

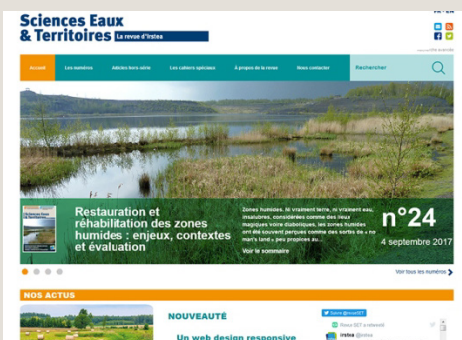
Sciences Eaux & Territoires

Article hors-série numéro 81

Rétablir la connexion latérale des rivières en démantelant d'anciens ouvrages de protection : premiers résultats d'une étude pluriannuelle sur le Rhône

Philippe JANSSEN, André EVETTE,
Hervé PIÉGAY et Bernard PONT

www.set-revue.fr



Sciences Eaux & Territoires

Article hors-série numéro 81 – 2021

Directeur de la publication : Philippe Mauguin

Comité éditorial : Stéphanie Gaucherand, Véronique Gouy, Alain Hénaut, Ghislain Huyghe, Emmanuelle Jannès-Ober, Nicolas de Menthière, Delphine Mézière, Sébastien Michel, Thierry Mougey, Gaëlle Tallec et Michel Vallance

Coordination éditoriale : Sabine Arbeille

Secrétariat de rédaction, mise en page et suivi d'édition : Valérie Pagneux

Infographie : Françoise Peyriguer

Conception de la maquette : Cbat

Contact édition et administration : INRAE-DipSO

1 rue Pierre-Gilles de Gennes – CS 10030

92761 Antony Cedex

Tél. : 01 40 96 61 21 – Fax : 01 40 96 61 64

E-mail : set-revue@inrae.fr

Numéro paritaire : 0511 B 07860 – Dépôt légal : à parution – N°ISSN : 2109-3016

Photo de couverture : © B. Pont - CEN Isère

Rétablir la connexion latérale des rivières en démantelant d'anciens ouvrages de protection : premiers résultats d'une étude pluriannuelle sur le Rhône

Fleuve fortement aménagé, le Rhône fait l'objet depuis plus de vingt ans de nombreux travaux de restauration écologique et hydraulique, accompagnés d'un programme scientifique de suivi et d'évaluation des effets des actions sur les milieux et la biodiversité. Dans ce contexte, d'anciens ouvrages de protection des berges ont été démantelés avec comme objectifs le développement d'espèces végétales liées au fleuve et la création de milieux nouveaux pour favoriser une dynamique latérale du Rhône. Dans cet article, les chercheurs nous présentent les premiers résultats prometteurs du suivi des sites restaurés et proposent des actions de restauration et de gestion pour le futur.



Le récent rapport de l'IPBES¹ pointe la responsabilité de l'Homme dans le déclin rapide, massif et continu de la biodiversité. À l'échelle planétaire, 75 % des habitats terrestres sont ainsi sévèrement altérés par les activités humaines. Pour faire face à cette crise écologique et anthropique majeure, il est fondamental de développer des solutions de préservation et de restauration de la biodiversité.

La restauration écologique se fixe pour objectif d'initier ou d'accélérer l'autoréparation d'un écosystème dégradé, endommagé ou détruit. Cela passe par la mise en place d'actions intentionnelles, actives ou passives, visant à ramener l'écosystème dégradé aussi près que possible de l'écosystème antérieur, dans sa composition, sa structure et son fonctionnement écologique. Cet objectif ambitieux est cependant souvent irréaliste compte tenu de l'ampleur des dégradations et des changements environnementaux en cours qui conditionnent les trajectoires écologiques des écosystèmes. Dans ce cadre, une approche pragmatique de l'écologie de la restauration peut être de chercher à développer des solutions de compromis entre amélioration des conditions écologiques et pérennisation des enjeux socio-économiques.

Restaurer les hydrosystèmes dégradés

Parmi la diversité des écosystèmes impactés par les activités humaines, les hydrosystèmes tiennent une place de choix. Massivement modifiées par des barrages et des digues (photo 1), de nombreuses rivières européennes ont vu leur espace de liberté se réduire à un chenal unique, morphologiquement homogène. Ajouté aux diverses pollutions, aux extractions de granulats et aux multiples usages de l'eau qui impactent les communautés aquatiques et riveraines mais aussi aux changements d'occupation du sol dans les bassins versants qui altèrent les dynamiques sédimentaires, ces modifications ont profondément et durablement affecté le fonctionnement des hydrosystèmes.

Conscient des liens qui unissent qualité des eaux, dynamique hydro-sédimentaire et biodiversité, de plus en plus de projets de restauration visent à redonner aux rivières un plus grand espace de liberté. En effaçant des barrages devenus obsolètes ou en démantelant des ouvrages de protection de berge ou des digues contraignant l'expression des processus hydro-géomorphologiques, il est attendu des effets bénéfiques sur les habitats et espèces associées, mais aussi sur la régulation des inondations ou le développement de nouvelles activités socio-économiques.

1. *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* ; en français : Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques.

❶ Dans la deuxième moitié du vingtième siècle, les nombreux aménagements construits sur le Rhône – barrages, canaux de dérivation, usines hydroélectriques – ont profondément modifié le fonctionnement hydrologique et écologique du fleuve.



© savoieleyse - Adobe Stock

Le Rhône, un archétype des hydrosystèmes anthropisés

Le fleuve le plus puissant d'Europe occupait, il y a deux siècles à peine, un lit majeur de plusieurs kilomètres de large au sein duquel de nombreux bras en eau s'entrelaçaient. Suite à une première phase d'aménagement (1860-1930), caractérisée par la construction d'une combinaison de digues submersibles et d'épis (les « casiers Girardon »), contraignant le cours du fleuve de Lyon à Arles, la géométrie du chenal a été simplifiée et stabilisée. Une seconde phase d'aménagement (1948-1986), caractérisée par la construction de dix-neuf barrages et de dix-sept canaux de dérivation dédiés à la production hydroélectrique, a, elle, profondément modifié les flux d'eau et de sédiments dans les sections du Rhône court-circuitées (RCC, également appelé « Vieux Rhône »). Ces travaux de rectification et de dérivation ont eu pour conséquence de modifier le fonctionnement hydrogéomorphologique et écologique du fleuve.

Aujourd'hui, le Rhône est segmenté en plusieurs tronçons, mettant en parallèle canal de dérivation et RCC. En conditions normales d'écoulement, le débit est principalement détourné dans le canal et seul un débit résiduel minimal est acheminé dans le RCC. Lorsque le débit amont dépasse la capacité de la centrale hydroélectrique, le débit excédentaire et une partie du charriage accumulé, lorsque celui-ci existe encore, sont alors restitués au RCC. Cependant et malgré la forte dégradation des habitats aquatiques et riverains dans les RCC, ces tronçons présentent localement des enjeux forts de conservation et sont considérés comme étant les plus à même d'accueillir une biodiversité « typique » du fleuve comparativement aux sections très aménagées. Plusieurs RCC font ainsi l'objet de travaux de restauration.

Restaurer la qualité écologique du fleuve Rhône : un programme ambitieux

De par son caractère très aménagé et la multitude des enjeux anthropiques associés à sa gestion – risque inondation, hydroélectricité, navigation, eau potable et irrigation, loisirs – la restauration écologique du Rhône ne peut se limiter à des actions localisées ciblant des enjeux spécifiques. Dans ce cadre, une première phase de restauration incluant plusieurs RCC, a été initiée en 1998 avec pour objectif de retrouver des habitats lotiques dans le lit du fleuve et d'améliorer la diversité des habitats aquatiques dans la plaine d'inondation. Deux mesures principales ont été prises : augmentation des débits réservés et reconnexion de plusieurs chenaux abandonnés (lônes). Les suivis des effets de ces travaux sur l'évolution morphologique des formes fluviales, réalisés dans le cadre de l'Observatoire des sédiments du Rhône (<http://www.graie.org/osr>), et sur la réponse des communautés aquatiques, réalisés dans le cadre du programme RhônEco (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr/>), ont montré des résultats très positifs : diversification des régimes d'écoulement, des profils granulométriques et des communautés de macro-invertébrés benthiques (GRAIE, 2016).

Une seconde phase de restauration, basée sur la réactivation des processus hydro-géomorphologiques dans le bras principal de certains RCC est en cours. Elle consiste d'une part, en une réintroduction artificielle de sédiments (graviers, galets) afin de redynamiser le transport sédimentaire dans le lit et d'améliorer les habitats aquatiques et riverains associés et, d'autre part, en un démantèlement d'une partie des ouvrages historiques latéraux de protection, afin de réinitialiser l'érosion des berges et de favoriser le développement de formes alluviales nouvelles. Au-delà des enjeux écologiques, il est attendu que ces opérations favo-

► risent un élargissement local du lit du fleuve et permettent également de répondre à des enjeux hydrauliques, avec une meilleure maîtrise des inondations.

Démanteler les casiers Girardons : pourquoi, comment ?

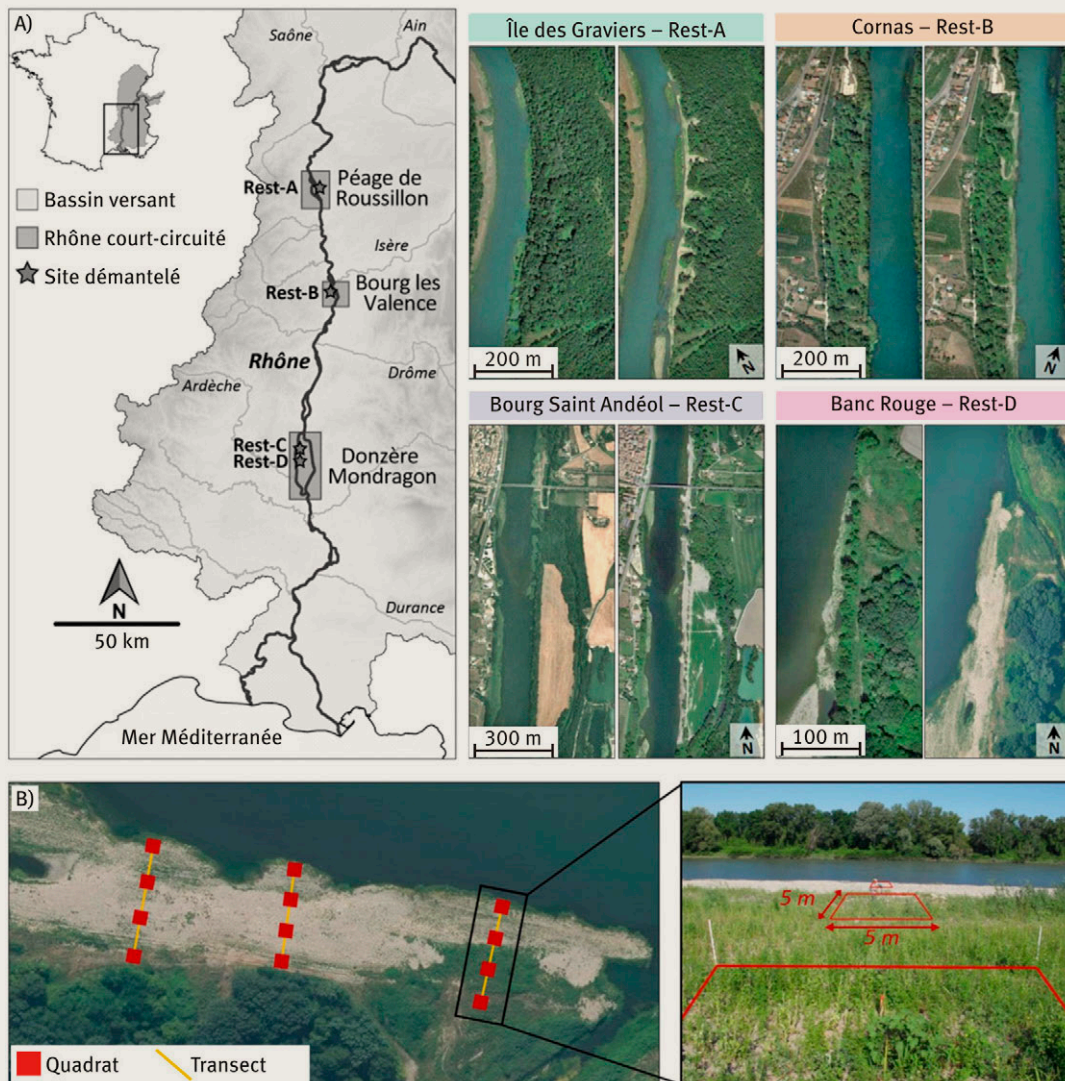
En cohérence avec les objectifs du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2016-2021 d'atteinte du bon potentiel des masses d'eau dans les RCC, les travaux de démantèlement des ouvrages historiques doivent permettre de :

- favoriser le développement d'espèces liées au fleuve et à ses milieux humides ;
- favoriser une dynamique latérale du fleuve avec la création de milieux nouveaux ;
- restaurer le fonctionnement hydraulique et écologique des milieux riverains.

Dans ce cadre, une étude prospective a été réalisée par l'Observatoire des sédiments du Rhône et plusieurs sites à haut potentiel de réactivation ont été identifiés (Gaydou et Bravard, 2013). Après concertation avec les services de l'État et la Compagnie nationale du Rhône (CNR, maître d'ouvrage), vingt-six sites ont été présélectionnés et ont fait l'objet d'une étude d'opportunité en 2015. Cette étude a permis de retenir treize de ces sites et de les hiérarchiser (CNR ingénierie, 2016).

Depuis 2017, quatre sites ont été démantelés (figure 1-A) : Ile des graviers (RCC de Péage de Roussillon, 2017, 1 000 ml), Bourg Saint Andéol (RCC de Donzère-Mondragon, 2017, 1 600 ml), Banc rouge (RCC de Donzère-Mondragon, 2018, 400 ml) et Cornas (RCC de Bourg les Valence, 2019, 900 ml). Les travaux ont consisté à démonter les ouvrages transversaux et une partie des ouvrages longitudinaux dans l'emprise des sites identifiés, à évacuer les enroche-

1 Localisation des tronçons étudiés le long du Rhône (RCC), emprise des travaux pour les quatre sites démantelés, avant et après le reprofilage des marges (A, photos aériennes Google Earth), et forme du dispositif utilisé pour échantillonner la végétation riveraine à l'échelle du site et du transect (B).



ments et à retravailler les berges pour favoriser des profils topographiques contrastés (abrupte pour permettre la reprise des alluvions stockés par érosion, ou en pente douce pour faciliter une plus grande fréquence d'inondation). Aussi, afin de limiter la colonisation des surfaces mises à nues par les renouées asiatiques, les alluvions ont été criblées et concassées pour éliminer les rhizomes.

Quels effets des travaux de démantèlement sur les communautés riveraines ?

Pour comprendre la réponse des communautés de plantes riveraines aux travaux de restauration, un suivi de plusieurs paramètres environnementaux et de la végétation a été mis en place dès 2017. Couvrant désormais les quatre sites démantelés, cette étude se place dans le cadre des travaux de l'Observatoire Hommes-Milieu Vallée du Rhône (<https://ohm-vallee-du-rhone.in2p3.fr>) et est financée par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, dans le cadre du Plan Rhône (<https://www.plan-rhone.fr>), avec un appui de la CNR. Il s'agit plus spécifiquement :

- de caractériser les propriétés topographiques et pédologiques des marges restaurées, mais aussi leur évolution temporelle ;
- d'évaluer les effets des travaux sur la structure – richesse et composition – et la dynamique – trajectoires de succession – des communautés végétales.

L'objectif finalisé est de juger de la plus-value écologique des travaux de démantèlement pour la biodiversité riveraine, et ainsi de contribuer à orienter les futurs travaux de restauration du fleuve.

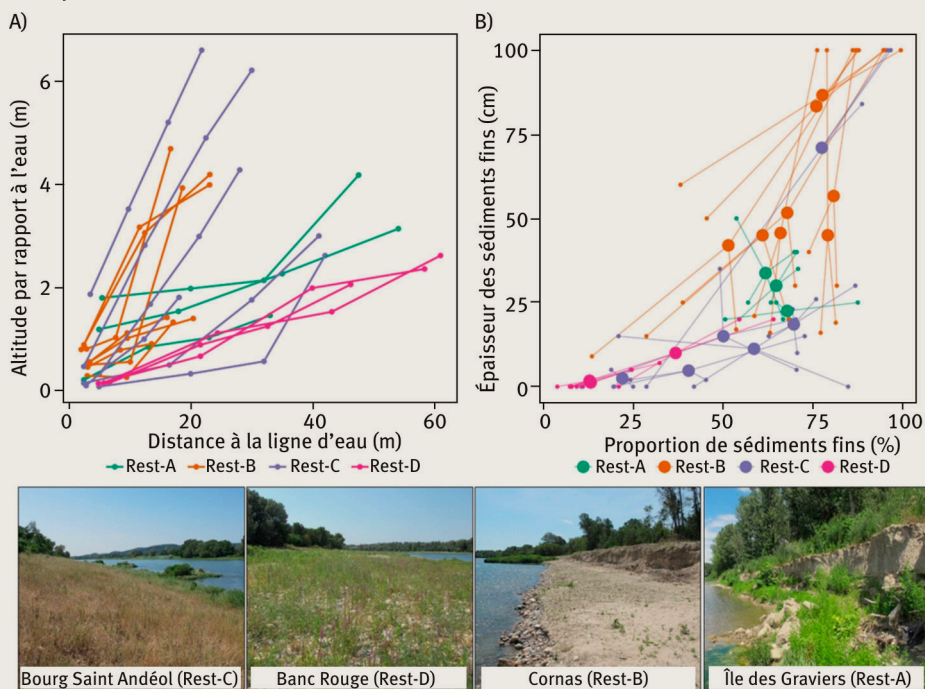
Pour ce faire, une approche standardisée a été développée et répliquée sur chacun des sites (figure 1-B). Elle consiste en la caractérisation des communautés riveraines via des relevés exhaustifs de la végétation dans des quadrats de 25 m² répartis le long de plusieurs transects perpendiculaires à la ligne d'eau et couvrant un gradient topographique marqué. Ces relevés sont associés :

- à une géolocalisation centimétrique du centre des quadrats, permettant un repositionnement précis entre années ;
- à des relevés topographiques, permettant de mesurer précisément la distance et la différence d'altitude entre le centre des quadrats et la ligne d'eau ;
- et à des relevés pédologiques, permettant de caractériser l'épaisseur des sédiments fins (limons) mais aussi leur proportion dans les trente premiers centimètres (via le tamisage d'échantillons prélevés *in situ*).

Caractéristiques et dynamique des marges riveraines restaurées

Les travaux de démantèlement et de reprofilage ont favorisé la création de marges alluviales diversifiées et présentant des profils très différents. Par exemple, les relevés topographiques et pédologiques permettent de montrer que le site de Banc Rouge présente un profil en pente douce avec des surfaces très largement constituées de sédiments grossiers alors que le site de Cornas présente des profils plus contrastés mais avec des surfaces toujours fortement dominées par les sédiments fins (figure 2). Aussi, l'emprise latérale des travaux varie entre les sites, avec un travail de reprofilage concentré sur une bande moins large pour les sites de Cornas et de Bourg Saint

2 Profil topographique (A) et pédologique (B) des marges démantelées à l'endroit des quadrats mis en place pour échantillonner la végétation riveraine (B), les petits points indiquent les valeurs mesurées à l'échelle du quadrat, les grands points indiquent les valeurs moyennes à l'échelle du transect. La diversité des marges alluviales résultant des opérations de reprofilage est également illustrée pour les quatre sites étudiés.



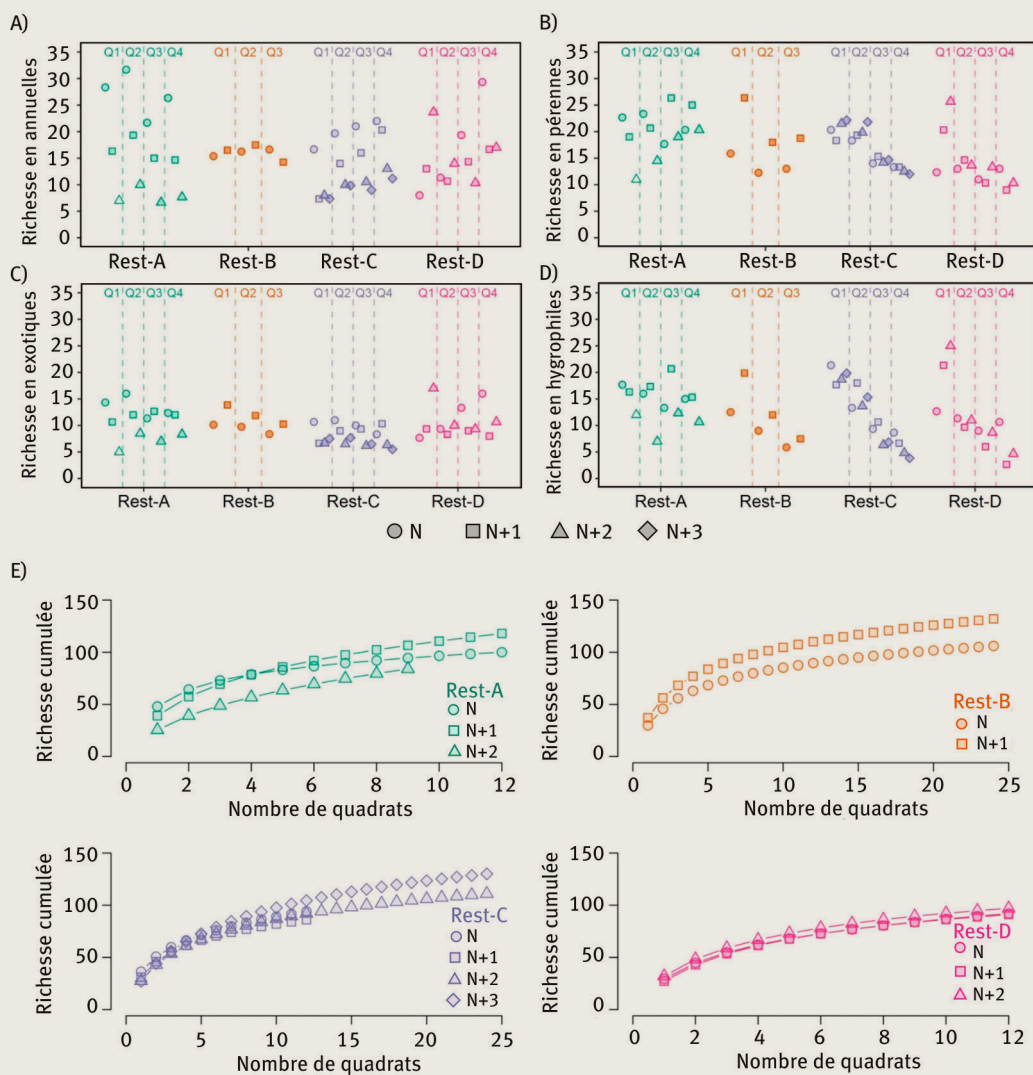
► Andéol. Concernant la texture du sol, de fortes disparités existent là aussi avec à la fois des proportions et des accumulations en sédiments fins bien plus importantes pour les sites de Cornas et dans une moindre mesure de l'Île des Gravieres.

Le suivi temporel des paramètres environnementaux montre une relative stabilité des quatre sites restaurés. Cela est sans doute lié à la faible dynamique fluviale au sein des RCC et à l'absence de crues significatives depuis la mise en place des suivis. Cependant, localement et pour les quadrats situés les plus proches de la ligne d'eau, une certaine dynamique a pu être observée avec une érosion latérale des surfaces reprofilées (comme illustrée sur la photo de l'île des Gravieres, figure 2). Cette avancée de la ligne d'eau a notamment obligé le repositionnement de deux quadrats sur des surfaces voisines pour le site de Bourg Saint Andéol et laisse envisager un possible remaniement des surfaces restaurées à la faveur de crues plus importantes.

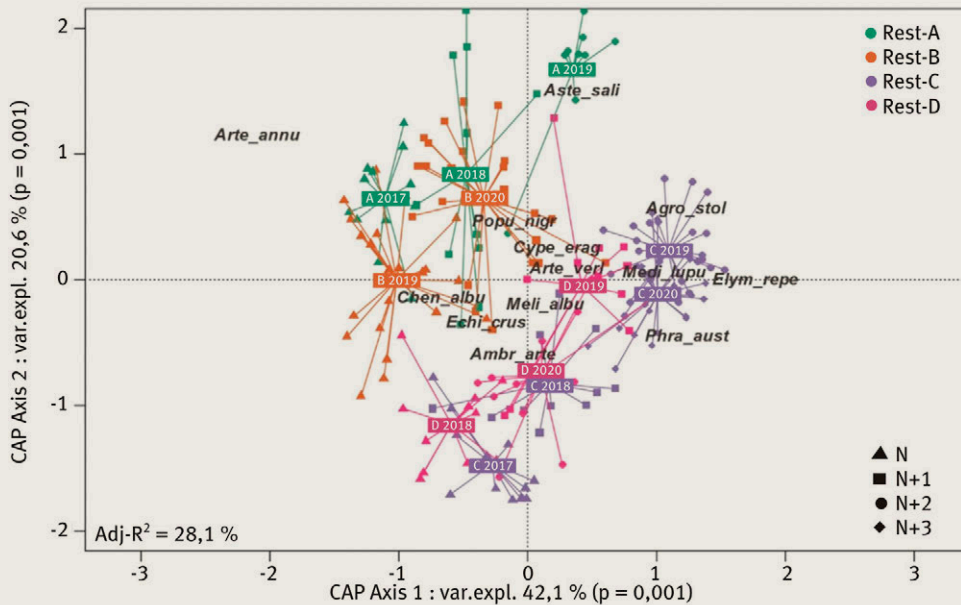
Réponse des communautés riveraines au démantèlement des ouvrages

Les surfaces restaurées ont été rapidement recolonisées par une large diversité de plantes (figure 3), avec une moyenne de trente-trois espèces répertoriées par quadrat (minimum = 16, maximum = 66). Cet établissement rapide des espèces s'explique principalement par la germination des graines de la banque de sol, favorisée par l'ouverture brusque du couvert lors des travaux de déboisement suivis du remaniement des sédiments lors du reprofilage des marges, permettant ainsi d'initier la succession secondaire. Spécifiquement, les premiers stades de cette succession ont pu bénéficier aux propagules d'espèces présentes sous forme végétative sur les sites avant travaux dans les différentes strates, incluant des espèces ayant de faibles effectifs ou recouvrements, mais aussi à des espèces a priori absentes à l'état végétatif mais persistantes sur le long terme sous forme de graines dans le sol. Cela est particulièrement le cas

3 Variation de la richesse moyenne, à l'échelle du quadrat, des espèces de plantes annuelles (A), pérennes (B), exotiques (C) et de la richesse totale cumulée, à l'échelle du site (E), en fonction du temps écoulé depuis l'achèvement des travaux (Q1 = quadrat proche de la ligne d'eau, Q4 = quadrat éloigné de la ligne d'eau ; Rest-A = île des Gravieres, Rest-B = Cornas, Rest-C = Bourg-St-Andéol, Rest-D = Banc Rouge).



④ Variation de la composition en espèces de plantes riveraines pour chaque site démantelé en fonction du temps écoulé depuis l'achèvement des travaux. Les espèces les plus abondantes sont également représentées : *Agro_stol* = *Agrostis stolonifera*, *Ambr_arte* = *Ambrosia artemisiifolia*, *Arte_annu* = *Artemisia annua*, *Arte_verl* = *Artemisia verlotiorum*, *Aste_sali* = *Aster x salignus*, *Chen_alba* = *Chenopodium album*, *Cype_erag* = *Cyperus eragrostis*, *Echi_crus* = *Echinochloa crus-galli*, *Elym_repe* = *Elymus repens*, *Medi_lupu* = *Medicago lupulina*, *Meli_albu* = *Melilotus albus*, *Phra_aust* = *Phragmites australis*, *Popu_nigr* = *Populus nigra* (Rest-A = île des Gravieres, Rest-B = Cornas, Rest-C = Bourg-St-Andéol, Rest-D = Banc Rouge).



pour de nombreuses espèces annuelles (*Chenopodium album*), parfois exotiques (*Artemisia annua*, *Ambrosia artemisiifolia*), qui, sur les quatre sites étudiés, ont colonisé avec de forts recouvrements les surfaces restaurées la première année après travaux (figure ④).

Le suivi temporel de la végétation a en revanche mis en évidence des différences dans l'évolution de la richesse en espèces entre les sites. Sur l'île des graviers (Rest-A) et Bourg Saint Andéol (Rest-C) une diminution de la richesse moyenne a ainsi été mesurée au cours des années, principalement due au déclin massif des espèces annuelles (figure ⑤-A). À l'inverse, sur Cornas (Rest-B) et Banc Rouge (Rest-D), une augmentation de la richesse a été mesurée, plus spécifiquement au niveau des quadrats les plus proches de la ligne d'eau (figure ⑤). Cela s'explique notamment par l'installation sur ces sites d'espèces hygrophiles pérennes (figure ⑤-B-D), indigènes (*Phragmites australis*, *Rorippa sylvestris*, *Lythrum salicaria*) ou exotiques (*Cyperus eragrostis*, *Ludwigia peploides*), au niveau des surfaces fréquemment inondées et majoritairement constituées de sédiments grossiers. Cependant, il est intéressant de noter que les variations de richesse moyenne à l'échelle du quadrat ne sont pas associées à une diminution de la richesse totale à l'échelle du site, au contraire (figure ⑤-E). Cela indique que la composition taxonomique des quadrats s'indivi-

dualise dans le temps, c'est-à-dire que des communautés riveraines composées de moins d'espèces mais d'espèces distinctes se mettent en place (figure ④). Cette réponse traduit une structuration progressive des communautés le long du gradient d'inondation et reflète l'adaptation des espèces à la diversité des conditions environnementales locales recrées.

Trajectoires de succession des communautés riveraines

Les premiers résultats, correspondant au mieux à quatre années d'observation, montrent une certaine cohérence dans les trajectoires de succession des communautés entre les sites. Ainsi, malgré un fort effet spatial opposant les communautés du nord et du sud le long du corridor rhodanien, illustré par le second axe de variation de la figure ④, les changements de composition en espèces sur les sites étaient surtout expliqués par un effet temporel (premier axe de variation). Aussi, malgré un décalage temporel dans l'exécution des travaux entre les sites (de 2017 à 2019), donc dans la caractérisation des communautés, les résultats ramenés à un pas de temps après travaux équivalent montrent que les compositions taxonomiques des sites du nord et de ceux du sud sont très proches. Cela montre que, sur les quatre sites étudiés, les changements de composition s'opèrent dans la même direction et suggère que

► les résultats obtenus sont représentatifs des premières phases de la dynamique de succession des communautés de plantes riveraines sur le Rhône.

Spécifiquement, les changements de composition peuvent être illustrés par les variations de recouvrement de quelques espèces structurantes (figure 4). Ainsi, suite à la colonisation rapide des zones démantelées par les annuelles (*Artemisia annua*, *Chenopodium album*), des espèces bisannuelles (*Medicago lupulina*, *Melilotus albus*) et vivaces (*Agrostis stolonifera*, *Phragmites australis*) vont progressivement s'installer. De même, des semis de plus en plus importants de ligneux pionniers (*Populus nigra*, *Salix alba*, *Acer negundo*) vont se développer, surtout au niveau des parties basses connectées au fleuve, alors que les parties hautes des marges, surtout si elles sont dominées par les sédiments fins, vont être occupées par des vivaces à forts recouvrements (*Elymus repens*, *Aster x salignus*). Il est également intéressant de souligner que, parmi les quinze espèces ayant les plus forts recouvrements sur les zones démantelées, cinq sont citées comme espèces exotiques potentiellement envahissantes dans le bassin Rhône-Méditerranée et Corse : *Ambrosia artemisiifolia*, *Artemisia annua*, *Artemisia verlotiorum*, *Aster x salignus*, *Cyperus eragrostis*.

Enfin, deux particularités ressortent de ces premières années de suivi (figure 4) :

- sur le site de Bourg Saint Andéol (Rest-C), la dynamique des communautés semble se stabiliser au bout de trois ans, dans le sens où les espèces inventoriées dans les quadrats en 2019 et 2020 occupent quasiment la même position dans l'espace factoriel ;
- sur le site de Banc Rouge (Rest-D), la succession a été régressive entre les années 2019 et 2020. Cela traduit la réponse directe des communautés aux opérations de charrage conduites par la CNR sur les bancs alluvionnaires pour éviter la colonisation par les ligneux. Ce rajeunissement « forcé » de la zone démantelée a eu pour conséquence d'interrompre la succession et de ramener les communautés à un niveau intermédiaire entre les années N et N+1 après travaux.

Plus-value écologique des travaux et éléments de réflexion

En déboisant, en évacuant les enrochements et en reprofilant les marges, les travaux de démantèlement ont indéniablement recréé des conditions environnementales diversifiées dans les RCC concernés. Ces surfaces nouvelles ont permis la colonisation d'une large diversité d'espèces, entraînant une augmentation de la biodiversité. Pas moins de 243 espèces ont ainsi été inventoriées sur les quatre sites, incluant deux espèces patrimoniales (*Butomus umbellatus* et *Ranunculus sceleratus*). Le façonnement de profils topographiques contrastés a également permis une certaine reconnexion des marges au fleuve et l'expression de communautés plus hygrophiles (figure 5-D). Les niveaux bas des sites restaurés accueillent ainsi, par endroits, des formations pionnières d'annuelles caractéristiques des vases/limons, périodiquement inondés, constituées de petites persicaires (*Persicaria mitis*, *P. lapathifolium*, *P. hydropiper*), bidens (*Bidens frondosa*, *B. tripartita*) et petits souchets (*Cyperus fuscus*).

Plus globalement, et comparativement aux milieux riverains du lit du Rhône, il a été montré que les communautés des marges restaurées s'orientaient dans la même direction, et donc que les travaux permettaient de restaurer des communautés typiques du fleuve (Janssen *et al.*, 2019). Cependant, comme la plupart des milieux alluviaux rhodaniens, les surfaces restaurées sont colonisées par de nombreuses exotiques, quarante-six espèces recensées, incluant certaines envahissantes. Associé à une forte régulation des débits dans les RCC, qui limite l'expression d'une partie des processus hydro-géomorphologiques, il est prévisible que des ligneux (*Populus spp.*, *Salix spp.*) et des herbacées compétitives (*Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*) s'installent rapidement et durablement sur ces surfaces, au détriment des pionnières, et entraînent une certaine homogénéisation des communautés. En effet, en l'absence d'épisodes hydrologiques morphogènes capables de mettre en mouvement des quantités significatives d'alluvions, comme enregistré sur le site de l'île des Gravieres (Rest-A) entre les années N et N+1, la pleine expression de la succession végétale est compromise. Les choix de gestion qui seront fait alors conditionneront les trajectoires des communautés, comme illustré avec le site de Banc Rouge (Rest-D). Ces premiers résultats montrent bien que, dans des hydrosystèmes très anthropisés, la restauration écologique doit être pensée dans toutes ses dimensions, et qu'un compromis entre gains écologiques et dégradations potentielles doit être trouvé. Le cas du Rhône illustre cette ambivalence et invite au déploiement d'actions de restauration plus fonctionnelles, basées sur l'effacement des contraintes latérales, comme ici présentées, mais aussi sur la réactivation des capacités érosives du fleuve dans les RCC. Cette réactivation pourrait passer par une double approche ciblant d'une part, une augmentation du transport solide *via* des recharges sédimentaires, d'autre part, une renaturation des débits *via* un calage sur les variations naturelles du fleuve en amont des ouvrages de dérivation. Cette renaturation des débits concerne notamment les phases de crues potentiellement morphogènes, qui en l'état sont largement laminées par la dérivation en deçà des événements de fréquence cinquantennale. ■

Les auteurs

Philippe JANSSEN et André EVETTE,
Univ. Grenoble Alpes, INRAE, LESSEM,
F-38000 Grenoble, France.

✉ philippe.janssen@inrae.fr
✉ andre.evette@inrae.fr

Hervé PIÉGAY
Université de Lyon, UMR 5600 Environnement
Ville Société, CNRS, Site ENS de Lyon,
15 Parvis René Descartes, BP 7000,
F-69342 Lyon Cedex 07, France.

✉ herve.piegay@ens-lyon.fr

Bernard PONT
Réserve Naturelle Nationale de l'île de la Platière,
Conservatoire des Espaces Naturels de l'Isère,
Ferme des Oves, Chemin de la trailla de Limony,
F-38550 Le Péage de Roussillon, France.

✉ bernard.pont@cen-isere.org



EN SAVOIR PLUS...

▣ **CNR INGÉNIERIE**, 2016, *Réactivation de la dynamique fluviale sur le Rhône, Actions sur les marges fluviales, Étude d'opportunité*, Compagnie nationale du Rhône, Lyon, 38 p.,

📄 http://www.graie.org/zabr/zabrdoc/actualites/2016.04_DI-ECS_16-058A-Opportunit%C3%A9_marges-Annexes.pdf

▣ **JANSSEN, P., PIEGAY, H., PONT, B., EVETTE, A.**, 2019, How maintenance and restoration measures mediate the response of riparian plant functional composition to environmental gradients on channel margins: insights from a highly degraded large river, *Science of the Total Environment*, vol. 656, p. 1312-1325, 📄 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.434>

▣ **GAYDOU, P., BRAVARD, J.-P.**, 2013, *Schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône*, Rapport de synthèse, Observatoire des sédiments du Rhône, UMR 5600 EVS, 97 p.,

📄 <http://www.graie.org/portail/schema-directeur-de-reactivation-de-dynamique-fluviale-marges-rhone/>

▣ **GRAIE**, 2016, *Le suivi scientifique de la restauration hydraulique et écologique du Rhône 2000-2015 : Évaluer et comprendre pour mieux agir*, Groupe de recherche Rhône-Alpes sur les infrastructures et l'eau, Lyon, 24 p.,

📄 <http://www.graie.org/portail/suivi-scientifique-de-restauration-hydraulique-ecologique-rhone-2000-2015-evaluer-comprendre-mieux-agir/>