

Restauration hydraulique et écologique du Rhône : retours d'expérience et enseignements

Hydraulic and ecological restoration of the Rhône River: feed-back and lessons

Olivier J.M.¹, Lamouroux N.², Sivade E.³, Zylberblat M.⁴, Castella E.⁵, Piégay H.⁶, Forcellini M.², Mérigoux-Lhopital S.⁷, Riquier J.⁶, Paillex A.⁸, Dolédec S.¹, Vaudor L.⁶, Daufresne M.⁹

¹ Université de Lyon, LEHNA - UMR CNRS 5023, 43 Boulevard du 11 Novembre 1918, F - 69622 Villeurbanne Cedex (corresponding author: jean-michel.olivier@univ-lyon1.fr), ² UR MALY, Irstea – Lyon, Dynam, 5 rue de la Doua - CS 70077, F - 69626 Villeurbanne, ³ Agence de l'Eau RMC, 2-4 allée de Lodz, F - 69363 LYON cedex 07, ⁴ Compagnie Nationale du Rhône, 2 rue André Bonin, F - 69316 Lyon Cedex 04, ⁵ Université de Genève, Faculté des Sciences, Institut des Sciences de l'Environnement, Site Battelle, 7 route de Drize, CH – 1227 Carouge, ⁶ Université de Lyon, UMR CNRS 5600 Environnement, Ville, Société, ENS de LYON, 15 Parvis René Descartes, B.P. 7000, F - 69342 Lyon Cedex 07, ⁷ EDF – CIDEN, Division Environnement - Groupe Impacts sur l'Environnement, 154 avenue Thiers, CS 60018, F - 69458 LYON, ⁸ Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Sciences and Technology, Überlandstrasse 133, P.O. Box 611, CH- 8600 Dübendorf, ⁹ Irstea Aix en Provence, 3275 Route de Cézanne, CS 4006, F - 13182 Aix-en-Provence Cedex 5.

RÉSUMÉ

Depuis 2000, un programme de restauration écologique ambitieux est mis en œuvre sur le Rhône. Il concerne le relèvement des débits minimums dans les sections court-circuitées par les aménagements hydroélectriques à dérivation et la réhabilitation d'annexes fluviales. Un Programme inter - disciplinaire de recherche destiné à évaluer les effets de ces procédures de restauration sur les milieux et les communautés de poissons et de macroinvertébrés aquatiques a été initié dès 1995 et se poursuit actuellement. Il a pour objectif d'identifier et de quantifier i) les facteurs physiques importants modifiés par les procédures de restauration et ii) les effets de ces modifications sur des métriques caractérisant les peuplements aquatiques. L'approche choisie est une approche prédictive permettant *in fine* de confronter les prédictions issues de la modélisation et les observations obtenues lors du suivi post-restauration. Les résultats montrent que l'augmentation des débits minimums a conduit à l'augmentation des espèces typiquement « fluviales » dans les sections court-circuitées et à une augmentation de la diversité beta des communautés de macroinvertébrés dans la plaine alluviale. L'ensemble des résultats constitue un capital de connaissances mobilisable dans le cadre de l'aide à la gestion d'un grand fleuve comme le Rhône.

ABSTRACT

Since 2000, an ambitious ecological restoration program was carried out on the Rhône River (France). The two main restoration measures were the increase of minimum flow in by-passed sections and the floodplain channels rehabilitation. An inter-disciplinary research program was initiated since 1995 to evaluate the effects of restoration measures on both physical habitats and biological components (fish and aquatic macroinvertebrates communities). The objectives were to identify and quantify i) the main physical factors modified by restoration measures and ii) the impacts of these modifications on metrics related to aquatic communities. A predictive approach was chosen allowing the possibility to test the adequation between predictions obtained with models and observed values collected during the post-restoration monitoring. Results showed that the restoration measures increased the proportion of taxa that are fluvial specialists in by-passed channels and the beta diversity of macroinvertebrates communities within the floodplain. These results represent an important amount of knowledge usable for the management of large rivers.

MOTS CLES

Connectivité hydrologique, Modèles d'habitats, Prédiction quantitative, Restauration écologique fluviale, Retour d'expérience.

1 INTRODUCTION

Le programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône français a été lancé officiellement en 1998 suite à une combinaison d'initiatives locales, régionales et nationales. Intégré en 2007 dans un programme inter-régional de développement durable, le "Plan Rhône", il combine l'augmentation des débits réservés dans les tronçons court-circuités par les aménagements hydroélectriques et la restauration de la connectivité latérale au sein des chenaux annexes de la plaine alluviale. Parallèlement, des travaux importants sont mis en œuvre pour restaurer la continuité longitudinale pour favoriser les espèces migratrices (alose, anguille, lamproies). La restauration a débuté en 2000 et se poursuit actuellement. Initialement, l'augmentation des débits minimums a concerné en priorité 8 sections court-circuitées du Rhône, réparties sur un linéaire d'environ 300 km, et pour lesquelles la pertinence des enjeux écologiques avait été identifiée. La réhabilitation des annexes fluviales, en cours ou achevée, concerne actuellement une trentaine d'anciens bras. Les travaux ont pour principal objectif de recréer des chenaux en voie d'atterrissement et de modifier les modalités de connectivité hydrologique avec le chenal principal actif, créant ainsi une diversité d'annexes fluviales restaurées allant des milieux très lenticques à des bras secondaires lotiques. L'Etat, la Compagnie Nationale du Rhône et les gestionnaires ont souhaité mobiliser la communauté scientifique dès le démarrage du projet de restauration afin de développer et mettre en œuvre des méthodes destinées à rendre compte des effets des procédures de restauration physique du milieu fluvial. La démarche adoptée consiste à développer des modèles permettant de prédire les changements de structure des communautés biologiques (essentiellement poissons et macroinvertébrés benthiques) en lien avec les changements des caractéristiques de l'habitat physique. Elle repose sur l'utilisation de données physiques et biologiques collectées avant et après restauration. Ainsi, par exemple, l'évaluation des effets des augmentations de débits réservés dans les sections court-circuitées repose sur une description des changements des caractéristiques physiques de l'habitat en fonction du débit et sur l'utilisation de courbes de préférence des espèces les plus abondantes. Dans les annexes fluviales, les changements induits par la restauration sont essentiellement analysés en lien avec les modifications de connectivité hydrologique. L'objectif de cette communication est de présenter les résultats majeurs de ce programme de recherche mis en œuvre sur les 4 sites restaurés avant 2014. Il est destiné à évaluer les effets de la restauration du Rhône et à tirer les leçons générales de cette expérience originale, spécialement en termes de transférabilité et d'aide à la gestion.

2 METHODE

2.1 Evaluation des effets des augmentations de débits minimums

Les changements des caractéristiques physiques de l'habitat en fonction des valeurs de débit sont prédits avec des modèles hydrauliques statistiques simples qui décrivent les fréquences de distribution de variables ayant une influence forte sur la distribution des organismes aquatiques : les contraintes au fond (shear stress) pour les macroinvertébrés benthiques, et la vitesse de courant et la profondeur pour les poissons. Des modèles de préférence des invertébrés et des poissons vis-à-vis de ces variables sont couplés à ces modèles hydrauliques pour estimer les modifications de densités des organismes et la combinaison des traits biologiques dans les communautés liées aux changements de valeurs de débit réservés. Cette démarche permet d'identifier des espèces (ou des taxons) dont les densités peuvent varier, en augmentant ou en diminuant, de manière significative en réponse aux augmentations de débits réservés (Lamouroux & Olivier, 2014 ; Méricoux *et al.*, sous presse).

2.2 Evaluation des effets de la restauration des annexes fluviales

2.2.1 Analyse morpho-sédimentaire

Le niveau des connaissances des caractéristiques hydrologiques, hydrauliques et sédimentaires étant très faible au début du programme, des modèles statistiques originaux ont été développés pour relier la dynamique sédimentaire à des variables telles que la fréquence de passage des crues et leur intensité (Riquier *et al.*, sous presse).

2.2.2 Analyse des changements au sein des communautés de macroinvertébrés benthiques

Des données ont été collectées avant et après restauration dans 2 secteurs du Rhône en amont de Lyon et dans 5 types d'annexes fluviales : des annexes non-restaurées lotiques et lenticques (témoins), des annexes restaurées par dragage, des annexes soumises à l'augmentation des débits minimums et des annexes reconnectées directement au chenal principal courant. Des modèles additifs

généralisés (GAM) ont été utilisés pour relier les variations de log-densités après restauration à un indice de connectivité latérale établi par combinaison de 4 variables prenant en compte la qualité du sédiment, la couverture végétale et conductivité électrique de l'eau. Des GAM ont également été utilisés pour prédire les changements de densité de taxons entre les sites (mesure de la diversité beta) afin de valider l'hypothèse que la restauration induit bien une augmentation de la diversité des types d'habitats au sein de la plaine alluviale et de la faune associée.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Evaluation des effets des augmentations de débits minimums

Pour de nombreuses espèces de poissons et de macroinvertébrés des chenaux court-circuités des validations des prédictions ont été obtenues. Les prédictions sont particulièrement précises dans les sites où le changement de débit minimum est fort. En revanche, les conclusions sont plus floues dans les sites où les changements de débit minimum sont inférieurs à un facteur 2.

3.2 Evaluation des effets de la restauration des annexes fluviales

3.2.1 Analyse morpho-sédimentaire

L'analyse post-restauration des conditions granulométriques a permis d'identifier quatre principaux types de modalités de sédimentation caractérisant les annexes suivies après restauration. Ces modalités sont régies par des conditions hydrauliques différentes dépendant essentiellement des caractéristiques de connectivité hydrologique : fréquence des événements débordants à l'amont et intensité des débordements (contraintes de cisaillement maximales exercée sur le lit).

3.2.2 Analyse des changements au sein des communautés de macroinvertébrés benthiques

Des validations correctes de prédictions ont été obtenues dans les annexes complètement reconnectés au chenal principal. Néanmoins, la relation densités prédites / densités observées pour les annexes fluviales reconnectées reste complexe. La possibilité de prédire les changements faunistiques dans l'ensemble des types d'annexes restaurées devra s'appuyer sur la recherche d'autres variables explicatives déterminantes. D'un point de vue général, la restauration a favorisé à la fois des communautés d'eaux plus "courantes", mais surtout une plus grande diversité des communautés à l'échelle de la plaine alluviale (diversité beta).

4 CONCLUSION

Les résultats obtenus dans le cadre de l'évaluation des effets des procédures de restauration hydraulique et écologiques mises en œuvre dans le Rhône ont permis de valider la pertinence de l'approche prédictive utilisée. L'évaluation des effets de la restauration physique du fleuve constituait un challenge important compte-tenu de la diversité des facteurs pouvant induire des variations spatio-temporelles importantes des composantes physiques et biologiques du fleuve (évolution du climat, contraintes liées à l'aménagement et la gestion...). Les résultats concernant la confrontation des changements de densité de taxons prédits et des changements observés montrent que lorsque les modifications de débits sont importantes, la concordance entre valeurs prédites et valeurs observées est bonne. Dans le cas des annexes fluviales, le développement de modèles prédictifs devra être poursuivi, notamment en raison du grand nombre de facteurs pouvant conditionner la présence et la densité des espèces. Ce programme a également constitué une occasion unique de quantifier la capacité d'un protocole de suivi donné à détecter des changements d'abondance des espèces, ce qui représente également un retour d'expérience important. Les résultats soulignent l'importance des suivis long-terme. Ce retour d'expérience constitue un capital important pour optimiser la gestion des sites restaurés et la définition des objectifs écologiques des sites candidats à la restauration.

BIBLIOGRAPHIE

- Lamouroux N. & Olivier J.-M. (2014) Testing predictions of changes in fish abundance and community structure after flow restoration in four reaches of a large river (French Rhône). *Freshwater Biology*, doi:10.1111/fwb.12324.
- Mérigoux S., Forcellini M., Dessaix J., Fruget J.-F., Lamouroux N. & Statzner B. (sous presse) Testing predictions of changes in benthic invertebrate abundance and community structure after flow restoration in a large river (French Rhône). *Freshwater Biology*.
- Riquier J., Piégay H. & Sülc Michalkova M. (sous presse) Hydromorphological conditions in 18 restored floodplain channels of a large river: linking patterns to processes. *Freshwater Biology*.