

Evaluation du temps nécessaire à l'évacuation des sédiments grossiers dans les sections court-circuitées du Rhône : l'exemple du vieux Rhône de Donzère

Evaluation of the time required for the evacuation of coarse sediment in *bypassed* Rhône: the example of Donzère

Daniel Vázquez-Tarrío¹, Mathieu Cassel², Thierry Fretaud³, Anne-Laure Masson³, Christophe Moiraud³, Christophe Mora³, Alexandre Peeters², Hervé Piegay², Christophe Peteuil³, Rémi Taissant³, Sylvain Renaud³, Carole Wirtz³

¹ Laboratorio de Geología, Dpt. Producción Agraria, (ETSIAAB), UPM.
daniel.vtarrío@upm.es

² University of Lyon, CNRS UMR 5600 EVS, Site ENS.
herve.piegay@ens-lyon.fr

³ Compagnie Nationale du Rhône (CNR). S.Reynaud@cnr.tm.fr.

RÉSUMÉ

Suite à une longue série d'aménagements, le Rhône présente aujourd'hui un état généralisé de déficit sédimentaire. Afin d'atténuer ou pallier les impacts négatifs de ce déficit, des opérations de recharge sédimentaire ont été réalisées récemment sur plusieurs secteurs. Des campagnes de traçage sédimentaire par RFID ont été menées sur le terrain afin d'évaluer la pertinence de ces opérations, ce qui a permis d'estimer des ordres de grandeurs des distances de propagation pendant des crues des sédiments réinjectés. Malgré cela, des incertitudes de gestion à long-terme demeurent, notamment autour de la question du temps nécessaire pour que les sédiments réinjectés arrivent à la retenue des barrages localisés à l'aval des points d'injection, ce qui peut représenter un important enjeu pour la gestion de ces barrages. Dans cette communication nous proposons une méthodologie permettant d'évaluer ce temps de propagation. La démarche consiste à combiner des estimations de transport par charriage dont la distribution des distances de propagation, déduites à partir de mesures de traçage disponibles pour le Rhône. Avec cette approche, nous pouvons évaluer le temps que les sédiments grossiers vont mettre pour être évacués depuis leurs points d'injection et plus largement, tout au long, d'un tronçon donné. Afin d'illustrer la pertinence de la méthode, nous l'avons appliquée sur le vieux Rhône de Donzère où nous avons modélisé plusieurs scénarios de recharge sédimentaire.

ABSTRACT

The Rhône river is nowadays in a general state of sediment starvation, following one century and a half of human management. To mitigate for the negative impacts of this sediment deficit, gravel augmentation operations have recently been carried out in several sectors. Sediment tracking using RFID-technology was used to monitor these works and to have an idea of the propagation distances and velocities during floods of the augmented coarse sediments. Despite this, long-term management uncertainties remain, notably around the question of the time required for the sediments to reach the reservoir of dams located downstream, which may represent an important management issue. In this paper, we propose a methodology to evaluate this. Our approach consists of combining bedload computation with estimates of the probability distribution of propagation distances, inferred from the available tracer data. With this approach, we arrive at an evaluation of the time it will take for coarse sediments to be evacuated from the injection points. To illustrate the relevance of the method, we applied it to the bypassed Rhône at Donzère where we modelled several sediment recharge scenarios.

KEYWORDS

Bedload, dams, gravel augmentation, sediment replenishment, tracers

1 INTRODUCTION

La Directive Cadre sur l'Eau instaure l'obligation de protéger et restaurer la qualité des eaux et des milieux aquatiques. Dans ce cadre-là, des recharges sédimentaires ont été réalisées ou sont prévues sur différents secteurs du Rhône. Alors que la Compagnie Nationale du Rhône doit s'assurer de la sûreté hydraulique de ses aménagements, des incertitudes de gestion à long terme subsistent, notamment autour de la question du temps de transfert des sédiments réinjectés jusqu'à la retenue de barrage localisée à l'aval des points d'injection. Et ceci représente un important enjeu pour la gestion de ces barrages. Dans ce travail, nous décrivons une méthodologie permettant d'évaluer ce temps de propagation.

2 METHODOLOGIE

La démarche que nous proposons, afin d'estimer les distances de propagation des sédiments grossiers dans le Rhône, consiste à combiner des calculs de transport par charriage avec des estimations de la distribution des distances de propagation des particules sédimentaires, déduites de mesures de traçage disponibles pour le Rhône. Ce flux de travail repose sur quatre étapes (Figure 1) :

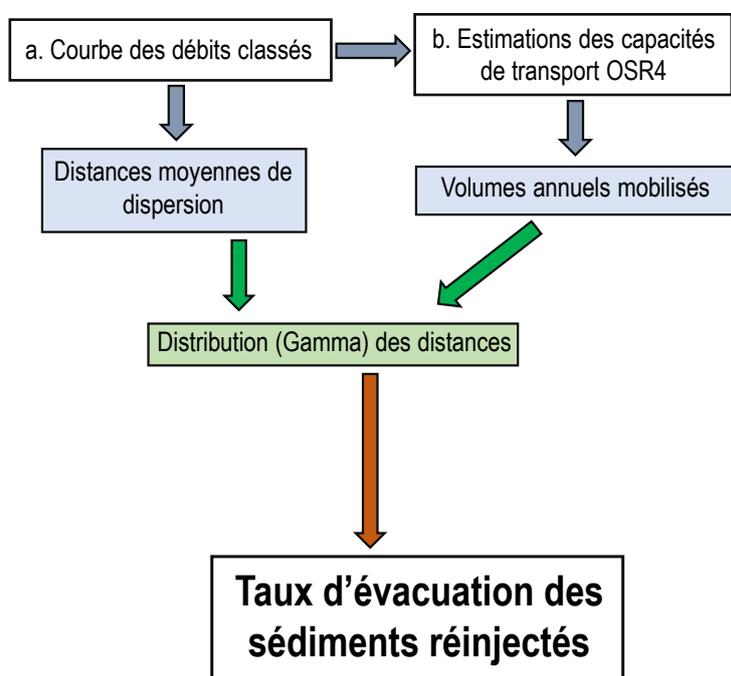


Figure 1. Schéma méthodologique suivi pour l'estimation des temps d'évacuation des sédiments réinjectés dans le Rhône court-circuité.

- 1) Premièrement, l'établissement d'une grille de modélisation 1D. Pour cela, nous avons utilisé des profils topobathymétriques disponibles tous les 500 m de linéaire et avons ajouté des profils interpolés tous les 100 m. Le nœud le plus à l'amont de cette grille de modélisation correspond au point d'injection de la recharge sédimentaire. Le nœud le plus à l'aval correspond au barrage situé en aval du secteur d'étude.
- 2) Ensuite, nous associons à chaque nœud une valeur de la capacité annuelle de transport par charriage. Pour cela nous avons exploité un modèle hydraulique 1D calibré pour le Rhône et implémenté sur MAGE par l'INRAE dans le cadre des travaux de recherche de l'OSR4 (Dugué et al, 2015). Nous avons utilisé les sorties de ce modèle hydraulique pour estimer les capacités de transport par charriage, suivant le protocole méthodologique présenté par Vázquez-Tarrío et al. (2019).
- 3) Puis, nous associons aussi à chaque nœud une valeur de la distance moyenne de propagation des particules injectées et une distribution de probabilité des distances de déplacement autour de cette moyenne. Pour estimer les distances moyennes, nous utilisons le modèle proposé par Vázquez-Tarrío et Batalla (2019), calibré pour le Rhône avec les données de traçage sédimentaire disponibles sur plusieurs secteurs. Pour la distribution des distances de propagation, nous nous appuyons sur une loi de type gamma.

- 4) Enfin, nous lançons la simulation, d'abord, injection d'un certain volume de sédiment dans le nœud amont ; ensuite, en remobilisant le sédiment injecté au cours du temps.

Afin d'illustrer notre propos, nous appliquons la démarche proposée sur le secteur de Donzère. Lors de travaux de redynamisation des marges et îlons du Rhône dans ce secteur, près de 30 000 m³ de sédiments grossiers ont été extraits des bras secondaires et réinjectés dans le RCC, avec deux points de recharge principaux : i. au niveau de la lône des Dames (autour de PK 176,5), 20 000 m³ de sédiments grossiers (avec une taille médiane de 35 mm) ont été réinjectés au chenal principal du Rhône; ii. au niveau de Banc Rouge (autour de PK 186), autour de 10 000 m³ de sédiments grossiers (taille médiane de 31 mm) ont été réinjectés. Nous avons simulé le comportement sur le long-terme de ces volumes de réinjection de graviers.

3 RÉSULTATS

Nous avons modélisé le comportement de la réinjection à Donzère sur une période de 50 ans (Figure 2). Dans ces résultats, nous pouvons observer deux volumes sédimentaires bien distincts au moment de l'injection et une fragmentation progressive de ces volumes qui forment ainsi deux panaches sédimentaires qui se diffusent vers l'aval au cours du temps. Après 50 ans, les résultats indiquent qu'une quantité assez importante des sédiments injectés seraient encore en transit dans le secteur court-circuité (Figure 2).

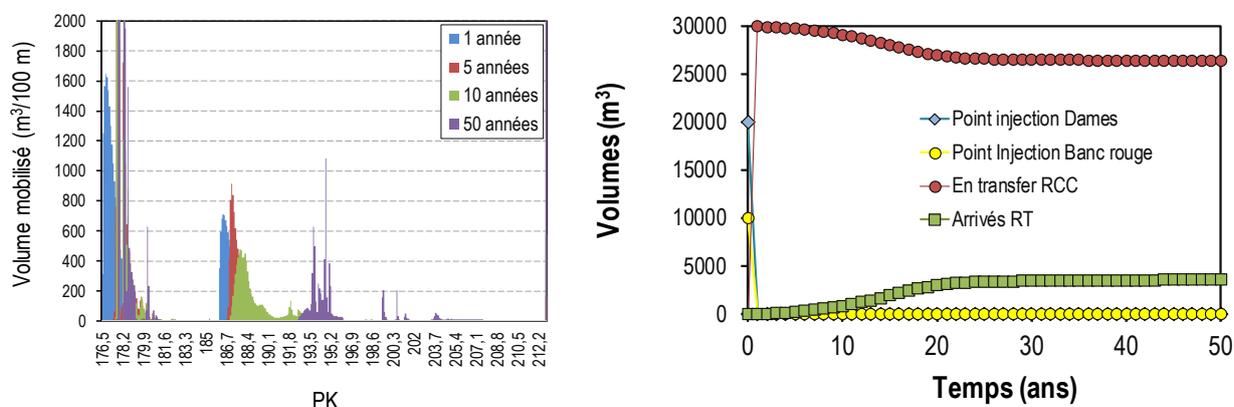


Figure 2. Résultats de la modélisation des temps de transfert des stocks de sédiment réinjecté, dans les différents compartiments du chenal du Rhône dans le secteur de Donzère.

4 DISCUSSION /CONCLUSIONS

La méthode proposée semble très prometteuse pour la modélisation de la propagation des sédiments grossiers dans le Rhône. Cependant, il existe un certain nombre de limites à prendre en compte. D'abord, la méthode de modélisation n'intègre pas les interactions entre le matériel réinjecté et le sédiment déjà en place. Sur le Rhône, les tronçons sont souvent pavés, ce qui suggère que cela ne cause probablement pas de grosse mésestimations. Mais cette limite est à considérer dans les secteurs où il y aurait un transport solide plus actif. Le modèle ne considère pas non plus de changements dans la topographie et la pente du fond du lit. De fait, si on applique la méthode pour modéliser une situation avec une fourniture sédimentaire illimitée, nous pouvons nous attendre à un ajustement progressif du lit et la méthode proposée n'est alors pas adaptée pour tenir compte des effets induits sur le transport par charriage. Finalement, le point le plus important est que, pour l'instant, nous manquons encore d'éléments de validation de ces prédictions à ces longues échelles du temps.

LIST OF REFERENCES

- Dugué, V. Walter, C., Andriès, E., Launay, M., Le Coz, J., Camenen, B., Faure, J-B. (2015). Accounting for Hydropower Schemes' Operation Rules in the 1D Hydrodynamic Modeling of the Rhône River from Lake Geneva to the Mediterranean Sea. *36th IAHR 2015 World Congress*, The Hague, The Netherlands.
- Vázquez-Tarrío D., Batalla R. J. (2019). Assessing controls on the displacement of tracers in gravel-bed rivers. *Water*, 11, 1598.
- Vázquez-Tarrío D., Tal M., Camenen B., Piégay H. (2019). Effects of continuous embankments and successive run-of-the-river dams on bedload transport capacities along the Rhône River, France. *Science of the Total Environment*, 658, 1375– 1389.