (EPT)	52
4.6.4. La biomasse (macrofaune benthique)	55
4.6.5. Module Poisson	57
4.7. Synthèse des résultats 2015	59
<b>5. ÉVOLUTION</b>	<b>62</b>
5.1. Evolution physico-chimique et bactériologique	62
5.1.1 Module Analyses physico-chimiques – nutriments et métaux	62

5.1.2 Pesticides	68
5.1.3 Etat sanitaire	69
5.2. Evolution biologique	71
5.2.1 Module Diatomées	71
5.2.2 Module Macrozoobenthos	74
5.2.3 Module Poisson	78
5.3 Synthèse de l'évolution 2003 – 2015	80
<b>6. CONCLUSIONS</b>	<b>83</b>
<b>7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>84</b>
<b>ANNEXE 1: METHODES D'ANALYSES</b>	<b>87</b>
A1. Analyses physico-chimiques	87
A1.1 Le module Analyses physico-chimiques, nutriments du SMG	88
A1.2 L'indice de pollution métallique IPM	89
A1.3 Indices des micropolluants organiques	90
A1.4 Evaluation du risque environnemental	95
A2. Analyses bactériologiques	96
A3. Analyses biologiques	98
A3.1 Indice <i>Macrozoobenthos</i> (IBCH)	98
A3.2 Indice diatomées suisse (DI-CH)	100
A3.3 Module Poissons	101
A4. Module Ecomorphologie	102

## Liste des abréviations

<b>AFNOR</b>	<b>Association française de normalisation</b>
<b>CQA</b>	<b>Critère de qualité aiguë</b>
<b>CQC</b>	<b>Critère de qualité chronique</b>
<b>DGEau</b>	<b>Direction générale de l'eau (DETA)</b>
<b>DIAE</b>	<b>Département de l'intérieur, de l'agriculture et de l'environnement, actuellement DIME</b>
<b>DI-CH</b>	<b>Indice diatomique suisse (SMG)</b>
<b>DETA</b>	<b>Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture</b>
<b>EPFL</b>	<b>Ecole polytechnique fédérale de Lausanne</b>
<b>EPT</b>	<b>Ephémères, Plécoptères, Trichoptères</b>
<b>IBCH</b>	<b>Indice biologique suisse (SMG)</b>
<b>LEaux</b>	<b>Loi fédérale sur les eaux</b>
<b>NQE</b>	<b>Norme de qualité environnementale</b>
<b>OBat</b>	<b>Ordonnance sur la protection des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale</b>
<b>OEaux</b>	<b>Ordonnance fédérale sur la protection des eaux</b>
<b>OFEFP</b>	<b>Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, actuellement OFEV</b>
<b>OFEV</b>	<b>Office fédéral de l'environnement OROEM Ordonnance sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale.</b>
<b>OSEC</b>	<b>Ordonnance sur les substances étrangères et les composants</b>
<b>PGEE</b>	<b>Plan général d'évacuation des eaux</b>
<b>PREE</b>	<b>Plan régional d'évacuation des eaux</b>
<b>PROTEAUX</b>	<b>Secteur de la protection des eaux</b>
<b>SECOE</b>	<b>Service de l'écologie de l'eau</b>
<b>SMG</b>	<b>Système modulaire gradué. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse - OFEV</b>
<b>SP</b>	<b>Soins personnels</b>
<b>SPAGE</b>	<b>Schéma de protection, d'aménagement et gestion des eaux</b>
<b>SECOE</b>	<b>Service de l'écologie de l'eau</b>
<b>STEP</b>	<b>Station d'épuration</b>

## 1. INTRODUCTION

En 2015, dans le cadre de sa mission de surveillance de la qualité des eaux superficielles du Genevois, le service de l'écologie de l'eau a diagnostiqué l'état écologique de la Versoix et de ses principaux affluents et défluent.

Ce rapport fait suite à ceux réalisés en 1998, 2003 et 2009 ainsi qu'à plusieurs investigations effectuées depuis les années 60 pour la physico-chimie et 1981 pour la biologie (ECOTOX, 1998 ; SECOE, 2004, 2010). Il s'inscrit dans le programme du monitoring des cours d'eau genevois, basé sur un rythme de six ans.

Le présent rapport analyse les résultats actuels, puis les compare avec les données antérieures. Il met en évidence les manquements aux objectifs écologiques et aux exigences relatives à la qualité des eaux telles que définies dans l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) et tente d'en déterminer la/les cause(s) (Conseil fédéral suisse, 1999). Il évalue également les effets des travaux de renaturation et d'amélioration de l'assainissement et des pratiques agricoles sur l'écomorphologie et la qualité biologique et physico-chimique.

Au niveau cantonal, outre le contrôle du respect des exigences légales, ce document fournit des éléments indispensables au suivi du programme de renaturation des rivières genevoises, aux plans régionaux et généraux d'évacuation des eaux (PREE - PGEE) ainsi qu'aux schémas de protection, d'aménagement et de gestion des eaux (SPAGE lac rive droite).

Dans un cadre plus large, il sert également de référence pour la qualité écologique de ce secteur dans le 2<sup>ème</sup> contrat de rivière transfrontalier "Pays de Gex – Léman" signé par les partenaires suisses et français en mai 2016. Ce rapport vérifiera également si les objectifs du plan d'action 2011-2020 de la Commission Internationale pour la protection des eaux du Léman (CIPEL) sont atteints (CIPEL, 2010).

## **2. LE BASSIN VERSANT DE LA VERSOIX**

### **2.1. Généralités**

La Versoix prend sa source au pied du Jura, à 600 m d'altitude, sur les hauts de Divonne. Elle est issue des eaux d'infiltration dans les roches calcaires de la montagne. Après avoir parcouru 22 km, elle se jette dans le Léman, à Versoix.

Il s'agit du 5<sup>ème</sup> affluent lémanique en terme de débit et du plus important au niveau genevois. Une de ses caractéristiques principales est la fraîcheur de ses eaux qui ne dépassent que très rarement 15°C, faisant de la Versoix une rivière à vocation piscicole.

La surface de son bassin versant est de 90.7 km<sup>2</sup>, dont 72.6 km<sup>2</sup> sont en France, 6.5 km<sup>2</sup> dans le canton de Vaud et 11.6 km<sup>2</sup> dans le canton de Genève. Les cours d'eau du bassin versant de la Versoix totalisent environ 115 km à ciel ouvert.

Véritable corridor biologique entre le Jura et le Léman, la Versoix comprend plusieurs sites d'importance nationale : sa zone alluviale (Les Gravines), son embouchure pour les oiseaux d'eau et les oiseaux migrateurs (OROEM) et une partie de ses bois situés en rive gauche pour la reproduction de batraciens (OBat).

Les marais de Versoix, recouvrant plus de 700 hectares, sont uniques dans le bassin lémanique et sont protégés tant en France (site Natura 2000) qu'en Suisse.

Ces différents biotopes renferment une faune et une flore aquatiques et terrestres variées et exceptionnelles qu'il s'agit de protéger des conséquences de l'urbanisation rapide du pied du Jura et de la côte lémanique.

### **2.2. Agriculture**

Une petite dizaine d'exploitations sont actives dans la ville de Versoix. Celles-ci sont réparties en manège, en grandes cultures et en arboriculture fruitière. Compte tenu des débits relativement importants de la rivière La Versoix, l'impact agricole pour ce cours d'eau est faible. Toutefois, ce point peut être nuancé pour les affluents.

### 2.3. Assainissement

Sur territoire suisse, les systèmes d'assainissement communaux ayant pour exutoire la Versoix et ses affluents sont tous en système séparatif. La quasi-totalité des eaux usées du périmètre est évacuée à la station d'épuration d'Aire.

Les systèmes d'assainissement communaux font l'objet d'une planification, au travers des plans généraux d'évacuation des eaux (PGEE). La Versoix et ses affluents sont essentiellement concernés par le PGEE de la Ville de Versoix, dans une moindre mesure par celui des communes de Collex-Bossy et de Genthod.

Compte tenu des efforts importants consentis par ces trois communes en matière d'assainissement (séparation des eaux, raccordement d'habitations isolées sur le réseau d'assainissement, bassins de rétention, etc.), il ne reste qu'une réalisation à entreprendre : la mise en conformité des réseaux collectifs-privés du secteur du chemin de Champ-Barbon, dont les eaux pluviales ont pour exutoire la Versoix. Cette réalisation est prévue à l'horizon 2018-2019.

Notons que le raccordement des eaux usées de l'Observatoire de Versoix au réseau d'assainissement a été terminé à l'automne 2016. Durant notre monitoring, ces eaux usées se déversaient dans le Creuson après passage par une installation autonome d'assainissement.

En plus de ces investissements ponctuels, les réseaux d'assainissement sont entretenus et renouvelés en permanence afin que leurs performances soient garanties sur le long terme.

Les STEP(s) vaudoises de Bogis-Bossey et de Chavannes-des-Bois, dont les effluents se rejetaient dans le Brassu et le Creuson, ont été mises hors service en 2014 et raccordées par pompage à la nouvelle STEP de Terre-Sainte, d'une capacité de 30'000 équivalents-habitants (EH). Les eaux épurées sont rejetées dans le Léman.

Sur territoire français, seule la commune de Divonne-les-Bains présente encore une part importante de son réseau en système unitaire.

Les cours d'eau du bassin versant de la Versoix reçoivent les effluents de trois stations d'épuration françaises (voir figure 2) :

- Celle à boues activées de Divonne-Les-Bains, d'une capacité de 15000 EH, dont l'effluent se jette dans la Versoix (1)
- Celle à boues activées de Versonnex-Sauverny (STEP de l'Oudar), d'une capacité de 5830 EH, dont l'effluent rejoint l'Oudar (2)
- Celle par lagunage de Vesancy, d'une capacité de 500 EH, dont l'effluent rejoint le ru de Maraîchet puis l'Oudar (hors figure).

## 2.4. Industrie et Artisanat

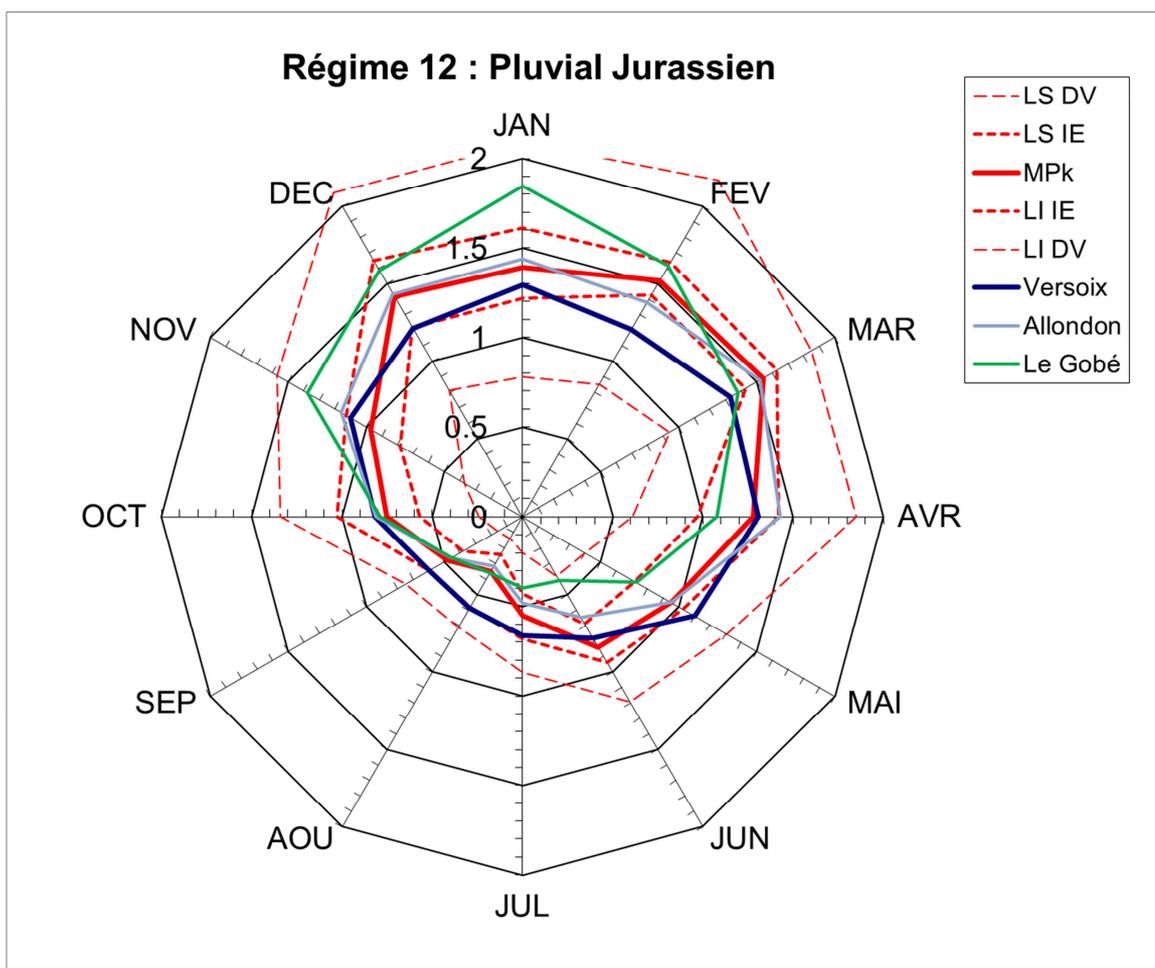
Sur le territoire suisse, on peut convenir que le bassin versant de la Versoix est très faiblement exposé aux activités industrielles pour les raisons suivantes :

- Seuls 3 sites de type industriel sont identifiés sur la partie suisse du bassin versant (fabrication de cacao et de chocolat ; entreprise de vidanges ; production d'électricité) ;
- Ces activités industrielles ne rejettent pas de polluants dans le réseau public d'eaux pluviales en fonctionnement normal ;
- Les rejets d'eaux résiduaires industrielles se font sur le bassin versant des eaux usées traitées sur la STEP d'Aïre.

Les stockages de produits de nature à polluer ne sont pas significatifs.

## 2.5. Régime hydrologique

L'eau de La Versoix est principalement issue des sources karstiques jurassiennes. Provenant de la fonte des neiges au printemps et du régime de pluie le reste de l'année, l'eau traverse les différentes strates calcaires par des chenaux souterrains qui constituent le réservoir karstique. Comme la plupart des cours d'eaux du bassin genevois, à l'exception de l'Arve et du Rhône, la Versoix est caractérisée par un régime hydrologique de type pluvial jurassien. La figure 1 ci-après illustre le régime des débits moyens par les coefficients de Pardé mensuels de la Versoix en le comparant à ceux de L'Allondon et du Gobé, bassins versants voisins, et aux limites du domaine de variation du régime. Nous rappelons que le coefficient de Pardé d'un mois représente le rapport entre le débit moyen mensuel du mois respectif et le débit moyen interannuel. Le régime pluvial jurassien se caractérise par des coefficients mensuels ayant des valeurs minimales entre juillet et octobre, des valeurs maximales en février et mars et une amplitude de variation mensuelle généralement supérieure à un. La Versoix ne remplit pas strictement cette dernière condition, car l'amplitude de variation mensuelle est égale à seulement 0,75 (Mars 1,33 ; Août 0,58). Ce comportement témoigne de la puissance et de la durée de vidange du réservoir karstique.



**FIGURE 1: REGIME DES DEBITS MENSUELS MOYENS DE LA VERSOIX ET COMPARAISON AVEC LE DOMAINE DE VARIATION DU REGIME PLUVIAL JURASSIEN ET L'ALLONDON ET LE GOBE (1997-2015)**

A la station Versoix CFF, le débit moyen interannuel, calculé sur la période 1997-2015 (19 années), est de 3,578 m<sup>3</sup>/s. Le débit d'étiage (Q<sub>347</sub>) est égal à 1.13 m<sup>3</sup>/s. Le débit de la crue bisannuelle (Q<sub>2</sub>) est égal à 25 m<sup>3</sup>/s et le débit de la crue décennale à 48 m<sup>3</sup>/s. A noter que rapportés à la superficie du bassin topographique (88 km<sup>2</sup>) les débits spécifiques de la Versoix sont nettement plus importants (autour de 50 %) que ceux de L'Allondon. On peut en conclure que très vraisemblablement le bassin hydrogéologique est nettement plus important que le bassin topographique, ce qui peut s'expliquer par les caractéristiques karstiques du bassin jurassien. On remarque aussi que malgré les soutirages effectués en faveur des canaux et dérivations, les débits d'étiage de la Versoix sont conséquents au regard des autres cours d'eau du canton non influencés par le Jura. En effet, les sources karstiques jurassiennes et les marais de la Versoix dans les dépressions imperméables permettent de soutenir, de réguler et de restituer les eaux de manière plus étalée dans le temps. Les autres cours d'eau souffrent du manque d'eau par temps sec, d'érosion et de stress hydraulique lors d'évènements orageux.

## 2.6. Travaux de renaturation

Les travaux de renaturation sur le bassin versant de la Versoix ont débuté en 1999 par l'aménagement d'une zone humide de 4200 m<sup>2</sup> à Sauverny. Une douzaine de secteurs ont ensuite été renaturés jusqu'en 2015 (Bilan 10 ans d'actions + fiches travaux du service du lac, de la renaturation des cours d'eau et de la pêche). La totalité du linéaire renaturé représente environ 3.5 km, situés principalement sur le Creuson et la Versoix en aval de l'autoroute jusqu'à l'embouchure.

Les objectifs de l'ensemble de ces travaux ont été de limiter l'impact de l'urbanisation, de rétablir la fonctionnalité du corridor biologique, de diversifier les habitats, d'améliorer la migration piscicole et de protéger les biens et les personnes contre les crues.

Soulignons également que le canton de Vaud a renaturé en 2012 le Creuson, canalisé jusqu'alors dans sa partie vaudoise. Des rives naturelles ainsi que des milieux diversifiés ont été recréés.

La planification cantonale 2030 en matière de revitalisation des cours d'eau mettra une priorité sur les bassins versants présentant globalement un linéaire proportionnellement encore très atteint (République et canton de Genève, 2014). Concernant le bassin versant de la Versoix, les travaux prévus d'ici 3 ans sont :

### En France

- Remise en état de la prise d'eau du Brassu à Divonne afin d'assurer suffisamment d'eau toute l'année dans le Brassu ;
- Mise en place de zone refuge et aménagements piscicoles dans les affluents de la Versoix en amont de Divonne.

### En Suisse

- Amélioration de la connexion entre le canal de Versoix et le nant de Braille afin d'assurer la libre circulation des poissons ;
- Remise en état du canal de Versoix avec aménagements piscicoles.

Les résultats du monitoring 2015 dressent un premier bilan de l'état écomorphologique, physico-chimique et biologique suite aux 15 années de travaux de renaturation.

### 3. DEROULEMENT DE L'ETUDE

Le tableau 1 présente les stations de prélèvements, les indicateurs analysés par le SECOE et le nombre de campagnes annuelles. La figure 2 situe les stations dans le bassin versant de la Versoix.

TABLEAU 1 NOMBRE DE CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS PAR STATION EN 2015

Rivière	Physico-chimie Bactério	Polluants organiques	Diatomées	Macrofaune
<b>Versoix</b>				
source (F-01)	11	9	-	-
amont Divonne (F-01)	-		2	3
pont de Grilly (CH/F)	12	10	1	3
Sauverny (CH/F)	12		2	3
aval Oudar (CH/F)	12	10	2	3
pont de Bossy	12	10	2	3
Mâchefer/pont Conti	12		2	3
embouchure	12	10	2	3
<b>affluents</b>				
<b>Munet</b>	12		2	3
embouchure (F-01)		10		
<b>Oudar</b>	12		2	3
aval STEP (F-01)		10		
<b>Fontaine- de- Pissevache</b>	8		2	2
route de la Vieille Bâtie		6		
<b>Creuson</b>	12		2	3
amont route de Sauverny		-		
<b>Creuson</b>	9		2	3
embouchure		7		
<b>Crève-Cœur</b>	12		2	3
embouchure		10		
<b>défluent</b>				
<b>Braille</b>	7		2	-
aval bassin de rétention		-		
<b>Braille</b>	12		2	3
amont route de Suisse		10		
<b>Brassu</b>	12		2	3
amont route de Suisse		-		
<b>Pry</b>	12		2	3
amont route de Suisse		-		



## 4. RESULTATS 2015

Depuis 1998, le secteur Protection des Eaux applique différents modules du Système Modulaire Gradué (SMG) proposés par l'Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage, dans les domaines de la morphologie, de la chimie et de la biologie (OFEFP, 1998). Ils permettent de qualifier l'état des stations selon le domaine considéré.

Ces différents modules, ainsi que les autres méthodes utilisées pour ce rapport, sont décrits en annexe.

### 4.1 Contexte climatologique

#### 4.1.1. Températures

En moyenne nationale, l'année 2015 connut un excédent thermique de 1,29 °C par rapport à la norme 1981-2010, ce qui constitue un nouveau record de chaleur. Il s'agirait donc de l'année la plus chaude depuis le début des mesures en 1864. La température moyenne annuelle à Genève-Cointrin était de 11,6°C ce qui représente un écart de +1,0°C à la norme 1981-2010. La Figure 3 ci-après illustre l'évolution des températures et précipitations mensuelles enregistrées par MétéoSuisse à Cointrin, ainsi qu'une comparaison avec les normes mensuelles et les années 2003 et 2009.

En 2015, l'hiver était doux jusqu'à la mi-janvier avec une exception au moment du changement d'année où un gros refroidissement s'était produit avec de la neige jusque sur les régions de plaine. La deuxième partie de l'hiver a été bien hivernal avec plusieurs épisodes neigeux jusqu'en plaine. Le froid a perduré tout au long du mois de février.

Le printemps était très doux, avec un excédent thermique de 1,3°C à Genève-Cointrin.

L'été 2015 était le deuxième plus chaud, après l'été 2003. La moyenne sur les mois de juin, juillet et août était de 21,7 °C, supérieure de 2,5 °C à la norme. A Genève-Cointrin, en particulier, on a enregistré le record absolu pour la Suisse (39,7°C), le record de moyenne journalière (36,3°C), ainsi que celui de moyenne mensuelle (24,2°C en juillet, record précédent dépassé de 0,5°C).

En septembre et en octobre, des courants dominants de secteur nord à nord-ouest, avec également des situations de bise, ont influencé le régime des températures. A Genève-

Cointrin septembre a été 0,6°C plus frais que la norme, octobre 1,0 °C plus frais également. En raison de conditions anticycloniques persistantes avec des advections d'air chaud depuis le sud-ouest ou l'ouest, le mois de novembre a été particulièrement chaud avec une température 1,6 °C supérieure à la norme.

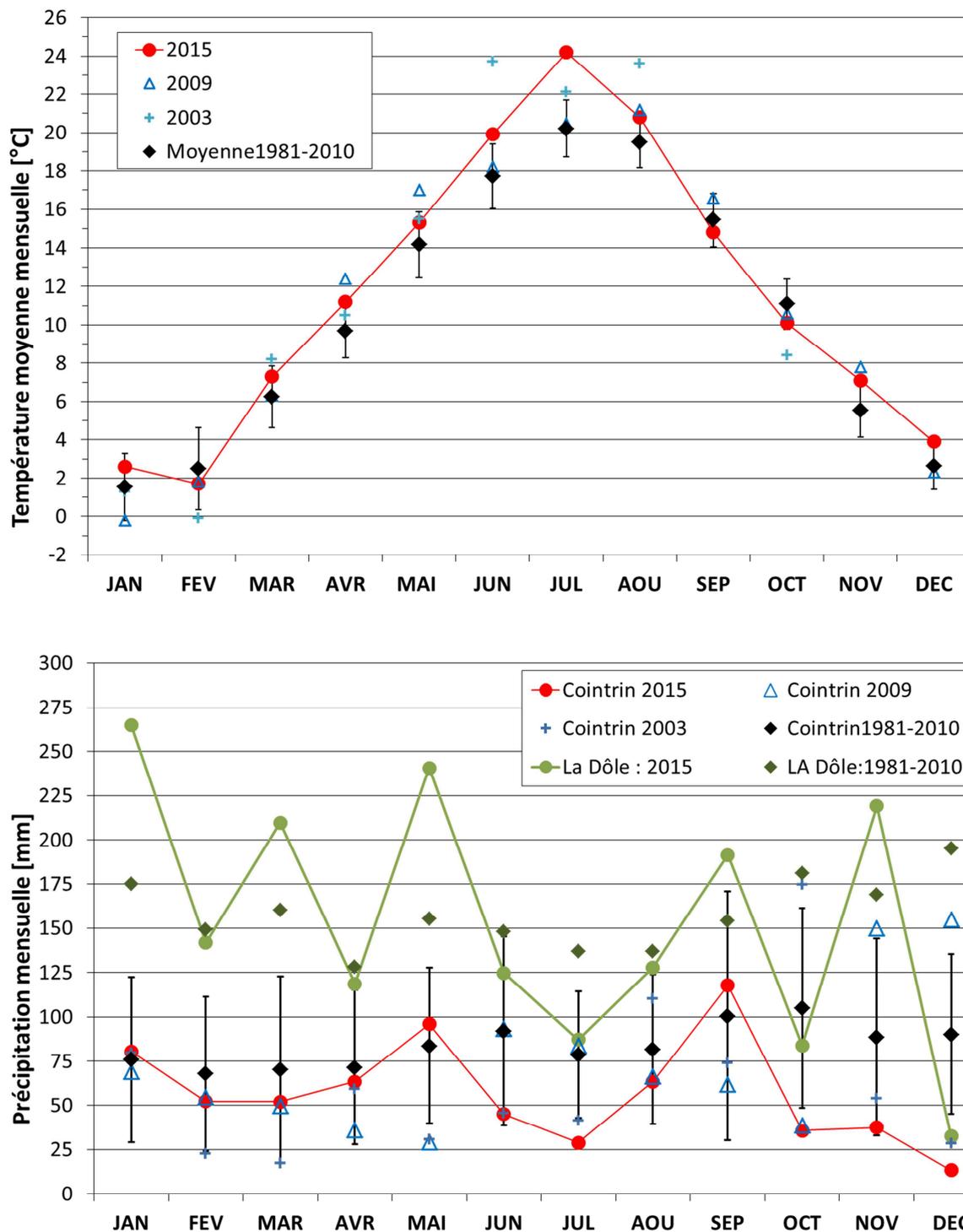


FIGURE 3 TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS MENSUELLES EN 2003, 2009 ET 2015 A LA STATION DE GENEVE-COINTRIN ET COMPARAISON AVEC LES MOYENNES MULTI ANNUELLES (LA VARIABILITE AUTOUR DES MOYENNES MULTI ANNUELLES CORRESPOND A L'ECART-TYPE DES SERIES).

#### 4.1.2. Précipitations

Les précipitations annuelles de 686 mm à Genève-Cointrin représentent 68 % de la norme annuelle calculée sur la période 1981-2010. Toutefois à La Dôle, station qui peut être considérée représentative pour les crêtes du Jura et par extension de la partie supérieure du bassin versant de la Versoix, les précipitations de 1800 mm ont été non seulement nettement supérieures en valeur absolue à celles mesurées en plaine (ce qui s'explique essentiellement par l'effet orographique), mais aussi proches de la norme pour cette station (1888 mm).

En 2015, les précipitations ont été fortement déficitaires durant l'été et quasi nulles du 23 juin au 22 juillet. Sur l'ensemble des mois de juin, juillet et août, à Cointrin, les précipitations cumulées étaient de 137 mm, alors que la norme 1981-2010 est de 252 mm. Du point de vue statistique, seulement une année sur vingt en moyenne on enregistre des précipitations inférieures à celles de l'été 2015. Il faut remonter à 1994 pour trouver un cumul plus faible (134 mm) ; en 1989, année particulièrement sèche on a mesuré 98 mm.

En plaine le manque de précipitations, qui a débuté en milieu de l'été, s'est prolongé en automne. Seul le mois de septembre a connu des précipitations excédentaires. Celles-ci ont permis d'atténuer l'intensité de l'étiage des cours d'eau genevois en fin d'été et début d'automne. Le dernier trimestre de l'année était particulièrement sec avec un cumul de précipitations atteignant 86 mm, ce qui représente seulement 30 % de la norme, le plus faible depuis 1921.

#### 4.2. Contexte hydrologique

Les conditions climatiques de 2015 se traduisent par un débit moyen annuel de la Versoix de 3,34 m<sup>3</sup>/s, légèrement inférieur à la moyenne interannuelle 1997-2015 de 3,48 m<sup>3</sup>/s malgré le déficit pluviométrique considérable enregistré en plaine (voir figure 4). Ceci est essentiellement expliqué par les précipitations enregistrées sur les hauteurs du Jura (voir paragraphe 4.1.2 ci-dessus). On constate ainsi des débits printaniers élevés, largement au-dessus des normales, alors que les précipitations en plaine sont plutôt inférieures à la moyenne. Les débits maximums annuels sont enregistrés début mai. Toutefois, alors que L'Arve a connu un événement centennal, le débit maximum instantané de la Versoix à la station Pont CFF (21,2 m<sup>3</sup>/s) reste inférieur au débit de pointe avec un temps de retour de deux ans qui est estimé à 25 m<sup>3</sup>/s. Le deuxième semestre est caractérisé par des écoulements inférieurs à la moyenne, tout particulièrement pendant les trois derniers mois de l'année.

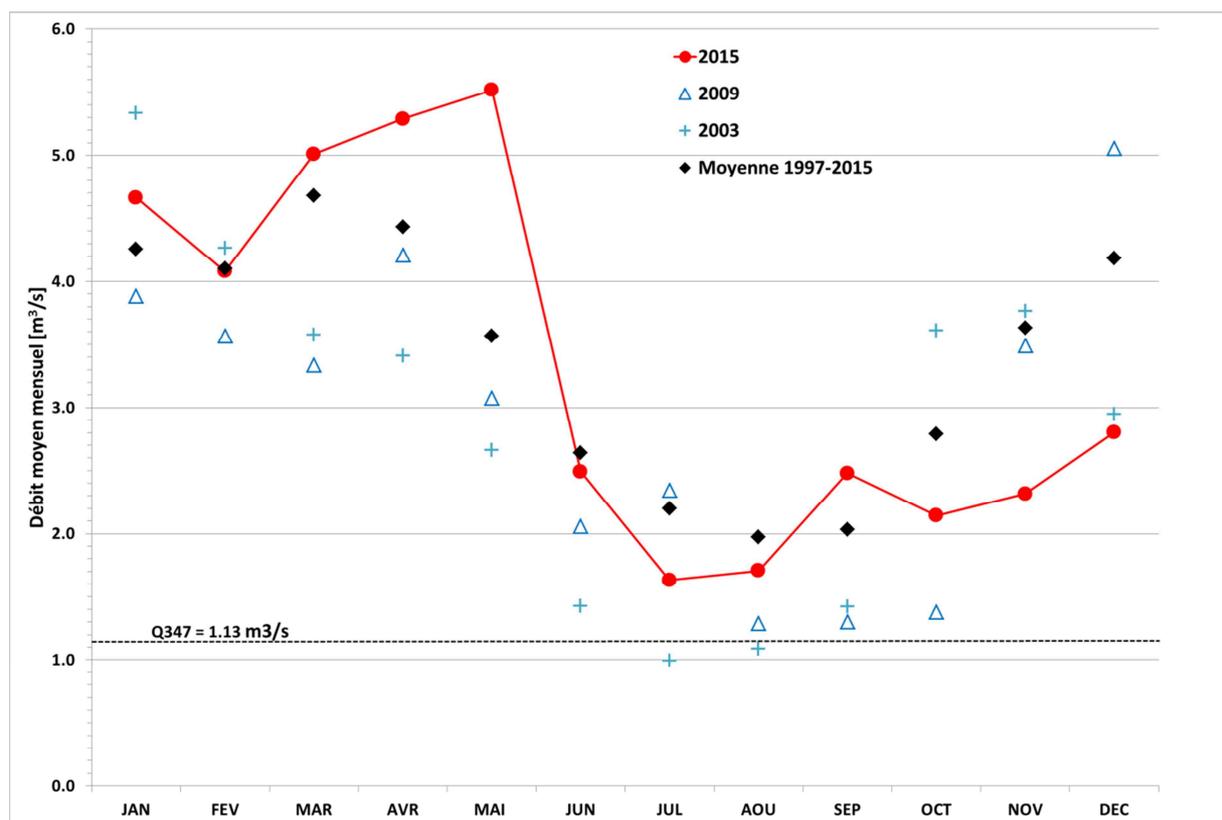
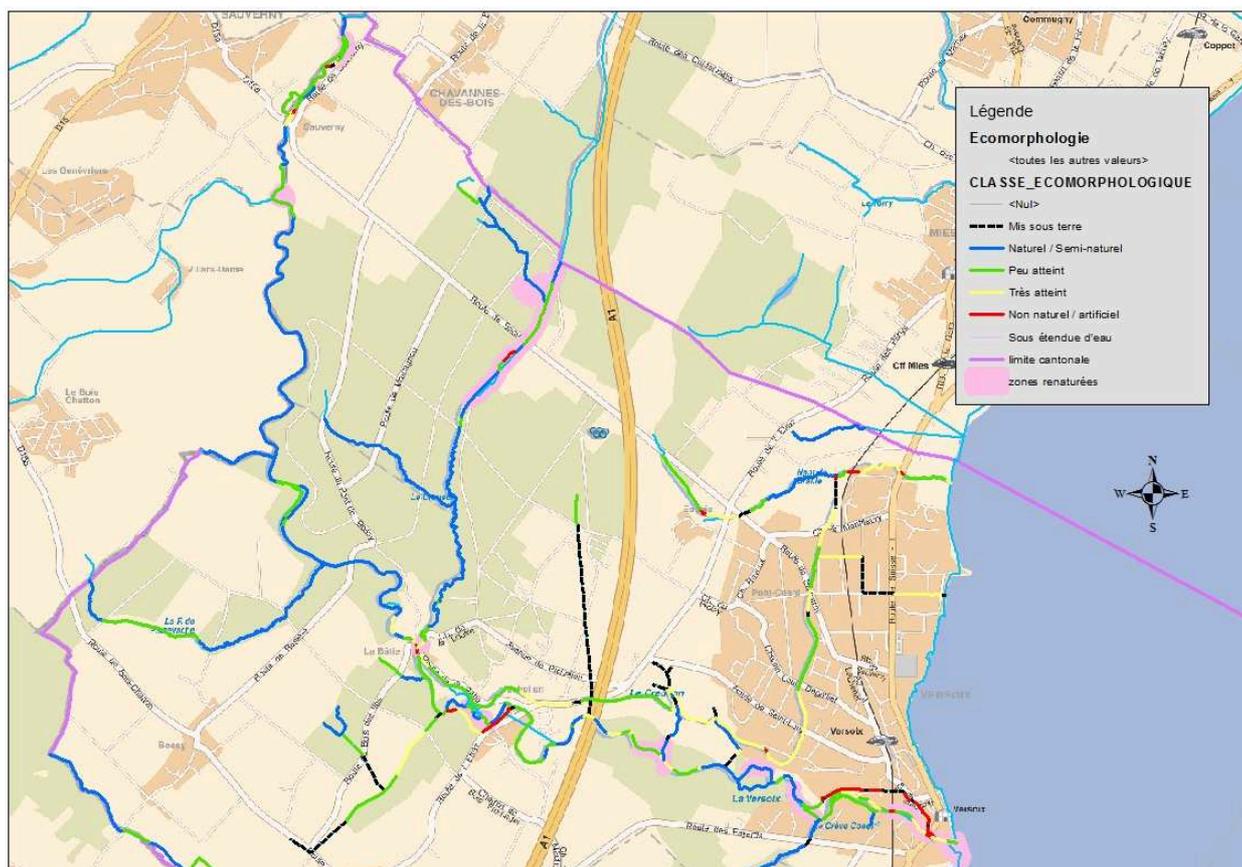


FIGURE 4 : DEBITS MENSUELS MOYENS DE LA VERSOIX AU PONT CFF EN 2015 ET COMPARAISON AVEC LES MOYENNES INTERANNUELLES 1997-2015 ET LES ANNEES 2003 ET 2009.

### 4.3. Écomorphologie

L'état écomorphologique de la Versoix et de ses principaux affluents a été diagnostiqué une première fois en 2003 (GREN, 2003). Il a été régulièrement mis à jour suite aux différents travaux de renaturation avec la même méthode (voir paragraphe 2.6).

Les figures ci-dessous présentent l'état écomorphologique au 1.06.2016 de la Versoix, de ses principaux affluents et défluent.



**FIGURE 5 : ETAT ECOMORPHOLOGIQUE DE LA VERSOIX, DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS ET DU NANT DE BRAILLE, EN 2016**



FIGURE 6 : ETAT ECOMORPHOLOGIQUE DU CANAL LE BRASSU ET DU NANT DE PRY, EN 2016

Depuis 2003, la qualité écomorphologique de la Versoix et de ses affluents n'a cessé de s'améliorer :

- 85 % du linéaire suisse de la Versoix était peu atteint ou naturel en 2003. En 2016, 90 % du linéaire est diagnostiqué comme peu atteint ou proche du naturel/naturel (Base de données DGEAU).
- 60 % du linéaire genevois du Creuson a été diagnostiqué comme peu atteint ou proche du naturel/naturel en 2001 (GREN, 2001). En 2015, 98 % du linéaire est peu atteint ou proche du naturel/naturel (Base de données DGEAU).

Les travaux de renaturation planifiés ces prochaines années amélioreront encore la qualité écomorphologique de ce secteur. Ils sont décrits dans le chapitre 2.6.

D'une manière générale, l'écomorphologie et la franchissabilité de la Versoix et de ses affluents et défluent devraient permettre le maintien et le développement des espèces sensibles de macrofaune benthique et de poisson.

#### 4.4. Analyses physico-chimiques et bactériologiques

##### 4.4.1 pH et conductivité en continu

Des électrodes de pH et conductivité ont été placées quelques centaines de mètres en amont de la station embouchure au niveau du pont CFF. Les mesures réalisées en continu sur l'année 2015 ne montrent pas d'évènement de pollution ponctuelle qui serait passé inaperçu avec les douze prélèvements du monitoring classique. Les résultats sont présentés dans les figures 7, 8 et 9. Les amplitudes journalières dues au cycle du CO<sub>2</sub> sont d'environ 15 µS/cm pour la conductivité et de 0,2 unité pour le pH.

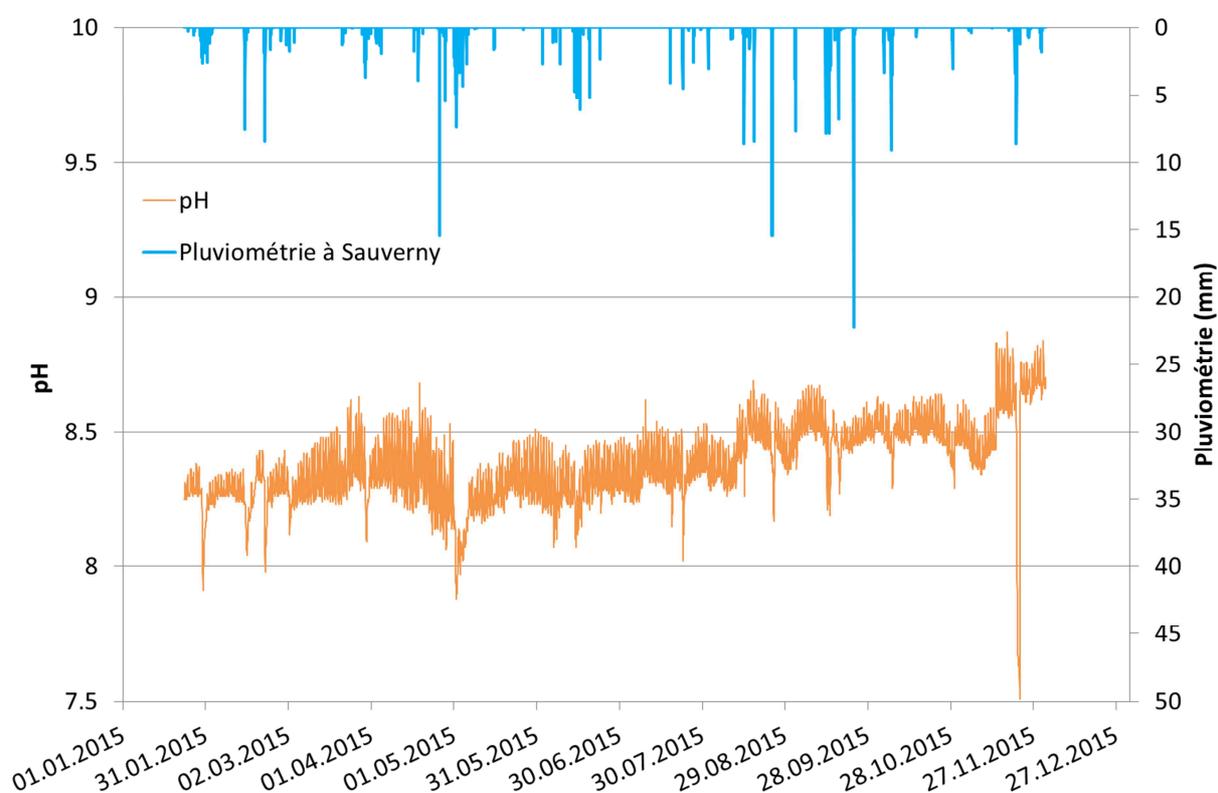


FIGURE 7 : MESURE EN CONTINU DU PH SUR LA VERSOIX AU PONT CFF, EN 2015

Direction générale de l'eau

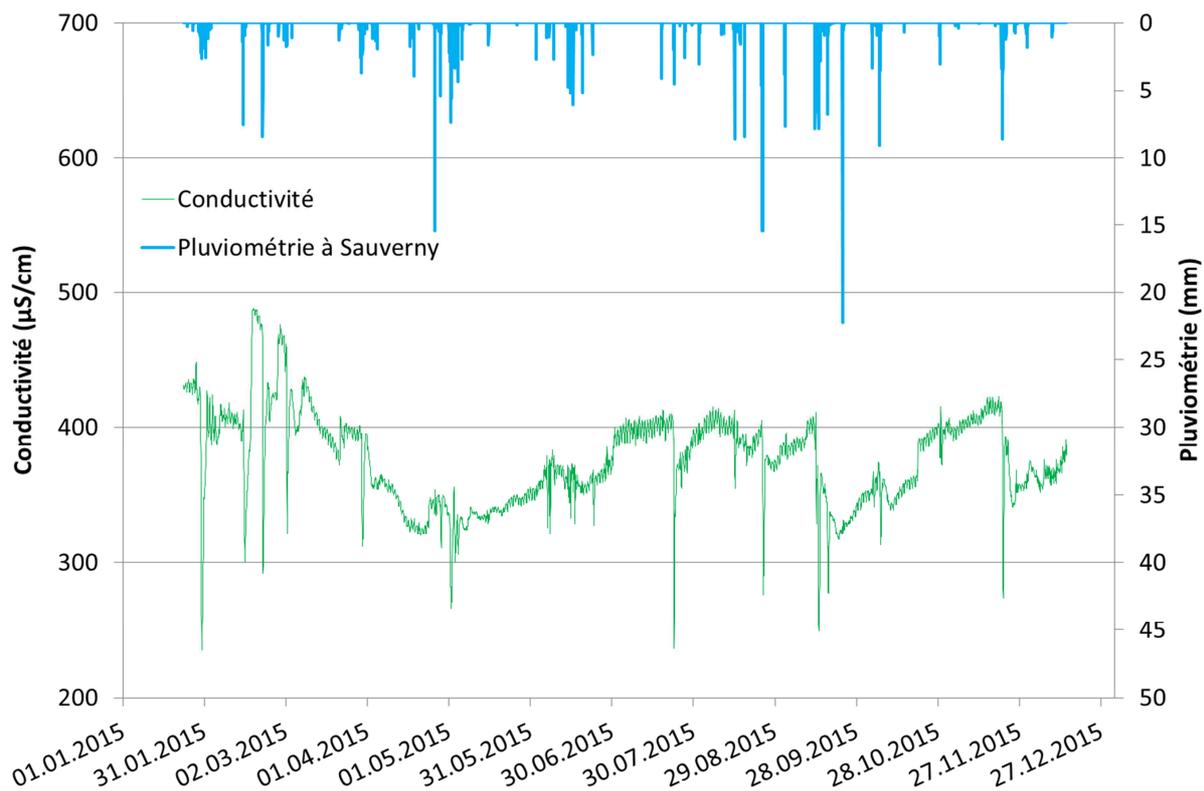


FIGURE 8 : MESURE EN CONTINU DE LA CONDUCTIVITE SUR LA VERSOIX AU PONT CFF, EN 2015

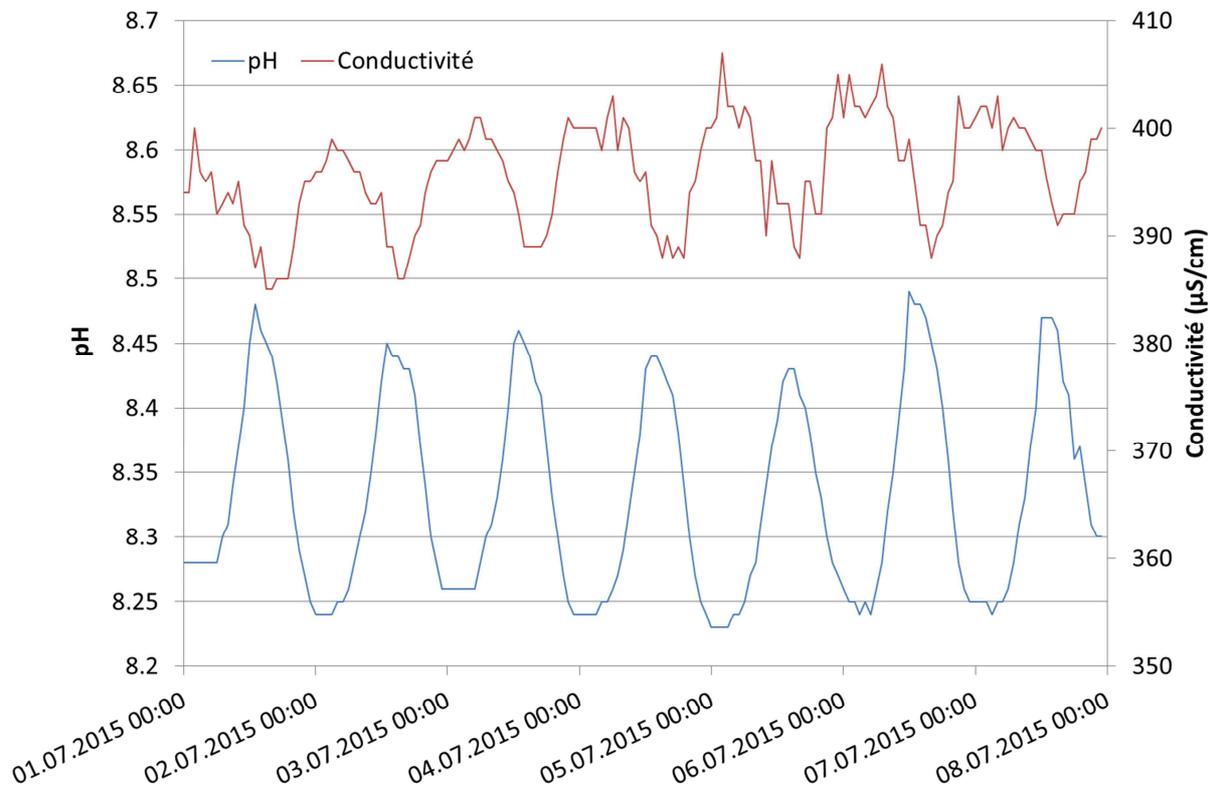


FIGURE 9 : EXEMPLE DE DYNAMIQUES JOURNALIERES DU PH ET DE LA CONDUCTIVITE SUR LA VERSOIX AU PONT CFF, EN JUILLET 2015

## 4.4.2 Température en continu

La variation de la température moyenne journalière de la Versoix en 2015 et sa relation avec la température moyenne journalière de l'air mesurée à Genève-Cointrin est illustrée par la Figure ci-dessous. On peut observer une bonne relation entre les deux variables.

La pente de la relation vaut 0,38 ce qui signifie qu'à 1°C de variation de la température moyenne journalière de l'air correspond une variation de 0,38°C de température de l'eau. En comparaison avec l'Allondon et l'Aire, ce coefficient est plus faible, ce qui dénote une meilleure atténuation des températures extrêmes de l'air. Ainsi, et malgré un été 2015 particulièrement chaud, la température moyenne de La Versoix n'a dépassé 16°C qu'une seule journée, le 21 juillet.

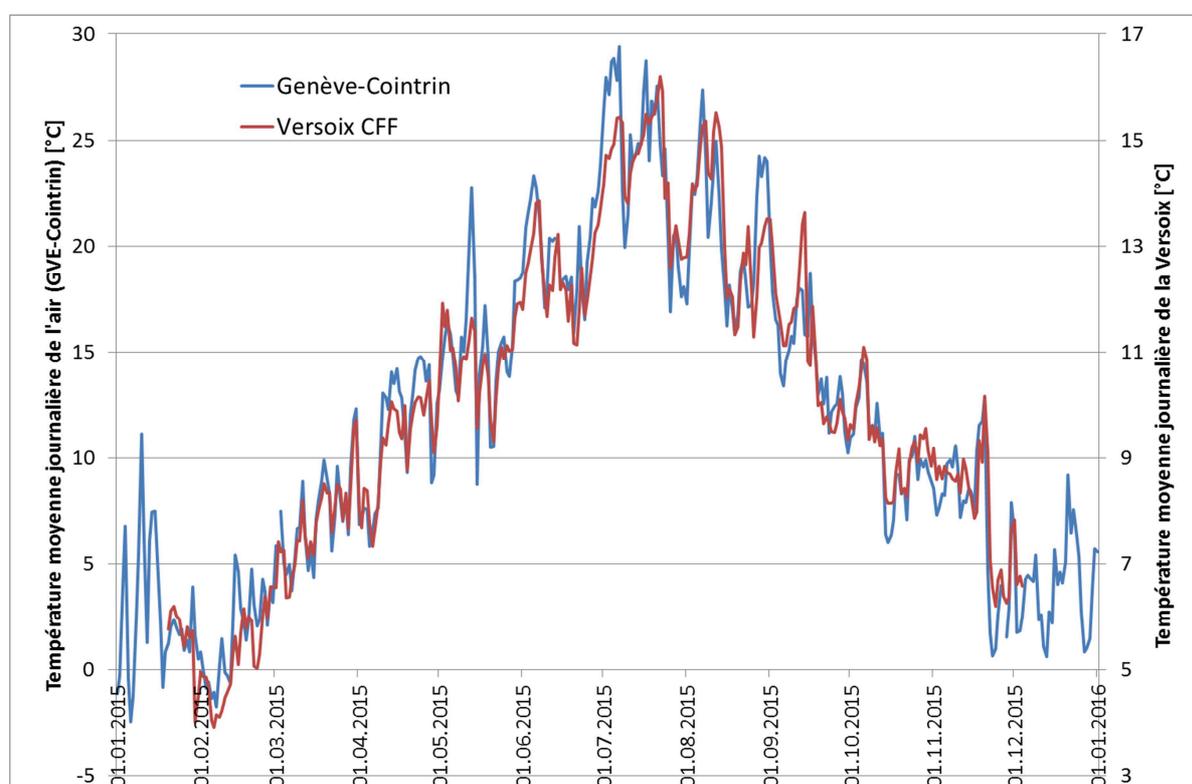


FIGURE 10 : VARIATION DE LA TEMPERATURE MOYENNE JOURNALIERE DE LA VERSOIX (PONT CFF) ET DE LA TEMPERATURE MOYENNE JOURNALIERE DE L'AIR (GVE-COINTRIN), EN 2015. (A NOTER LES ECHELLES DIFFERENTES POUR LES TEMPERATURES DE L'AIR ET DE L'EAU.)

#### 4.4.3 Éléments majeurs

Les résultats détaillés obtenus en 2015 sur le bassin versant de la Versoix sont disponibles auprès du service de l'écologie de l'eau.

L'appréciation de la qualité de l'eau selon le module "Analyses physico-chimiques – nutriments" est présentée dans le tableau 2. Les paramètres pris en considération renseignent sur la pollution organique et minérale génératrice d'eutrophisation, particulièrement celle liée à l'assainissement et aux pratiques agricoles. Le détail de la procédure d'appréciation est développé dans l'annexe A1.

TABLEAU 2 LES PARAMETRES INDICATEURS CHIMIQUES SUR LA VERSOIX, SES AFFLUENTS ET DEFLUENTS, EN 2015

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

##### a) La Versoix

Cours d'eau /Stations	COD mgC/L	N-NH <sub>4</sub> mgN/L	N-NO <sub>2</sub> mgN/L	N-NO <sub>3</sub> mgN/L	P-PO <sub>4</sub> mgP/L
<b>VERSOIX</b>					
source (F-01)	2.18	0.004	0.004	0.90	0.011
pont de Grilly (CH/F)	2.20	0.021	0.006	0.99	0.013
Sauverny (CH/F)	2.19	0.018	0.007	0.97	0.016
aval Oudar (CH/F)	2.23	0.018	0.007	1.07	0.017
pont de Bossy	2.22	0.016	0.007	1.09	0.016
Mâchefer	2.36	0.014	0.008	1.15	0.017
embouchure	3.46	0.014	0.009	1.09	0.018

##### b) Les affluents

Cours d'eau /Stations	COD mgC/L	N-NH <sub>4</sub> mgN/L	N-NO <sub>2</sub> mgN/L	N-NO <sub>3</sub> mgN/L	P-PO <sub>4</sub> mgP/L
<b>MUNET</b>					
Embouchure (F-01)	3.15	0.022	0.008	1.34	0.042
<b>UDAR</b>					
aval STEP Oudar (F-01)	2.37	0.064	0.011	1.98	0.021
<b>PISSEVACHE</b>					
route de la vielle bâtie	10.07	0.025	0.019	3.14	0.067
<b>CREUSON</b>					
amont route de Sauverny	7.41	0.054	0.036	1.83	0.093
embouchure	10.29	0.024	0.025	1.42	0.045
<b>CREVE-COEUR</b>					
embouchure	5.47	0.033	0.019	5.08	0.098

## c) Les défluentes

Cours d'eau /Stations	COD mgC/L	N-NH <sub>4</sub> mgN/L	N-NO <sub>2</sub> mgN/L	N-NO <sub>3</sub> mgN/L	P-PO <sub>4</sub> mgP/L
<b>BRAILLE</b>					
aval bassin de retention	4.21	0.082	0.033	2.53	0.041
amont route de Suisse	3.2	0.015	0.01	1.83	0.033
<b>BRASSU</b>					
amont route de Suisse	2.91	0.023	0.009	1.44	0.043
<b>PRY</b>					
amont route de Suisse	3.11	0.027	0.016	1.35	0.032

La qualité des eaux de la Versoix, pour les paramètres considérés, est excellente, toutes les exigences sont atteintes dans toutes les stations.

Le cas des affluents est plus contrasté et l'on constate une dégradation des affluents aval pour le COD et le phosphore tout spécialement. Ceci est probablement lié à l'augmentation de la pression anthropique. Ceci se constate également pour les pesticides et l'IBCH.

La qualité des défluentes, quoique moindre par rapport à la Versoix, reste satisfaisante.

#### 4.4.4 Métaux

La procédure d'appréciation de la qualité des eaux au regard des pollutions métalliques est développée dans l'annexe A1. Les résultats sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous

**TABLEAU 3 CONCENTRATIONS DES METAUX DANS LA VERSOIX, SES AFFLUENTS ET DEFLUENTS, EN 2015**

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

##### a) La Versoix

Cours d'eau /Stations	Cr µg/L	Ni µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Cd µg/L	Pb µg/L	IPM
<b>VERSOIX</b>							
source (F-01)	0.12	0.55	0.23	0.94	0.005	0.01	0.10
pont de Grilly (CH/F)	0.14	0.69	0.48	1.37	0.005	0.04	0.14
Sauverny (CH/F)	0.17	0.68	0.55	1.49	0.006	0.04	0.16
aval Oudar (CH/F)	0.17	0.70	0.49	1.19	0.004	0.03	0.14
pont de Bossy	0.18	0.78	0.60	1.46	0.004	0.04	0.16
Mâchefer	0.20	0.79	0.66	1.53	0.005	0.04	0.17
embouchure	0.20	0.90	0.73	1.62	0.005	0.04	0.18

##### b) Les affluents

Cours d'eau /Stations	Cr µg/L	Ni µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Cd µg/L	Pb µg/L	IPM
<b>MUNET</b>							
Embouchure (F-01)	0.35	0.92	0.95	0.92	0.002	0.03	0.18
<b>LOUDAR</b>							
aval STEP Oudar (F-01)	0.31	1.02	0.88	1.92	0.004	0.02	0.21
<b>PISSEVACHE</b>							
route de la vielle bâtie	1.59	2.63	1.71	1.01	0.007	0.11	0.44
<b>CREUSON</b>							
amont route de Sauverny	1.01	1.88	4.52	2.74	0.008	0.25	0.68
embouchure	1.00	1.86	3.67	1.60	0.009	0.37	0.60
<b>CREVE-COEUR</b>							
embouchure	1.52	1.76	6.52	1.51	0.011	0.15	0.84

## c) Les défluentes

Cours d'eau /Stations	Cr µg/L	Ni µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Cd µg/L	Pb µg/L	IPM
<b>BRAILLE</b>							
aval bassin de retention	0.62	1.35	1.56	1.85	0.007	0.16	0.34
amont route de Suisse	0.66	0.85	2.73	3.41	0.005	0.14	0.47
<b>BRASSU</b>							
amont route de Suisse	0.22	0.76	1.15	1.06	0.004	0.05	0.20
<b>PRY</b>							
amont route de Suisse	0.39	0.82	2.01	1.95	0.006	0.04	0.32

Le diagnostic, en matière de pollution métallique, est semblable à celui concernant les éléments majeurs. La qualité des eaux de la Versoix est excellente, celle des affluents amont est bonne puis se péjore vers l'aval, en particulier pour le cuivre.

#### 4.4.5 Micropolluants Organiques

L'analyse des micropolluants au sein du laboratoire du LPEE regroupe 4 types de substances : les pesticides, les résidus médicamenteux, les substances de soins personnels et les benzotriazoles.

Concernant les pesticides également appelés phytosanitaires, 141 molécules actives ont été recherchées en 2015. Selon l'ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux), la concentration en pesticides organiques dans les cours d'eau ne doit pas dépasser 100 ng/l pour chaque substance. En outre, l'ordonnance du 26 juin 1995 sur les substances étrangères et les composants (OSEC) prévoit une concentration maximum de 500 ng/l pour la somme des pesticides organiques dans l'eau potable. Cette valeur peut être utilisée à titre indicatif.

La "stratégie MicroPoll" lancée en 2006 par l'OFEV (OFEV, 2009) a permis de mettre en évidence une quarantaine de substances spécifiques aux usées (Bernard *et al.* 2007, Götz *et al.* 2010). Ainsi, dès 2011, le LPEE analyse des molécules organiques d'origines domestique et industrielle. La liste des composés se compose de 41 micropolluants (annexe A1) et regroupe des substances pharmaceutiques, des substances de soins personnels et des benzotriazoles.

Le SECOE évalue la qualité de l'eau pour les différentes familles à l'aide d'indices d'évaluation (annexe A1). Ces indices qui s'inspirent du système modulaire gradué se basent sur une limite de qualité à une concentration de 100 ng/L, valeur définie par OEaux pour les pesticides uniquement. Pour les autres micropolluants, cette valeur est utilisée par extension en attendant que le système d'évaluation de la qualité des eaux pour les micropolluants tenant compte de l'écotoxicologie des substances soit finalisé. Au vu de la modification de la législation en cours, qui s'inscrit dans la "stratégie MicroPol", deux documents techniques sont actuellement disponibles : la stratégie d'évaluation de la qualité des eaux à l'aide des composés traces organiques issus de l'assainissement communal éditée en 2011 (Götz *et al.*, 2011) et la stratégie pour les micropolluants de sources non ponctuelles (Wittmer *et al.*, 2014). Ces études serviront de base à l'OFEV pour la publication des exigences dans les textes de loi.

Ainsi, dans ce présent rapport, notre système d'évaluation basé sur les indices sera, dans certains cas, complété par le système d'appréciation écotoxicologique recommandé. Dans cette approche, les critères suisses de qualité environnementale relatifs à la pollution chronique et aiguë (respectivement CQC et CQA) sont disponibles sur le site du centre Ecotox

à

l'adresse :

[http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/vorschlaege/index FR](http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/vorschlaege/index_FR).

a) Pesticides dans la Versoix

TABLEAU 4 INDICES PESTICIDES DANS LA VERSOIX, EN 2015

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
<b>Cours d'eau /Stations</b>					
<b>VERSOIX</b>					
Source (F-01)	0.06	0.06	0.04		
Pont de Grilly	0.09	0.10	0.07		
Aval Oudar	0.09	0.10	0.07		
Pont de Bossy	0.09	0.10	0.07		
Embouchure	0.10	0.11	0.07		

TABLEAU 5 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DES PRINCIPAUX PESTICIDES MESURES DANS LA VERSOIX EN 2015  
(N.D. : NON DETECTE)

Concentration [ng/L]	AMPA <i>Herbicide</i>	Asulam <i>Herbicide</i>	Bentazone <i>Herbicide</i>	Dimethachlor <i>Herbicide</i>	Glyphosate <i>Herbicide</i>	Mecoprop <i>Herbicide</i>	Terbutylazine <i>Herbicide</i>
<b>VERSOIX</b>							
Source (F-01)	< 5	n.d.	n.d.	n.d.	< 2	n.d.	< 10
Pont de Grilly	58	n.d.	n.d.	n.d.	13	51	< 10
Aval Oudar	77	n.d.	n.d.	n.d.	23	40	< 10
Pont de Bossy	99	n.d.	n.d.	n.d.	48	48	< 10
Embouchure	100	n.d.	n.d.	< 10	83	66	21

La Versoix est relativement peu impactée par les pesticides mais, on note néanmoins une augmentation significative des concentrations de glyphosate et d'AMPA de l'amont vers l'aval, signature de l'influence de ses affluents.

b) Pesticides dans les affluents

TABLEAU 6 INDICES PESTICIDES DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX, EN 2015

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
<b>Cours d'eau /Stations</b>					
<b>MUNET</b>					
Embouchure (F-01)	0.08				
<b>LOUDAR</b>					
Aval STEP Oudar (F-01)	0.09		0.15		
<b>PISSEVACHE</b>					
Route de la vieille bâtie		0.16		1.05	0.16
<b>CREUSON</b>					
Embouchure		0.13		0.54	0.07
<b>CREVE-CŒUR</b>					
Embouchure		0.22		0.45	0.07

TABLEAU 7 CONCENTRATIONS MAXIMALES DES PRINCIPAUX PESTICIDES MESURES DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX EN 2015 (N.D. : NON DETECTE)

Concentration [ng/L]	AMPA <i>Herbicide</i>	Asulam <i>Herbicide</i>	Bentazone <i>Herbicide</i>	Dimethachlor <i>Herbicide</i>	Glyphosate <i>Herbicide</i>	Mecoprop <i>Herbicide</i>	Terbuthylazine <i>Herbicide</i>
<b>MUNET</b>							
Embouchure (F-01)	87	n.d.	n.d.	< 25	111	n.d.	n.d.
<b>LOUDAR</b>							
Aval STEP Oudar (F-01)	316	n.d.	n.d.	n.d.	97	n.d.	< 10
<b>PISSEVACHE</b>							
Route de la vieille bâtie	876	1940	27	< 25	<b>18700</b>	n.d.	2100
<b>CREUSON</b>							
Embouchure	339	28	1370	3330	317	29	73
<b>CREVE-CŒUR</b>							
Embouchure	474	262	35	418	533	1310	18

Mis à part le ruisseau du Munet et de l'Oudar, les affluents de la Versoix sont impactés par les herbicides employés dans les cultures avoisinantes. Les concentrations mesurées dépassent les critères de qualité environnementale (CQC) pour la terbuthylazine dans le ruisseau de Pissevache et pour le dimethachlor dans les ruisseaux du Creuson et du Crève-Cœur. Un risque non tolérable est supposé exister pour ces deux substances dans l'environnement.

TABLEAU 8 QUOTIENT DE RISQUE ENVIRONNEMENTAL POUR LES SUBSTANCES DEPASSANT LA NQE

Substance	Cours d'eau	Conc. max [ng/L]	Critère de qualité exp. chronique CQC [ng/L]
Terbutylazine	Pissevache	2100	220
Dimethachlor	Creuson	3330	130
Dimethachlor	Crève-Coeur	418	130

c) Pesticides dans les défluent

TABLEAU 9 INDICES PESTICIDES DANS LES DEFLUENTS DE LA VERSOIX, EN 2015

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

Cours d'eau /Stations	Indice Fongicides	Indice Herbicides	Indice Insecticides
<b>BRILLE</b>			
Amont route de suisse	0.09	0.12	0.07

TABLEAU 10 CONCENTRATIONS MAXIMALES DES PRINCIPAUX PESTICIDES MESURES DANS LES DEFLUENTS DE LA VERSOIX EN 2015 (N.D. : NON DETECTE)

Concentration [ng/L]	AMPA <i>Herbicide</i>	Asulam <i>Herbicide</i>	Bentazone <i>Herbicide</i>	Dimethachlor <i>Herbicide</i>	Glyphosate <i>Herbicide</i>	Mecoprop <i>Herbicide</i>	Terbutylazine <i>Herbicide</i>
<b>BRILLE</b>							
Amont route de Suisse	127	n.d.	< 10	< 10	78	35	<10

Le nant de Brille n'est que très faiblement impacté par les pesticides.

d) Micropolluants organiques dans la Versoix

TABLEAU 11 INDICES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LA VERSOIX, EN 2015

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Cours d'eau /Stations	Indice				
	Pharmaceutiques		Soins Personnels		Benzotriazole
<b>VERSOIX</b>					
Source (F-01)	0.01		0.05		0.0
Pont de Grilly	0.07		0.02		11
Aval Oudar	0.09		0.02		17
Pont de Bossy	0.09		0.02		20
Embouchure	0.15		0.03		22

TABLEAU 12 CONCENTRATIONS MAXIMALES DES PRINCIPAUX MICROPOLLUANTS ORGANIQUES MESURES DANS LA VERSOIX EN 2015 (N.D.: NON DETECTE)

Concentration [ng/L]	Irbesartan (Anti-hypertenseurs)	Paracétamol (Anti-inflamm.)	Diclofenac (Anti-inflamm.)	Metformine (Anti-diabétique)	Benzotriazole (anticorrosif)	Acésulfame (édulcorant)
<b>VERSOIX</b>						
Source (F-01)	14	n.d.	n.d.	<20	<5	n.d.
Pont de Grilly	27	57	n.d.	105	28	169
Aval Oudar	31	63	32	127	35	191
Pont de Bossy	36	47	36	140	36	203
Embouchure	38	55	n.d.	157	45	285

Les indices de qualité de la Versoix entre la source et le pont de Bossy vis-à-vis des micropolluants de type pharmaceutiques, soins personnels et des benzotriazoles sont très bons. Néanmoins, il faut noter la présence à très faible concentration (<50 ng/L) et de façon ponctuelle de plusieurs substances pharmaceutiques, dès le pont de Grilly vers l'aval. Le graphique en figure 11 confirme l'impact faible mais significatif de la STEP de Divonne dès le pont de Grilly.

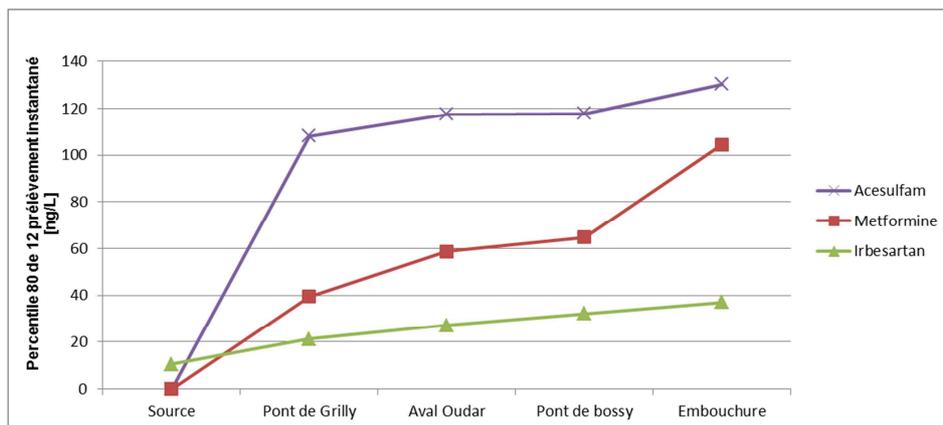


FIGURE 11 PERCENTILE 80 DE 12 PRELEVEMENTS INSTANTANES POUR 3 SUBSTANCES PHARMACEUTIQUES, DANS LA VERSOIX, EN 2015

Au niveau de l'embouchure, l'indice de qualité devient médiocre. Ceci s'explique par des concentrations supérieures à 100 ng/L de la metformine, par la présence, bien qu'à faible concentration, de l'irbesartan détecté de façon chronique et du paracétamol, fréquemment analysés tout au long de l'année. La présence récurrente de telles substances nous laisse supposer que la station à l'embouchure de la Versoix présente des problèmes d'assainissement avec un faible impact sur ce cours d'eau.

La metformine et l'acésulfame sont détectés tout au long de l'année dans les quatre stations en aval de la source. La metformine, partiellement dégradée en station d'épuration, subsiste à forte concentration en sortie de STEP (de l'ordre de 5-15 µg/L). Cet anti-diabétique est un indicateur de l'activité humaine. Malgré les dilutions subies, elle est aisément détectée dans les milieux récepteurs. L'acésulfame, quant à lui, est également reconnu en tant que traceur d'eaux usées traitées (Buerge *et al.*, 2009).

a) Micropolluants organiques dans les affluents

TABLEAU 13 INDICES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX, EN 2015

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

Cours d'eau /Stations	Indice Pharmaceutiques	Indice Soins Personnels	Indice Benzotriazole
<b>MUNET</b>			
Embouchure (F-01)	0.05	0.02	6
<b>LOUDAR</b>			
Aval STEP Oudar (F-01)	0.50	0.03	84
<b>PISSEVACHE</b>			
Route de la vielle bâtie	0.07	0.02	7
<b>CREUSON</b>			
Embouchure	0.11	0.21	40
<b>CREVE-CŒUR</b>			
Embouchure	0.59	0.04	70

TABLEAU 14 CONCENTRATIONS MAXIMALES DES AUTRES MICROPOLLUANTS MESURES DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX EN 2015

Concentration [ng/L]	Irbesartan (Anti-hypertenseurs)	Paracétamol (Anti-inflamm.)	Diclofenac (Anti-inflamm.)	Metformine (Anti-diabétique)	Benzotriazole (anticorrosif)	Acésulfame (édulcorant)
<b>MUNET</b>						
Embouchure (F-01)	14	209	n.d.	n.d.	21	80
<b>LOUDAR</b>						
Aval STEP Oudar (F-01)	167	37	121	1391	171	825
<b>PISSEVACHE</b>						
Route de la vielle bâtie	13	n.d.	n.d.	380	43	541
<b>CREUSON</b>						
Embouchure	14	24	n.d.	272	108	744
<b>CREVE-CŒUR</b>						
Embouchure	90	n.d.	<20	1982	167	374

Les indices pharmaceutiques, soins personnels et benzotriazoles des affluents de la Versoix présentés dans le tableau 13 ci-dessus indique la très bonne qualité des points de prélèvements dans le Munet et dans le ruisseau de Fontaine- de- Pissevache.

Concernant le ruisseau du Creuson, quelques substances pharmaceutiques telles que l'ibuprofène, l'irbesartan, le paracétamol et le sotalol sont détectées de façon ponctuelle et à très faible concentration, résultant en un indice de qualité bon pour les pharmaceutiques. La qualité médiocre des soins personnels est due à la présence ponctuelle de DEET (répulsif), dès le mois de juin. On peut donc supposer un très faible apport d'eaux usées, confirmé par

la présence de metformine et d'acésulfame dans ce cours d'eau, provenant probablement de l'installation d'assainissement autonome de l'Observatoire de Genève.

Les indices pharmaceutiques diagnostiquent une mauvaise qualité dans l'Oudar et le Crève-Cœur.

Dans l'Oudar, un large éventail de substances pharmaceutiques se présente toute l'année. Plus de la moitié des 23 substances analysées ont été détectées. Le tolyltriazole et le benzotriazole, substances anticorrosives, sont également mesurés à des concentrations d'environ 100 ng/L. Ces résultats sont en adéquation avec la présence de la STEP de l'Oudar en amont.

Le cas du Crève-Cœur diffère du fait que seules trois substances récurrentes sont responsables d'une situation qualifiée de mauvaise. L'ibuprofène et l'irbesartan sont mesurés fréquemment à des valeurs inférieures à 20 et 100 ng/L respectivement. La présence de la metformine péjore fortement l'indice avec un pic à 1391 ng/L. Cette valeur mesurée en juin est due aux fortes précipitations ayant eu lieu lors de la journée de prélèvements. Ces pluies ont également eu pour conséquence des pics des concentrations pour le benzotriazole et le tolyltriazole à 171 et 50 ng/L respectivement. Ce problème d'assainissement est marqué du fait qu'il se rejette dans un cours d'eau à faible débit.

Comme l'indice qualité de ces deux dernières stations est mauvais, il est intéressant d'évaluer le risque écotoxicologique environnemental des substances présentes en se basant sur les critères de qualité du Centre Ecotox (Oekotoxzentrum, 2016). Pour ce faire, la comparaison entre la concentration environnementale (Cenv) et le critère de qualité d'exposition chronique (CQC) permet d'évaluer la risque chimique d'une substance sur le milieu. Lorsque  $C_{env} > CQC$ , le milieu peut présenter un risque chimique pour les organismes qui y vivent. Dans ce présent rapport, la Cenv correspond à la concentration maximale mesurée au cours de l'année. Le tableau 15 indique que le diclofenac présente un risque non-négligeable à la station Oudar pour les organismes aquatiques. D'autre part, la norme environnementale pour cette substance est dépassée pour 7 campagnes sur les 12 effectuées. Pour les autres substances, les concentrations annuelles mesurées sont inférieures aux normes de qualité environnementale déterminées par le Centre Ecotox. Ces dernières ne sont pas susceptibles de présenter un risque chimique pour l'environnement. A noter, qu'à ce jour, l'effet cocktail, c'est-à-dire l'effet cumulatif et synergique de ces substances est inconnu.

**TABLEAU 15 COMPARAISON DES NORMES DE QUALITE ENVIRONNEMENTALE EMISE PAR LE CENTRE ECOTOX ET LES CONCENTRATIONS MAXIMALES DE CERTAINS MICROPOLLUANTS MESURES DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX EN 2015**

Substances détectées	CQC [ng/L]	Oudar C <sub>MAX</sub> [ng/L]	Crève-coeur C <sub>MAX</sub> [ng/L]
Diclofenac	50	121	<20
Irbesartan	704000	167	90
Ibuprofene	300	17	18
Metformin	1000000	1391	1982
Tolyltriazole	75000	145	296
Benzotriazole	30000	171	167

**b) Micropolluants organiques dans les défluent**

**TABLEAU 16 INDICES MICROPOLLUANTS DANS LES DEFLUENTS DE LA VERSOIX, EN 2015**

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

Cours d'eau /Stations	Indice Pharmaceutiques	Indice Soins Personnels	Indice Benzotriazole
<b>BRILLE</b>			
Amont route de suisse	0.10	0.06	47

**TABLEAU 17 CONCENTRATIONS MAXIMALES DES PRINCIPAUX MICROPOLLUANTS MESURES DANS LES DEFLUENTS DE LA VERSOIX EN 2015 (N.D. : NON DETECTE)**

Concentration [ng/L]	Irbesartan (Anti-hypertenseurs)	Ibuprofène (Anti-inflamm.)	Paracetamol (Anti-inflamm.)	Diclofenac (Anti-inflamm.)	Metformine (Anti-diabétique)	Benzotriazole (anticorrosif)	Acésulfame (édulcorant)
<b>BRILLE</b>							
Amont route de Suisse	32	30	105	21	105	53	336

La qualité de l'eau pour le Nant de la Braille est bonne. Les douze campagnes effectuées sur ce cours d'eau indiquent la présence, à petite concentration, de plusieurs composés pharmaceutiques, comme le paracétamol, l'irbesartan, l'ibuprofène. L'impact est faible mais montre néanmoins un impact de l'assainissement sur ce tronçon. Les concentrations mesurées en comparaison aux normes présentées dans le tableau 17 indiquent qu'elles respectent le critère de qualité environnementale.

#### 4.4.6 Rapport rubidium/strontium

Le rapport Rb/Sr (rubidium/strontium) est naturellement contrôlé par la géologie. Il peut être affecté par les activités humaines suite à des rejets de produits d'origine biologique qu'il s'agisse de rejets domestiques ou agricoles (Nirel et Revaclier, 1999). C'est également un excellent traceur des rejets de STEP.

##### a) La Versoix

Dans la Versoix, le rapport Rb/Sr reste stable d'amont en aval ( autour de 0.002). L'absence de différence entre les stations "aval Oudar" et "pont Bossy" traduit un impact négligeable de la STEP située sur l'Oudar.

##### b) Les affluents

Dans les affluents de la Versoix, on note 2 types de réaction du rapport Rb/Sr en fonction du débit :

1. Une dilution simple, caractéristique d'un rejet ponctuel comme dans l'Oudar à l'aval d'une STEP (figure 12).
2. Une dynamique dilutive pour les débits faibles à moyens suivie de lessivage pendant les crues comme le montre la figure 13 (cas du Creuson).

C'est ce comportement que l'on observe pour les autres affluents en réponse à la forte crue de mai 2015.

On voit donc que les sources de pollutions par du matériel d'origine organique sont principalement ponctuelles mais qu'au-delà d'un certain seuil les apports par ruissellement deviennent prépondérants.

On notera que le cuivre et le carbone organique suivent la même dynamique (données non présentées).

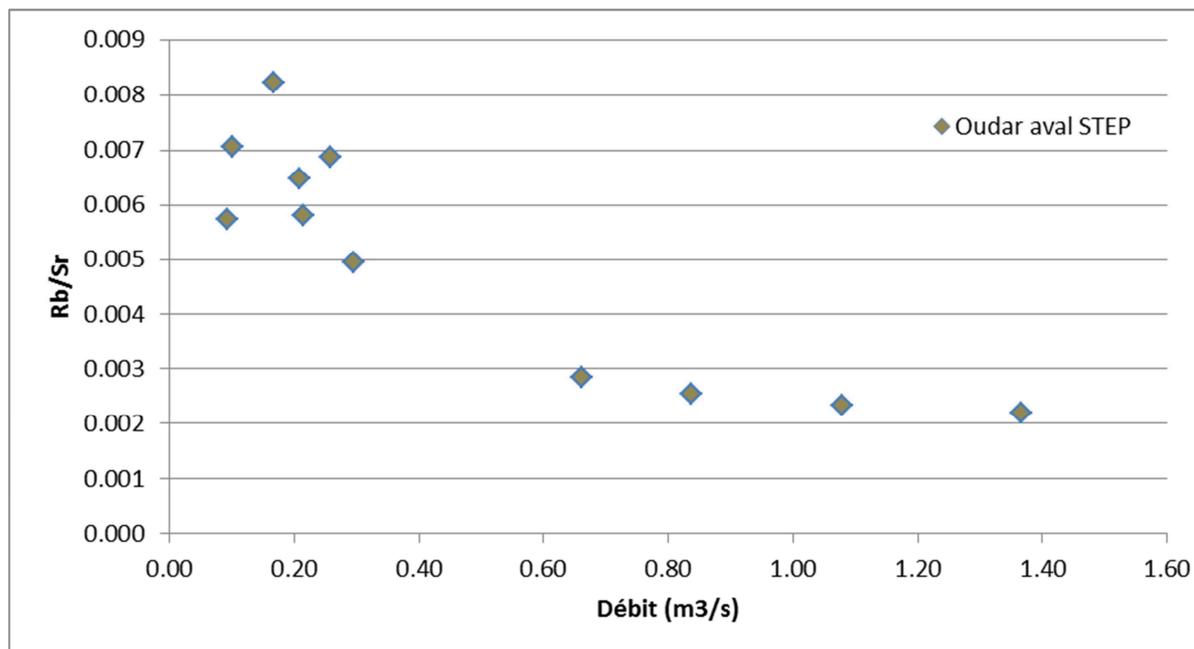


FIGURE 12 EVOLUTION DU RAPPORT Rb/Sr EN FONCTION DES DEBITS SUR L'ODAR EN 2015

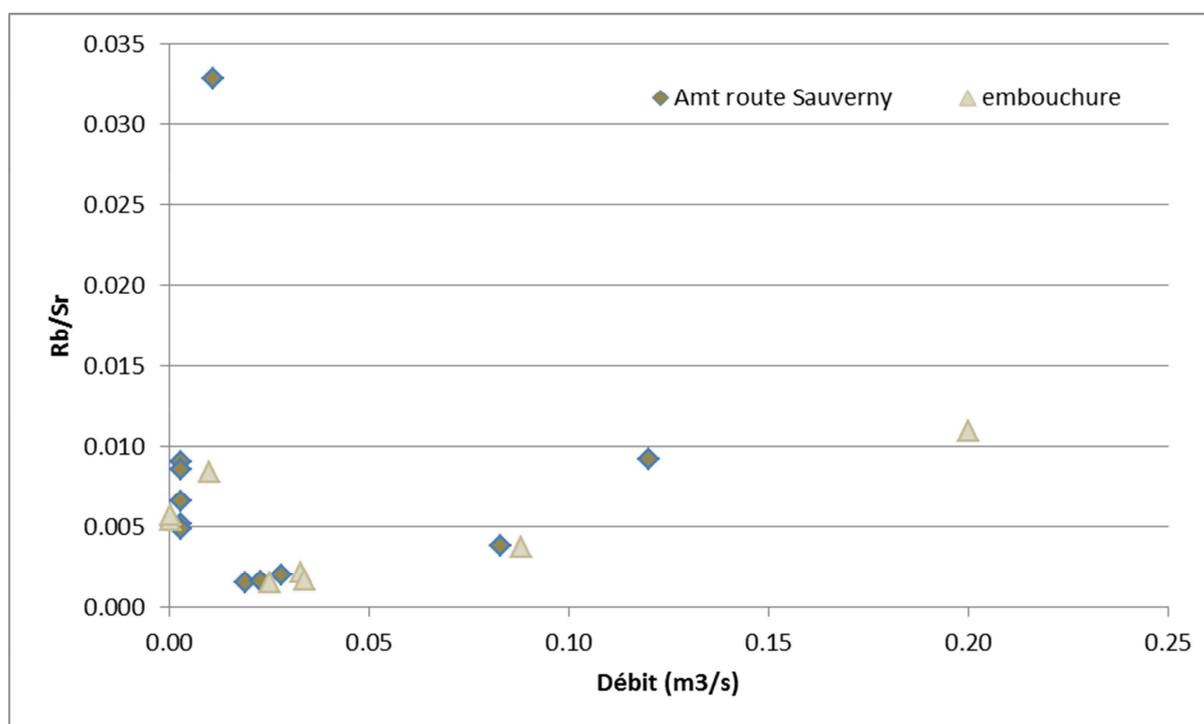


FIGURE 13 EVOLUTION DU RAPPORT Rb/Sr EN FONCTION DES DEBITS SUR LE CREUSON EN 2015

### c) Les défluent

Dans les défluent, la dynamique du rapport Rb/Sr est très semblable à celle observée sur la Versoix avec, cependant, de plus grandes variations.

## 4.4.7 État sanitaire

L'état sanitaire du bassin versant de la Versoix, basé sur la bactérie fécale *Escherichia coli* (*E.coli*), est présenté dans le tableau ci-après.

TABLEAU 18 ETAT SANITAIRE ET VALEUR MAXIMALE D'E.COLI DANS LA VERSOIX, SES AFFLUENTS ET DEFLUENTS, EN 2015

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

## a) La Versoix

Cours d'eau /Stations	Valeur d'appréciation	État sanitaire	nb. <i>E.coli</i> /mL Val. MAX (mois)
<b>VERSOIX</b>			
source (F-01)	1	Très bon	23 (7)
pont de Grilly (CH/F)	3	Moyen	20 (6)
Sauverny (CH/F)	3	Moyen	40 (7)
aval Oudar (CH/F)	3	Moyen	62 (8)
pont de Bossy	3	Moyen	97 (8)
Mâchefer	3	Moyen	130 (8)
embouchure	3	Moyen	150 (8)

La Versoix affiche un très bon état sanitaire à sa source qui devient moyen sur tout le reste de son cours. Malgré cette uniformité apparente, lorsque l'on considère les valeurs maximales d'*E.coli*, on observe une légère dégradation d'amont en aval.

b) Les affluents

Cours d'eau /Stations	Valeur d'appréciation	État sanitaire	nb. <i>E.coli</i> /mL Val. MAX (mois)
<b>MUNET</b>			
Embouchure (F-01)	3	Moyen	31 (8)
<b>UDAR</b>			
aval STEP Oudar (F-01)	3	Moyen	770 (7)
<b>PISSEVACHE</b>			
route de la vieille bâtie	2	Bon	67 (8)
<b>CREUSON</b>			
amont route de Sauvigny	3	Moyen	59 (8)
embouchure	3	Moyen	150 (8)
<b>CREVE-COEUR</b>			
embouchure	3	Moyen	83 (8)

L'état sanitaire de l'eau des affluents est dans l'ensemble moyen. Comme sur la Versoix, les valeurs maximales d'*E.coli* s'observent majoritairement en période d'étiage, les faibles débits favorisant la concentration des germes et nutriments.

c) Les défluent

Cours d'eau /Stations	Valeur d'appréciation	État sanitaire	nb. <i>E.coli</i> /mL Val. MAX (mois)
<b>BRILLE</b>			
aval bassin de rétention	2	Bon	27 (9)
amont route de Suisse	3	Moyen	51 (1)
<b>BRASSU</b>			
amont route de Suisse	3	Moyen	54 (7)
<b>PRY</b>			
amont route de Suisse	3	Moyen	28 (9)

Mis à part à l'aval du bassin de rétention sur le nant de Braille, les stations situées sur les défluent, affichent un état sanitaire moyen, avec des valeurs maximales relativement basses.

## 4.5. Test Ecotoxicologique

### 4.5.1. activité oestrogénique/ bioessai ER CALUX

En 2015, le secteur de la protection des eaux (PROTEAUX) a mandaté le centre suisse d'écotoxicologie appliquée EAWAG-EPFL (centre ECOTOX) pour évaluer la qualité de l'eau de la Versoix concernant les substances d'activité oestrogénique.

Ces substances, qui se retrouvent dans le milieu aquatique via les eaux usées domestiques, ne sont pas totalement détruites par les stations d'épuration. Elles peuvent déjà, à de très faibles concentrations, impacter la faune aquatique, en perturbant les cycles hormonaux (fonction reproductrice) (Centre Ecotox, 2012).

Le bioessai ER-CALUX utilise des cellules humaines génétiquement modifiées. Il permet de déterminer l'activité oestrogénique d'un échantillon (Van der Linden *et al.*, 2008). Il a déjà été employé dans divers projets pour détecter la présence et l'activité d'oestrogènes et de perturbateurs endocriniens de type œstrogène dans les effluents des STEP(s) et le milieu naturel (Kienle *et al.*, 2011, Stalter *et al.*, 2011). Une procédure de normalisation ISO est en cours.

Les concentrations des substances d'activité oestrogénique ont été déterminées dans des échantillons de la Versoix et de l'effluent de la STEP de Divonne, lors de quatre campagnes de prélèvements. Les détails de la méthode, des prélèvements et des résultats sont disponibles dans un rapport consultable au SECOE (Kienle *et al.*, 2015b). Seules les principales conclusions sont reprises ci-après.

L'étude de l'activité oestrogénique a permis de mettre en évidence un impact de la STEP de Divonne dans son effluent et sur la Versoix. En aval du point de rejet de l'effluent, dans la Versoix, les teneurs en équivalents 17 $\beta$ -oestradiol (EEQ) étaient en général plus élevées qu'en amont. Mais, cette augmentation est faible.

Dans l'ensemble, la pollution par les substances d'activité oestrogénique est peu significative en termes d'impacts. Les teneurs en EEQ (concentration d'équivalent 17 $\beta$ -oestradiol en ng/L) dans la Versoix ne dépassaient jamais 0.4 ng/L, valeur fixée comme limite supérieure d'une bonne qualité de l'eau (Kienle *et al.*, 2015a)

## 4.6. Indicateurs biologiques

Les indicateurs biologiques utilisés au SECOE pour le monitoring des rivières sont ceux mis à disposition des cantons par l'OFEV dans le cadre du système modulaire gradué (OFEFP, 1998). Il s'agit des indicateurs basés sur les diatomées benthiques : DI-CH (Hürlimann, J., Niederhauser P., 2007) et sur le macrozoobenthos : IBCH (Stücki, P., 2010).

### 4.6.1 Module Diatomées

La liste floristique des diatomées sert au calcul de l'indice DI-CH. D'autres métriques que la polluo-sensibilité peuvent être utilisées pour des études écologiques et de diagnostic des milieux aquatiques, comme par exemple les traits biologiques (Rimet, F., Bouchez, A., 2012):

1. les formes de vie (coloniales, pionnières, benthiques, planctoniques...)
2. la taille des cellules
3. les associations écologiques.

Une association écologique est un ensemble de taxons présentant des adaptations leur permettant de se développer dans des conditions de milieux équivalentes. Passy (2007) propose 3 associations écologiques, basées sur la tolérance envers les nutriments et les perturbations physiques, dont les deux principales sont :

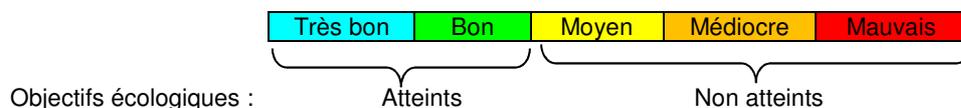
1. "Low profile guild" : ensemble des espèces de petites tailles, supportant une limitation des ressources (lumière, nutriments) et les perturbations physiques du milieu (hydrologie) (ex: *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Amphora*,...);
2. "High profile guild" : ensemble des espèces de taille généralement grande et/ou formant des colonies, vivant dans un environnement chargé en nutriment, avec un débit stable et une chaîne trophique bien établie (ex : *Diatoma*, *Gomphonema*, *Navicula*,...).

Depuis 2013, nous intégrons dans nos rapports d'état des cours d'eau le pourcentage d'espèces pionnières, de low et high profile guild.

Les résultats du DI-CH dans la Versoix, ses affluents et défluent ainsi que les autres analyses des communautés des diatomées sont présentés par station dans les tableaux 19,20 et 21 ci-dessous.

a) La Versoix

TABLEAU 19 RESULTATS DU DI-CH ET DES ANALYSES DES DIATOMÉES DANS LA VERSOIX. ETAT 2015



Cours d'eau /Stations	DI-CH MARS	DI-CH SEPTEMBRE	MOYENNE ANNUELLE DI-CH	MOYENNE ESPECES PIONNIERES %	MOYENNE "HIGH PROFILE GUILD"	MOYENNE "LOW PROFILE GUILD"
<b>VERSOIX</b>						
amont Divonne (F-01)	1.61	2.25	1.93	48	2	63
pont de Grilly (CH/F)	-	1.83	1.83	37	0.4	62
Sauverny (CH/F)	1.63	1.47	1.55	20	1	39
aval Oudar (CH/F)	1.32	3.26	2.29	24	3	72
pont de Bossy	2.17	4.75	3.46	11	7	62
Mâchefer	2.29	4.48	3.39	19	14	59
embouchure	3.73	2.94	3.33	22	24	28

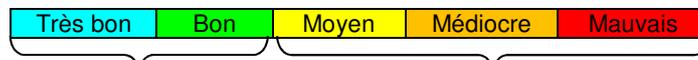
Les diatomées échantillonnées dans le cours de la Versoix indiquent une excellente qualité globale de l'eau pour les mois de février-mars et août-septembre. Les objectifs écologiques sont atteints dans toutes les stations sur l'ensemble de l'année et les espèces sensibles peuvent s'y maintenir.

La majorité des espèces de diatomées échantillonnées appartiennent à la catégorie des "Low profile guild". Cela signifie qu'elles sont généralement de petites tailles et qu'elles s'adaptent à des conditions limitantes pour leur développement : courants rapides (Grilly, Bossy) , milieux proche de l'oligotrophie (pauvres en nutriments-amont Divonne), ombrage important,...

Une espèce non échantillonnée dans le cours de la Versoix depuis 2003, *Achnantheidium lineare* sensu lato, a été déterminée dans la majorité des stations en 2015. Cette espèce est typique des eaux très propres, peu chargées en nutriments et en carbone. Elle est fréquemment observée dans les cours d'eau calcaires des Alpes (com. pers. Straub François). Sa présence démontre l'amélioration de la qualité de l'eau de la Versoix depuis 2003.

b) Les affluents

TABLEAU 20 RESULTATS DU DI-CH ET DES ANALYSES DES DIATOMÉES DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX. ETAT 2015



Objectifs écologiques :

Atteints

Non atteints

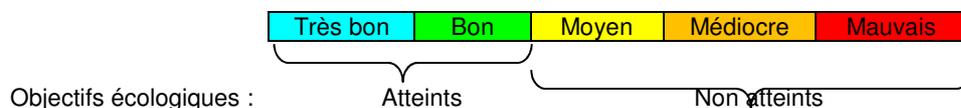
Cours d'eau /Stations	DI-CH MARS	DI-CH SEPTEMBRE	MOYENNE ANNUELLE DI-CH	MOYENNE ESPECES PIONNIERES %	MOYENNE "HIGH PROFILE GUILD"	MOYENNE "LOW PROFILE GUILD"
<b>MUNET</b>						
embouchure (F-01)	3.92	4.62	4.27	38	7	39
<b>ODAR</b>						
aval STEP (F-01)	3.89	4.8	4.34	23	8	62
<b>PISSEVACHE</b>						
route de la Vieille Bâtie	3.71	4.87	4.29	37	3	50
<b>CREUSON</b>						
amont route de Sauverny	4.59	-	4.59	50	3	61
embouchure	4.46	3.8	4.13	35	2	59
<b>CREVE-COEUR</b>						
embouchure	3.89	5.39	4.64	44	13	47

D'une manière générale, les diatomées indiquent une bonne qualité de l'eau au mois de mars, puis une dégradation en septembre. L'été concentre les intrants polluants qui limitent le développement des espèces sensibles au profit des tolérantes.

Sur l'ensemble de l'année, la station "amont route de Sauverny" (Creuson) et l'embouchure du Crève-Cœur n'atteignent pas les objectifs écologiques. Le Crève-Cœur subit des traitements agricoles aux herbicides (gazon-céréales) ainsi qu'un assainissement insuffisant (résidus pharmaceutiques). Le Creuson reçoit encore en 2015 les effluents de l'installation autonome d'assainissement de l'Observatoire de Genève ainsi que des herbicides.

d) Les défluent

TABLEAU 21 RESULTATS DU DI-CH ET DES ANALYSES DES DIATOMÉES DANS LES DEFLUENTS DE LA VERSOIX. ETAT 2015



Cours d'eau /Stations	DI-CH MARS	DI-CH SEPTEMBRE	MOYENNE ANNUELLE DI-CH	MOYENNE ESPECES PIONNIERES %	MOYENNE "HIGH PROFILE GUILD"	MOYENNE "LOW PROFILE GUILD"
<b>BRAILLE</b>						
aval bassin de retention	5.15	6.55	5.85	25	15	28
amont route de Suisse	4.59	4.42	4.50	38	6	49
<b>BRASSU</b>						
amont route de Suisse	4.08	4.82	4.45	36	19	60
<b>PRY</b>						
amont route de Suisse	3.8	4.31	4.05	21	7	26

Dans le Nant de Braille, à l'aval du bassin de rétention des eaux pluviales de l'autoroute, l'indice diatomique est mauvais lors des deux campagnes avec de nombreuses espèces résistantes et ce, malgré l'excellente qualité de l'eau mesurée par les paramètres physico-chimiques (voir ch. 4.4.3.). Notons, que les diatomées échantillonnées supportent bien les assècs. Il est ainsi possible que le DI-CH reflète plus une période "hors eau" de l'aval du bassin qu'une mauvaise qualité d'eau.

En septembre, en amont de la route de Suisse, une flore distincte des autres cours d'eau, très diversifiée et contenant de nombreuses espèces de "grandes tailles" a été échantillonnée.

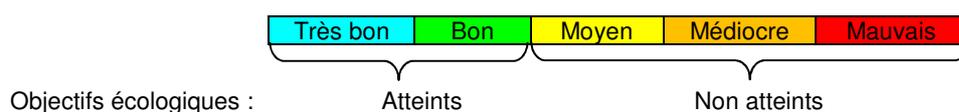
Le Nant du Brassu et de Pry atteignent le bon état écologique sur l'ensemble de l'année.

#### 4.6.2 Module Macrozoobenthos

Les résultats de l'IBCH dans la Versoix, ses affluents et défluent ainsi que la diversité faunistique sont présentés par station dans les tableaux 22,23 et 24 ci-dessous.

##### a) La Versoix

TABLEAU 22 RESULTATS DE L'IBCH ET DIVERSITE FAUNISTIQUE LA VERSOIX. ETAT 2015



Cours d'eau /Stations	IBCH MARS	IBCH JUIN	IBCH SEPTEMBRE	MOYENNE ANNUELLE IBCH	DIVERSITE FAUNISTIQUE
<b>VERSOIX</b>					
amont Divonne (F-01)	17	18	17	17	42
pont de Grilly (CH/F)	12	11	13	12	25
Sauverny (CH/F)	14	15	16	15	30
aval Oudar (CH/F)	13	14	12	13	28
pont de Bossy	14	14	14	14	29
Mâchefer	16	14	14	14	32
embouchure	13	15	15	14	34

Sur l'ensemble de l'année, les objectifs écologiques sont atteints dans toutes les stations de la Versoix. Mis à part au pont de Grilly en juin, tous les prélèvements (20) atteignent le bon, voire le très bon état.

Il convient toutefois de nuancer ces excellents résultats de l'IBCH. En effet, les notes sont robustes lors de la campagne de mars, mais pas forcément lors des campagnes de juin et/ou d'octobre. Ceci indique que dans certaines stations, la population de macrofaune n'est pas équilibrée et que les espèces sensibles sont souvent peu diversifiées et peu nombreuses. Il s'agit principalement des stations "pont de Grilly", "aval Oudar" et de l'embouchure qui lors de deux prélèvements sur trois donnent des diagnostics peu robustes.

Le nombre de taxons varie de 42 (amont Divonne) à 25 (pont de Grilly). 42 est un excellent résultat pour une station de tête de bassin. Le maximum observé sur le canton de Genève est 48 taxons à l'embouchure de l'Allondon. La station amont Divonne, station de référence, est remarquable par sa diversité et le nombre important d'individus par famille, plus particulièrement chez les Plécoptères sensibles *Perlodidae*, *Leutridae* et *Nemouridae*.

La diminution importante du nombre de taxons (- 17 taxons/amt Divonne) dès la station pont de Grilly ainsi que la diminution drastique du nombre de plécoptères ne sont pas évidentes à comprendre.

En octobre 2011, le département de l'Ain et l'agence de l'eau Rhône – Méditerranée - Corse ont mandaté des relevés IBGN sur le cours français de la Versoix (SAGE Environnement, 2012) . La station située à l'aval immédiat de l'agglomération de Divonne montre déjà une perte en diversité (-7 taxons/amont Divonne), principalement d'espèces sensibles. De plus, les relevés de macrofaune benthique situés en zone marécageuse 400 m à l'aval de la STEP de Divonne les Bains diagnostiquent un IBGN de 6 avec 13 taxons (- 17 taxons/amont Divonne).

Ainsi, les facteurs suivants pourraient expliquer la perte des espèces sensibles et la diminution de la diversité macrofaunistique observées en aval de la station de référence :

- Des pollutions pouvant être liées à des déversoirs d'orage présents dans la traversée de l'agglomération de Divonne, majoritairement en réseau unitaire ;
- Le facies lentique de la rivière dans la traversée des marais à l'aval de Divonne, courant plat avec du sable peu biogène et légèrement colmaté comme substrat dominant ;
- L'impact de la STEP de Divonne les Bains et/ou de la décharge (pas mis en évidence par nos analyses physico-chimiques, de micropolluants ni par les tests écotoxicologiques).

Le nombre de familles d'Ephémères, de Trichoptères et de Plécoptères (EPT) est considéré comme un indicateur de la fonctionnalité écologique d'un cours d'eau (Bannhofer, 2000 ; Hering *et al.*, 2006). Cet indicateur a été proposé en complément de l'IBCH dans le cadre de plusieurs suivis de la qualité des milieux en Suisse (Baumann P., Kirchhofer A., Schächli U., 2012).

La figure 14 ci-après montre le nombre de familles EPT dans la Versoix. On peut le comparer aux EPT de l'Allondon, rivière prenant sa source également au pied du Jura.

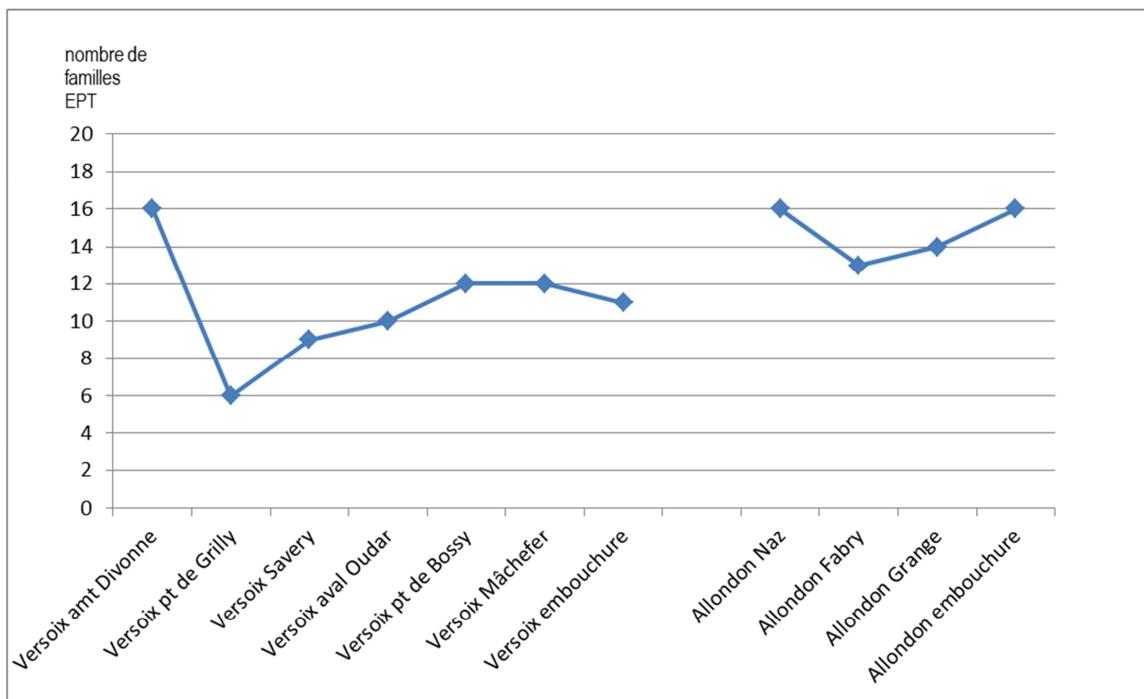


FIGURE 14 NOMBRE DE FAMILLES EPHEMERES, TRICHOPTERES ET PLECOPTERES (EPT) DANS LA VERSOIX (2015) ET DANS L'ALLONDON (2011)

Excepté pour la station amont Divonne, le nombre d'EPT est plus faible dans la Versoix que dans l'Allondon où il varie entre 16 à 13. Dans la Versoix, il chute de 16 à 6 familles au pont de Grilly, puis regagne quelques familles plus à l'aval. Le nombre de Plécoptères est plus élevé dans l'Allondon (de 3 à 4 familles) alors qu'il varie de 0 à 4 (amont Divonne) dans la Versoix. Le nombre de famille de Trichoptères et d'Ephémères reste globalement le même dans les deux cours d'eau.

Finalement, même si les indices IBCH sont excellents dans toutes les stations, une analyse plus fine de la communauté benthique montre qu'elle n'est pas toujours robuste et bien en deçà du potentiel de la rivière.

## b) Les affluents

TABLEAU 23 RESULTATS DE L'IBCH ET DIVERSITE FAUNISTIQUE DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX. ETAT 2015

Cours d'eau /Stations	IBCH MARS	IBCH JUIN	IBCH SEPTEMBRE	MOYENNE ANNUELLE	DIVERSITE FAUNISTIQUE
<b>MUNET</b>					
embouchure (F-01)	14	13	11	12	35
<b>OUDAR</b>					
aval STEP (F-01)	10	13	13	12	32
<b>PISSEVACHE</b>					
route de la Vieille Bâtie	15	A sec	7	11	29
<b>CREUSON</b>					
Amont route de Sauverny	13	10	7	10	37
embouchure	16	7	9	10	32
<b>CREVE-COEUR</b>					
embouchure	9	6	8	7	23

En moyenne annuelle, seuls le Munet et l'Oudar atteignent les objectifs écologiques de l'OEaux. Cependant, les IBCH de la campagne de juin sont peu robustes et indiquent probablement l'impact de l'étiage (Munet-Oudar) et de la STEP de l'Oudar sur la petite faune aquatique.

Malgré un excellent IBCH au mois de mars, le ruisseau de Fontaine-de-Pissevache se dégrade lors de la campagne de septembre : plus aucun insecte aquatique n'y est recensé. Dès le mois de juin, les herbicides liés aux grandes cultures (glyphosates, linuron et terbutylazine) sont retrouvés en grande quantité dans le ruisseau. Couplés à l'étiage estival, ils pourraient expliquer la disparition complète des espèces sensibles EPT.

Concernant le Creuson, la qualité biologique se dégrade fortement entre mars et septembre. La qualité de l'eau pourrait en être l'origine (concentrations en Cu et en pesticides qui augmentent dès le mois de mai, concentrations en COD élevées en été). Le DEET (répulsif) est mesuré toute l'année ainsi que quelques résidus pharmaceutiques (installation autonome d'épuration de l'Observatoire).

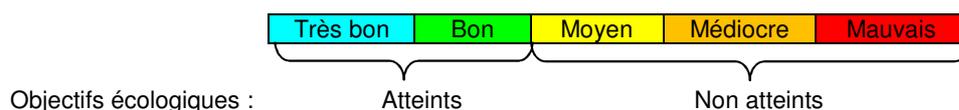
Dans le Crève-Cœur, les indices biologiques varient de moyen à médiocre. Avec 23 taxons, c'est la plus faible diversité macrofaunistique du bassin versant de la Versoix. La qualité de l'eau se dégrade avec les traitements agricoles et l'étiage estival (pas d'assec). Il s'agit principalement d'herbicides utilisés dans les gazons et les céréales. L'arrivée d'eaux usées a aussi été mise en évidence par la présence de résidus pharmaceutiques.

Finalement, les affluents de la Versoix ne sont pas tous en bon état biologique. Ils sont impactés par :

- l'assainissement : Crève-Cœur – Oudar - Creuson
- l'agriculture : Fontaine –de- Pissevache – Creuson – Crève-Cœur.

### c) Les défluent

**TABLEAU 24 RESULTATS DE L'IBCH ET DIVERSITE FAUNISTIQUE DANS LES DEFLUENTS DE LA VERSOIX. ETAT 2015**



Cours d'eau /Stations	IBCH MARS	IBCH JUIN	IBCH SEPTEMBRE	MOYENNE ANNUELLE IBCH	DIVERSITE FAUNISTIQUE
<b>BRAILLE</b>					
amont route de Suisse	13	16	14	14	43
<b>BRASSU</b>					
amont route de Suisse	13	11	13	12	39
<b>PRY</b>					
amont route de Suisse	12	14	8	11	30

La qualité biologique est excellente dans le nant de Braille. La qualité biologique varie de bonne à médiocre dans le nant de Pry et le Brassu. Les causes des dégradations biologiques n'ont pas pu être mises en évidence par nos analyses. Il ne s'agit pas forcément d'un impact anthropique (étiage sévère de l'été 2015,...).

#### 4.6.3. Etat des populations Ephémères-Plécoptères-Trichoptères (EPT)

Depuis 2011, le PROTEAUX mandate le bureau Aquabug (Pascal Stücki) pour valoriser à l'espèce le matériel EPT issu des prélèvements IBCH. En 2016, il a été aidé dans cette tâche par Laurent Decrouy, collaborateur scientifique pour 6 mois au SECOE. Au total, 6040 spécimens d'EPT, appartenant à 37 genres, ont été identifiés à différents niveaux de détermination en fonction de l'état de développement des larves.

Son rapport est disponible au secteur de la protection des eaux, seules les conclusions sont reprises ci-dessous (Laurent Decrouy, 2016).

Bien que la Versoix, ses affluents et défluent possèdent un nombre important de macroinvertébrés, ils n'abritent que peu d'espèces d'EPT rares.

Parmi la trentaine d'espèces de Trichoptères, seulement deux sont sur la Liste rouge des espèces menacées de Suisse (Lubini *et al.* 2012). Il s'agit de *Synagapetus dubitans* et *Lype reducta*. La première espèce est présente le long de la Versoix, de la source à l'embouchure, alors que la deuxième est distribuée sur la partie aval de la Versoix ainsi que dans ses défluent et dans l'Oudar. *Drusus mixtus* (*Limnephilidae*) est une espèce prioritaire au niveau national, elle est uniquement trouvée à la station amont Divonne.



PHOTO 1 : *LYPE REDUCTA* (*PSYCHOMYIIDAE*), ESPECE SUR LA LISTE ROUGE SUISSE, PRESENTE DANS LA VERSOIX, LES DEFLUENTS ET L'OUJAR.

La très bonne qualité et la fraîcheur tout au long de l'année de l'eau de la Versoix sont confirmées par la présence de la source à l'embouchure de *Synagapetus dubitans*, qui est une espèce crénophile (des sources et torrents), xénosaprobe (qui vit dans des cours d'eau à faible concentration en COD et très bien oxygénés) et sténotherme froide (ne tolérant que de faible amplitude de température).



PHOTO 2 : *SYNAGAPETUS DUBITANS* (*GLOSSOSOMATIDAE*), ESPECE TYPIQUE DES SOURCES ET TORRENTS FRAIS ET BIEN OXYGENES, ECHANTILLONNE SUR TOUT LE COURS DE LA VERSOIX.

L'excellente qualité de la station amont Divonne est soutenue par l'occurrence de plusieurs espèces de Plécoptères du crénon et de l'épirhitron (zone à truite : oxygénée, courant rapide,...) telles *Leuctra hippopus*, *Isoperla rivulorum*, *Nemoura marginata* et *Protonemura nitida*.

Dès le pont de Grilly, les stations abritent des espèces communes en Suisse et ne possèdent aucun ou un très faible nombre de Plécoptères. Notons que l'on trouve dans deux stations ainsi qu'à l'embouchure l'espèce *Lype reducta* qui est inféodée aux substrats constitués d'éléments organiques de grande taille (débris de bois morts, racines, troncs). Elle pourrait servir d'indicateur de la bonne dynamique entre le cours d'eau et les apports terrestres.

Parmi les affluents et les défluent de la Versoix, seul le Creuson abrite en amont de la route de Sauvigny une population qui est particulière. On y trouve une étonnante diversité d'espèces d'EPT compte tenu de sa qualité écologique globale qui est moyenne. Ce petit cours d'eau, remis à l'air libre, est bordé de zones marécageuses. Celles-ci permettent le développement d'espèces tant limnophiles (qui vit dans des courants lents, stagnants) que crénophiles (qui vit dans les sources) alors que le chenal principal abrite des formes plus rhéophiles (qui vit dans des courants rapides). Cette diversité d'habitats explique ainsi la haute diversité spécifique trouvée à cette station et montre bien l'intérêt de développer des milieux annexes au cours d'eau.

Une analyse historique réalisée grâce aux données du Centre Suisse de la Cartographie de la Faune permet d'évaluer l'ampleur et le type des dégradations que la Versoix a subi.

Les données anciennes sont plus nombreuses pour la région de Versoix Bourg. La présence au début du XX<sup>ème</sup> siècle d'espèces très sensibles à la qualité de l'eau et actuellement en voie de disparition suggère que la qualité de l'eau était encore très bonne à cette époque. La disparition de ces espèces ainsi que d'autres espèces plus sensibles aux dégradations des milieux, de la perte des habitats et aux changements de régime hydrologique révèle l'ampleur des dégradations qui ont affecté cette zone. Sur 44 espèces d'EPT présentes avant 1960, seules environ 14 ont survécu. La proportion d'espèce de Plécoptères perdue en un siècle se monte même à plus de 90 %.

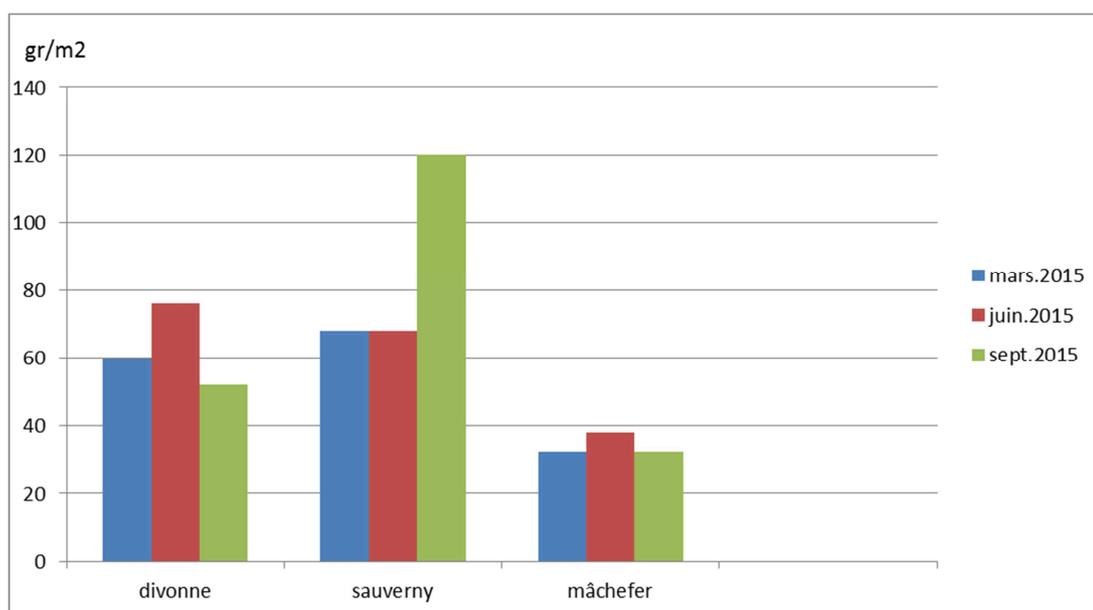
La qualité de l'eau de la Versoix est aujourd'hui excellente et ses rives ont retrouvé, après plusieurs chantiers de revitalisation, un caractère plus naturel. Etant donné que les conditions sont à nouveau propices, le retour des espèces sensibles d'EPT, particulièrement des Plécoptères, est attendu. Néanmoins, celui-ci n'a toujours pas eu lieu. L'analyse de la répartition des populations montre que, bien que la station amont Divonne abrite une population stable et diversifiée, la présence des marais ralentirait la recolonisation de la Versoix par l'amont. Les affluents, bien qu'ils présentent généralement des qualités moins bonnes, possèdent des populations de plécoptères susceptibles de recoloniser à terme l'ensemble de la Versoix, pour autant qu'elles puissent se stabiliser. Il s'agit de l'Oudar qui abrite des populations relativement abondantes de *Leuctridae* et de *Nemouridae* et de la Fontaine-de-Pissevache où quatre espèces de plécoptères ont été trouvées au cours des dernières campagnes. Le Creuson est aussi intéressant de ce point de vue puisqu'il abrite des espèces de trichoptères absents de la Versoix et des autres cours d'eau.

## 4.6.4. La biomasse (macrofaune benthique)

La biomasse de la macrofaune benthique a été estimée à partir des 8 prélèvements servant à calculer l'IBCH. Un poids pré-établi est attribué à tous les individus récoltés en fonction de leur taille (maille du tamis). La méthode utilisée est celle appliquée par le canton de Vaud dans le cadre de leur monitoring des eaux de surface depuis 2011 (Chevalley, P.A., 2015). Ainsi, nos résultats peuvent être comparés à ceux des rivières vaudoises dont les sources se situent au pied du Jura.

Le tableau ci-dessous présente les résultats en  $\text{gr/m}^2$  de la biomasse aux stations amont Divonne, Sauverny et Mâchefer, pour mars, juin et septembre 2015.

TABLEAU 25 BIOMASSE (POIDS HUMIDE) DU MACROZOOBENTHOS DANS LES STATIONS DE LA VERSOIX EN 2015



Dans les trois stations échantillonnées, la biomasse est comparable voire supérieure à celle trouvée dans des cours d'eau vaudois (l'Aubonne, le Boiron, la Venoge) dont les populations de truites sont robustes et équilibrées et dont la reproduction est naturelle (com. pers. P.A.Chevalley, laboratoire d'hydrobiologie, canton de Vaud).

Une biomasse  $> 15 \text{ gr/m}^2$  est considérée comme non limitante pour le développement piscicole (marge d'erreur  $5\text{-}6 \text{ gr/m}^2$ ). Pour comparaison, en amont de Vallorbe, meilleur secteur de Suisse romande pour l'état des populations de truites, on a environ  $16 \text{ à } 30 \text{ gr/m}^2$  de macrozoobenthos.

La biomasse ne montre pas de tendance saisonnière. Le crustacé *Gammaridae* représente la grande majorité de la biomasse (prolifération).

La biomasse est nettement plus faible à la station Mâchefer. Cela est dû principalement à un nombre plus faible de *Gammaridae* dans cette station, pour lequel nous n'avons pas d'explication. La biomasse devrait néanmoins y être suffisante pour le développement des poissons.

D'une manière générale, on observe des biomasses souvent plus élevées dans les secteurs amont, moins soumis à des différences de régime hydrologique et aux pollutions. Les bryophytes sont le substrat qui contient en général la plus forte biomasse. Dans la Versoix, les bryophytes sont abondantes à la station Sauverny (3 échantillonnages dans les bryophytes) et moins denses, voire absentes à amont Divonne et Mâchefer. Cela pourrait expliquer les différences entre les biomasses de ces 3 stations.

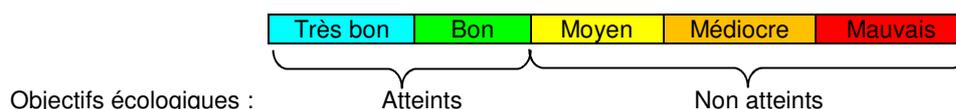
4.6.5. Module Poisson

En 2015, le bureau en environnement appliqué GREN sàrl a été mandaté par le SECOE pour appliquer le module Poisson du SMG dans la Versoix. Le module est décrit à l'annexe 4.3.3. Un rapport complet du suivi piscicole de la Versoix est disponible au PROTEAUX (GREN, 2016).

Les densités de truites sont calculées sur la base du nombre de truites capturées lors du premier passage et de la surface pêchée.

Les résultats de l'évaluation de l'état écologique de la Versoix en 2015 à l'aide des poissons sont présentés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 26 ETAT ECOLOGIQUE DE LA VERSOIX A L'AIDE DES POISSONS. ETAT 2015



Station	Embouchure	Pont Conti	Lit-mère Richelien	Pont Bossy	Sauverny	Pont de Grilly	Pont Douane Divonne
Paramètre évaluation	km 0.29	km 2.16	km 3.09	km 5.7	km 9.48	-	-
<b>Paramètre 1</b>							
a) Composition de l'ictyofaune	0	0	0	0	0	0	0
b) Dominance des espèces	0	0	0	0	0	0	0
<b>somme</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Paramètre 2</b>							
a) Structure de la population de truite fario	3	3	3	3	1	2	3
b) Autres espèces indicatrices	0	0	0	0	2	2	0
<b>moyenne</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Paramètre 3</b>							
a) Densité de population de truites fario	4	4	4	4	2	2	4
b) Densité de population des autres espèces indicatrices	2	2	3	3	3	4	4
<b>note globale</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Paramètre 4</b>							
Déformations / Anomalies	0	0	0	0	0	0	0
	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Pont Conti = Mâchefer

Les objectifs écologiques sont atteints sur toutes les stations de la Versoix genevoises (bon état). Les deux stations situées en amont ont un état écologique qui est moyen.

La composition de l'ichtyofaune sur les stations de la Versoix correspond à la zone piscicole considérée (zone à truites ou zone à ombres). La truite fario (*Salmo trutta fario*) et le chabot (*Cottus gobio*) sont les deux espèces indicatrices dominantes et l'on trouve également l'ombre (*Thymallus thymallus*) et la truite lacustre (*Salmo trutta lacustris*). Les espèces atypiques ou exotiques sont très rares dans la Versoix, mais quelques poissons chat et une perche soleil ont été pêchés en 2015 au niveau du pont Conti.

Les espèces indicatrices/typiques dominent largement dans le peuplement et la présence occasionnelle d'espèces tolérantes comme le chevaine, le vairon, la loche franche, la perche ou l'épinoche est liée à la connexion avec le lac Léman ou à des individus isolés qui dévalent, entre autres, soit du Creuson soit du lac de Divonne.

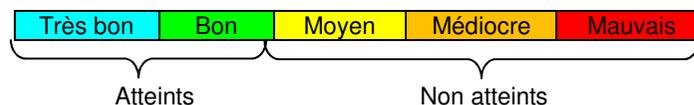
La structure de la population de truites fario, sur la base de la densité de truitelles de l'année (0+) et du rapport 0+/>0+, est évaluée comme faible, sauf à Sauverny où elle est bonne et au pont de Grilly où elle est moyenne. La présence de juvéniles d'ombres et de chabots de différentes classes d'âge correspondent à la notation « 0 » pour les autres espèces indicatrices, sauf à Sauverny et au pont de Grilly (pas d'ombrettes de l'année).

La densité de population de truites fario est inférieure à 1'000 individus par hectare sur 5 des 7 stations échantillonnées, ce qui est faible. Elle est plus élevée à Sauverny (2'200 ind./ha) et au pont de Grilly (1'700 ind./ha) ce qui correspond à la catégorie de notation « moyenne ». La densité des autres espèces indicatrices (chabot, ombre) est moyenne à faible suivant les stations. Cette faible densité piscicole peut s'expliquer par plusieurs facteurs décrits au chapitre 5.2.3.

Finalement, aucune déformations et/ou anomalies n'ont été relevées sur les poissons de la Versoix ce qui ne met pas en évidence des problèmes de qualité des eaux ou de repeuplement. A noter qu'il n'y a plus de repeuplement sur la Versoix genevoise depuis près de 10 ans et que seuls 2'000 alevins de truites fario ont été mis à l'eau en 2015 sur le canton de Vaud de part et d'autre du pont de la douane de Divonne.

## 4.7. Synthèse des résultats 2015

TABLEAU 27 SYNTHÈSE DE LA QUALITÉ DE LA VERSOIX, EN 2015

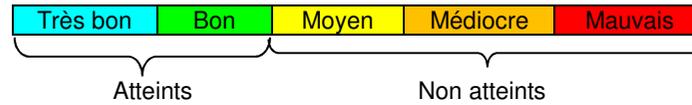


Objectifs écologiques :

Cours d'eau/Stations	Majeurs	Métaux	Pesticides	Pharma.	Soins Perso	Benzo-triazoles	Activité oestrogénique	E. coli	DI-CH	IBCH	Poisson
<b>VERSOIX</b>											
source (F-01)	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	-
pont de Grilly (CH/F)	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Bon	Moyen	Très bon	Bon	Moyen
Sauverny (CH/F)	Très bon	Très bon	-	-	-	-	Très bon	Moyen	Très bon	Très bon	Bon
aval Oudar (CH/F)	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Très bon	Bon	-
pont de Bossy	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Bon	Très bon	-
Mâchefer	Très bon	Très bon	-	-	-	-	Très bon	Moyen	Bon	Très bon	Bon
embouchure	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Très bon	Très bon	Bon

- Excepté à l'embouchure de la Versoix où un impact faible et chronique des eaux usées domestiques a été mis en évidence (résidus médicamenteux et bactéries fécales), le cours de la rivière est d'excellente qualité physico-chimique.
- L'effluent de La STEP de Divonne-Les-Bains ne dégrade que très faiblement l'eau de la Versoix et tous les paramètres analysés respectent l'ordonnance sur la protection des eaux. L'activité oestrogénique (disrupteurs endocriniens) mesurée à l'aval y est peu significative et sans conséquence sur les organismes.
- Les indicateurs biologiques (diatomées DI-CH et macrozoobenthos IBCH) indiquent une excellente qualité globale de l'eau et du milieu. Cependant, les IBCH ne sont pas toujours robustes et le nombre de famille EPT est bien en deçà du potentiel de la rivière. La biomasse, composée essentiellement de gammarès, est suffisante pour le développement piscicole.
- Excepté au pont de Grilly où il y a peu d'espèces indicatrices en dehors de la truite, les objectifs écologiques pour les poissons sont atteints dans toutes les stations.

TABLEAU 28 SYNTHÈSE DE LA QUALITÉ DES AFFLUENTS DE LA VERSOIX, EN 2015



Objectifs écologiques:

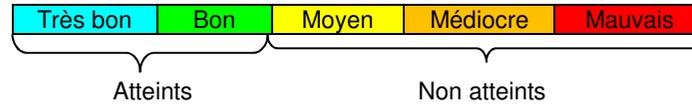
Cours d'eau/Stations	Majeurs	Métaux	Pesticides	Pharma.	Soins Perso	Benzo-triazoles	<i>E. coli</i>	DI-CH	IBCH
<b>MUNET</b>									
embouchure (F-01)	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Bon	Bon
<b>LOUDAR</b>									
aval STEP (F-01)	Très bon	Très bon	Bon	Mauvais	Très bon	Bon	Moyen	Bon	Bon
<b>PISSEVACHE</b>									
route de la Vieille Bâtie	Moyen	Très bon	Mauvais	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Bon	Moyen
<b>CREUSON</b>									
Amont route de Sauvigny	Moyen	Bon	-	-	-	-	Moyen	Moyen	Moyen
embouchure	Moyen	Bon	Moyen	Bon	Moyen	Très bon	Moyen	Bon	Moyen
<b>CREVE-COEUR</b>									
embouchure	Moyen	Bon	Moyen	Mauvais	Très bon	Bon	Moyen	Moyen	Moyen

Dans les affluents de la Versoix, mise à part le Munet et l'Oudar, la qualité biologique n'atteint pas toujours les objectifs écologiques de l'OEaux. Les affluents souffrent de pollutions qui empêchent les espèces sensibles de se stabiliser :

- Une pollution agricole dans le Creuson, le Crève Cœur et surtout dans la Fontaine de Pissevache (Cu, herbicides, fongicides, P-PO4) ;
- Une pollution aux eaux usées dans le Crève-Cœur, plus importante en temps de pluie.

Notons que la STEP de l'Oudar dégrade la qualité de l'eau (résidus pharmaceutiques, *E.coli*) mais n'a pas d'impact sur la qualité biologique qui reste bonne sur l'ensemble de l'année (DI-CH et IBCH).

TABLEAU 29 SYNTHÈSE DE LA QUALITÉ DES DÉFLUENTS DE LA VERSOIX, EN 2015



Objectifs écologiques :

Cours d'eau/Stations	Majeurs	Métaux	Pesticides	Pharma.	Soins Perso	Benzo-triazoles	E. coli	DI-CH	IBCH	Poisson
<b>BRAILLE</b>										
aval bassin de rétention	Bon	Très bon	-	-	-	-	Bon	Médiocre	-	
amont route de Suisse	Bon	Très bon	Bon	Bon	Très bon	Très bon	Moyen	Moyen	Très bon	
<b>BRASSU</b>										
amont route de Suisse	Très bon	Très bon	-	-	-	-	Moyen	Bon	Bon	
<b>PRY</b>										
amont route de Suisse	Bon	Très bon	-	-	-	-	Moyen	Bon	Moyen	

La qualité physico-chimique des défluent est bonne voire très bonne. Elle est corroborée par la majorité des prélèvements biologiques (DI-CH et IBCH).

La médiocre qualité diagnostiquée par les diatomées en aval du bassin de rétention du nant de Braille s'expliquerait par les assecs fréquents et non par une mauvaise qualité de l'eau.

## 5. ÉVOLUTION

### 5.1. Evolution physico-chimique et bactériologique

#### 5.1.1 Module Analyses physico-chimiques – nutriments et métaux

L'évolution de la qualité de la Versoix, ses affluents et défluent selon les critères physico-chimiques est présentée dans le tableau 30.

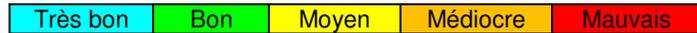
TABLEAU 30 EVOLUTION DES PARAMETRES DE QUALITE PHYSICO-CIMIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA VERSOIX.

CODE DATES :



ROND BLANC = PAS DE DONNEES

CODE QUALITE :



a) La Versoix

COURS D'EAU/Station	COD	N-NH4	N-NO2	N-NO3	Ortho-P	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
<b>VERSOIX</b>											
pont de Grilly (CH/F)	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●
Sauverny (CH/F)	●●●	●●○	●●●	●●●	●●●	○●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
aval Oudar (CH/F)	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●
pont de Bossy	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	○●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Mâchefer	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●	○●●
embouchure	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	○●●	○●●	●●●	●●●	●●●	●●●

b) Les affluents

COURS D'EAU/Station	COD	N-NH4	N-NO2	N-NO3	Ortho-P	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
<b>MUNET</b>											
embouchure (F-01)											
<b>UDAR</b>											
aval STEP (F-01)											
<b>PISSEVACHE</b>											
route de la Vieille Bâtie											
<b>CREUSON</b>											
Amont route de Sauvigny											
embouchure											
<b>CREVE-COEUR</b>											
embouchure											

c) Les défluentes

CO URS D'EAU/Station	COD	N-NH4	N-NO2	N-NO3	Ortho-P	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
<b>BRILLE</b>											
amont route de Suisse											
<b>BRASSU</b>											
amont route de Suisse											
<b>PRY</b>											
amont route de Suisse											

Dans la Versoix, on n'observe pas de changement notable au cours des 12 années considérées, si ce n'est pour les nitrites et les orthophosphates (figure 15) et ce dès l'amont. Les améliorations à l'efficacité de la STEP de Divonne-Les-Bains inscrites dans le contrat de rivières Pays de Gex – Léman signé en 2004 ont porté leurs fruits.

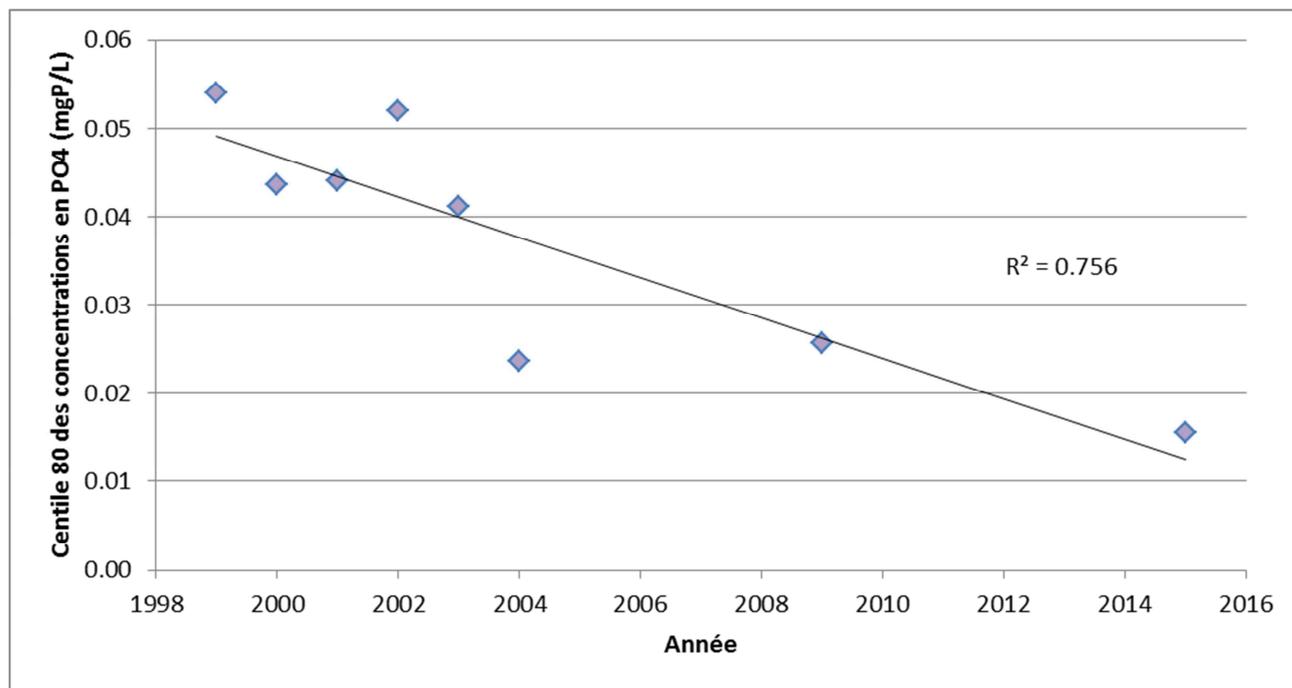


FIGURE 15 EVOLUTION DU CENTILE 80 DES CONCENTRATIONS EN ORTHOPHOSPHATES A LA STATION SAUVERNY

Dans les affluents, on tend à une amélioration légère hormis les concentrations en COD dans le ruisseau de Fontaine-de-Pissevache et le Creuson (figure 16, exemple du Creuson). Cette tendance reste à confirmer et son origine à déterminer (anthropique ou naturelle).

Dans les défluent, la situation est stable et tend même à s'améliorer dans le Brassu.

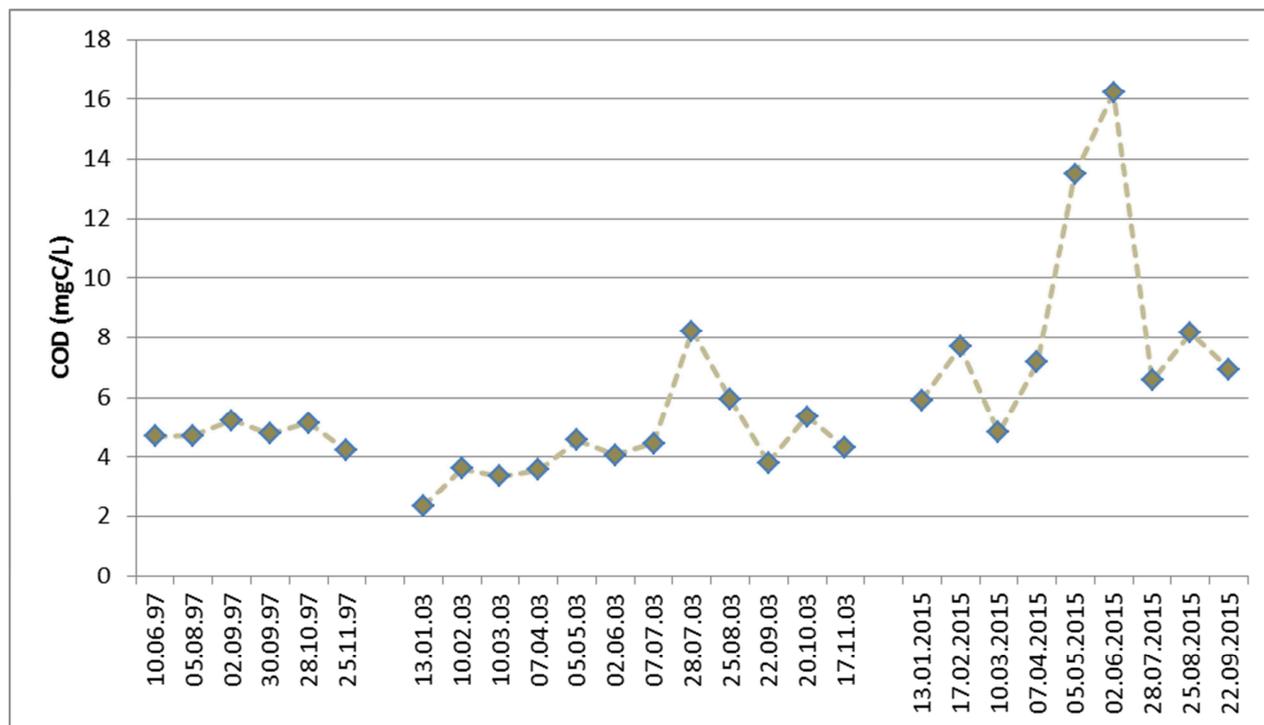
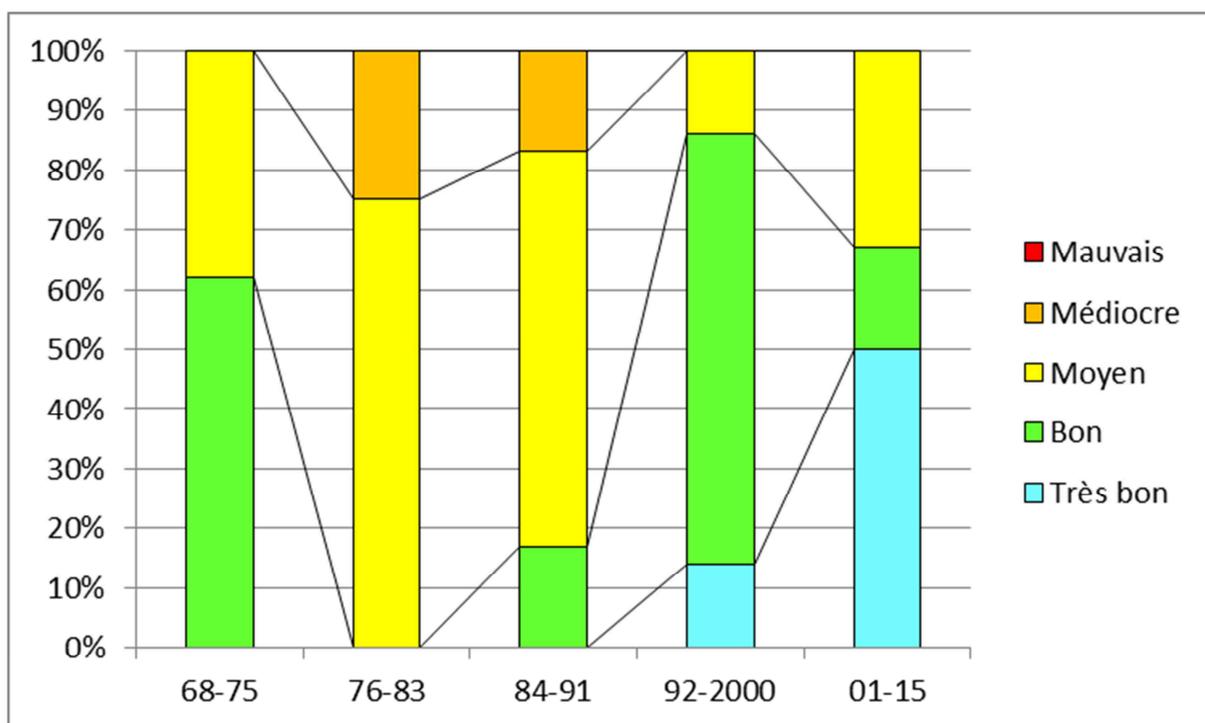


FIGURE 16 EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN CARBONE ORGANIQUE DISSOUS DANS LE CREUSON A L'EMBOUCHURE ENTRE 1997 ET 2015

A une échelle beaucoup plus longue (environ 50 ans), nous présentons, figure 17 a) et b), l'évolution de la qualité physico chimique des eaux de la Versoix sur 2 stations : Sauvigny et embouchure. Il apparaît clairement qu'après une période de dégradation jusqu'aux années nonante, on note une nette amélioration.

a)



b)

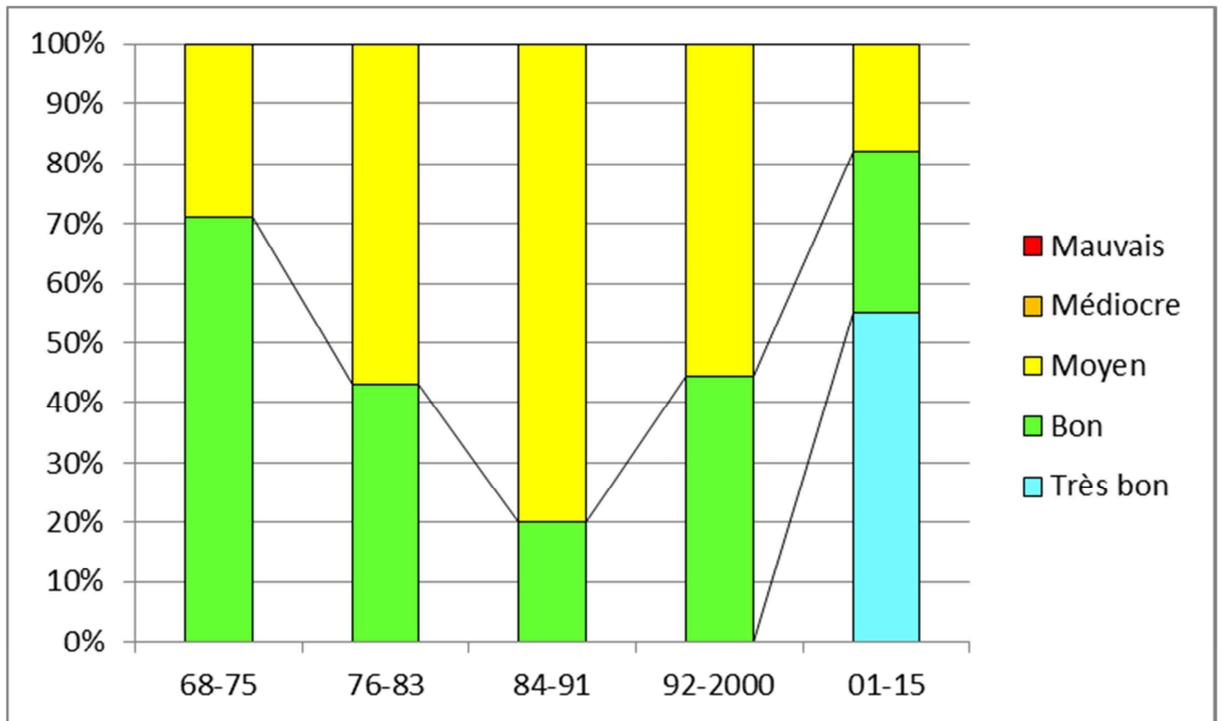


FIGURE 17 EVOLUTION TEMPORELLE DE LA REPARTITION DES CLASSES DE QUALITE SUR 2 STATIONS DE LA VERSOIX : SAUVERNY (A) ET L'EMBOUCHRE (B) DURANT DIFFERENTES PERIODES.

5.1.2 Pesticides

TABLEAU 31 EVOLUTION DES INDICES DE QUALITE PESTICIDE DANS LA VERSOIX, SES AFFLUENTS ET DEFLUENTS

CODE DATES :  ROND BLANC = PAS DE DONNEES

CODE QUALITE :

Très bon Bon Moyen Médiocre Mauvais

COURS D'EAU/Station	Pesticides
<b>VERSOIX</b>	
Source (F-01)	
Pont de Grilly	
Aval Oudar	
Pont de Bossy	
Embouchure	
<b>MUNET</b>	
Embouchure (F-01)	
<b>OUDAR</b>	
aval STEP Oudar (F-01)	
<b>PISSEVACHE</b>	
route de la vielle bâtie	
<b>CREUSON</b>	
embouchure	
<b>CREVE-COEUR</b>	
embouchure	
<b>BRILLE</b>	
Amont route de suisse	

L'évolution des indices pesticides montre une amélioration dans le Creuson et le Crève-Cœur qui ne suffit malheureusement pas à atteindre le bon état, ces deux affluents étant diagnostiqués comme médiocre en 2015.

### 5.1.3 Etat sanitaire

TABLEAUX 32 EVOLUTION DE L'ETAT SANITAIRE DANS LA VERSOIX, SES AFFLUENTS ET DEFLUENTS



CODE QUALITE :



#### a) La Versoix

Cours d'eau /Stations	Etat sanitaire
<b>VERSOIX</b>	
source (F-01)	
pont de Grilly (CH/F)	
Sauverny (CH/F)	
aval Oudar (CH/F)	
pont de Bossy	
Mâchefer	
embouchure	

De 2003 à 2015, sur le cours de la Versoix, on observe une légère amélioration de l'état sanitaire pour les trois stations contrôlées en 2003. Autrement, mis à part la source, de 2009 à 2015 l'état sanitaire reste stable et se maintient dans des valeurs moyennes.

#### b) Les affluents

Cours d'eau /Stations	Etat sanitaire
<b>MUNET</b>	
Embouchure (F-01)	
<b>UDAR</b>	
aval STEP Oudar (F-01)	
<b>PISSEVACHE</b>	
route de la vieille bâtie	
<b>CREUSON</b>	
amont route de Sauverny	
embouchure	
<b>CREVE-COEUR</b>	
embouchure	

De 2003 à 2015, les affluents de la Versoix sont globalement de qualité sanitaire moyenne. Le mauvais état sanitaire enregistré à la station aval STEP Oudar en 2003, corrobore les valeurs de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et est attribuable à deux pics d'*E.coli* enregistrés en mars (280 UFC/mL) et en juin (440 UFC/mL). Autrement, pour le reste de l'année, les valeurs d'*E.coli* sont dans l'ensemble assez basses.

### c) Les défluent

Cours d'eau /Stations	Etat sanitaire
<b>BRAILLE</b>	
aval bassin de retention	
amont route de Suisse	
<b>BRASSU</b>	
amont route de Suisse	
<b>PRY</b>	
amont route de Suisse	

Sur le Nant de Braille et le Pry, aux stations amont route de Suisse, l'état sanitaire reste moyen de 2003 à 2015. Sur le Brassu, l'état est également moyen en 2015, mais résulte d'une légère amélioration par rapport aux années antérieures.

## 5.2. Evolution biologique

Les tableaux 33,34 et 35 ci-après montrent l'évolution des moyennes annuelles du DI-CH de 2003 à 2015 dans la Versoix, ses affluents et défluent.

### 5.2.1 Module Diatomées

#### d) La Versoix

TABLEAU 33 EVOLUTION DES MOYENNES ANNUELLES DU DI-CH DANS LA VERSOIX

CODE DATES :  ROND BLANC : SEULEMENT UNE CAMPAGNE HIVERNALE

CODE QUALITE :



COURS D'EAU/Station	DI-CH
<b>VERSOIX</b>	
amont Divonne	
pont de Grilly	
Sauverny	
aval Oudar	
pont de Bossy	
Mâchefer	
embouchure	

La qualité de l'eau telle qu'indiquée par les diatomées est restée très bonne ou bonne et s'est même améliorée dans la majorité des stations depuis 2003. Le DI-CH diagnostique un bon, voire un très bon état biologique. La qualité de l'eau de la Versoix n'est donc pas limitante pour le développement et le maintien des espèces sensibles de diatomées.

e) Les affluents

TABLEAU 34 EVOLUTION DES MOYENNES ANNUELLES DU DI-CH DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX

CODE DATES :  ROND BLANC : SEULEMENT UNE CAMPAGNE HIVERNALE

CODE QUALITE :



COURS D'EAU/Station	DI-CH
<b>MUNET</b>	
embouchure (F-01)	
<b>UDAR</b>	
aval STEP (F-01)	
<b>PISSEVACHE</b>	
route de la Vieille Bâtie	
<b>CREUSON</b>	
amont route de Sauvigny	
embouchure	
<b>CREVE-COEUR</b>	
embouchure	

Le DI-CH s'améliore à l'embouchure du Creuson, mais se péjore dans celle du Crève-Cœur. Cet affluent est fortement impacté par les herbicides et l'assainissement en 2015.

Pour les autres affluents, la qualité de l'eau est diagnostiquée comme bonne ou moyenne et est stable depuis six ans au minimum.

f) Les défluent

TABLEAU 35 EVOLUTION DES MOYENNES ANNUELLES DU DI-CH DANS LES DEFLUENTS DE LA VERSOIX

CODE DATES :  ROND BLANC : SEULEMENT UNE CAMPAGNE HIVERNALE

CODE QUALITE :



COURS D'EAU/Station	DI-CH
<b>BRILLE</b>	
amont route de Suisse	
<b>BRASSU</b>	
amont route de Suisse	
<b>PRY</b>	
amont route de Suisse	

Dans le nant de Brille, les diatomées sensibles sont moins nombreuses qu'en 2003 et le DI-CH s'est péjoré depuis douze ans. La qualité physico-chimique qui est globalement bonne et ne s'est pas péjorée ne peut expliquer cette dégradation biologique.

Pour le Brassu et le nant de Pry, le DI-CH diagnostique une bonne qualité de l'eau depuis 12 ans.

5.2.2 Module Macrozoobenthos

Les tableaux 36,37 et 38 ci-après présentent les moyennes annuelles de l'IBCH dans la Versoix, ses affluents et défluent de 1997 à 2003.

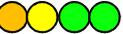
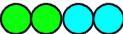
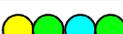
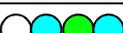
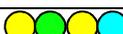
a) La Versoix

TABLEAU 36 EVOLUTION L'IBCH DANS LA VERSOIX

CODE DATES :  ROND BLANC : PAS DE DONNEES

CODE QUALITE :



COURS D'EAU/Station	IBCH
<b>VERSOIX</b>	
amont Divonne	
pont de Grilly	
Sauverny	
aval Oudar	
pont de Bossy	
Mâchefer	
embouchure	

Depuis 1997, dans l'ensemble du cours de la Versoix, la macrofaune benthique indique une amélioration des conditions environnementales : meilleure qualité de l'eau et amélioration de l'écomorphologie. En effet, les IBCH se sont améliorés dans toutes les stations, plus spécialement au pont de Grilly et de Bossy ainsi qu'à l'embouchure.

Les efforts pour améliorer les rendements des STEP(s) et l'assainissement dans son ensemble ainsi que les travaux de renaturation ont permis l'amélioration de l'indice.

La figure ci-après montre l'évolution de la diversité faunistique (macrozoobenthos) dans la Versoix depuis 1997.

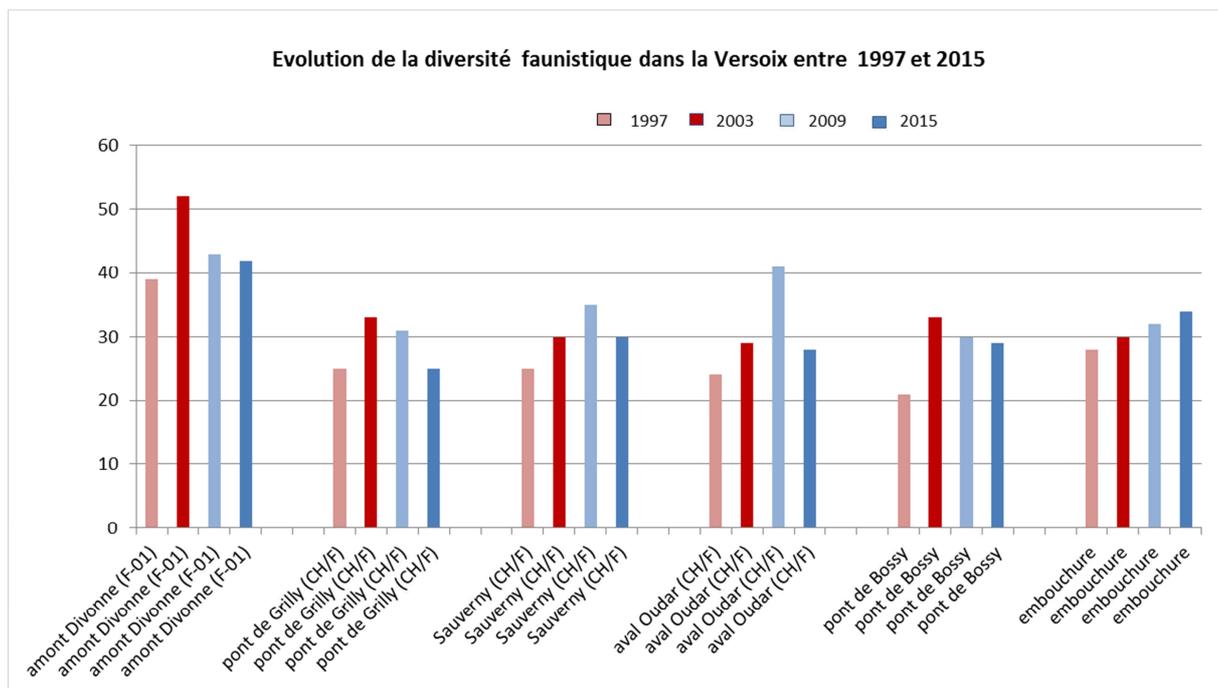


FIGURE 18 EVOLUTION DE LA DIVERSITE FAUNISTIQUE DANS LA VERSOIX DE 1997 A 2015

Depuis 1997, la diversité faunistique a augmenté dans toutes les stations de la Versoix et de manière continue à l'embouchure. Amont Divonne, station de référence, est celle qui enregistre la plus forte diversité depuis 18 ans.

b) Les affluents

TABLEAU 37 EVOLUTION DE L'IBCH DANS LES AFFLUENTS DE LA VERSOIX

CODE DATES :  ROND BLANC : PAS DE DONNEES

CODE QUALITE :



COURS D'EAU/Station	IBCH
<b>MUNET</b>	
embouchure (F-01)	
<b>LOUDAR</b>	
aval STEP (F-01)	
<b>PISSEVACHE</b>	
route de la Vieille Bâtie	
<b>CREUSON</b>	
Amont route de Sauverny	
embouchure	
<b>CREVE-COEUR</b>	
embouchure	

La qualité biologique s'est améliorée dans le Munet et l'Oudar. Elle s'est péjorée dans le ruisseau de la Fontaine-de-Pissevache, fortement impactée par les pesticides en 2015. Elle reste moyenne dans le Creuson malgré l'amélioration de l'assainissement et demeure médiocre dans le Crève-Cœur dont la qualité de l'eau est limitante pour le développement des espèces sensibles.

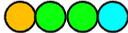
c) Les défluent

TABLEAU 38 EVOLUTION DE L'IBCH DANS LES DEFLUENTS DE LA VERSOIX

CODE DATES :  ROND BLANC : PAS DE DONNEES

CODE QUALITE :



COURS D'EAU/Station	IBCH
<b>BRILLE</b>	
amont route de Suisse	
<b>BRASSU</b>	
amont route de Suisse	
<b>PRY</b>	
amont route de Suisse	

Excepté pour le nant de Pry, les IBCH se sont améliorés ces douze dernières années dans les défluent de la Versoix et atteignent depuis plusieurs années déjà les objectifs écologiques de l'OEaux.

### 5.2.3 Module Poisson

Le peuplement piscicole de la Versoix est suivi régulièrement depuis 2000, mais le module poisson niveau R, qui existe depuis 2004, n'a été appliqué aux résultats des pêches électriques de contrôle qu'en 2009.

TABLEAU 39 DENSITES DE TRUITES RELEVÉES EN 2000, 2003, 2009 ET 2015 SUR LA VERSOIX

Les couleurs correspondent aux classes de densités suivantes:

Densité (ind/ha)	Faible	Moyenne	Forte
Juveniles	< 1000	1000 – 1500	> 1500
Totale	< 1000	1000- 2500	> 2500

Date	Station	Long. (m)	Larg. (m)	Surf. (ha)	Densité juvéniles (ind/ha)	Densité sub + adultes (ind/ha)	Rapport 0+ / >0+	Densité totale (ind/ha)	repeuplement en juvéniles avant sondage
15. 08.00	Versoix	130	11.0	0.143	1035	419	2.47	1454	
15. 08.00	Pont Conti	125	14.1	0.176	324	318	1.02	642	
15. 08.00	Pont Bossy	146	11.7	0.171	240	585	0.41	825	
15. 08.00	Sauverny	153	9.3	0.142	951	591	1.61	1542	VD + F
15. 08.00	Total	554	11.4	0.632	603	475	1.27	1078	
4. 09.03	Versoix	130	11.0	0.143	412	336	1.23	748	GE
4. 09.03	Pont Conti	125	14.1	0.176	1290	341	3.78	1631	GE
4. 09.03	Pont Bossy	146	11.7	0.171	1152	450	2.56	1602	GE
4. 09.03	Sauverny	153	9.3	0.142	1042	775	1.34	1817	VD + F
4. 09.03	Total	554	11.4	0.632	998	467	2.13	1465	
30. 09.09	Versoix	155	11.0	0.171	1152	421	2.74	1573	
30. 09.09	Pont Conti	150	14.1	0.212	2519	622	4.05	3142	
30. 09.09	Pont Bossy	146	11.7	0.171	3088	427	7.23	3515	
29. 09.09	Sauverny	153	9.3	0.142	1169	535	2.19	1704	
30. 09.09	Total	604	11.5	0.696	2047	507	4.04	2554	
29. 09.15	Versoix	155	11.0	0.171	304	357	0.85	661	
29. 09.15	Pont Conti	170	14.1	0.240	566	317	1.79	883	
30. 09.15	Pont Bossy	150	11.7	0.176	636	296	2.15	932	
30. 09.15	Sauverny	145	9.3	0.135	1726	496	3.48	2222	VD (Divonne)
30. 09.09	Total	620	11.5	0.722	738	355	2.08	1093	

#### Population de truites

Cette population, qui était soutenue autrefois par des repeuplements, présente actuellement une dynamique de population naturelle. L'amélioration des conditions de migration pour la truite lacustre et la réglementation très restrictive en matière de pêche, qui vise à protéger les géniteurs sédentaires, ont permis d'augmenter sensiblement le recrutement naturel dès 2008 pour atteindre un maximum en 2010 (286 frayères recensées et absence de crues hivernales).

Ces dernières années, les densités de truitelles observées en pêche électrique en automne sont sensiblement inférieures (voir tableau x) et différents facteurs peuvent être responsables de cette baisse du recrutement naturel (surmortalité des géniteurs due à

*Saprolegnia parasitica*, diminution du nombre de frayères, impacts des crues sur les œufs ou sur les alevins, ...).

En automne 2015, la biomasse de truites est globalement faible, de l'ordre de 40 kg/ha (truites lacustres non prises en compte). Ces résultats sont globalement inférieurs de plus de 30 % à ceux obtenus en 2011 et 2012 et ils sont largement en dessous de ce que l'on pourrait attendre pour un cours d'eau calcaire du pied du Jura.

### Population d'ombres

Cette espèce étant plus mobile et plus difficile à capturer que la truite, les résultats des inventaires doivent être considérés avec prudence avant d'en tirer des conclusions sur la structure et l'évolution des effectifs de la population d'ombres de la Versoix.

Les ombres, qui ont bénéficié de la renaturation dans la partie aval de la Versoix et de la mise en place de la réserve active entre l'embouchure et la prise d'eau du canal des Usiniers, ont vu leurs effectifs augmenter sur ce secteur même si l'on constate d'une année à l'autre des fluctuations d'effectifs qui sont en grande partie liées à la mobilité de cette espèce.

La reproduction des ombres se déroule bien dans la zone alluviale des Gravines et l'amélioration des conditions de migration sur la partie aval de la Versoix a été bénéfique à cette espèce. Le succès du recrutement naturel fluctue néanmoins d'une année à l'autre en fonction de l'impact des crues printanières.

Les densités d'ombres sont globalement faibles sur le reste de la Versoix genevoise (entre Richelien et Sauverny), mais il est difficile de se prononcer de manière fiable sur l'évolution des effectifs d'ombres sur la base des résultats des pêches.

### 5.3 Synthèse de l'évolution 2003 – 2015

L'évolution des différents paramètres/indices dans le bassin versant de la Versoix est synthétisée dans les tableaux ci-après et brièvement commentée.

#### a) La Versoix

TABLEAU 40 EVOLUTION DES DIFFERENTS PARAMETRES/INDICES DANS LA VERSOIX DE 2003 A 2015

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

Cours d'eau /Stations	Chimie	Pesticides organiques	Bactériologie	Macroinvertébrés	Diatomées	Poissons (2009-2015)
<b>VERSOIX</b>						
source	-		-			-
pont de Grilly (CH/F)						-
Sauverny (CH/F)		-				
aval Oudar (CH/F)						-
pont de Bossy						
Mâchefer		-				
embouchure						

Depuis 12 ans, la qualité biologique s'est globalement améliorée dans la Versoix (diatomées et macrozoobenthos). Cette amélioration reflète celle de la qualité physico-chimique et bactériologique ainsi que l'amélioration de l'écomorphologie du bassin versant, dont environ 3.5 km du linéaire ont été renaturés depuis 1999.

Depuis 2009, la densité de truites a diminué dans la Versoix, même si le module poisson diagnostique une bonne qualité écologique.

b) Les affluents

TABLEAU 41 EVOLUTION DES DIFFERENTS PARAMETRES/INDICES DANS LES AFFLUENTS DE 2003 A 2015

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

Cours d'eau /Stations	Chimie	Pesticides organiques	Bactériologie	Macroinvertébrés	Diatomées
<b>MUNET</b>					
Embouchure (F-01)					
<b>UDAR</b>					
aval STEP Oudar (F-01)					
<b>PISSEVACHE</b>					
route de la vielle bâtie					
<b>CREUSON</b>					
amt route de Sauverny		-			
embouchure					
<b>CREVE-COEUR</b>					
embouchure					

L'évolution dans les affluents est plus variable que dans la Versoix.

La qualité biologique, physico-chimique et bactériologique s'est améliorée dans le Munet et l'Oudar. L'impact de la STEP de l'Oudar est donc plutôt faible sur la qualité de l'eau et les organismes aquatiques.

La dégradation la plus nette est constatée dans le ruisseau de la Fontaine-de-Pissevache où la qualité biologique passe de très bonne à moyenne. Les très fortes concentrations en pesticides mesurées en 2015 pourraient en être la raison, elles n'impactent par contre pas l'indice diatomique qui reste bon.

Dans le Creuson et le Crève-Cœur, la qualité de l'eau demeure moyenne à médiocre et ne s'est que peu améliorée dans son ensemble.

c) Les défluent

TABLEAU 42 EVOLUTION DES DIFFERENTS PARAMETRES/INDICES DANS LES DEFLUENTS DE 2003 A 2015

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

Cours d'eau /Stations	Chimie	Pesticides organiques	Bactériologie	Macroinvertébrés	Diatomées
<b>BRILLE</b>					
amont route de Suisse					
<b>BRASSU</b>					
amont route de Suisse		-			
<b>PRY</b>					
amont route de Suisse		-			

L'évolution de la qualité de l'eau et des indicateurs biologiques varie selon les indicateurs et ne montre pas d'importantes péjorations depuis 2003. On peut noter, par contre, une nette amélioration de la qualité de l'eau dans le Brassu.

## 6. CONCLUSIONS

Les différentes analyses effectuées dans les stations de la Versoix en 2015 ont montré une excellente qualité physico-chimique de l'eau, un faible impact de la STEP de Divonne- Les-Bains, une très bonne qualité biologique (diatomées-macrozoobenthos) et une biomasse suffisante pour le développement piscicole.

Néanmoins, ces excellents résultats biologiques doivent être nuancés : les indices biologiques ne sont pas toujours robustes et le nombre de famille d'Ephémères, de Trichoptères et de Plécoptères est bien en deçà du potentiel de la rivière. De plus, la biomasse de truites (truites lacustres non prises en compte) est globalement faible et est largement en dessous de ce que l'on pourrait attendre pour un cours d'eau calcaire du pied du Jura.

Les facteurs limitant un meilleur développement de certaines espèces sensibles pourraient être naturels et liés à la morphologie de la Versoix (zone lentique des marais), mais aussi anthropiques comme la qualité médiocre de certains de ses affluents. En effet, une pollution agricole est mesurée dans le ruisseau de la Fontaine-de-Pissevache, le Creuson et le Crève-Cœur. Certains pesticides y dépassent les critères de qualité environnementale (NQE) et leurs concentrations sont à risque pour les organismes aquatiques. Une pollution aux eaux usées domestiques est également mesurée dans le Crève-Cœur et l'Oudar.

Ainsi, pour développer la diversité faunistique, maintenir/diversifier les espèces sensibles et améliorer le potentiel écologique de ce cours d'eau emblématique du canton, il convient :

- de lutter contre les intrants, principalement agricoles, qui polluent les affluents. Ils devraient pouvoir ainsi jouer leur rôle de réservoirs biologiques, comme ceux de l'Allondon, et atteindre les objectifs de bonne qualité biologique demandés dans le SPAGE Versoix-Lac rive droite et dans le plan d'action de la CIPEL.
- de renaturer/créer des milieux annexes au cours d'eau pour améliorer encore la biodiversité de l'ensemble du bassin versant de la Versoix.

Les actions à entreprendre pour développer/enrichir l'écosystème du bassin versant de la Versoix ces six prochaines années sont décrites dans le plan d'action secteur 6. Versoix/Lac rive droite disponible au PROTEAUX.

## 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BANNHOFER, G., (2000) Die Anwendung von EPT-Konzepten für die Charakteristik österreichischer Fließgewässer. Dissertation-Inst.f. Wasserversorge, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft (IWGA) BOKU-Universität für Bodenkultur.
- BAUMANN, P., KIRCHOFER, A., SCHÄCHLI, U., (2012) Assainissement des éclusées. Planification stratégique. Module de l'aide à la décision Renaturation des eaux. Série l'Environnement Pratique – Protection des eaux. OFEV 2012. 56 p.+annexes.
- BERNARD, M., ARNOLD, C., EDDER, P., ORTELLI, D. (2007) *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut.*, Campagne 2006, 163-172
- BUERGE, I.J, BUSER, H.-R., KAHLE, M., MULLER, M.D., POIGER, T., (2009), Ubiquitous occurrence of the artificial sweetener acesulfame in the aquatic environment: An ideal chemical marker of domestic wastewater in groundwater, *Environ. Sci. Technol.*, 43, 4381-4385
- BÜRGI D, KNECHTENHOFER L, MEIER I, GIGER W, FRIEDLIPARTNER AG. (2007) : Projekt BIOMIK: Biozide als Mikroverunreinigungen in Abwasser und Gewässern. Teilprojekt 1: Priorisierung von bioziden Wirkstoffen. Objekt-Nr. 04.102.
- CENTRE ECOTOX (2012) Centre Ecotox news. Journal du centre suisse d'écotoxicologie appliquée Eawag-EPFL, mai 2012. 12 p.
- CHEVALLEY, P.A. (2015) Méthode de calcul de la biomasse en rivière. Direction générale de l'environnement, protection des eaux du canton de Vaud. Rapport interne, 2015. 7 p.
- CIPEL (2010) Plan d'action 2011-2020. Commission Internationale pour la protection des eaux du Léman. 57 p.
- CONSEIL FEDERAL SUISSE (1999) Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux). 1<sup>er</sup> janvier 1999, 62 art. + annexes. Berne.
- DECROUY, L. (2016) Suivi de la qualité des rivières. Secteur 6 : Versoix Lac Rive droite. Analyse faunistique à l'espèce, Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères. Rapport pour le SECOE, juillet 2016.
- ECOTOX (1998) : Qualité actuelle de la Versoix et de ses affluents et évolution physico-chimique et biologique. DIAE. 20 P. + annexe.
- GOTZ, C.W., HOLLENDER, J., KASE, R. (2010) Mikroverunreinigungen Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Dubendorf : Eawag,
- GOTZ, C.W., C. AGEGLLEN, *et al.* (2010). Mikroverunreinigungen – Beurteilung weitergehender Abwasserreinigungsverfahren anhand von Indikatorsubstanzen. 4/2010
- GREN (2001) Etude écomorphologique et hydrobiologique du Creuson, du canal de Versoix, du Bief du Pont-Ceard et du Nant de Braille. Rapport pour le service cantonal d'hydrobiologie. 60 p.
- GREN (2003) Etude écomorphologique. Enclave de Céligny, bassin de la Versoix, bassin du Marquet-Gobé-Vengeron, petits affluents en rive gauche du Rhône. Rapport final pour le Service de l'écologie de l'eau. Octobre 2003. 14 p. + annexes.
- GREN (2016) Suivi piscicole de la Versoix en 2015. Populations de truites et d'ombres. Rapport final pour le service du lac, de la renaturation des cours d'eau et de la pêche. 15 p.+annexes.

HERING, D., JOHNSON, R.K., KRAMM, S., SCHMUTZ, S., SZOSZKIEWICZ, K., VERDONSCHOT, P., (2006) Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metric-based analysis of organism response to stress. *Freshwater Biology* 51: 1757-1785.

HÜRLIMANN, J. et NIEDERHAUSER, P. (2007) Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : Diatomées - niveau R (région), Office fédéral de l'environnement, Berne., 60 p. + annexes.

HÜTTE, M. et NIEDERHAUSER, P. (1998) Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse : Ecomorphologie niveau R (région). Informations concernant la protection des eaux n° 27, Office fédéral environnement, forêts, paysage, Berne. 38 p. + annexes

KIENLE, C., KASE, R., WERNER, I. (2011) Evaluation of Bioassays and Wastewater Quality – In vitro and in vivo Bioassays for the Performance review in the Project Strategy Micropoll.. Swiss Centre for Applied Ecotoxicology Eawag-EPFL, Dübendorf.

KIENLE, C., VERMEIRSSSEN, E., KUNZ, P.Y., WERNER, I. (2015a) Grobbeurteilung der Wasserqualität von abwasserbelasteten Gewässern anhand von ökotoxikologischen Biotests. Studie im Auftrag des BAFU Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie, Eawag-EPFL, Dübendorf.

KIENLE, C., ESZTER, S., BUCHER, T., SCHIFFERLI, A., VERMEIRSSSEN, E. (2015b) Tests écotox sur la Versoix – Evaluation de la qualité de l'eau concernant les substances d'activité oestrogénique et les inhibiteurs du photosystème II. Centre Ecotox, Centre suisse d'écotoxicologie appliquée Eawag-EPFL. Rapport final, février 2015. 18 p.

LUBINI, V., KNISPEL, S., SARTORI, M., VICENTINI, H., WAGNER A. (2012) Listes rouges des Ephémères, Plécoptères, Trichoptères. Espèces menacées en Suisse, état 2010. OFEV, Berne et CSCF, Neuchâtel. L'environnement pratique n°1212 : 111p.

LIECHTI, P. (2010) Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique, n° 1005, 44 p. OFEV, Berne.

NIREL, P.M., REVACLIER, R. (1999) Assessment of sewage treatment plant effluents impact on river water quality using dissolved Rb/Sr ratio. *Environ. Sci. Technol.*, 33: 1996-2000.

OCHSENBEIN, U., MATTMANN, B., VON KÄNEL, A., ZEH, M., ZIMMERMANN, CH. and KIRCHHOFER, A. (2003). Gewässerbericht 1997-2000. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern GSA, Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL, Bern.

OFEFP (1991) Recommandations pour l'évaluation de la qualité hygiénique des eaux de baignade de lacs et de rivières. L'environnement pratique-Information concernant la protection des eaux n°7, Berne, 33 p.

OFEFP (1998) Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, système modulaire gradué. Informations concernant la protection des eaux n° 26, Office fédéral environnement, forêts, paysage, Berne. 43 p.

OFEV, (2009) Bulletin d'information n°6, Projet "Stratégie MicroPoll".

LUBINI, V., KNISPEL, S., SARTORI, M., VICENTINI, H. & WAGNER A. (2012) Listes rouges Ephémères, Plécoptères, Trichoptères. Espèces menacées en Suisse, état 2010. OFEV et CSCF, Berne 2012. 111 p.

PASSY, S. I., (2007) : Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. In : *Aquatic Botany* 86 (2007) 171-178.

REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE (2014) Planification stratégique cantonale. Mise en œuvre de la renaturation des eaux selon la LEaux 2011. Vision 2030. Décembre 2014. 20 p.

REPUBLIQUE FRANCAISE (2009) Guide technique : Evaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole. Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'Aménagement du territoire. République française, mars 2009. 29 p. + annexes.

RIMET, F., BOUCHEZ, A., 2012 : Life forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers . In : Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (2012) 406, 01, 12 pages + annexes.

SAGE ENVIRONNEMENT (2012) Suivi de la qualité des eaux superficielles du Département de l'Ain. Programme 2011. Rapport d'annexes. Août 2012. 430 p.

SCHAGER, E. et PETER, A. et Göggel W. (2004) : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Poissons niveau R (région). L'environnement pratique n°44, OFEFP. 63 p.

SECOE (2004) Etude de la Versoix et ses affluents. Etat 2003 et évolution depuis 1997. DIAE. 32 p.

SECOE (2010) Etude de la qualité des rivières genevoises. La Versoix, ses affluents et défluent. Etat 2009 et évolution depuis 1994. DETA, décembre 2010. 45 p. + annexes.

STALTER, D.,MAGDEBURG, A., WAGNER, M., OEHLMANN, J. (2011) Ozonation and activated carbon treatment of sewage effluents : removal of endocrine activity and cytotoxicity. Water Res 45: 1015-1024.

STUCKI, P. (2010) Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoenthos – niveau R (region). L'environnement pratique n°1026, , Office fédéral environnement, forêt, paysage, Berne. 61 p.

US EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Benztiazoles Category justification and testing rationale*, [En ligne], <http://www.epa.gov/chemrtk/pubs/summaries/benzo/c13456.pdf> 25.10.2014.

VAN DER LINDEN, S.C., HERINGA, M.B., MAN, H.Y., SONNEVELD, E., PUIJKER, L.M., BROUWE, A., VAN DE BURG, B. (2008) Detection of multiple hormonal activities in wastewater effluents and surface water, using a panel of steroid receptor CALUX bioassays. Environ. Sci. Techn. 42: 5814-5820.

WITTMER, I., JUNGHANS M., SINGER H. et STAMM C. (2014), "Micropolluants – Stratégie d'évaluation pour les micropolluants organiques de sources non ponctuelles". Etude réalisée sur mandat de l'OFEV. Eawag, Dübendorf

## ANNEXE 1: METHODES D'ANALYSES

Les méthodes utilisées pour l'évaluation de la qualité des cours d'eau genevois correspondent aux différentes recommandations et directives fédérales, notamment les "Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours en Suisse, regroupées sous le nom de Système modulaire gradué (SMG) de l'Office fédéral de l'environnement (OFEFP, 1998).

### A1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques d'eau sont effectuées sur des échantillons instantanés prélevés mensuellement. 21 paramètres classiques sont mesurés à l'aide de méthodes standards. De plus, 60 métaux sont analysés par ICP-MS.

Ces méthodes sont régulièrement vérifiées par comparaisons interlaboratoires et certaines font l'objet d'une accréditation (ISO 17025).

Les exigences pour les différents paramètres physico-chimiques de l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1998 (CONSEIL FÉDÉRAL, 1998), sont présentées dans le tableau A1.

**Tableau A1** : exigences de l'ordonnance OEaux pour la physico-chimie de l'eau

Paramètre	Concentration maximale admissible
Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	2 à 4 mg/l O <sub>2</sub> 2 mg/l valable pour les eaux naturellement peu polluées
Carbone Organique Dissous (COD)	1 à 4 mg/l C 1 mg/l valable pour les eaux naturellement peu polluées
Ammonium (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +N-NH <sub>3</sub> )	T° > 10°C: 0.2 mg/l N T° < 10°C: 0.4 mg/l N
chrome (Cr)	2 µg/l
nickel (Ni)	5 µg/l
cuivre (Cu)	2 µg/l
zinc (Zn)	5 µg/l
cadmium (Cd)	0.05 µg/l
plomb (Pb)	1 µg/l
Pesticides organiques (produits phytosanitaires, visés à l'annexe 4.3 de l'Osubst, produits de conservation du bois, antifouling, etc.)	0,1 µg/l pour chaque substance. Sont réservées les autres exigences fixées sur la base de l'appréciation des différentes substances dans le cadre de la procédure d'autorisation.

### A1.1 Le module Analyses physico-chimiques, nutriments du SMG

Ce module (LIECHTI, 2010) du SMG est dorénavant appliqué en lieu et place de l'Indice de pollution chimique IPC.

Six paramètres ont été retenus par le SECOE pour apprécier l'impact des activités humaines sur les eaux :

- Orthophosphates (Ortho-P)
- Phosphore total (P tot)
- Nitrates (N-NO<sub>3</sub>)
- Nitrites (N-NO<sub>2</sub>)
- Ammonium (N-NH<sub>4</sub>)
- Carbone organique dissous (COD)

Les résultats des analyses chimiques sont combinés pour apprécier la qualité des échantillons d'eau au moyen d'indices pouvant ensuite être comparés aux exigences/objectifs dans un système comprenant 5 classes (tableau A2).

**Tableau A2** : Classification de l'état chimique des eaux, au niveau R

Appréciation	Ortho-P [mg P/L]	P tot. [mg P/L]	Nitrates [mg N/L]	Nitrites* [mg N/L]	Ammonium** [mg N/L] (<10°C)	COD [mg/L]
Très bon	< 0.02	< 0.04	< 1.5	< 0.05	<0.08	< 2.0
Bon	0.02 < 0.04	0.04 < 0.07	1.5 < 5.6	0.05 < 0.1	0.08 < 0.4	2.0 < 4.0
Moyen	0.04 < 0.06	0.07 < 0.10	5.6 < 8.4	0.1 < 0.15	0.4 < 0.6	4.0 < 6.0
Médiocre	0.06 < 0.08	0.10 < 0.14	8.4 < 11.2	0.15 < 0.20	0.6 < 0.8	6.0 < 8.0
Mauvais	> 0.08	> 0.14	> 11.2	> 0.20	> 0.8	> 8

\*Les valeurs de nitrites sont calibrées pour des valeurs de chlorures > 20mg/l.

\*\* Les valeurs d'ammonium sont calibrées pour des températures < 10°C

Pour les nitrites, les limites proposées pour les classes "bon" et "moyen" sont valables lorsque les teneurs en chlorures varient entre 10 et 20 mg Cl/L ou si les chlorures ne sont pas déterminés. Le classement est décalé d'un cran vers le haut lorsque les teneurs en chlorures sont inférieures à 10 mg Cl/L et d'un cran vers le bas lorsqu'elles sont supérieures à 20 mg Cl/L.

L'ammonium comprend la somme des N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et des N-NH<sub>3</sub>. Une plus grande sévérité s'impose pour les températures supérieures à 10 °C et un pH supérieur à 9, en raison de la protolyse du N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et de l'augmentation concomitante des teneurs en ammoniac (N-NH<sub>3</sub>).

Une longue exposition à des concentrations en ammoniac supérieures à 0.008 mg N/L peut

s'avérer toxique pour les œufs et les alevins des poissons nobles ; il ne faudrait, dès lors, pas dépasser 0.02 mg N/L.

Les émissaires de marais et de lacs sont caractérisés par des concentrations élevées en COD d'origine naturelle. En automne, le COD peut également augmenter par suite de la décomposition des feuilles mortes tombées dans l'eau. L'OEaux en tient compte, en proposant une fourchette de 1 à 4 mg C/L. Dans les cas favorables, il faut donc adapter l'évaluation en adoptant des valeurs proportionnellement plus basses.

#### A1.2 L'indice de pollution métallique IPM

Élaboré par le SECOE sur le même principe que le module *Analyses physico-chimiques, nutriments* du SMG, l'Indice de Pollution Métallique (IPM) reprend les exigences de l'OEaux pour les métaux (hors mercure), les combine selon l'équation ci-dessous et propose un indice en classes selon les tableaux A3 et A4 pour aboutir à la grille d'appréciation présentée dans le tableau A5.

$$IPM = ([Cr]/5+[Ni]/5+[Cu]/2+[Zn]/5+[Cd]/0.05+[Pb]/1)/6$$

Avec [ ] = concentration correspondant au quantile représentatif (tableau A3)

**Tableau A3** : Choix de l'indice utilisé pour la mise en valeur des résultats d'analyse à une station, en fonction du nombre d'échantillons

Type et nombre d'échantillons	Quantile représentatif	Remarques
8 – 11 échantillons continus journaliers 12 – 23 échantillons instantanés	80 %	Regroupement de mesures couvrant plus de 2 à 3 ans seulement si aucune tendance ne se dessine à long terme.
> 11 échantillons continus journaliers > 23 échantillons instantanés	90 %	Les valeurs de plus de 2-3 ans ne devraient pas être prises en compte pour le calcul du 90e centile, en particulier si les exigences relatives au nombre d'échantillons ne sont pas parfaitement remplies.

**Tableau A4** : Classification de l'état chimique des eaux (niveau R)

Appréciation	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Conditions	IPM < ½ O et M < O	½ O ≤ IPM < O et M < 2 * O	O ≤ IPM < 1.5 * O et M < 3 * O	1.5 * O ≤ IPM < 2 * O	IPM ≥ 2 * O

M : valeur maximale mesurée, O : objectif qualité

**Tableau A5** : Grille d'appréciation de la pollution métallique des cours d'eau (IPM)

Appréciation	Cr (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	Cd (µg/L)	Pb (µg/L)	IPM
Très Bon	< 1	< 2.5	< 1	< 2.5	< 0.025	< 0.5	< 0.5
Bon	1 - 2	2.5 - 5	1 - 2	2.5 - 5	0.025 - 0.05	0.5 - 1	0.5-1
Moyen	2 - 3	5 - 7.5	2 - 3	5 - 7.5	0.05 - 0.075	1 - 1.5	1 - 1.5
Médiocre	3 - 4	7.5 - 10	3 - 4	5 - 10	0.75 - 0.10	1.5 - 2	1.5 - 2
Mauvais	> 4	> 10	> 4	> 10	> 0.10	> 2	> 2

### A1.3 Indices des micropolluants organiques

Les 141 pesticides organiques et les 41 autres micropolluants (parmi lesquels les résidus pharmaceutiques et les soins personnels) recherchés en 2015 figurent dans les tableaux A9 et A10. Ils sont quantifiés au laboratoire de la protection des eaux du SECOE par chromatographie liquide ou gazeuse couplée à une détection par spectrométrie de masse (GC-MS/MS et LC-MS/MS). L'utilisation de détecteur MS-MS garantit l'identité des molécules détectées.

Le laboratoire participe régulièrement et avec succès à des analyses inter laboratoires sur certains produits.

L'attribution des résultats d'une station à l'une des cinq classes d'appréciation est basée sur le calcul d'un indice de pollution par les micropolluants  $I_M$  développé par le SECOE.

$$I_M = \left( \frac{N_D}{N_T} \right) + \left( \frac{N_{50}}{N_T} \times 2 \right) + \left( \frac{N_{100}}{N_T} \times 5 \right) + \left( \frac{N_{500}}{N_T} \times 10 \right) + \left( \frac{N_{1000}}{N_T} \times 50 \right)$$

$N_D$  = Nombre de composés détectés

$N_{50}$  = Nombre de composés >50 ng/l

$N_{100}$  = Nombre de composés >100 ng/l

$N_{500}$  = Nombre de composés >500 ng/l

$N_{1000}$  = Nombre de composés >1000 ng/l

$N_T$  = Nombre total de composés recherchés sur l'année

L'appréciation de la pollution par les micropolluants organiques de type phytosanitaire et pharmaceutique est basée selon la grille A6 présentée ci-dessous.

**Tableau A6** : Grille d'appréciation de la pollution par les micropolluants

Appréciation	$I_M$
Très Bon	< 0,1
Bon	[0,1 – 0,15[
Moyen	[0,15 – 0,30[
Médiocre	[0,30 – 0,50[
Mauvais	> 0.50

L'appréciation de la pollution par les micropolluants organiques de type soins personnels est présentée dans le tableau A7 ci-dessous.

**Tableau A7** : Grille d'appréciation de la pollution par les micropolluants d'origine soins personnels en fonction de l'indice  $I_{M \text{ Soins Personnels}}$

Appréciation	$I_{M \text{ Soins Personnels}}$
Très Bon	< 0,15
Bon	[0,15 – 0,35[
Moyen	[0,35 – 0,75[
Médiocre	[0,75 – 1.15[
Mauvais	> 1.15

#### Calcul de l'indice benzotriazoles $I_T$

Le calcul de l'indice benzotriazoles  $I_T$  diffère de  $I_M$  du fait du nombre restreint de molécule.

$$I_T = \frac{\sum C_B + \sum C_T}{\frac{N_{\text{tot}}}{2}}$$

$\sum C_B$  : Somme des concentrations en benzotriazole

$\sum C_T$  : Somme des concentrations en tolyltriazole

$N_{\text{tot}}$  : Nombre total de composés recherchés sur l'année

L'appréciation de la pollution par les benzotriazoles est basée sur la grille du tableau A8 ci-dessous.

**Tableau A8** : Grille d'appréciation de la pollution par les benzotriazoles en fonction de l'indice  $I_t$ .

Appréciation	$I_t$
Très Bon	< 49
Bon	[50 – 99[
Moyen	[100 – 199[
Médiocre	[200 – 399[
Mauvais	> 400

**Tableau A9** : Liste des 141 pesticides organiques recherchés en 2015

<b>Produit phytosanitaire</b>	<b>Application</b>	<b>Produit phytosanitaire</b>	<b>Application</b>	<b>Produit phytosanitaire</b>	<b>Application</b>
Azoxystrobin	Fongicide	Bentazone	Herbicide	Prosulfocarb	Herbicide
Benalaxyl	Fongicide	Bromoxynil	Herbicide	Simazine	Herbicide
Benthiavalcarb-isopropyl	Fongicide	Chloridazon	Herbicide	Sulcotrione	Herbicide
Boscalid	Fongicide	Chlorpropham	Herbicide	Tebutam	Herbicide
Bupirimate	Fongicide	Chlortoluron	Herbicide	Terbumeton	Herbicide
Carbendazim	Fongicide	Clomazone	Herbicide	Terbutylazine	Herbicide
Chlorothalonil	Fongicide	Clopyralid	Herbicide	Terbutryn	Herbicide
Cyazofamid	Fongicide	Cycloxydim	Herbicide	Triclopyr	Herbicide
Cyflufenamid	Fongicide	Dicamba	Herbicide	Trifluralin	Herbicide
Cymoxanil	Fongicide	Dichlobenil	Herbicide	2,6-dichlorobenzamide	HMétabolite
Cyproconazole	Fongicide	Diflufenican	Herbicide	AMPA	HMétabolite
Cyprodinil	Fongicide	Dimefuron	Herbicide	Atrazine-deisopropyl	HMétabolite
Diethofencarb	Fongicide	Dimethachlor	Herbicide	Atrazine-desethyl	HMétabolite
Difenoconazole	Fongicide	Dimethenamid	Herbicide	Chloridazon-desphenyl	HMétabolite
Dimethomorph	Fongicide	Diuron	Herbicide	Diuron-desmethyl	HMétabolite
Epoxiconazole	Fongicide	Ethofumesate	Herbicide	Metolachlor ESA	HMétabolite
Fenhexamid	Fongicide	Fluazifop-p-butyl	Herbicide	Metolachlor OA	HMétabolite
Fludioxonil	Fongicide	Flufenacet	Herbicide	Terbutylazine-desethyl	HMétabolite
Fluopicolide	Fongicide	Flumioxazine	Herbicide	Acetamidrid	Insecticide
Fluopyram	Fongicide	Fluroxypyr	Herbicide	Aldicarb	Insecticide
Fluoxastrobine	Fongicide	Foramsulfuron	Herbicide	Buprofesine	Insecticide
Flusilazole	Fongicide	Glufosinate	Herbicide	Carbofuran	Insecticide
Iprovalicarb	Fongicide	Glyphosate	Herbicide	Chlorpyrifos-ethyl	Insecticide
Kresoxim-methyl	Fongicide	Iodosulfuron-methyl	Herbicide	Chlorpyrifos-methyl	Insecticide
Mandipropamide	Fongicide	Ioxynil	Herbicide	Clothianidine	Insecticide
Metalaxyl	Fongicide	Isoproturon	Herbicide	Cypermethrin	Insecticide
Metrafenone	Fongicide	Lenacil	Herbicide	Deltamethrin	Insecticide
Myclobuthanil	Fongicide	Linuron	Herbicide	Diazinon	Insecticide
Napropamide	Fongicide	MCPA	Herbicide	Diflubenzuron	Insecticide
Penconazole	Fongicide	MCPB	Herbicide	Dimethoate	Insecticide
Procloraz	Fongicide	Mecoprop	Herbicide	Etoxazole	Insecticide
Propamocarb	Fongicide	Mesotrione	Herbicide	Fenoxycarb	Insecticide
Propiconazole	Fongicide	Metamitron	Herbicide	Fipronil	Insecticide
Proquinazid	Fongicide	Metazachlor	Herbicide	Imidacloprid	Insecticide
Pyraclostrobin	Fongicide	Metolachlor	Herbicide	Indoxacarb	Insecticide
Pyrimethanil	Fongicide	Metribuzine	Herbicide	Lindane	Insecticide
Quinoxifen	Fongicide	Metsulfuron-methyl	Herbicide	Lufenuron	Insecticide
Spiroxamine	Fongicide	Monolinuron	Herbicide	Methoxyfenoside	Insecticide
Tebuconazole	Fongicide	Monuron	Herbicide	Piperonyl-butoxyde	Insecticide
Thiabendazole	Fongicide	Nicosulfuron	Herbicide	Pirimicarb	Insecticide
Tolyfluanid	Fongicide	Orbencarb	Herbicide	Propoxur	Insecticide
Triadimefon	Fongicide	Oxadiazon	Herbicide	Pymetrozine	Insecticide
Triadimenol	Fongicide	Pendimethalin	Herbicide	Spirodiclofen	Insecticide
2,4-D	Herbicide	Pethoxamid	Herbicide	Tebufenoside	Insecticide
Aclonifen	Herbicide	Propachlor	Herbicide	Teflubenzuron	Insecticide
Asulam	Herbicide	Propazine	Herbicide	Thiacloprid	Insecticide
Atrazine	Herbicide			Thiamethoxam	Insecticide

**Tableau A10** Liste des 41 micropolluants organiques recherchés en 2015

<b>Substance</b>	<b>Famille</b>	<b>Analyse</b>
4-MBC	Soins Personnels	Quantitatif
Acesulfam	Traçeur	Quantitatif
Amisulprid	Pharmaceutique	Quantitatif
Aspartam	Soins Personnels	Semi-Quantitatif
Atenolol	Pharmaceutique	Quantitatif
Benzothiazole	Industrie	Semi-Quantitatif
Benzotriazole	Industrie	Quantitatif
Butylparabene	Soins Personnels	Quantitatif
Caffeine	Traçeur	Quantitatif
Carbamazepin	Pharmaceutique	Quantitatif
Carisoprodol	Pharmaceutique	Quantitatif
Cimetidine	Pharmaceutique	Quantitatif
Ciprofloxacine	Pharmaceutique	Semi-Quantitatif
Citalopram	Pharmaceutique	Quantitatif
Clarithromycine	Pharmaceutique	Semi-Quantitatif
DEET	Soins Personnels	Quantitatif
Diatrizoate	Pharmaceutique	Quantitatif
Diclofenac	Pharmaceutique	Quantitatif
Ethylparabene	Soins Personnels	Quantitatif
Fluoxetine	Pharmaceutique	Quantitatif
Gabapentine	Pharmaceutique	Quantitatif
Hydrochlorthiazide	Pharmaceutique	Semi-Quantitatif
Ibuprofene	Pharmaceutique	Quantitatif
Irbesartan	Pharmaceutique	Quantitatif
Isopropylparabene	Soins Personnels	Quantitatif
Metformine	Pharmaceutique	Quantitatif
Methylparabene	Soins Personnels	Quantitatif
Metoprolol	Pharmaceutique	Quantitatif
Naproxen	Pharmaceutique	Quantitatif
Norfloxacine	Pharmaceutique	Semi-Quantitatif
OMC	Soins Personnels	Quantitatif
Paracetamol	Pharmaceutique	Quantitatif
Propranolol	Pharmaceutique	Quantitatif
Propylparabene	Soins Personnels	Quantitatif
Sotalol	Pharmaceutique	Quantitatif
Sulfadimethoxine	Pharmaceutique	Semi-Quantitatif
Sulfamethoxazole	Pharmaceutique	Quantitatif
Tolyltriazole	Industrie	Quantitatif
Triclosan	Soins Personnels	Quantitatif
Triméthoprime	Pharmaceutique	Quantitatif
Venlafaxin	Pharmaceutique	Quantitatif

#### A1.4 Evaluation du risque environnemental

Le projet "Stratégie MicroPol" lancé en 2006 a abouti, entre autres, à la parution de deux documents techniques servant à l'évaluation de la qualité de l'eau de surface suisse vis-à-vis des micropolluants (Götz *et al.* 2010, Wittmer *et al.*, 2014). Ces documents, rédigés par le centre suisse d'écotoxicologie appliquée de l'Eawag (Centre Ecotox) en collaboration avec l'OFEV et les laboratoires cantonaux, proposent une stratégie basée sur des normes de qualité environnementale (NQE) selon la directive cadre de l'eau 2000/60/CE. Pour les substances dites prioritaires en Suisse (Götz *et al.* 2010), les critères de qualité ont été déterminés par le centre Ecotox à partir de données d'écotoxicité ( $EC_{50}$ ,  $EC_{10}$ , NOEC) et des échanges avec les pays de l'Union européenne, ceci pour harmoniser les études et éviter les redondances. Le processus de détermination de l'ensemble des NQE est encore en cours et les valeurs de certaines substances sont disponibles sur la base de données : <http://www.centrecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/>.

A partir de 2015, cette dernière s'est bien enrichie, mais n'est pas encore achevée.

Les NQE en valeur annuelle moyenne (NQE-MA) sont désignées en Suisse selon le terme de critère de qualité (CQ). Le CQ aigu (CQA) permet d'estimer si une atteinte des organismes aquatiques est à craindre dans un délai de 24-96h. Le critère de qualité chronique (CQC) se prête à l'étude de contrainte à longue durée.

L'évaluation du risque liée aux substances chimiques se fait par comparaison d'une concentration environnementale avec le critère de qualité.

Si la concentration environnementale est supérieure à la CQC ( $C_{env} > CQC$ ), un risque non tolérable est supposé exister pour les communautés aquatiques.

Dans le présent rapport, la concentration environnementale correspond à la concentration maximale mesurée au cours de l'année par paramètres.

Le tableau ci-dessous tiré du même rapport présente la proposition pour "l'appréciation sur des bases écotoxicologiques de l'état chimique des eaux au vu de leurs teneurs en micropolluants issus de l'assainissement urbain" qui répartit la qualité en cinq catégories :

Appréciation <sup>10</sup>		Condition/Description		Respect du critère de qualité (CQC)
Très bon		La concentration environnementale ( $C_{env}$ ) est 100 fois inférieure à l'objectif de qualité (CQC)	$C_{env} < 0.01 \times CQC$	CQC respecté
		La concentration environnementale ( $C_{env}$ ) est supérieure ou égale au centième de l'objectif de qualité mais inférieure à un dixième de ce seuil (CQC)	$0.01 \times CQC \leq C_{env} < 0.1 \times CQC$	
Bon		La concentration environnementale ( $C_{env}$ ) est supérieure ou égale au dixième de l'objectif de qualité mais inférieure à ce seuil (CQC)	$0.1 \times CQC \leq C_{env} < CQC$	
Moyen		La concentration environnementale ( $C_{env}$ ) est supérieure ou égale à l'objectif de qualité mais inférieure au double de ce seuil (CQC)	$CQC \leq C_{env} < 2 \times CQC$	CQC non respecté (dépassement du seuil)
Médiocre		La concentration environnementale ( $C_{env}$ ) est supérieure ou égale au double de l'objectif de qualité mais inférieure à dix fois ce seuil (CQC)	$2 \times CQC \leq C_{env} < 10 \times CQC$	
Mauvais		La concentration environnementale ( $C_{env}$ ) est supérieure ou égale à dix fois l'objectif de qualité (CQC)	$C_{env} \geq 10 \times CQC$	

## A2. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eau prélevés mensuellement lors des campagnes d'analyses physico-chimiques portent sur la recherche de la bactérie *Escherichia coli*, indicatrice de pollution fécale.

La méthode utilisée est celle habituellement appliquée pour la surveillance de la qualité hygiénique des eaux de baignade (OFEFP, 1991).

L'interprétation des résultats se base sur une adaptation de la Grille d'appréciation du canton de Berne (OCHSENBEIN *et al.* 2003) par le canton de Genève.

Lorsqu'il y a 12 échantillons et plus, la valeur de l'état sanitaire correspond au 80 percentile de l'ensemble des résultats.

En présence de moins de 12 échantillons, la valeur de l'état sanitaire correspond à deux fois la médiane de l'ensemble des résultats.

En présence d'un seul échantillon, on applique la grille directement selon la valeur d'*E.coli*.

Les cinq classes d'état sanitaire sont décrites dans le tableau A11 ci-dessous.

**Tableau A11** : Grille genevoise de l'état sanitaire des rivières.

Appréciation	UFC/mL	Catégorie
Très Bon	0	1
Bon	1 à 9	2
Moyen	10 à 39	3
Médiocre	40 à 80	4
Mauvais	> 80	5

Grille **genevoise\*** de l'état sanitaire des rivières (adaptation de la Grille d'appréciation du canton de Berne (Ochsenbein *et al.*, 2003) par le canton de Genève (Service de l'écologie de l'eau).

\*NB : Le passage d'un état sanitaire à l'autre, s'effectue à partir de 0.5.

Exemple : 39.2 *E.coli* /mL = Moyen tandis que 39.5 *E.coli* /mL = Médiocre

### A3. Analyses biologiques

#### A3.1 Indice *Macrozoobenthos* (IBCH)

Le canton de Genève évalue l'état des cours d'eau au moyen de méthodes biologiques depuis 1984. Ces méthodes utilisent la faune invertébrée, visible à l'œil nu, vivant sur ou dans les substrats du fond des cours d'eau (macrofaune benthique ou macrozoobenthos). Elle est essentiellement composée de vers, de mollusques, de crustacés et d'insectes aquatiques.

Entre 1984 et 1993, c'est la méthode française *Indice de Qualité Biologique Globale - IQBG* (VERNEAUX *et al.* 1976) qui a été appliquée, puis, entre 1994 et 2008, son évolution *Indice Biologique Global Normalisé - IBGN* (AFNOR 2004). Depuis 2009, le SECOE applique la méthode suisse *Macrozoobenthos niveau R - IBCH* (Stücki, 2010), élaborée dans le cadre du *Système modulaire gradué pour l'analyse et l'appréciation des cours d'eau en Suisse* (OFEFP, 1998). Les détails de la méthode ne sont donc pas présentés ici.

Toutes ces méthodes ont en commun l'utilisation de deux caractéristiques écologiques : la diversité des organismes (nombre de taxons), corrélée positivement avec la qualité du milieu, et la présence d'organismes connus pour leur sensibilité à la pollution (groupe indicateur GI). Les taxons indicateurs sont répartis en 9 groupes en fonction de leur sensibilité à la dégradation du milieu (1 = très tolérant ; 9 = très sensible). La combinaison de ces deux valeurs produit un indice compris entre 1 (mauvais) et 20 (très bon).

Le calcul de la robustesse de l'indice permet d'en affiner l'interprétation. Elle est calculée en soustrayant l'indice IBCH avec celui obtenu en prenant le groupe indicateur le plus proche du premier dans la liste faunistique. L'interprétation est résumée dans le tableau A12 ci-dessous.

**Tableau A12** : interprétation de l'indice IBCH en fonction de la valeur de la robustesse

Robustesse	
0	
1	<b>robuste</b>
2	
3	
4	<b>peu robuste</b>
5	
6	
7	<b>non représentatif</b>
8	

Le diagnostic permet une appréciation globale de la qualité du cours d'eau et des effets de perturbations du milieu sur les organismes, mais pas de désigner la cause précise de dégradations observées. Cette approche est donc complémentaire à l'analyse physico-chimique de l'eau, qui fournit des indications sur les causes potentielles de dégradation du milieu aquatique.

L'effet mémoire lié à la durée de vie des organismes permet de déceler des dégradations survenues durant une période de plusieurs semaines précédant le prélèvement.

Afin de cerner les impacts anthropiques et les éventuelles variations saisonnières (traitements agricoles, étiages,...), la méthode est appliquée 3 fois par an depuis 2013. L'appréciation de la qualité biologique globale se fait donc sur la base de trois résultats et de leur moyenne annuelle.

Dans l'attente d'une grille d'appréciation spécifique pour la Suisse, les valeurs indicielles, comprises entre 1 et 20, sont regroupées en 5 classes d'état selon l'échelle proposée pour l'hydroécocorégion Jura - Préalpes par l'annexe 2 de l'Arrêté du 25. 02. 2010 du Ministère français de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer (RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2009) (tableau A 13).

**Tableau A13** : Classes de qualité biologique globale.

IBCH	Appréciation
14 - 20	Très bon
12 – 13.9	Bon
9 – 11.9	Moyen
5 – 8.9	Médiocre
1 – 4.9	Mauvais

Pour les cours d'eau genevois, le service de l'écologie de l'eau a fixé comme objectif de qualité un IBCH égal ou supérieur à 12 en toute saison et en toute station, pour autant que les conditions naturelles le permettent.

Les listes faunistiques établies avant 2009 permettent également de calculer un indice IBCH a posteriori et d'estimer ainsi l'évolution de la qualité biologique à long terme.

### A3.2 Indice diatomées suisse (DI-CH)

Les diatomées sont des algues brunes microscopiques vivant, entre autres, sur les pierres des cours d'eau. Elles sont utilisées depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle comme bioindicateur de la qualité de l'eau des rivières (KOLKWITZ et MARSSON, 1902). Les populations de diatomées intègrent la qualité physico-chimique globale de l'eau des stations étudiées sur environ quatre à six semaines.

Le SECOE utilise les indices diatomiques pour la surveillance des rivières depuis 1996. Depuis 2002, c'est la méthode DI-CH, élaborée dans le cadre du SMG qui est appliquée. En 2007, cette méthode a fait l'objet d'une mise à jour et d'une nouvelle publication (HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER, 2007). La valeur indicielle obtenue permet d'attribuer une station à une des 5 classes d'état définies par le SMG figurant dans le tableau A14.

En général, chaque station est analysée deux fois dans l'année : en février/mars (potentiel biologique de la station) puis août/septembre (état critique de la station). L'appréciation de la qualité biologique par les indices diatomiques se fait donc sur la base des deux campagnes d'analyses et de la moyenne annuelle. Seules les stations en classe bleue ou verte respectent les objectifs écologiques fixés par l'OEaux.

**Tableau A14** : Classes d'Etat de l'indice diatomique suisse DI-CH.

DI-CH	Etat
1.0 – 3.49	Très bon
3.5 – 4.49	Bon
4.5 – 5.49	Moyen
5.5 – 6.49	Médiocre
6.5 – 8.0	mauvais

### A3.3 Module Poissons

L'appréciation des cours d'eau à partir des poissons au niveau R fait l'objet d'une publication dans le cadre du SMG (Schager E., Peter A. et Göggel W., 2004) et n'est donc pas décrite en détail ici.

Les paramètres suivants permettent l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau :

- composition de l'ichtyofaune et dominance des espèces
- structure de la population des espèces indicatrices (classes d'âge, reproduction)
- densité de population des espèces indicatrices
- déformations et anomalies

L'évaluation de chaque paramètre se fait par une notation ; plus la qualité du paramètre considéré est jugée mauvaise, plus le nombre de points attribués est élevé. La qualification des tronçons se fait selon les 5 classes du SMG (tableau A13) :

**Tableau A15** : Grille d'évaluation de l'état écologique au moyen du module "Poissons" du SMG:

Notation	Etat écologique	Classe
0 - 1	très bon	1
2 - 5	bon	2
6 - 9	moyen	3
10 - 13	médiocre	4
14 - 17	mauvais	5

#### A4. Module Ecomorphologie

L'appréciation de l'état écomorphologique des cours d'eau est également intégrée au SMG (HÜTTE et NIEDERHAUSER, 1998) et n'est donc pas décrite en détail ici.

Elle permet de décrire l'état physique et le degré d'aménagement du cours d'eau par tronçons homogènes sur la base de 4 critères :

- la variabilité de la largeur du lit mouillé
- l'aménagement du fond du lit (quantitativement et qualitativement)
- le renforcement du pied de la berge (quantitativement et qualitativement)
- la largeur et la nature des rives

Une pondération classe ensuite chaque tronçon homogène du cours d'eau dans une des quatre catégories suivantes :

naturel, semi naturel	peu atteint	très atteint	non naturel, artificiel
-----------------------	-------------	--------------	-------------------------

Le résultat des relevés écomorphologiques sert, entre autres, d'outil d'aide à la décision et de suivi dans le cadre du programme de renaturation des cours d'eau et des rives du canton.