



UNIVERSITÉ  
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ



# Étude de l'état de santé des rivières karstiques en relation avec les pressions anthropiques sur leurs bassins versants.

## VOLET

### Evaluation des dangers et risques liés aux contaminants chimiques

#### 3. Eléments traces métalliques

---

Pierre-Marie Badot, Audrey Bolard, François Degiorgi

4 septembre 2019



UNIVERSITÉ  
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ



## Avertissement

*Ce document fait la synthèse des résultats obtenus en matière de contaminations par les Eléments en Traces Métalliques (ETM) dans les tranches précédentes (tranches 1, 2a et 2b) et des résultats de la quatrième tranche (tranche n°3)*

## INTRODUCTION

Depuis plusieurs dizaines d'années, un faisceau de signes, mesures et observations montrent que les rivières de Franche-Comté subissent une érosion lente mais continue de leurs fonctions biologiques :

- des proliférations algales récurrentes ;
- des phénomènes de colmatages des fonds par des fines ou des feutrages organiques de plus en plus intenses ;
- des eaux en période de crue présentant fréquemment une teinte "chocolat" lorsque le débit dépasse le module ;
- une raréfaction voire une disparition d'espèces réputées sensibles (grands plécoptères, écrevisses pieds blancs, éphémères, trichoptères...) ;
- des captures de salmonidés par les pêcheurs montrant une nette tendance à la baisse ;
- une remontée des espèces médianes ou basales (comme l'ombre ou de nombreuses espèces d'insectes aquatiques) vers les secteurs apicaux ;
- ...

Cette évolution négative semble s'être affirmée, sinon accélérée, depuis peu. Des mortalités massives de salmonidés sont survenues en 2010 et 2011, notamment au moment de leur période de reproduction.

De tels processus d'altération ont également été observés sur d'autres cours d'eau calcaires franc-comtois. Dans le cas de la Loue, ces phénomènes ont été d'autant plus spectaculaires que cette rivière était parmi les moins perturbées et présentait des stocks de salmonidés encore très importants jusqu'en 2008. La Loue et ses affluents constituent un observatoire représentatif pour rechercher les origines de l'appauvrissement général des ressources écologiques des rivières karstiques.

Depuis juillet 2012, le laboratoire Chronoenvironnement (UMR 6249, CNRS/UFC/UBFC) a entrepris avec le soutien financier de l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, puis du conseil régional de Bourgogne - Franche-Comté et du conseil départemental du Doubs, un programme de recherches centré sur ce réseau hydrographique pour atteindre les objectifs suivants :

1. caractériser de manière approfondie l'état de santé actuel de la Loue et ses évolutions avec des méthodes plus précises que celles employées dans les suivis réglementaires de la qualité des eaux réalisés dans le cadre de la directive cadre sur l'eau ;

2. appréhender les mécanismes de perturbations des fonctions biologiques du cours d'eau par l'analyse conjointe des compartiments fluviaux et des principaux étages de l'édifice biologique ;
3. identifier les contaminants présents dans les différents compartiments de l'écosystème et leurs voies de transferts, hiérarchiser leurs impacts possibles, examiner leurs sources potentielles à l'échelle du bassin versant ;
4. explorer les relations existant entre l'évolution des activités socio-économiques du bassin versant de la Loue d'une part et la qualité des eaux et les capacités d'autoépuration de la rivière d'autre part.

La première tranche (tranche 1), réalisée entre juillet 2012 et fin 2014, s'est essentiellement attachée aux deux premiers objectifs. Elle a permis d'établir un diagnostic détaillé de l'état de la rivière et de sérier les hypothèses et scénarii visant à rendre compte des dégradations observées dans la rivière.

La deuxième tranche (tranche 2A) a été conduite de juillet 2012 à septembre 2015. Les investigations en matière de contaminants ont été effectuées dans différentes matrices environnementales (eaux, effluents de STEP, MES, sédiments, biote) et ont permis l'identification de multiples contaminants : pesticides chlorés, pyréthrinoides, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ou bien encore résidus médicamenteux. Nous avons également établi que ces contaminations sont éminemment variables (i) en ce qui concerne leur nature chimique, (ii) leur occurrence temporelle et (iii) leur localisation spatiale, sans qu'il soit à ce stade possible d'identifier des *patterns* réguliers.

Les pesticides organochlorés et les pyréthrinoides, mais aussi les HAP sont les polluants les plus fréquemment mis en évidence dans les différentes matrices. Les HAP sont retrouvés de manière quasi systématique ou très fréquente dans les sédiments, les MES et le biote (algues). Les pesticides organochlorés, notamment l'hexachlorobenzène, le lindane, le DDT et ses métabolites sont souvent présents dans les poissons qui ont été analysés.

Ces contaminations atteignent des niveaux suspectés d'induire des effets toxiques avérés. Au cours de la troisième tranche (tranche 2B), nous avons donc entrepris de caractériser quantitativement la dangerosité de certains contaminants organiques persistants mis en évidence dans l'écosystème aquatique, afin d'être en mesure d'évaluer dans quelle mesure ces contaminants pourraient contribuer aux dysfonctionnements écologiques constatés seuls ou en conjonction avec d'autres facteurs stressants.

Au cours de la quatrième tranche (tranche 3), des analyses de pesticides, d'éléments en traces métalliques et de HAP ont été conduites sur les eaux lysimétriques, les eaux de surface, les MES et les sédiments en lien avec les suivis lysimétriques effectués sur les bassins versants du Grand Bief et de Plaisir Fontaine depuis 2016.

## ETM

L'ensemble des résultats analytiques obtenus depuis 2013 en matière de contaminations par des ETM est donné dans les annexes 50 à 70.

Les contaminations ont été mesurées dans les matrices suivantes : eaux lysimétriques et eaux superficielles (annexes 51, 52, 53, 54, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69), effluents de STEP (annexes 65 et 70), sédiments et matières en suspension (annexes 50, 55, 57), poissons (annexe 59), eaux routières (annexe 58). Les différentes campagnes de mesures se sont échelonnées de 2013 à 2019. En fonction des campagnes et des matrices, les analyses ont été réalisées par ABL Analytics (CH), Qualio, EPFL(CH) et Chrono-environnement.

## DANGERS DES ETM, REPERES TOXICOLOGIQUES ET ECOTOXICOLOGIQUES ET CADRE REGLEMENTAIRE

En première approche, on peut considérer que les métaux sont des éléments chimiques, bons conducteurs de l'électricité et de la chaleur, susceptibles de se lier entre eux par des liaisons métalliques. La Figure 1 donne une représentation de la classification périodique des éléments dans laquelle les métaux sont entourés d'un trait large, les métalloïdes sont bordés d'un liseré grisé et les non métaux entourés d'un simple trait.

H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha																																									
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

Figure 1. Les métaux dans la classification périodique des éléments (d'après Hopkin 1989)

Les utilisations des métaux par les activités humaines sont multiples et anciennes.

La toxicité des métaux a été reconnue très précocement. Les effets néfastes des métaux (cf. résumé plus bas) sont très variables : ils sont fonction de l'élément concerné, de la forme chimique présentée (c'est-à-dire de l'espèce chimique : atome, ions, complexes...), et bien entendu de l'organisme exposé et des conditions d'exposition. Les éléments en traces métalliques sont des métaux présents dans les différents compartiments de l'environnement à des teneurs usuellement faibles ou très faibles. Dans certains cas, des concentrations anormalement élevées de ces ETM peuvent être mesurées en liaison avec différences sources : le fonds géochimique, des retombées atmosphériques ou des rejets anthropiques. Du fait de leur nature chimique, les métaux ne sont pas dégradables dans l'environnement. Lorsqu'ils sont présents dans un compartiment donné, la contamination est en général durable et seuls les transferts à d'autres compartiments sont susceptibles de diminuer les niveaux mesurés en un point donné. Cependant, les métaux peuvent être liés ou complexés à d'autres éléments chimiques ou bien encore adsorbés sur les particules du complexe argilo-humique des sols et dans les sédiments. Ces phénomènes sont alors susceptibles de moduler leur biodisponibilité et par la même leur toxicité. L'adsorption du cadmium sur la matière organique et les argiles des sols diminue sa disponibilité et sa dangerosité à ce niveau. A l'inverse la méthylation du mercure facilite son passage à travers les membranes cellulaires et lui confère une toxicité élevée.

La littérature scientifique regorge de publications relatives à la toxicité et l'écotoxicité des ETM et de nombreux seuils toxicologiques et écotoxicologiques ont été proposés. Ces travaux ont permis de produire des repères écotoxicologiques (seuils) dont les plus simples sont la Dose Sans Effet Nocif Observé (DSENO ou *NOEC*, *No Observed Effect Concentration*) ou la Dose Minimale avec Effet Nocif Observé (DMENO ou *LOEC Low Observed Effect Concentration*). Ces seuils renseignent sur la dangerosité d'une substance dans un contexte donné. Un dépassement signifie que la probabilité d'occurrence d'un effet néfaste n'est pas nulle et qu'un risque ne peut être écarté.

Les gestionnaires de l'environnement ou de la santé utilisent quant à eux des repères réglementaires du type Norme de Qualité Environnementale (NQE) Concentration Maximale Admissible (CMA) ou NQE Moyenne Annuelle (MA). La nuance est d'importance puisque dans ce cas, il s'agit de limites ayant une valeur réglementaire, c'est-à-dire qu'elles s'imposent aux responsables, qui doivent tout mettre en oeuvre pour qu'elles soient respectées, mais il ne s'agit pas de repères ayant une valeur de protection environnementale (ou sanitaire) absolue : un dépassement de ces valeurs n'a pas nécessairement pour conséquence un effet néfaste ; *a contrario*, la conformité d'une mesure donnée à une telle valeur normative ne garantit pas pour autant une absence de dangers et un risque nul.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ces valeurs réglementaires représentent en règle générale un compromis entre les exigences d'une protection sanitaire absolue (risque zéro), l'état de l'art des sciences et des techniques, les impératifs économiques et le contexte socio-politique. A titre d'exemple, les effets sanitaires des pollutions atmosphériques engendrées par le trafic routier sont connus et avérés (cf. ANSES, 2019. Particules de l'air ambiant extérieur Effets sanitaires des particules de l'air ambiant extérieur selon les composés, les sources et la granulométrie. Impact sur la pollution atmosphérique des technologies et de la composition du parc

Les concentrations maximales admises sont donc des valeurs réglementaires qu'il est nécessaire de respecter, mais dont la valeur en termes de protection environnementale ou sanitaire est relative. Elles sont établies en fonction de considérations toxicologiques et écotoxicologiques, mais elles prennent également en compte d'autres impératifs comme par exemple, l'admissibilité sociétale, les bénéfices liés aux sources de pollution, les coûts et la faisabilité de leur mise en oeuvre. Elles sont représentatives d'un consensus socio-politique dans un contexte donné. Elles sont donc susceptibles d'évolutions. Respecter une valeur réglementaire à un moment donné signifie respecter le cadre juridique visant à protéger l'environnement et la santé publique. Au risque de se répéter, cela ne correspond pas à une absence de dangers ou un risque nul. L'histoire des sciences et des techniques et de la protection sanitaire et environnementale fourmille d'exemples où des dangers chimiques ont été ignorés ou minorés (céruse, amiante, particules fines, pesticides...) et les substances concernées autorisées. D'autres exemples, moins nombreux, montrent que des dépassements de valeurs réglementaires ne se traduisent pas nécessairement par des effets sanitaires<sup>2</sup> : la contamination par les PCB des poissons d'eau douce pêchés dans de très nombreux cours d'eau français a fréquemment dépassé les limites fixées par la commission européenne et n'a cependant pas produit d'effet sanitaire significatif. Les repères réglementaires européens ont en effet été établis pour protéger la population sur la base de sa consommation de poissons marins. Or, la consommation de poissons d'eau douce est en règle générale très inférieure et les risques sanitaires sont de fait très faibles.

Il serait illusoire de fournir une description exhaustive des propriétés physico-chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques des ETM les plus souvent impliqués dans des pollutions. Le lecteur intéressé pourra se reporter au portail Substances de l'INERIS (<https://substances.ineris.fr/fr/>).

Pour appréhender les nombreuses données analytiques, nous avons choisi de confronter les concentrations mesurées dans les différentes matrices à deux grandes familles de repère, d'une part aux normes de qualité environnementale possédant une valeur réglementaire et d'autre part aux repères toxicologiques disponibles (cf. notamment fiches écotoxicologiques de l'INERIS).

En ce qui concerne les comparaisons aux NQE, il s'agit simplement de disposer d'indicateurs permettant de comparer nos résultats analytiques (gamme de concentrations dépassant la LOQ, moyenne des valeurs dépassant la LOQ, concentrations maximales mesurées sur un site donné...) aux NQE disponibles sans chercher à établir une éventuelle conformité ou non conformité à ces valeurs réglementaires, objectifs qui nécessitent des précautions méthodologiques et des

---

de véhicules automobiles circulant en France, 118 p.). Ces effets sanitaires ont donné lieu à des évaluations quantitatives précises. Pour autant, l'usage de ces moyens de transport n'est pas interdit, mais réglementé.

<sup>2</sup> ANSES, 2015. Consommation de poissons d'eau douce et PCB : aspects réglementaires, méthodologiques et sanitaires Édition scientifique, Juillet 2015, Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective.



UNIVERSITÉ  
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ



jeux de données conséquents. Le lecteur intéressé pourra se reporter à cette fin au guide méthodologique publié par l'INERIS et téléchargeable en ligne. Les données écotoxicologiques des fiches substances – lorsqu'elles sont disponibles – ont été comparées à nos mesures et fournissent des indications sur les risques encourus.



## CONCENTRATIONS EN CADMIUM DANS LES RIVIERES KARSTIQUES DU MASSIF DU JURA

*Toxicité-écotoxicité du cadmium (N° CAS : 7440-43-9 / Code SANDRE : 1388 SDP)*

Les utilisations et les sources d'émission de cadmium dans l'environnement ont été et demeurent très nombreuses, même si elles sont en baisse : industrie métallurgique (métaux non ferreux), accumulateurs Cd-Ni, engrais phosphatés, combustibles fossiles, incinération d'ordures ménagères contaminées...

Le cadmium exerce principalement des effets rénaux (néphropathie) et osseux. Une exposition prolongée induit en outre des troubles de la reproduction et accroît les risques de cancer du poumon, du rein et de la prostate. L'IARC (2012) a classé le cadmium dans le groupe 1, cancérogène probable pour l'Homme. La Figure 2 extraite de la base de données "substances" de l'INERIS fournit un recueil de repères écotoxicologiques établis pour le cadmium dans différentes matrices environnementales. Le Tableau 1 (INERIS 2019) fournit des valeurs réglementaires.

Les figures 3 à 8 (données présentées dans les annexes 60 à 65) fournissent les variations de concentrations en cadmium des eaux de la Loue au cours d'environ deux années de juin 2013 à mars 2015. Les eaux superficielles présentent des teneurs qui le plus souvent ne dépassent pas 0,01 µg/L. La source présente des contaminations en cadmium plus importantes puisque les concentrations peuvent atteindre 0,61 µg/L. Le rejet de la STEP présente lui aussi des concentrations plus élevées qui atteignent fréquemment 0,02 µg/L et peuvent dépasser 0,1 µg/L.

A l'exception de la source en juin 2013, ces teneurs sont toutes en deçà des valeurs réglementaires (INERIS, 2019, Tableau 1). Il apparaît également que les rejets de la STEP d'Ornans ne contribuent pas à une augmentation significative des teneurs en cadmium à l'aval.

Les annexes 66 à 70 fournissent les concentrations en cadmium mesurées dans les eaux du Doubs et les rejets de la station de Pontarlier. Les valeurs sont le plus souvent de l'ordre de 0,01 µg/L dans les eaux superficielles à l'amont et à l'aval de la STEP alors que le rejet montre une valeur moyenne de 0,02 µg/L. L'ensemble de ces valeurs traduit l'absence de contamination significative du Doubs par le cadmium.

Si l'on compare cet ordre de grandeur – 0,01 µg/L – aux repères écotoxicologiques disponibles pour les eaux douces (Figure 2), on constate que les concentrations trouvées dans les cours d'eau jurassiens sont inférieures à la valeur la plus conservatrice pour la faune à savoir la NOEC/CE10 pour les invertébrés qui vaut 0,16 µg/L. Les niveaux de cadmium rencontrés dans les eaux des rivières karstiques du massif du Jura n'ont donc pas d'effet néfaste significatif sur le biote.

**Cadmium**

CAS : 7440-43-9

Synonymes : cadmium;C.I. 77180;C.I. 77180;Cadmium dust fume;Cadmium powder;Colloidal cadmium;Kadmium;KADMIUM (GERMAN).

Créé le: 14/10/2003

Mise à jour le: 06/03/2019

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidental	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 algue	0.01	mg/L			ECB (2007)		
CL/CE50 invertébré	0.01	mg/L			ECB (2007)		
CL/CE50 poisson	0.0009	mg/L			ECB (2007)		
NOEC/CE10 poisson	0.00047	mg/L			ECB (2007)		
NOEC/CE10 algue	0.00085	mg/L			ECB (2007)		
NOEC/CE10 invertébré	0.00016	mg/L			ECB (2007)		
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 algue		mg/L					
CL/CE50 invertébré		mg/L					
CL/CE50 poisson		mg/L					
NOEC/CE10 poisson		mg/L					
NOEC/CE10 algue		mg/L					
NOEC/CE10 invertébré		mg/L					
<b>Sédiment écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 organisme benthique		mg/kg (pds sec)					
NOEC/CE10 organisme benthique	115	mg/kg (pds sec)			ECB (2007)		
<b>Sol écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré	0.03	mg/kg (pds sec)			ECB (2007)		
CL/CE50 plantes	0.0028	mg/kg (pds sec)			ECB (2007)		
CL/CE50 μ-organismes	0.01	mg/kg (pds sec)			ECB (2007)		
NOEC/CE10 μ-organismes	0.0036	mg/kg (pds sec)			ECB (2007)		
NOEC/CE10 invertébré	0.005	mg/kg (pds sec)			ECB (2007)		
NOEC/CE10 plantes	0.0018	mg/kg (pds sec)			ECB (2007)		
<b>Micro-organismes écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Référence					
NOEC / test d'inhibition de la respiration sur boues activées d'une station d'épuration d'effluents domestiques	0.2	ECB (2007)					
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unite	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	statistique	2	0.00019	mg/L		Seules les valeurs minimales des tests retenus apparaissent. Les couples (médiane.nombre de tests) pour les algues, invertébrés et vertébrés sont les suivants: aigu (59;12) (166;61) (1500;31) chronique (6.9;8) (2;22) (4.2;19).
Eau marine	PNEC chronique	extrapolation		0.00021	mg/L		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA). Norme de qualité (NQ) est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond.
Sédiments	PNEC / QSed	equilibre de partage		2.5	mg/kg (poids sec)		
Sédiments	PNEC / QSed	extrapolation	50	2.3	mg/kg (poids sec)		MPA pour la communauté benthique d'eau douce.
Sol	PNEC	extrapolation		0.0009	mg/kg (poids sec)		Pour un empoisonnement secondaire basé sur la protection des mammifères. Les valeurs minimales des tests apparaissent. Couples (médiane;nb de test) pour μ-organismes, invertébrés, plantes: aigu (283;20) (102;28) (100;34) chronique (50;21) (32;13) (10;41).
Sol	PNEC	statistique	2	1.15	mg/kg (poids sec)		
Station d'épuration	PNEC	extrapolation	10	0.02	mg/L		

 Figure 2. Ecotoxicologie du cadmium (<https://substances.ineris.fr/fr/substance/586#reference>)

**Tableau 1 - Normes de Qualité Environnementale (INERIS, 2019) pour les ETM dans l'une ou l'autre des matrices analysées lorsque disponibles**

CAS	Substance	Normes de Qualité Environnementale (INERIS 2019)	NQE eaux Intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses maximale Concentration admissible annuelle	NQE eaux Intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Moyenne annuelle transposée biote	NQE eaux Intérieures non destinées à la production d'eau potable Moyenne annuelle	NQE eaux Intérieures destinées à la production d'eau potable	NQE eaux Intérieures maximale admissible	MAC-EQS FW (µg/L)	EGS biote (µg/kg biote)	MAC FW (µg/L)	QS SED SW (µg/mg poids sec)	QS BIOTA SP (µg/mg biote)	QS FW SP (µg/L)	QS BIOTA HH FOOD (µg/kgbiote)	QS FW HH FOOD (µg/L)	QS DW HH Food acceptable (µg/L)	Origine QS
7440-43-9	Cadmium et composés	≤ 0,08 (Class 1) 0,08 (Class 2) 0,09 (Class 3) 0,10 (Class 4) 0,25 (Class 5)	≤ 0,05 (Class 1) 0,05 (Class 2) 0,6 (Class 3) 0,9 (Class 4) 1,5 (Class 5)	0,08 (Class 1) 0,09 (Class 2) 0,10 (Class 3) 0,25 (Class 4) 0,25 (Class 5)	≤ 0,45 (Class 1) 0,45 (Class 2) 0,6 (Class 3) 0,9 (Class 4) 1,5 (Class 5)	Pas de valeur	Pas de valeur	≤ 0,45 (Class 1) 0,45 (Class 2) 0,6 (Class 3) 0,9 (Class 4) 1,5 (Class 5)	Pas de valeur	Données insuffisantes	160	0,26	50 (fish except 500 (crust.) 100 (moll.+ceph.)	17,0	5	Directive 98/83/CE	
7439-92-1	Plomb	1,2	14	1,2	14,25	Pas de valeur	Pas de valeur	14,25	Pas de valeur	123	3600	2,3	200 (fish) 500 (crust.) 100 (moll.+ceph.)	not required	10	Directive 98/83/CE	
7439-97-6	Mercurure et composés	d'AA-EGS biote	0,07	d'EGS biote	0,07	Pas de valeur	Pas de valeur	0,07	20	670 (Rhine)	22	not reported	500	not reported	1	Directive 98/83/CE	
7440-02-0	Nickel	4	34	4	34	Pas de valeur	Pas de valeur	34	Pas de valeur	Under dvp	12300	46	40780	151,0	20	Directive 98/83/CE	
7440-47-3	Chrome	Sans objet	Sans objet	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur								
740050-8	Cuivre	Sans objet	Sans objet	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur								
744056-6	Zinc	Sans objet	Sans objet	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur	Pas de valeur								

Pour le cadmium et ses composés, les valeurs retenues pour les NQE varient en fonction de la dureté de l'eau telle que définie suivant les cinq classes suivantes: classe 1 : < 40 mg CaCO<sub>3</sub> /L ; classe 2 : 40 à < 50 mg CaCO<sub>3</sub> /L ; classe 3 : 50 à < 100 mg CaCO<sub>3</sub> /L ; classe 4 : 100 à < 200 mg CaCO<sub>3</sub> /L et classe 5 : ≥ 200 mg CaCO<sub>3</sub> /L.

### Concentrations en cadmium dans les eaux superficielles

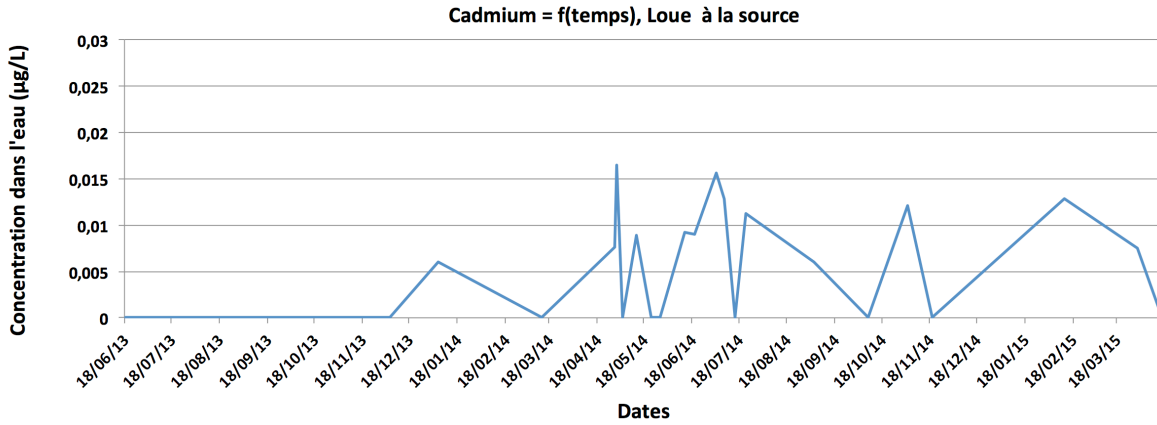


Figure 3. Variations en fonction du temps de la concentration en cadmium dans les eaux de la source de la Loue

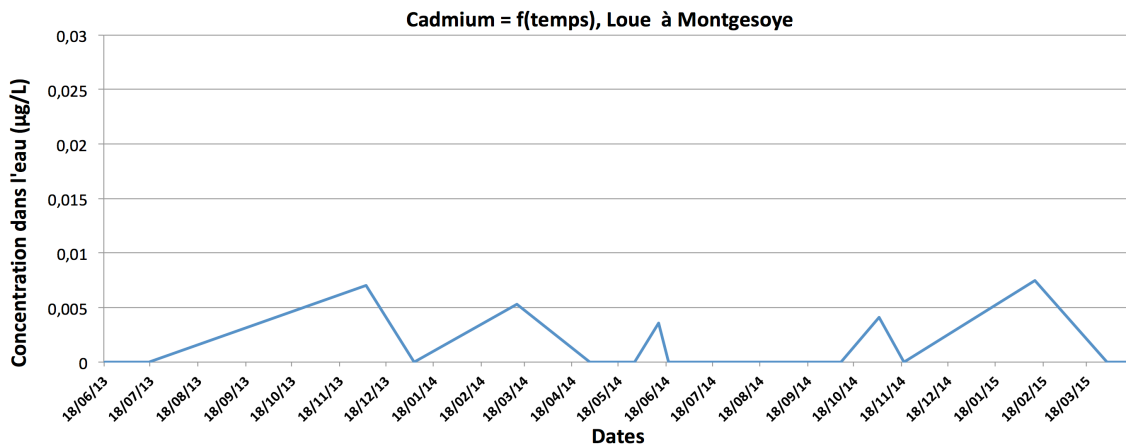


Figure 4. Variations en fonction du temps de la concentration en cadmium dans les eaux de la Loue à Montgesoye

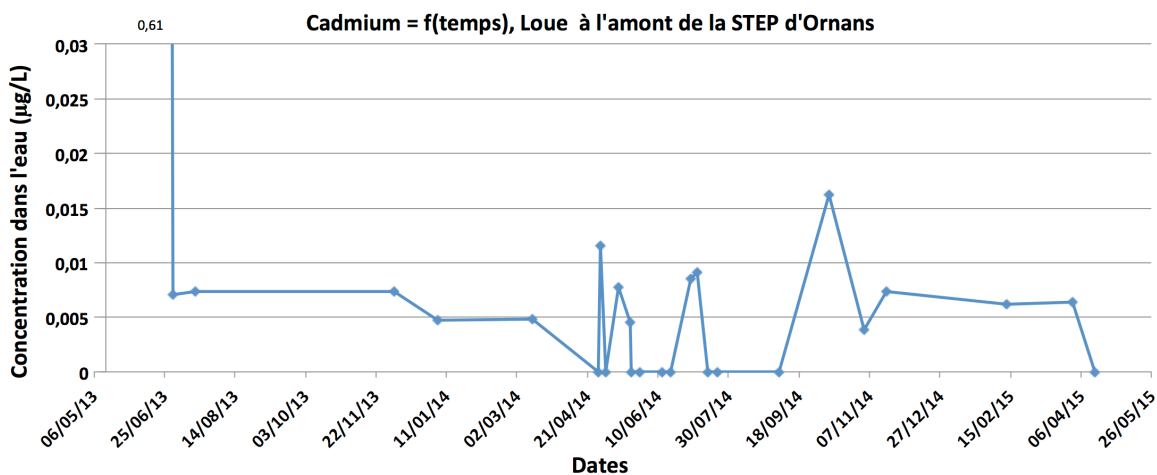


Figure 5. Variations en fonction du temps de la concentration en cadmium dans les eaux de la Loue à l'amont de la STEP d'Ornans

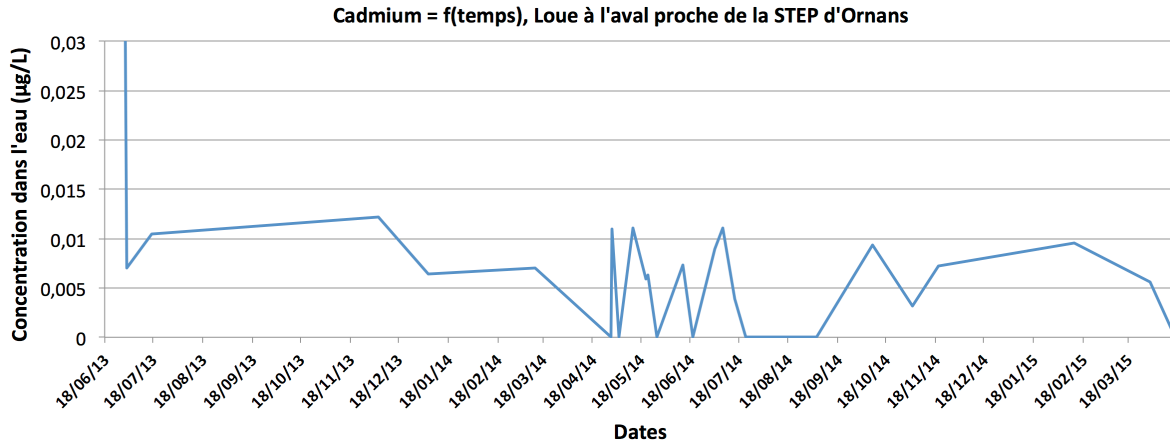


Figure 6. Variations en fonction du temps de la concentration en cadmium dans les eaux de la Loue à l'aval proche de la STEP d'Ornans

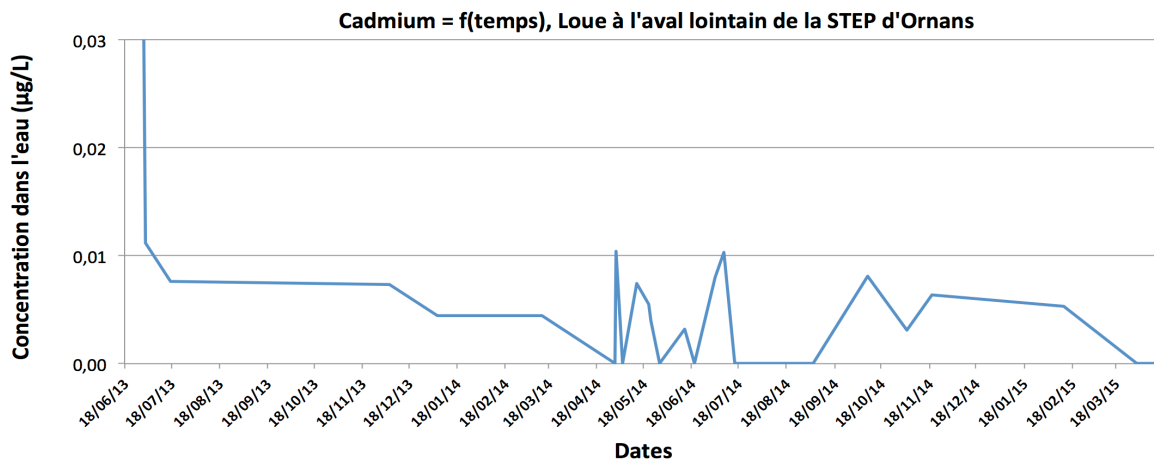


Figure 7. Variations en fonction du temps de la concentration en cadmium dans les eaux de la Loue à l'aval lointain de la STEP d'Ornans

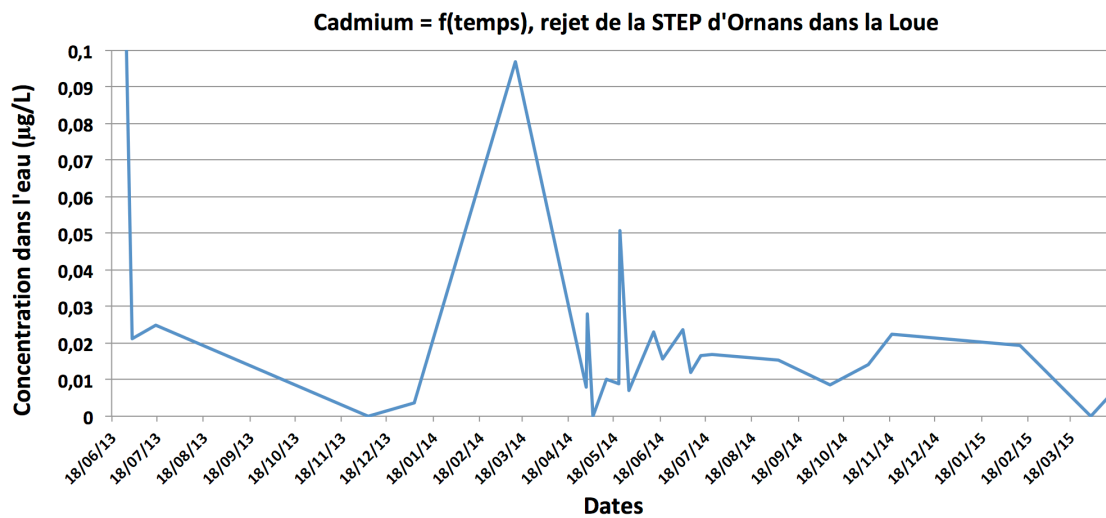


Figure 8. Variations en fonction du temps de la concentration en cadmium dans les rejets de la STEP d'Ornans

### *Concentrations en cadmium dans les eaux lysimétriques et les cours d'eau afférents*

Les annexes 51 (avril 2018), 52 (mai 2018), 53-54 (octobre 2018), et 56 (décembre 2018) fournissent les concentrations en ETM dans les eaux lysimétriques et les rivières réceptrices. Les teneurs enregistrées dans les cours d'eau au printemps sont le plus souvent très faibles (inférieures à 0,01 µg/L).

Les eaux lysimétriques présentent quelques teneurs proches de 0,02 µg/L à Plaisir Fontaine et Chasnans en mai 2018 (annexe 52) et elles peuvent atteindre 0,04 µg/L à Plaisir Fontaine en décembre 2018 (annexe 56) alors que les cours d'eau récepteurs présentent des valeurs plus faibles.

Ces teneurs ne semblent pas avoir d'impact sur les cours d'eau, elles sont le signe que les activités agricoles sont à l'origine d'émissions de cadmium dans le milieu, émissions certes faibles mais détectables. Ces traces de cadmium sont vraisemblablement apportées par des épandages d'effluents d'élevage ou par des engrais phosphatés, qui sont des sources avérées de cadmium dans les sols (ANSES, 2019)<sup>3</sup>.

### *Concentrations en cadmium dans les eaux routières*

La série de prélèvements réalisés en septembre 2017 et juillet 2018 montrent des valeurs en Cd n'excédant jamais 0,02 µg g<sup>-1</sup> L.

### *Concentrations en cadmium dans les sédiments.*

Les concentrations en cadmium dans les sédiments sont présentées dans les annexes 50 (juillet 2013), 55 (mai et juillet 2018) et 57 (novembre 2018).

Les mesures réalisées en juillet 2013 montrent des niveaux sédimentaires de l'ordre de 0,5 à 1,1 µg cadmium g<sup>-1</sup> MS. La concentration en Cd dans les sédiments est légèrement plus élevée pour les stations aval que dans les stations amont.

**Tableau 2. Niveaux moyens (µg/g MS) du bruit de fond dans les sédiments du bassin de la Seine (d'après PIREN-Seine, juin 2009)<sup>4</sup>**

Al	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
33 000	0,22	9	40	15	0,03	16	20	60

<sup>3</sup> ANSES, 2019. Avis relatif à l'exposition au cadmium. Propositions de VTR par ingestion, de valeurs sanitaires repères dans les milieux biologiques (sang, urine...) et de niveaux en cadmium dans les matières fertilisantes et supports de culture permettant de maîtriser la pollution des sols agricoles et la contamination des productions végétales (17 juin).

<sup>4</sup> AE Seine Normandie. PIREN Seine. 2019. Les métaux dans le bassin de la Seine

Ces niveaux sont supérieurs à ceux du bruit de fond ( $0,22 \mu\text{g cadmium g}^{-1} \text{MS.}$ ) observé dans les sédiments du bassin de la Seine. Il n'existe pas de NQE cadmium pour les sédiments. Si l'on compare les valeurs obtenues dans la Loue, à la NOEC/CE10 organismes benthiques (Figure 2, d'après Portail substances INERIS) qui vaut  $115 \mu\text{g g}^{-1} \text{MS}$ , il apparaît que les contaminations sédimentaires de la Loue – même si elles excèdent le bruit de fond – ne sont pas de nature à provoquer des effets néfastes sensibles chez les organismes benthiques.

Les campagnes de prélèvements de sédiments et de MES menées dans les cours d'eau dans le cadre du suivi du dispositif lysimétrique en 2018 (annexes 55 et 57) ne montrent pas de concentrations en cadmium supérieures à  $0,1 \mu\text{g g}^{-1} \text{MS}$ .

### *Concentrations en cadmium dans le biote*

Les teneurs mesurables en cadmium (annexe 59) dans la chair et le foie des poissons pêchés dans la Loue et la Bienne en 2010, 2015 et 2016 s'échelonnent entre  $0,011$  et  $0,955 \mu\text{g cadmium g}^{-1} \text{MS}$ . Le maximum est observé dans le foie d'une truite pêchée en 2015 à Mouthier dans la Loue. La valeur de référence pour le biote (INERIS 2019, QS BIOTA SP) vaut  $0,16 \mu\text{g cadmium g}^{-1} \text{MS}$  et elle est donc largement dépassée par plusieurs échantillons, notamment parmi ceux pêchés dans la Bienne.

Il s'avère donc que les contaminations diffuses et faibles des matrices physiques (eau, sédiment et MES) peuvent néanmoins conduire à des contaminations significatives des organismes prédateurs.

S'agissant des poissons, le règlement européen 1881/2006 indique une teneur maximale de  $0,5 \mu\text{g cadmium g}^{-1}$  de masse fraîche (en considérant une teneur en eau moyenne de l'ordre de 66 % chez les poissons<sup>5</sup>), ce qui correspond à une teneur maximale autorisée dans l'alimentation de  $1,5 \mu\text{g cadmium g}^{-1} \text{MS}$ . Les poissons les plus contaminés restent conformes à cette limite réglementaire.

<sup>5</sup> <https://ciqual.anses.fr/#/aliments/26029/poisson-pane-surgele-cru>

Tableau 3. Gamme et ordre de grandeur des concentrations en cadmium ( $\mu\text{g/L}$  ou  $\mu\text{g/g}$ ) des différentes matrices échantillonnées de 2013 à 2018 ; NQE correspondantes lorsque disponibles.

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Cd] ( $\mu\text{g/L}$ )	Ordre de grandeur [Cd] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/L}$ )	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Moyenne annuelle	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Concentration maximale admissible	Valeur de référence spécifique, protection organismes pélagiques d'eau douce CMA écotox aigue	Valeur de référence spécifique eaux protection des organismes prédateurs
					Valeur réglementaire PS/PHS AA-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	Valeur réglementaire PS/PHS MAC-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	MAC FW ( $\mu\text{g/L}$ )	QS FW SP ( $\mu\text{g/L}$ )
Eaux Loue source	2013-2015	60	0,01 - 0,02	0,01	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Loue Montgesoye	2013-2015	61	0,01	-	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Loue amont STEP Ornans	2013-2015	62	0,01 - 0,61	0,06	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Loue aval proche STEP Ornans	2013-2015	63	0,01 - 0,33	0,03	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Loue aval loin STEP Ornans	2013-2015	64	0,01 - 0,23	0,02	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Rejets STEP Ornans	2013-2015	65	0,01 - 0,30	0,03	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Doubs Oye et Pallet	2013-2015	66	0 - 0,03	0,01	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Doubs amont STEP Pontarlier	2013-2015	67	0,002 - 0,028	0,01	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Doubs aval proche STEP Pont.	2013-2015	68	0,004 - 0,024	0,01	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Doubs aval loin STEP Pont.	2013-2015	69	0,003 - 0,026	0,01	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Rejets STEP Pontarlier	2013-2015	70	0,011 - 0,048	0,02	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux Loue, Doubs, Brême...	oct-18	53-54	0,002 - 0,013	0,005	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux lysimétriques	avr-18	51	0,0015 - 0,0113	-	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux lysimétriques	mai-18	52	0,0028 - 0,0192	-	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux lysimétriques	déc-18	56	0,0042 - 0,3694	-	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*
Eaux routières	2017-2018	58	0,0012 - 0,0199	-	0,15*	0,9*	0,9*	0,26*

\* NQE pour la classe 4 de dureté

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Cd] $\mu\text{g/g}$	Ordre de grandeur [Cd] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/g}$ )	Valeur de référence spécifique Sédiment, protection des organismes benthiques	Valeur de référence spécifique biote protection des organismes prédateurs	Valeur de référence biote protection des consommateurs
					QS SED SW ( $\mu\text{g/kg}$ poids sec)	QS BIOTA SP ( $\mu\text{g/kg}$ biota)	QS BIOTA HH FOOD ( $\mu\text{g/kg}$ biota)
Sédiments MES	juil-13	50	0,30 - 1,10	-	-	-	-
Sédiments MES	mai-18 - juil-18	55	0,0460 - 0,0824	-	-	-	-
Sédiments MES	nov-18	57	0,0286 - 0,0836	-	-	-	-
Poissons	2010-15-16	59	0,011 - 0,955	-	-	160	50

## Conclusions

L'ensemble des investigations réalisées depuis 2013 en matière de teneurs en cadmium dans les différentes matrices environnementales étudiées est récapitulé dans le tableau 3. Le cadmium est présent dans les différentes matrices. Les teneurs maximales sont enregistrées dans les eaux de la Loue à l'amont et l'aval de la STEP d'Ornans. Leur comparaison avec les seuils réglementaires (Tableau 3) n'indique pas de dépassement conséquent des valeurs réglementaires, sauf en ce qui concerne certains poissons.

La comparaison des teneurs maximales en cadmium aux repères écotoxicologiques montrent que les contaminations par le cadmium restent modérées et n'induisent vraisemblablement pas d'effet néfaste majeur sur la faune et la flore.



# CONCENTRATIONS EN PLOMB DANS LES RIVIERES KARSTIQUES DU MASSIF DU JURA

Le plomb a été et est toujours largement utilisé par l'homme. Les carburants ont longtemps été additionnés de plomb pour réduire leur caractère détonant et protéger les moteurs à explosion. L'utilisation de canalisations en plomb a vraisemblablement conduit à répandre le saturnisme dans les élites dirigeantes de la civilisation romaine. De nos jours, la métallurgie, l'utilisation de combustibles fossiles, la fabrication de batteries constituent des utilisations majeures, mais l'usage du plomb ne se limite pas à celles-ci et les émissions de plomb dans l'environnement restent d'actualité.

Le plomb exerce de multiples effets toxicologiques chez l'Homme, et engendre notamment des troubles du développement du système nerveux central chez l'enfant, mais d'autres organes (rein, appareil digestif, squelette...) peuvent être affectés.

Le Tableau 4 présente une synthèse des concentrations en Pb mesurées au cours de l'ensemble du programme. Des repères écotoxicologiques sont fournis dans la Figure 9.

Tableau 4. Gamme et ordre de grandeur des concentrations en plomb ( $\mu\text{g/L}$  ou  $\mu\text{g/g}$ ) de différentes matrices échantillonnées de 2013 à 2018 ; NQE correspondantes lorsque disponibles.

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Pb] ( $\mu\text{g/L}$ )	Ordre de grandeur [Pb] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/L}$ )	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Moyenne annuelle	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Concentration maximale admissible	Valeur de référence spécifique, protection organismes paléogiques d'eau douce CMA écotox aigue	Valeur de référence spécifique eaux protection des organismes prédateurs
					Valeur réglementaire PS/PMS AA-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	Valeur réglementaire PS/PMS MAC-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	MAC FW ( $\mu\text{g/L}$ )	QS FW SP ( $\mu\text{g/L}$ )
Eaux Loue source	2013-2015	60	0,01 - 0,02	0,01	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Loue Montgesoye	2013-2015	61	0,06	0,06	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Loue amont STEP Ornans	2013-2015	62	0,01 - 22,6	2,84	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Loue aval proche STEP Ornans	2013-2015	63	0,01 - 6,52	0,53	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Loue aval loin STEP Ornans	2013-2015	64	0,02 - 0,07	0,04	1,2	14	14,25	2,3
Rejets STEP Ornans	2013-2015	65	0,06 - 8,09	0,53	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Doubs Oye et Pallet	2013-2015	66	<LOQ	-	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Doubs amont STEP Pontarlier	2013-2015	67	0,01 - 0,06	0,03	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Doubs aval proche STEP Pont.	2013-2015	68	0,01 - 0,28	0,06	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Doubs aval loin STEP Pont.	2013-2015	69	0,01 - 0,11	0,03	1,2	14	14,25	2,3
Rejets STEP Pontarlier	2013-2015	70	0,06 - 0,95	0,44	1,2	14	14,25	2,3
Eaux Loue, Doubs, Brême...	oct-18	53-54	0,05 - 0,096	-	1,2	14	14,25	2,3
Eaux lysimétriques	avr-18	51	0,005 - 0,32	-	1,2	14	14,25	2,3
Eaux lysimétriques	mai-18	52	0,011 - 0,101	-	1,2	14	14,25	2,3
Eaux lysimétriques	déc-18	56	0,007 - 0,08	-	1,2	14	14,25	2,3
Eaux routières	2017-2018	58	0,025 - 0,08	-	1,2	14	14,25	2,3

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Pb] $\mu\text{g/g}$	Ordre de grandeur [Pb] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/g}$ )	Valeur de référence spécifique Sediment, protection des organismes benthiques	Valeur de référence spécifique biote protection des organismes prédateurs	Valeur de référence spécifique biote protection des consommateurs
					QS SED SW ( $\mu\text{g/kg}$ poids sec)	QS BIOTA SP ( $\mu\text{g/kg}$ biota)	QS BIOTA HH FOOD ( $\mu\text{g/kg}$ biota)
Sédiments MES	juil-13	50	5,70 - 19,00		123		
Sédiments MES	mai-18 - juil-18	55	0,39 - 9,23		123		
Sédiments MES	nov-18	57	0,24 - 17,10		123		
Poissons	2010-15-16	59	0,009 - 0,187			3600	200

**Plomb**

CAS : 7439-92-1

Synonymes : plomb;lead;C.I. 77575;C.I. Pigment Metal 4;Glover;Haro mix CE-701;Haro mix CK-711;Haro mix MH-204;JMI Sloop;KS-4;Lead element;Lead flake;Lead inorganic;Lead metal;Lead S2;Litharge;Olow;Olow (Polish);Omaha;Omaha &amp; Grant;...

Créé le: 08/09/2004

Mise à jour le: 19/11/2018

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidental	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré	0.01	mg/L			UE (2011)		
CL/CE50 poisson	0.11	mg/L			UE (2011)		
CL/CE50 algue	0.5	mg/L			UE (2011)		
NOEC/CE10 algue	0.01	mg/L			UE (2011)		
NOEC/CE10 invertébré	0.01	mg/L			UE (2011)		
NOEC/CE10 poisson	0.0041	mg/L			UE (2011)		
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 algue	0.02	mg/L			UE (2011)		
CL/CE50 invertébré	0.48	mg/L			UE (2011)		
CL/CE50 poisson	1.5	mg/L			UE (2011)		
NOEC/CE10 algue	0.01	mg/L			UE (2011)		
NOEC/CE10 invertébré	0.01	mg/L			UE (2011)		
NOEC/CE10 poisson		mg/L					
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartiment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unité	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	10	0.00041	mg/L		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA). La norme de qualité (NQ) est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond.
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	statistique	3	0.0021	mg/L		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA). La norme de qualité (NQ) est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond.
Sédiments	PNEC / QSed	equilibre de partage		53.4	mg/kg (poids sec)		La MPA est calculée par coefficient de partage et dépend du biotope; la contamination par contact ou ingestion (un facteur 10 sera appliqué) ne peut être exclue. La NQ est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond.
<b>NQE &amp; MAC</b>							
Compartiment	Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence	Fiches
Eau douce	NQE <sub>Eau</sub>	1.2	µg/L			UE (2013)	
Eau douce	MAC	14	µg/L			UE (2013)	
Eau marine	NQE <sub>Eau</sub>	1.3	µg/L			UE (2013)	
Eau marine	MAC	14	µg/L			UE (2013)	

 Figure 9. Ecotoxicologie du plomb (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

Les eaux superficielles échantillonnées de 2013 à 2018 présentent des teneurs en plomb en général faibles, qui sont le plus souvent de l'ordre de quelques dixièmes ou centièmes de µg/L. Ces valeurs sont majoritairement inférieures aux NQE disponibles (tableau 4). Les CL50 et les NOEC disponibles sont de l'ordre du µg/L ou de la dizaine de µg/L (figure 9) : on peut donc raisonnablement en conclure que sauf exception, les eaux superficielles ne présentent pas de contaminations marquées par le plomb.

Quelques prélèvements (amont et aval proche de la STEP d'Ornans, rejet de la STEP d'Ornans) font exception et montrent des teneurs de l'ordre de 10  $\mu\text{g/L}$  avec un maximum à 22,6  $\mu\text{g/L}$ . Cela est vraisemblablement lié à une émission par une source non identifiée dans le secteur d'Ornans.

Les eaux lysimétriques et les eaux routières ne présentent pas non plus de contaminations marquées par le plomb.

Les sédiments conservent la trace de contaminations marquées par le plomb (un maximum de 19  $\mu\text{g/g}$  est relevé en juillet 2013) : les niveaux de 2013, mais aussi de 2018 sont très supérieurs à la NQE de référence en terme de protection des organismes benthiques (QS SED SW, 0,123  $\mu\text{g/g}$ , tableau 4) mais sont en deçà de la concentration prédite sans effet (PNEC, 53,4  $\mu\text{g/g}$ ).

Les poissons pêchés en 2010, 2015 et 2016 ne présentent pas de teneurs en plomb (maximum à 0,187  $\mu\text{g/g}$ ) excédant la valeur de référence pour la protection des consommateurs QS BIOTA HH qui vaut 0,200  $\mu\text{g/g}$ .

### **Conclusions**

**Les rivières karstiques du massif jurassien étudiées ne présentent usuellement pas de contamination par le plomb dépassant les repères écotoxicologiques.**

**Cet élément ne semble donc pas jouer un rôle déterminant dans la dégradation actuelle de ces écosystèmes.**

# CONCENTRATIONS EN MERCURE DANS LES RIVIERES KARSTIQUES DU MASSIF DU JURA

A coté des sources anthropiques (combustibles fossiles, métallurgie, industrie chimique...), les sources naturelles (érosion, volcanisme, émissions océaniques) ne sont pas négligeables. La volatilité de cet élément rend compte du caractère ubiquitaire des contaminations mercuriques. La toxicité et l'écotoxicité du mercure ont été reconnues depuis très longtemps et cet élément a été longtemps utilisé pour ces propriétés biocides. Les principaux effets d'une intoxication au mercure s'exercent sur le développement et le système nerveux central. La méthylation du mercure par divers microorganismes conduit à la formation de méthyl-mercure. Le mercure acquiert ainsi la possibilité de traverser les membranes cellulaires et peut ainsi perturber nombre de fonctions cellulaires et de mécanismes physiologiques.

Le Tableau 5 présente une synthèse des concentrations en mercure mesurées au cours de l'ensemble du programme. Des repères écotoxicologiques sont fournis dans la Figure 10.

Tableau 5. Gamme et ordre de grandeur des concentrations en mercure ( $\mu\text{g/L}$  ou  $\mu\text{g/g}$ ) des différentes matrices échantillonnées de 2013 à 2018 ; NQE correspondantes lorsque disponibles.

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Hg] ( $\mu\text{g/L}$ )	Ordre de grandeur [Hg] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/L}$ )	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Moyenne annuelle	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Concentration maximale admissible	Valeur de référence spécifique, protection organismes pélagiques d'eau douce CMA écotox aigüe	Valeur de référence spécifique eaux protection des organismes prédateurs
					Valeur réglementaire PS/PHS AA-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	Valeur réglementaire PS/PHS MAC-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	MAC FW ( $\mu\text{g/L}$ )	QS FW SP ( $\mu\text{g/L}$ )
Eaux Loue source	2013-2015	60	0,01 - 0,68	0,24	-	0,07	0,07	-
Eaux Loue Montgesoye	2013-2015	61	<	-	-	0,07	0,07	-
Eaux Loue amont STEP Ornans	2013-2015	62	0,02 - 0,18	0,1	-	0,07	0,07	-
Eaux Loue aval proche STEP Ornans	2013-2015	63	0,06	-	-	0,07	0,07	-
Eaux Loue aval loin STEP Ornans	2013-2015	64	0,04	-	-	0,07	0,07	-
Rejets STEP Ornans	2013-2015	65	0,02 - 0,16	-	-	0,07	0,07	-
Eaux Doubs Oye et Pallet	2013-2015	66	0,01 - 0,38	0,2	-	0,07	0,07	-
Eaux Doubs amont STEP Pontarlier	2013-2015	67	0,01 - 0,42	0,1	-	0,07	0,07	-
Eaux Doubs aval proche STEP Pont.	2013-2015	68	0,004 - 0,517	0,14	-	0,07	0,07	-
Eaux Doubs aval loin STEP Pont.	2013-2015	69	0,005 - 0,44	0,12	-	0,07	0,07	-
Rejets STEP Pontarlier	2013-2015	70	0,007 - 4,809	0,62	-	0,07	0,07	-
Eaux Loue, Doubs, Brême...	oct-18	53-54	<	-	-	0,07	0,07	-
Eaux lysimétriques	avr-18	51	<	-	-	0,07	0,07	-
Eaux lysimétriques	mai-18	52	<	-	-	0,07	0,07	-
Eaux lysimétriques	déc-18	56	0,0072 - 0,0076	-	-	0,07	0,07	-
Eaux routières	2017-2018	58	0,0153 - 0,0518	-	-	0,07	0,07	-

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Hg] ( $\mu\text{g/g}$ )	Ordre de grandeur [Hg] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/g}$ )	Valeur de référence spécifique Sédiment, protection des organismes benthiques	Valeur de référence spécifique biote protection des organismes prédateurs	Valeur de référence spécifique biote protection des consommateurs
					QS SED SW ( $\mu\text{g/kg}$ poids sec)	QS BIOTA SP ( $\mu\text{g/kg}$ biota)	QS BIOTA HH FOOD ( $\mu\text{g/kg}$ biota)
Sédiments MES	juil-13	50	0,020 - 0,055		670		
Sédiments MES	mai-18 - juil-18	55	0,0027 - 0,011		670		
Sédiments MES	nov-18	57	<		670		
Poissons	2010-15-16	59	-			22	500

**mercure**

CAS : 7439-97-6

 Synonymes : *mercure;mercury;COLLOIDAL MERCURY;Hydrargyrum;KWIK;KWIK (DUTCH);LIQUID SILVER;MERCURE (FRENCH);Mercurio;MERCURIO (ITALIAN);Mercury fume;MERCURY, METALLIC;Mercury;NCI-C60399;Quecksilber;QUECKSILBER (GERMAN);Quick silver;QUICKSILVER;RCRA waste number U151;RTEC.*

Créé le: 08/09/2004

Mise à jour le: 06/08/2019

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré	0.01	mg/L			UE (2005)		
CL/CE50 poisson	0.0007	mg/L			UE (2005)		
CL/CE50 algue	0.01	mg/L			UE (2005)		
NOEC/CE10 algue	0.0002	mg/L			UE (2005)		
NOEC/CE10 invertébré	0.00029	mg/L			UE (2005)		
NOEC/CE10 poisson	0.00062	mg/L			UE (2005)		
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 algue	0.01	mg/L			UE (2005)		
CL/CE50 invertébré	0.0035	mg/L			UE (2005)		
CL/CE50 poisson	0.07	mg/L			UE (2005)		
NOEC/CE10 algue	0.0009	mg/L			UE (2005)		
NOEC/CE10 invertébré	0.0001	mg/L			UE (2005)		
NOEC/CE10 poisson	0.005	mg/L			UE (2005)		
<b>Sédiment écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 organisme benthique		mg/kg (pds sec)					
NOEC/CE10 organisme benthique	930	mg/kg (pds sec)			UE (2005)		
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unité	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	10	1e-05	mg/L		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA). Norme de qualité (NQ) est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond.
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	statistique	3	4.7e-05	mg/L		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA) globale = 0.05 µg/L. Norme de qualité (NQ) est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond.
Eau marine	PNEC chronique	extrapolation	10	1e-05	mg/L		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA). Norme de qualité (NQ) est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond.
Eau marine	PNEC chronique	statistique	3	4.7e-05	mg/L		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA) globale = 0.05 µg/L.
Sédiments	PNEC / QSed	equilibre de partage		3.6	mg/kg (poids sec)		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA) pour le Rhin avec un Kp (moyenne, Rhin). Norme de qualité (NQ) est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond. MPA est calculée par la méthode du coefficient de partage.
Sédiments	PNEC / QSed	extrapolation	100	9.3	mg/kg (poids sec)		Valeur maximum ajoutable admissible (MPA). Norme de qualité (NQ) est différente suivant les sites étudiés et NQ = MPA + Concentration de fond.
<b>NQE &amp; MAC</b>							
Compartment	Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence	Fiches
	NQE <sub>biote</sub>	20	µg/kgbiote			UE (2013)	
Eau douce	MAC	0.07	µg/L			UE (2013)	
Eau marine	MAC	0.07	µg/L			UE (2013)	

 Figure 10. Ecotoxicologie du mercure (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

Les eaux superficielles des rivières échantillonnées en 2013 – 2015 montrent des teneurs en mercure de l'ordre de quelques dixièmes de  $\mu\text{g/L}$  de mercure. Les maximales peuvent dépasser  $0,5 \mu\text{g/L}$  (source de la Loue, aval proche de la STEP d'Ornans). Ces teneurs peuvent dépasser les NQE (tableau 5) et certaines sont de l'ordre de la CL 50 pour les poissons d'eau douce ( $0,7 \mu\text{g/L}$ , figure 10).

Les eaux superficielles et les eaux lysimétriques prélevées en 2018 sont nettement moins chargées en mercure et peuvent être considérées comme peu contaminées.

Les eaux routières sont modérément concentrées en mercure.

Les rejets de la STEP de Pontarlier en 2013 sont occasionnellement très riches en mercure ( $4,809 \mu\text{g/L}$ ).

De la même manière, les sédiments et MES prélevés au début du programme (2013) peuvent être très chargés en mercure (20 à  $55 \mu\text{g/kg}$ ) mais ne dépassent pas la NQE ( $670 \mu\text{g/kg}$ ).

Les sédiments et MES prélevés en 2018 ont des concentrations en mercure plus faibles voire inférieures à la limite de quantification.

Le mercure n'a pas été analysé dans les tissus des poissons en raison de difficultés technologiques rencontrées avec cette matrice.

### **Conclusions**

**Les résultats concernant les contaminations par le mercure ne permettent pas de conclure à l'existence d'une contamination significative ayant pu entraîner des effets délétères chez les communautés piscicoles.**

**Les analyses récentes montrent que les niveaux mesurés en 2018 sont largement inférieurs à ceux de 2013-2015. S'il y a eu contamination plus marquée dans un passé récent, il apparaît que le mercure n'est plus présent à des concentrations inquiétantes actuellement.**

# CONCENTRATIONS EN NICKEL DANS LES RIVIERES KARSTIQUES DU MASSIF DU JURA

Le nickel a de multiples utilisations (batteries, pigments, aciers inoxydables...). Les sources d'émissions anthropiques (combustibles fossiles, incinération, mines, eaux usées...) et naturelles (volcanisme, érosion) sont nombreuses.

Le nickel est allergène, toxique et cancérigène.

La figure 11 fournit des repères écotoxicologiques et le tableau 6 correspond à une synthèse des résultats obtenus de 2013 à 2018 dans les différentes matrices étudiées.

## nickel

CAS : 7440-02-0

Synonymes : nickel;Alcan 756;C.I. 77775;Carbonyl nickel powder;CI 77775;EL12;Fibrex;Fibrex P;NI 0901-S;NI 0901-S (HARSHAW);NI 270;Ni 4303T;NI-4303T;Nickel;NICHEL (ITALIAN);Nickel 200;Nickel 201;Nickel 205;Nickel 207;NICKEL 270;...

Créé le: 25/11/2008

Mise à jour le: 13/04/2018

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 poisson		mg/L					
CL/CE50 algue		mg/L					
CL/CE50 invertébré		mg/L					
NOEC/CE10 invertébré	0.0018	mg/L			UNEP		
NOEC/CE10 poisson	0.04	mg/L			UNEP		
NOEC/CE10 algue	0.01	mg/L			UNEP		
<b>Sol écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 plantes		mg/kg (pds sec)					
CL/CE50 μ-organismes		mg/kg (pds sec)					
CL/CE50 invertébré		mg/kg (pds sec)					
NOEC/CE10 plantes	10	mg/kg (pds sec)			UNEP		
NOEC/CE10 μ-organismes	7.9	mg/kg (pds sec)			UNEP		
NOEC/CE10 invertébré	36	mg/kg (pds sec)			UNEP		
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartiment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unité	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	statistique	3	0.0017	mg/L		
Sol	PNEC	statistique	2	4.3	mg/kg (poids sec)		HC5 = 8.6-194.3 mg/kg, PNECsol = 4.3-97.15 mg/kg
<b>NQE &amp; MAC</b>							
Compartiment	Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence	Fiches
Eau douce	NQE <sub>Eau</sub>	4	μg/L			UE (2013)	
Eau douce	MAC	34	μg/L			UE (2013)	
Eau marine	NQE <sub>Eau</sub>	8.6	μg/L			UE (2013)	
Eau marine	MAC	34	μg/L			UE (2013)	

Figure 11. Ecotoxicologie du nickel (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

Tableau 6. Gamme et ordre de grandeur des concentrations en nickel ( $\mu\text{g/L}$  ou  $\mu\text{g/g}$ ) des différentes matrices échantillonnées de 2013 à 2018 ; NQE correspondantes lorsque disponibles.

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Ni] ( $\mu\text{g/L}$ )	Ordre de grandeur [Ni] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/L}$ )	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Concentration maximale admissible	Valeur de référence spécifique, protection organismes pélagiques d'eau douce CMA écotox aigüe	Valeur de référence spécifique eaux protection des organismes prédateurs
					Moyenne annuelle			
					Valeur réglementaire PS/PHS AA-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	Valeur réglementaire PS/PHS MAC-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	MAC FW ( $\mu\text{g/L}$ )	QS FW SP ( $\mu\text{g/L}$ )
Eaux Loue source	2013-2015	60	0,14 - 0,31	0,24	4	34	34	46
Eaux Loue Montgesoye	2013-2015	61	0,13 - 0,83	0,25	4	34	34	46
Eaux Loue amont STEP Ornans	2013-2015	62	0,12 - 16,70	1,03	4	34	34	46
Eaux Loue aval proche STEP Ornans	2013-2015	63	0,12 - 16,87	0,98	4	34	34	46
Eaux Loue aval loin STEP Ornans	2013-2015	64	0,11 - 43,86	2,15	4	34	34	46
Rejets STEP Ornans	2013-2015	65	0,26 - 24,54	2,02	4	34	34	46
Eaux Doubs Oye et Pallet	2013-2015	66	0,12 - 0,24	0,16	4	34	34	46
Eaux Doubs amont STEP Pontarlier	2013-2015	67	0,11 - 0,46	0,28	4	34	34	46
Eaux Doubs aval proche STEP Pont.	2013-2015	68	0,11 - 0,67	0,26	4	34	34	46
Eaux Doubs aval loin STEP Pont.	2013-2015	69	0,12 - 1,01	0,33	4	34	34	46
Rejets STEP Pontarlier	2013-2015	70	0,02 - 2,18	1,15	4	34	34	46
Eaux Loue, Doubs, Brême...	oct-18	53-54	0,14 - 1,11	-	4	34	34	46
Eaux lysimétriques	avr-18	51	0,51 - 1,33	-	4	34	34	46
Eaux lysimétriques	mai-18	52	0,65 - 2,43	-	4	34	34	46
Eaux lysimétriques	déc-18	56	0,33 - 0,88	-	4	34	34	46
Eaux routières	2017-2018	58	0,11 - 3,18	-	4	34	34	46

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Ni] ( $\mu\text{g/g}$ )	Ordre de grandeur [Ni] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/g}$ )	Valeur de référence spécifique Sédiment, protection des organismes benthiques	Valeur de référence spécifique biote protection des organismes prédateurs	Valeur de référence spécifique biote protection des consommateurs
					QS SED SW ( $\mu\text{g/kg}$ poids sec)	QS BIOTA SP ( $\mu\text{g/kg}$ biota)	QS BIOTA HH FOOD ( $\mu\text{g/kg}$ biota)
Sédiments MES	juil-13	50	2,10 - 12,00	-	-	-	-
Sédiments MES	mai-18 - juil-18	55	0,67 - 2,62	-	-	-	-
Sédiments MES	nov-18	57	0,56 - 3,62	-	-	-	-
Poissons	2010-15-16	59	0,023 - 3,79	-	-	12300	40780

Les concentrations en nickel dans les eaux superficielles sont le plus souvent de l'ordre de  $1 \mu\text{g/L}$ , mais les stations situés à l'amont et à l'aval d'Ornans ont montré des concentrations pouvant atteindre quelques dizaines de  $\mu\text{g/L}$  concentrations qui dépassent les valeurs de certaines NQE (tableau 6).

Les rejets de la STEP d'Ornans sont assez riches en nickel, alors que ceux de la STEP de Pontarlier ne montrent pas de contaminations significatives par rapport aux eaux de surface. Les eaux lysimétriques et les eaux routières ont des teneurs qui restent en deçà de la NQE de  $4 \mu\text{g/L}$ .

Les sédiments et MES prélevés en 2013 sont plus chargés que ceux de 2018, mais les concentrations restaient assez faibles.

## Conclusions

**A l'exception des abords de la ville d'Ornans et des rejets de sa STEP, les concentrations en nickel mesurées de 2013 à 2018 ne sont pas de nature à provoquer des effets néfastes sur les systèmes aquatiques.**



## CONCENTRATIONS EN CHROME DANS LES RIVIERES KARSTIQUES DU MASSIF DU JURA

Le chrome existe sous différentes formes chimiques. La forme réduite trivalente (chrome III) correspond au chrome issu du substratum géologique alors que les activités humaines produisent du chrome oxydé hexavalent (chrome VI), qui est beaucoup plus toxique.

Comme ceux des autres ETM, les usages du chrome (aciers, alliages, combustibles fossiles, textile, traitements de surface...) sont multiples et les sources d'émission nombreuses y compris naturelles. Le Cr VI est cancérigène par inhalation. En cas d'exposition importante, de multiples organes et fonctions peuvent être atteints : appareil digestif, rein, système respiratoire...).

Le cadre réglementaire actuel ne prévoit pas à notre connaissance de NQE pour le chrome. La figure 12<sup>6</sup> fournit des repères écotoxicologiques pour diverses espèces de poissons. Le tableau 8 synthétise les résultats obtenus de 2013 à 2018.

Les eaux de surface ont des concentrations en chrome de l'ordre de 0,1 µg/L. Comme pour d'autres ETM, les sites situés à proximité d'Ornans montrent des teneurs en chrome qui peuvent présenter temporairement des valeurs plus élevées que les autres (0,50 µg/L). La source de la Loue montre parfois des valeurs fortes pouvant atteindre 1,12 µg/L.

Les rejets de STEP ne se distinguent pas particulièrement du reste des prélèvements aqueux. Les eaux lysimétriques présentent quelques valeurs élevées, notamment au printemps 2018 (1,70 µg/L).

Les eaux routières peuvent également être plus chargées en chrome (0,38 à 2,01 µg/L) que les cours d'eaux.

L'ordre de grandeur des concentrations en chrome dans les sédiments est de 1 µg/g avec des pics pouvant atteindre 10 µg/g.

Les concentrations en chrome dans les poissons sont comprises entre 1 et 7,5 µg/L. Or, les NOEC disponibles dans la littérature (INERIS, 2005) pour certaines espèces d'eau douce sont le plus souvent supérieures à ces valeurs et s'échelonnent entre 10 et 1000 µg/L (figure 12).

<sup>6</sup> INERIS 2005, Fiches de données toxicologiques et environnementales, A. Pichard et al.

## Conclusions

Au regard des données écotoxicologiques disponibles (INERIS, 2005), l'ensemble des valeurs mesurées dans les rivières du massif paraît inférieur aux concentrations sans effet néfaste observé (figure 12), ce qui indique que les contaminations par le chrome, même si elles sont mesurables n'ont vraisemblablement pas d'effets sur les communautés biologiques.

Tableau 7. Gamme et ordre de grandeur des concentrations en chrome ( $\mu\text{g/L}$  ou  $\mu\text{g/g}$ ) des différentes matrices échantillonnées de 2013 à 2018 ; NQE correspondantes lorsque disponibles.

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Cr] ( $\mu\text{g/L}$ )	Ordre de grandeur [Cr] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/L}$ )	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Moyenne annuelle	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Concentration maximale admissible	Valeur de référence spécifique, protection organismes pélagiques d'eau douce CMA écotox algue	Valeur de référence spécifique eaux protection des organismes prédateurs
					Valeur réglementaire PS/PHS AA-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	Valeur réglementaire PS/PHS MAC-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	MAC FW ( $\mu\text{g/L}$ )	QS FW SP ( $\mu\text{g/L}$ )
Eaux Loue source	2013-2015	60	0,04 - 1,12	0,18	-	-	-	-
Eaux Loue Montgesoye	2013-2015	61	0,09 - 0,15	0,13	-	-	-	-
Eaux Loue amont STEP Ornans	2013-2015	62	0,04 - 0,24	0,11	-	-	-	-
Eaux Loue aval proche STEP Ornans	2013-2015	63	0,02 - 0,23	0,11	-	-	-	-
Eaux Loue aval loin STEP Ornans	2013-2015	64	0,04 - 0,50	0,14	-	-	-	-
Rejets STEP Ornans	2013-2015	65	0,06 - 0,36	0,19	-	-	-	-
Eaux Doubs Oye et Pallet	2013-2015	66	0,04 - 0,33	0,14	-	-	-	-
Eaux Doubs amont STEP Pontarlier	2013-2015	67	0,02 - 1,82	0,37	-	-	-	-
Eaux Doubs aval proche STEP Pont.	2013-2015	68	0,02 - 0,13	0,13	-	-	-	-
Eaux Doubs aval loin STEP Pont.	2013-2015	69	0,02 - 0,69	0,1	-	-	-	-
Rejets STEP Pontarlier	2013-2015	70	0,06 - 0,41	0,22	-	-	-	-
Eaux Loue, Doubs, Brême...	oct-18	53-54	0,09 - 0,26	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	avr-18	51	0,17 - 1,70	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	mai-18	52	<	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	déc-18	56	0,06 - 0,24	-	-	-	-	-
Eaux routières	2017-2018	58	0,38 - 2,01	-	-	-	-	-

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Cr] ( $\mu\text{g/g}$ )	Ordre de grandeur [Cr] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/g}$ )	Valeur de référence spécifique Sédiment, protection des organismes benthiques	Valeur de référence spécifique biote protection des organismes prédateurs	Valeur de référence spécifique biote protection des consommateurs
					QS SED SW ( $\mu\text{g/kg}$ poids sec)	QS BIOTA SP ( $\mu\text{g/kg}$ biota)	QS BIOTA HH FOOD ( $\mu\text{g/kg}$ biota)
Sédiments MES	juil-13	50	1,90 - 10,00	-	-	-	-
Sédiments MES	mai-18 - juil-18	55	0,53 - 3,06	-	-	-	-
Sédiments MES	nov-18	57	0,39 - 3,68	-	-	-	-
Poissons	2010-15-16	59	1,14 - 7,49	-	-	-	-

	Espèce	Substance testée	Critère d'effet	[CrVI] mg/L	Référence
Poissons d'eau douce	<i>Catostomus commersoni</i> (ELS <sup>1</sup> )	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (60 j)	0,29	Sauter <i>et al.</i> , 1976
	<i>Esox lucius</i> (ELS)	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (20 j)	0,538	Sauter <i>et al.</i> , 1976
	<i>Ictalurus punctatus</i> (ELS)	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (30 j)	0,15	Sauter <i>et al.</i> , 1976
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (ELS)	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (60 j)	0,051	Sauter <i>et al.</i> , 1976
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	NOEC (8 m)	0,1	Benoit, 1976
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>			0,071	Moyenne géométrique
	<i>Oryzias latipes</i> (ELS)	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (40 j)	3,5	Slooff et Canton, 1983
	<i>Pimephales promelas</i>	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	NOECc (60 j)	1	Pickering, 1980
	<i>Pimephales promelas</i>	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	NOECss (412 j)	> 3,95	Pickering, 1980
	<i>Pimephales promelas</i>	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	NOECs (412 j)	1	Pickering, 1980
	<i>Pimephales promelas</i>	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	NOECc (412 j)	3,95	Pickering, 1980
	<i>Pimephales promelas</i> (ELS)	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	NOEC (7 j)	1,1	DeGraeve <i>et al.</i> , 1991
	<i>Pimephales promelas</i>	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (30 j)	0,05	Broderius et Smith Jr., 1979
	<i>Pimephales promelas</i>			0,68	Moyenne géométrique
	<i>Poecilia reticulata</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (28 j)	3,5	Slooff et Canton, 1983
<i>Salvelinus fontinalis</i>	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (8 m)	0,01	Benoit, 1976	
<i>Salvelinus namaycush</i> (ELS)	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (60 j)	0,105	Sauter <i>et al.</i> , 1976	
Crustacés d'eau douce	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (7 j)	0,0047	De Graeve <i>et al.</i> , 1991
	<i>Daphnia carinata</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (14 j)	0,05	Hickey, 1989
	<i>Daphnia magna</i>	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (14 j)	0,0005	Elnabarawy <i>et al.</i> , 1986
	<i>Daphnia magna</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (21 j)	0,018	Kuhn <i>et al.</i> , 1989
<i>Daphnia magna</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NOEC (21 j)	0,035	Slooff et Canton, 1983	

Figure 12. Repères écotoxicologiques concernant les effets du chrome sur différentes espèces d'eau douce

# CONCENTRATIONS EN CUIVRE DANS LES RIVIERES KARSTIQUES DU MASSIF DU JURA

Le cuivre est l'un des plus anciens métaux travaillés par l'homme. C'est un élément essentiel pour de très nombreuses applications : métallurgie, alliages (maillechort, bronze, laiton), industrie chimique (anti-corrosion), industrie électrique (cablerie, connecteurs...), plomberie, céramiques, produits phytosanitaires et biocides (dont la bouillie bordelaise de l'agriculture biologique)...

Alors que le cuivre est un oligo-élément nécessaire à différents fonctionnements cellulaires, une exposition trop forte provoque diverses pathologies touchant le foie, le cœur, les os, les reins ou la peau. Il n'existe pas de NQE réglementaire pour ce métal. La figure 13 fournit différents repères écotoxicologiques et le tableau 8 donne une synthèse des teneurs en cuivre mesurées dans les différentes matrices au cours du programme.

Tableau 8. Gamme et ordre de grandeur des concentrations en cuivre ( $\mu\text{g/L}$  ou  $\mu\text{g/g}$ ) des différentes matrices échantillonnées de 2013 à 2018 ; NQE correspondantes lorsque disponibles.

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Cu] ( $\mu\text{g/L}$ )	Ordre de grandeur [Cu] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/L}$ )	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Moyenne annuelle	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Concentration maximale admissible	Valeur de référence spécifique, protection organismes pélagiques d'eau douce CMA écotox aigüe	Valeur de référence spécifique eaux protection des organismes prédateurs
					Valeur réglementaire PS/PHS AA-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	Valeur réglementaire PS/PHS MAC-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	MAC FW ( $\mu\text{g/L}$ )	QS FW SP ( $\mu\text{g/L}$ )
Eaux Loue source	2013-2015	60	0,23 - 5,12	0,88	-	-	-	-
Eaux Loue Montgesoye	2013-2015	61	0,20 - 2,92	1	-	-	-	-
Eaux Loue amont STEP Ornans	2013-2015	62	0,20 - 5,96	0,91	-	-	-	-
Eaux Loue aval proche STEP Ornans	2013-2015	63	0,14 - 4,25	0,67	-	-	-	-
Eaux Loue aval loin STEP Ornans	2013-2015	64	0,13 - 86,63	4,83	-	-	-	-
Rejets STEP Ornans	2013-2015	65	0,66 - 74,96	5,43	-	-	-	-
Eaux Doubs Oye et Pallet	2013-2015	66	0,30 - 1,26	0,52	-	-	-	-
Eaux Doubs amont STEP Pontarlier	2013-2015	67	0,22 - 12,21	1,38	-	-	-	-
Eaux Doubs aval proche STEP Pont.	2013-2015	68	0,21 - 2,51	1,04	-	-	-	-
Eaux Doubs aval loin STEP Pont.	2013-2015	69	0,12 - 3,15	0,92	-	-	-	-
Rejets STEP Pontarlier	2013-2015	70	1,00 - 3,34	1,86	-	-	-	-
Eaux Loue, Doubs, Brême...	oct-18	53-54	0,53 - 5,86	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	avr-18	51	0,18 - 1,70	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	mai-18	52	1,13 - 2,30	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	déc-18	56	1,11 - 8,88	-	-	-	-	-
Eaux routières	2017-2018	58	1,78 - 21,9	-	-	-	-	-

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Cu] $\mu\text{g/g}$	Ordre de grandeur [Cu] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/g}$ )	Valeur de référence spécifique Sédiment, protection des organismes benthiques	Valeur de référence spécifique biote protection des organismes prédateurs	Valeur de référence spécifique biote protection des consommateurs
					QS SED SW ( $\mu\text{g/kg}$ poids sec)	QS BIOTA SP ( $\mu\text{g/kg}$ biota)	QS BIOTA HH FOOD ( $\mu\text{g/kg}$ biota)
Sédiments MES	juil-13	50	2,40 - 7,20	-	-	-	
Sédiments MES	mai-18 - juil-18	55	0,49 - 2,72	-	-	-	
Sédiments MES	nov-18	57	0,37 - 4,73	-	-	-	
Poissons	2010-15-16	59	0,434 - 1812,0	-	-	-	

**Cuivre**

CAS : 7440-50-8

Synonymes : cuivre;copper;1721 GOLD;ALLBRI NATURAL COPPER;ANAC 110;ARWOOD COPPER;BRONZE POWDER;C.I. 77400;C.I. Pigment Metal 2;Caswell No 227;CDA 101;CDA 102;CDA 110;CDA 122;CE 1110;CI 77400;CI PIGMENT METAL 2;Copper (metallic);COPPER BRONZE;COPPER M 1;...

Créé le: 12/03/2004

Mise à jour le: 13/04/2018

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 algue		mg/L					
CL/CE50 invertébré		mg/L					
CL/CE50 poisson		mg/L					
NOEC/CE10 algue	0.01	mg/L			INERIS (2004)		
NOEC/CE10 invertébré	3e-05	mg/L			INERIS (2004)		
NOEC/CE10 poisson	0.00067	mg/L			INERIS (2004)		
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 algue		mg/L					
CL/CE50 invertébré		mg/L					
CL/CE50 poisson		mg/L					
NOEC/CE10 poisson	0.06	mg/L			INERIS (2004)		
NOEC/CE10 algue	0.00064	mg/L			INERIS (2004)		
NOEC/CE10 invertébré	0.0005	mg/L			INERIS (2004)		
<b>Sédiment écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 organisme benthique		mg/kg (pds sec)					
NOEC/CE10 organisme benthique	41	mg/kg (pds sec)			INERIS (2004)		
<b>Sol écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré		mg/kg (pds sec)					
CL/CE50 plantes		mg/kg (pds sec)					
CL/CE50 μ-organismes		mg/kg (pds sec)					
NOEC/CE10 μ-organismes	4	mg/kg (pds sec)			INERIS (2004)		
NOEC/CE10 invertébré	13	mg/kg (pds sec)			INERIS (2004)		
NOEC/CE10 plantes	200	mg/kg (pds sec)			INERIS (2004)		
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unite	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	statistique	2	0.0016	mg/L		
Eau marine	PNEC chronique	statistique	2	0.0008	mg/L		
Sédiments	PNEC / QSed	extrapolation	50	0.8	mg/kg (poids sec)		
Sol	PNEC	statistique	3	2.7	mg/kg (poids sec)		

 Figure 13. Ecotoxicologie du cuivre (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

Les eaux superficielles échantillonnées ont des teneurs usuelles en cuivre de l'ordre de 1 µg/L. Une fois encore les sites proches d'Ornans montrent des teneurs élevées avec des valeurs pouvant atteindre plus de 80 µg/L. Les rejets de la STEP d'Ornans peuvent occasionnellement être très chargés en cuivre (max à 74,96 µg/L).

Les eaux lysimétriques ne présentent pas de différences sensibles par rapport aux eaux superficielles.

La NOEC pour les poissons d'eau douce (Figure 13) valant 0,67 µg/L et celle pour les invertébrés étant de 0,03 µg/L, il apparaît que les contaminations par le cuivre

des eaux superficielles sont de nature à provoquer des effets néfastes. La NOEC pour les algues étant plus élevée (10  $\mu\text{g/L}$ ), ces organismes ne sont sans doute affectés que très occasionnellement.

Les sédiments sont chargés en cuivre à environ 0,5 à 7  $\mu\text{g/g MS}$ . La PNEC sédiment pour les organismes benthiques étant de 41  $\mu\text{g/g}$ , il est vraisemblable que les contaminations sédimentaires ne soient pas à l'origine d'effets néfastes sur les communautés concernées.

Les poissons analysés montrant des teneurs en cuivre dépassant le plus souvent 0,5  $\mu\text{g/g}$ . Parmi les poissons échantillonnés, l'un d'eux montre une teneur très élevée (plus de 1800  $\mu\text{g/g MS}$ ), traduisant vraisemblablement une surexposition aiguë et une intoxication manifeste.

### **Conclusions**

**Les teneurs en cuivre mesurées dans les différentes matrices échantillonnées pendant le programme sont de nature à provoquer occasionnellement des effets négatifs parmi les organismes aquatiques exposés et notamment parmi les invertébrés et les poissons.**

## CONCENTRATIONS EN ZINC DANS LES RIVIERES KARSTIQUES DU MASSIF DU JURA

Les émissions de zinc dans l'environnement sont à la fois d'origine naturelle (érosion, volcanisme, apports océaniques, feux) et anthropiques. Les usages de ce métal sont multiples, notamment en anti-corrosion, dans l'industrie électrique (accumulateurs), l'industrie chimique (pigments, galvanisation), etc.

Les lisiers de porc contiennent des quantités significatives de zinc donné en complémentation alimentaire. Le zinc étant un oligoélément impliqué dans de très nombreux fonctionnements enzymatiques.

Une exposition importante provoque des atteintes au système sanguin et au système immunitaire. Des taux élevés de zinc dans l'alimentation peuvent provoquer une anémie, ainsi qu'une diminution des taux d'absorption de cuivre et de fer et une réduction des activités de plusieurs enzymes importantes dans divers tissus<sup>7</sup>. La dose maximale provisoire journalière tolérable<sup>8</sup> est de l'ordre de 0,3 à 1 mg/kg pc/j.

La figure 14 fournit quelques repères écotoxicologiques pour le zinc. Le tableau 9 synthétise les résultats obtenus de 2013 à 2018.

Les eaux superficielles prélevées entre 2013 et 2015 dans la Loue présentent usuellement des teneurs de l'ordre de quelques  $\mu\text{g/L}$  à l'exception de celles prélevées dans le secteur d'Ornans (amont et aval proche) où les concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de  $\mu\text{g/L}$ .

Les eaux de surface, les eaux lysimétriques et les eaux routières prélevées en 2018 dans les différents cours d'eau ont des concentrations de l'ordre du  $\mu\text{g/L}$  ou de la dizaine de  $\mu\text{g/L}$ .

Les rejets des STEP montrent également des concentrations en zinc plus élevées que les eaux superficielles (max de 514,10  $\mu\text{g/L}$  pour celui d'Ornans et de 79,57  $\mu\text{g/L}$  pour celui de Pontarlier).

<sup>7</sup> JECFA 1982, <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=4197>

<sup>8</sup> DJT ou PMTDI : Quantité estimée d'une substance présente dans les aliments ou dans l'eau potable qui peut être consommée durant toute la durée d'une vie sans présenter de risque appréciable pour la santé. Elle est généralement exprimée en milligrammes de substance par kilogramme de poids corporel et s'applique à des substances chimiques autres que celles ayant une raison de se trouver dans les aliments ou l'eau de boisson (additifs, résidus de pesticides ou médicaments vétérinaires) Les DJA s'appliquent aux substances chimiques telles que les additifs alimentaires, les résidus de pesticides et les médicaments vétérinaires.

**zinc**

CAS : 7440-66-6

Synonymes : poudre de zinc; zinc powder; ASARCO L 15; BLUE POWDER; EMANAY ZINC DUST; GRANULAR ZINC; JASAD; LS 2; LS 6; MERRILLITE; Rheinzink; USEPA/OPP Pesticide Code: 129015.

Créé le: 18/11/2004

Mise à jour le: 06/08/2019

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 algue	0.14	mg/L			ECB		
CL/CE50 invertébré	0.03	mg/L			ECB		
CL/CE50 poisson	0.07	mg/L			ECB		
NOEC/CE10 algue	0.02	mg/L			ECB		
NOEC/CE10 invertébré	0.04	mg/L			ECB		
NOEC/CE10 poisson	0.04	mg/L			ECB		
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 algue		mg/L					
CL/CE50 invertébré	0.06	mg/L			ECB		
CL/CE50 poisson	0.19	mg/L			ECB		
NOEC/CE10 poisson		mg/L					
NOEC/CE10 algue	0.01	mg/L			ECB		
NOEC/CE10 invertébré	0.01	mg/L			ECB		
<b>Sédiment écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 organisme benthique		mg/kg (pds sec)					
NOEC/CE10 organisme benthique	74	mg/kg (pds sec)			ECB		
<b>Sol écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré	142	mg/kg (pds sec)			ECB		
CL/CE50 plantes	53	mg/kg (pds sec)			ECB		
CL/CE50 μ-organismes	360	mg/kg (pds sec)			ECB		
NOEC/CE10 μ-organismes	17	mg/kg (pds sec)			ECB		
NOEC/CE10 invertébré	32	mg/kg (pds sec)			ECB		
NOEC/CE10 plantes	32	mg/kg (pds sec)			ECB		
<b>Micro-organismes écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Référence					
EC50 (3h) / test d'inhibition de la respiration sur boues activées (mg/L)	5.2	ECB					
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unité	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	statistique	2	0.0078	mg/L		Cette PNECadd correspond à la concentration maximum ajoutable et pour une eau d'une dureté > 24mg/L. La PNECtotal = PNECadd + Cb (Concentration de fond). (Pour une dureté < 24 mg/L la PNECadd = 3.1µg/L).
Eau marine	PNEC chronique	statistique	2	0.0078	mg/L		La PNECadd pour l'eau douce est utilisée dans divers scénarios marins pour des raisons pratiques.
Sédiments	PNEC / Qsed	extrapolation	2	37	mg/kg (poids sec)		Cette PNECadd correspond à la concentration maximum ajoutable, PNECtotale = PNECadd + Cb.
Sol	PNEC	statistique	2	26	mg/kg (poids sec)		Cette PNECadd correspond à la concentration maximum ajoutable, PNECtotale = PNECadd + Cb.
Station d'épuration	PNEC	extrapolation	100	0.052	mg/L		Concentration en Zn dissous.

Figure 14. Ecotoxicologie du zinc (<https://substances.ineris.fr/fr/>)



Tableau 9. Gamme et ordre de grandeur des concentrations en zinc ( $\mu\text{g/L}$  ou  $\mu\text{g/g}$ ) des différentes matrices échantillonnées de 2013 à 2018 ; NQE correspondantes lorsque disponibles.

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Zn] ( $\mu\text{g/L}$ )	Ordre de grandeur [Zn] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/L}$ )	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Moyenne annuelle	NQE eaux intérieures Substances Prioritaires et SP dangereuses Concentration maximale admissible	Valeur de référence spécifique, protection organismes pélagiques d'eau douce CMA écotox aigüe	Valeur de référence spécifique eaux protection des organismes prédateurs
					Valeur réglementaire PS/PHS AA-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	Valeur réglementaire PS/PHS MAC-EQS FW (Dir. 2013/39/CE) ( $\mu\text{g/L}$ )	MAC FW ( $\mu\text{g/L}$ )	QS FW SP ( $\mu\text{g/L}$ )
Eaux Loue source	2013-2015	60	0,78 - 9,22	2,83	-	-	-	-
Eaux Loue Montgesoye	2013-2015	61	1,56	-	-	-	-	-
Eaux Loue amont STEP Ornans	2013-2015	62	0,55 - 814,30	91,53	-	-	-	-
Eaux Loue aval proche STEP Ornans	2013-2015	63	0,12 - 135,70	12,58	-	-	-	-
Eaux Loue aval loin STEP Ornans	2013-2015	64	1,06 - 10,97	2,83	-	-	-	-
Rejets STEP Ornans	2013-2015	65	3,99 - 514,10	69,44	-	-	-	-
Eaux Doubs Oye et Pallet	2013-2015	66	0,53	-	-	-	-	-
Eaux Doubs amont STEP Pontarlier	2013-2015	67	0,75 - 8,39	3,83	-	-	-	-
Eaux Doubs aval proche STEP Pont.	2013-2015	68	1,09 - 14,86	5,71	-	-	-	-
Eaux Doubs aval loin STEP Pont.	2013-2015	69	0,61 - 5,76	2,59	-	-	-	-
Rejets STEP Pontarlier	2013-2015	70	15,93 - 79,57	48,57	-	-	-	-
Eaux Loue, Doubs, Brême...	oct-18	53-54	0,75 - 31,75	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	avr-18	51	< LOQ	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	mai-18	52	3,72	-	-	-	-	-
Eaux lysimétriques	déc-18	56	8,21 - 10,45	-	-	-	-	-
Eaux routières	2017-2018	58	3,10 - 38,49	-	-	-	-	-

Matrice	Campagne	Annexes	Gamme [Zn] $\mu\text{g/g}$	Ordre de grandeur [Zn] (= moyenne des mesures > LOQ) ( $\mu\text{g/g}$ )	Valeur de référence spécifique Sédiment, protection des organismes benthiques	Valeur de référence spécifique biote protection des organismes prédateurs	Valeur de référence spécifique biote protection des consommateurs
					QS SED SW ( $\mu\text{g/kg}$ poids sec)	QS BIOTA SP ( $\mu\text{g/kg}$ biota)	QS BIOTA HH FOOD ( $\mu\text{g/kg}$ biota)
Sédiments MES	juil-13	50	15,0 - 39,0	-	-	-	-
Sédiments MES	mai-18 - juil-18	55	6,36 - 66,5	-	-	-	-
Sédiments MES	nov-18	57	4,03 - 36,98	-	-	-	-
Poissons	2010-15-16	59	17,1 - 247,2	-	-	-	-

Les sédiments montrent des concentrations comprises entre quelques  $\mu\text{g/g}$  et plusieurs dizaines de  $\mu\text{g/g}$ .

Les poissons présentent quant à eux des teneurs en zinc plus fortes comprises entre 17,1 et 247,2  $\mu\text{g/g}$  traduisant leur capacité à bioaccumuler ce métal. La consommation lors d'un repas journalier d'une portion de 300 g d'un tel poisson contaminé à 250  $\mu\text{g/g}$  entraînerait donc un apport de 75 mg de zinc en une fois. Or la DJT est au maximum de 1 mg de zinc par kg de poids corporel et par jour, ce qui correspond pour un individu moyen de 60 kg à une prise de 60 mg. Ce calcul montre qu'il faudrait consommer chaque jour pendant une vie entière un poisson aussi contaminé que le poisson le plus contaminé de notre échantillon pour absorber par ce biais une dose de l'ordre de la dose journalière tolérable (DJT). La consommation de poissons d'eau douce étant très faible parmi la population (quelques repas par an en règle générale) et les poissons étant le plus souvent beaucoup moins contaminés que celui pris en exemple, l'hypothèse de l'absence totale de risques liés aux apports

de zinc par la consommation de poissons de la Loue et de la Bienne apparaît très vraisemblable.

A notre connaissance, il n'existe pas de NQE réglementaires pour le zinc. Les repères écotoxicologiques disponibles indiquent une NOEC de 40 µg/L pour les poissons et les invertébrés. Cette valeur n'est donc pas dépassée dans la majeure partie des échantillons analysés à l'exception notable de certains de ceux prélevés à proximité d'Ornans entre 2013 et 2015. Ces épisodes de pollution par le zinc correspondent par ailleurs à ceux observés pour les autres métaux sur les sites concernés (amont et aval proche de la STEP d'Ornans).

Les teneurs mesurées dans les sédiments ne dépassent pas quant à elles la NOEC rapportée par l'INERIS (74 µg/g).

### **Conclusions**

**A l'exception d'épisodes de contamination marquée observés à l'amont et à l'aval de la STEP d'Ornans, les concentrations en zinc mesurées dans les différentes matrices ne sont pas de nature à occasionner de manière durable des effets durables dans les communautés biologiques.**

## **AUTRES ELEMENTS EN TRACES METALLIQUES QUANTIFIES DANS LES RIVIERES KARSTIQUES DU MASSIF DU JURA**

Les autres éléments en trace métalliques (cobalt, manganèse, molybdène, antimoine, sélénium, étain, strontium, titane, thallium et vanadium) analysés au cours du programme ne font pas à notre connaissance l'objet d'un cadre réglementaire national.

Le tableau 10 fournit les concentrations maximales rencontrées dans les eaux superficielles des différentes stations de la Loue, échantillonnées entre 2013 et 2015, accompagnées des repères écotoxicologiques disponibles.

Tableau 10. Concentrations maximales en cobalt, manganèse, molybdène, antimoine, sélénium, étain, strontium, titane, thallium et vanadium) enregistrées dans les eaux de la Loue et du Doubs et les rejets des STEP d'Ornans et Pontarlier. Repères écotoxicologiques correspondants

Concentrations maximales (µg/L)	Co	Mn	Mo	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	Tl	V
Loue Source	0,652	1,417	0,250	0,074	0,122	0,172	165,900	1,630	0,004	0,000
Loue Montgesoye	0,409	0,846	0,145	0,040	0,120	0,130	150,500	0,148	0,005	0,000
Loue Amont Ornans	1,502	2,326	0,208	1,170	0,124	0,159	162,500	1,569	0,004	0,200
Loue Aval Proche STEP Ornans	0,618	5,224	0,204	0,780	0,112	0,089	170,400	0,931	0,004	0,173
Loue Aval Lointain STEP Ornans	0,388	2,948	0,152	0,057	0,120	0,093	166,700	0,666	0,004	0,219
Rejet STEP Ornans	2,423	69,860	1,405	0,860	0,443	0,248	132,200	0,877	0,001	0,000
Doubs Oye et Pallet	0,240	7,060	0,932	0,340	0,339	0,393	738,274	0,261	0,010	0,000
Doubs Amont STEP Pontarlier	1,229	2,274	0,151	0,078	352,150	104,800	113,100	0,306	0,026	0,226
Doubs Aval Proche STEP Pontarlier	0,446	9,990	0,330	0,314	422,870	115,000	121,600	0,223	1,945	0,322
Doubs Aval Lointain STEP Pontarlier	0,249	3,171	0,302	0,123	533,710	115,900	127,700	0,220	3,677	0,349
Rejet STEP Pontarlier	1,010	46,830	1,906	8,498	2653,000	147,600	199,100	0,703	52,170	1,978
NOEC/CE10 Invertébré	2,800			1740,000		180,000		-	10,000	200,000
NOEC/CE10 poisson	210,000	4,550	12700,000	1130,000	156,000	80,000	32,000	-	40,000	40,000
NOEC/CE10 algue	330,000			2110,000		-		2000,000	2,000	-
Références	Portail substances Ineris*	INERIS, 2012	Heijerick et al. 2012	Portail substances Ineris*	Obiakor et al. 2017	Portail substances Ineris*	Black et al. 1980	Portail substances Ineris*	Portail substances Ineris*	Portail substances Ineris*

\* <https://substances.ineris.fr/fr/>

## Cobalt

La concentration maximale est enregistrée dans le rejet de la STEP d'Ornans. Elle est de plusieurs ordres de grandeur inférieure aux NOEC disponibles (figure 15).

### cobalt

CAS : 7440-48-4

Synonymes : cobalt;Aquacat;C.I. 77320;CI 77320;Cobalt metallic;Cobalt-59;Kobalt;Kobalt (German, Polish);NCI-C60311;Super cobalt.

Créé le: 23/03/2004

Mise à jour le: 13/04/2018

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré		mg/L					
CL/CE50 poisson		mg/L					
CL/CE50 algue		mg/L					
NOEC/CE10 invertébré	0.0028	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 poisson	0.21	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 algue	0.33	mg/L			INERIS		
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré	4.5	mg/L			INERIS		
CL/CE50 poisson		mg/L					
CL/CE50 algue	0.3	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 invertébré	0.45	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 poisson	45	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 algue		mg/L					
<b>Sol écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 plantes		mg/kg (pds sec)					
CL/CE50 μ-organismes		mg/kg (pds sec)					
CL/CE50 invertébré		mg/kg (pds sec)					
NOEC/CE10 invertébré	240	mg/kg (pds sec)			INERIS		
NOEC/CE10 plantes		mg/kg (pds sec)					
NOEC/CE10 μ-organismes		mg/kg (pds sec)					
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unité	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	10	0.0003	mg/L		
Eau marine	PNEC chronique	extrapolation	50	0.0001	mg/L		La PNEC a été dérivée à partir du test chronique invertébré eau douce.
Sol	PNEC	extrapolation	100	2.4	mg/kg (poids sec)		

Figure 15. Ecotoxicologie du cobalt (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

## Manganèse

La concentration maximale (69,86  $\mu\text{g/L}$ ) est enregistrée dans le rejet de la STEP d'Ornans. Dans les autres stations, les teneurs maximales enregistrées ne dépassent pas 10  $\mu\text{g/L}$ . Elles sont donc sensiblement du même ordre de grandeur que la NOEC chronique déterminée chez la truite (4,55  $\mu\text{g/L}$ , figure 16).

	Espèce	Critère d'effet	Valeur ( $\mu\text{g/L}$ )	Référence
	<i>Daphnia magna</i>			
Poissons	<i>Salmo trutta</i>	NOEC (62 j)	4,55	Stubblefield <i>et al.</i> , 1997

Figure 15. Ecotoxicologie du manganèse (d'après INERIS, 2012)<sup>9</sup>

S'agissant d'une NOEC chronique établie pour une exposition de 2 mois, on peut considérer que les concentrations mesurées dans la Loue ne présentent pas de risques, à l'exception peut être de celles mesurées à l'amont d'Ornans qui se rapprochent de ce repère.

## Molybdène

La concentration maximale (1,906  $\mu\text{g/L}$ ) est enregistrée dans le rejet de la STEP de Pontarlier. Dans les autres stations, les teneurs maximales enregistrées ne dépassent pas 1  $\mu\text{g/L}$  : le maximum est observé dans le Doubs à Oye et Pallet (0,932  $\mu\text{g/L}$ ).

Ces valeurs sont très inférieures à la *PNEC freshwater* proposé par Heijerick et al. (2012)<sup>10</sup>, qui vaut 12,7 mg/L.

Ceci indique donc que les teneurs en molybdène mesurées dans la Loue et le Doubs sont vraisemblablement sans effet sur les communautés biologiques.

## Antimoine

La concentration maximale (8,498  $\mu\text{g/L}$ ) est enregistrée dans le rejet de la STEP de Pontarlier. Dans les autres stations, les teneurs maximales enregistrées ne dépassent que rarement 1  $\mu\text{g/L}$  (1,17  $\mu\text{g/L}$  à l'amont de la STEP d'Ornans). Elles sont de plusieurs ordres de grandeur inférieures aux NOEC disponibles (figure 17).

<sup>9</sup> INERIS, 2012. Manganèse et ses dérivés. Bisson *et al.*

<sup>10</sup> D.G.Heijerick, L.Regoli, S.Carey, 2012. The toxicity of molybdate to freshwater and marine organisms. II. Effects assessment of molybdate in the aquatic environment under REACH. *Science of The Total Environment*, 435–436, 179-187.

**antimoine**

CAS : 7440-36-0

 Synonymes : *antimoine*;antimony;ANTIMONY BLACK;Antimony metal, super-pure;ANTIMONY, REGULUS;Antymon;ANTYMON (POLISH);C.I. 77050;CI 77050;REGULUS OF ANTIMONY;STIBIUM.

Créé le: 02/03/2010

Mise à jour le: 09/05/2019

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 poisson	14.4	mg/L			INERIS (2014)		
CL/CE50 algue	> 25.5	mg/L			INERIS (2014)		
CL/CE50 invertébré	1.77	mg/L			INERIS (2014)		
NOEC/CE10 poisson	1.13	mg/L			INERIS (2014)		
NOEC/CE10 algue	2.11	mg/L			INERIS (2014)		
NOEC/CE10 invertébré	1.74	mg/L			INERIS (2014)		
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 poisson	12.4	mg/L			INERIS (2014)		
<b>Sédiment écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré	4.1	mg/L			INERIS (2014)		
NOEC/CE10 invertébré	112	mg/kg (pds sec)			INERIS (2014)		
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartiment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unite	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	10	0.113	mg/L		
Eau marine	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	100	0.0113	mg/L		
<b>Valeur Guide Environnementale (VGE)</b>							
Compartiment	Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence	Fiches
Eau douce	Valeur guide <sub>Eau</sub>	0.6	µg/L			INERIS (2014)	
Eau douce	MAC	177	µg/L			INERIS (2014)	
Eau marine	Valeur guide <sub>Biote</sub>	24.3	µg/kgbiote			INERIS (2014)	
Eau marine	MAC	17.7	µg/L			INERIS (2014)	
Biote	Valeur guide <sub>Biote</sub>	24.3	µg/kgbiote			INERIS (2014)	

 Figure 17. Ecotoxicologie de l'antimoine (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

## Sélénium

La concentration maximale (2653 µg/L) est enregistrée dans le rejet de la STEP de Pontarlier. Les eaux prélevées dans les stations situées à l'amont et à l'aval de la STEP sont également très riches en Se avec des maximales pouvant atteindre plusieurs centaines de µg/L.

Dans les autres stations, les teneurs maximales enregistrées ne dépassent pas 0,5 µg/L. Elles sont de plusieurs ordres de grandeur inférieures aux NOEC (156 à 195 µg/L) proposées par Obiakor *et al.* en 2017<sup>11</sup>.

Seules les eaux du Doubs en relation avec la STEP de Pontarlier présentent des teneurs maximales en sélénium susceptibles d'affecter les espèces aquatiques.

### Étain

La concentration maximale (147, mg/L) est enregistrée dans le rejet de la STEP de Pontarlier. Les eaux prélevées dans les stations situées à l'amont et à l'aval de la STEP sont également très riches en étain avec des maximales pouvant atteindre plusieurs centaines de mg/L. Néanmoins, ces eaux montrent des teneurs maximales en étain qui restent inférieures aux NOEC rapportées par l'INERIS (figure 18).

Dans les autres stations, les teneurs maximales enregistrées ne dépassent pas 0,4 µg/L. Elles sont de plusieurs ordres de grandeur inférieures aux NOEC INERIS.

#### étain

CAS : 7440-31-5

Synonymes : etain;tin;CI 77860;CI PIGMENT METAL 5;METALLIC TIN;SILVER MATT POWDER;TIN (ALPHA);TIN FLAKE;TIN POWDER;WANG;Zinn;ZINN (GERMAN).

Créé le: 26/11/2008

Mise à jour le: 13/04/2018

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 poisson	0.1	mg/L			INERIS		
CL/CE50 algue		mg/L					
CL/CE50 invertébré	19.5	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 invertébré	0.18	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 poisson	0.08	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 algue		mg/L					
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré		mg/L					
CL/CE50 poisson		mg/L					
CL/CE50 algue	0.2	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 invertébré		mg/L					
NOEC/CE10 poisson		mg/L					
NOEC/CE10 algue		mg/L					
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartiment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unité	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	50	0.0015	mg/L		Le test aigu sur poissons a en fait été réalisé sur amphibiens.

Figure 18. Ecotoxicologie de l'étain (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

<sup>11</sup> Obiakor et al. 2017. The relative sensitivity of freshwater species to antimony(III): Implications for water quality guidelines and ecological risk assessments; Environ Sci Pollut Res 24, 25276-25290.

## Strontium

La concentration maximale (738,27 µg/L) est enregistrée dans le Doubs à Oye et Pallet. Dans les autres stations, les teneurs maximales en strontium sont de 100 à 200 µg/L.

L'ensemble des concentrations maximales dépasse donc la valeur rapportée par Kostich *et al.* 2017<sup>12</sup> qui indiquent une EC10 de 32 µg/L à la suite de Black *et al.* (1980)<sup>13</sup>. Kostich *et al.* notent cependant que les dépassements de cette valeur sont fréquents pour une grande variété de poissons ("*Therefore, it appears likely that strontium concentrations at or above ECs in a variety of fish may be common*").

Au vu de ces considérations, et de l'absence de cadre réglementaire, il est difficile de conclure. Néanmoins, les données disponibles inclinent à entreprendre de nouvelles investigations sur les contaminations en strontium des cours d'eau étudiés et leurs éventuels effets sur les communautés.

## Titane

Les concentrations maximales en titane mesurées dans les eaux des deux rivières et dans les rejets des STEP sont toutes inférieures à la NOEC disponible (figure 19), indiquant une absence de risque lié à la présence de cet élément.

### titane

CAS : 7440-32-6

Synonymes : 75A;ALPHA-VT-1-0;ATI 24;C.P. titanium;CONTIMET 30;CP TITANIUM;EMO 140;IMI 115;IMI 130;IMI-125;JSTP28;NCI-C04251;Oremet;SMELLOFF-CUTTER TITANIUM;T 40;T 60;TI 40;TI 40A;TI 50A;TI 75A;...

Créé le: 26/11/2008

Mise à jour le: 11/07/2013

Informations générales		Propriétés physico-chimiques		Toxicologie		Ecotoxicologie		Technico-économie		Accidentel		Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>													
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence								
CL/CE50 poisson		mg/L											
CL/CE50 algue		mg/L											
CL/CE50 invertébré	4.6	mg/L			INERIS								
NOEC/CE10 invertébré		mg/L											
NOEC/CE10 poisson		mg/L											
NOEC/CE10 algue	2	mg/L			INERIS								
<b>Valeurs seuils</b>													
Compartment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unité	Validation	Commentaire						
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	1000	0.002	mg/L								

Figure 19. Ecotoxicologie du titane (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

<sup>12</sup> M.S. Kostich et al. / Science of the Total Environment 579 (2017) 1649–1657

<sup>13</sup> Black, J.A., Westerman, A.G., Hudson, J.E., 1980. Aquatic toxicity tests on inorganic elements occurring in oil shale. In: Gale, C. (Ed.), Oil Shale Symposium: Sampling, Analysis and Quality Assurance. EPA-600/9-80-022, U.S.EPA, Cincinnati, OH, pp. 519–534.



## Thallium et vanadium

Les concentrations maximales en thallium et en vanadium sont elles aussi très largement en deçà des NOEC rapportées par l'INERIS (figures 20 et 21).

### thallium

CAS : 7440-28-0

Synonymes : thallium;RAMOR.

Créé le: 26/11/2008

Mise à jour le: 13/04/2018

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 poisson	0.86	mg/L			INERIS		
CL/CE50 algue		mg/L					
CL/CE50 invertébré	0.01	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 invertébré	0.01	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 poisson	0.04	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 algue	0.002	mg/L			INERIS		
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré	32.3	mg/L			INERIS		
CL/CE50 poisson	21	mg/L			INERIS		
CL/CE50 algue	0.33	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 invertébré		mg/L					
NOEC/CE10 poisson		mg/L					
NOEC/CE10 algue		mg/L					
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartiment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unite	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	10	0.0002	mg/L		

Figure 20. Ecotoxicologie du thallium (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

vanadium

CAS : 7440-62-2

Synonymes : UNII-00J9J9XKDE;Vanadio (Spanish);Vanadium;Vanadium metallicum;Vanadium-51.

Créé le: 26/11/2008

Mise à jour le: 06/06/2017

Informations générales	Propriétés physico-chimiques	Toxicologie	Ecotoxicologie	Technico-économie	Accidentel	Autres informations	
<b>Eau douce écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 poisson	1.96	mg/L			INERIS		
CL/CE50 algue		mg/L					
CL/CE50 invertébré	1.8	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 invertébré	0.2	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 poisson	0.04	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 algue		mg/L					
<b>Eau marine écotoxicologie</b>							
Paramètre	Valeur	Unité	Commentaire		Référence		
CL/CE50 invertébré	35	mg/L			INERIS		
CL/CE50 poisson	0.62	mg/L			INERIS		
CL/CE50 algue	12	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 invertébré	0.02	mg/L			INERIS		
NOEC/CE10 poisson		mg/L					
NOEC/CE10 algue		mg/L					
<b>Valeurs seuils</b>							
Compartiment	Seuil	Méthode	F.ext	Valeur	Unité	Validation	Commentaire
Eau douce	PNEC chronique / AA-QSwater_eco	extrapolation	10	0.0025	mg/L		

Figure 21. Ecotoxicologie du vanadium (<https://substances.ineris.fr/fr/>)

## RAPPEL DES PRINCIPALES CONCLUSIONS

Les ETM les plus couramment mesurés dans les programmes de surveillance de l'environnement (cadmium, plomb, mercure, nickel, chrome, cuivre et zinc) et d'autres ETM susceptibles d'affecter les organismes aquatiques (cobalt, manganèse, molybdène, antimoine, sélénium, étain, strontium, titane, thallium et vanadium) ont été analysés dans une série de matrices (eaux superficielles, eaux lysimétriques, eaux routières, rejets de STEP, sédiments, matières en suspension, et biote).

Les teneurs mesurées en ETM dans les différentes matrices analysées ont été confrontées, à titre indicatif, lorsque cela était possible aux valeurs réglementaires et aux repères écotoxicologiques disponibles. Il faut rappeler que la conformité ou la non conformité aux valeurs réglementaires ne sont pas synonyme de présence ou absence d'effets délétères sur les communautés biologiques. Une non conformité peut ne pas correspondre à un effet néfaste alors qu'une conformité peut cependant s'accompagner d'effets néfastes.

L'ensemble des investigations réalisées depuis 2013 en matière de teneurs en **cadmium** dans les différentes matrices environnementales étudiées est récapitulé dans le tableau 3. Le cadmium est présent dans les différentes matrices. Les teneurs maximales sont enregistrées dans les eaux de la Loue à l'amont et l'aval de la STEP d'Ornans. Leur comparaison avec les seuils réglementaires (Tableau 3) n'indique pas de dépassement conséquent des valeurs réglementaires, sauf en ce qui concerne certains poissons. La comparaison des teneurs maximales en cadmium aux repères écotoxicologiques montrent que les contaminations par le cadmium restent modérées et n'induisent vraisemblablement pas d'effet néfaste majeur sur la faune et la flore.

Les rivières karstiques étudiées ne présentent usuellement pas de contamination marquée par le **plomb** dépassant les repères écotoxicologiques. Cet élément ne semble donc pas jouer un rôle déterminant dans la dégradation actuelle de ces écosystèmes.

Les résultats concernant les contaminations par le **mercure** ne permettent pas de conclure à l'existence d'une contamination significative ayant pu entraîner des effets délétères chez les communautés piscicoles. Les analyses récentes montrent que les niveaux mesurés en 2018 sont largement inférieurs à ceux de 2013-2015. S'il y a eu une contamination plus marquée dans un passé récent, il apparaît que le mercure n'est plus présent à des concentrations inquiétantes actuellement.

A l'exception des abords de la ville d'Ornans et des rejets de sa STEP, les concentrations en **nickel** mesurées de 2013 à 2018 ne sont pas de nature à provoquer des effets néfastes sur les systèmes aquatiques.

Au regard des données écotoxicologiques disponibles, l'ensemble des valeurs mesurées dans les rivières du massif paraît inférieur aux concentrations sans effet néfaste observé, ce qui indique que les contaminations par le **chrome**, même si elles sont mesurables n'ont vraisemblablement pas d'effets sur les communautés biologiques.

Les teneurs en **cuivre** mesurées dans les différentes matrices échantillonnées pendant le programme sont **de nature à provoquer occasionnellement des effets négatifs parmi les organismes aquatiques exposés** et notamment parmi les invertébrés et les poissons.

A l'exception d'épisodes de contamination marquée observés à l'amont et à l'aval de la STEP d'Ornans, les concentrations en **zinc** mesurées dans les différentes matrices ne sont pas de nature à occasionner de manière durable des effets durables dans les communautés biologiques.

En ce qui concerne les autres ETM, les concentrations maximales en **cobalt, manganèse, molybdène, antimoine, étain, titane, thallium et vanadium**, sont en règle générale inférieures ou très inférieures aux repères écotoxicologiques. La probabilité d'effets délétères sur les communautés biologiques consécutivement à la présence de ces éléments dans les milieux aquatiques peut donc être considérée comme très faible ou nulle.

A contrario, les concentrations maximales en **sélénium et strontium** sont supérieures aux repères écotoxicologiques, notamment au voisinage de la STEP de Pontarlier. Il n'est ainsi pas possible d'écarter un risque associé à ces deux éléments pour les communautés biologiques exposées.



UNIVERSITÉ  
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ



## ANNEXES

Annexe 50 - Analyse d'éléments traces métalliques Sédiments Juillet 2013		LOU1	LOU2	LOU3	LOU4	LOU5	LOU6										
Code station	Nom des stations	Source de la Loue (Ouhans)	Mouthier-Haute-Pierre	Montgesoye (le Ban)	Aval Ormans (Omelon aval seuil)	Scy-en-Varais (aval ND du Chêne)	Amont Cléron (Moulin Bollion)										
Code échantillon	1B	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	6C	
Distance à la source (km)	0,1	5,4	5,4	5,4	17,0	17,0	17,0	23,7	23,7	23,7	25,0	25,0	25,0	28,8	28,8	28,8	
LQ		SEDIMENTS juillet 2013															
ug kg <sup>-1</sup> MS		0,50	0,50	0,60	0,50	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cd	ug g <sup>-1</sup> MS	7,40	1,60	2,10	1,10	1,30	1,00	1,50	0,80	1,60	0,70	1,20	0,80	1,20	1,00	0,80	1,00
Co	ug g <sup>-1</sup> MS	10,00	3,10	4,50	1,90	3,70	2,50	3,80	2,60	4,30	2,40	2,60	2,80	3,40	2,20	2,80	3,10
Cr	ug g <sup>-1</sup> MS	3,60	3,30	4,30	4,00	8,70	2,80	7,20	4,10	6,20	4,10	4,90	3,90	3,90	3,80	3,50	4,00
Cu	ug g <sup>-1</sup> MS	12,00	2,90	4,90	2,50	3,40	2,40	3,20	2,10	4,10	3,10	2,80	2,70	2,90	2,40	2,70	2,80
Ni	ug g <sup>-1</sup> MS	17,00	6,80	9,60	19,00	8,70	5,70	9,60	9,40	14,00	9,40	8,90	10,00	7,90	7,40	8,20	9,90
Pb	ug g <sup>-1</sup> MS	32,00	17,00	25,00	21,00	19,00	15,00	22,00	22,00	32,00	22,00	27,00	24,00	28,00	31,00	31,00	32,00
Zn	ug g <sup>-1</sup> MS	0,55	0,11	0,20	0,07	0,10	0,04	0,11	0,06	0,11	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Hg	ug g <sup>-1</sup> MS																

Annexe 50 - Analyse d'éléments traces métalliques Sédiments Juillet 2013		LOU7	LOU8	LOU9	LOU10								
Code station	Nom des stations	Aval Cléron (Iles en Gon)	Amont confluence Lison (La Piquette)	Chenecey-Buillon (la Croix de Taquin)	Cessey (Ile Madame)								
Code échantillon	7A	7B	7C	8A	8B	8C	9A	9B	9C	10A	10B	10C	
Distance à la source (km)	30,3	30,3	30,3	41,3	41,3	41,3	54,4	54,4	54,4	58,9	58,9	58,9	
LQ		SEDIMENTS juillet 2013											
ug kg <sup>-1</sup> MS		0,80	0,90	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00	1,10	0,80	0,70	0,70	0,90
Cd	ug g <sup>-1</sup> MS	1,50	0,50	1,20	1,50	0,70	1,40	1,30	1,50	1,60	1,60	1,70	1,40
Co	ug g <sup>-1</sup> MS	3,60	2,80	2,80	5,40	3,30	4,20	2,90	3,50	4,00	4,80	3,90	3,70
Cr	ug g <sup>-1</sup> MS	3,10	2,80	2,40	3,40	2,40	3,40	3,50	4,30	4,60	4,50	4,70	5,30
Cu	ug g <sup>-1</sup> MS	3,10	2,60	2,90	5,20	2,90	3,70	3,00	3,30	4,20	5,10	3,70	3,20
Ni	ug g <sup>-1</sup> MS	8,10	6,50	6,90	8,60	8,10	10,00	7,00	13,00	8,30	9,50	9,50	10,00
Pb	ug g <sup>-1</sup> MS	26,00	30,00	27,00	24,00	32,00	39,00	33,00	39,00	35,00	29,00	33,00	33,00
Zn	ug g <sup>-1</sup> MS	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Hg	ug g <sup>-1</sup> MS												

ETM (LCE)	Annexe 51 - Analyse Éléments traces métalliques Eaux lysimétriques et cours d'eau Avril 2018				CHRONO ENVIRONNEMENT		Brème Amont	Brème aval	Chasnans Eaux lysimétriques				Ruisseau du Grand Bief	Loue Amont	Loue Aval	Loue Cléron
	LOQ (µg/L)	Analyse Eaux certifiées CAO22a	Valeurs certifiées	% recouvrement	CP	CS			PP	PS	Chasnans CP	Chasnans PS				
Al	0,5295	175,4000	204	86	<LQ	<LQ	<LQ	0,7361	1337,4824	5,8930	6,4740	19,5500	1,7710	7,6480	7,0690	2,2100
As	0,5686	9,7730	10,3	95	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,3927	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,7226
Cd	0,0011	4,8670	5,26	93	0,0057	0,0026	0,0015	0,0021	0,0113	0,0031	0,0058	0,0020	0,0058	0,0054	0,0027	0,0153
Co	0,0028	0,0186			0,0805	0,0958	0,1011	0,0930	0,2066	0,1343	0,1335	0,1480	0,1065	0,1144	0,0665	0,1256
Cr	0,1274	45,3800	50,8	89	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5073	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cu	0,0704	1851,0000	2100	88	0,6947	0,6268	0,7981	0,1363	<LQ	0,7519	1,6990	0,1784	0,8389	0,4645	0,2141	0,3422
Fe	1,5010	149,9000	201	75	2,0150	<LQ	4,0850	<LQ	740,8809	3,1840	1,9250	13,2100	4,4000	11,6300	6,6030	10,4800
Hg	0,0106	<LQ			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mn	0,0328	38,4600	52,5	73	1,0000	0,3443	0,3169	0,3131	6,1098	0,3216	0,2740	25,2200	0,2349	0,4470	0,1413	1,3560
Ni	0,0732	17,9700	20,5	88	0,6419	0,5435	0,5155	0,4793	1,3258	0,5698	0,5338	0,2874	0,5027	0,5726	0,3468	0,6903
Pb	0,0030	23,0400	26	89	<LQ	<LQ	0,0050	<LQ	0,3248	0,0039	0,0117	0,0103	0,0168	0,0167	0,0046	0,0051
Sb	0,0056	4,8410			0,0270	0,0547	0,0303	0,0280	0,0471	0,1586	0,1043	0,0735	0,0454	0,0474	0,0235	0,0229
Se	0,1142	11,2100	10,6	106	<LQ	<LQ	0,1197	0,1630	<LQ	<LQ	0,1264	<LQ	0,1411	0,1770	<LQ	<LQ
Sn	0,0058	0,0507			<LQ	0,0060	<LQ	<LQ	0,0556	0,0227	0,0285	<LQ	0,0095	0,0142	<LQ	<LQ
Sr	0,0878	12,6100			32,5600	40,7100	46,3600	47,2400	15,4977	39,2900	35,6300	34,6800	79,6700	92,4100	53,6700	91,2500
Ti	0,1478	2,4950			0,3401	0,3889	0,5402	0,4943	40,0902	0,6166	0,6231	0,9263	0,8864	1,2040	0,7399	1,1410
Zn	1,1530	603,3000	628	96	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mo	0,0094	0,0460			0,0188	0,0291	0,0540	0,0431	0,0728	0,0272	0,0694	0,0222	0,1270	0,1358	0,0689	0,0661
Tl	0,0009	0,0035			<LQ	<LQ	<LQ	0,0045	0,0167	<LQ	<LQ	0,0013	0,0025	0,0030	0,0016	<LQ

ETM (LCE)	LOQ (ug/L)	Annexe 52 - Analyse Eléments traces métalliques Eaux lysimétriques et cours d'eau Mai 2018				CHRONO ENVIRONNEMENT				Ruisseau Plaisir Fontaine	Brème Amont	Brème aval	Chasnans Eaux lysimétriques			Ruisseau du Grand Bief	Loue Amont	Loue Aval	Loue Cléron
		Analyse Eaux certifiées CA022a	Valeurs certifiées	% recouvrement	CP	CS	PP	PS	CP				CS	PS					
Al	3,06	194,90	204	96	<LQ	<LQ	<LQ	13,6600	4,4650	<LQ	4,3370	<LQ	<LQ	3,3010	<LQ	<LQ	7,0080	50,4300	
As	0,15	11,00	10,3	107	<LQ	0,3900	0,1704	0,1861	0,2576	<LQ	0,2282	<LQ	<LQ	<LQ	0,1796	0,2271	0,2256	3,7500	
Cd	0,00	5,31	5,26	101	0,0181	0,0082	0,0028	0,0120	0,0041	0,0016	0,0047	0,0057	0,0192	0,0082	0,0055	0,0087	0,0055	0,0314	
Co	0,01	0,02	0,0935	0,2087	0,1514	0,2020	0,1519	0,1433	0,1519	0,0974	0,1433	0,1585	0,3424	0,3338	0,1626	0,1268	0,1188	2,5580	
Cr	0,21	50,69	50,8	100	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,3479	
Cu	0,86	2047,00	2100	97	1,3730	1,1370	<LQ	1,3820	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,2960	1,5770	<LQ	<LQ	1,5410	
Fe	4,10	205,10	201	102	<LQ	<LQ	<LQ	17,8300	10,0600	<LQ	8,9750	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	6,1800	9,7940	303,6000	
Hg	0,01	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Mn	0,02	55,44	52,5	106	1,0380	0,5469	1,4770	0,6170	0,6316	0,0980	0,8338	0,2610	0,1757	0,1742	0,7233	0,6232	0,6087	518,7000	
Ni	0,12	19,80	20,5	97	2,4310	0,8429	0,8186	0,8216	0,7024	0,3896	0,6469	0,6519	1,1550	0,9426	0,6667	0,6731	0,5579	3,9710	
Pb	0,01	25,12	26	97	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0106	<LQ	<LQ	<LQ	0,1007	
Sb	0,01	5,12	0,0525	0,1016	0,0543	0,2158	0,0558	0,2158	0,0558	0,0271	0,0527	0,1215	0,3826	0,1818	0,0475	0,0519	0,0459	0,0859	
Se	0,14	11,92	10,6	112	<LQ	0,1917	0,1777	0,2793	0,1772	0,1676	0,2063	0,2009	0,2327	0,2541	0,2195	0,1710	0,2005	0,2378	
Sn	0,04	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0593	
Sr	0,14	15,13	54,8900	96,3200	63,8700	47,7500	83,5800	81,0900	84,3900	57,8400	81,0900	84,3900	41,0800	50,8800	127,0000	128,2000	124,7000	121,6000	
Ti	0,23	2,50	0,2847	0,6331	0,5940	1,0140	0,9411	0,9326	0,8348	0,5235	0,9326	0,8348	0,6157	0,7448	0,9407	0,7713	0,9150	5,1940	
Zn	0,47	709,00	3,7160	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,8900	0,5283	9,8350	
Mo	0,02	0,04	0,0465	0,1026	0,1485	0,1140	0,2038	0,2151	0,0783	0,2005	0,2151	0,0783	0,2276	0,1209	0,2436	0,2462	0,1975	0,3625	
Tl	0,00	0,01	0,0017	<LQ	<LQ	0,0028	0,0067	0,0070	0,0051	0,0051	0,0070	0,0011	0,0013	0,0027	0,0034	0,0028	0,0030	0,0067	



ETM (LCE)	LOQ (ug/L)	Analyses Eaux certifiées CAO22a	Valeurs certifiées	% recouvrement	Annexe 53 - Analyses Éléments traces métalliques Eaux lysimétriques et cours d'eau Octobre 2018			Doubs		Drugeon	Loue					
					Amont Pontarlier des Rosiers	Amont Déversoir d'orage à Doubs	Aval Déversoir d'orage à Doubs, Amont STEP de Pontarlier	Pont Rouge (Vuillecin)	Source		Amont du ruisseau du Grand Bief (Lods)	Ruisseau du Grand Bief	Aval du ruisseau du Grand Bief (Lods)	Montgesoye	Amont Ormans (canoe) 05/10/18	Amont Ormans (canoe) 17/10/18
Al	2,856	204,900	204	100	<LQ	4,8190	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
As	0,117	10,780	10,3	105	0,4404	0,4101	0,4041	0,4096	0,6106	0,3217	0,2965	0,2032	0,2978	0,2990	0,3013	0,2335
Cd	0,002	5,300	5,26	101	<LQ	0,0031	0,0019	0,0067	0,0044	0,0135	0,0062	0,0026	0,0070	0,0062	0,0050	0,0065
Co	0,004	0,016			0,0327	0,0427	0,0361	0,1419	0,0916	0,0542	0,0583	0,0572	0,0550	0,0565	0,0690	0,0533
Cr	0,129	48,350	50,8	95	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,1446	<LQ	0,1328	<LQ	<LQ	<LQ
Cu	0,155	2035,000	2100	97	1,4070	5,8560	1,1940	2,2080	1,0390	0,9372	0,9713	1,3670	0,9276	1,2230	1,4910	2,9890
Fe	1,419	183,400	201	91	21,9200	14,9800	10,7600	27,6400	21,3600	3,3700	2,5150	<LQ	2,4800	<LQ	1,6940	<LQ
Hg	0,009	<LQ			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mn	1,797	48,400	52,5	92	<LQ	2,2290	<LQ	<LQ	4,4570	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ni	0,105	19,330	20,5	94	0,1396	0,1978	0,2276	0,4762	0,3501	0,3765	0,3248	0,2343	0,3138	0,3110	0,4032	0,2855
Pb	0,004	21,460	26	83	<LQ	0,0164	0,0144	0,0859	0,0123	0,0140	<LQ	<LQ	0,0066	0,0052	0,0062	0,0092
Sb	0,013	4,810			0,0671	0,0825	0,0799	0,1595	0,0804	0,0772	0,0693	0,0406	0,0701	0,0700	0,0863	0,0898
Se	0,054	11,480	10,6	108	0,0784	0,0933	0,0777	0,1287	0,1039	0,1711	0,1296	0,2143	0,1454	0,1158	0,1204	0,1070
Sn	0,019	<LQ			<LQ	0,0398	<LQ	0,0551	0,0548	<LQ	0,0202	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0555
Sr	0,198	12,830			77,0100	74,6300	74,9200	79,0800	76,7100	182,8000	164,7000	72,0400	174,1000	170,5000	166,7000	116,4000
Ti	0,631	<LQ			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zn	1,649	675,000	628	107	<LQ	3,5550	2,1970	15,2300	2,5990	1,8180	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,7500
Mo	0,006	0,056			0,1331	0,1337	0,1296	0,3291	0,1216	0,2096	0,1992	0,1940	0,2089	0,2083	0,2148	0,2178
Tl	0,001	0,007			0,0015	0,0026	0,0011	0,0015	0,0015	0,0037	0,0033	0,0019	0,0039	0,0034	0,0032	0,0023

ETM (LCE)	LOQ (ug/L)	Analyse Eaux certifiées CAO22a	Valeurs certifiées	% recouvrement	Loue			Brème		Loue						Chenecey			
					Amont STEP d'Ornans	Effluent STEP d'Ornans	Aval STEP d'Ornans	Amont Ruisseau de Plaisir Fontaine	Ruisseau de Plaisir Fontaine	Maisières Notre Dame 05/10/18	Maisières Notre Dame 17/10/18	Amont Cléron	Aval Cléron	Amont Piquette	Amont confluence Lison				
Al	1,764	189,3	204	93	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,2937	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,4654	
As	0,10	11,3	10,3	110	0,2864	0,264	0,3084	0,1738	0,2457	0,2937	0,3062	0,3062	0,3062	0,3062	0,3067	0,3067	0,3067	0,3067	0,3067
Cd	0,0013	5,366	5,26	102	0,0064	0,0229	0,0064	0,002	0,0024	0,0045	0,007	0,007	0,007	0,007	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068
Co	0,0101	0,0127			0,0539	0,5839	0,0581	0,0219	0,0424	0,0568	0,0536	0,0536	0,0536	0,0536	0,0592	0,0592	0,0592	0,0592	0,0592
Cr	0,0913	48,44	50,8	95	<LQ	0,2578	<LQ	0,1203	0,0943	<LQ	0,0933	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cu	0,05	1991	2100	95	0,6934	4,831	1,039	0,5645	0,6137	1,116	1,237	1,237	1,237	1,237	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645
Fe	13,8	169,5	201	84	<LQ	45,86	<LQ	<LQ	<LQ	1,459	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Hg	0,0115	<LQ			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mn	1,658	45,63	52,5	87	<LQ	10,68	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ni	0,1067	19,59	20,5	96	0,2364	1,11	0,2188	<LQ	0,2039	0,2769	0,2456	0,2456	0,2456	0,2456	0,2149	0,2149	0,2149	0,2149	0,2149
Pb	0,0061	24,29	26	93	0,0088	0,0945	0,0092	<LQ	<LQ	<LQ	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0086	0,0086	0,0086	0,0086	0,0086
Sb	0,0175	5,425			0,0915	0,4296	0,0736	0,0347	0,0592	0,0769	0,0718	0,0718	0,0718	0,0718	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667
Se	0,0392	12,01	10,6	113	0,1073	0,1888	0,109	0,0675	0,0994	0,1306	0,1083	0,1083	0,1083	0,1083	0,1126	0,1126	0,1126	0,1126	0,1126
Sn	0,0448	<LQ			<LQ	0,219	<LQ	0,0554	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sr	0,2618	14,85	183,7	106	183,7	120,1	187	79,79	94,53	162,6	186,8	186,8	186,8	183,1	120,3	156,3	151,3	147,7	147,7
Ti	0,8872	<LQ			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zn	0,7306	665,4	628	106	<LQ	31,75	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,7325	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mo	0,0093	0,0549			0,2354	0,1355	0,2334	0,0792	0,1684	0,2088	0,2208	0,2208	0,2208	0,2151	0,1958	0,204	0,1086	0,2095	0,2095
Tl	0,0007	0,0042			0,0034	<LQ	0,0034	0,0033	0,0042	0,0031	0,0029	0,0029	0,0029	0,0031	0,0025	0,0025	0,0016	0,003	0,003

Eléments traces métalliques Sédiments et Matières En Suspension Loue et Brème Mai et Juillet 2018	Loamy Clay 1		% recouvrement	Sédiments (29/05/18)			Sédiments (02/07/18)			Matières en suspension (02/07/18)						
	Loamy Clay blanc sed	Loamy Clay 1		Brème aval	Loue Amont	Loue Aval	Brème Amont	Brème aval	Ruisseau du Grand Bief	Loue Amont	Loue Aval	Ruisseau Plaisir Fontaine				
Al	11,6200	1734	154	278,8000	403,0000	834,0000	648,3000	1850,0000	462,8000	687,5000	150,8000	810,6000	763,0000	612,1000	1704,0000	1660,0000
As	0,0197	26,02	113	0,1988	0,7604	1,1820	0,4973	1,6040	0,8355	1,1730	0,1433	0,6381	0,5406	1,0060	1,3520	1,2920
Cd	0,0010	29,87	115	0,0824	0,0460	0,0633	0,0506	0,0753	0,0554	0,0526	0,0751	0,0558	0,0566	0,0478	0,0723	0,0583
Co	0,0041	6,788	98	0,1131	0,3415	0,6067	0,3792	0,6729	0,3728	0,6020	0,0986	0,5098	0,4508	0,6727	0,7443	0,6967
Cr	0,0255	33,19	98	0,5311	1,3550	2,0530	1,1410	3,7030	1,4600	2,3560	0,4089	1,4480	1,3190	2,1970	3,0630	2,9560
Cu	0,0339	13,37	100	0,8678	2,3270	1,2250	0,4871	0,8363	0,8789	2,4820	0,7076	2,7200	1,2930	2,1360	1,9310	2,2700
Fe	1,2080	415	95	307,7000	975,8000	1618,0000	767,7000	2652,0000	1019,0000	2310,0000	217,5000	1034,0000	890,9000	1720,0000	1992,0000	1918,0000
Hg	0,0087	0,6642	99	0,0035	0,0052	0,0100	0,0042	0,0042	0,0027	0,0091	0,0033	0,0039	0,0048	0,0058	0,0110	0,0078
Mn	0,0469	56,23	97	5,5720	21,1600	47,2800	27,4200	20,7200	24,0000	42,5500	5,1780	29,8400	19,7000	54,5500	52,0700	44,9800
Ni	0,0468	37,72	94	0,6652	1,2930	1,6280	0,8401	2,6220	1,0360	1,6240	0,4992	1,5370	1,1910	1,6460	2,5100	2,6870
Pb	0,0034	0,0140	107	0,6648	0,9620	2,2530	0,8181	1,2840	1,2710	1,8930	0,3915	2,0580	3,4900	1,9910	5,4040	9,2270
Sb	0,0053	10,19	162	0,0175	0,0204	0,0488	0,0122	0,0260	0,0246	0,0327	0,0117	0,0471	0,0599	0,0422	0,1068	0,1079
Se	0,0602	37,6	134	0,0772	0,1222	0,2140	0,1157	0,2373	0,1269	0,1504	0,0651	0,1322	0,1371	0,1273	0,2524	0,2326
Sn	0,0139	10,73	56	0,1813	0,2688	0,6470	0,0429	0,0832	0,1159	0,1432	0,0413	0,0609	0,0730	0,0746	0,1783	0,2677
Sr	0,0928	20,55	159	6,6130	13,3300	12,3500	10,3400	5,5380	13,3300	12,4700	11,2000	8,3000	9,3660	14,9200	10,2100	10,5300
Ti	0,1423	6,576	111	2,5200	4,5580	4,7410	3,8120	5,5810	5,0750	6,0670	1,5180	3,0980	3,5650	1,6350	6,0410	5,4870
Zn	1,1760	60,59	115	29,0300	6,3550	8,0280	9,6140	20,2300	66,5200	7,0680	14,6900	23,1000	15,3200	12,2000	15,2300	14,1000
Mo	0,0090	18,85	107	0,0426	0,0876	0,3006	0,0364	0,0844	0,0753	0,0890	0,0373	0,0568	0,0413	0,1240	0,1191	0,1226
Tl	0,0004	7,982	110	0,0084	0,0082	0,0275	0,0113	0,0284	0,0091	0,0118	0,0064	0,0132	0,0138	0,0136	0,0295	0,0277

Substances (LCE)	LQO (µg/L)	Eau superficielle - valeurs CAd2A valeurs lues		Eau onctive - valeurs CAd2A valeurs cibles		% recouvrement	Doubs		Dragon	Chansans - Eau lysométriques				Loire				Plaisir Fontaine - Eau lysométriques				Brême			Loire	
		CP	CS	PP	PS		CP	CS		PP	PS	CP	CS	PP	PS	CP	CS	PP	PS	CP	CS	PP	PS	Ruisseau de Plaisir Fontaine		Bâton Amont du Ruisseau de Plaisir Fontaine
Al	3,4590	204,2000	201	<LQ	<LQ	102	<LQ	4,1750	53,7700	<LQ	7,5400	<LQ	7,9940	<LQ	6,7610	<LQ	10,3900	<LQ	28,2200	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,0300	<LQ	218,6000
As	0,5051	12,3900	10,3	0,3066	0,3218	120	0,5827	0,5827	0,2047	0,1957	0,1015	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194	0,3895	0,2473	0,3895	0,4021	0,1652	0,1652	0,4021	0,1652	1,5610	
Cd	0,0014	5,7760	5,26	0,0024	0,0021	110	0,0097	0,0097	0,0159	0,0223	0,0042	0,0065	0,0065	0,0065	0,0065	0,0065	0,0435	0,0185	0,0435	0,0021	0,0066	0,0066	0,0021	0,0066	0,2904	
Co	0,0134	0,0145		0,0338	0,0316		0,0685	0,0685	0,1016	0,2351	0,0657	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667	0,2159	0,1082	0,2159	0,1226	0,0394	0,0394	0,1226	0,0394	0,5413	
Cr	0,0329	51,9700	50,8	0,0794	0,0661	102	0,2205	0,2205	0,2132	0,0993	0,2420	0,1822	0,1822	0,1822	0,1822	0,1822	0,0559	0,0559	0,0559	0,0671	0,1183	0,1183	0,0671	0,1183	2,9300	
Cu	0,0917	2106,0000	2100	1,5660	1,2070	100	1,9980	1,9980	2,3330	1,3860	1,1170	0,8482	0,8482	0,8482	0,8482	0,8482	2,2700	1,9610	2,2700	1,4620	1,8540	1,8540	1,4620	1,8540	3,2230	
Fe	1,0060	189,6000	201	2,5790	4,0130	94	28,1100	<LQ	<LQ	5,4880	5,6410	6,0350	6,0350	6,0350	6,0350	6,0350	10,0500	7,5050	10,0500	7,9360	1,4370	1,4370	7,9360	1,4370	375,8000	
Mg	0,0070	<LQ		<LQ	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0088
Mn	0,0383	48,3600	52,5	1,1850	0,4868	92	1,9670	1,2190	0,6076	0,3830	0,3830	0,2658	0,2658	0,2658	0,2658	0,2658	1,3840	1,3840	1,3840	1,3840	1,3840	1,3840	1,3840	1,3840	21,1400	
Ni	0,2543	19,7400	20,5	<LQ	<LQ	96	0,3478	0,3478	0,3759	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,8353	0,8425	0,8353	0,3338	0,8711	0,8711	0,3338	0,8711	4,8340	
Pb	0,0050	25,6000	26	<LQ	<LQ	98	0,0570	0,0570	0,0175	0,0480	<LQ	0,0065	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0796	<LQ	0,0796	<LQ	0,0540	<LQ	<LQ	<LQ	1,6750	
Sb	0,0084	5,3370		0,0710	0,0971		0,1775	0,1775	0,1248	0,1333	0,1611	0,0578	0,0578	0,0578	0,0578	0,0578	0,1460	0,0578	0,1460	0,0407	0,0475	0,0475	0,0407	0,0475	0,1281	
Se	0,1888	13,2800		<LQ	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sn	0,0070	0,0641		0,0260	0,0078		0,0167	0,0167	0,0102	0,0709	<LQ	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0392	0,0073	0,0392	0,0134	<LQ	<LQ	0,0134	<LQ	0,1154	
Sr	0,3157	15,8100		85,8900	83,4000		50,4300	37,8100	37,8100	131,6000	35,0200	91,3600	82,7300	82,7300	82,7300	82,7300	240,2000	41,3000	240,2000	172,9000	117,2000	117,2000	172,9000	117,2000	100,8000	
Ti	0,1085	0,4359		0,1793	0,2403		0,3666	2,4100	2,4100	0,1750	0,3089	0,3880	0,3880	0,3880	0,3880	0,3880	1,0160	0,3118	1,0160	<LQ	0,5490	0,5490	0,3976	0,3976	9,6170	
Zn	0,0690	716,6000	628	<LQ	<LQ	114	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	10,4500	<LQ	10,4500	<LQ	8,2100	<LQ	<LQ	<LQ	24,8500	
Mo	0,0091	0,0596		0,1482	0,1469		0,1883	0,0922	0,0922	0,0427	0,0262	0,1112	0,1470	0,1310	0,1310	0,1310	0,1037	0,0909	0,1037	0,0161	0,0557	0,0557	0,0161	0,0557	0,0887	
Tl	0,0004	0,0038		0,0016	0,0017		0,0026	0,0011	0,0011	0,0066	0,0004	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0034	0,0006	0,0034	0,0015	0,0081	0,0081	0,0015	0,0081	0,0105	

Substances (LCE)	Annexe 57 - Analyse d'Éléments Traces Métalliques Sédiments et Matières en suspension (MES) Doubs, Dugeon et Loue - Novembre 2018																										
	LQ (µg/g)	Leamy Clay 1	Leamy Clay (µg/g)	Loam Clay (µg/g)	Doubs		Dugeon	Loue				Brême				Loue											
					Amont Pontailier Font des Rossiers	Amont Déversoir d'orage à Doubs STEP de		Aval STEP de Pontailier	Port Rouge (Vaillicon)	Source	Amont du nuaiseau du Grand Bief (Lois)	Ruisseau du Grand Bief	Aval du nuaiseau du Grand Bief (Lois)	Amont du nuaiseau du Grand Bief (Lois)	Montgeseoy	Amont Omans (canoe)	Amont STEP d'Omans	Aval STEP d'Omans	Ruisseau de Plaisir Fontaine	Ruisseau de Plaisir Fontaine	Maisières Notre Dame	Amont Cléron	Aval Cléron	Amont Piquette	Amont confluence Lison	Chenecey	
Al	6,4430	<LQ	1880	11100	162	321,1000	498,1000	634,0000	608,3000	1713,0000	1560,0000	576,6000	1404,0000	289,9000	1176,0000	366,2000	410,1000	345,0000	220,1000	1557,0000	171,0000	281,8000	190,7000	801,7000	617,4000	290,5000	378,1000
As	0,2173	<LQ	29,68	227	125	0,4661	0,5400	0,6358	0,7352	2,0320	0,7935	0,6161	0,6888	1,6710	0,8188	0,5050	0,4841	0,2240	0,1276	1,2090	<LQ	0,3205	<LQ	0,5390	0,5963	0,2502	0,3852
Cd	0,0013	<LQ	34,48	256	129	0,0661	0,0475	0,0500	0,0504	0,0726	0,0585	0,0564	0,0824	0,0442	0,0644	0,0404	0,0449	0,0391	0,0635	0,0836	0,0286	0,0876	0,0692	0,0843	0,0857	0,0489	0,0560
Co	0,0084	<LQ	7,272	67,9	103	0,2106	0,2701	0,3047	0,2840	0,9695	0,3954	0,3344	0,3668	0,8659	0,4098	0,2878	0,2501	0,1710	0,1513	0,7365	0,0519	0,1814	0,1172	0,3500	0,3020	0,1951	0,2001
Cr	0,2933	0,6422	35,92	334	103	0,9657	1,5190	1,8380	1,3600	3,6780	2,4040	1,4740	2,6190	2,0720	2,5050	1,0820	1,0130	0,8430	0,4609	2,5350	0,3884	0,5889	0,5008	1,5630	1,4210	0,5146	1,0890
Cu	0,0862	0,1682	13,7	131	100	0,8094	2,4190	2,2520	2,0170	1,4730	1,4820	0,7318	2,2720	1,3820	1,4710	0,8114	0,5166	2,0740	0,3719	1,4160	0,3914	0,7234	0,4890	0,9485	0,7779	0,3944	0,5686
Fe	2,8450	<LQ	457,9	4300	102	707,6000	952,8000	1319,0000	1133,0000	2635,0000	1410,0000	978,2000	1295,0000	4216,0000	1518,0000	956,6000	927,4000	626,9000	367,1000	2355,0000	204,1000	483,4000	369,6000	1090,0000	1004,0000	427,6000	729,1000
Hg	0,0162	<LQ	0,7911	6,6	115	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mn	8,8260	<LQ	68,17	572	114	18,0600	25,4200	34,5800	33,1600	62,3400	13,8600	13,4000	24,1600	42,1800	16,7200	18,0500	15,1900	9,4920	14,9500	189,9000	<LQ	14,6000	10,1600	16,1800	13,3900	23,1400	16,4000
Ni	0,5141	<LQ	40,11	395	97	0,6228	1,0460	1,2390	0,9783	3,2730	1,8430	0,9686	1,9990	1,4020	1,8380	0,8058	0,6455	0,6461	<LQ	2,0070	<LQ	0,6415	0,5491	1,0080	1,0530	<LQ	0,5652
Pb	0,0059	0,0199	12,33	108	109	0,8370	0,0940	1,7160	1,5170	2,0850	17,1000	1,2410	1,2850	1,7030	25,4100	0,9499	2,0000	1,1330	0,3282	1,6970	0,2426	1,3030	0,6606	1,2490	0,8635	0,4315	0,6465
Sb	0,0213	<LQ	11,82	61,8	183	<LQ	0,0505	0,0247	<LQ	0,0324	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0433	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Se	0,0547	<LQ	44,81	275	156	0,2437	0,1299	0,1299	0,1644	0,1553	0,3263	0,2771	0,1588	0,6645	0,1031	0,2848	0,1434	0,1039	0,0980	0,3135	0,1122	0,1276	0,1016	0,2245	0,1638	0,1459	0,1082
Sn	0,0236	<LQ	12,75	190	64	0,6800	0,5024	0,5052	0,2872	0,2038	0,2848	0,0944	0,0527	0,1885	0,3396	0,1145	0,1608	0,1608	<LQ	0,1094	0,0272	<LQ	<LQ	0,1348	0,0712	<LQ	<LQ
Sr	0,1895	<LQ	20,39	127	154	18,8200	19,1200	18,5000	11,2200	11,9200	12,6500	12,8700	10,3500	12,9000	13,9700	14,6200	13,7800	15,7000	14,7500	7,5460	6,0670	14,9700	14,5700	11,6300	13,4800	11,2600	15,0300
Ti	1,3050	<LQ	6,816	58,5	112	4,2410	7,1190	6,2690	5,6520	8,9490	6,9530	<LQ	<LQ	4,9520	5,7740	3,8050	4,9710	2,7490	2,7490	5,8040	1,3370	2,5670	1,8910	5,7010	4,9830	2,2930	6,6820
Zn	1,2410	1,993	92,89	519	171	14,6300	34,7200	18,2100	15,9200	14,3600	12,6800	8,0210	36,9800	6,3590	18,7500	34,7000	5,4110	17,5800	9,7620	15,5600	8,8210	8,7030	6,5900	14,7100	7,1390	4,0260	6,7130
Mo	0,0136	<LQ	21,02	174	116	0,4824	0,0798	0,0778	0,4389	0,1150	0,1503	0,0962	0,0671	0,1252	0,1079	0,0959	0,0600	0,0644	0,0238	0,0854	0,0338	0,0495	0,0181	0,0520	0,0157	0,0157	0,0283
Tl	0,0026	<LQ	8,178	71,6	109	0,0166	0,0065	0,0064	0,0197	0,0314	0,0198	0,0103	0,0205	0,0050	0,0171	0,0056	0,0059	0,0050	0,0069	0,0220	0,0044	0,0070	0,0042	0,0116	0,0080	0,0041	0,0046

Substances (LCE)	Annexe 5B - Analyse d'éléments traces métalliques Eaux routières - 14 septembre 2017 - 25 juillet 2018		14-sept-17												15/07/2018 (orage)					
	LQ ug/L	eau certifié	Eau valeurs certifiées	% recouvrement	Parking Source de la zone (Ouhans)	Route de la Source de la Loire (Ouhans)	Route (Monthier)	Route centre (Ormans)	Parking Rue du Général de Gaulle (Ormans)	Alstom (Ormans)	Parking Uudiff Au Maillet (Ormans)	Carrefour de la truite- Zone industrielle (Ormans)	Route Vallée de la Brême Amont confluence Loire	LQ	eau certifié	Eau valeurs certifiées	% recouvrement	Route confluence Brême Loire	Route Cléron Rive gauche	Route Cléron Rive droite
Al	2,2540	202,8000	204	99	18,1200	35,1900	10,2400	29,3100	11,4500	15,8200	13,8500	10,1900	15,0200	11,6200	191,0000	204	94	98,5500	103,7000	284,9000
As	0,1550	10,8100	10,3	105	<LQ	<LQ	0,1872	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0187	11,1800	10,3	109	0,9577	1,3730	0,5851
Cd	0,0011	5,6750	5,26	108	0,0012	0,0063	0,0030	0,0026	0,0021	0,0023	0,0015	0,0033	0,0054	0,0010	5,3190	5,26	101	0,0188	0,0199	0,0083
Co	0,0046	0,0333			0,0271	0,0483	0,0389	0,0238	0,0181	0,0330	0,0178	0,0118	0,0214	0,0041	0,0101			0,1261	0,6714	0,0889
Cr	0,1441	50,1800	50,8	99	<LQ	<LQ	<LQ	0,8877	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0255	49,3200	50,8	97	2,0080	1,6640	0,3886
Cu	0,1490	2039,0000	2100	97	2,0820	4,5180	3,4820	3,3550	2,4840	4,1180	1,7780	3,4420	5,3660	0,0339	2032,0000	2100	96	15,7000	21,9400	15,2100
Fe	1,2690	189,1000	201	94	5,0510	78,7500	7,5920	21,2800	6,6110	13,9100	8,9820	23,1400	15,6200	1,2080	179,4000	201	89	89,5500	115,0000	272,8600
Hg	0,0146	<LQ			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0518	<LQ	<LQ	<LQ	0,0153	0,0087	0,0080			0,0182	0,0209	0,0108
Mn	0,0178	47,7900	52,5	91	0,3025	5,2250	0,6530	0,3379	0,1534	0,2373	0,3013	0,2389	0,5724	0,0469	48,5700	52,5	93	1,6330	111,1000	2,1760
Ni	0,1020	19,8900	20,5	97	0,1459	0,6396	0,4824	0,1508	0,1119	0,2840	0,1806	0,1162	0,1489	0,0468	19,0400	20,5	93	1,0780	3,1860	0,8681
Pb	0,0029	25,3100	26	97	0,0231	0,1860	0,0316	0,0372	0,0594	0,0258	0,0483	0,0883	0,0297	0,0034	25,0400	26	96	0,1600	0,1513	0,0677
Sb	0,0051	5,5760			0,0613	0,1426	0,2819	0,4789	0,1471	0,2058	0,1041	0,6241	0,3656	0,0053	5,0130			1,4030	2,4310	0,4956
Se	0,0896	12,8400	10,6	121	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0602	11,8800	10,6	112	0,2179	0,2379	0,1935
Sn	0,0229	0,0465			<LQ	0,0486	0,0352	0,0359	0,0238	<LQ	0,0255	<LQ	0,0853	0,0139	0,0278			0,1219	0,1908	0,0520
Sr	0,1488	15,8600			7,3330	25,0000	29,8800	13,3700	9,1970	21,3700	9,8780	8,5350	14,2700	0,0928	15,1200			36,7000	55,8800	39,6000
Ti	0,1882	2,2270	62,8	111	<LQ	1,5870	0,4149	1,0750	<LQ	0,5751	0,3087	0,2102	0,4802	0,1423	0,3397	62,8	104	2,9150	3,4000	0,8355
Zn	2,2660	695,5000			<LQ	15,0200	3,3840	3,1070	10,7000	10,8600	<LQ	4,2000	5,5800	1,1760	695,5000			11,8100	38,4900	20,2400
Mo	0,0121	0,0504			0,0862	0,1893	0,6882	0,6132	0,0587	0,3780	0,0926	0,7517	1,8270	0,0090	0,0504			1,2870	2,2040	0,8275
Tl	0,0008	0,0041			<LQ	0,0126	0,0035	0,0037	0,0016	0,0021	0,0011	0,0009	0,0018	0,0004	0,0042			0,0103	0,0166	0,0037

Annexe 59 - Analyse d'Éléments Traces Métalliques Poissons 2010-2015-2016	Station Rivière Année Espèces	Tissu (C : chair ; F : foie)	LOQ µg/g MS	Lavancia Bienne 2016 truites		La Doye Bienne 2016 truites		Morez Bienne 2016 truites		Lavancia Bienne 2016 truites		Chatillon Loue 2010 truites		Chatillon Loue 2010 ombres		Cessey Loue 2015 ombre		Mouthier Loue 2015 truites		Mouthier Loue 2015 ombres		Cléron Loue 2015 truites		Cléron Loue 2015 ombres		Chenecey Loue 2015 truites		
				C1	F1	C2	F2	C3	F3	C4	F4	C5	F5	C6	F6	C7	F7	C8	F8	C9	F9	C10	F10	C11	F11	C12	F12	
ETM (EPFL)				0,011	0,015	0,009	0,077	0,007	0,009	0,012	0,014	0,010	0,022	0,011	0,068	0,010	0,021	0,010	0,085	0,008	0,063	0,009	0,019	0,010	0,050	0,010	0,018	
Ag				< LOQ	2,20	< LOQ	0,618	< LOQ	0,253	< LOQ	1,55	< LOQ	0,9534	0,083	0,124	< LOQ	< LOQ	< LOQ	4,06	< LOQ	< LOQ	0,025	1,10	< LOQ	< LOQ	< LOQ	2,40	
Cd				< LOQ	0,222	< LOQ	0,173	0,012	0,066	< LOQ	0,264	< LOQ	0,022	0,034	0,020	< LOQ	0,011	0,052	0,014	0,955	< LOQ	0,512	< LOQ	0,188	< LOQ	0,328	0,013	0,217
Cr				1,99	1,41	1,35	4,96	1,26	1,29	1,77	1,21	2,12	2,05	1,75	2,99	1,37	1,14	2,98	1,25	7,49	< LOQ	2,98	1,38	1,14	2,04	4,19	1,85	1,79
Cu				16,9	1812,0	38,7	272,6	6,58	252,4	9,53	1019,6	19,0	198,4	45,6	4,05	0,167	5,28	< LOQ	23,2	542,4	< LOQ	4,11	52,8	266,1	< LOQ	7,50	0,434	975,5
Ni				< LOQ	< LOQ	0,023	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	3,79	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Pb				0,187	0,039	0,030	< LOQ	0,024	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,079	< LOQ	0,057	0,217	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,043	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,227	
Sb				< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,010	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,014	< LOQ	< LOQ	0,181	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	
Sn				0,422	< LOQ	0,315	1,14	0,205	< LOQ	0,278	< LOQ	0,288	< LOQ	0,311	< LOQ	0,303	< LOQ	0,126	0,403	1,19	0,126	< LOQ	0,165	< LOQ	< LOQ	0,221	0,575	
Zn				43,3	140,2	68,4	63,0	17,1	81,7	54,2	132,2	40,6	111,9	43,8	61,9	51,6	79,8	59,8	141,2	39,5	26,9	45,1	155,4	33,8	65,7	40,2	247,2	

Annexe 60 - Analyse de métaux Eaux 2013-2015 µg/L		Source de la Loue																	Moyenne									
		18/06/13	01/07/13	17/07/13	05/12/13	05/01/14	13/03/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14		22/07/14	04/09/14	09/10/14	03/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	
Al	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	21,10
As	NA	0,27	NA	NA	0,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,21
Ca	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	53902,00
Cd	NA	0,01	NA	NA	0,01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,01
Co	NA	0,03	NA	NA	0,03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,08
Cr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,08
Cu	NA	0,33	NA	NA	0,33	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,18
Fe	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,88
Hg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,88
K	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,87
Mg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,24
Mn	NA	0,37	NA	NA	0,08	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,24
Mo	NA	0,08	NA	NA	0,12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,24
Na	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,24
Ni	NA	0,14	NA	NA	0,14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,24
P	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,24
Pb	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,24
S	NA	0,01	NA	NA	0,01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,01
Sb	NA	0,04	NA	NA	0,04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,01
Se	NA	0,09	NA	NA	0,09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,01
Si	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,01
Sn	NA	0,12	NA	NA	0,12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,13
Sr	NA	103,00	NA	NA	103,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	106,86
Th	NA	1,63	NA	NA	1,63	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,65	
Ti	NA	0,003	NA	NA	0,003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,003
V	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,003
Zn	NA	0,82	NA	NA	0,82	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2,83



Annexe 61 - Analyse de métaux Eaux 2013-2015 µg/L		Loue à Montgeoye																	Moyenne									
		18/06/13	01/07/13	17/07/13	05/12/13	05/01/14	13/03/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14	09/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	
Al	NA	NA	NA	NA	NA	3,74	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	3,67	NA	NA	NA	3,21
As	NA	NA	NA	0,26	NA	0,23	0,13	NA	0,12	NA	NA	NA	NA	NA	0,20	0,13	NA	NA	NA	NA	NA	0,17	NA	0,29	NA	0,24	NA	0,20
Ca	NA	NA	NA	88996,00	NA	84247,00	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	47869,00	19944,00	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	60264,00
Cd	NA	NA	NA	0,01	NA	0,01	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	0,01	NA	0,01	NA	0,01
Co	NA	NA	NA	0,03	NA	0,02	0,03	NA	0,04	NA	NA	NA	NA	NA	0,20	0,41	NA	NA	NA	NA	NA	0,03	0,13	0,03	NA	0,03	NA	0,09
Cr	NA	NA	NA	0,13	NA	0,15	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	0,69	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	0,20	0,13	0,14	NA	0,13	0,13
Cu	NA	NA	NA	<	NA	0,24	0,39	NA	0,59	NA	NA	NA	NA	NA	1,65	2,92	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	1,00
Fe	NA	NA	NA	<	NA	3,46	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	3,46
Hg	NA	NA	NA	<	NA	<	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	<
K	NA	NA	NA	1031,00	NA	922,77	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	939,27	928,51	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	955,39
Mg	NA	NA	NA	4820,40	NA	4189,60	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	4287,80	4296,10	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	4398,48
Mn	NA	NA	NA	0,49	NA	0,35	0,43	NA	0,29	NA	NA	NA	NA	NA	0,85	0,54	NA	NA	NA	NA	NA	0,12	0,36	0,12	0,33	NA	0,42	0,42
Mo	NA	NA	NA	<	NA	0,13	0,11	NA	0,08	NA	NA	NA	NA	NA	0,13	0,15	NA	NA	NA	NA	NA	0,11	0,12	0,12	0,13	NA	0,12	0,12
Na	NA	NA	NA	3481,60	NA	2845,90	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	3430,10	3541,00	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	3324,65
Ni	NA	NA	NA	0,17	NA	0,13	0,17	NA	0,22	NA	NA	NA	NA	NA	<	0,83	NA	NA	NA	NA	NA	0,17	0,19	<	0,16	NA	0,25	0,25
P	NA	NA	NA	28,24	NA	<	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	28,24
Pb	NA	NA	NA	0,06	NA	<	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	0,06
S	NA	NA	NA	<	NA	<	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	<
Sb	NA	NA	NA	0,04	NA	0,03	0,03	NA	0,03	NA	NA	NA	NA	NA	0,04	0,03	NA	NA	NA	NA	NA	0,02	0,04	0,04	0,03	NA	0,03	0,03
Se	NA	NA	NA	0,09	NA	0,12	0,08	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	0,09	0,10	NA	NA	NA	NA	NA	0,10	0,10	0,10	0,11	NA	0,10	0,10
Si	NA	NA	NA	1264,90	NA	986,04	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	1010,20	592,60	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	963,44
Sn	NA	NA	NA	<	NA	<	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	<
Sr	NA	NA	NA	132,20	NA	132,70	72,31	NA	48,51	NA	NA	NA	NA	NA	106,00	55,60	NA	NA	NA	NA	NA	52,32	138,00	<	0,13	NA	0,13	98,68
Ti	NA	NA	NA	<	NA	0,15	<	NA	0,15	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	0,15
Thallium	NA	NA	NA	NA	NA	0,0026	0,0049	NA	0,0018	NA	NA	NA	NA	NA	0,0027	0,0017	NA	NA	NA	NA	NA	0,0012	<	<	<	NA	NA	0,003
Vanadium	NA	NA	NA	<	NA	<	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	<
Zn	NA	NA	NA	1,56	NA	<	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	<	<	NA	NA	NA	1,56

Annexe 62 - Analyse de métaux Eaux µg/L		Loue à l'amont de la STEP d'Ornans																	Moyenne									
		18/06/13	01/07/13	17/07/13	05/12/13	05/01/14	13/03/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14	03/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	
Al	<	8,79	<	<	<	<	<	<	<	1,94	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	3,90	7,80	<	11,30	<	9,08
As	<	0,23	<	<	<	<	<	<	<	0,24	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,29	0,26	<	0,26	<	0,21
Ca	92890,00	99111,00	87474,00	88699,00	<	83070,00	<	85119,00	<	91524,00	<	24810,00	18352,00	53742,00	75900,00	40366,00	57487,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	66140,86
Cd	0,61	0,01	0,01	0,01	<	<	<	0,01	<	<	<	<	<	<	0,01	0,01	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,06
Co	<	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,06	0,04	0,27	1,50	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,10
Cr	<	0,14	0,20	0,12	<	0,16	<	0,11	<	0,13	0,08	0,12	0,03	0,09	0,09	0,11	0,04	0,05	0,04	<	0,14	0,12	0,15	0,24	0,15	0,07	0,11	
Cu	<	0,84	2,07	<	<	0,22	0,40	<	0,45	0,21	0,36	0,62	0,38	2,47	5,96	0,20	0,25	0,33	0,72	0,30	1,97	0,27	0,59	<	0,41	0,15	0,91	
Fe	<	<	<	<	<	1,96	<	<	<	<	<	<	0,75	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,36	
Hg	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,18	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,10	
K	<	1200,30	1117,40	1018,30	<	915,48	<	1261,10	<	1403,20	<	1052,20	1146,40	958,51	1028,80	1294,60	1783,30	1207,80	<	<	<	<	<	<	<	<	1183,80	
Mg	3767,20	4293,40	4683,20	4812,90	<	4149,70	<	4299,30	<	4501,50	<	4073,20	3035,20	4397,70	4403,70	4659,70	4380,70	3491,20	<	<	<	<	<	<	<	<	4210,61	
Mn	<	0,69	<	<	0,21	0,61	0,34	0,29	0,22	0,44	0,31	0,44	0,54	0,98	1,68	0,53	2,33	0,78	0,41	0,14	0,56	0,40	0,79	0,30	0,53	0,94	0,61	
Mo	<	<	<	<	0,08	0,13	0,11	0,16	0,08	0,14	0,12	0,13	0,07	0,15	0,15	0,13	0,09	0,13	0,12	0,12	0,21	0,12	0,12	0,12	0,10	0,12	0,12	
Na	1736,10	3536,30	3670,60	3415,10	<	2823,50	<	4679,60	<	3695,80	<	2705,80	1653,60	3502,70	3763,80	4880,10	4049,90	1903,20	<	<	<	<	<	<	<	<	3286,86	
Ni	16,70	0,17	0,25	0,16	0,18	0,12	0,15	0,18	0,19	0,17	0,16	0,21	0,15	<	3,24	0,23	<	0,21	0,23	0,19	0,20	0,20	0,20	0,16	0,15	0,17	1,03	
P	<	11,31	<	23,79	<	<	<	<	<	24,39	<	<	<	<	<	25,81	28,61	18,81	<	<	<	<	<	<	<	<	22,12	
Pb	22,60	0,01	0,02	0,01	0,01	<	<	<	<	<	<	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,04	<	<	0,02	<	2,84	
S	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	2016,80	2128,60	<	<	<	<	<	<	<	<	2072,70	
Sb	1,17	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,02	0,06	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,08	
Se	<	0,09	<	0,11	0,10	0,09	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,12	<	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09	0,12	0,10	0,10	0,08	0,09	
Si	1462,70	763,43	393,55	1266,10	<	863,68	<	746,78	<	1037,00	<	315,68	272,65	1035,00	553,63	1286,70	1388,50	1430,30	<	<	<	<	<	<	<	<	915,41	
Sn	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,09	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,16	<	<	<	<	<	0,11	
Sr	103,95	129,05	130,04	131,50	93,96	130,10	71,61	162,50	49,87	141,40	132,70	58,11	30,12	115,90	64,05	158,10	80,39	73,63	64,73	60,43	147,20	137,80	117,80	150,40	85,33	104,32		
Ti	<	0,39	<	0,19	1,57	0,15	<	0,15	<	<	<	<	<	<	<	0,23	<	<	<	<	0,37	<	0,35	<	0,34	<	0,41	
Tl	<	<	<	<	0,004	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,001	0,002	0,004	0,002	0,004	0,003	0,002	0,001	0,002	0,004	<	0,004	0,003	0,003	<	0,003	
V	<	<	0,20	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,20	
Zn	814,30	0,23	2,16	1,53	<	<	<	<	<	<	0,55	1,68	<	<	1,74	<	<	<	<	<	<	<	0,72	<	0,83	<	91,53	

Annexe 63 - Analyse de métaux Eaux 2013 - 2015 µg/L	Loue à l'égal proche de la STEP d'Ornans																											
	18/06/13	01/07/13	17/07/13	05/12/13	05/01/14	13/03/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14	03/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	Moyenne	
Al	<	7.86	<	<	<	3.59	<	<	2.20	2.36	2.17	<	1.23	<	<	<	<	<	<	<	<	3.37	7.19	<	<	15.99	<	7.23
As	<	0.22	0.22	<	0.23	0.25	0.22	0.12	0.20	0.23	0.20	0.12	0.08	0.19	0.16	0.33	0.21	0.19	0.20	0.18	<	<	0.29	0.23	0.23	0.25	0.18	0.21
Ca	87976.00	90698.00	85502.00	90538.00	<	81797.00	<	<	84945.00	<	<	<	26388.00	20846.00	38359.00	44606.00	53086.00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	63553.57
Cd	0.33	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
Cu	<	0.03	0.04	0.09	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.11	0.03	0.17	0.04	0.23	0.62	0.06	0.06	0.04	0.05	0.03	0.06	0.03	0.03	0.03	0.08	0.04	0.02	0.08
Cr	<	0.14	0.18	0.13	<	0.14	<	0.11	<	0.14	0.07	0.11	0.02	0.07	0.11	0.11	0.11	0.03	0.00	<	0.13	0.11	0.15	0.15	0.23	0.17	0.06	0.11
Co	<	0.14	1.09	<	<	0.28	0.43	<	0.53	0.34	0.34	1.13	0.33	0.84	4.25	0.22	0.24	<	0.38	<	0.96	0.28	0.42	<	<	0.34	0.14	0.67
Cu	<	0.14	<	<	<	3.84	<	<	2.84	6.68	<	7.70	1.16	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	4.44	4.44
Fe	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.06	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	4.44
Hg	<	<	<	<	<	1120.80	<	<	1253.20	<	2480.20	<	2608.70	1204.10	2734.00	1461.10	1928.90	1512.50	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.06
K	3135.00	1074.50	1077.00	1902.20	<	4117.80	<	<	4228.70	<	4387.40	<	3972.70	2956.60	4375.00	4523.50	4940.80	3482.80	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1747.96
Mg	3745.20	3756.90	4784.30	4730.00	<	1.07	0.35	0.28	0.45	5.22	0.36	1.45	0.74	2.85	1.01	1.33	2.70	0.91	0.99	0.24	1.41	0.41	0.66	3.30	0.66	0.29	1.29	
Mn	<	0.58	<	2.85	<	0.08	0.13	0.11	0.15	0.07	0.20	0.12	0.14	0.09	0.20	0.15	0.13	0.14	0.11	0.12	0.13	0.16	0.14	0.09	0.12	0.10	0.13	0.13
Mo	<	<	<	<	<	3645.10	<	<	4644.00	<	8100.70	<	8463.40	1897.50	10188.00	3713.80	5436.50	4613.40	3049.40	<	<	<	<	<	<	<	<	5724.89
Na	17739.00	3166.10	3578.80	6912.80	<	0.65	0.22	0.15	0.23	0.23	0.15	0.22	0.15	<	1.25	0.18	<	<	0.20	0.18	0.23	0.20	0.21	<	<	<	0.98	
Ni	16.87	0.17	0.65	41.98	<	10.94	<	<	74.95	<	74.95	<	20.94	19.17	<	40.47	32.67	23.39	<	<	<	<	<	<	<	<	<	41.73
P	1677.2	11.90	14.90	41.98	<	<	<	<	<	0.02	<	0.13	<	<	<	0.02	0.01	<	<	<	0.03	<	<	<	<	0.01	<	6.53
Pb	6.52	0.01	0.03	0.02	0.01	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.53
S	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	2331.05
Sb	0.78	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.07	0.04	0.02	0.06	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.07
Se	<	0.09	<	0.09	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08	0.10	0.06	0.11	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.09
Si	1431.80	713.43	387.08	1335.80	<	878.91	<	<	749.68	<	1091.00	<	253.06	1090.50	635.86	1311.50	1326.70	1422.60	<	<	<	<	<	<	<	<	<	929.11
Sn	<	<	<	<	0.06	<	<	<	<	0.08	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.08
Sr	87.80	129.85	127.88	131.00	95.65	129.30	70.58	<	170.40	49.17	138.00	134.40	60.69	33.43	92.94	56.02	158.20	88.07	63.44	65.06	148.50	137.00	117.20	151.20	87.44	92.14	103.32	
Ti	<	0.37	0.34	0.12	0.53	<	<	<	0.14	<	<	<	<	<	<	0.18	<	<	<	<	<	<	0.29	0.38	<	0.59	<	0.37
Tl	<	<	<	<	0.003	0.003	0.001	0.001	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.001	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.001	0.002
V	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.17
Zn	1357.0	0.12	3.25	4.67	<	1.54	0.54	0.54	4.13	0.65	7.31	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.16	<	3.81	<	12.58	

Annexe 64 - Analyse de métaux Eaux µg/L		Lieu à l'aval lointain de la STEP d'Omans																	Moyenne									
		18/06/13	01/07/13	17/07/13	05/12/13	05/01/14	13/03/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14		15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14	03/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15
Al	<	9,17	<	<	2,35	21,94	2,73	<	2,53	2,71	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	3,91	6,93	<	<	6,69
As	<	0,22	0,21	0,25	0,25	0,24	0,21	0,12	0,13	0,25	0,20	0,11	0,06	0,18	0,18	0,32	0,20	0,18	0,18	0,19	0,21	0,31	0,28	0,25	0,24	0,26	0,18	0,21
Ca	87900,00	94413,00	87938,00	89268,00	<	80118,00	<	84177,00	<	90364,00	<	25014,00	13436,00	28231,00	77206,00	42235,00	54179,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	62909,14
Cd	0,23	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,04	0,01	0,00	<	0,00	0,01	0,01	<	<	<	<	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02
Co	<	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,17	0,03	0,05	0,39	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05
Cr	<	0,15	0,19	0,13	<	0,16	0,16	0,11	0,11	0,13	0,09	0,26	0,05	0,07	0,18	0,10	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,12	0,15	0,50	0,12	0,14	
Cu	86,63	1,80	0,80	<	0,19	0,30	0,19	0,30	0,45	0,24	0,45	4,30	0,29	0,13	3,26	0,20	0,26	0,29	0,29	0,31	0,68	0,23	0,29	0,29	0,27	0,13	4,83	
Fe	<	0,00	<	<	<	2,65	<	<	2,57	<	<	2,45	0,97	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	2,16	
Hg	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,04	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,02	
K	<	1351,50	1117,70	1036,10	<	911,89	<	1257,80	<	1411,20	<	1261,60	1149,90	961,61	1058,20	1317,20	1815,50	1163,30	<	<	<	<	<	<	<	<	1216,42	
Mg	3541,90	4105,10	4703,60	4716,70	<	4111,50	<	4190,30	<	4565,70	<	4212,00	3096,90	4315,00	4401,00	4622,70	4481,70	3488,90	<	<	<	<	<	<	<	<	4182,36	
Mn	<	0,96	<	0,28	0,50	0,38	0,22	0,26	0,36	0,35	0,30	1,03	0,51	0,54	0,71	0,71	2,95	0,92	0,35	0,17	0,52	0,36	0,54	0,28	0,59	0,21	0,39	
Mo	<	<	<	<	0,06	0,13	0,10	0,15	0,08	0,14	0,13	0,14	0,08	0,12	0,14	0,12	0,13	0,09	0,12	0,11	0,14	0,13	0,10	0,10	0,12	0,09	0,12	
Na	1570,00	3627,70	3731,30	3463,90	<	2857,10	<	4670,80	<	3737,80	<	3525,30	1680,80	3448,80	3845,20	4902,40	4044,40	1905,30	<	<	<	<	<	<	<	<	3357,91	
Ni	43,86	0,45	0,22	0,15	0,14	0,10	0,16	0,18	0,21	0,17	0,20	0,94	0,14	<	0,87	0,19	18,14	<	0,18	0,18	0,21	0,19	0,22	0,15	0,11	0,12	2,15	
P	<	<	<	24,88	<	<	<	<	<	23,05	<	0,07	0,04	<	<	22,69	21,76	<	<	<	<	0,02	<	<	<	<	<	21,18
Pb	<	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,04	
S	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,04	
Sb	<	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	
Se	<	0,09	<	0,09	0,12	0,10	0,07	0,09	0,08	0,07	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10	<	0,11	0,08	<	0,09	0,08	0,08	0,10	0,09	0,12	0,08	0,09	
Si	1460,00	756,75	417,61	1257,20	<	844,90	<	715,32	<	986,78	<	501,48	181,48	877,20	361,68	1288,20	1353,10	1385,20	<	<	<	<	<	<	<	<	884,78	
Sn	<	<	<	<	0,09	<	<	<	<	0,08	<	0,07	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,05	<	<	0,07	<	<	0,07
Sr	100,56	127,75	133,32	129,70	92,86	129,60	65,67	166,70	49,09	141,60	135,30	57,58	25,40	71,60	69,40	158,80	81,98	66,79	58,42	74,59	149,60	138,20	115,70	145,60	85,00	91,10	102,54	
Ti	<	0,54	<	0,20	0,67	<	<	<	<	<	0,12	<	<	<	<	0,17	<	<	<	<	<	<	0,26	0,51	<	<	<	0,38
Tl	<	<	<	<	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,004	0,003	0,004	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
V	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,22
Zn	<	1,30	2,45	1,06	<	0,22	<	<	<	<	0,98	10,97	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	2,83	

Annexe 65 - Analyse de métaux Eaux 2013 - 2015 µg/L		Rejet de la STEP d'Ornans dans la Loue																												
		18/06/13	01/07/13	17/07/13	05/12/13	05/01/14	13/03/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14	09/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	Moyenne		
Al	<	1,72	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,70
As	<	0,31	<	0,32	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,26
Ca	8742,00	85521,00	94689,00	<	<	<	<	85716,00	<	80077,00	<	61459,00	<	69391,00	44675,00	62453,00	83593,00	56999,00	47464,00	73264,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	71726,38
Cd	0,30	0,02	0,03	<	0,00	0,10	0,01	0,03	<	0,03	<	0,01	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,01
Co	2,04	1,36	1,46	<	0,30	2,12	0,62	1,48	0,27	0,81	1,04	1,04	1,98	0,72	1,93	2,42	1,16	0,70	0,48	1,03	1,35	0,81	1,05	0,88	1,01	0,35	1,17	1,14	1,14	
Cr	<	0,27	0,36	<	<	0,27	0,06	0,22	<	0,15	0,12	0,22	0,07	0,24	0,23	0,18	0,14	0,14	0,17	0,14	0,15	0,20	0,28	0,16	0,18	0,07	0,22	0,19	0,19	
Cu	74,96	4,60	2,48	<	0,66	6,28	1,34	2,51	1,09	1,17	2,29	1,52	2,30	6,56	1,92	1,28	2,30	2,77	1,87	2,35	2,48	2,75	2,48	2,75	3,13	0,72	2,25	5,43	5,43	
Fe	228,79	78,60	44,74	<	148,60	13,95	183,81	3,43	43,68	32,89	140,27	17,20	9,03	40,16	31,31	21,65	14,35	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	65,78	
Hg	<	0,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,06
K	17774,00	20646,00	21973,00	<	21348,00	<	<	4528,00	<	21254,00	<	12184,00	<	23486,00	9888,20	22660,00	23244,00	14870,00	11218,00	13536,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	18006,25
Mg	3730,20	3824,60	4938,70	<	4528,00	<	3139,40	<	5131,50	2522,30	5253,60	5668,00	3695,50	3271,40	3263,80	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	4145,71
Mn	55,48	56,65	52,15	<	35,05	61,66	35,02	29,51	17,41	55,53	59,91	69,86	40,01	65,95	60,63	50,11	34,11	7,45	47,81	44,21	53,38	43,84	55,01	54,65	30,96	25,71	45,68	45,68	45,68	
Mo	<	<	<	<	0,08	0,33	1,41	0,37	0,21	0,64	0,29	0,53	1,01	1,32	0,77	0,38	0,45	0,47	0,87	0,72	0,50	0,12	0,07	0,25	0,13	0,53	0,13	0,53	0,53	
Na	76651,00	70179,00	70954,00	<	88366,00	<	81933,00	<	50571,00	<	85111,00	35465,00	88217,00	94785,00	50599,00	35204,00	44528,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	67120,23
Ni	24,54	1,33	1,95	<	0,26	1,41	0,57	1,19	0,30	0,72	1,13	1,19	0,67	<	2,38	1,02	0,62	0,69	1,04	1,06	0,76	1,00	2,13	0,99	0,30	1,22	2,02	2,02	2,02	
P	1080,80	1219,90	1382,10	<	784,78	<	771,51	<	554,80	<	1032,50	300,71	536,22	647,98	1102,53	1058,90	532,74	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	846,57
Pb	8,09	0,34	0,33	<	0,04	0,52	<	0,22	<	0,17	0,10	0,24	0,10	0,16	0,17	0,20	0,09	0,10	0,16	0,09	0,21	0,20	0,24	0,19	0,06	0,16	0,16	0,16	0,16	
S	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,53
Sb	0,86	0,34	0,49	<	0,08	0,35	0,17	0,35	0,11	0,26	0,25	0,34	0,25	0,33	0,36	0,31	0,28	0,34	0,34	0,30	0,26	0,37	0,25	0,20	0,11	0,30	0,30	0,30	0,30	
Se	<	<	<	<	0,10	0,22	0,07	0,35	0,11	0,24	0,10	0,36	0,14	0,13	0,44	0,24	0,11	0,12	0,28	0,17	0,17	0,23	0,09	0,40	0,11	0,18	0,20	0,20	0,20	
Si	2661,40	2899,60	3233,80	<	2799,30	<	2680,20	<	2029,50	<	1415,40	646,81	1279,40	2378,80	2691,30	1770,60	2279,40	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	2163,50
Sn	<	0,15	<	<	0,21	0,11	0,09	0,07	0,03	0,17	0,10	0,07	0,02	<	0,07	0,06	0,04	0,12	<	<	<	0,12	0,09	0,25	0,07	0,13	0,11	0,11	0,11	
Sr	27,21	121,85	111,10	<	107,05	115,50	81,97	99,50	79,16	89,74	98,76	116,50	77,25	106,40	132,20	86,23	70,33	101,60	73,70	110,30	100,40	123,20	124,10	128,70	87,17	76,59	97,86	97,86	97,86	
Ti	<	0,49	0,41	<	0,22	0,55	0,24	0,53	<	0,19	0,36	0,18	<	0,30	0,36	0,31	0,27	0,27	0,24	0,24	<	0,88	0,56	0,54	0,32	0,44	0,38	0,38	0,38	
Tl	<	<	<	<	0,001	0,001	0,001	0,001	<	0,001	<	0,001	<	0,001	<	0,001	<	0,001	<	0,001	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,001
V	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Zn	514,10	64,77	67,84	<	11,47	118,50	18,59	60,86	3,99	48,47	51,82	102,60	29,16	61,96	59,01	56,22	33,91	34,59	39,64	50,49	38,45	48,36	84,81	71,12	11,18	54,02	69,44	69,44	69,44	

Annexe 66 - Analyse de métaux Eaux 2013-2015 µg/L		Doubs à Oye et Pallet																									
		01/07/13	17/07/13	16/12/13	05/01/14	17/04/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	Moyenne		
Al	NA	NA	<	2,81	<	<	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	2,81
As	NA	NA	<	0,31	0,26	<	<	NA	0,18	NA	0,27	NA	NA	NA	0,30	NA	NA	NA	NA	NA	0,30	NA	NA	NA	NA	0,27	
Ca	NA	NA	44778,00	<	73746,00	<	<	NA	<	NA	<	NA	18685,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	NA	NA	NA	45736,33	
Cd	NA	NA	<	0,00	0,00	<	<	NA	0,03	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	<	0,01	
Co	NA	NA	<	0,02	<	<	<	NA	<	NA	0,03	NA	0,04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,03	NA	NA	NA	NA	0,03	
Cr	NA	NA	<	<	0,04	<	<	NA	0,33	NA	0,30	NA	0,08	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	NA	NA	NA	0,14	
Cu	NA	NA	<	<	<	<	<	NA	<	NA	7,43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	0,52	
Fe	NA	NA	<	<	<	<	<	NA	0,38	NA	<	NA	0,01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	8,92	
Hg	NA	NA	782,63	<	<	<	<	NA	<	NA	<	NA	582,38	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	0,20	
K	NA	NA	3171,50	<	3108,50	<	<	NA	<	NA	<	NA	2964,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	680,40	
Mg	NA	NA	<	0,55	0,50	<	<	NA	<	NA	0,27	NA	1,34	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,62	NA	2,59	NA	NA	NA	0,88	
Mn	NA	NA	<	0,11	0,14	<	<	NA	0,04	NA	0,10	NA	0,13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,09	NA	0,11	NA	NA	NA	0,10	
Mo	NA	NA	3074,60	<	3455,60	<	<	NA	<	NA	<	NA	2946,70	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	3158,97	
Na	NA	NA	<	0,15	0,12	<	<	NA	<	NA	0,16	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,15	NA	<	NA	NA	NA	0,16	
Ni	NA	NA	<	<	<	<	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	0,16	
P	NA	NA	<	<	<	<	<	NA	54,63	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	54,63	
Pb	NA	NA	<	<	<	<	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	<	
S	NA	NA	<	<	<	<	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	<	
Sb	NA	NA	<	0,05	0,06	<	<	NA	<	NA	0,05	NA	0,03	NA	NA	NA	NA	NA	0,03	NA	0,04	NA	NA	NA	NA	0,04	
Se	NA	NA	<	0,09	0,08	<	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	0,08	NA	NA	NA	NA	0,08	
Si	NA	NA	862,35	<	293,19	<	<	NA	<	NA	<	NA	426,11	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	527,22	
Sn	NA	NA	<	0,30	0,04	<	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	0,13	
Sr	NA	NA	66,39	<	110,80	<	<	NA	<	NA	103,10	NA	37,73	NA	NA	NA	NA	NA	49,89	<	NA	0,05	NA	NA	NA	82,03	
Ti	NA	NA	<	0,18	0,08	<	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	0,13	
Tl	NA	NA	<	0,00	0,002	<	<	NA	<	NA	0,002	NA	0,001	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	0,001	NA	NA	NA	NA	0,002	
V	NA	NA	<	<	<	<	<	NA	<	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	<	
Zn	NA	NA	<	<	<	<	<	NA	<	NA	0,53	NA	<	NA	NA	NA	NA	NA	<	NA	<	NA	NA	NA	NA	0,53	

Annexe 67 - Analyse de métaux Eaux 2013 - 2015 µg/L		Doubs à l'amont de la STEP de Pontanlier																										
		01/07/13	17/07/13	16/12/13	05/01/14	17/04/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14	03/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	Moyenne	
Al	4,80	419,29	<	3,63	<	<	<	<	3,24	<	0,27	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	55,06
As	0,34	0,46	<	0,32	<	0,20	<	0,19	<	0,29	<	0,24	0,24	0,35	0,31	0,44	0,31	0,31	0,33	0,29	0,39	0,34	0,30	0,28	0,31	0,31	0,23	0,30
Ca	77660,00	67087,00	43363,00	<	72104,00	<	70719,00	<	<	<	<	20424,00	20424,00	29228,00	20888,00	54053,00	37825,00	47114,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	48643,46
Cd	0,004	0,003	<	0,009	<	<	<	0,028	0,005	<	<	<	<	<	<	0,003	<	<	<	<	<	<	<	0,002	<	<	<	0,01
Co	0,04	0,05	<	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	1,23	0,16	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,09
Cr	0,08	0,09	<	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,07	0,07	0,07	1,82	1,82	1,82	0,06	0,06	0,06	<	<	<	<	<	<	0,05	0,09	0,02	0,37	
Cu	1,92	2,61	<	0,63	0,04	0,37	0,37	0,31	0,31	0,30	0,30	0,87	0,87	12,21	2,22	0,25	0,50	<	0,28	0,30	0,27	0,27	<	0,43	0,22	1,38		
Fe	13,59	18,63	<	0,63	11,54	<	25,24	<	9,88	7,01	6,09	6,09	6,09	6,09	16,25	5,73	<	<	<	<	<	<	<	<	0,43	0,22	12,01	
Hg	0,01	<	<	<	0,42	<	<	0,42	0,01	<	<	0,03	0,03	0,03	0,01	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,10	
K	809,33	786,94	757,22	<	716,84	<	747,52	<	811,56	<	<	674,86	674,86	1358,70	605,59	806,61	1561,50	703,16	<	<	<	<	<	<	<	<	847,28	
Mg	3019,50	3468,90	3180,40	<	3080,30	<	2834,40	<	3045,50	<	<	3021,10	3021,10	3212,80	2899,10	3031,60	2808,00	3167,30	<	<	<	<	<	<	<	<	3060,77	
Mn	1,33	1,83	<	0,33	0,35	0,52	0,19	0,19	0,59	0,17	1,06	1,06	1,06	2,19	0,47	0,45	2,27	1,22	0,85	0,27	0,21	0,48	0,77	1,07	0,74	0,70	0,83	
Mo	0,11	<	<	0,11	0,12	0,09	0,11	0,05	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,08	0,12	0,11	0,12	0,09	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	
Na	3655,90	3709,70	3133,20	<	3889,40	<	3490,60	<	3426,00	<	3091,10	3091,10	6765,60	2980,10	4065,50	3207,40	3427,40	<	<	<	<	<	<	<	<	<	3687,15	
Ni	0,46	0,47	<	0,25	0,11	0,14	0,14	0,14	0,14	0,19	0,15	0,15	0,15	1,98	0,39	0,10	<	<	0,21	0,14	0,11	0,17	0,16	0,15	0,14	0,11	0,28	
P	<	12,36	<	<	<	<	<	51,06	<	<	<	<	<	8,96	<	<	21,27	<	<	<	<	<	<	<	<	<	23,41	
Pb	0,03	0,06	<	0,04	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,03	
S	<	<	<	<	<	<	<	0,05	<	<	<	<	<	<	<	<	1507,50	1642,00	<	<	<	<	<	<	<	<	1049,85	
Sb	0,05	0,05	<	0,08	0,05	0,04	0,08	<	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,08	0,03	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	
Se	0,05	<	<	0,07	0,08	<	352,15	<	0,06	<	0,07	0,07	0,10	0,10	0,07	<	0,08	<	<	<	0,08	0,06	<	0,07	0,10	<	25,22	
Si	531,08	737,31	615,52	<	234,98	<	<	<	390,52	<	31,79	31,79	423,38	155,53	620,18	1127,60	576,61	<	<	<	<	<	<	<	<	<	456,36	
Sn	<	<	<	0,27	<	<	104,80	<	0,15	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,06	<	<	26,32	
Sr	94,50	98,23	64,56	<	112,90	101,10	52,20	<	102,00	100,30	42,32	42,32	55,36	40,71	100,00	65,77	76,97	60,97	44,66	100,50	99,43	103,70	113,10	82,86	71,03	79,37		
Ti	0,297	<	<	0,306	0,090	<	0,002	<	<	<	<	<	<	<	0,200	0,104	<	<	<	<	<	<	<	<	0,232	0,18	0,18	
Tl	0,026	<	<	0,001	0,002	<	<	<	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	<	0,002	0,002	0,002	0,002	0,00	
V	<	0,23	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,23	
Zn	0,75	2,72	<	1,82	<	<	8,39	<	<	<	<	8,39	8,39	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,88	<	3,83	

Annexe 68 - Analyse de métaux Eaux 2013 -2015 µg/L	Doubs à l'aval proche de la STEP de Pontarlier																									
	01/07/13	17/07/13	16/12/13	05/01/14	17/04/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	14/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14	03/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	Moyenne
Al	2.46	142,62	<	2.90	<	0.27	<	<	3.24	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1.19	<	3.51	<	20,21
As	0.36	0.46	<	<	0.31	<	<	0.18	<	0.29	0.25	0.36	0.35	0.47	0.32	0.32	0.31	0.34	0.31	0.40	0.36	0.31	0.27	0.30	0.23	0.31
Ca	76947,00	70129,00	45747,00	<	71654,00	<	<	0.024	70985,00	<	20652,00	20652,00	31298,00	31298,00	54703,00	36393,00	43078,00	<	<	<	<	<	<	<	<	49625,31
Cd	0.007	0.005	<	0.003	<	0.004	<	<	0.004	<	<	<	0.005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.01
Co	0.18	0.08	<	0.02	0.06	0.03	<	0.33	0.08	0.05	0.13	0.06	0.45	0.10	0.05	0.02	0.04	0.04	0.04	0.08	0.05	0.03	0.04	0.02	0.08	
Cr	0.13	0.07	<	<	0.06	0.04	<	0.33	0.08	0.40	0.40	0.40	<	0.07	0.06	0.06	<	<	<	0.05	0.40	0.06	0.06	0.08	0.13	
Cu	2.51	1.45	<	<	39.55	<	<	0.40	9.96	10.77	11.59	11.59	8.30	15.54	5.86	<	<	0.28	<	0.52	0.35	0.27	<	0.46	1.04	
Fe	21.42	18.41	<	<	39.55	<	<	<	<	10.77	11.59	11.59	<	15.54	5.86	<	<	<	<	<	<	<	<	<	15.70	
Hg	0.004	<	<	<	0.517	<	<	<	<	<	0.020	0.020	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.14	
K	3855,10	1748,80	1125,10	<	1055,50	<	<	<	857,19	<	1356,60	903,55	1493,40	1773,20	1544,10	700,73	<	<	<	<	<	<	<	<	1486,84	
Mg	2834,70	3593,00	3224,00	<	2849,70	<	<	<	3025,60	<	3138,60	3017,50	2957,20	2769,80	2899,70	3133,70	<	<	<	<	<	<	<	<	3052,06	
Mn	9.99	3.14	0.75	0.55	0.58	0.51	<	0.80	0.30	0.30	1.16	1.84	5.08	2.97	1.10	0.97	1.10	0.97	0.59	1.23	1.01	0.72	1.55	0.61	1.65	
Mo	0.33	<	<	0.10	0.15	0.09	<	0.14	0.12	0.12	0.19	0.19	0.12	0.16	0.25	0.17	0.13	0.13	0.13	0.18	0.15	0.11	0.12	0.11	0.15	
Na	19041,00	9933,70	6496,80	<	5463,70	<	<	3673,60	<	6590,50	6590,50	4571,40	11268,00	9013,50	3481,70	3439,40	<	<	<	<	<	<	<	<	7554,52	
Ni	0.67	0.41	<	0.13	0.19	0.12	<	0.14	0.20	0.28	0.28	<	1.03	0.28	<	<	<	0.23	0.18	0.20	0.20	0.15	0.17	0.13	0.26	
P	19.39	20.21	<	<	12.15	<	<	51.71	<	<	<	<	57.45	<	28.30	<	<	<	<	0.05	0.20	0.15	0.17	0.13	31,54	
Pb	0.28	0.11	<	<	0.01	<	<	<	0.01	<	0.04	0.04	0.06	0.05	<	<	<	<	<	0.05	0.03	<	<	0.02	0.06	
S	<	<	<	<	0.08	<	<	<	<	<	<	<	<	0.06	0.05	0.04	1552,30	1556,10	<	<	0.07	<	<	<	1036,16	
Sb	0.31	0.11	<	0.05	0.09	0.04	<	<	0.06	0.08	0.06	0.05	0.25	0.16	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.10	0.07	0.05	0.05	0.17	0.09	
Se	0.09	<	<	0.10	0.10	<	<	<	0.08	<	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.09	0.09	<	30,28	
Si	1034,30	743,45	649,56	<	422,87	<	<	397,29	<	91,64	91,64	372,54	329,18	824,26	1106,10	546,67	<	<	<	<	<	<	<	<	547,88	
Sn	0.01	<	<	0.19	<	<	<	0.11	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.05	<	23,07	
Sr	103,20	103,25	69,53	112,20	104,00	52,46	<	101,20	102,40	47,46	47,46	55,18	58,47	103,00	66,50	72,25	64,15	64,15	64,92	102,30	100,80	106,10	121,60	88,19	83,34	
Ti	0.025	<	<	0.223	<	<	<	<	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	<	0.139	0.11	
Tl	0.021	<	<	<	1.945	<	<	<	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	<	0.002	0.002	0.002	0.10	
V	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.32	
Zn	14,86	6,71	<	<	2,08	<	<	<	2,54	<	8,93	8,93	3,40	5,32	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,09	5,71	



Annexe 69 - Analyse de métaux Eaux 2013 - 2015 µg/L		Doubs à l'aval lointain de la STEP de Pontarlier																									
		01/07/13	17/07/13	16/12/13	05/01/14	17/04/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	06/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14	03/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15	Moyenne
Al	4.69	<	<	<	3.18	<	<	<	<	0.26	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	2.99
As	0.33	0.45	<	0.31	<	<	<	<	<	0.18	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.30
Ca	76728.00	70955.00	43028.00	<	71841.00	<	<	<	72488.00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	49011.69
Cd	0.004	0.004	<	<	<	<	<	0.026	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.01
Co	0.05	0.08	<	0.03	0.07	0.03	0.07	0.06	0.07	0.05	0.04	0.06	0.06	0.04	0.25	0.07	0.06	0.02	0.04	0.05	0.07	0.06	0.03	0.08	0.02	0.03	0.06
Cr	0.07	0.06	<	<	0.04	<	0.06	0.69	<	0.10	0.43	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.07	0.02	0.10
Cu	0.12	1.36	<	<	<	0.28	<	<	<	1.14	0.43	2.98	2.98	0.07	3.15	0.38	0.94	<	0.31	<	0.35	0.46	0.19	<	0.31	0.21	0.92
Fe	13.53	13.84	<	<	23.04	<	46.77	<	<	11.78	9.60	7.96	7.96	<	3.74	12.93	6.08	<	<	<	<	<	<	<	<	<	14.29
Hg	0.005	<	<	<	<	<	<	0.440	<	<	0.017	0.017	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.12
K	1038.00	1752.20	1700.30	<	1407.30	<	1475.90	<	1475.90	1313.50	<	734.31	734.31	640.97	1338.80	1407.50	1825.70	738.65	<	<	<	<	<	<	<	<	1239.03
Mg	3162.10	3331.60	3115.00	<	3161.70	<	2842.10	<	2842.10	2728.50	<	1181.10	1181.10	3084.10	2936.00	2775.40	2712.30	3115.80	<	<	<	<	<	<	<	<	2717.45
Mn	1.50	2.79	1.67	1.14	1.70	0.57	0.60	0.60	0.63	2.22	0.22	0.63	0.63	0.52	0.93	2.73	3.16	1.19	1.19	0.51	1.07	1.04	0.93	3.17	0.64	0.88	1.32
Mo	0.12	<	<	0.10	0.15	0.11	0.23	0.05	0.26	0.11	0.08	0.08	0.11	0.15	0.19	0.30	0.12	0.15	0.14	0.14	0.18	0.15	0.11	0.16	0.11	0.11	0.14
Na	4889.40	9961.10	12413.00	<	7832.30	<	7946.50	<	5700.80	<	3001.00	3001.00	3266.50	7140.80	7151.80	4949.10	3596.20	<	<	<	<	<	<	<	<	<	6219.96
Ni	0.56	0.52	<	0.12	0.17	0.13	0.22	<	0.17	0.19	0.19	1.01	1.01	<	0.55	0.24	<	0.26	0.20	0.20	0.21	0.18	0.18	0.28	<	0.13	0.33
P	<	17.42	<	<	11.98	<	<	50.40	63.96	<	<	<	9.12	<	<	<	38.35	<	<	<	<	<	<	<	<	<	31.87
Pb	0.04	0.11	<	<	0.02	<	0.02	<	0.05	<	<	0.03	0.03	<	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05	0.04	<	0.02	0.01	0.03	
S	<	<	<	<	<	<	0.11	<	<	<	<	<	<	<	<	1826.10	1524.10	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1116.77
Sb	0.07	0.11	<	0.04	0.10	0.04	0.08	<	0.12	0.07	0.07	0.04	0.05	0.07	0.12	0.10	0.05	0.07	0.05	0.10	0.09	0.06	0.06	0.07	0.06	0.04	0.07
Se	0.07	<	<	0.09	0.08	<	0.03	<	0.08	<	<	0.08	<	0.08	<	0.08	<	0.10	<	0.05	0.10	0.09	0.06	0.07	0.10	0.07	0.04
Si	559.31	690.23	696.93	<	354.47	<	-0.03	<	475.26	<	67.21	67.21	486.67	214.63	736.77	1068.30	554.75	<	<	<	<	<	<	<	<	48.60	
Sn	<	<	<	0.20	<	<	<	<	0.11	<	<	0.06	0.06	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	459.36
Sr	97.40	100.09	66.72	94.47	105.30	53.25	<	<	93.96	102.90	24.42	24.42	94.07	39.45	100.30	68.75	69.52	61.55	47.66	100.60	101.70	105.70	127.70	87.66	74.59	80.09	
Ti	0.124	<	<	0.220	<	<	0.002	<	<	<	<	<	<	<	0.161	0.119	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.166	0.13
Tl	0.020	<	<	0.002	0.002	<	3.677	<	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.19
V	<	0.35	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0.35
Zn	2.23	5.17	1.69	<	2.39	0.61	<	<	4.15	2.35	3.10	3.10	3.10	<	1.89	3.03	<	<	1.35	2.97	2.31	1.00	5.76	0.91	<	2.59	

Annexe 70- Analyse de métaux Eaux 2013-2015 µg/L		Rejet de la STEP de Pontarlier dans le Doubs																				Moyenne								
		01/07/13	17/07/13	16/12/13	05/01/14	17/04/14	29/04/14	30/04/14	04/05/14	13/05/14	21/05/14	22/05/14	28/05/14	13/06/14	19/06/14	03/07/14	08/07/14	15/07/14	22/07/14	04/09/14	09/10/14		03/11/14	19/11/14	12/02/15	31/03/15	16/04/15			
Al	3,45	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	3,92	
As	0,15	0,68	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,54	
Cu	79350,00	106490,00	60935,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	72263,77	
Cd	0,011	0,009	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,009	
Co	0,45	0,69	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,86	
Cr	0,50	0,51	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,52	
Cu	2,35	2,14	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,45	
Cu	46,95	135,90	101,14	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,55	
Fe	0,097	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	125,81	
Hg	81,770	15134,00	13445,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,68	
K	2953,20	381710	2752,40	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	13095,74	
Mg	0,05	35,58	22,77	14,38	41,32	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	2793,24		
Mn	0,05	35,58	22,77	14,38	41,32	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	0,09		
Mo	0,05	35,58	22,77	14,38	41,32	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	0,09	7965,46	
Na	425,00	95500,00	112790,00	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,15
Ni	1,22	1,83	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,44	
P	45,57	99,62	71,31	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	64,87	
Pb	0,68	0,95	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,44	
S	0,74	1,14	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	3252,21	
Sb	0,14	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,01	
Se	1799,90	3257,50	2030,20	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	126,53	
Si	0,06	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1888,28	
Sn	106,20	129,63	90,64	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,22	
Sr	0,019	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	10,66	
Ti	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,419	
Tl	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	2,75	
V	<	1,98	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,98	
Vanadium	<	45,14	38,04	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	63,16	
Zn	34,25	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	48,57	