

Evaluation de l'impact des opérations de gestion sédimentaire du Rhône sur la qualité des eaux du fleuve par échantillonnage passif

Assessment of the impact of Rhône River dam flushing operations on water quality using passive sampling technique

Marie Bretier¹, Aymeric Dabrin¹, Josselin Panay¹,
Chloé Le Bescond¹, Ghislaine Grisot¹, Lysiane Dherret¹, Josiane
Gahou¹, Frédérique Bessueille-Barbier², Marina Coquery¹

¹Irstea, UR MALY, centre de Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua, CS 20244,
69625 Villeurbanne Cedex, France ; ² Institut des Sciences Analytiques,
UMR 5280 Université Lyon 1-CNRS, 69622 Villeurbanne Cedex, France

RÉSUMÉ

Pour réduire le risque inondations causé par l'élévation du lit, des opérations de gestion sédimentaire sont menées régulièrement sur le Rhône pour évacuer les sédiments accumulés au cours du temps en amont des barrages. La hausse drastique des teneurs en matières en suspension (jusqu'à 15 g/L) suggère un possible relargage de contaminants. Afin d'évaluer la variabilité spatiale et temporelle des concentrations en métaux dissous lors de cet évènement, une stratégie d'échantillonnage combinant prélèvements ponctuels et déploiement d'échantillonneurs passifs de type DGT a été mise en place sur 3 sites. Le suivi temporel des métaux dissous a montré que les concentrations en Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, et Zn n'étaient pas modifiées durant l'évènement, alors que celles en As, Co, Mn, Mo, Ni, Sb et U ont été multipliées de 2 à 22 fois. Ces contaminants dissous proviennent en partie des particules remobilisées, puisque ces hausses ne peuvent pas être expliquées par la seule contribution de l'eau interstitielle du sédiment. De plus, les mesures DGT ont confirmé les concentrations faibles et stables de Cu, Fe, Pb et Zn et montré pour As, Co, Mn et Ni un niveau moyenné reflétant l'augmentation des concentrations durant l'évènement. Enfin, les analyses de spéciation ont montré qu'avant l'évènement, l'As était présent uniquement sous forme oxydée (As^V), alors que l'apport d'As durant l'évènement était majoritairement sous forme réduite (As^{III}), plus toxique pour l'écosystème aquatique.

ABSTRACT

To prevent flood risks due to bed elevation, dam flushing operations are regularly conducted on the upstream part of the Rhône River to flush away sediments accumulated over time upstream from the dams. The extreme increase of suspended particulate matter concentrations (up to 15 g/L) suggests a potential release of contaminants. In the aim of evaluating spatial and temporal variability of dissolved metals concentrations during this event, a sampling strategy combining grab and passive sampling by DGT was set on 3 different sites. During the event, the temporal monitoring of dissolved metals showed that Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, and Zn concentrations were not altered, whereas those of As, Co, Mn, Mo, Ni, Sb and U were multiplied by 2 to 22. These dissolved contaminants originated in part from remobilized particles, as the increases could not be explained by the sole contribution of interstitial water from sediment. Moreover, DGT measurements confirmed the low and stable concentrations for Cu, Fe, Pb and Zn and demonstrated a mean concentration for As, Co, Mn and Ni which reflects the concentration increase during the event. Finally, speciation analyses showed that before the event, As was only in oxidized form (As^V), whereas the As release during the operations was mainly in reduced form (As^{III}), which is more toxic for aquatic ecosystems.

MOTS CLES

Contaminants inorganiques, DGT, Opérations de gestion sédimentaire, Fraction dissoute, Rhône

1 INTRODUCTION ET OBJECTIFS

L'Arve, affluent torrentiel du Rhône, transporte chaque année entre 1 et 3 Mm³ de particules et participe donc au comblement des barrages du Rhône. Plus particulièrement, 0.5 Mm³ de particules sont piégés annuellement en amont du barrage de Verbois, ce qui nécessite de mener de façon régulière des opérations de gestion sédimentaires afin de limiter la sédimentation et de prévenir des risques inondations pour la ville de Genève causés par l'exhaussement du lit. Durant les précédentes opérations en 2012 [1], le suivi des concentrations en contaminants inorganiques dans les particules avait mis en évidence que ces concentrations n'étaient pas modifiées pendant l'évènement. Cependant, la fraction dissoute n'avait pas été suivie lors de cet évènement, alors que cette remobilisation des stocks sédimentaires représente un relargage potentiel de contaminants dans cette fraction [2]. Le suivi des concentrations en contaminants inorganiques dans la fraction dissoute sur la durée de l'évènement et sur 150 km de linéaire fluvial nécessite d'importants moyens puisque l'augmentation des concentrations peut être instantanée et rapide. Pour outrepasser cette difficulté d'intégration de la variabilité spatio-temporelle des concentrations, les échantillonneurs intégratifs passifs (EIP) peuvent être utilisés, puisqu'ils permettent d'intégrer les pics de contamination durant leur période d'exposition [3]. Ainsi, les objectifs de cette étude sont de déterminer l'influence de cet évènement sur les concentrations dissoutes en éléments métalliques et de tester la capacité des EIP pour intégrer la variabilité spatio-temporelle de ces concentrations durant l'évènement.

2 MATERIEL ET METHODES

Une stratégie d'échantillonnage couplant prélèvement ponctuels manuels et utilisation d'EIP de type DGT a donc été mise en place. Cette stratégie a été déployée sur 3 sites : Pougny, Seyssel et Jons localisés respectivement à 10, 45 et 160 km en aval du barrage de Verbois (Figure 1.a).

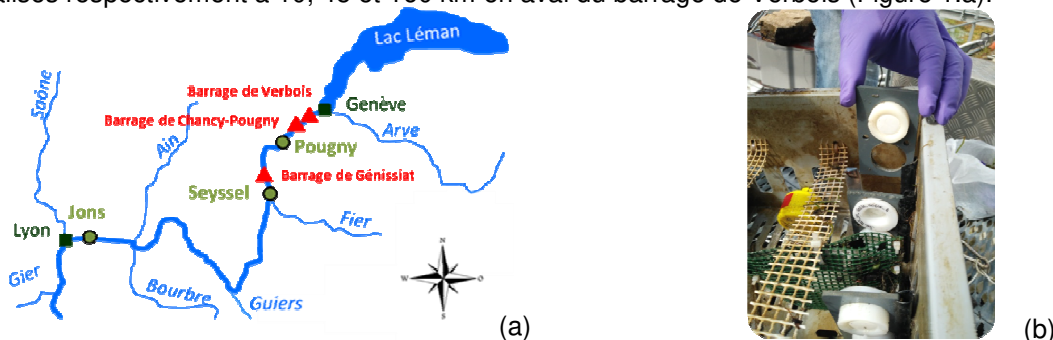


Figure 1 (a) Carte des sites de prélèvements sur le Rhône ; (b) Exposition des DGT

Les prélèvements ponctuels (tous les 2 à 3 jours) et le déploiement d'échantillonneurs passifs de type DGT (Figure 1.b) ont couvert 3 périodes : avant (7 jours), pendant (14 jours) et après (14 jours) l'évènement (Figure 2).

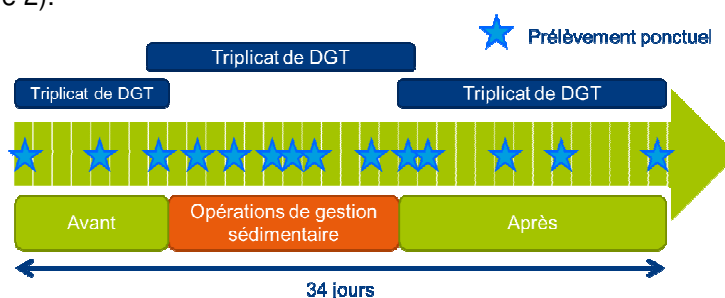


Figure 2 : Stratégie d'échantillonnage déployée sur les 3 sites avant, pendant et après l'évènement

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Le suivi des concentrations en matières en suspension (MES), générée par l'ouverture du barrage pour évacuer une grande quantité de sédiment montre une hausse très importante durant l'évènement aux stations de Pougny et Seyssel (~15 g/L ; régime de base < 100 mg/L) (Figure 3.a). A la station de Jons, située à 160 km en aval, la concentration en MES atteint près de 500 mg/L. Un profil détaillé de l'évolution des concentrations en métaux dissous en 3 points du Rhône a été obtenu grâce à un échantillonnage ponctuel réalisé avec une fréquence d'acquisition élevée. Deux groupes de contaminants inorganiques sont ainsi différenciés : d'une part, Al, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, et Zn qui présentent une relative stabilité des concentrations ou ne présentent pas de tendance temporelle

entre les 3 périodes ; et d'autre part, As, Co, Mn, Mo, Ni, Sb et U qui montrent une nette augmentation des concentrations pendant l'évènement multipliées jusqu'à 22 fois (e.g. Mn au site de Seyssel) (Figure 3.b). Ces apports en contaminants peuvent provenir de l'eau interstitielle du sédiment ou d'une désorption des métaux depuis les sédiments remobilisés, en raison du changement des conditions redox (oxydation). Néanmoins, les bilans de masse montrent qu'une telle hausse ne peut être expliquée par la seule contribution de l'eau interstitielle en raison d'une dilution importante.

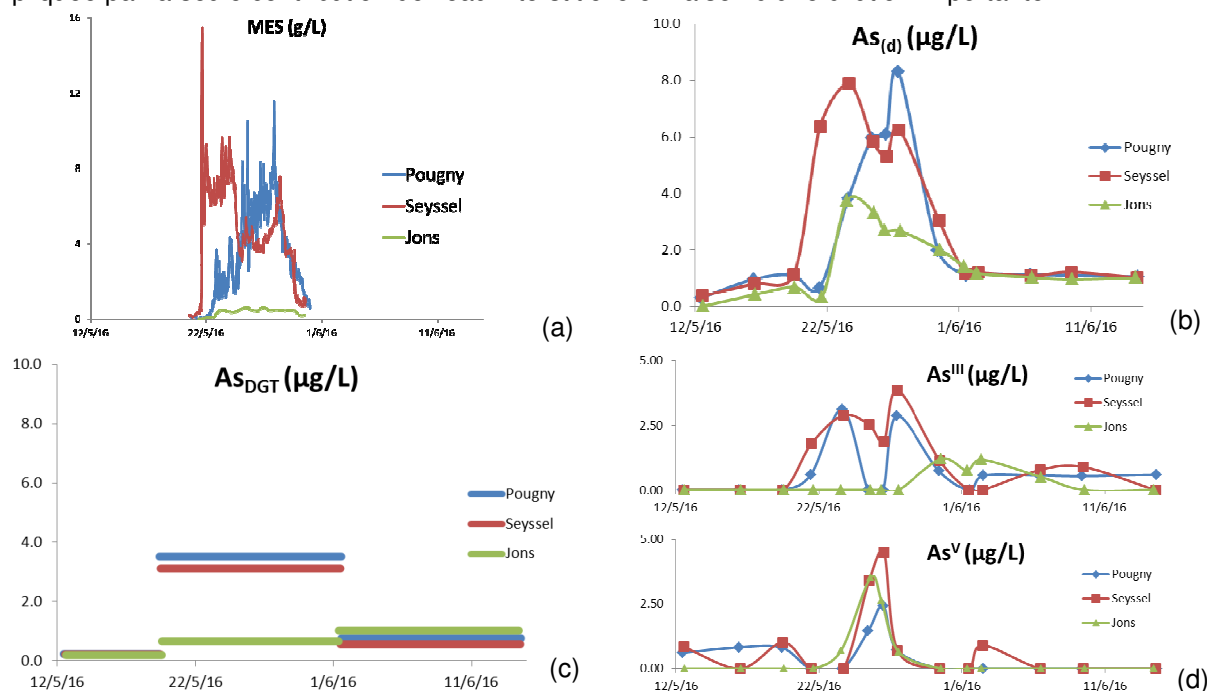


Figure 3 (a) Concentrations en MES aux sites de Pougny, Seyssel et Jons ; (b) Concentrations en As(d) obtenues par prélèvement ponctuel avant, pendant et après l'évènement aux sites de Pougny, Seyssel et Jons ; (c) Concentrations moyennes en As obtenues par DGT ; (d) Concentrations en As^{III}(d) et As^V(d)

Pour As, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn, les DGT permettent de mesurer une concentration moyennée pour les 3 périodes avant, pendant et après l'évènement (Figure 3.c). Pour Cu, Fe, Pb et Zn, elles confirment les concentrations faibles, stables et similaires sur les 3 périodes de l'évènement. Pour As, Co, Mn et Ni, ces mesures reflètent la hausse des concentrations mise en évidence par les prélèvements ponctuels. Cet outil permet donc de mettre en évidence l'impact des opérations de gestion sédimentaire sur les concentrations en métaux dissous pour un effort d'échantillonnage beaucoup moins soutenu (4 jours de prélèvements contre 14 pour les prélèvements ponctuels). Enfin, les analyses de spéciation montrent qu'avant l'évènement, l'As est présent uniquement sous forme oxydée (As^V), alors que l'apport d'As lors de l'évènement se fait principalement sous forme d'As réduit (As^{III}), potentiellement plus toxique pour l'écosystème aquatique. Dès la diminution de la concentration en MES, la concentration en As^{III} diminue rapidement, au profit de sa forme oxydée (As^V), en raison d'une rapide réoxygénation des eaux (Figure 3.d).

4 CONCLUSION

Durant la période des opérations de gestion sédimentaire du Rhône, une augmentation des concentrations en As, Co, Mn, Mo, Ni, Sb et U avec un rapide retour aux conditions initiales a été mise en évidence. La stabilité des concentrations en Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, et Zn a également été démontrée. La capacité des DGT à intégrer les concentrations en As, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn durant les 3 périodes d'exposition a été démontrée, reflétant la stabilité ou la hausse des concentrations selon les éléments et leur pertinence pour intégrer ce type d'évènement à une échelle temporelle de l'ordre de la semaine et sur un linéaire fluvial de plus de 150 km.

BIBLIOGRAPHIE

1. Le Coz, J., et al., Suivi scientifique des opérations de chasses sur le Haut Rhône de juin 2012, OSR, 2013.
2. Fremion, F., et al., Impact of sediments resuspension on metal solubilization and water quality during recurrent reservoir sluicing management. *Science of the Total Environment*, 2016. 562: p. 201-215.
3. Allan, I.J., et al., Evaluation of the Chemcatcher and DGT passive samplers for monitoring metals with highly fluctuating water concentrations. *Journal of Environmental Monitoring*, 2007. 9(7): p. 672-681.