

Dynamique des communautés de macro-invertébrés après des injections sédimentaires dans le Vieux Rhin (France)

Dynamics of macro-invertebrate communities after gravel augmentations in the Old Rhine River (France)

Cybill Staentzel¹, Etienne Chanez², Agnès Barillier³, Jean-Nicolas Beisel⁴

¹Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES) & UMR 7362 CNRS LIVE - cybill.staentzel@engees.unistra.fr

²UMR 7362 CNRS LIVE, Université de Strasbourg - etienne.chanez@live-cnrs.unistra.fr

³Centre d'ingénierie hydraulique, Electricité de France (EDF), Savoie Technolac - agnes.barillier@edf.fr

⁴Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES) & UMR 7362 CNRS LIVE - jn.beisel@engees.unistra.fr

RÉSUMÉ

Dans les rivières endiguées, l'entraînement de dizaines voire de centaines de millions de tonnes de graviers à l'aval de barrages sans compensation par des apports de l'amont engendre de forts déficits sédimentaires. Cette perturbation du transport sédimentaire est en grande partie responsable de l'appauvrissement des habitats aquatiques et rivulaires. Aujourd'hui, d'importantes opérations de restauration visent à renverser la situation et freiner l'érosion de la biodiversité de ces grands fleuves. Les communautés de macro-invertébrés constituent un compartiment biologique couramment utilisé dans les études d'évaluation d'actions de restauration mais montrent le plus souvent des réponses contrastées selon les contextes environnementaux ou les types d'action mis en œuvre. Ici, nous avons analysé la dynamique des communautés de macro-invertébrés de 2014 à 2020 selon un protocole BACI dans trois sections du Vieux Rhin, le long d'un tronçon naturel résiduel à l'aval du barrage de dérivation de Kembs (France) : (i) une section non restaurée présentant un schéma fluvial naturel, (ii) une section restaurée en février-mars 2015 par une injection sédimentaire de 18340 m³, et (iii) une section restaurée en mars-avril 2016 par une autre injection sédimentaire de 30000 m³. Ces deux injections sédimentaires avaient pour but d'augmenter l'hétérogénéité des habitats en affinant la taille des particules dans le chenal central de la rivière. Nous avons constaté que la dynamique des communautés de macroinvertébrés ne reflétait pas de manière significative les effets attendus de la restauration des habitats. En effet, les principaux moteurs de la dynamique locale ne sont pas seulement liés à l'action de restauration en elle-même, mais elle est régie voire modifiée par d'autres facteurs tels que la variabilité saisonnière, les événements hydrologiques, les travaux liés à la restauration, les invasions biologiques ou encore par la qualité chimique de la rivière. Dans l'ensemble, cette étude a permis d'explorer les facteurs de sensibilité à l'origine des fluctuations de la dynamique des communautés de macro-invertébrés sur une séquence spatio-temporelle longue.

ABSTRACT

In dammed rivers, the downstream transport of ten to hundreds of millions of tons of gravel downstream dams without being compensated by upstream inputs leads to strong sediment deficits. Such anthropogenic disturbances contribute to the current loss of aquatic and riparian habitats. Now, common policies and practices promotes major restoration operations to reverse the situation and slow down the erosion of the rich biodiversity of these large rivers. Macroinvertebrate communities are a biological compartment commonly used in assessment studies of such restoration actions but most often it shows constrasting responses depending on the environmental contexts or types of action implemented. Here, we analyzed macroinvertebrate community dynamics from 2014 to 2020 using a BACI protocol in three sections of the Old Rhine River, a natural residual reach downstream of the Kembs diversion dam (France): (i) a unrestored section with a natural riverine pattern, (ii) a section restored in February-March 2015 by a gravel augmentation of 18,340 m³, and (iii) a section restored in

March-April 2016 by another gravel augmentation of 30,000 m³. Gravel augmentations were intended to increase habitat heterogeneity by particle size refinement in the river central channel. We found that the dynamics of macroinvertebrate communities did not reflect significantly the expected effects of the restoration. Indeed, the main drivers of dynamics were not only related to the restoration action itself, but it is governed or even modified by other factors such as seasonal variability, hydrological events, restoration-related works, biological invasions or by the chemical quality of the river. Overall, this study has made it possible to explore the sensitivity factors at the origin of fluctuations in the dynamics of macroinvertebrate communities over a spatio-temporal sequence.

KEYWORDS

Déficit sédimentaire, Faune benthique, Mosaïque d'habitat, Restauration écologique, Trajectoires

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte scientifique

1.1.1 Remédier au déficit sédimentaire

Les impacts environnementaux et sociétaux d'un déficit sédimentaire en grands fleuves sont nombreux : assèchement des zones humides, pavage au fond du lit, homogénéisation morphologique, déconnexion des unités riveraines, déchaussement des ouvrages. Il en découle des problématiques fortes sur des habitats aquatiques et rivulaires connus pour héberger une biodiversité riche et singulière. On oublie trop souvent que les eaux douces, qui ne couvrent pourtant que 0,01 % de la surface terrestre, recèlent près de 10 % des espèces décrites et que ces espèces sont des modèles d'adaptation inédits à des conditions de vie très contraignantes. Aujourd'hui, des solutions de gestion existent et d'importantes opérations de restauration sont mises en place pour limiter les processus d'incision, diversifier les habitats aquatiques et rivulaires et redynamiser le transit sédimentaire. Les recharges sédimentaires sont parmi les itinéraires techniques les plus classiques pour engendrer des apports sédimentaires et favoriser le transfert artificiel de sédiments vers l'aval (Mörtl & De Cesare, 2021). Les retours d'expériences sont nombreux, notamment en Amérique du Nord où les recharges visent principalement la diversification des habitats en faveur d'une famille piscicole d'intérêt économique, les Salmonidae (Staentzel et al., 2020). Les communautés de macro-invertébrés sont cependant peu étudiées après la réalisation de recharges sédimentaires (Staentzel et al., 2020).

1.1.2 Hypothèses et objectifs des travaux de recherche

Le compartiment des macroinvertébrés benthiques est couramment utilisé dans les études d'évaluation des actions de restauration ou de bio-indication. Nous avons recherché les drivers impliqués dans la dynamique des communautés de macroinvertébrés en comparant l'avant et l'après de recharges sédimentaires, entre 2014 et 2020. Cela nous a permis de formuler trois hypothèses :

- Les recharges sédimentaires redynamisent le transport sédimentaire et peuvent entraîner localement un affinement granulométrique, comme cela a été démontré par Chardon et al. (2020).
- Cette diversification à large-échelle des faciès d'écoulement et des classes granulométriques engendre une modification des paysages et habitats à l'échelle fine de perception des organismes aquatiques.
- Ces habitats remaniés voire nouveaux favorisent l'installation de nouveaux groupes fonctionnels de macro-invertébrés et entraînent ainsi une augmentation de la richesse générale du site.

Les résultats de nos travaux de recherche visent à confirmer ou infirmer ces hypothèses *via* l'analyse de la dynamique des communautés de macro-invertébrés à long-terme intégrant plusieurs états temporels (avant et après les mesures) et localisations spatiales (au lieu de la recharge, influencée faiblement ou fortement – en aval de la recharge ou à proximité).

2 METHODES ET PLAN D'ECHANTILLONNAGE

2.1 Site d'étude et projet

2.1.1 Le Vieux Rhin, section résiduelle du Rhin Supérieur & mesures de restauration

Le Vieux Rhin est une section résiduelle naturelle de 50 km, située en aval du barrage de Kembs, qui a été fortement affectée par des travaux d'aménagements entrepris depuis le 19^e siècle (correction, endiguement, et dérivation des eaux). Plusieurs mesures ont été mises en œuvre dans le cadre de la nouvelle concession de la chute hydroélectrique de Kembs en 2010 pour restaurer des processus fonctionnels au niveau hydromorphologique et écologique: une augmentation du débit réservé à régime variable selon la saison (52 à 150 m³/s au lieu de 30 m³/s précédemment) et un apport de sédiments (alluvions) dans le lit du Vieux Rhin, par une érosion maîtrisée des berges avec implantation d'épis transversaux artificiels et des injections de graviers sous forme de cordons ripariens. A l'aval immédiat du barrage de Kembs, deux injections sédimentaires ont ainsi été initiées sur une longueur de trois kilomètres (Fig. 1) : (i) une première injection en février-mars 2015 de 18 340 m³ et (ii) une seconde injection sédimentaire en mars-avril 2016 de 30 000 m³.



Figure 1. Evolution des milieux après recharges sédimentaires sur base d'un suivi photographique

2.1.2 Suivi des communautés de macro-invertébrés

La dynamique des communautés de macro-invertébrés a été étudiée de 2014 à 2020 au niveau de sept stations de prélèvement (Fig. 2). Les localisations spatiales de ces stations ont été choisies pour dissocier l'influence des recharges de l'évolution naturelle des milieux.



Figure 2. Localisation des stations de prélèvement des communautés de macro-invertébrés (Google Earth)

Ainsi, deux stations ont été précisément réalisées au niveau des recharges et les autres stations ont été positionnées dans des zones potentiellement influencées - faiblement ou fortement - par celles-ci (Fig.2). La faune benthique a été collectée à l'aide d'un cylindre de Hess (330 mm Ø x 400 mm de hauteur, 500 µm de maille). Pour chacune des sept stations et à chaque campagne, cinq points ont été échantillonnés de manière à représenter l'ensemble des couplages hauteur d'eau, vitesse et substrat présents (HVS). Ces couplages ont été finement caractérisés pour visualiser l'évolution des habitats à fine-échelle et mettre ces résultats en lien avec les changements de structure et de fonctionnalité identifiés au sein des communautés de macro-invertébrés.

3 RESULTATS

3.1 Evolution des habitats et dynamique des communautés

3.1.1 Diversification des habitats à fine-échelle

Les deux injections sédimentaires réalisées avaient pour but d'augmenter l'hétérogénéité des habitats en affinant la taille des particules dans le chenal central de la rivière. Il a été démontré que ces recharges ont permis localement un affinement granulométrique (Chardon et al., 2020). Malheureusement, les couplages HVS à fine-échelle, caractérisés avec précision lors de l'échantillonnage des macro-invertébrés aux endroits prélevés, ont peu évolué avant-après la restauration car ils s'avéraient déjà bien diversifiés avant les travaux. Au contraire, il a été observé que certaines zones étaient localement plus colmatées qu'auparavant, ce qui rend l'habitat globalement moins biogène.

3.1.2 Dynamique des communautés de macro-invertébrés

Nous avons constaté que la dynamique des communautés de macroinvertébrés ne reflétait pas de manière significative les effets attendus de la restauration (gain en diversité structurelle), même si certaines espèces sont apparues au fil des années en abondance comme le gastéropode *Theodoxus fluviatilis*. De nouveaux profils bio/écologiques ont bien été caractérisés mais restent rares devant la part importante occupée par des espèces exotiques envahissantes. Les principaux moteurs de la dynamique ne semblent pas directement liés aux effets dissipés des recharges en aval mais aux travaux de restauration en eux-mêmes et aux événements hydrologiques. Ainsi, dès lors que ces recharges sont peu remaniées par l'hydrologie du fleuve (ex. apparition de cordons ripariens stables ou d'annexes végétalisées), des effets indirects tels que l'augmentation en végétaux aquatiques et/ou la modification de l'état chimique/physique du fleuve agissent plus nettement sur la capacité d'accueil du site pour la faune benthique.

4 CONCLUSION

Ces travaux de recherche démontrent que la restauration de la rupture du transport solide grossier n'est pas la seule condition à l'augmentation de la richesse globale du site et à l'apparition de nouveaux profils de macro-invertébrés. L'émergence de nouvelles formes fluviales fonctionnelles a bien favorisé l'apparition de nouveaux taxons d'intérêt mais elle a aussi sensiblement augmenté la perméabilité/sensibilité du milieu aux espèces exotiques envahissantes. D'autres actions de restauration, comme celle de l'érosion maîtrisée avec implantation d'épis transversaux artificiels, réalisé en 2013, ont eu un effet très bénéfique sur la diversification des espèces hébergées (Staentzel et al., 2019). Cependant, cette opération consistait à faciliter l'érosion latérale par les crues pour nourrir le fleuve en sédiments et ainsi créer de nouveaux faciès d'écoulement. Les milieux lenticques créés par cette opération au sein du chenal du Vieux Rhin étaient presque inexistantes avant cette action (uniquement présents dans les annexes végétalisées, parfois en déconnexion avec le chenal central du Vieux Rhin). Dans le cas des recharges sédimentaires, les habitats évoluent peu hormis au lieu de la recharge elle-même. La variation faunistique attendue qui correspond à ces modifications de l'habitat ne peut pas être importante. De plus, le facteur forcément limitant des recharges sédimentaires pour les communautés de macro-invertébrés est son caractère transitoire. La reconstitution de la dynamique des communautés de macro-invertébrés met en évidence ici l'influence nette des travaux de restauration lors de la recharge et questionne l'intérêt de stabiliser certains cordons ripariens, s'éloignant ainsi de l'objectif premier d'une recharge qui est d'activer le transport sédimentaire.

LIST OF REFERENCES

- Chardon, V., Schmitt, L., Arnaud, F., Piégay, H., & Clutier, A. (2021). Efficiency and sustainability of gravel augmentation to restore large regulated rivers: Insights from three experiments on the Rhine River (France/Germany). *Geomorphology*, 380, 107639.
- Mörthl, C., & De Cesare, G. (2021). Sediment Augmentation for River Rehabilitation and Management—A Review. *Land*, 10(12), 1309.
- Staentzel, C., Combroux, I., Barillier, A., Grac, C., Chanez, E., & Beisel, J. N. (2019). Effects of a river restoration project along the Old Rhine River (France-Germany): Response of macroinvertebrate communities. *Ecological Engineering*, 127, 114-124.
- Staentzel, C., Kondolf, G. M., Schmitt, L., Combroux, I., Barillier, A., & Beisel, J. N. (2020). Restoring fluvial forms and processes by gravel augmentation or bank erosion below dams: A systematic review of ecological responses. *Science of The Total Environment*, 706, 135743.