

EVALUATION DE L'IMPACT SUR LE RHONE DU REJET DES EAUX RESIDUAIRES EPUREES DU BASSIN VERSANT DU LAC DU BOURGET



Suivi 2017

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I. Rappel de l'étude 2016	2
II. Conditions expérimentales	3
III. Qualité du rejet	6
III.1 Caractéristiques moyennes	6
III.1.1 Débit	6
III.1.2 Analyse physico-chimique	8
III.1.3 Eléments traces métalliques	9
III.2 Evolution des paramètres sur l'année	11
III.2.1 Variabilité	11
III.2.2 Qualité du rejet en août	11
III.3 Flux de pollution	12
III.4 Comparaison avec les dispositions réglementaires au 29/08/2013	13
IV. Qualité de l'eau du Rhône	15
IV.1 Débit	15
IV.2 Caractéristiques moyennes du fleuve	16
IV.3 Qualité du Rhône en août	19
IV.4 Concentrations en métaux et micropolluants organiques	20
V. Impact du rejet	22
V.1 Comparaison des caractéristiques du milieu récepteur entre l'amont et l'aval	22
V.2 Cas du faible débit du Rhône	24
VI. Qualité et toxicité des sédiments	26
CONCLUSION	29
ANNEXES	30

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Localisation des points de surveillance	3
Figure 2 Embarcation radiocommandée	4
Figure 3 Pluviométrie à Voglans	5
Figure 4 Variation horaire du débit du rejet	6
Figure 5 Variations de la pluviométrie et du débit du rejet	7
Figure 6 Débit du Rhône	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I Types d'analyses réalisées	4
Tableau II Caractéristiques moyennes du rejet	8
Tableau III Concentration en métaux dans le rejet	10
Tableau IV Variabilité des différents paramètres	11
Tableau V Caractéristiques physico-chimiques du rejet au Rhône en août	12
Tableau VI Valeurs moyennes des flux de pollution	13
Tableau VII Comparaison des concentrations aux normes de l'arrêté préfectoral	14
Tableau VIII Débit du Rhône au point de rejet	15
Tableau IX Caractéristiques moyennes de l'eau du Rhône	17
Tableau X Classes de qualité de l'eau douce pour les paramètres microbiologiques	18
Tableau XI Classes de qualité de l'eau douce pour les MEST	18
Tableau XII Classes de qualité physico-chimique selon les termes de la DCE	18
Tableau XIII Caractéristiques physico-chimiques du Rhône en août	19
Tableau XIV Concentration en métaux dans l'eau du Rhône	20
Tableau XV Statistiques descriptives du fleuve	22
Tableau XVI Caractéristiques du Rhône et du rejet en « faible » débit	25
Tableau XVII Comparaison des concentrations en ETM, HAP et PCB de différents sédiments	28

GLOSSAIRE

DBO : Demande biochimique en oxygène
DCO : Demande chimique en oxygène
Déter. Anio. : Détergents anioniques
Hydro totaux : Hydrocarbures Totaux

MESO : Matières en suspension organiques
MEST : Matières en suspension totales
NK: Azote Kjeldhal
P tot : Phosphore total

Référence pour citation

Naffrechoux V., Fanget P., Naffrechoux E.
Evaluation de l'impact sur le Rhône du rejet des eaux résiduaires épurées du bassin versant du lac du Bourget
LCME, Université Savoie Mont Blanc, 2017

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'autorisation de rejet du Préfet de Savoie, la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées épurées du bassin versant du Lac du Bourget et des eaux réceptrices du fleuve Rhône est évaluée par des campagnes mensuelles. Les résultats du suivi annuel, débuté en juillet 1980 et réalisé par le laboratoire de chimie moléculaire et environnement (LCME) de l'Université Savoie Mont Blanc, sont archivés en Préfecture de Savoie (Direction de l'Administration Territoriale et de l'Environnement, Bureau de l'Environnement, de l'Aménagement et de l'Urbanisme) et au siège du Comité InterSyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget (CISALB) à Chambéry.

Les résultats des campagnes de surveillance de l'année 2017 sont présentés dans ce document. L'étude a été réalisée selon les directives d'application de l'arrêté préfectoral du 29 août 2013.

L'objectif est d'évaluer l'impact physico-chimique et microbiologique sur le fleuve Rhône du rejet des eaux usées épurées par :

- le suivi de la qualité des effluents traités des agglomérations de Chambéry, Aix les Bains et du Bourget du Lac au point de rejet dans le Rhône (détermination des caractéristiques physico-chimiques et comparaison avec les dispositions réglementaires de l'arrêté préfectoral),
- le suivi de la qualité de l'eau du Rhône en amont proche et aval éloigné de ce point.

Une comparaison avec les résultats des études antérieures permet :

- l'examen des modifications éventuelles des caractéristiques du rejet en lien avec les modifications des traitements d'épuration opérés dans les usines de dépollution (UDEP) ou la variation de charge de pollution entrant dans ces UDEP,
- l'évolution pluriannuelle de la qualité du milieu récepteur.

I - RAPPEL DE L'ETUDE 2016

Dans le cadre de la 34^{ème} année du contrôle des caractéristiques des eaux épurées du bassin versant du Lac du Bourget et de leur impact sur la qualité du Rhône, douze campagnes mensuelles de prélèvements ont été effectuées en 2016 selon les directives de l'arrêté préfectoral du 29 août 2013.

L'année 2016 se caractérise par une pluviométrie (1225,9 mm) inférieure de 5,1% à celle de l'année précédente (1291,8mm) et de 4,25% à la référence 1974-2004 (1280 mm). Le débit du Rhône, milieu naturel récepteur du rejet, vaut en moyenne 450 m³/s (en hausse de 7,7% par rapport à 2015 : 418 m³/s), ce qui implique une dilution importante des composés présents dans le rejet au point de contrôle situé à l'aval éloigné du lieu de déversement (point T2).

Depuis 2012, la qualité du rejet s'est améliorée. Cette année, ceci se traduit par aucun dépassement des paramètres réglementés par l'arrêté préfectoral et par une baisse des flux. Le flux de nitrates est équivalent à ceux de 2013 et 2012, plus élevé que ceux de 2015 et 2014 et qu'avant 2012 en raison de la nitrification efficace de l'azote dans l'UDEP de Chambéry Métropole.

*Selon le système d'évaluation de la qualité des eaux, le Rhône est de qualité microbiologique moyenne (*E. coli* en S) et médiocre (*E. coli* et entérocoques en T2). En revanche, la qualité physico-chimique est très bonne à bonne (déclassement observé pour les MEST en T2, le pH max et le cuivre) à moyenne (MEST en S).*

Quel que soit le débit du Rhône, la concentration en ammonium est systématiquement supérieure en T2. Pour certains jours de faible débit du Rhône (campagnes du 20 septembre et du 18 octobre), une dégradation significative de la qualité bactériologique est également constatée.

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES

La figure 1 détaille les points de prélèvements avec le nombre de campagnes effectuées pendant la période de surveillance.

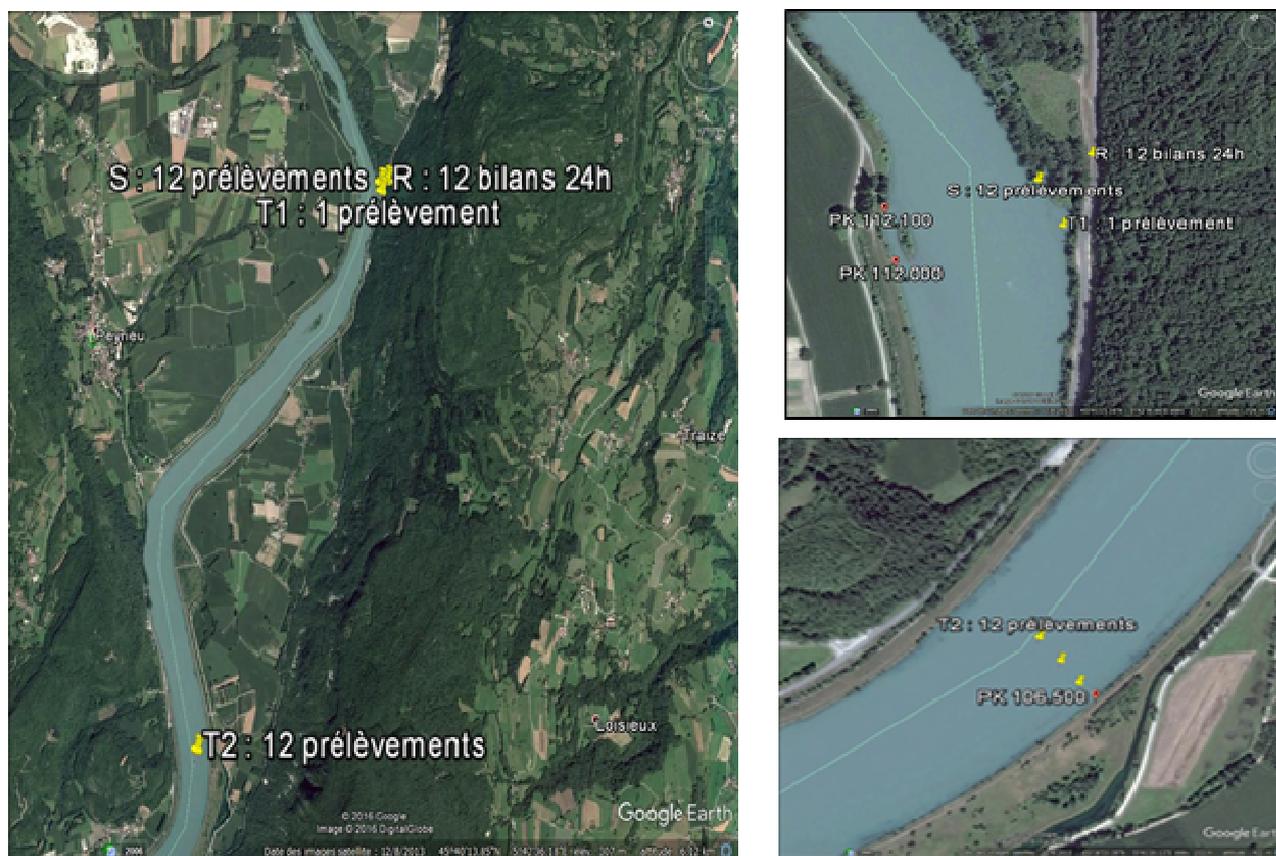


Figure 1 : Localisation des points de surveillance

Le contrôle 2017 porte sur douze campagnes mensuelles de prélèvements dans le Rhône et sur douze bilans mensuels de pollution du rejet.

La position des points R, S, T1 et T2 est définie dans l'arrêté préfectoral. Les points S, T1 et T2 sont échantillonnés dans le fleuve à trente centimètres de profondeur. Le point S est échantillonné en amont du rejet. Le point T1 est échantillonné dans la veine de diffusion du rejet. Le point T2 est échantillonné en 3 points également répartis sur la demi-largeur gauche du fleuve. En effet, le traçage du rejet dans le fleuve (étude CEA 2001) a démontré un écoulement en rive gauche du fleuve. Les échantillons d'eau du Rhône sont prélevés à l'aide d'une embarcation radiocommandée (figure 2). Le point R (rejet des effluents traités) est échantillonné à la sortie de la galerie au moyen d'un préleveur automatique. L'échantillon moyen analysé est reconstitué proportionnellement au débit de l'effluent à partir de 24 flacons de 300 mL correspondant à des prélèvements de 75 mL toutes les quinze minutes. Tous les

échantillons sont prélevés par pompage péristaltique, limitant les modifications de la qualité physico-chimique de l'eau.

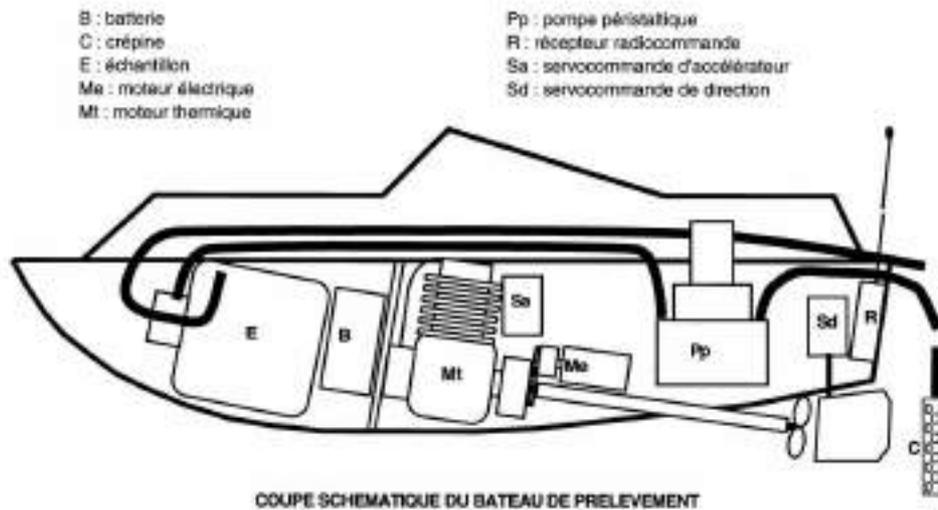


Figure 2 : embarcation radiocommandée

Les mesures effectuées sur les échantillons prélevés sont détaillées dans le tableau I.

stations S, T1 et T2	station R	expression des résultats
température	température	degrés Celsius
pH	pH	unités
oxygène dissous	oxygène dissous	mgO ₂ /L
conductivité	conductivité	µS/cm
matières en suspension totales	matières en suspension totales	mg/L
matières en suspension organiques	matières en suspension organiques	mg/L
demande chimique en oxygène	demande chimique en oxygène	mgO ₂ /L
demande biochimique en oxygène	demande biochimique en oxygène	mgO ₂ /L
azote Kjeldhal	azote Kjeldhal	mgN/L
azote ammoniacal	azote ammoniacal	mgNH ₄ /L
nitrites	nitrites	mgNO ₂ /L
phosphates *	phosphates *	mgP/L
phosphore total	phosphore total	mgP/L
détergents anioniques *	détergents anioniques *	µg/L
hydrocarbures totaux *	hydrocarbures totaux *	µg/L
métaux totaux *	métaux totaux *	µg/L
coliformes	coliformes **	ufc/100mL
E. coli	E. coli **	NPP/100mL
entérocoques	entérocoques **	NPP/100mL
chlorures		mg/L
sulfates		mgSO ₄ /L

Tableau I : Types d'analyses réalisées

(*analyses semestrielles et faible débit, **mai à septembre)

En accord avec les services de l'état, plusieurs modifications ont été apportées au protocole de suivi décrit dans l'arrêté préfectoral :

- i) les analyses bactériologiques dans le rejet sont réalisées uniquement de mai à septembre.
- ii) la qualité physico-chimique et toxique des sédiments du fleuve en S et en T1 est évaluée tous les 3 ans (soit cette année).
- iii) les IBD et IBGN sont effectués annuellement dans le fleuve.

Les précipitations météoriques influencent le débit d'eau rejetée au Rhône, transitant dans la galerie, par infiltration naturelle des eaux de pluie et de ruissellement dans l'ouvrage, et par collecte d'une partie des eaux pluviales dans les effluents des usines de dépollution (UDEP). La pluviométrie 2017 (907,4 mm) est à nouveau en baisse, de 26 % par rapport à l'année 2016 (1225,9 mm). Cette valeur est plus basse que la moyenne calculée pour les 43 dernières années ($\mu_{1974-2016} = 1250,4$ mm). Les variations de hauteur de la lame d'eau tombée à Voglans (Savoie) au cours de l'année sont représentées sur la figure 3.

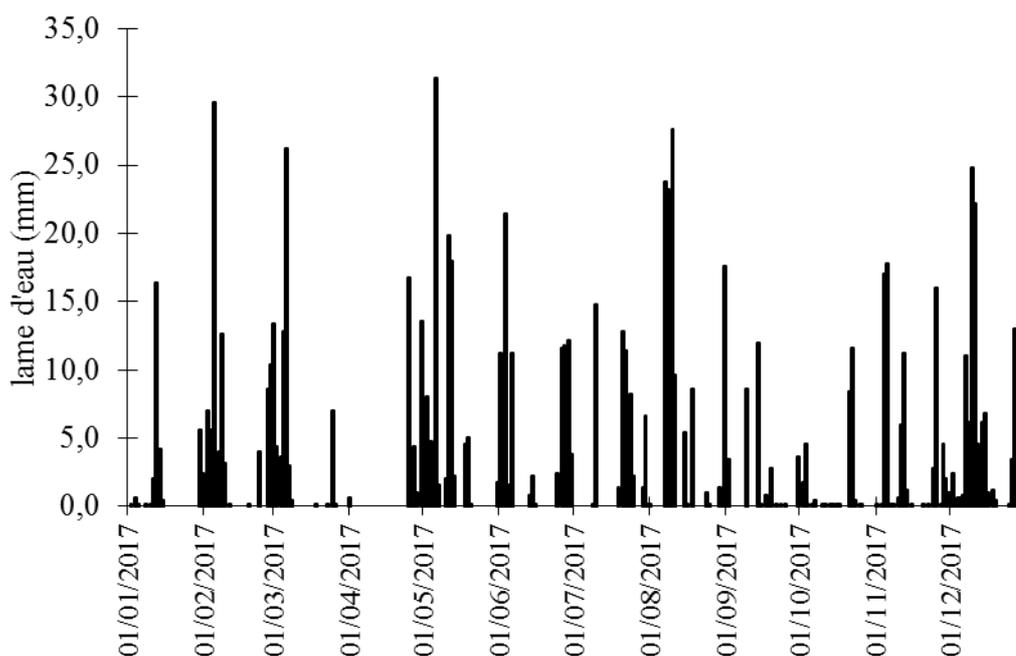


Figure 3 : Pluviométrie à Voglans (2017)

III - QUALITE DU REJET

Les eaux usées épurées par les UDEP de Chambéry Métropole (Chambéry-Bissy) et de Grand Lac (Aix les Bains + Le Bourget du Lac) sont échantillonnées au point R durant 24 heures, par prélèvement fractionné toutes les 15 minutes.

III.1. Caractéristiques moyennes

III.1.1. Débit

Les débits moyens journaliers sont calculés, après tarage du limnimètre à sonde de pression installé en sortie de galerie, à partir des hauteurs d'eau relevées mensuellement. Le débit Q du rejet en m³/s est calculé à partir de la hauteur d'eau h mesurée en cm selon l'équation suivante : $Q = 1,43.10^{-4} \times h^2 + 2,45.10^{-2} \times h - 1,39$.

Le débit présente généralement une valeur journalière minimale proche de 0,2 m³.s⁻¹ aux environs de 7-8h et une valeur maximale voisine de 0,7 m³.s⁻¹, sauf en cas d'apport d'eaux parasites suite aux précipitations météoriques comme l'illustre la figure 4 (période de temps sec les 2 et 3 novembre et période de temps de pluie les 4 et 5 novembre).

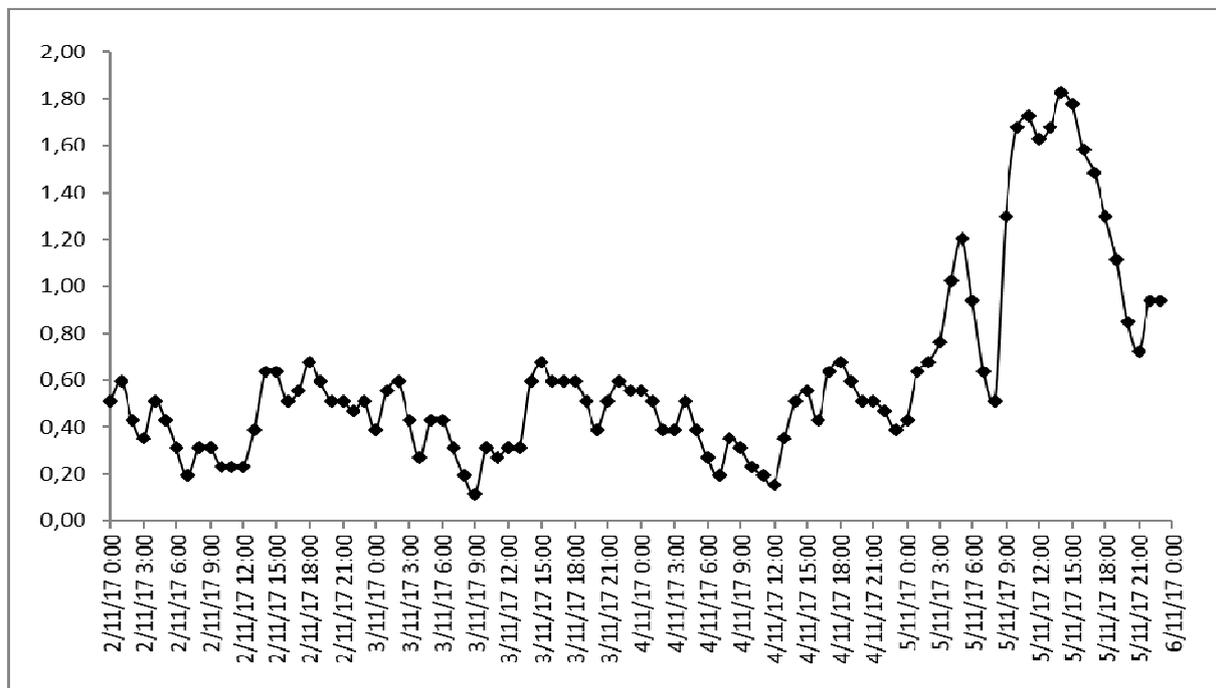


Figure 4 : Variation horaire du débit du rejet (m³.s⁻¹)

Le débit moyen annuel du rejet est égal à $0,65 \text{ m}^3/\text{s}$, en baisse par rapport aux années précédentes (2016 : $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$, 2015 : $0,73 \text{ m}^3/\text{s}$, 2014 : $0,76 \text{ m}^3/\text{s}$). Ce débit moyen est en diminution par rapport à la période 1986-2016 ($0,85 \text{ m}^3/\text{s}$). Toutefois, ces valeurs sont à considérer en regard de 70 jours d'absence de données (panne du limnimètre) correspondant parfois à des jours de fortes précipitations. La valeur moyenne annuelle peut donc être sous-estimée.

Le débit moyen des jours de contrôle en 2017 vaut $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$. Il est équivalent à 2015 ($0,73 \text{ m}^3/\text{s}$) et inférieur à 2016 ($0,79 \text{ m}^3/\text{s}$) et 2014 ($0,76 \text{ m}^3/\text{s}$).

La comparaison des variations du débit du rejet et de la pluviométrie enregistrée à la station météorologique de Voglans (figure 5) souligne bien les caractéristiques hydrauliques des réseaux d'assainissement (partiellement unitaires) et de la galerie sous l'Epine (infiltration d'eaux claires). Les pics de débit sont systématiquement corrélés à des fortes précipitations.

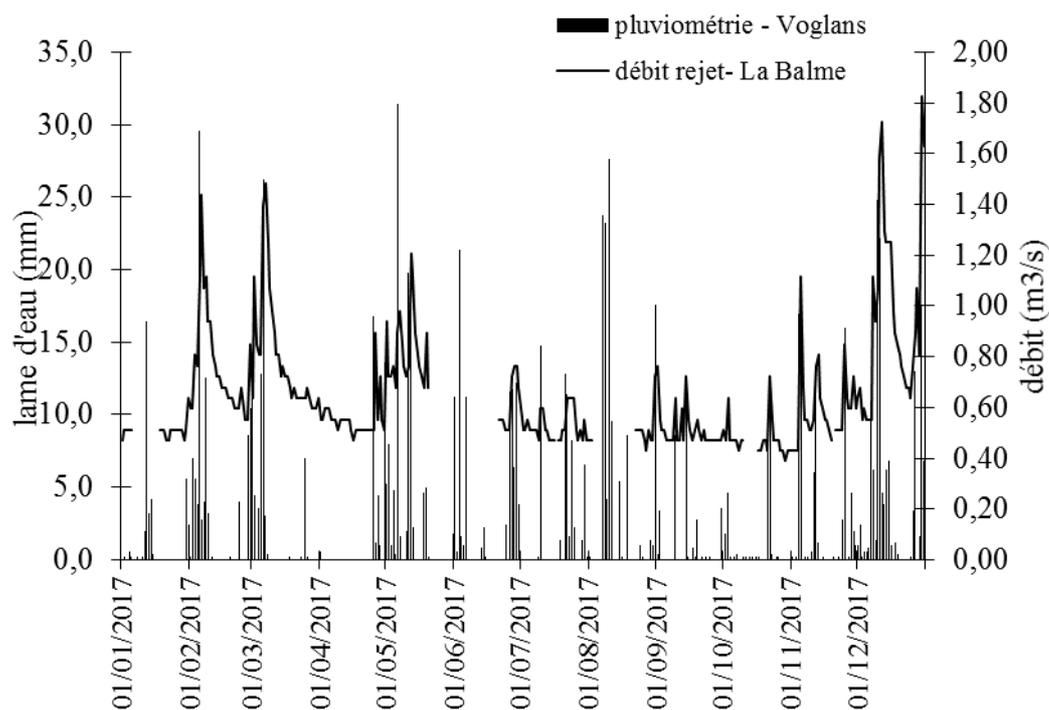


Figure 5 : Variations de la pluviométrie et du débit du rejet

III.1.2. Analyse physico-chimique

Pour chacun des douze bilans de l'année 2017, les analyses ont été réalisées sur un échantillon moyen 24h, reconstitué proportionnellement au débit rejeté. Le tableau II présente la moyenne, l'écart-type, le minimum et le maximum de chaque paramètre mesuré.

PARAMETRES	unités	MOYENNE 2017	ECART TYPE	MINI	MAXI	MOYENNE 2016	MOYENNE 2015	MOYENNE 2014
DEBIT	m ³ /s	0,71	0,36	0,47	1,79	0,79	0,73	0,76
TEMPERATURE	degré C	16,5	3,4	10,7	21,1	16,1	16,2	16,5
O ₂ DISSOUS	mg/L	4,0	1,8	2,4	9,4	4,3	4,0	4,1
pH	unités	8,0	0,1	7,8	8,1	7,8	7,4	7,3
CONDUCTIVITE	µS/cm	1028	162,2	552	1186	942	918	917
MEST	mg/L	10,6	6,4	3,8	27,8	9,5	13,3	12,0
MESO	mg/L	8,2	3,7	2,8	14,2	7,4	9,7	9,7
DBO	mg/L	11	3,5	5	17	10	13	15
DCO effluent brut	mg/L	45	8,7	34	65	41	42	50
DCO effluent filtré	mg/L	34	6,9	16	41	32	30	33
NK	mg/L	17,4	6,1	5,0	27,1	15,3	15,1	15,1
NH ₄ ⁺	mg/L	18,8	7,6	2,7	30,5	16,2	16,5	17,6
NO ₃ ⁻	mg/L	33,3	12,0	16,9	51,3	31,3	30,9	29,7
PO ₄ ³⁻ *	mg/L	1,05	/	0,52	1,58	0,39	0,32	0,73
P total	mg/L	0,78	0,43	0,07	1,84	0,53	0,45	0,74
DET. ANIO. *	µg/L	176	/	160	192	205	181	208
HYD. TOTAUX *	µg/L	320	/	210	430	<50	<100	<100
Coliformes **	ufc/100mL	58900	41860	5500	100000	/	49250	109242
E. coli **	NPP/100 mL	68659	83980	9500	210000	/	35500	147100
Entérocoques **	NPP/100 mL	4785	3189	1400	9200	/	5250	7100
*analyses semestrielles								
**analyses de mai à septembre								

Tableau II : Caractéristiques moyennes du rejet

Le pH de l'effluent est alcalin et riche en ions (conductivité voisine du mS/cm). L'eau est faiblement oxygénée sans que le milieu ne soit anoxique. La pollution particulaire comporte 77% de matière organique. La part dissoute et colloïdale de la pollution oxydable est faible (depuis la modification de l'UDEP de Chambéry, la DCO de l'échantillon filtré vaut 34 mgO₂/L contre 55 mgO₂/L les années antérieures à 2012). La majeure partie de la matière organique des eaux usées a été biodégradée par les micro-organismes des usines de dépollution raccordées à la galerie de rejet. Seule 25% (DCO/DBO=4,1) de la matière organique oxydable du rejet est encore biodégradable dans les conditions de l'essai (5 jours d'incubation à 20°C, à l'obscurité, en milieu aérobie) ; ce pourcentage est comparable à l'an dernier et plus faible que sur la période 2000-2015. En raison d'une meilleure oxydation de la matière organique, entraînant aussi la nitrification de l'azote organique et ammoniacal au

sein de l'UDEP de Chambéry Métropole, la concentration en nitrates est élevée et proche de 30 mgNO₃⁻/L en moyenne depuis 2012. La micropollution organique, réglementée dans le cadre du suivi par deux familles de molécules (hydrocarbures totaux et détergents anioniques), reste faible. Les hydrocarbures totaux ont été quantifiés (210µg/L et 430µg/L) lors des deux campagnes semestrielles selon la méthode analytique normalisée (NF EN ISO 9377-2). La concentration en détergents anioniques est constante depuis 2014, proche de 200µg/L, correspondant à un moussage de moins en moins fréquent de l'eau rejetée au Rhône, malgré un écoulement turbulent dans l'ouvrage de sortie de galerie.

Afin de déceler une éventuelle évolution du rejet entre 2016 et 2017, le test statistique de Student avec variances inconnues mais supposées égales pour petits échantillons est réalisé permettant la comparaison de la moyenne des valeurs de chaque paramètre mesuré. La probabilité d'observer une différence correspond au seuil de confiance du test statistique. Le seuil pour conclure à une différence de qualité entre les deux années est fixé à 95%. A l'issue du test de comparaison, les moyennes sont statistiquement équivalentes avec un risque d'erreur inférieur à 5%, sauf pour le pH. La qualité physico-chimique du rejet est donc stable depuis la rénovation de l'usine de dépollution de Chambéry Métropole, mise en service au printemps 2011.

III.1.3. Eléments traces métalliques

Deux échantillons ont été prélevés les 18 avril et 17 octobre 2017 pour l'analyse des métaux totaux (normes NF EN ISO 17294-2, NF EN ISO 17852). Les résultats sont présentés dans le tableau III.

Dans l'échantillon d'avril, tous les métaux sont quantifiables sauf l'arsenic, le cadmium et le chrome. Dans celui d'octobre, le cuivre, le fer et le nickel sont quantifiables.

Les concentrations en fer (276 µg/L et 510 µg/L) restent comparables à celles mesurées les années précédentes. Elles sont dues à l'utilisation de sels de fer pour le traitement de coagulation mis en place dans l'usine de dépollution de Chambéry. Ces valeurs de fer total correspondent à une fraction particulière d'hydroxydes ferriques.

Les concentrations en aluminium et zinc sont toujours de l'ordre de grandeur de celles

classiquement mesurées dans une eau résiduaire urbaine épurée.

Les métaux cuivre, nickel et plomb sont présents à des concentrations faibles. Les valeurs sont, par exemple, très nettement inférieures aux limites de qualité d'un rejet d'Installation Classée pour la Protection de l'Environnement selon l'arrêté du 02/02/1998 (500 µg/L).

Le mercure est quantifié lors de la campagne du 18 avril. Sa concentration est toutefois inférieure au fond géochimique des eaux naturelles Rhône-alpines (<0,1 µg/L)¹.

		18/04/2017	17/10/2017
Al	µg/L	8	<20
As	µg/L	<0,5	<5
Cd	µg/L	<0,1	<1
Cr	µg/L	<0,5	<5
Cu	µg/L	26,5	48
Fe	µg/L	276	510
Hg	µg/L	0,02	<0,05
Ni	µg/L	5,7	10
Pb	µg/L	0,29	<2
Zn	µg/L	36	<10

Tableau III : Concentration en métaux dans le rejet

¹ Sonney, R., Blum A., Chery L. (2005) _ Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines du bassin Rhône-Méditerranée et Corse. Rapport de phase 1 – Recueil des données et des informations – Rapport BRGM RP – 54031 – FR, 135p.

III.2. Evolution des paramètres sur l'année

III.2.1. Variabilité

Le coefficient de variation (en %) permet d'estimer la variabilité des paramètres contrôlés mensuellement. La variabilité est globalement équivalente à celles des années précédentes, confirmant un rendement d'épuration moyen assez constant dans les trois usines de dépollution raccordées à la galerie de rejet au Rhône. Les variations les plus importantes sont observées pour les MEST et le phosphore total.

paramètre	CV	paramètre	CV	paramètre	CV
Débit	50	DCO brut	19	NK	35
pH	1	DCO filtré	21	NO ₃ ⁻	36
Conductivité	16	DBO	33	NH ₄ ⁺	40
Température	21	MEST	61	P total	56
O ₂ Dissous	44	MESO	45		

Tableau IV : Variabilité des différents paramètres

III.2.2 Qualité du rejet en août

La qualité physico-chimique du rejet le 22 août (période correspondant à une activité industrielle réduite mais à une fréquentation touristique plus importante) est comparée à la qualité moyenne annuelle (tableau V). Les valeurs des paramètres globaux de quantification de la pollution (DCO, DBO et MESO) sont comparables à celles de la moyenne annuelle. Seule la concentration en oxygène dissous est significativement plus faible (en lien avec une température plus élevée défavorisant la solubilité des gaz dans l'eau) et la concentration en nitrates plus élevée (probablement en raison d'une activité microbienne plus intense dans un effluent plus chaud). Les modifications d'activité dans le bassin versant du lac du Bourget (industrielles et commerciales versus touristiques) n'ont pas d'impact quantifiable, par les mesures réalisées, sur la qualité de l'effluent rejeté au Rhône.

Paramètres	22/08/2017	Moyenne année 2017 (août exclus)
Débit (m ³ /s)	0,52	0,72
Température (degré C)	20,8	16,1
O ₂ dissous (mg/L)	3,2	4,1
pH (unité)	7,9	8,0
Conductivité (µS/cm)	1054	1026
MEST (mg/L)	10,8	10,6
MESO (mg/L)	9,2	8,1
DBO ₅ (mg/L)	8	11
DCO brute (mg/L)	43	46
DCO filtrée (mg/L)	36	33
NK (mg/L)	12,8	17,8
NO ₃ ⁻ (mg/L)	51,3	31,6
NH ₄ ⁺ (mg/L)	12,5	19,4
P total (mg/L)	0,68	0,78

Tableau V : Caractéristiques physico-chimiques du rejet en août

III.3. Flux de pollution

Les valeurs moyennes des flux rejetés au Rhône sont calculées d'après le volume journalier mesuré en sortie de la galerie et les valeurs de concentration des différents paramètres physico-chimiques (annexe I).

La comparaison des flux 2017 et des flux moyens 1997-2016 montre une baisse des flux rejetés sauf pour les nitrates. Le flux de nitrates est en effet toujours supérieur à la période antérieure à 2012 (nitrification plus efficace de l'azote dans l'UDEP de Chambéry).

Les flux en 2017 sont comparables à ceux de 2016 sauf pour le phosphore (mois de juillet, septembre, octobre et novembre pénalisants), les phosphates (valeur pénalisante en octobre) et les hydrocarbures totaux (quantifiés lors des 2 campagnes).

PARAMETRES	FLUX (kg/j)	FLUX (kg/j)	FLUX moyen (kg/j)
	2017	2016	1997-2016
MEST	650	648	1871
MESO	503	505	1958
DBO (kg O ₂ /j)	675	683	1550
DCO (kg O ₂ /j)	2760	2798	5060
NK (kg N/j)	1067	1044	1286
NO₃⁻ (kg NO ₃ ⁻ /j)	2043	2136	1010
NH₄⁺ (kg NH ₄ ⁺ /j)	1153	1106	
P total (kg P/j)	48	36	88
PO₄³⁻ * (kg P/j)	64	27	
<i>Détergents anioniques *</i>	11	14	
<i>Hydrocarbures totaux *</i>	20	<3	

(* moyenne sur 3 valeurs : les 2 valeurs semestrielles et la valeur du faible débit Rhône)

Tableau VI : Valeurs moyennes des flux de pollution

III.4. Comparaison avec les dispositions réglementaires (arrêté du 29/08/2013)

Le tableau VII présente les valeurs des paramètres réglementés par l'arrêté préfectoral du 29 août 2013 (matières en suspension totales, matières organiques oxydables et biodégradables, azote Kjeldhal), obtenues pour chaque campagne en comparaison aux valeurs maximales autorisées.

Cet arrêté définit les dispositions réglementaires pour un volume annuel rejetable de 26 462 500 m³ soit un débit moyen de 72 500 m³/j et un débit maximal de 176 500 m³/j.

Aucun dépassement n'est constaté sur l'année 2017.

	Q m³/j	MEST mg/L	DBO mg/L	DCO mg/L	NK mg/L
Concentration 24h maximale autorisée (charge de référence)		35	25	125	40
Date de contrôle	Concentrations mesurées				
17/01/17	34631	8,8	12	51	27,1
21/02/17	40304	15,0	17	65	22,7
21/03/17	45212	14,6	8	47	19,7
18/04/17	34994	5,6	10	34	15,2
16/05/17	48317	4,6	5	36	11,2
20/06/17	38749	9,2	12	46	20,2
18/07/17	34537	7,8	14	47	15,5
22/08/17	34333	10,8	8	43	12,8
19/09/17	36129	3,8	6	38	15,1
17/10/17	32380	8,6	9	52	21,3
21/11/17	34418	11,0	12	49	23,1
12/12/17	108738	27,8	13	37	5,0

Tableau VII : Comparaison des concentrations aux normes de l'arrêté préfectoral

IV - QUALITE DE L'EAU DU RHONE

IV.1. Débit

La figure 6 présente les variations du débit moyen journalier autour de la moyenne annuelle du Rhône enregistré à la station de Brens (données CNR).

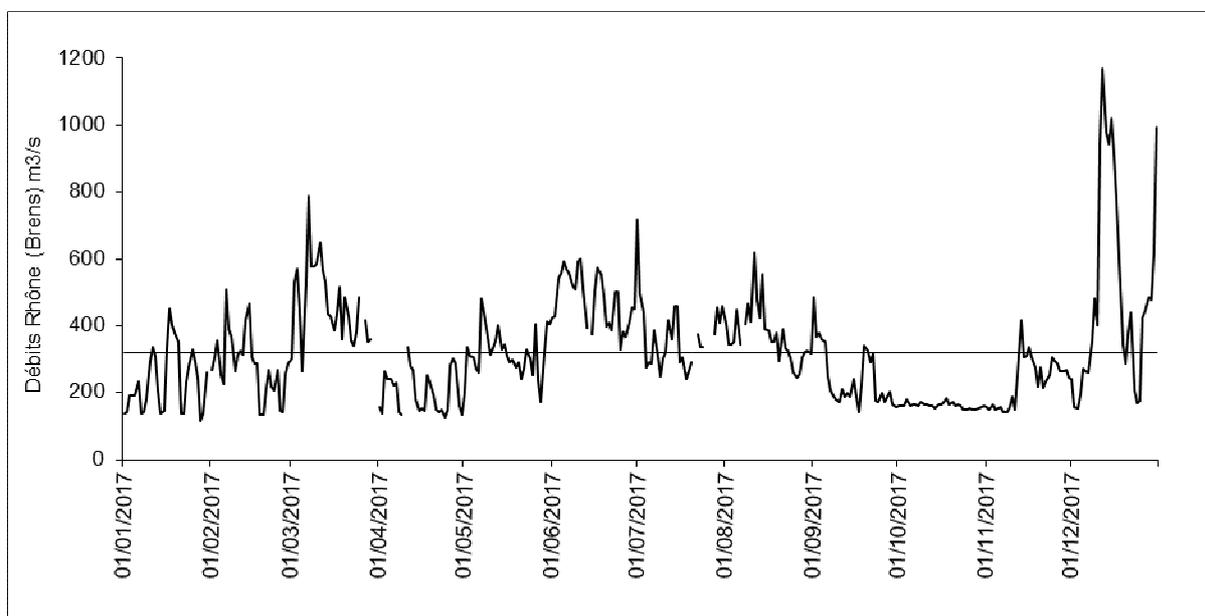


Figure 6 : Débit du Rhône à la station de Brens (2017)

Les valeurs (disponibles sur le site www.rdbrmc.com) du débit instantané du Rhône au moment du prélèvement sont enregistrées à la station de Brens (tableau VIII). La valeur moyenne des jours de contrôle est de 391 m³/s, supérieure à la moyenne annuelle 2017 (320 m³/s). Le débit moyen annuel est très inférieur à celui de 2016 (450 m³/s) et à celui de la période de référence 1956-1996 (437 m³/s).

DATE	Débit instantané (m ³ /s)	Débit moyen mensuel (m ³ /s)	DATE	Débit instantané (m ³ /s)	Débit moyen mensuel (m ³ /s)
17/01/17	554	235	18/07/17	241	367
21/02/17	293	283	22/08/17	341	371
21/03/17	473	467	19/09/17	347	241
18/04/17	221	200	17/10/17	172	162
16/05/17	300	318	21/11/17	241	234
20/06/17	383	479	12/12/17	1130	499

Tableau VIII : Débit du Rhône au point de rejet

IV.2. Caractéristiques moyennes du fleuve

Les valeurs moyennes des différents paramètres mesurés aux points amont du rejet (S) et aval éloigné (T2) sont présentées dans le tableau IX.

Les critères d'évaluation de la qualité de l'eau du Rhône sont les suivants :

- état écologique des cours d'eau pour les paramètres physico-chimiques généraux,
- SEQ V2 pour les paramètres ne figurant pas dans l'évaluation de l'état écologique.

Le Rhône au point S, en amont du rejet, est de **qualité moyenne pour les coliformes thermo-tolérants** et **médiocre pour les streptocoques fécaux** (tableau X). La pollution bactériologique rend le fleuve impropre à la baignade, y-compris à l'amont du rejet des eaux usées épurées du bassin-versant du Lac du Bourget.

Pour les particules en suspension MEST (tableau XI), le fleuve est de **qualité médiocre en S et de qualité moyenne en T2**. Les moyennes ont été très impactées par les valeurs élevées de décembre dues aux forts débits du Rhône. Sans ces valeurs, la qualité du fleuve est bonne en S et T2 pour ce paramètre.

Pour les autres paramètres physico-chimiques mesurés en S et T2, le Rhône est en **très bon état** ou **bon état** (pH max en S et T2 et NH_4^+ en T2) selon les critères de la DCE (tableau XII).

PARAMETRES	unités		MOYENNE 2017	écart-type	minimum	maximum		MOYENNE 2016		MOYENNE 2015	MOYENNE 2014
TEMPERATURE	degré C	S	13,8	6,3	4,7	23,2	S	12,8	S	13,4	13,9
		T2	14,2	6,8	4,3	24,3	T2	13,2	T2bis T2	8,8 13,6	14,1 14,2
O ₂ DISSOUS	mg/L	S	10,5	1,3	8,4	12,4	S	10,5	S	10,3	10,0
		T2	10,5	1,3	8,6	12,6	T2	10,6	T2bis T2	11,4 10,4	10,1 10,1
pH	unités	S	8,2	0,1	8,0	8,4	S	8,1	S	7,8	7,6
		T2	8,2	0,1	8,0	8,4	T2	8,1	T2bis T2	7,8 7,8	7,6 7,6
CONDUCTIVITE	µs/cm	S	316	22,1	271	346	S	321	S	316	333
		T2	322	23,1	273	358	T2	328	T2bis T2	356 321	339 339
MEST	mg/L	S	43,9	124,6	0,0	439,1	S	26,7	S	13,1	25,9
		T2	31,0	77,4	0,0	274,0	T2	23,3	T2bis T2	9,2 10,8	26,4 27,6
MESO	mg/L	S	2,8	6,9	0,0	24,5	S	2,1	S	1,0	2,6
		T2	2,0	4,8	0,0	17,2	T2	1,9	T2bis T2	1,6 1,0	2,5 2,7
DBO	mg/L	S	2	0,3	<2	3	S	2	S	<2	<2
		T2	3	1,7	<2	8	T2	2	T2bis T2	<2 <2	<2 <2
DCO	mg/L	S	3	1,9	<2	9	S	3	S	3	4
		T2	3	1,6	<2	8	T2	3	T2bis T2	3 3	4 4
NK	mg/L	S	0,2	0,1	<0,2	0,4	S	0,2	S	0,2	0,3
		T2	0,3	0,1	0,2	0,4	T2	0,3	T2bis T2	0,3 0,3	0,3 0,2
NO ₃ ⁻	mg/L	S	3,3	0,9	1,9	5,0	S	3,2	S	3,0	3,2
		T2	3,3	0,9	1,9	5,0	T2	3,3	T2bis T2	3,7 3,1	3,2 3,1
NH ₄ ⁺	mg/L	S	0,06	0,04	0,03	0,16	S	0,04	S	0,04	0,05
		T2	0,12	0,05	0,06	0,20	T2	0,10	T2bis T2	0,09 0,08	0,15 0,09
P total	mg/L	S	0,02	0,01	0,01	0,03	S	0,02	S	0,02	0,02
		T2	0,03	0,01	0,02	0,04	T2	0,02	T2bis T2	0,02 0,02	0,02 0,02
Chlorures	mg/L	S	11,2	2,5	8,0	16,5	S	9,5	S	10,8	9,2
		T2	11,2	2,3	8,5	16,1	T2	9,8	T2bis T2	12,5 11,1	9,6 9,6
Sulfates	mgSO ₄ /L	S	39,6	9,2	18,5	52,2	S	34,9	S	40,1	35,9
		T2	40,6	8,5	19,1	52,2	T2	35,8	T2bis T2	36,8 41,1	37,2 37,8
COLIFORMES	ufc/100 mL	S	879	1919	15	6600	S	2588	S	530	3353
		T2	2703	4530	27	15000	T2	2099	T2bis T2	1725 634	3821 2908
E. COLI	NPP/100 mL	S	520	1445	<38	5100	S	905	S	403	1572
		T2	1545	2390	12	7600	T2	1616	T2bis T2	475 512	2712 1157
ENTEROCOQUES	NPP/100 mL	S	274	796	<38	2800	S	369	S	181	322
		T2	612	1980	10	6900	T2	381	T2bis T2	164 110	299 288

Tableau IX : Caractéristiques moyennes de l'eau du Rhône

Classe de qualité	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
coliformes thermotolérants (u/100ml)	20	100	1000	2000	
streptocoques fécaux (u/100ml)	20	100	250	400	

Tableau X : Classes de qualité de l'eau douce pour les paramètres microbiologiques

Classe de qualité	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
MES (mg/L)	5	25	38	50	

Tableau XI : Classes de qualité de l'eau douce pour les MEST

Limites des classes d'état	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
O ₂ dissous (mgO ₂ /L)	8	6	4	3	
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	3	6	10	25	
Phosphore total (mgP/L)	0,05	0,2	0,5	1	
NH ₄ ⁺ (mgNH ₄ ⁺ /L)	0,1	0,5	2	5	
NO ₃ ⁻ (mgNO ₃ ⁻ /L)	10	50			
pH minimum	6,5	6	5,5	4,5	
pH maximum	8,2	9	9,5	10	

Tableau XII : Classes de qualité pour les paramètres physico-chimiques selon la DCE

IV.3. Qualité du Rhône en août

Paramètres	22/08/2017		Moyenne 2017 (sauf août)	
	S	T2	S	T2
Débit (m ³ /s)	341		396	
Température (degré C)	21,2	21,8	13,2	13,5
O ₂ dissous (mg/L)	9,1	8,6	10,6	10,7
pH (unité)	8,0	8,0	8,2	8,2
Conductivité (µS/cm)	271	273	320	326
MEST (mg/L)	21,2	18,0	46,0	32,2
MESO (mg/L)	1,2	0,6	2,9	2,1
DBO ₅ (mg/L)	<2	<2	2	3
DCO (mg/L)	<2	<2	3	3
NK (mg/L)	<0,2	0,4	0,2	0,3
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1,9	1,9	3,4	3,5
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,03	0,06	0,06	0,12
P total (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,03
Chlorures (mg/L)	8,6	8,8	11,5	11,4
Sulfates (mgSO ₄ /L)	39,8	40,0	39,6	40,7
Coliformes (ufc/100mL)	130	370	947	2915
E. coli (NPP/100mL)	38	350	564	1654
Entérocoques (NPP/100mL)	<38	38	296	664

Tableau XIII : Caractéristiques physico-chimiques du Rhône en août

La qualité du Rhône en août est comparable au reste de l'année à l'exception de l'oxygénation (plus faible en raison d'une température supérieure, défavorable à la solubilité des gaz). La conductivité est également plus basse que la moyenne annuelle. La qualité microbiologique et la teneur en matières particulières du fleuve sont meilleures en août.

Les composés présents dans le rejet des eaux usées épurées n'entraînent pas, au vu des paramètres analysés, de modification significative de la qualité de l'eau du fleuve par rapport au reste de l'année.

IV.4. Concentrations en métaux et micropolluants organiques

Les concentrations des ETM mesurés dans le fleuve sont présentées dans le tableau XIV.

		18/04/2017		17/10/2017	
		S	T2	S	T2
Al	µg/L	45	39	24	20
As	µg/L	1,1	1,1	1,4	1,4
Cd	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cr	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cu	µg/L	5,2	8,8	3,4	3,7
Fe	µg/L	57	61	39	31
Hg	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ni	µg/L	<1	<1	<1	<1
Pb	µg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Zn	µg/L	<2	<2	<2	<2

Tableau XIV : Concentration en métaux dans l'eau du Rhône

Les concentrations en cadmium, chrome, mercure, nickel, plomb et zinc sont inférieures à la limite de détection de la technique analytique (spectrométrie ICP/MS et spectrométrie de fluorescence atomique pour le mercure) pour les contrôles du 18 avril et du 17 octobre.

Les valeurs plus élevées en fer et aluminium correspondent à la présence de colloïdes et particules d'hydroxydes de fer et d'argiles alumino-silicatés. En effet, dans un échantillon d'eau naturelle non filtrée, la plus grande partie de l'aluminium se présente sous forme de particules ; la fraction dissoute (incluant des formes labiles à faible poids moléculaire) est quasi négligeable. Les argiles résultant de l'altération de minéraux riches en aluminium (Micas et Feldspaths) sont la source principale d'aluminium colloïdal dans les eaux naturelles. De même, le fer présent dans une eau de surface oxygénée correspond aux formes particulaires oxydées de ce métal (de type $\text{Fe}(\text{OH})_3$ hydraté).

Les critères d'évaluation du bon état chimique sont ceux de la liste des normes de qualité environnementales (NQE) de la directive 2008/105/CE DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL du 16 décembre 2008. Pour les paramètres ne figurant pas dans cette liste les NQE et VGE appliquées sont celles proposées par l'INERIS ou de la circulaire du 23 octobre 2012.

Les eaux du Rhône sont en bon état chimique sauf pour le cuivre pour lequel elles présentent un déclassement lors des deux campagnes.

Concernant les micropolluants organiques réglementés par l'arrêté préfectoral d'autorisation de rejet, la concentration en hydrocarbures totaux dans le Rhône est inférieure à la limite de détection de la méthode analytique normalisée (NF EN ISO 9377-2).

V - IMPACT DU REJET

V.1. Comparaison des caractéristiques du milieu récepteur entre l'amont et l'aval

Le test statistique de Student avec variances inconnues mais supposées égales pour petits échantillons² permet la comparaison de la moyenne des valeurs de chaque paramètre mesuré à différentes stations. L'impact du rejet a été évalué par la comparaison entre S et T2. Les résultats de ce test permettent de juger de l'influence du lieu de prélèvement sur la qualité moyenne de l'eau du Rhône évaluée par les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques. La probabilité d'observer une différence entre les points d'échantillonnage correspond au seuil de confiance du test statistique. Le seuil pour conclure à une différence de qualité entre les points est fixé à 95%.

La comparaison est réalisée entre S et T2. A l'issue du test de comparaison, les moyennes sont statistiquement équivalentes avec un risque d'erreur inférieur à 5%, sauf pour NH₄⁺ (tableau XV).

La différence observée pour NH₄⁺ est systématique entre S et T2. Elle n'est toutefois corrélée ni à une variation de l'azote Kjeldhal, ni à une variation des nitrates.

Paramètres	unités	S		T2	
		moyenne	écart-type	moyenne	écart-type
Température	degré C	13,8	6,3	14,2	6,8
O ₂ Dissous	mg/L	10,5	1,3	10,5	1,3
pH	unités	8,2	0,1	8,2	0,1
Conductivité	µS/cm	316	22,1	322	23,1
MEST	mg/L	43,9	124,6	31,0	77,4
MESO	mg/L	2,8	6,9	2,0	4,8
DBO	mg/L	2	0,3	3	1,7
DCO	mg/L	3	1,9	3	1,6
NK	mg/L	0,2	0,1	0,3	0,1
NO ₃ ⁻	mg/L	3,3	0,9	3,3	0,9
NH ₄ ⁺	mg/L	0,06	0,04	0,12	0,05
P Total	mg/L	0,02	0,01	0,03	0,01
Chlorures	mg/L	11,2	2,5	11,2	2,3
Sulfates	mg/L	39,6	9,2	40,6	8,5
Coliformes	ufc/100 mL	879	1919	2703	4530
E. coli	NPP/100 mL	520	1445	1545	2390
Entérocoques	NPP/100 mL	274	796	612	1980

Tableau XV : Statistiques descriptives du fleuve

² Gérald Baillargeon, Méthodes statistiques de l'ingénieur, Les éditions SMG, ISBN2-89094-038-1, pp510-515, 1990

A l'exception de la concentration d'azote ammoniacal, les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Rhône ne présentent donc pas de différence significative entre l'amont (S) et l'aval éloigné (T2) du point de rejet. La comparaison statistique des valeurs moyennes révèle une qualité similaire du fleuve. Les eaux usées épurées sont diluées en moyenne 492 fois par l'eau du Rhône. Cette dilution contribue probablement à l'impossibilité de quantifier l'impact du rejet, malgré un facteur de dilution plus faible qu'en 2016 (1:577) ou 2015 (1:573).

V.2. Cas du faible débit du Rhône

La campagne du 17 octobre 2017 a été réalisée en période de faible débit du Rhône (172 m³/s) et permet de mieux apprécier l'éventuel impact des eaux usées épurées sur la qualité du fleuve, grâce à une dilution plus faible du rejet par le Rhône (1:366). Les caractéristiques du rejet (R) et de l'eau du Rhône aux points amont (S), aval proche (T1) et aval éloigné (T2) sont présentées dans le tableau XVI.

Lors de cette campagne, la population bactérienne (coliformes et E. coli) augmente d'une unité logarithmique de S à T2. On observe la même évolution pour les campagnes du 18 juillet (coliformes et E. coli) et du 21 novembre (E. coli). On peut donc conclure à une différence de qualité bactériologique entre l'amont et l'aval lors de certains jours de très faibles débits du Rhône. Cette augmentation n'est pas observable pour les campagnes d'avril et mai.

On peut, selon les campagnes, observer une augmentation de la DBO, de l'azote Kjeldhal, des nitrates, des indicateurs de qualité microbiologique et de certains ETM (Cu et Fe).

La comparaison des paramètres mesurés aux points amont (S) et aval (T2) du rejet des eaux usées traitées montre en revanche une augmentation systématique de la conductivité et de l'azote ammoniacal. La concentration d'azote ammoniacal dans le fleuve est toujours plus élevée à l'aval éloigné qu'à l'amont du rejet depuis 2004. Cette forme réduite de l'azote est présente dans les eaux naturelles par apport d'eaux usées domestiques ou d'effluents d'élevage, par la réduction des nitrates sous l'effet de bactéries ou encore suite à la biodégradation des matières organiques azotées. Les conditions d'oxygénation de l'eau du Rhône (8,4 mg/L <[O₂] < 11,1 mg/L) ne permettent pas d'envisager la réduction des nitrates en ammonium. L'apport d'ammonium et de matière organique azotée (convertie en NH₄⁺ dans le fleuve) par le rejet explique probablement cette augmentation. Toutefois, il est impossible d'exclure formellement un apport supplémentaire d'azote réduit (N_{organique} ou N_{ammoniacal}) dans le Rhône entre R et T2.

PARAMETRES	unités	17/10/2017			17/10/2017 R
		S	T1	T2	
Débit	m ³ /s		172		0,47
Température	degré C	16,1	16,1	16,5	18,7
O2 Dissous	mg/L	10,1	9,4	10,0	2,4
pH	unités	8,2	8,0	8,3	7,9
Conductivité	µS/cm	310	399	316	1159
MEST	mg/L	0,0	0,8	0,0	8,6
MESO	mg/L	0,0	0,0	0,0	7,6
DBO	mg/L	2	3	<2	9
DCO	mg/L	3	7	3	52
NK	mg/L	<0,2	3,0	0,4	21,3
NH ₄ ⁺	mg/L	0,05	2,5	0,18	22,0
NO ₃ ⁻	mg/L	3,6	5,6	3,4	34,3
PO ₄ ³⁻	mg/L	0,02	0,38	0,02	1,58
P total	mg/L	0,03	0,43	0,03	1,84
Coliformes	ufc/100mL	80	47000	2300	
E. coli	NPP/100mL	<38	94000	2200	
Entérocoques	NPP/100ml	<38	4500	<38	
Chlorures	mg/L	12,3	23,6	12,5	
Sulfates	mg/L	46,1	45,2	46,0	
Déter. anio.	µg/L	<50	128	<50	160
Hydro. totaux	µg/L	<50	<50	<50	430
Al	µg/L	24	20	20	<20
As	µg/L	1,4	1,3	1,4	<5
Cd	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<1
Cr	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<5
Cu	µg/L	3,4	10,1	3,7	48
Fe	µg/L	39	88	31	510
Hg	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05
Ni	µg/L	<1	1,7	<1	10
Pb	µg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<2
Zn	µg/L	<2	4	<2	<10

Tableau XVI : Caractéristiques du Rhône et du rejet en « faible » débit

VI – QUALITE ET TOXICITE DES SEDIMENTS

Le nouvel arrêté préfectoral impose une analyse des sédiments au point S et au point T1 tous les trois ans. Un test écotoxicologique et une caractérisation physico-chimique des sédiments ont été effectués sur les prélèvements réalisés le 18 septembre 2017.

Les résultats des analyses réalisées en 2017 (et 2014 pour comparaison) sont présentés dans l'annexe III.

On n'observe pas de variation significative des concentrations des différents composés chimiques quantifiés entre 2014 et 2017, ni entre S et T1, à l'exception de la teneur en carbone organique qui est beaucoup plus élevée (8,7 à 11,1^{0/00}) à l'amont du rejet qu'à son aval immédiat (<1^{0/00} en T1). En 2017, les concentrations en T1 sont plus faibles ou égales à celles mesurées pour l'échantillon de sédiment prélevé en S. Pour les nitrates (en 2017) et les nitrites (en 2014 et en 2017), les valeurs plus élevées en T1 sont à rapprocher de conditions physico-chimiques différentes (sédiment plus oxydé en T1 qu'en S, probablement en raison d'une teneur plus faible en matière organique) puisque la teneur en azote réduit (organique et ammoniacal) ou en azote global (azote organique, ammoniacal, nitreux et nitrique) est systématiquement plus faible en T1 qu'en S.

Une synthèse des valeurs mesurées par différents auteurs dans différents sédiments du fleuve Rhône (haut-Rhône et Rhône-aval), de la rivière La Saône (petit gabarit) ou du lac Léman (teneurs naturelles) sont rassemblées avec les valeurs mesurées dans les sédiments S et T1 2017 dans le tableau XVII. Les valeurs mesurées en 2017 dans le sédiment du Rhône (en S comme en T1) sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les sédiments de La Saône, de Corre à Soing-Cubry-Charentenay dans le département de la Haute-Saône (70)³, à l'exception des teneurs en aluminium et chrome qui sont plus élevées dans le Rhône.

Concernant les composés toxiques (éléments traces métalliques ETM, polychlorobiphényles PCB et hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP), la comparaison des concentrations

³ Diagnostic sédimentaire de la rivière La Saône et ses dérivations, CISMA Environnement / 2016S16, 18 août 2016 (12 pages + annexes)

des sédiments prélevés dans le Rhône en S et T1 avec les valeurs-seuils de l'arrêté⁴ du 9 août 2006 permet de conclure à une qualité de sédiments fluviaux meilleure que celle du niveau S1.

Une contamination aux PCB totaux proche de 80 µg/kg (soit environ 25 µg/kg pour la somme des 7 PCB indicateurs) était mesurée dans les sédiments prélevés à Seyssel par Santiago et al.⁵ en 1989. La somme des 7 PCB indicateurs est inférieure à 5 µg/kgMS pour les sédiments S et T1 prélevés en 2017. La contamination aux PCB très hétérogène des sédiments du Rhône ne permet toutefois pas de conclure formellement à une amélioration globale de la pollution par ces xénobiotiques pour l'ensemble des sédiments du haut-Rhône.

La contamination par les HAP en S et T1 est 1000 fois inférieure aux valeurs mesurées par Santiago (dans le haut-Rhône comme dans le Rhône aval à Arles). Cette réduction importante est probablement à mettre en relation avec la forte diminution des émissions (industrielles, véhiculaires et domestiques) de cette famille de polluants depuis 50 ans.

Les concentrations en ETM dans les sédiments du Rhône (S et T1) sont inférieures aux teneurs naturelles en métaux du sédiment du lac Léman⁶. Les sédiments S et T1 sont également moins contaminés (sauf pour l'arsenic) que les sédiments prélevés à Seyssel en 1989 par Santiago. La contamination métallique des sédiments du haut-Rhône paraît donc plus faible de nos jours. Les teneurs en ETM en S et T1 sont aussi inférieures, sauf pour le chrome et le nickel en S, aux concentrations mesurées par Ferrand et al.⁷ dans les sédiments prélevés en 2011 entre Beaucaire et Arles. Comme l'ont mentionné ces auteurs d'après l'étude d'évolution temporelle de la pollution métallique des sédiments du fleuve (par analyse de carottes de sédiments datés), tous les métaux d'origine anthropique sont en diminution depuis la fin des années 1960 (sauf le mercure qui a diminué après 1980).

⁴ niveau à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux

⁵ Santiago et al., nutrient, heavy metals and organic pollutants composition of suspended and bed sediments in the Rhône river, *Aquatic Sciences* 56/3 (1994) 220-242

⁶ J.-P. Vernet et G. Scolari, étude de la pollution des sédiments du Léman et du bassin Rhône, campagne 1978, CIPEL (1979) 62 pages

⁷ Ferrand et al, Historical levels of heavy metals and artificial radionuclides reconstructed from overbank sediment records in lower Rhône River (South-East France), *Geochimica et Cosmochimica Acta* 82 (2012) 163-182

	S 2017	T1 2017	Rhône aval 2011	Rhône aval 1989	Rhône amont 1989	ETM teneurs naturelles Léman	Saône 26-27 mai 2016	Arrêté 09/08/2006 niveau S1
Al	44980	40970	/	/	/	/	3770-21600	/
As	7,0	3,4	/	1,41	0,25	/	6,7-38	30
Cd	<0,2	<0,2	0,24	0,87	1,01	0,2	0,1-1,4	2
Cr	63	55,5	44,3	75	91	70	6,7-58,7	150
Cu	12,8	8,1	17,8	36	36	30	7,1-166,0	100
Fe	19590	14470	/	23450	22890	/	/	/
Hg	0,02	0,02	0,09	0,20	0,10	0,03	<0,10-0,5	1
Ni	28,0	20,6	23	40	54	50	6,9-40,8	50
Pb	13,8	9,3	31	53	57	30	12,8-74,3	100
Zn	53,6	38,0	70,6	137	193	60	38,6-741	300
Phé	67	<50	/	78600	32300	/	/	/
Pyr	105	<50	/	71700	40500	/	/	/
Fla	132	58	/	97400	71000	/	/	/
∑16HAP	819	414	/	/	/	/	280-6700	22800
∑7PCBi	4	<5	/	/	/	/	1-17	680

Tableau XVII : Concentrations en ETM (mg/kg), HAP (µg/kg) et PCB (µg/kg) de différents sédiments

La toxicité sublétales des sédiments a également été évaluée pour des organismes aquatiques. Un essai chronique de survie et d'inhibition de la croissance de la taille du crustacé ostracode *Heterocypris incongruens* a été réalisé selon la norme ISO 14371. Les lectures ont été faites après 6 jours d'incubation des organismes au contact des sédiments. Les ostracodes proviennent de cystes du commerce (fournies par MicroBioTests Inc) âgés de moins de 2 heures au début de l'essai. Les résultats de ces essais (cf annexe IV) montrent que les sédiments S et T1 ne présentent aucune toxicité sublétales vis-à-vis des crustacés ostracodes *Heterocypris incongruens*.

CONCLUSION

Dans le cadre de la 35^{ème} année du contrôle des caractéristiques des eaux épurées du bassin versant du Lac du Bourget et de leur impact sur la qualité du Rhône, douze campagnes mensuelles de prélèvements ont été effectuées en 2017 selon les directives de l'arrêté préfectoral du 29 août 2013.

L'année 2017 se caractérise par une pluviométrie (907,4 mm) inférieure de 26% à celle de l'année précédente (1225,9 mm) et de 29,1% à la référence 1974-2004 (1280 mm). Le débit du Rhône, milieu naturel récepteur du rejet, vaut en moyenne 320 m³/s (en baisse de 28,9% par rapport à 2016 : 450 m³/s).

La qualité du rejet est stable par rapport à l'année précédente. Aucun dépassement des paramètres réglementés par l'arrêté préfectoral n'est constaté.

Selon le système d'évaluation de la qualité des eaux, le Rhône est de qualité microbiologique moyenne (E. coli en S) voire médiocre (E. coli en T2). La qualité physico-chimique est quant à elle variable de « très bonne-bonne » (déclassement observé pour l'ammonium en T2, le pH max et le cuivre) à « moyenne » (MEST en T2) ou « médiocre » (MEST en S, notamment en raison des valeurs élevées lors de la crue exceptionnelle de décembre 2017).

L'impact du rejet des eaux usées épurées du bassin versant du lac du Bourget sur la qualité du Rhône n'est pas perceptible au vu des paramètres réglementés. Toutefois, quel que soit le débit du Rhône, la concentration en ammonium est systématiquement supérieure à l'aval éloigné T2 par rapport à l'amont S. Pour certains débits « faibles » du Rhône (18 juillet, 17 octobre et 21 novembre 2017), une dégradation significative de la qualité bactériologique est constatée entre ces deux points.

Les sédiments du Rhône prélevés en S et T1 présentent des concentrations faibles en éléments traces métalliques, en PCB et HAP et une absence de toxicité vis-à-vis des crustacés ostracodes *Heterocypris incongruens*.

ANNEXE I : RESULTATS BRUTS DU REJET

PARAMETRES	unités	17/01/17	21/02/17	21/03/17	18/04/17	16/05/17
Débit	m ³ /s	0,64	0,63	0,66	0,52	0,76
Température	degré C	12,1	13,5	14,7	16,2	15,9
O₂ Dissous	mg/L	4,5	3,9	3,8	3,5	4,1
pH	Unités	7,9	8,0	8,0	8,1	8,0
Conductivité	µS/cm	1186	1090	1038	1019	948
MEST	mg/L	8,8	15,0	14,6	5,6	4,6
MESO	mg/L	8,0	14,2	12,6	3,8	4,6
DBO	mg/L	12	17	8	10	5
DCO échant. brut	mg/L	51	65	47	34	36
DCO échant. filtré	mg/L	41	39	34	26	30
NK	mg/L	27,1	22,7	19,7	15,2	11,2
NO₃⁻	mg/L	17,5	16,9	19,7	36,7	38,0
P total	mg/L	0,80	0,70	0,50	0,73	0,31
Coliformes	ufc/100 mL					31000
E. coli	NPP/100 mL					9500
Entérocoques	NPP/100 mL					2200
NH₄⁺	mg/L	30,5	27,1	22,8	15,8	12,3
PO₄³⁻	mg/L				0,52	
Déter. anio.	µg/L				192	
Hydro. totaux	µg/L				210	
Al	µg/L				8	
As	µg/L				<0,5	
Cd	µg/L				<0,1	
Cr	µg/L				<0,5	
Cu	µg/L				26,5	
Fe	µg/L				276	
Hg	µg/L				0,02	
Ni	µg/L				5,7	
Pb	µg/L				0,29	
Zn	µg/L				36	

PARAMETRES	unités	20/06/17	18/07/17	22/08/17	19/09/17	17/10/17	21/11/17	12/12/17
Débit	m ³ /s	0,76	0,50	0,52	0,70	0,47	0,54	1,79
Température	degré C	20,0	21,1	20,8	18,7	18,7	15,5	10,7
O₂ Dissous	mg/L	3,7	2,9	3,2	3,6	2,4	3,2	9,4
pH	Unités	7,9	7,9	7,9	8,1	7,9	7,9	7,8
Conductivité	µS/cm	1066	1077	1054	1045	1159	1103	552
MEST	mg/L	9,2	7,8	10,8	3,8	8,6	11,0	27,8
MESO	mg/L	6,6	6,8	9,2	2,8	7,6	9,2	13,4
DBO	mg/L	12	14	8	6	9	12	13
DCO échant. brut	mg/L	46	47	43	38	52	49	37
DCO échant. filtré	mg/L	36	35	36	34	38	39	16
NK	mg/L	20,2	15,5	12,8	15,1	21,3	23,1	5,0
NO₃⁻	mg/L	41,0	44,0	51,3	46,5	34,3	32,5	20,6
P total	mg/L	0,79	0,94	0,68	0,94	1,84	1,00	0,07
Coliformes	ufc/100 mL	5500	>100000	>100000	58000			
E. coli	NPP/100 mL	18000	24000	81797	210000			
Entérocoques	NPP/100 mL	1400	9200	6523	4600			
NH₄⁺	mg/L	19,8	18,8	12,5	15,9	22,0	25,6	2,7
PO₄³⁻	mg/L					1,58		
Déter. anio.	µg/L					160		
Hydro. totaux	µg/L					430		
Al	µg/L					<20		
As	µg/L					<5		
Cd	µg/L					<1		
Cr	µg/L					<5		
Cu	µg/L					48		
Fe	µg/L					510		
Hg	µg/L					<0,05		
Ni	µg/L					10		
Pb	µg/L					<2		
Zn	µg/L					<10		

ANNEXE II : RESULTATS BRUTS DU RHONE

PARAMETRES	unités	17/01/2017		21/02/2017		21/03/2017		18/04/2017		16/05/2017		20/06/2017	
		S	T2	S	T2	S	T2	S	T2	S	T2	S	T2
Débit	m ³ /s	554		293		473		221		300		383	
Température	degré C	4,7	4,3	7,8	8,0	10,5	10,6	14,4	14,6	15,5	16,7	23,1	24,3
O₂ Dissous	mg/L	12,4	12,6	11,7	11,8	11,3	11,2	10,7	10,6	10,3	10,2	8,6	8,7
pH	Unités	8,0	8,0	8,2	8,2	8,2	8,2	8,4	8,4	8,3	8,3	8,0	8,1
Conductivité	µS/cm	346	351	346	358	332	335	329	328	330	333	297	300
MEST	mg/L	14,2	41,2	4,8	3,6	5,6	6,7	2,0	1,4	7,9	3,0	13,8	9,6
MESO	mg/L	0,2	1,2	0,4	0,6	1,8	1,4	0,0	0,0	1,0	0,2	0,6	0,0
DBO	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	<2
DCO	mg/L	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	<2
NK	mg/L	0,2	0,4	<0,2	0,2	<0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	<0,2	0,2
NO₃⁻	mg/L	3,7	3,6	4,1	4,4	3,5	3,5	3,0	3,2	2,8	3,0	2,3	2,3
P Total	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04
Chlorures	mg/L	16,5	16,1	11,5	12,4	9,7	10,0	10,0	10,3	8,0	8,5	13,8	9,4
Sulfates	mgSO ₄ /L	52,2	52,2	40,2	44,0	37,5	39,5	42,4	42,9	27,0	31,3	45,2	43,2
Coliformes	ufc/100 mL	87	73	>100	50	360	400	39	27	170	190	45	28
E. coli	NPP/100 mL	87	73	>100	12	260	120	38	310	78	120	38	38
Entérocoques	NPP/100 mL	84	49	64	10	<38	38	<38	<38	<38	<38	<38	<38
NH₄⁺	mg/L	0,07	0,13	0,05	0,11	0,05	0,11	0,03	0,06	0,04	0,10	0,05	0,09
PO₄³⁻	mg/L							0,01	0,01				
Déter. anio.	µg/L							<50	<50				
Hydro. totaux	µg/L							<50	<50				
Al	µg/L							45	39				
As	µg/L							1,1	1,1				
Cd	µg/L							<0,1	<0,1				
Cr	µg/L							<0,5	<0,5				
Cu	µg/L							5,2	8,8				
Fe	µg/L							57	61				
Hg	µg/L							<0,01	<0,01				
Ni	µg/L							<1	<1				
Pb	µg/L							<0,2	<0,2				
Zn	µg/L							<2	<2				

PARAMETRES	unités	18/07/2017		22/08/2017		19/09/2017		17/10/2017		21/11/2017		12/12/2017	
		S	T2	S	T2	S	T2	S	T2	S	T2	S	T2
Débit	m ³ /s	241		341		347		172		241		1130	
Température	degré C	23,2	24,2	21,2	21,8	13,4	13,9	16,1	16,5	9,0	9,1	7,0	6,8
O ₂ Dissous	mg/L	8,4	9,1	9,1	8,6	10,2	10,1	10,1	10,0	11,1	11,1	12,2	12,2
pH	Unités	8,2	8,2	8,0	8,0	8,1	8,1	8,2	8,3	8,1	8,1	8,1	8,1
Conductivité	µS/cm	296	300	271	273	307	322	310	316	315	322	311	325
MEST	mg/L	8,3	5,8	21,2	18,0	5,6	4,4	0,0	0,0	4,2	4,0	439,1	274,0
MESO	mg/L	1,7	1,1	1,2	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	2,0	1,2	24,5	17,2
DBO	mg/L	<2	2	<2	<2	<2	<2	2	<2	<2	<2	3	8
DCO	mg/L	3	2	<2	<2	2	2	3	3	3	3	9	8
NK	mg/L	<0,2	0,2	<0,2	0,4	<0,2	0,3	<0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,4
NO ₃ ⁻	mg/L	2,3	2,4	1,9	1,9	3,6	3,9	3,6	3,4	3,2	3,4	5,0	5,0
P Total	mg/L	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
Chlorures	mg/L	10,1	10,3	8,6	8,8	9,5	10,0	12,3	12,5	10,9	11,4	14,0	14,5
Sulfates	mgSO ₄ /L	46,7	46,7	39,8	40,0	35,5	38,8	46,1	46,0	43,8	43,8	18,5	19,1
Coliformes	ufc/100 mL	15	15000	130	370	520	1700	80	2300	2400	4700	6600	7600
E. coli	NPP/100 mL	<38	4700	38	350	305	520	<38	2200	120	2500	5100	7600
Entérocoques	NPP/100 mL	<38	<38	<38	38	38	<38	<38	<38	<38	78	2800	6900
NH ₄ ⁺	mg/L	0,03	0,10	0,03	0,06	0,05	0,09	0,05	0,18	0,07	0,20	0,16	0,17
PO ₄ ³⁻	mg/L							0,02	0,02				
Déter. anio.	µg/L							<50	<50				
Hydro. totaux	µg/L							<50	<50				
Al	µg/L							24	20				
As	µg/L							1,4	1,4				
Cd	µg/L							<0,1	<0,1				
Cr	µg/L							<0,5	<0,5				
Cu	µg/L							3,4	3,7				
Fe	µg/L							39	31				
Hg	µg/L							<0,01	<0,01				
Ni	µg/L							<1	<1				
Pb	µg/L							<0,2	<0,2				
Zn	µg/L							<2	<2				

ANNEXE III : CARACTERISTIQUES DES SEDIMENTS EN S ET T1

PARAMETRES	unités	Sédiment S		Sédiment T1	
		2014	2017	2014	2017
COD	mgC/L	2,3	2,3	1,2	1,2
COT	mgC/kgMS	11100,0	8751	<1000	<1000
Matière sèche	%	60,4	70,2	67,3	76,2
Phosphore	mg/kgMS	732,2	582	608,9	486
Azote Kjeldahl	mgN/kgMS	1220	897	540	381
Nitrates	mgNO3/kgMS	<3,3	<2,8	<3,0	5,3
Nitrites	mgNO2/kgMS	<0,17	0,228	0,22	0,433
Azote global solides (calcul)	mgN/kgMS	1220	897	540	383
Aluminium	mg/kgMS	48900	44980	39540	40970
Arsenic	mg/kgMS	8,1	7,0	3,5	3,4
Cadmium	mg/kgMS	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Chrome	mg/kgMS	68,9	63,0	75,8	55,5
Cuivre	mg/kgMS	18,6	12,8	8,5	8,1
Fer	mg/kgMS	21560	19590	14140	14470
Mercure	mg/kgMS	0,03	0,02	0,02	0,02
Nickel	mg/kgMS	32,9	28,0	25,5	20,6
Plomb	mg/kgMS	16,4	13,8	13,1	9,3
Zinc	mg/kgMS	81,4	53,6	50,5	38,0
Cyanures totaux	µgCN/L	<5	<5	<5	<5
Acénaphène	µg/kgMS	<20	<10	<20	<10
Acénaphylène	µg/kgMS	<20	<20	<20	<20
Anthracène	µg/kgMS	<20	19	23	<10
Benzo(a)anthracène	µg/kgMS	58	67	115	22
Benzo(a)pyrène	µg/kgMS	71	60	93	20
Benzo(b)fluoranthène	µg/kgMS	68	93	93	33
Benzo(ghi)perylène	µg/kgMS	39	38	48	15
Benzo(k)fluoranthène	µg/kgMS	40	30	55	10
Chrysène	µg/kgMS	61	63	99	20
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/kgMS	<20	<10	<20	<10
Fluoranthène	µg/kgMS	133	132	292	58
Fluorène	µg/kgMS	<40	<50	<40	<50
Indéno (1,2,3-cd)pyrène	µg/kgMS	15	30	25	11
Méthyl 2 fluoranthène	µg/kgMS	<50	<50	<50	<50
Méthyl 2 naphthalène	µg/kgMS	<50	<50	<50	<50
Naphtalène	µg/kgMS	18	<25	19	<25

Phénanthrène	µg/kgMS	79	67	132	<50
Pyrène	µg/kgMS	91	105	198	<50
Somme 16 HAP	µg/kgMS	793	819	1292	414
PCB 101	µg/kgMS	<5	1	<5	<1
PCB 105	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 114	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 118	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 123	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 126	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 132	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 138	µg/kgMS	<5	1	<5	<1
PCB 149	µg/kgMS	<5	1	<5	<1
PCB 153	µg/kgMS	<5	1	<5	<1
PCB 156	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 157	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 160	µg/kgMS	<5	<5	<5	<5
PCB 163	µg/kgMS	<5	<5	<5	<5
PCB 167	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 169	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 170	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 180	µg/kgMS	<5	1	<5	<1
PCB 189	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 193	µg/kgMS	<5	<5	<5	<5
PCB 194	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 209	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 28	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 31	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 35	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 44	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 52	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 77	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB 81	µg/kgMS	<5	<1	<5	<1
PCB indicateurs (calcul)	µg/kgMS	<5	4	<5	<5
Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	µg/kgMS	<50,00	<50,00	<50	<50,00



INSAVALOR S.A.

Campus LyonTech La Doua
Centre d'Entreprise et d'Innovation
CS 52132
66, boulevard Niels Bohr
69603 Villeurbanne cedex - France
Tél. : + 33 (0)4 72 43 83 93
www.insavalor.fr

R&D - VALORISATION
contact@insavalor.fr
Fax : 04 72 44 07 32

FORMATION CONTINUE
formation@insavalor.fr
Fax : 04 72 44 34 24

Caractérisation écotoxicologique de sédiments fluviaux

Rapport

Établi à la demande de E. Naffrechoux

LMCE - UFR CISM

Université de Savoie

28 novembre 2017

ref : C252-D490/CB/RF

Auteur de ce rapport :

Christine Bazin

Chef de projet, Responsable Impacts et Milieux

INSAVALOR s.a.

66, boulevard Niels Bohr – BP 52132 – 69603 Villeurbanne Cedex (France)
Société anonyme au capital de 1 045 000 euros régie par les art. 118 et 150 de la loi du 24.07.1966. RCS Lyon B 345 038 244

Plan :

1.	Contexte de l'étude	3
2.	Déroulement de l'étude	3
2.1.	Préparation et caractérisation de l'échantillon	3
2.1.1.	Préparation des échantillons pour analyses	3
2.1.2.	Caractéristiques physico-chimiques	3
2.2.	Caractérisation écotoxicologique	34
2.2.1.	Description de l'essai d'inhibition de la croissance de <i>H. incongruens</i>	4
2.2.2.	Résultats des bioessais	4
3.	Conclusion	5

1. Contexte de l'étude

L'objectif est d'évaluer la toxicité aiguë potentielle d'échantillons de sédiments fluviaux vis à vis d'organismes aquatiques.

Les prélèvements des sédiments, leur échantillonnage, leur conditionnement et leur expédition au laboratoire ont été réalisés sous la responsabilité de l'Université de Savoie.

La toxicité des sédiments a été évaluée en réalisant un bioessai subchronique (survie et inhibition de la croissance de la taille du crustacé Ostracode *Heterocypris incongruens*), directement sur les sédiments bruts.

2. Déroulement de l'étude

2.1. Préparation et caractérisation de l'échantillon

2.1.1. Préparation des échantillons pour analyses

Deux échantillons de sédiments ont été réceptionnés au laboratoire le vendredi 19 septembre 2017 et stockés en chambre froide à environ +4°C ; le sédiment "S" et le sédiment "T1". Ils ont été enregistrés sous les références suivantes :

- Sédiment "T1" : ref. 17 09 19 -01
- Sédiment "S" : ref. 17 09 19 -02

Préparation des échantillons

Les deux récipients contenant l'échantillon S1 étant parvenus fêlés au laboratoire, et donc sans eau interstitielle, les deux sédiments S et T ont été égouttés de façons à ce que le traitement soit équivalent.

Les sédiments ont été homogénéisés manuellement avant le prélèvement.

2.1.2. Caractéristiques physico-chimiques

Les siccités, pH et conductivités des sédiments sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

	Matrices	pH	conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Sédiment S	Sédiment brut (siccité : 64,7 %)	8,07	487,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Sédiment T1	Sédiment brut (siccité : 76,1 %)	7,85	575,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tableau 1 Résultats des mesures de siccité, de pH et de conductivité sur sédiments S et T1

2.2. Caractérisation écotoxicologique

L'écotoxicité vis-à-vis des organismes aquatiques a été évaluée avec l'essai subchronique de survie et d'inhibition de la croissance de la taille du crustacé Ostracode *Heterocypris incongruens* (ISO 14371). Les lectures ont été faites après 6 jours d'incubation des organismes au contact des sédiments.

Date de réalisation des bioessais : du vendredi 6 au jeudi 12 octobre 2017.

2.2.1. Description de l'essai d'inhibition de la croissance de *H. incongruens*

Cet essai permet d'évaluer la toxicité sublétale d'un sédiment fluvial. Il est effectué selon la norme ISO 14371, avec des ostracodes (crustacés aquatiques) provenant de cystes du commerce (souches fournies par MicroBioTests Inc), âgés de moins de 2 heures au début de l'essai.

Dans les conditions standardisées, l'essai est réalisé dans des microplaques multipuits (6 puits de 10 ml par plaque). Chaque sédiment est introduit dans les 6 puits d'une microplaque (ou du sable de rivière pour la microplaque témoin sans sédiment). Sous une loupe binoculaire, 10 organismes nouvellement éclos et âgés de moins de 2 heures sont introduits dans chaque puits. Un lot de 10 nouveaux nés est récupéré afin de mesurer la taille des organismes en début d'essai (la mesure étant destructive, elle ne peut être réalisée directement sur les organismes de l'essai). L'essai se déroule à l'obscurité et à une température de 25°C ± 1°C. Les organismes sont nourris en début d'essai avec une suspension d'algues unicellulaires.

En fin d'essai, les ostracodes survivants sont récupérés et dénombrés, puis leur taille individuelle est mesurée. Le taux de croissance moyen de chaque lot est calculé par rapport à la taille des organismes en début d'essai et comparé au taux de croissance des organismes du lot témoin sans sédiment.

2.2.2. Résultats des bioessais

Les tailles des organismes en fin d'essai sont consignées dans le tableau ci-dessous

Tailles en µm	To	Taille à J+6 (fin de l'essai)																	
		Témoin						Sédiment T1 à 95%						Sédiment S à 95%					
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5	Rep. 6	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5	Rep. 6	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5	Rep. 6
1	218,7	477,8	498,6	737,5	471,2	788,3	411,4	577,8	410,2	593,6	588,4	435,5	403,1	702,3	446,2	495,4	588,0	494,8	589,5
2	242,2	389,7	409,7	710,9	780,4	420,4	416,4	797,0	52,4	307,8	507,4	510,4	574,0	560,8	487,0	799,4	500,7	447,7	509,0
3	213,6	404,0	711,1	788,0	578,0	796,1	664,5	607,1	784,3	779,0	567,0	413,7	786,0	739,0	579,1	763,5	590,5	511,8	401,7
4	203,0	344,9	589,8	545,4	580,0	404,1	784,4	768,4	768,4	414,2	604,0	440,3	700,0	406,1	479,4	590,7	504,4	585,1	500,1
5	192,8	454,8	743,5	788,4	579,1	587,7	492,0	582,0	581,1	795,0	555,1	491,0	771,0	401,1	569,0	590,0	580,8	573,4	401,3
6	201,0	710,4	412,5	779,0	478,0	416,2	417,8	797,0	582,4	402,4	435,1	482,8	413,0	410,5	589,0	402,9	501,0	579,2	411,0
7	194,9	454,9	445,9	592,0	540,0	406,7	578,0	591,8	405,7	540,8	410,2	445,7	748,9	422,9	440,0	794,9	416,4	444,1	585,0
8	217,0	499,0	724,0	628,0	402,9	731,0	740,0	799,0	444,9	442,4	407,0	495,8	547,0	765,2	566,8	584,0	400,5	n	n
9	214,3	518,0	447,0	701,8	575,0	n	788,6	584,7	585,0	772,1	429,3	744,8	459,5	448,0	440,0	764,0	586,0	n	n
10	210,0	n	n	n	582,8	n	407,6	586,0	432,0	583,7	400,2	788,8	590,7	n	n	594,0	570,9	n	n

Tableau 2 Tailles des astracodes (µm) en début et en fin d'essai pour les sédiments et le lot témoin - Résultats bruts

"n" : absence d'organisme

Calculs :

	mortalité (%)	augmentation moyenne de la taille pendant l'essai	inhibition de la croissance par rapport au témoin
Témoin	6,7 %	430 µm	
Sédiment S	0,0 %	424 µm	1,45 %
Sédiment T1	13,3 %	439 µm	-1,92 %

Tableau 3 Synthèse des résultats des essais d'inhibition de la croissance des ostracodes réalisés sur les sédiments S et T1

Selon la norme ISO 14371, l'essai est jugé valide car les conditions suivantes sont remplies :

- le pourcentage de mortalité dans les lots témoins est inférieur à 20 %
- La longueur moyenne des ostracodes des lots témoins en fin d'essai a augmenté d'un facteur de 2,07 par rapport à leur longueur moyenne en début d'essai (facteur supérieur à 1,5).

3. Conclusion

Les résultats de ces essais réalisés dans les conditions de la norme ISO 14371 montrent que les deux sédiments testés ne présentent aucune toxicité sub létale vis-à-vis des crustacés ostracodes *H. incongruens*.

Avertissements

Ces résultats correspondent aux échantillons de sédiments tels qu'ils ont été réceptionnés au laboratoire, sous réserve de la représentativité de leur échantillonnage par rapport aux gisements d'origine.