

Contamination en différents micropolluants de la rivière Saône entre Scey/Saône (70) et Auxonne (21) : un état des lieux pour les années 2014-2021

Gilles Sené, écologue, agrégé de l'Université - février 2024

Résumé : *la présente étude porte sur la haute Saône étudiée pour les années 2014 à 2021 sur 3 stations réparties de l'amont vers l'aval : Scey/Saône (70), Apremont (70) et Auxonne (21). Les micropolluants sont étudiés sur les eaux libres de la Saône, sur des sédiments et, pour une analyse, sur des gammars à Scey/Saône.*

Les micropolluants sont étudiés, classés en micropolluants organiques (goudrons, pesticides, PCB, médicaments, etc.) et métaux lourds. Nombres, nombres par catégories, concentrations unitaires et totales sont pris en compte. Une étude de la contamination par métaux lourds au sens large est aussi réalisée, particulièrement dans les sédiments.

On constate une grande diversité de micropolluants, des concentrations variables, évoluant en fonction de différents paramètres :

- les débits croissants de l'amont vers l'aval, provoquant un effet de dilution,*
- des apports à la rivière, diffus ou ponctuels variant suivant les stations, entre amont et aval.*

Les évolutions temporelles, sur les quelques années prises en compte, sont plutôt en croissance pour les micropolluants organiques : les apports humains sont largement en cause. Concernant les métaux lourds, les conclusions sont à nuancer, sauf sur leur enrichissement croissant d'amont en aval.

L'ensemble de cette micropollution est relativement important, et témoigne à la fois d'apports diffus riches en pesticides herbicides issus des grandes cultures intensives et d'effluents importants plus ponctuels par les stations d'épuration des eaux usées des communes. L'exemple de la station d'Apremont, en aval proche de la STEP de Gray, démontre l'importance de ces apports humains, avec des données toutes supérieures tant par rapport à Scey/Saône que par rapport à Auxonne.

La relativement forte contamination par ces micropolluants des gammars (petites crevettes) à Scey/Saône implique des taux nettement plus marqués dans les organismes situés dans les niveaux trophiques supérieurs : poissons carnivores par exemples, et potentiellement l'espèce humaine.

Dans cette étude, la Saône est étudiée en 3 stations, de l'amont vers l'aval : Scey/Saône (70), Apremont (70) (en aval de Gray et de sa station d'épuration, STEP) et Auxonne (21) (en amont de sa STEP) (cf. *carte ci-dessous*). Soit 3 stations exploitées quant à leurs eaux libres, à leurs sédiments et, une fois à Scey/Saône, à des organismes vivants (gammars, petits crustacés vivant sur le fond des rivières). Ces analyses sont commandées par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse et disponibles publiquement en données brutes (*site Naiades (1)*).

Entre Scey/Saône et Auxonne, la Saône parcourt une large plaine alluviale en recevant divers affluents dont les principaux sont

- entre Scey/Saône et Apremont, la Romaine et le Salon,
- entre Apremont et Auxonne, la Morthe, la Vingeanne et l'Ognon.

Cette plaine est largement exploitée par une agriculture intensive (céréales et oléagineux).

La rivière est jalonnée par différents bourgs et villes, dont Gray (70), Pontailler/Saône (21) en amont d'Auxonne, chaque commune apportant son lot de pollutions domestiques et/ou urbaines traitées par une STEP ou non.

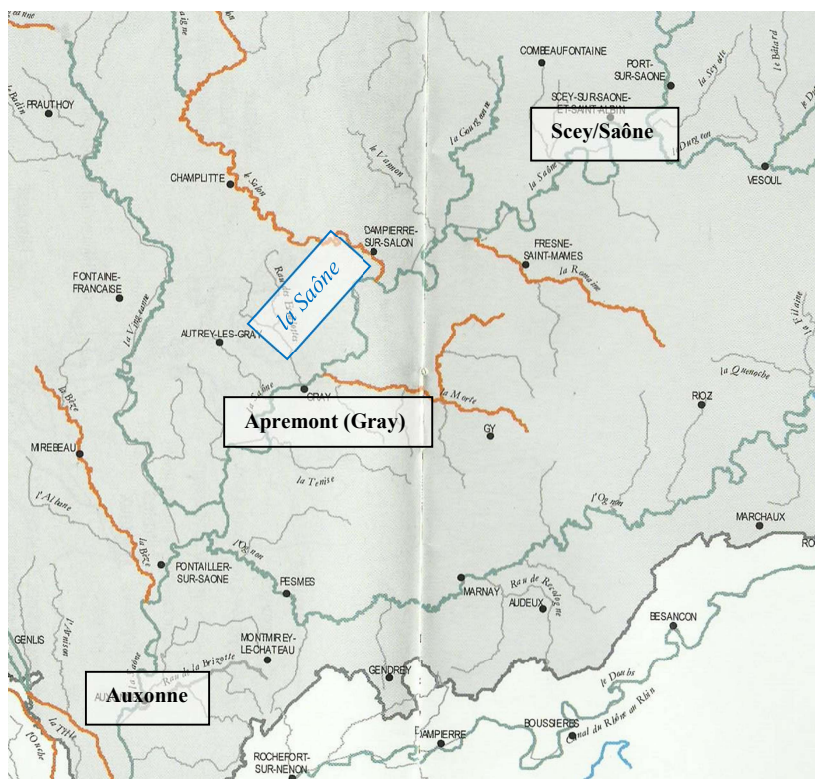
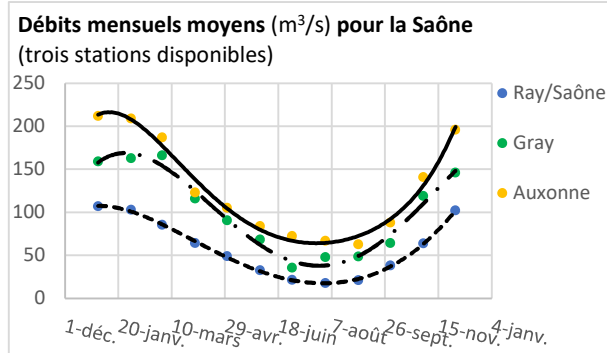
Remarquons qu'aucune STEP n'est équipée pour réduire ou éliminer la micropollution étudiée ici.

Concernant la partie du cours de la Saône que nous avons étudiée, Gray (moins de 6 000 habitants) et sa communauté de communes (quelques 20 000 habitants) correspond donc à l'urbanisation principale, bien que relativement faible ; et toutes les communes de sa communauté sont loin d'être raccordées à la STEP principale de Gray.

Les débits de la Saône constituent une donnée utile ainsi que leurs évolutions annuelles. Sur le site officiel « *eaufrance* », « *hydroportail* » (2), l'exploitation des débits mensuels moyens permet la construction du graphique ci-contre. Ray/Saône est la station la plus proche de Scey/Saône que nous ayons trouvée. On constate des courbes annuelles logiquement croissantes de l'amont vers l'aval pour la Saône.

Et on constate aussi un étiage centré sur les mois de juillet-août tandis que les plus forts débits s'observent en décembre-janvier-février, périodes les plus arrosées dans la région considérée. Un manque de symétrie s'observe aussi dans les passages entre étiage et fortes eaux : le passage automnal de l'étiage vers les fortes eaux est plus rapide que le retour à l'étiage au printemps ; cet amortissement printanier est sans doute à mettre en relation avec la circulation souterraine, plus lente, des nappes alluviales vers la rivière au printemps.

Enfin, de Scey/Saône (Ray/Saône) à Auxonne, suivant les saisons, le débit est doublé ou plus : de moins de 20 m³/s à plus de 60 m³/s en été, et de quelques 100 m³/s à plus de 200 m³/s en hiver.



La Saône de Scey/Saône (70) à Auxonne (21), ses affluents. Les trois stations sur la Saône sont indiquées dans des cadres de même que la rivière (doc. issu de Etat des lieux. Bassin du Rhône... Agence de l'eau RMC 2005).

Une première partie de cette étude traite des micropolluants (molécules organiques et métaux lourds) dans les eaux libres de la Saône, les suivantes traitant de la micropollution des sédiments et gammars. Seule, les années 2014 à 2021 ont été retenues, du fait de limites de détection et de quantification semblables, à toutes fins de comparaisons cohérentes. Sont exploitées dans ce travail les données brutes publiques concernant la qualité des eaux superficielles (rivières lacs, retenues) téléchargeables sur le site Naïades (1). Les données de concentrations sont toutes validées, qu'elles soient quantifiées (associées au code 1) ou détectées (associées aux codes 7 ou 10) : en cas de besoin, ces dernières sont alors divisées par 2, ainsi que la pratique scientifique le propose (3), pour ne pas les « oublier » dans les analyses et perception des évolutions.

Notons que toutes les molécules sont présentes en concentrations détectées dès lors qu'on les recherche, mais seules quelques-unes ou quelques dizaines apparaissent à des concentrations quantifiées. Ces dernières sont les seules considérées institutionnellement, alors la concentration estimée comme indiqué ci-dessus pour une analyse à 1 000 paramètres peut représenter plus d'une centaine de µg/l, pour les eaux libres de la Saône, suivant la

concentration des molécules quantifiées. Il est important de ne pas les oublier, car elles participent pleinement à la contamination globale des écosystèmes et organismes vivants.

Dans les lignes qui suivent, seules sont considérées les données en concentrations quantifiées, sauf dans le travail sur la saisonnalité des concentrations (cf. *Annexe 3*).

Les annexes présentent les données chiffrées ou sous forme de graphiques, telles qu'extraites des données brutes. Les courbes présentées dans les annexes sont obtenues par une simple régression linéaire, du fait de la courte durée exploitée (moins d'une décennie). Par contre, dans le travail sur la saisonnalité des concentrations (cf. *Annexe 3*), une régression polynomiale d'ordre 3 a été utilisée pour construire les courbes.

Information complémentaire : à Charrey/Saône (21), vers Pagny, nous disposons d'une donnée supplémentaire dans les analyses : le taux moyen de survie de gammares placés dans des cages grillagées immergées dans la Saône, ceci sur 3 mesures réparties sur l'année 2022. Ce taux est de 42,5 % (entre 24 et 55,6 %), sans plus de précision sur la durée d'exposition.

A Lyon, les eaux de la Saône permettent une survie guère moindre, avec un taux de 39,4 % (de 28 à 47,2 %). Sur la région, le meilleur taux de survie se rencontre dans le Gland à Audincourt (25), avec 61,1 % : on retrouve cette valeur de moins de 50 % dans les cours d'eau drainant des zones de grandes cultures intensives.

Cette information donne néanmoins une idée globale de la qualité des eaux d'une rivière pour permettre la vie aquatique et ce, alors que les gammares ne sont pas les organismes les plus fragiles face aux pollutions en général.

Remarque importante : dans ce travail, nous n'avons pas étudié les effets potentiels des toxicités multiples sur les organismes vivants. Il s'agit juste d'un travail d'évaluation qualitative et quantitative sur la contamination par la micropollution de la Saône entre Scey/Saône et Auxonne et pour trois de ses compartiments écologiquement parlant : eaux libres, sédiments, gammares.

1 - Micropolluants, métaux lourds : présentation succincte.

Ces molécules organiques industrielles ou éléments sont suivies et étudiées pour deux raisons, entre autres :

- la production, l'usage de ces matières, rares ou absentes naturellement, les amènent à des concentrations très élevées, trop élevées dans les eaux, dans l'air ou dans les organismes vivants. De même, l'usage industriel des métaux lourds, très rares dans les écosystèmes ou organismes vivants, bien que parfois indispensables en doses infinitésimales, provoque leur très forte présence dans les organismes vivants et écosystèmes par rapport aux conditions préexistantes à l'ère industrielle.
- leurs toxicités et leurs actuelles concentrations font que ces molécules et éléments sont devenus un enjeu majeur de la santé et de la survie des organismes et de la biodiversité.

Ces micropolluants sont présents en concentrations mesurées en microgramme/litre ou microgramme/kilogramme, d'où leur nom. Mais bien qu'en quantités très faibles, leurs toxicités n'en sont pas moins inquiétantes : elles échappent en effet à la règle de Paracelse (« *Seule la quantité fait le poison.* »), comme les pesticides et autres, isolément ou, plus graves et non maîtrisables, en cocktails ; ils participent aux effets et transmissions épigénétiques sur le vivant.

Les micropolluants organiques industriels participent à la limite planétaire des « nouvelles entités introduites dans l'environnement », un des enjeux majeurs de la biodiversité, avec le réchauffement climatique et la destruction des biotopes naturels (4).

Les micropolluants organiques sont des molécules industrielles, issues de la pétrochimie ; elles sont inconnues du vivant pour la plupart, et donc non ou très peu biodégradables, souvent toxiques pour le vivant ; elles s'accumulent donc dans les différents compartiments écologiques (les eaux et les sédiments des cours d'eau ainsi que les organismes vivants dans la présente étude, espèce humaine comprise), et ce, de manière très durable. Remarquons qu'actuellement, aucune STEP en France ne traite cette micropollution.

On peut les dénombrer par milliers et dizaines de milliers : pesticides, médicaments, solvants et composés à usages industriels, goudrons, plastifiants divers, etc. Nous les avons regroupés en 19 catégories : voici les catégories et composants observés dans la présente étude :

- produits industriels d'usages domestiques et/ou alimentaires : produits anti-corrosion, conservateurs (parabens...), cosmétiques, dérivés du Brome (Br) (retardateurs de flammes), dérivés du Fluor (F) (les PFAS), dérivés de l'Étain (Sn), solvants industriels divers, PCB, Poly-Chloro-Biphényles (isolants

électriques), plastifiants (bisphénols, phtalates, etc.), polluants divers (dont l'EDTA, un composant des lessives).

- HAP, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (les goudrons) résultats de combustions diverses et autres usages (revêtements de voiries...).
- produits médicamenteux et de désinfection, hormones.
- pesticides divers (molluscicides/anti-limaces, rodenticides/anti-rats ou souris, insecticides-acaricides, herbicides, fongicides et autres).
- dioxines, issues de la combustion de matières chlorées (matières plastiques).
- etc.

Les métaux dits lourds que nous avons retenus sont ceux de la liste établie par l'Union européenne en 2000, à savoir : l'antimoine, l'arsenic, le cadmium, le chrome hexavalent, le cuivre, l'étain, le mercure, le nickel, le plomb, le sélénium, le tellure et le thallium. Certains sont en fait des métalloïdes, mais ils sont tous retenus comme métaux lourds pour leurs grandes ou très grandes toxicités ; certaines toxicités sont connues depuis des décennies ou même plus, comme l'arsenic, le plomb ou le mercure. Toutefois les analyses ne distinguent pas le chrome de l'une de ses formes, le chrome hexavalent, retenu pour sa très grande toxicité.

Ils sont présents naturellement dans les eaux, issus des sols et de l'érosion des sous-sols, mais les concentrations actuelles résultent aussi d'apports industriels ou domestiques. Electronique, micromécanique, agriculture (engrais et cadmium ou pesticides et dérivés de l'arsenic interdits depuis 1973) : ce sont ces apports qui déterminent le niveau de toxicité des eaux (sauvages ou potabilisées) et le suivi institutionnel qu'on leur impose.

2 - Contamination des eaux libres de la Saône par les micropolluants.

Dans cette partie, nous nous sommes donc attachés à comparer la contamination en micropolluants des eaux libres de la Saône dans les trois stations. Pour les eaux libres, les analyses ont été réalisées par l'Agence de l'eau sur les années 2014 à 2021 pour les 3 stations ; nous avons souvent travaillé sur les années 2015, 2018 et 2021 car les nombres d'analyses sont comparables (une douzaine par an).

Nous disposons d'analyses mensuelles, avec deux formats différents : soit par trimestre, une analyse plus complète à quelques 950-1 000 paramètres et 2 analyses moindres (quelques 750-800 paramètres).

21 - Micropolluants organiques dans les eaux libres de la Saône.

Pour cette étude, nous avons exploité les analyses annuelles pour trois années, 2015, 2018 et 2021, de l'amont vers l'aval, à Scey/Saône, Apremont et Auxonne.

Le tableau ci-contre présente l'ensemble des résultats pour les molécules en concentrations quantifiées, regroupées par catégories. Les diagrammes en secteurs présentés en *Annexe 1* permettent de compléter cette présentation globale.

On constate dans un premier temps qu'une centaine de micropolluants organiques peuvent être en concentrations quantifiées dans les eaux de la Saône : ce sont les pesticides, particulièrement les herbicides qui dominent avec 40 à plus de 50 % des micropolluants. Les médicaments, lorsqu'ils sont recherchés, peuvent représenter 20 % des micropolluants. Par contre, les PCB ne sont pas présents en concentrations quantifiées,

Station	Scey/Saône (70)	Apremont (70)	Auxonne (21)
Toutes années (D en conc. détectée et Q en conc. quantifiée)	Années 2014, 2015, 2018 et 2021 (36 analyses)	Années 2015, 2018 et 2021 (38 analyses)	Années 2015, 2018 et 2021 (38 analyses)
Dérivés Br	1		
Dérivés F (PFAS)	2	1	
Dérivés Sn	2	1	1
Divers	1	1	1
HAP	10	10	10
Médicaments	18	21	16
Plastifiants	2	4	3
Divers solvants	6	5	2
Pesticides molluscicides	1	1	
Pesticides divers		1	
Pesticides fongicides.	3	6	3
Pesticides herbicides	31	42	38
Pesticides insecticides	2	2	
Pesticides raticides		1	
Diversité totale	79	96	74
Catégories	12 (9, si 1 pest.)	13 (8 si 1 pest.)	8 (7, si 1 pest.)
Pesticides fongicides SDHI	0 SDHI Q	2 SDHI Q	1 SDHI Q
EDTA (lessive)	EDTA Q	EDTA D non Q	EDTA D non Q

seulement en concentrations détectées.

Certains micropolluants sont très régulièrement présents en concentrations quantifiées : les HAP, des herbicides (le chlortoluron, le métolachlore et ses métabolites, le glyphosate ou surtout un des métabolites, l'AMPA) ou encore l'antidiabétique metformine.

A noter à Apremont, deux fongicides SDHI quantifiés (dont le boscalid, fortement concentré à 0,119 µg/l) en mai 2018 (0,136 µg/l pour les deux).

A noter aussi, la présence en concentration quantifiée de l'atrazine à Scey/Saône en janvier et juillet 2018, et même en juillet 2021, alors que cet herbicide est interdit depuis 2003, ce qui démontre soit la rémanence de la molécule, soit un usage illicite.

L'EDTA, un composant des lessives, est un indicateur des rejets domestiques.

Un certain nombre de ces molécules ont des toxicités largement connues et reconnues : les fongicides SDHI, les PFAS, les phtalates et bisphénols des plastiques, par exemples...

Globalement, mise à part la station d'Apremont, en aval proche de la STEP de Gray, les données relatives à cette micropollution diminuent de l'amont vers l'aval, du fait de la dilution correspondant aux débits croissants.

Il est aussi logique de constater que les concentrations des micropolluants, individuelles ou totales, sont plus élevées en périodes d'étiages, soit en périodes estivales ou de début d'automne.

Ci-dessous, un tableau montre les concentrations moyennes en pesticides pour les trois années 2015, 2018 et 2021 et par type d'analyses : on constate que la moyenne n'est jamais inférieure à 0,1 µg/l, qu'elles sont croissantes entre Scey/Saône et Auxonne, ce qui témoigne d'apports liés à l'agriculture intensive, tout au long du val de Saône ; la forte représentation des herbicides confirme ces usages agricoles. Une forte augmentation s'observe aussi avec Apremont et la STEP de Gray, mais avec un cortège de pesticides plus variés.

Mais concernant le cours de la Saône ainsi étudié, la contamination de ses eaux par pesticides est donc relativement forte.

Station Années 2015, 2018 et 2021	Scey/Saône		Apremont		Auxonne	
	Moyenne analyses 750- 780 par. (23 analyses)	Moyenne analyses 1 000 par. (11 analyses)	Moyenne analyses 750- 780 par. (24 analyses)	Moyenne analyses 1 000 par. (12 analyses)	Moyenne analyses 750- 780 par. (24 analyses)	Moyenne analyses 1 000 par. (12 analyses)
Moyenne (µg/l)	0,1412	0,2578	0,3139	0,3542	0,1579	0,3258
Extrêmes	0 -- 1,0975	0,03 -- 0,565	0 -- 1,512	0,038 -- 0,755	0 -- 0,7923	0,049 -- 0,911

Les évolutions temporelles, à analyses comparables (à 1 000 paramètres) montrent une croissance constante, régulière pour les nombres de molécules en concentrations quantifiées, pour ceux des médicaments et pour les concentrations totales des molécules quantifiées, avec des coefficients variables, le plus important se trouvant à Scey/Saône pour le nombre de médicaments (*cf. Annexe 2*).

Au fil des années, les eaux de la Saône sont donc de plus en plus imprégnées par la micropollution organique, ce qui est logique du fait de l'augmentation de l'usage de ces molécules et de leur très faible dégradation pour la plupart.

Plus précisément, certains micropolluants ont des évolutions décroissantes, telles qu'un HAP, le benzo(k)fluoranthène, mais la plupart sont en croissance (*cf. Annexe 3*), ce qui montre des usages et rejets plus élevés ou des rétentions/stockages moindres dans les organismes ou sols (et écosystèmes). L'exemple des évolutions des herbicides doit correspondre à des usages plus intensifs sur les grandes cultures céréalières du val de Saône : ce sont les exemples des herbicides, tels que le métolachlore et son métabolite, le métolachlore-ESA ou le chlortoluron. Par contre, la même évolution du métabolite AMPA du glyphosate semble correspondre à des apports humains domestiques, urbains (STEP ou pollutions diffuses) croissants.

Ainsi, l'étude de la saisonnalité des concentrations de ces deux pesticides (*cf. Annexe 3*) confirme ces différences : l'AMPA présente des concentrations sur les 3 stations régulières (autour de 0,2 µg/l), sans grand pic estival, mais plutôt avec en relation avec le débit de la rivière et des fortes valeurs sur la fin de l'été et début d'automne ; de manière différente, le métolachlore présente des concentrations relativement faibles toute l'année sauf en mai, avec des concentrations brutalement très élevées, ce qui doit correspondre à des

dates de traitements agricoles, plus ou moins modulées par les durées de lessivage et de transport jusqu'à la Saône.

De l'amont vers l'aval, plusieurs phénomènes semblent donc intervenir :

- le débit de plus en plus important a un effet de dilution que l'on retrouve avec des paramètres plus marqués vers l'amont : nombre de médicaments, concentrations de l'ensemble des molécules quantifiées par exemple. On observe de même ce phénomène de dilution sur un certain nombre de molécules entre Scey/Saône et Auxonne : metformine (un antidiabétique) ou l'HAP benzo(k)fluoranthène : leurs concentrations diminuent de Scey/Saône à Auxonne. Le nombre des PFAS est apparemment aussi soumis à cet effet de dilution, étant en diminution constante de l'amont vers l'aval.
- des apports diffus croissants, tels que les herbicides des grandes cultures intensives avec une croissance de leurs concentrations de Scey/Saône à Auxonne : chlortoluron ou métolachlore sont dans ce cas-là.
- des apports plus ponctuels et croissants tels que ceux d'une STEP : c'est l'exemple de la station d'Apremont en aval de la STEP de Gray, qui présente les valeurs les plus élevées tant dans le nombre moyen de micropolluants quantifiés, que dans celui de leurs concentrations totales moyennes. Les évolutions de l'AMPA en sont un autre exemple, du fait des apports humains (urines et excréments).

Comparées aux normes de potabilité, **si les eaux de la Saône devaient être bues directement**, elles seraient souvent non-conformes pour un seul des pesticides (concentrations supérieures à 0,1 µg/l), mais aussi pour l'ensemble des micropolluants avec des concentrations supérieures à 0,5 µg/l. (cf. *tableau ci-dessous, concernant les seules années 2015, 2018 et 2021*). A Apremont, plus de la moitié des analyses devraient être déclarées non-conformes.

A noter toutefois, que si les eaux de la Saône ne sont évidemment pas utilisées directement comme ressource d'eau potable, elles participent néanmoins à la mise en réserve d'eau dans les nappes alluviales, qui doivent être exploitées tout au long de son cours comme ressource en eau potable : il est donc fort possible que les pollutions de la rivière se retrouvent dans ces eaux souterraines avec néanmoins un délai et une dilution probables.

Les informations du tableau ci-dessous ne sont donc pas inutiles, en termes de santé humaine.

Station	Scey/Saône (70) (34 analyses)	Apremont (70) (36 analyses)	Auxonne (21) (36 analyses)
Pesticides			
Nbre pesticides quantifiés	454	504	443
Nbre pesticides quantifiés > 0,1 µg/l	16	29	19
Nbre de dates avec au moins 1 pesticide > 0,1 µg/l	10	19	14
Nbre de dates avec conc. totale en pesticides > 0,5 µg/l	3	4	4
Concentration max. en pesticides (µg/l)	1,0975	1,512	0,911
Nbre dates AMPA Quantifié	12	20	12
Nbre dates Métolachlore Quantifié	14	27	32
Nbre de dates avec non-conformité	10	24	14
Proportion de non-conformité	10/34 = 29 %	19/36 = 53 %	14/36 = 39 %

On notera dans ce tableau que la non-conformité des eaux de la Saône est croissante de l'amont vers l'aval, avec une forte croissance (tous critères confondus) avec Apremont, ce qui souligne bien de nouveau les apports des STEP ; cela se retrouve dans l'augmentation des occurrences en concentrations quantifiées supérieure à 0,1 µg/l ou celle des concentrations totales supérieures à 0,5 µg/l.

Enfin, les proportions entre AMPA et métolachlore confirment les apports importants de l'AMPA par les eaux domestiques issues des STEP tandis que le métolachlore est apporté plutôt directement par les lessivages des sols agricoles, essentiellement dans la partie aval de notre étude, à Auxonne.

Pour conclure, cette micropollution organique des eaux de la Saône est marquée par deux types d'apports :

- **des apports diffus issus des grandes cultures intensives : ce sont les pesticides, surtout les herbicides représentant plus de 50 % de la diversité des micropolluants et en augmentation sur les années étudiées ;**
- **des apports ponctuels surtout liés à la STEP de Gray, responsables d'un accroissement de nombres de paramètres de cette micropollution, de leur diversité en particulier. Les médicaments et produits**

industriels (solvants, PFAS, plastifiants...) sont une des caractéristiques de ces apports en croissance sur la période étudiée.

Il s'agit donc d'une pollution inquiétante par ses différentes caractéristiques et évolutions ; les conséquences sur les écosystèmes comme sur la ressource en eau potable doivent donc être suivies avec attention.

22 - Métaux lourds dans les eaux libres de la Saône. Le tableau en *Annexe 4* présente une synthèse des résultats des analyses : les concentrations sont en décroissance de l'amont vers l'aval, ce qui correspond de nouveau à un effet de dilution, du fait de l'augmentation des débits de la Saône.

Nous avons présenté les évolutions des concentrations entre les années 2014 et 2021, lorsqu'elles étaient possibles à réaliser, soit pour 5 métaux lourds.

Plus particulièrement, on observe, mis à part pour l'arsenic, et dans une moindre mesure pour le thallium, une croissance des concentrations, avec, sauf pour l'arsenic, une croissance plus forte à Apremont, ce qui témoigne sans doute de nouveau des apports liés à la STEP. Ces différentes évolutions ne sont donc pas très rassurantes sur l'état des eaux de la Saône.

Relativement à la potabilité et potabilisation potentielles des eaux de la Saône, on constate que les données actuelles sont en dessous des limites normatives, ce qui, par contre, ne dit rien sur les toxicités potentielles pour les faunes et flores aquatiques.

En l'état, cette pollution ne semble vraiment inquiétante que par les évolutions croissantes de la concentration de certains métaux lourds.

3 - Contamination des sédiments de la Saône par les micropolluants. Contamination de gammars (Scey/Saône).

31 - Contamination des sédiments de la Saône.

Il faut noter ici que les propriétés chimiques des différents micropolluants ne leur permettent pas d'être dans les mêmes concentrations et proportions dans les sédiments que dans les eaux libres. Les molécules lipophiles, telles que le HAP ou les PCB, sont sur-représentées dans les sédiments par rapport aux eaux libres.

Par ailleurs, les analyses de sédiments sont nettement moins riches que celles de l'eau : quelques 260 paramètres recherchés en 2014 et 2015, quelques 275 à partir de 2018.

De nouveau, nous nous sommes appuyés sur des analyses, annuelles, pour trois (quatre) années, 2014, 2015, 2018 et 2021, de l'amont vers l'aval, à Scey/Saône, Apremont et Auxonne ; pour Scey/Saône, nous disposons d'une analyse en 2014, mais en 2021, toutes molécules recherchées étaient en concentrations insuffisantes pour être quantifiées : d'où l'absence de 2021 dans le tableau. Et le nombre d'analyses des sédiments est réduit et n'excède pas 3 par station.

311 - Micropolluants organiques.

Le tableau ci-dessous présente, pour toutes les années disponibles, les nombres de micropolluants organiques différents, classés par catégories. On peut constater la sur-représentation des HAP dans les micropolluants des sédiments. Les PCB sont présents dans les stations les plus en aval, surtout à Apremont.

Station	Scey/Saône (70)				Apremont (70)				Auxonne (21)			
	2014	2015	2018	Toutes années	2015	2018	2021	Toutes années	2015	2018	2021	Toutes années
Dérivés Br	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
HAP	17	11	14	19	12	18	15	17	13	16	21	19
PCB	-	-	-	-	1	6	3	6	-	2	-	2
Plastifiants	1	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-
Divers solvants, etc.	1	1	-	2	-	3	1	4	-	-	4	5
Pesticides divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Pesticides raticides	-	-	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1
Sommes de micropolluants	19	12	15	23	13	30	20	30	13	19	27	28
Nombre de catégories	3	3	2	5	2	6	4	6	1	3	3	5

Sauf à Auxonne, où l'accroissement semble clair, il est difficile de se prononcer sur une évolution temporelle entre 2014 et 2021, le nombre d'analyses étant trop faible.

On peut aussi constater un accroissement de l'amont vers l'aval, ce qui témoigne d'apports croissants ainsi que du stockage et de la rémanence de ces molécules toxiques dans les sédiments. Rappelons que certaines sont interdites d'usage depuis plusieurs décennies (comme les PCB, depuis 1987). Les pesticides présents à Auxonne sont le méthylcrésol, aussi à usage sanitaire et un pesticide raticide, l'antraquinone.

Par contre, il est important de constater que la station où les sédiments sont les plus pollués est Apremont, en aval de Gray et de sa STEP : on y trouve les nombres de micropolluants ainsi que celui de catégories les plus élevés, sauf pour les HAP : les apports domestiques, urbains sont responsables, avec les solvants industriels, par exemples de cette plus grande diversité.

312 – Métaux lourds.

On trouvera en *Annexe 5* différents tableaux montrant cette contamination des sédiments en métaux lourds. Seul le Tellure n'est jamais en concentration quantifiée. Certains le sont parfois, dans les stations amont : Cadmium, Mercure ou Sélénium. Les plus abondants sont le Chrome, le Plomb, l'Arsenic et le Nickel, toujours quantifiés et parfois en fortes concentrations.

On constate un enrichissement global (somme des concentrations des métaux passant de quelques 150 mg/kg de matière sèche à quelques 190) de l'amont vers l'aval, avec un facteur d'accroissement de 1,5 entre Scey/Saône et Auxonne ; plus dans le détail, le Cadmium, le Mercure, le Plomb et le Sélénium ont leurs concentrations qui doublent (ou plus) de Scey/Saône à Auxonne. Seul le Thallium voit ses concentrations décroître de l'amont vers l'aval, ainsi que dans une moindre mesure, le Chrome. Cette observation est à mettre en perspective avec la diminution des concentrations de ces métaux dans les eaux libres précédemment constatée, du fait l'effet de dilution : cela met en évidence les affinités et capacités de stockage des sédiments pour ces métaux lourds.

Par contre, des évolutions temporelles sont difficiles à déterminer au vu du trop faible nombre d'analyses disponibles, bien qu'une tendance à la décroissance puisse être constatée. Les concentrations de l'antimoine semblent stables ou croître à Scey/Saône, tandis que celles du Chrome et du Thallium semblent décroître sur les 3 stations.

Par ailleurs, le Cadmium, depuis 1990, montre des concentrations régulièrement décroissantes, passant de concentrations moyennes d'à peu près 1 voire 1,5 mg/kg (matière sèche) à moins de 0,5.

Mais Apremont se retrouve la station la plus concentrée pour certains métaux : Arsenic, Cadmium, Cuivre, Etain, Nickel, Sélénium ; de nouveau, cela témoigne de l'importance des apports urbains sur la contamination du cours d'eau et de ses sédiments.

32 - Gammare. Remarquons tout d'abord que les affinités chimiques des micropolluants organiques, la présence de lipides dans les chairs des gammare (ou autres animaux) font que les quantités et proportions des différentes molécules ne sont pas les mêmes dans l'eau libre et dans les gammare. Par ailleurs, les micropolluants recherchés ne sont pas les mêmes : les dioxines et furanes ne sont recherchés que dans les gammare pour les analyses dont nous disposons.

La seule analyse à Scey/Saône du 18 novembre 2015 est constituée de quelques 219 molécules recherchées ; elle donne une micropollution relativement forte avec 45 micropolluants organiques et 20 métaux lourds en concentrations quantifiées.

Concernant les micropolluants organiques, le graphique en *Annexe 6* présente leur répartition par nombre de molécules en concentrations quantifiées : 8 catégories avec une prédominance des HAP, puis des PCB et des plastifiants. Contrairement à l'eau libre, les pesticides sont moins présents, mais moins recherchés aussi. On y trouve néanmoins du DDT et un de ses métabolites, alors que cet insecticide est interdit depuis 1972.

La concentration totale de ces micropolluants représente 640,353 µg/(kg poids frais) dont 565,200 de phtalates, ce qui donne une concentration hors phtalates de 75,153 µg/(kg poids frais). Les PCB (au nombre de 8) et dioxines (au nombre de 2) donnent une toxicité inquiétante et durable, puisque les PCB sont interdits depuis 1987. Parmi les pesticides, les insecticides sont les plus représentés (4/7), avec entre autres du DDT et un de ses dérivés, interdit depuis les années 1970. On observe aussi un nombre important de plastifiants avec des phtalates (6/7).

A titre de comparaison, et en dehors des trois stations étudiées, en aval d'Auxonne, à Charrey/Saône (21), avec 7 analyses réparties entre 2018 et 2022, sur des gammars (mais à partir de 2022, le format des analyses a évolué avec 415 paramètres recherchés).

Sur 2018-2020 seulement, on trouve donc une moyenne de 25,7 micropolluants par analyses et une moyenne des concentrations de 121,600 µg/(kg poids frais) pour les concentrations de micropolluants organiques et hors phtalates 63,000 µg/(kg poids frais). Les nombres et concentrations (hors phtalates) sont en décroissance régulière de 2018 à fin 2022 (cf. *Annexe 6*).

Par contre, PCB et dioxines sont nettement plus représentés à Charrey/Saône qu'à Scey/Saône, mais avec un effort de recherche plus élevé à partir de 2022.

En conclusions, la micropollution organique des gammars à Scey/Saône est donc relativement élevée : plus forte pour le nombre de micropolluants organiques, bien que plus faible en concentration totale, par rapport à Charrey/Saône. Elle est donc plus élevée qu'en aval, bien que pour une année antérieure, et même en admettant la même évolution décroissante de la contamination par micropolluants qu'à Charrey/Saône. Elle témoigne bien des micropolluants actuels issus des activités humaines ; et même si certains sont actuellement interdits comme les PCB ou l'insecticide DDT, cela illustre bien la rémanence de ces molécules hautement toxiques dans les écosystèmes et organismes vivants. La présence de polluants plus récents, pesticides et plastifiants amène à prévoir une contamination qui évolue, mais toujours bien marquée.

Concernant les métaux lourds, seuls 9 sur 12 sont en concentrations quantifiées : le mercure, le thallium et le tellure sont seulement en concentrations détectées. Le total des concentrations des seuls métaux en concentration quantifiée représente 11,108 mg/kg (poids frais).

Par comparaison, plus en aval, à Charrey/Saône, tous les métaux lourds sont au moins une fois en concentration quantifiée entre 2018 et 2022 ; le total de leurs concentrations fait en moyenne 14,603 mg/kg (poids frais). A noter qu'il est difficile de noter une évolution de leurs concentrations entre 2018 et 2022, mais certains métaux sont nettement plus concentrés à Scey/Saône comme le cadmium ou le plomb (cf. *Annexe 6*). Et avec des toxicités avérées, pour chacun de ces deux métaux.

Pour conclure, la contamination des gammars par les métaux lourds est claire et potentiellement dangereuse ; elle est sans doute aussi peu évolutive si on la compare avec celle des gammars de Charrey/Saône.

3 - Discussions, conclusions.

A l'issue de l'exploitation de ces différentes données, il apparaît que la Saône, pour la partie amont de son cours, est une rivière relativement fortement polluée par les micropolluants, si l'on considère les nombres de micropolluants, particulièrement les herbicides ; ces valeurs correspondent à celles du Doubs en aval de Pontarlier, alors que les débits de la Saône sont largement supérieurs. Par contre, les concentrations y sont moindres et correspondent à celles de la Loue, à Mouthier-H^{te} Pierre, largement impactée par la STEP de Pontarlier, une ville comportant le double de la population de Gray. Dans le reste de la zone AOP Comté, les données sont nettement moindres, dans le Dessoubre, le Cusancin ou les autres stations de la Loue en aval de Mouthier-Hte Pierre.

Ces données sont notables pour une rivière qui draine un bassin versant peu urbanisé, puisque la ville de Gray est la principale ville et communauté de communes implantée sur le cours de la Saône.

Globalement, mise à part l'aval proche de Gray (et de sa STEP), les données relatives à cette micropollution diminuent de l'amont vers l'aval, du fait de la dilution correspondant aux débits croissants.

La micropollution organique est marquée par le nombre et les concentrations en herbicides, avec des augmentations dans le temps comme dans l'espace, de l'amont vers l'aval. Cela témoigne des apports diffus issus des lessivages des sols agricoles soumis aux cultures intensives (céréales, oléagineux etc.). Ces apports sont d'autant plus marqués que le débit de la Saône est faible, en zone amont.

Ces apports évoluent au gré des autorisations dans les usages de tel ou tel pesticide : on a vu ainsi diminuer le nombre d'occurrences et les concentrations de DDT, puis de l'atrazine, interdits respectivement en 1972 et 2003. L'interdiction à partir de 2024 de l'usage du métolachlore, quelque soit sa forme chimique, va provoquer le même phénomène, avec son remplacement par d'autres molécules, plus ou moins toxiques...

Par contre, classiquement, les apports ponctuels de la STEP de Gray se retrouvent de manière claire dans les analyses à Apremont, par leur quantités de micropolluants comme par leur diversité.

Concernant les métaux lourds, leurs concentrations demeurent relativement faibles.

De l'amont vers l'aval, les eaux libres montrent plutôt une diminution de leurs concentrations tandis qu'une croissance est notable dans les sédiments. Cela témoigne des fortes affinités des sédiments pour des métaux lourds permettant leur stockage sédimentaire. Les apports urbains sont particulièrement visibles à Apremont, en aval de Gray et de sa STEP.

Quant aux évolutions temporelles, on constate dans les eaux libres l'accroissement des concentrations pour un certain nombre d'entre eux (cuivre, nickel et plomb et dans une moindre mesure, arsenic) ; par contre, le faible nombre de mesures dans les sédiments montrerait une diminution au cours du temps, mais il est difficile de se prononcer sur une période aussi courte.

Concernant l'analyse sur les gammars de Scey/Saône, leur contamination en micropolluants est relativement élevée, ce qu'on peut mettre en relation avec un taux de survie relativement faible ; et ce, alors que Scey/Saône est située en amont de notre étude. La forte proportion de PCB, la présence de l'insecticide DDT témoignent de la grande rémanence de certains micropolluants ; l'abondance de plastifiants correspond au développement actuel et constant de ces polluants.

Enfin, l'étude de ces gammars, dont la place dans les réseaux trophiques est celle de brouteurs-herbivores, laisse imaginer des taux de micropollutions beaucoup élevés dans les animaux de niveaux trophiques supérieurs : en s'en nourrissant directement ou indirectement, ces espèces - dont la nôtre, en cas de fortes consommations de poisson pêché dans la Saône -, accumulent et concentrent de telles molécules potentiellement très toxiques et surtout peu ou pas biodégradables, à l'échelle de l'année ou de la décennie.

Pour conclure, la micropollution de la Saône est relativement forte et plutôt en évolution croissante ; elle est en relation directe avec des apports élevés, soit par l'agriculture intensive et ses pesticides, soit par les eaux domestiques usées, bien que traitées par les STEP, exception faite pour ces micropolluants.

Elle se répercute au long des chaînes alimentaires et constitue donc à terme une menace pour la biodiversité. C'est aussi une menace pour la ressource en eau potable des populations exploitant les nappes alluviales associées à la Saône.

Bibliographie/sitographie

- (1) site Naiades : <http://www.naiades.eaufrance.fr>
 - (2) site eaufrance, hydroportail : [https:// www.hydro.eaufrance.fr/](https://www.hydro.eaufrance.fr/)
 - (3) HELSEL D. R. More than obvious : *better methods for interpreting nondetect data /U.S. Geological survey /* October 15, 2005 / Environmental Science & Technology
 - (4) PERSSON L. *et all.*, Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environ. Sci. Technol.* 2022, 56, 3, 1510–1521 ; January 18, 2022. Lien : <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>
- SENE G. Les micropolluants et pesticides dans les eaux comtoises : un enjeu grave en matière de biodiversité et de sante humaine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs* (2012-2014) 94, 50- 61.
 - SENE G. Les micropolluants et pesticides dans les cours d'eau franc-comtois : compléments. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs* (2016-2017) 96, 97 - 112.
 - SENE G. L'impact humain sur la qualité des eaux du Doubs : exemples de flux écologiques en matière de pesticides. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs* (2019-2020) 98, 47 – 58
et <https://www.shnd.fr/2021/02/03/limpact-humain-sur-la-qualite-des-eaux-du-doubs-exemples-de-flux-ecologiques-en-matiere-de-pesticides/>

Annexe 1 - Diversité des micropolluants organiques dans la Saône pour les années 2014-15, 2018 et 2021.

Suivant les stations, 2 ou 3 années de suivi, seuls les micropolluants en concentration quantifiée sont ici exploités. Ils sont regroupés en 15 catégories ; certaines catégories ne sont pas représentées ou pas dans toutes les stations.

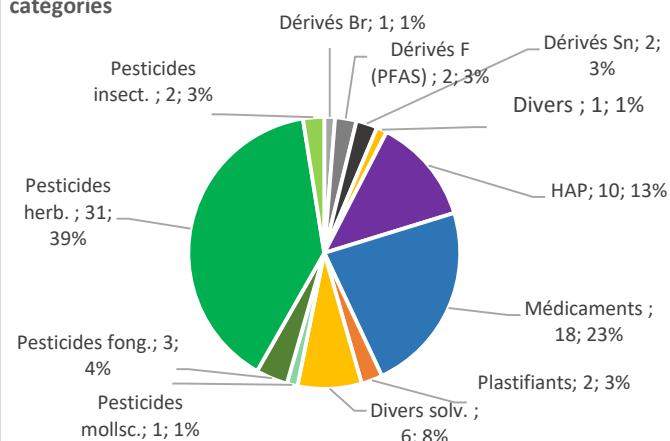
La taille des graphiques a été plus ou moins adaptée au nombre de micropolluants présents sur les années étudiées pour chaque station. Nombre et pourcentage sont indiqués pour chaque catégorie. Les pesticides sont tous en vert.

Comme précédemment, les stations sont présentées de l'amont vers l'aval (Scey/Saône, Apremont et Auxonne).

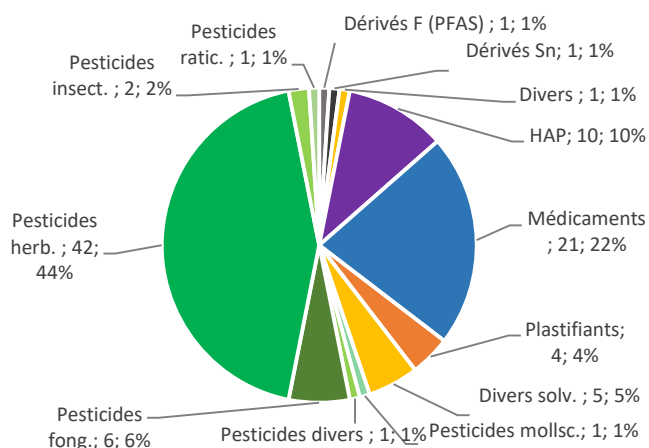
Catégories, par ordre alphabétique dans le sens horaire depuis le 0 à midi : Substances anti-corrosion, Conservateurs, Cosmétiques, Dérivés du Brome, Dérivés du Fluor (PFAS), Dérivés de l'Etain, Dioxines, Divers, HAP, Médicaments, Plastifiants, Solvants divers, Pesticides divers, fongicides, herbicides, insecticides, molluscicides et raticides.

Apports différenciés agricoles et/ou domestiques-urbains ainsi que les débits croissants expliquent les différences entre les graphiques.

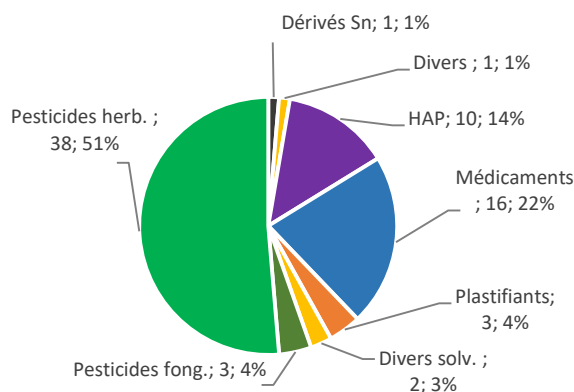
La Saône à Scey/Saône (70) - Années 2014, 2015, 2018 et 2021 - 79 paramètres quantifiés, 12 catégories



La Saône à Apremont (70) - Années 2015, 2018 et 2021 - 96 paramètres quantifiés, 13 catégories



La Saône à Auxonne (21) - Années 2015, 2018 et 2021 - 74 paramètres quantifiés, 8 catégories



Annexe 2 - Evolutions de différents paramètres relatifs aux micropolluants organiques des eaux de la Saône.

Seules les analyses à quelques 1 000 paramètres sont prises en compte. Elles présentent les médicaments.

Seules les molécules en concentrations quantifiées sont prises en compte.

Les analyses étudiées sont toutes d'années comparables : 2015, 2018 et 2021. Les analyses à 750-780 paramètres sont en italique, celles à 1 000 paramètres en caractères droits et gras.

Comme précédemment, les stations sont présentées de l'amont vers l'aval (Scey/Saône, Apremont et Auxonne) :

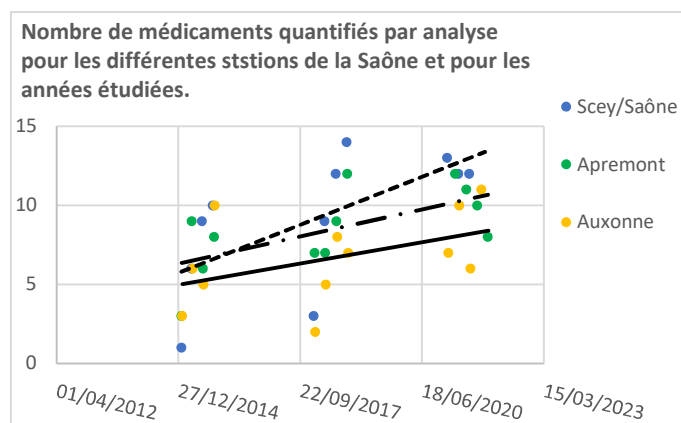
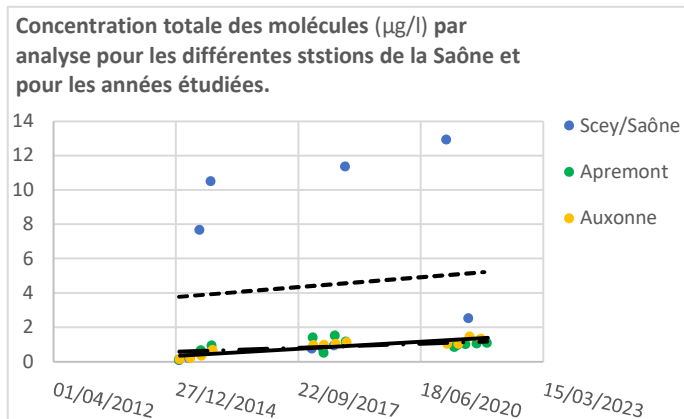
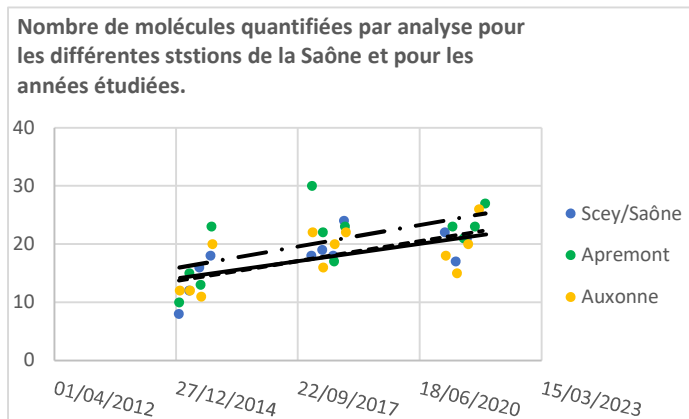
- Scey/Saône est en bleu et sa courbe de régression est en petits pointillés réguliers,
- Apremont, en vert et sa courbe est en gros pointillés irréguliers,
- Auxonne, en jaune et sa courbe de régression est un trait plein.

L'ensemble des courbes est validé par le R^2 (sauf 3, dont 1 seule est très mal soutenue : à Scey/Saône pour les concentrations très dispersées) et les évolutions sont bien démontrées.

Données chiffrées, tous micropolluants organiques confondus.

Station	Scey/Saône (70)			Apremont (70)			Auxonne (21)		
	Concentrations moyennes ($\mu\text{g/l}$)	Nbre molécules quantifiées	Nbre médicaments	Concentrations moyennes ($\mu\text{g/l}$)	Nbre molécules quantifiées	Nbre médicaments	Concentrations moyennes ($\mu\text{g/l}$)	Nbre molécules quantifiées	Nbre médicaments
Année									
2015	4,425	18,6	6,5	0,951	21,9	6,5	0,857	17,8	7
2018	3,452	19,8	8,8	1,143	23,0	8,8	1,022	20	6,7
2021	5,469	24,0	10,3	1,218	27,5	10,3	1,212	19,8	8,5
Toutes années (formats analyses différents)	4,449 <i>0,528 //</i> 4,858 <i>(0,087 à 10,499)</i>	20,8 <i>10 //</i> 20 <i>(extrêmes : 10 à 30)</i>	9 <i>(extrêmes : 1 à 14)</i>	1,104 <i>0,543 //</i> 0,878 <i>(0,127 à 1,511)</i>	24,1 <i>10 //</i> 20 <i>(extrêmes : 10 à 30)</i>	9 <i>(extrêmes : 3 à 12)</i>	0,857 <i>0,449 //</i> 0,857 <i>(0,049 à 0,911)</i>	19,2 <i>10 //</i> 18 <i>(extrêmes : 11 à 26)</i>	7 <i>(extrêmes : 2 à 11)</i>

Evolutions graphiques.

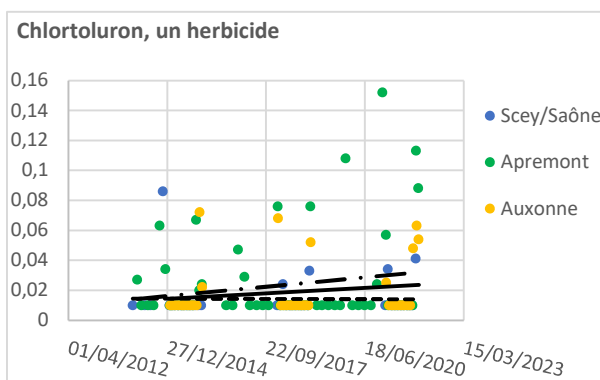
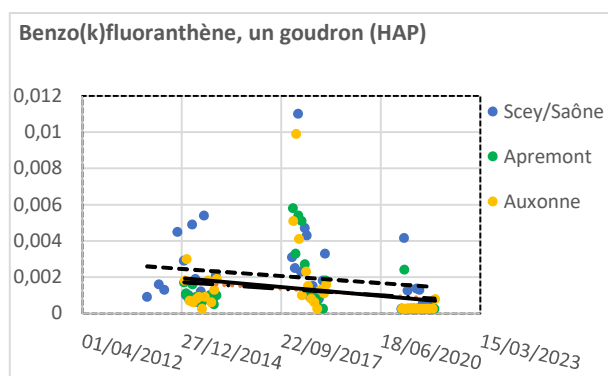
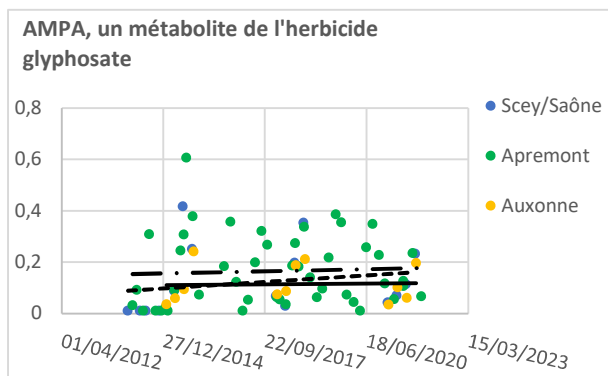
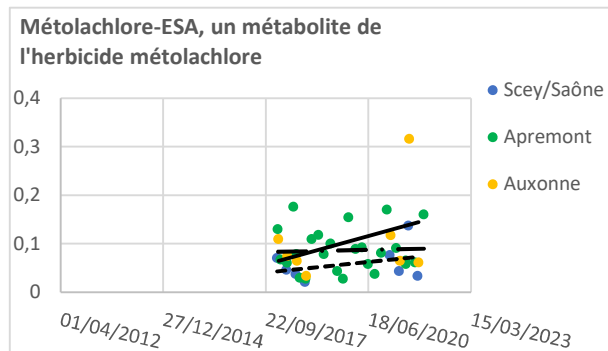
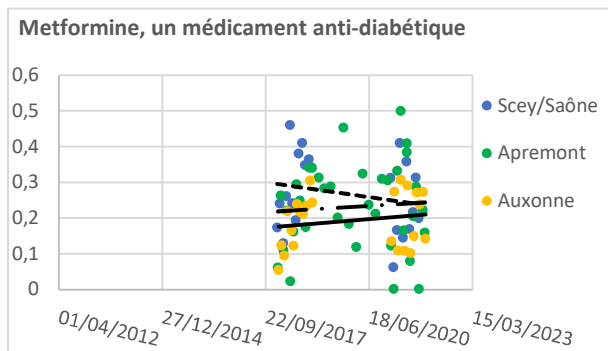


Annexe 3 - Evolutions des concentrations de quelques micropolluants organiques dans les eaux de la Saône pour les années 2014 à 2021. Etude de la saisonnalité des concentrations.

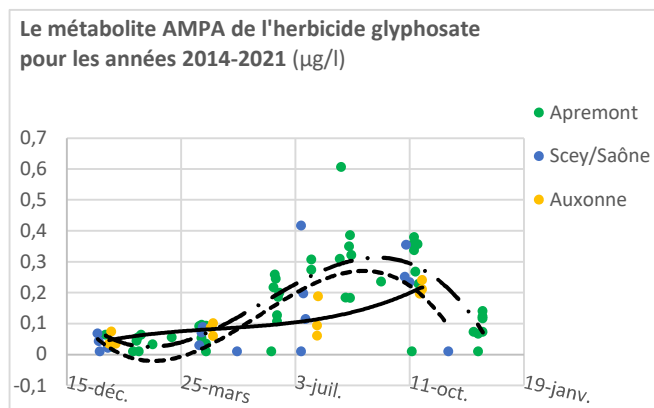
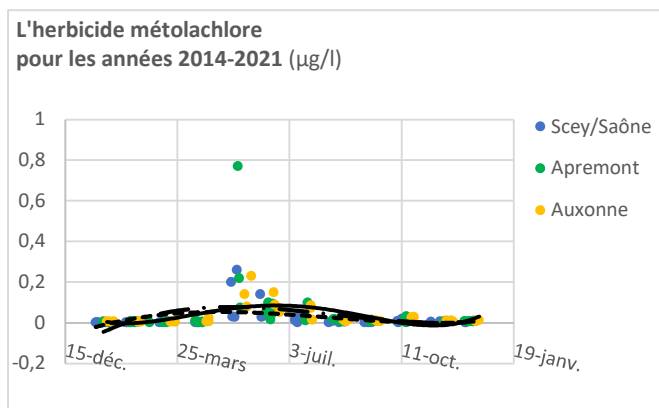
Différents exemples représentatifs de différentes catégories. L'unité de concentration est le µg/l.

Pour la détermination de saisonnalité, les données sont toutes ramenées sur une même année et des courbes de régression d'ordre 3 ou 4 ont été utilisées, sur des données comparables en limite de détection (LD)-limite de quantification (LQ) (années 2014-2021).

Courbes en traits petits pointillés réguliers, Scey/Saône, en gros pointillés irréguliers, Apremont et en trait continu, Auxonne.



Etude de la saisonnalité des concentrations pour deux pesticides différents.



Annexe 4 - Concentrations des métaux lourds dans les eaux de la Saône pour les années 2015 (2014), 2018 et 2021.

Une douzaine d'analyses chaque année à Scey/Saône sur les années 2014, 2015, 2018 et 2021 et à Apremont et Auxonne sur les années 2015, 2018 et 2021.

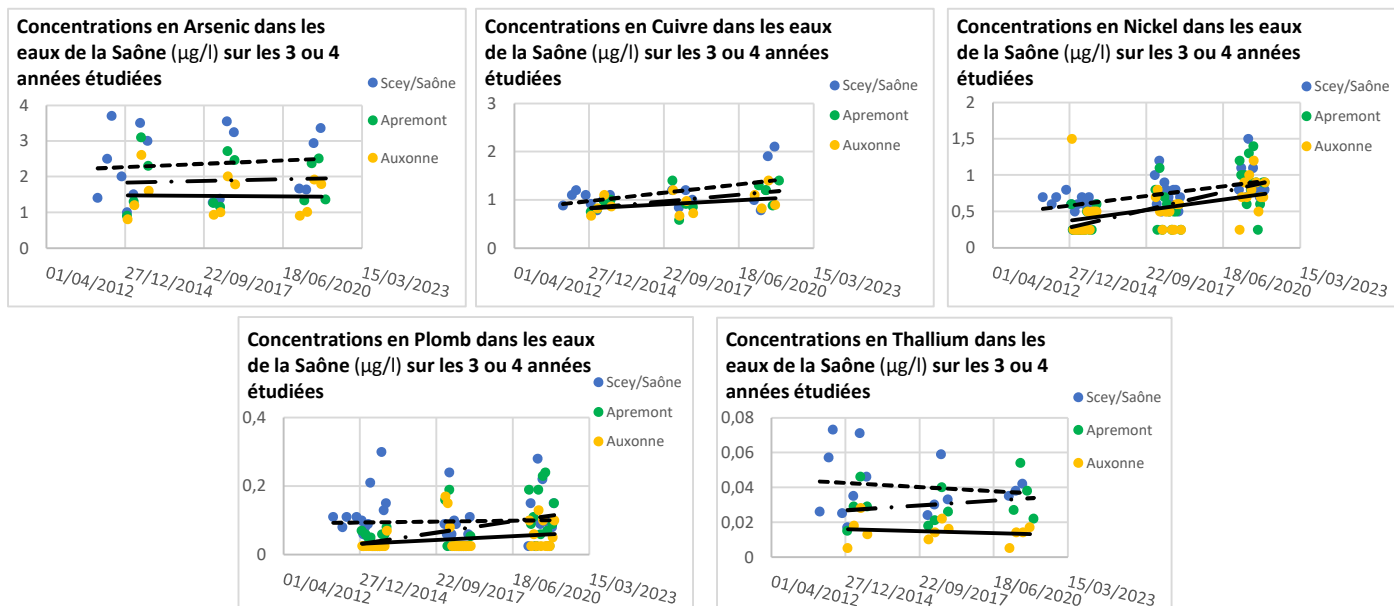
Les analyses sont mensuelles pour le Cadmium, le Mercure, le Nickel et le Plomb, trimestrielles pour les autres métaux.

Dans le tableau, les concentrations sont en µg/l et les nombres en rouge indiquent les concentrations quantifiées divisées par 2, lorsque les métaux ne sont pas en concentrations quantifiées.

Concentrations quantifiées et détectées pour les évolutions des concentrations des quelques métaux exploitables.

Station	Limite potabilité	Limite potabilisation	Scey/Saône (70)			Apremont (70)			Auxonne (21)		
			Minima (µg/l)	Moyenne (µg/l)	Maxima (µg/l)	Minima (µg/l)	Moyenne (µg/l)	Maxima (µg/l)	Minima (µg/l)	Moyenne (µg/l)	Maxima (µg/l)
Antimoine	10 µg/l		0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Arsenic	10 µg/l	100 µg/l	1,000	2,353	3,700	0,900	1,904	2,710	0,800	1,460	2,600
Cadmium	5 µg/l		0,005	0,005	0,010	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Chrome	25 µg/l		0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,425	2,100
Cuivre	10 mg/l		0,780	1,130	2,100	0,580	1,005	1,400	0,670	0,935	1,400
Etain			0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Mercur	1 µg/l	1 µg/l	0,005	0,005	0,200	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Nickel	20 µg/l	20 µg/l	0,250	0,727	1,200	0,593	0,593	1,400	0,250	0,561	1,500
Plomb	5 µg/l		0,025	0,093	0,300	0,025	0,074	0,240	0,025	0,046	0,170
Sélénium	20 µg/l		0,050	0,067	0,122	0,05	0,083	0,160	0,05	0,063	0,140
Tellure			0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Thallium			0,017	0,042	0,073	0,015	0,030	0,054	0,005	0,015	0,054
Total des concentrations			3,132	5,422	8,705	3,173	4,699	6,974	2,810	4,265	8,724

Evolutions des concentrations de quelques métaux lourds dans les eaux de la Saône.



Annexe 5 - Concentrations des métaux lourds dans les sédiments de la Saône pour les années 2015 (2014), 2018 et 2021.

Quatre analyses à Scey/Saône (2014, 2015, 2018 et 2021), trois à Apremont et Auxonne (2015, 2018 et 2021).

Dans les tableaux concernant les métaux, les concentrations sont en mg/kg (matière sèche) et les nombres en rouge indiquent les concentrations quantifiées divisées par 2, lorsque les métaux ne sont pas en concentrations quantifiées.

Concentrations moyennes en métaux lourds (mg/kg matière sèche) sur les années étudiées et taux d'évolution de l'amont vers l'aval.

Station / Métaux lourds / etc.	Sédiments Scey/S.	Sédiments Apremont	Sédiments Auxonne	Taux évolution Apremont/Scey/S.	Taux évolution Auxonne/Scey/S.
	Moyennes en mg/kg matière sèche				
Antimoine	1,2	1,1	1,333	0,9	1,1
Arsenic	20,3	23,1	18,033	1,1	0,9
Cadmium	0,113	0,333	0,3	2,7	2,4
Chrome	78,1	64,9	73,433	0,8	0,9
Cuivre	8,95	17,1	12,9	1,9	1,4
Etain	3,025	4,367	3,6	1,4	1,2
Mercure	0,021	0,07	0,05	3,2	2,3
Nickel	11,875	23,233	17	2,0	1,4
Plomb	22,6	26,9	58,367	1,2	2,6
Sélénium	0,575	1,267	1,067	2,2	1,9
Tellure	0,1	0,1	0,1	1,0	1,0
Thallium	1,45	1,1	1,133	0,8	0,8
Total des concentrations	148,309	163,57	187,316	1,6 (0,8 - 3,2)	1,5 (0,2 - 2,6)

Evolutions des concentrations en métaux lourds (mg/kg matière sèche) sur les 3 stations étudiées sur la Saône.

La coloration des cases de moyennes en rouge indique une croissance au cours du temps, en bleu, une décroissance.

Scey/Saône	29/10/2014	02/09/2015	30/05/2018	09/09/2021	Moyenne
Antimoine	1,000	0,900	1,300	1,600	1,200
Arsenic	17,100	20,800	25,500	17,800	20,300
Cadmium	0,100	0,100	0,200	0,100	0,125
Chrome	105,000	83,300	76,800	47,300	78,100
Cuivre	9,900	9,000	11,100	5,800	8,950
Etain	3,000	2,700	2,800	3,600	3,025
Mercure	0,021	0,030	0,030	0,005	0,022
Nickel	13,200	13,500	12,400	8,400	11,875
Plomb	22,900	18,200	26,100	23,200	22,600
Sélénium	0,400	1,300	0,300	0,300	0,575
Tellure	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Thallium	1,500	1,200	1,600	1,500	1,450
Total conc.	174,221	151,130	158,130	109,705	148,322

Apremont	19/10/2015	18/07/2018	21/09/2021	Moyenne
Antimoine	1,100	1,100	1,100	1,100
Arsenic	23,900	23,700	21,700	23,100
Cadmium	0,400	0,300	0,300	0,333
Chrome	69,300	68,500	56,900	64,900
Cuivre	19,900	18,800	12,600	17,100
Etain	4,600	5,500	3,000	4,367
Mercure	0,070	0,100	0,040	0,070
Nickel	25,800	26,200	17,700	23,233
Plomb	27,300	29,900	23,500	26,900
Sélénium	2,200	1,500	0,100	1,267
Tellure	0,100	0,100	0,100	0,100
Thallium	1,000	1,200	1,100	1,100
Total conc.	175,670	176,900	138,140	163,570

Auxonne	19/10/2015	18/07/2018	21/09/2021	Moyenne
Antimoine	1,400	1,300	1,300	1,333
Arsenic	20,300	20,500	13,300	18,033
Cadmium	0,300	0,500	0,100	0,300
Chrome	101,000	76,000	43,300	73,433
Cuivre	13,000	19,400	6,300	12,900
Etain	3,500	4,200	3,100	3,600
Mercure	0,040	0,090	0,020	0,050
Nickel	15,400	27,100	8,500	17,000
Plomb	122,000	28,300	24,800	58,367
Sélénium	1,200	1,700	0,300	1,067
Tellure	0,100	0,100	0,100	0,100
Thallium	1,200	1,000	1,200	1,133
Total conc.	279,440	180,190	102,320	187,317

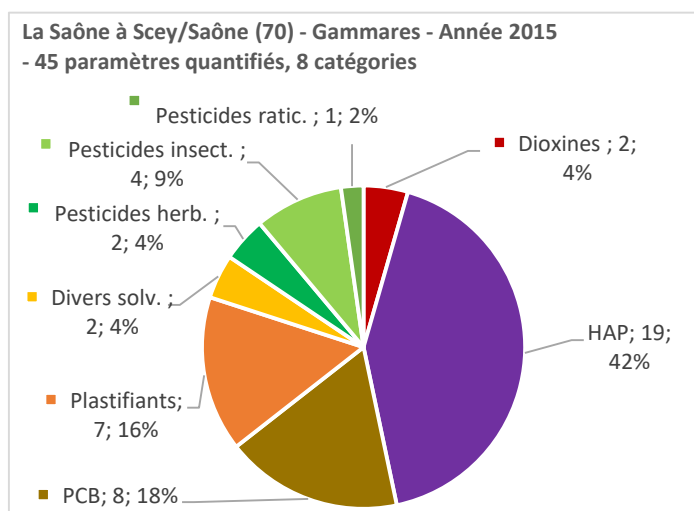
Annexe 6 - Diversité des micropolluants et métaux lourds dans les gammares de la Saône pour les années 2015 et suivantes.

Une seule analyse à Scey/Saône le 18 novembre 2018.

Nombre et pourcentage sont indiqués pour chaque catégorie. Les pesticides sont tous en vert.

Catégories, par ordre alphabétique dans le sens horaire depuis le 0 à midi : Substances anti-corrosion, Conservateurs, Cosmétiques, Dérivés du Brome, Dérivés du Fluor (PFAS), Dérivés de l'Etain, Dioxines, Divers, HAP, Médicaments, Plastifiants, Solvants divers, Pesticides divers, fongicides, herbicides, insecticides, molluscicides et raticides. Seules apparaissent les catégories où les molécules sont en concentrations quantifiées.

Dans les tableaux, concernant les micropolluants, les concentrations sont exprimées en µg/kg (poids frais) et celles concernant les métaux, sont exprimées en mg/kg (poids frais) et les nombres en rouge indiquent les concentrations quantifiées divisées par 2, lorsque les métaux ne sont pas en concentrations quantifiées.



Gammares Charrey/Saône	Nombre de micropolluants	Concentration totale (µg/kg (poids frais))	Concentrations des phtalates (µg/kg (poids frais))	Concentrations hors phtalates (µg/kg (poids frais))
16/05/2018	31	119,121	NQ	119,121
14/11/2018	21	186,311	107	79,311
22/01/2020	28	115,738	69	46,738
25/11/2020	28	62,847	NQ	62,847
13/04/2022	25	66,56	NQ	66,56
25/05/2022	26	57,576	NQ	57,576
30/11/2022	20	23,681	NQ	23,681
Moyennes	25,6	90,262		65,119

Station	Scey/Saône (70) (18/11/2015)		Charrey/Saône (21) (7 analyses entre 2018 et 2022)		
	Concentration		Minima	Moyenne (µg/kg poids sec)	Maxima
Métal lourd (µg/kg(poids frais))	µg/kg poids sec	µg/kg poids frais			
Antimoine	0,014	0,093	0,005	0,008	0,016
Arsenic	0,440	2,933	0,423	0,543	0,681
Cadmium	0,022	0,147	0,008	0,012	0,015
Chrome	0,302	2,013	0,121	0,330	0,778
Cuivre	10,100	67,333	9,250	12,521	14,800
Etain	0,040	0,267	0,010	0,028	0,065
Mercuré	0,005	0,033	0,005	0,008	0,014
Nickel	0,200	1,333	0,105	0,209	0,369
Plomb	0,386	2,573	0,050	0,141	0,338
Sélénium	0,300	2,000	0,553	0,783	1,080
Tellure	0,010	0,067	0,010	0,006	0,002
Thallium	0,010	0,067	0,010	0,014	0,023
Total des concentrations	11,829	78,860		14,603	