



**HAL**  
open science

## **Retour d'expérience interdisciplinaire de recharges sédimentaires sur un tronçon court-circuité: le Vieux Rhin (France/Allemagne)**

Valentin Chardon, Laurent Schmitt, Fanny Arnaud, Hervé Piégay, Cybill Staentzel, Jean-Nicolas Beisel, Isabelle Combroux, Agnès Barillier, Anne Clutier

### ► To cite this version:

Valentin Chardon, Laurent Schmitt, Fanny Arnaud, Hervé Piégay, Cybill Staentzel, et al.. Retour d'expérience interdisciplinaire de recharges sédimentaires sur un tronçon court-circuité: le Vieux Rhin (France/Allemagne). Rencontres SHF - Changement global et morphodynamique des rivières, des bassins versants à la mer, Nov 2019, Paris, France. hal-03908070

**HAL Id: hal-03908070**

**<https://hal.science/hal-03908070v1>**

Submitted on 20 Dec 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

*CHARDON Valentin [valentin.chardon@live-cnrs.unistra.fr](mailto:valentin.chardon@live-cnrs.unistra.fr)*

**Retour d'expérience interdisciplinaire de recharges sédimentaires sur un tronçon court-circuité : le Vieux Rhin (France/Allemagne)**

Auteurs : CHARDON Valentin<sup>1,2</sup>, SCHMITT Laurent<sup>1</sup>, ARNAUD Fanny<sup>2</sup>, PIEGAY Hervé<sup>2</sup>, STAENTZEL Cybill<sup>1,4</sup>, BEISEL Jean-Nicolas<sup>1,4</sup>, COMBROUX Isabelle<sup>1</sup>, BARILLIER Agnès<sup>3</sup> & CLUTIER Anne<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université de Strasbourg, LIVE – UMR 7362 CNRS/ENGEES – LTER – “Zone Atelier Environnementale Urbaine”, 67083 Strasbourg Cedex, France.

<sup>2</sup>Université de Lyon, EVS – UMR 5600 CNRS, 69362 Lyon Cedex, France.

<sup>3</sup>Électricité de France, Centre d'Ingénierie Hydraulique (CIH) – 73290 La Motte Servolex, France.

<sup>4</sup>Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES) – 67070 Strasbourg

Max. 250 mots

*Trois injections sédimentaires ont été réalisées dans le Vieux Rhin entre 2010 et 2017 en vue de restaurer les processus géomorphologiques et la fonctionnalité des écosystèmes aquatiques et riverains. L'objectif de cette communication est de montrer les principales réponses des compartiments géomorphologiques et écologiques à ces actions de restauration et d'en déduire des recommandations opérationnelles. La localisation et la forme des cordons sédimentaires artificiels sont des caractéristiques déterminantes pour leur érosion par les premières crues. Les effets géomorphologiques de ces actions ont été transitoires du fait du déplacement des vagues sédimentaires vers l'aval, en l'absence de nouveaux apports sédimentaires amont. A moyen terme, une fragmentation de la vague sédimentaire est apparue avec des dépôts préférentiels au droit des radiers. Ces dépôts ont provoqué une diversification locale des habitats favorisant les zones de fraie des salmonidés, l'installation d'une végétation pionnière alluviale et l'apparition d'espèces rhéophiles et polluo-sensibles. Plus globalement, nos résultats montrent que les effets positifs des recharges sédimentaires sont d'autant plus importants que le chenal est morphologiquement diversifié en aval de celles-ci. L'ensemble des résultats interdisciplinaires obtenus conduit à formuler des recommandations opérationnelles pour des effets à la fois plus marqués et plus durables des actions de restauration du Vieux Rhin.*

*Mots-clefs : Recharges sédimentaires, Suivi géomorphologique, Suivi écologique, Retour d'expérience interdisciplinaire*

## Introduction

Les cours d'eau ont été fortement aménagés au cours des deux derniers siècles pour la protection contre les crues, le développement de l'agriculture et la navigation, ainsi que pour la production hydro-électrique. Ces aménagements ont notamment engendré une modification drastique du régime hydrologique et du transit sédimentaire, à l'origine d'importantes dégradations des conditions hydro-morphologiques et d'une banalisation des écosystèmes aquatiques et riverains. Pour pallier ces déficits géomorphologiques et écologiques, des actions de restauration se sont multipliées en Europe depuis deux décennies, notamment par l'entrée en vigueur de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Cependant, les retours d'expériences des effets de ces mesures à moyen et long termes font encore défaut. L'objectif de cette communication est d'apporter un retour d'expérience de trois recharges sédimentaires réalisées entre 2010 et 2017 dans le Vieux Rhin, un tronçon court-circuité caractérisé par un déficit sédimentaire important lié à trois phases d'aménagements successives : la rectification, la régularisation et la canalisation (Arnaud, 2012). Cette dernière a impliqué la construction du barrage de dérivation de Kembs, situé à l'extrémité amont du Vieux Rhin. Les sédiments introduits dans le chenal courant ont été disposés sous la forme de trois cordons dont la longueur et la largeur ont varié respectivement de 350 à 500 m et de 10 à 20 m. Les volumes injectés sont de 23 000 m<sup>3</sup> (Interreg), 13 000 m<sup>3</sup> (Kembs I1) et 30 000 m<sup>3</sup> (Kembs I2). L'objectif de l'étude est de montrer, sur la base d'un suivi interdisciplinaire géomorphologique et écologique de plusieurs années, les réponses induites par la restauration sur les plans géomorphologique (i.e. redynamisation des processus morpho-sédimentaires, diversification des habitats physiques aquatiques et riverains, etc.) et écologique.

## Méthodologie

Les suivis géomorphologiques et écologiques ont été réalisés pour chaque injection sédimentaire, avec la caractérisation d'un état pré-restauration et plusieurs états post-restauration (jusqu'à cinq états). Les méthodes mises en œuvre en hydro-morphologie sont les suivantes : (i) suivi topo-bathymétrique réalisé à l'aide d'un échosondeur mono-faisceau et de levés LiDAR aéroportés pour quantifier les évolutions morphologiques du chenal et des budgets sédimentaires, (ii) suivi de la dynamique des sédiments injectés à l'aide de transpondeurs passifs (PIT-Tags), (iii) suivi granulométrique d'après le protocole de Wolman (1954) et par photographies aériennes sub-aquatiques, réalisé sur les cordons à leur installation, ainsi qu'après les crues en zones émergées et immergées au droit et en aval des cordons. Des modélisations hydrauliques 2D à l'aide du logiciel HEC-Ras ont aussi été réalisées pour étudier les conditions de mobilisation des cordons sédimentaires en fonction des conditions hydrauliques locales. Le suivi écologique a été mené selon le protocole BACI (Smith *et al.*, 1993) suivant une approche multi-compartiments : étude de la dynamique (i) des communautés de macro-invertébrés benthiques à l'aide d'un préleveur de Hess (1941) et (ii) de la végétation aquatique et riveraine par la caractérisation des associations végétales sur des transects. Deux campagnes ont été réalisées au printemps et en automne chaque année, pour encadrer les crues principales de fin de printemps et de début d'été.

## Résultats et discussion

Une relation statistiquement significative a été montrée entre les surfaces érodées des cordons au droit de profils en travers et les vitesses d'écoulement maximales ( $R^2 = 0,63$  ; P-value =  $4,9e-10$ ). Plus précisément, les conditions hydrauliques sur les cordons, et donc les probabilités d'érosion de ceux-ci, sont d'autant plus élevées (i) qu'ils sont localisés à proximité du thalweg, (ii) que leur largeur est faible et (iii) que leur hauteur de submersion est importante. Il a aussi été observé la formation d'une couche grossière à la surface des cordons résiduels lorsque les conditions hydrauliques des premières crues ont été insuffisantes pour mobiliser toute la gamme granulométrique, ce qui limite en retour l'érosion du cordon par les crues ultérieures. Cela a été particulièrement le cas pour le site Kembs I1 dont la granulométrie a été la plus élevée. Cette érosion incomplète du cordon a favorisé l'installation d'une végétation pionnière alluviale (*Salix* sp., *Populus* sp.), mais également d'espèces invasives (*Robinia pseudoacacia*, *Coniza canadensis*, *Stenactis annuus*, *Reynoutria japonica*, *Buddleja davidii*).

Le suivi de la charge de fond montre que le déplacement des traceurs a été en moyenne de 100 à 350 m par crue pour des événements d'intensités modérées ( $Q_{ix} < Q_4$ ), et a atteint près de 1 km pour une crue de période de retour de 15 ans. Les vitesses virtuelles sont apparues inversement corrélées à l'énergie excédentaire cumulée ( $R^2 = 0,95$ ; P-value = 0,023), montrant un ralentissement de la vague sédimentaire au cours du temps. Les déplacements se sont produits selon un processus de translation/dispersion lors des premières périodes de suivi, ayant entraîné une homogénéisation bathymétrique du fond du chenal. A moyen terme (5 ans), une fragmentation du nuage de traceurs a néanmoins été observée avec une concentration des dépôts au niveau des radiers, ce qui a provoqué une diversification géomorphologique locale, longitudinale et transversale, du chenal. Il en a résulté l'apparition au droit des radiers (site Interreg ; Staentzel et al., 2018) d'espèces rhéophiles dont certaines sont polluo-sensibles, comme des Trichoptères. Cette évolution a pu être renforcée par certains effets du rétrécissement du chenal comme l'augmentation des vitesses, l'oxygénation de l'eau voire l'intensification d'échanges nappe-rivière.

Les résultats du suivi granulométrique montrent un affinement dans le chenal, au droit et en aval des injections, mais que de façon transitoire. En effet, une granulométrie proche de celle de l'état initial est réapparue après quelques événements hydrologiques, du fait du déplacement de la vague sédimentaire vers l'aval. Le retour à une dynamique de charriage partiel quand la dispersion de la charge sédimentaire est suffisamment avancée a aussi été montré par le traçage sédimentaire, traduisant la formation d'une nouvelle couche d'armurage liée au retour à des conditions de déficit sédimentaire. La nature transitoire des effets des injections est globalement aussi montré par le suivi écologique, notamment en raison de la stabilisation et de l'homogénéisation des habitats aquatiques et riverains après le passage des vagues sédimentaires.

## Conclusion

Les résultats des suivis géomorphologiques et écologiques menés sur trois recharges sédimentaires dans le Vieux Rhin montrent la nature transitoire des effets de ces actions de restauration. L'érosion des cordons dépend de leur granulométrie et des conditions hydrauliques locales, elles-mêmes dépendantes de la morphologie et de la position du cordon au sein de la section d'écoulement. La durabilité limitée des effets géomorphologiques et écologiques des recharges est liée au transfert vers l'aval des vagues sédimentaires, en l'absence d'apports solides réguliers de l'amont, ce qui induit à moyen terme le retour à des conditions de déficit sédimentaire. Les résultats montrent cependant que les effets positifs des injections sont d'autant plus importants que la morphologie du chenal en aval de celles-ci est diversifiée, ce qui renforce le potentiel d'accueil des espèces aquatiques et riveraines y compris d'espèces polluo-sensibles. Au plan opérationnel, des élargissements en aval des recharges devraient être réalisés pour ralentir les vagues sédimentaires et complexifier davantage les habitats du chenal et de ses rives (bancs, chenaux secondaires, transition progressive entre les habitats aquatiques et riverains, co-existence de faciès lotiques et lentiques, dépôts de sédiments fins...), gage d'une augmentation de la biodiversité alluviale. Les sédiments excavés pour les élargissements pourraient être stockés provisoirement sur l'île du Rhin, pour être ensuite injectés progressivement dans la partie amont du Vieux Rhin. Des stocks alluvionnaires anciens déposés sur l'île du Rhin pourraient aussi être valorisés de cette façon.

## Bibliographie

- Arnaud, F (2012). Approches géomorphologiques historique et expérimentale pour la restauration de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial aménagé : le cas du Vieux Rhin entre Kembs et Breisach (France, Allemagne).
- Hess, A. D. (1941). *New limnological sampling equipment*. Limnological Society of America.
- Smith, E. P., Orvos, D. R., & Cairns Jr, J. (1993). Impact assessment using the before-after-control-impact (BACI) model: concerns and comments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(3), 627-637.
- Staentzel, C., Arnaud, F., Combroux, I., Schmitt, L., Trémolières, M., Grac, C., ... & Beisel, J. N. (2018). How do instream flow increase and gravel augmentation impact biological communities in large rivers: A case study on the Upper Rhine River. *River research and applications*, 34(2), 153-164.
- Wolman, M.G., 1954. A method of sampling coarse bed material. American Geophysical Union, Transactions, 35: 951-956.