



Détruire les moulins, étangs, canaux, retenues ?

100 travaux scientifiques mettent en garde contre un choix précipité et mal informé



Les conclusions de la science invalident la préférence systématique pour l'effacement des ouvrages hydrauliques

100 travaux récents de la recherche française et européenne sur les ouvrages hydrauliques, en particulier les petits ouvrages, sur la restauration écologique des rivières et sur les nouveaux écosystèmes de nos bassins versants.

On entend ici par **ouvrage hydraulique** les seuils, déversoirs, vannages, barrages, digues qui modifient l'écoulement et la rétention de l'eau. Ces ouvrages définissent des **milieux en eau** : mares, étangs, petits plans d'eau, retenues, lacs, rigoles, biefs, canaux. Ils peuvent être associés à des **zones humides annexes**, notamment en raison des remontées locales de nappes ou des débordements intermittents.

La recherche scientifique française et européenne est active sur ces ouvrages, même si **les petits ouvrages (privilegiés dans cette revue) sont encore peu analysés par rapport aux grands barrages**. Cette recherche concerne l'hydrologie, l'écologie, la limnologie, la biologie. Mais aussi les sciences sociales et humaines de l'eau et de la restauration écologique. Les chercheurs comme les experts ne se fondent pas forcément sur les mêmes paradigmes pour juger des rivières et de leurs aménagements : **l'enjeu est multidisciplinaire**.

Les conclusions de cette recherche montrent **la diversité et la complexité des analyses de la rivière aménagée**. Nous l'exposons par une sélection d'une centaine de publications scientifiques parues dans la décennie écoulée.

Les travaux de recherche recensés dans ce dossier démontrent les points suivants :

- Les milieux créés par les ouvrages hébergent de la biodiversité.
- La biodiversité des bassins versants évolue depuis des millénaires sous influence humaine, dans le cadre d'une « socio-nature », rendant illusoire la définition administrative d'un « état de référence ».
- Les ouvrages anciens et de petites dimensions ont souvent des impacts faibles à nuls sur le transit des sédiments ou la circulation des poissons grands migrateurs.
- Les ouvrages, en particulier les chaînes d'ouvrages de type moulins et étangs, assurent une retenue d'eau sur les bassins (surface, nappe), leur disparition altérant ce service environnemental.
- Les pollutions et les usages des sols du bassin versant ont des effets beaucoup plus marqués sur la dégradation de l'eau que la morphologie du lit.
- Au sein de la morphologie, les densités de barrages ont des effets faibles à nuls sur la qualité de l'eau et des milieux, voire un certain nombre d'effets positifs mesurés dans divers travaux (dépollution et hausse de biodiversité bêta du bassin en particulier).
- La restauration écologique, et en particulier morphologique, des rivières est confrontée à des résultats incertains, parfois des échecs.
- Les effacements d'ouvrages hydrauliques ont parfois des effets négatifs avérés : incision des lits, pertes de milieux (zones humides, ripisylves), pollutions, disparition d'aménités culturelles.
- Les politiques de rivières sont en déficit de reconnaissance des aspirations des citoyens et des dimensions multiples de l'eau, avec certaines expertises qui ont des biais manifestes mais sont mises en avant sans débat par les gestionnaires.
- Les résultats en écologie aquatique sont contextes-dépendants (contingents) et cela interdit de faire des prescriptions généralistes sur les ouvrages et leurs milieux, le cas par cas (vue intégrée par site, par rivière, par bassin) étant une absolue nécessité pour ne pas engager des résultats négatifs.

Ces conclusions exigent donc une redéfinition de certains choix publics sur l'eau en France, en particulier ceux de la continuité écologique en long et de la politique préférentielle de destruction des ouvrages hydrauliques.

Certaines prescriptions de cette politique sur de grands bassins hydrographiques vont avoir **des effets négatifs sur la biodiversité, sur la ressource en eau, sur l'adaptation au changement climatique**. En outre, elles ignorent **la dimension sociale et démocratique des choix sur les rivières aménagées**, comme la nécessaire **confrontation des expertises et des disciplines de recherche**.

Nota : nous n'avons sélectionné ici que des études incluant des données sur les cours d'eau et plans d'eau de l'aire européenne, ou des politiques publiques européennes dans le cas de la recherche en sciences sociales et politiques. Des recherches similaires ont été menées aux Etats-Unis, où la question des ouvrages hydrauliques est aussi débattue.

Sommaire

La biodiversité des milieux liés aux ouvrages	4
Les effets des ouvrages sur les sédiments	9
Les effets des ouvrages sur la ressource en eau.....	11
Les effets des ouvrages et des aménagements sur les poissons et invertébrés.....	14
Le poids relatif des barrages et de la morphologie du lit par rapport aux pollutions et aux usages des bassins versants	19
La restauration écologique des rivières, ses limites, ses biais et ses échecs	22
Les problèmes de gouvernance et d'orientation de l'expertise dans les projets et chantiers sur les rivières.....	26
La nature hybride ou « socio-nature », les nouveaux écosystèmes et l'évolution de la biodiversité à l'Anthropocène.....	31

La biodiversité des milieux liés aux ouvrages

Un corpus massif de recherches scientifiques montre que les masses d'eau et les habitats rivulaires créés par des ouvrages (canaux, biefs, étangs, plans d'eau, lacs, épis, etc.) abritent de la biodiversité ordinaire et, parfois, de la biodiversité protégée. Egalement que la fragmentation par des ouvrages peut aider à protéger des espèces de tête de bassin et limiter la progression des exotiques envahissantes. Des chercheurs disent qu'il y a urgence à intégrer cette dimension négligée par la DCE 2000 et par les gestionnaires de bassin. Tous soulignent le besoin d'analyser la diversité faune et flore de chaque site avant intervention.

Etudes en France

Les réservoirs d'eau alpins, milieux artificiels aidant à conserver la biodiversité (Fait et al 2020)

Une équipe scientifique suisse montre que les réservoirs artificiels d'eau dans les montagnes alpines servent aussi de refuge à la biodiversité, en l'occurrence celle des libellules et des coléoptères aquatiques. Le changement climatique peut rendre ces équipements précieux pour le vivant. Loin d'opposer le naturel à l'artificiel, ces chercheurs soulignent que nous devons plutôt réfléchir à des règles de gestion écologique de plans d'eau d'origine humaine. **"Ces plans d'eau peuvent être encore améliorés par certaines mesures respectueuses de la nature pour maximiser les avantages pour la biodiversité, notamment la revégétalisation des marges ou la création d'étangs adjacents. L'ingénierie écologique doit être innovante et promouvoir la biodiversité d'eau douce dans les réservoirs artificiels."**

Fait P et al (2020), Small mountain reservoirs in the Alps: New habitats for alpine freshwater biodiversity?, Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst., 1–14.

Les canaux comme corridors biologiques contribuant au maintien de la biodiversité (Guivier et al 2019)

En étudiant le système des canaux de la Durance et ses effets génétiques sur les populations de deux espèces de poissons (toxostome, hotu), six chercheurs montrent que les chenaux artificiels peuvent jouer un rôle positif dans la gestion de la biodiversité, particulièrement en milieu urbanisé. Ils soulignent l'intérêt d'une écologie de la réconciliation capable d'intégrer les composantes non-humaines et humaines des systèmes aquatiques. **"Nous avons observé un haut degré d'homogénéité génétique le long du fleuve. Le maintien du flux de gènes malgré la présence de barrages et la détection de populations mélangées et d'hybridations dans les canaux suggèrent que ces canaux pourraient servir de couloirs écologiques et de zones hybrides susceptibles d'influencer les ressources génétiques des espèces indigènes et introduites. Ces structures anthropiques varient considérablement en termes d'organisation spatiale, de taille et de gestion globale, ce qui accroît la diversité des habitats dans la partie urbanisée du fleuve. Avec la restauration des habitats naturels, les canaux peuvent être considérés comme des structures importantes pour la dynamique de la biodiversité dans de telles conditions urbaines."**

Guivier E et al (2019), Canals as ecological corridors and hybridization zones for two cyprinid species, Hydrobiologia, 830, 1, 1–16.

Les casiers Girardon du Rhône, des aménagements hydrauliques favorables au vivant (Thonel et al 2018)

Les casiers Girardon sont des structures installées en bord de Rhône à partir du XIXe siècle, afin de stabiliser les berges (alluvionnement) et de favoriser la navigation fluviale. Comme d'autres aménagements de type épis ou digues, ces casiers ont été considérés a priori comme des ruptures de continuité (latérale), ayant des effets négatifs sur le milieu. Or, comme le montre une équipe française de chercheurs, les casiers restés en eau et non végétalisés contribuent au contraire à la biodiversité du système fluvial, jouant le rôle de bras morts lenticules accueillants pour le vivant. Il y a donc intérêt à les conserver dans certains cas comme des "nouveaux écosystèmes" certes issus d'une artificialisation originelle, mais ayant acquis au fil du temps des propriétés écologiques d'intérêt. **"Au fil du temps, d'autres fonctions et services écosystémiques (par exemple, les avantages de la végétation alluviale, le refuge des organismes riverains, la restauration, l'appréciation esthétique, la valeur des établissements humains ...) ont été inclus dans le débat public avec l'objectif de préserver les casiers Girardon. Par conséquent, il devenait nécessaire de déterminer et d'équilibrer les bénéfices et les risques liés à l'élimination des casiers"**.

Thonel M et al (2018), Socio-environmental implications of process-based restoration strategies in large rivers: should we remove novel ecosystems along the Rhône (France)?, Regional Environmental Change, <https://doi.org/10.1007/s1011>

Etudier et protéger la biodiversité des étangs piscicoles (Wezel et al 2014)

Les eaux lentes ou stagnantes sont-elles si défavorables au vivant? Pas dans le cas des étangs piscicoles de la Dombes, dont les chercheurs ont montré l'existence d'une biodiversité d'intérêt à l'échelle régionale, avec parfois la présence d'espèces menacées. Les libellules contribuent le plus fortement à la biodiversité régionale (41%), les amphibiens et macrophytes le moins (16 à 18%). **"Dans l'ensemble, la richesse spécifique pour un seul étang ou au niveau de la région (alpha et gamma respectivement) semble être relativement élevée pour l'ensemble des groupes étudiés, bien que l'on ait une situation de masses d'eau riches en nutriments (...) Certains étangs abritent un grand nombre d'espèces peu fréquentes et quelques espèces en danger, indiquant que la conservation de la biodiversité des étangs piscicoles doit être définie à échelle régionale"**.

Wezel A et al (2014), Biodiversity patterns of nutrient-rich fish ponds and implications for conservation, *Limnology*, 15, 3, 213–223

Etudes en Europe

Les poissons ne vivent pas que dans les lits mineurs des rivières et les annexes latérales sont importantes (Manfrin et al 2020)

Une équipe de chercheurs allemands montre que les annexes latérales de la rivière - embranchements, tresses, bras morts, plans d'eau provisoires ou permanents - hébergent une riche faune de poissons. Ils soulignent que les politiques écologiques centrées sur le seul lit mineur et sa représentation en chenal unique sont à réviser, en intégrant tout ce qui se passe dans les milieux latéraux de la rivière. **"Cette étude met en évidence la nécessité de préserver la biodiversité taxonomique et fonctionnelle des poissons dans la plaine d'inondation en un seul hydrosystème intégré. Les mesures de conservation et de restauration devraient donc s'étendre pour inclure toute la zone de la plaine inondable et le spectre complet des masses d'eau du lit majeur connectés différemment, en plus du chenal principal de la rivière."**

Manfrin M et al (2020), The effect of lateral connectedness on the taxonomic and functional structure of fish communities in a lowland river floodplain, *Science of the Total Environment* 719, 137169

Un bief de moulin héberge des moules perlières, mais l'ignorance de cette réalité peut conduire à une mauvaise gestion (Sousa et al 2019)

Un groupe de chercheurs portugais montre que les biefs des moulins sont capables d'héberger des moules perlières, espèce menacée et protégée, avec des conditions d'habitat et de croissance qui sont même dans certains cas supérieures à celles du milieu naturel adjacent aux biefs. En revanche, un assec d'un de ces biefs - pourtant évitable au regard de la répartition des eaux par le seuil - a entraîné une mortalité en 2017 sur la zone d'étude. Les chercheurs appellent donc à reconnaître et à prendre en compte la valeur des habitats anthropiques dans l'écologie de la conservation des milieux aquatiques. **"Traditionnellement, la recherche et la gestion ciblent les écosystèmes naturels en quasi-ignorant le rôle possible des infrastructures anthropiques dans la conservation de la biodiversité (Lindenmayer et al 2008). Cependant, bien qu'anthropiques, les habitats peuvent servir de refuge à la biodiversité, et ces dernières années, un nombre croissant d'études soulignent leur importance potentielle dans la conservation des écosystèmes terrestres et aquatiques"**

Sousa R et al (2019), Water mill canals as habitat for *Margaritifera margaritifera*: Stable refuge or an ecological trap?, *Ecological Indicators*, 106, 105469

La valeur écologique des petits plans d'eau doit être reconnue et préservée (Bolpagni et al 2019)

Etangs, lacs, plans d'eau, canaux, tourbières, mares, marais... de nombreux petits systèmes d'eau lenticques et stagnants sont présents dans les bassins versants, nourris tantôt par les pluies, les nappes ou les cours d'eau. Ils attirent moins l'attention que les rivières et grands lacs : pourtant, leur apport en écologie est essentiel, notamment dans les bassins versants impactés par l'agriculture ou l'urbanisation. Ce passage en revue de la littérature scientifique récente (2004-2018) souligne le rôle de ces petits plans d'eau dans la biodiversité, l'épuration des polluants, le refuge face au changement climatique. Les chercheurs appellent à une évolution de la directive-cadre européenne sur l'eau pour intégrer cette réalité dans la gestion publique. **"Il est maintenant généralement admis que l'échelle du bassin versant est l'échelle spatiale (unique) appropriée de l'intervention de restauration lorsqu'un rétablissement durable d'un écosystème dégradé est visé. À cette échelle, les petits plans d'eau apparaissent comme l'un des composants les plus importants de la régulation de l'équilibre de l'eau et des flux de matières, en particulier des cycles du carbone et des éléments nutritifs, ainsi que du contrôle des pesticides et des polluants par purification biologique"**

Bolpagni R et al (2019), Ecological and conservation value of small standing-water ecosystems: A systematic review of current knowledge and future challenges, *Water*, 11, 402, doi:10.3390/w11030402

Des ouvrages en rivière protègent des populations endémiques de truites catalanes (Vera et al 2019)

Des chercheurs catalans mettent en évidence l'existence d'un haplogroupe rare de la souche méditerranéenne de la truite commune dans une tête de bassin de la rivière Cardaner. Cette population de truite semble protégée des introgressions des souches d'élevage ou de la compétition des poissons exotiques par l'existence de barrages infranchissables à l'aval. **"Ainsi, le maintien de certaines barrières peut faciliter l'éradication de ces populations exotiques et empêcher leur expansion dans des zones habitées par des poissons endémiques. Dans le contexte du réchauffement climatique mondial en cours, la préservation de certaines barrières artificielles peut également empêcher les zones de truite d'être peuplées par des communautés de poissons situées en aval, composées principalement d'espèces exotiques."**

Vera M et al (2019), Identification of an endemic Mediterranean brown trout mtDNA group within a highly perturbed aquatic system, the Llobregat River (NE Spain), *Hydrobiologia*, 827, 1, 277–291

La diversité végétale en amont et en aval des seuils en rivières (Wollny et al 2019)

Trois chercheuses allemandes analysent ainsi des rivières ayant été longuement modifiées par l'implantation de petits ouvrages hydrauliques. Leur travail montre que la végétation des berges s'est adaptée aux nouvelles conditions hydrodynamiques, avec des peuplements différents en zone amont de retenue et en zone aval des seuils. La biodiversité végétale est deux fois plus importante en berge des retenues qu'en berge à l'aval. Pour améliorer certains habitats d'espèces menacées des marges d'eaux courantes (assemblages à *Bidentetea*), des berges moins abruptes dans les zones aval des ouvrages seraient bénéfiques. Ces travaux s'inscrivent dans le

contexte du classement allemand de la moitié de masses d'eau comme "fortement modifiées" par l'homme dans le cadre de la directive européenne sur l'eau, ce qui implique de choisir non un retour à l'état antérieur de référence, mais un aménagement des cours d'eau pour optimiser leur potentiel écologique. **"La composition des espèces en amont et en aval reflète clairement les conditions hydrodynamiques observées, limitant la continuité à la zone située entre deux déversoirs. Cela diffère nettement des conditions naturelles, ce qui conduit à l'établissement de nouvelles communautés de plantes riveraines."**

Wollny JT et al (2019), Riparian plant species composition alternates between species from standing and flowing water bodies – Results of field studies upstream and downstream of weirs along the German rivers Lahn and Fulda, Ecological Engineering, 139, 105576

Plans d'eau et canaux contribuent fortement à la biodiversité végétale (Bubíková et Hrivnák 2018)

A partir de 100 points de mesure dans un bassin versant, concernant des milieux aquatiques naturels aussi bien qu'artificiels, deux chercheurs slovaques montrent que les plans d'eau et canaux hébergent une forte biodiversité végétale. **"Le nombre le plus élevé d'espèces au niveau local et régional a été trouvé dans les plans d'eau et les canaux. Les petits cours d'eau sont les habitats ayant la plus faible diversité locale et régionale, et le plus petit nombre d'espèces uniques ou sur la liste rouge (...) aucune des mesures de diversité utilisées n'a montré de différence statistiquement significative entre les types d'habitats. Ainsi, nous pouvons affirmer que tous les types de plans d'eau contribuent à la diversité des macrophytes à un degré comparable à l'échelle générale dans le paysage d'Europe centrale."**

Bubíková K, Hrivnák R (2018), Comparative macrophyte diversity of waterbodies in the Central European landscape, Wetlands, doi.org/10.1007/s13157-017-0987-0

Mares, étangs et plans d'eau doivent être intégrés dans la gestion des bassins hydrographiques (Hill et al 2018)

Une équipe de 11 chercheurs appelle à une prise en compte urgente des mares, étangs et petits plans d'eau dans la politique des milieux aquatiques. Au cours des années 2000, la recherche a montré que ces milieux, souvent moins présents à l'esprit des gestionnaires et décideurs que les rivières et les lacs, abritent pourtant une biodiversité plus importante par unité de surface. **"La contribution significative des trame de mares et étangs à la biodiversité aquatique locale et régionale peut être attribuée à (i) les petits bassins individuels de chaque système, produisant des conditions environnementales idiosyncratiques et une complexité de l'habitat, conduisant à l'hétérogénéité de l'habitat à l'échelle du paysage (Davies et al 2008), (ii) la valeur des plans d'eau anthropiques (par exemple mares de fermes) pour augmenter la superficie d'habitats aquatiques disponible pour la vie sauvage, (iii) la fourniture d'habitats de refuge pour les communautés aquatiques, en particulier quand les zones humides naturelles ont été largement converties en fermes ou rizières (Takamura 2012, Chester & Robson 2013)"**

Hill MJ et al (2018), New policy directions for global pond conservation, Conservation Letters, doi.org/10.1111/conl.12447

L'écrevisse à pattes blanches bénéficie de la fragmentation des cours d'eau par les chutes naturelles et artificielles (Manenti et al 2018)

Une équipe de chercheurs ayant analysé la situation de l'écrevisse à pattes blanches dans 196 rivières et zones humides du nord de l'Italie montre que la présence de chutes naturelles et artificielles en aval est un facteur prédictif de la conservation de l'espèce en tête de bassin. Les scientifiques appellent à prendre en compte cette complexité dans la gestion des bassins versants changés par l'homme, où des "discontinuités écologiques" peuvent aussi avoir des bénéfices pour le vivant. **"Nos résultats contestent l'idée selon laquelle la connectivité des habitats hydrologiques a toujours des effets positifs sur la biodiversité endémique"**.

Manenti R et al (2018), Causes and consequences of crayfish extinction: Stream connectivity, habitat changes, alien species and ecosystem services, Freshwater Biology, <https://doi.org/10.1111/fwb.13215>

La biodiversité des poissons d'eau douce vient de la fragmentation des milieux (Tedesco et al 2017)

Paradoxe des poissons d'eau douce : ils représentent 40% de la diversité totale des poissons du globe, mais ils vivent dans 1% seulement des habitats disponibles. Pourquoi une telle diversité en si peu d'espace? Selon une équipe de chercheurs, la réponse se trouve dans la fragmentation physique des habitats d'eau douce, favorisant l'émergence de nouvelles espèces dans l'évolution, en particulier chez les groupes non migrants ayant de faibles capacités de dispersion. Si ces travaux concernent le temps long de la spéciation et de l'extinction, on peut penser que des traits génétiques et comportementaux de certaines populations continuent d'évoluer aujourd'hui, sous l'effet des fragmentations de certains milieux (seuils, barrages) mais aussi des ouvertures d'autres milieux (canaux, translocations). **"Après avoir pris en compte la parenté phylogénétique des familles et leur distribution en latitude, nous avons trouvé un appui solide à nos hypothèses d'isolement et de fragmentation: la prédominance de la dépendance à l'eau douce, de l'association récifale, de la petite taille ou du comportement non migrant dans les familles est liée à des taux de diversification plus rapides"**

Tedesco PA et al (2017), Explaining global-scale diversification patterns in actinopterygian fishes, Journal of Biogeography, 44, 4, 773-783

Les barrages comme refuges? Intégrer le changement climatique dans les choix sur les ouvrages hydrauliques (Beatty et al 2017)

Quand on prend une décision d'aménagement sur un barrage, on regarde aujourd'hui les conditions passées et présentes. Mais quelle sera la situation future, en période de changement climatique rapide? Une dizaine de

biologistes publie une perspective à ce sujet dans Biological Conservation. Ces chercheurs soulignent que les réservoirs des grands barrages ont aussi des intérêts écologiques : ils servent de refuges face aux sécheresses, bloquent des espèces invasives, forment des écosystèmes lacustres ayant leur propre diversité. **"Davantage de recherches sont nécessaires pour quantifier les valeurs écologiques existantes des retenues artificielles, et pour prédire comment ces valeurs pourraient changer à l'avenir. Plus particulièrement, dans des cours d'eau menacés de sécheresse où les refuges naturels seront perdus, l'implication des projections climatiques sur la valeur des barrages et les impacts de leur suppression doit être prise en compte par les chercheurs et les décideurs"**.

Beatty S et al (2017), Rethinking refuges: Implications of climate change for dam busting, Biological Conservation, 209, 188–195

Les masses d'eau d'origine anthropique servent aussi de refuges à la biodiversité (Chester et Robson 2013)

Deux chercheurs ont procédé à un passage en revue de la littérature scientifique récente et internationale sur les masses d'eau artificielles, en milieu rural comme urbain. Il en résulte que l'origine artificielle des plans d'eau, canaux et autres hydrosystèmes issus de l'action humaine ne les empêche pas d'héberger de la biodiversité, en particulier de servir parfois de refuges à des espèces endémiques. Les auteurs appellent les gestionnaires à se montrer plus attentifs à ces masses d'eau et à identifier les propriétés qui favorisent leur rôle de refuge. **"Les masses d'eau artificielles doivent être gérées en même temps que les plans d'eau naturels environnants en tant que mosaïque d'habitats pour les espèces d'eau douce. Il convient de prêter attention aux schémas de biodiversité bêta dans les masses d'eau."**

Chester ET, Robson BJ (2013), Anthropogenic refuges for freshwater biodiversity: Their ecological characteristics and management, Biological Conservation, 166, 64–75

La biodiversité négligée des fossés, mares, étangs et lacs (Davies et al 2008)

Un travail mené par 5 chercheurs anglais dans un paysage agricole ordinaire a montré que les mares, les lacs et les étangs abritent autant et parfois davantage d'espèces de plantes et d'insectes, notamment des espèces plus rares. Même les fossés ne sont pas à négliger comme zones de refuge ou de croissance de certaines espèces. **"Ces types de petites masses d'eau ont souvent été oubliées dans la protection de biodiversité et bénéficient rarement des statuts de protection accordés à des masses d'eau plus importantes. Les résultats de cette étude, confortés par d'autres travaux de biodiversité comparative incluant des petites masses d'eau, suggèrent que cela peut être un oubli considérable et une opportunité manquée. En particulier, la contribution remarquable des petites masses d'eau à la biodiversité aquatique régionale signifie qu'ils peuvent avoir un rôle dans la stratégie de protection des biotes aquatiques"**.

Davies BR et al (2008), A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ponds, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape, Hydrobiologia, 597, 1,7–17



Le vivant autour d'une chaussée de moulin.

"Traditionnellement, la recherche et la gestion ciblent les écosystèmes naturels en quasi-ignorant le rôle possible des infrastructures anthropiques dans la conservation de la biodiversité. Cependant, bien qu'anthropiques, les habitats peuvent servir de refuge à la biodiversité, et ces dernières années, un nombre croissant d'études soulignent leur importance potentielle dans la conservation des écosystèmes terrestres et aquatiques"

Sousa et al 2019

Les effets des ouvrages sur les sédiments

Les études encore rares sur les petits ouvrages hydrauliques montrent en général que leur impact sédimentaire à l'équilibre est quasiment nul. Ces mêmes études suggèrent en revanche qu'un éventuel effacement d'ouvrage doit analyser les sédiments profonds qui seront remobilisés, ce qui est trop rarement fait.

L'impact sédimentaire des moulins et petits ouvrages anciens de rivière a été surestimé (Peeters et al 2020)

Une équipe franco-belge de chercheurs a étudié l'impact sédimentaire des déversoirs anciens sur une petite rivière de Wallonie, le Bocq (74 ouvrages sont présents sur la rivière, les plus anciens datant du 14^e siècle). L'analyse montre que l'impact des déversoirs est très limité spatialement, volumétriquement et en nature des sédiments concernés. Le vieillissement des structures tend à restaurer des transits complets. **"Ces résultats suggèrent que la connectivité de la rivière est moins affectée qu'on ne le pensait initialement et qu'elle est susceptible d'augmenter au fil du temps à mesure que les vieux déversoirs tombent progressivement en ruine".**

Peeters A et al (2020), Can coarse bedload pass through weirs?, Geomorphology, 359, 107131

Le bilan biogéochimique des barrages doit être fait avec sérieux (Maavara et al 2020)

Sept chercheurs publient dans une revue de référence une synthèse des connaissances sur les effets biogéochimiques des barrages. Ils soulignent notamment que les ouvrages ont tendance à éliminer les excès de nutriments (azote, phosphore), parfois au détriment de leur réservoir qui devient eutrophe, mais au bénéfice du bassin versant et des estuaires. Le bilan carbone est complexe, dépendant de la superficie, de la latitude et de la température, les tropiques étant défavorables par rapport aux zones tempérées et boréales. Les successions de petits barrages peuvent avoir des effets plus intéressants qu'un grand barrage selon les paramètres que l'on veut améliorer dans un bassin versant. Ces chercheurs soulignent aussi que la destruction des barrages est susceptible d'avoir des effets négatifs, attestés par des retours d'expérience : excès de nutriments, de polluants et d'émission carbone. **"Les discussions qui présentent tous les barrages comme problématiques ne sont pas productives, tout comme les discussions qui louent les barrages en tant que source d'énergie durable la plus viable à l'ère du changement climatique sont trompeuses. Il est probable que le barrage des rivières pour produire de l'énergie, contrôler les inondations et équilibrer la distribution inégale de l'eau au fil du temps ne s'arrête pas."**

Maavara T et al (2020), River dam impacts on biogeochemical cycling, Nature reviews, Earth & Environment, 1, 103–116

L'impact sédimentaire de retenues de moulins disparaît rapidement à l'aval (Foster et al 2019)

Des chercheurs anglais analysent l'évolution historique et le comportement actuel des sédiments au droit de quatre retenues dans des petites rivières du Sussex, certaines étant historiquement associées à des moulins à farine et à fer. Ils montrent que si les retenues limitent la continuité sédimentaire, elles perdent leur pouvoir de piégeage dans le temps. Et les rivières retrouvent de toute façon leur composition en sable dans les quelques centaines de mètres à l'aval des ouvrages. **"Il est clair que ces petits étangs perturbent la connectivité longitudinale dans les corridors fluviaux, mais leur effet diminue à mesure qu'ils diminuent en profondeur et réduisent l'efficacité de leur rétention. Cependant, même avec des rendements de rétention considérablement réduits, les sédiments les plus grossiers (sable fin) restent dans le bassin ou peuvent même s'y déposer, et ne sont pas acheminés vers le cours d'eau récepteur en aval. Les sédiments immédiatement en aval sont dominés par la fraction fine de limon et d'argile qui n'est pas retenue dans l'étang."**

Foster IDL et al (2019), A palaeoenvironmental study of particle size-specific connectivity—New insights and implications from the West Sussex Rother Catchment, United Kingdom, River Research and Applications, doi: 10.1002/rra.3477

Héritage sédimentaire: analyser les sédiments des retenues de moulin avant intervention (Howard et al 2017)

Des chercheurs anglais travaillant sur la vallée des moulins du Derwent, un site classé au patrimoine mondial de l'Unesco, soulignent que les moulins ayant accompagné l'histoire proto-industrielle et industrielle, il est fréquent que les sédiments de leurs retenues conservent encore la trace de pollutions anciennes. Leur modèle montre que ces pollutions peuvent être remobilisées après un effacement et contaminer tout l'aval du bassin versant, même à longue distance. Ils appellent donc le gestionnaire à la plus grande rigueur dans la préparation des chantiers et dans l'estimation de leurs enjeux écologiques. **"Toute modification des seuils ou autres structures dans le chenal peut potentiellement soulever des enjeux et des problèmes similaires. Dans les zones où les dispositifs de protection patrimoniale ne sont pas bien développés, les conséquences peuvent être particulièrement dommageables, en particulier s'il y a un héritage de pollution. Les problèmes soulevés dans cette recherche démontrent le besoin pour les ingénieurs, les hydrologues et les professionnels du patrimoine de travailler ensemble pour considérer les ouvrages comme un ensemble au sein du cadre plus large du bassin versant, plutôt que de considérer leur modification ou effacement sur une base de cas par cas."**

Howard AJ et al (2017), The potential impact of green agendas on historic river landscapes: Numerical modelling of multiple weir removal in the Derwent Valley Mills world heritage site, UK, Geomorphology, 293, A, 15, 37-52



L'étang, ressource en eau pour le vivant et la société.

"En termes de politique française de l'eau et d'aménagement du territoire limousin, la préconisation d'effacer les étangs en arguant de leurs effets supposément négatifs dont la diminution de la ressource en eau mérite donc d'être fortement nuancée et de s'appuyer sur plus de données scientifiques rigoureuses."

Domany et al 2020

Les effets des ouvrages sur la ressource en eau

Ces études montrent que les ouvrages tendent à retenir l'eau dans les bassins versants, ce qui est souvent leur fonction originelle, et à la détoxifier de certains polluants. La suppression des ouvrages a alors des effets négatifs, en particulier en phase de changement climatique et d'incertitude sur les ressources locales en eau. Les effets sur la température et l'évaporation sont très variables et ils exigent une analyse au cas par cas. Des zones humides naturelles peuvent ainsi évaporer davantage que des plans d'eau, ce qui montre la complexité du sujet et la nécessité de sortir des certains raccourcis très contestables.

Etudes en France

Une zone humide naturelle évapore davantage qu'un étang, contrairement aux idées reçues (Al Domany et al 2020)

Cette étude de quatre chercheurs de l'université d'Orléans sur un site à étang artificiel et zone humide naturelle du Limousin montre que le bilan hydrique d'un étang en terme d'évaporation est meilleur que celui de la zone humide. Les scientifiques soulignent que leur observation va à l'encontre des discours tenus par certains gestionnaires publics de l'eau, qui militent aujourd'hui pour la destruction des retenues et canaux au nom de la continuité écologique, de la renaturation ou du changement climatique. **"En termes de politique française de l'eau et d'aménagement du territoire limousin, la préconisation d'effacer les étangs en arguant de leurs effets supposément négatifs dont la diminution de la ressource en eau mérite donc d'être fortement nuancée et de s'appuyer sur plus de données scientifiques rigoureuses."**

Al Domany M et al (2020), Une zone humide perd-elle autant, moins ou davantage d'eau par évapotranspiration qu'un étang par évaporation ? Etude expérimentale en Limousin, Annales de géographie, 731, 83-112

Les petits barrages ont des effets très variables sur la température estivale de l'eau (Chandesris et al 2019)

Des chercheurs ont analysé les températures estivales en amont et en aval de 11 seuils sur 5 rivières de la région de la Bresse. Deux de ces seuils ont montré un effet marqué sur les températures minimales et maximales, la surface de la retenue et le temps de résidence hydraulique étant les prédicteurs de ce signal thermique. La moitié des barrages a un effet non significatif sur la température maximale, et un effet peu marqué sur la température minimale. Ce travail montre que les gestionnaires doivent éviter les généralités. **"Compte tenu de la complexité et de la grande variabilité des systèmes fluviaux rencontrés dans cette étude (ordonnances Strahler s'étalant de 3 à 5), il nous semble essentiel (...) de continuer à mener et à étendre une surveillance bien ciblée de la température du cours d'eau. Ce type de surveillance est nécessaire avant de pouvoir modéliser la température du cours d'eau avec une résolution spatiale et temporelle suffisante"**

Chandesris A et al (2019), Small dams alter thermal regimes of downstream water, Hydrol. Earth Syst. Sci., 23, 4509–4525

Les retenues des moulins sont-elles lenticques, lotiques ou mixtes? (Donati et al 2019)

Une masse d'eau lenticque a pour caractéristique que sa température est stratifiée, c'est-à-dire différente au sommet et à la base de la colonne d'eau. Cette signature thermique tient au fait que l'eau n'y est pas turbulente, dès lors pas mélangée, contrairement à un cours d'eau lotique (à courant vif): la surface et le fond divergent donc. Trois chercheurs ont analysé des retenues de moulins dans deux rivières à conditions hydroclimatiques différentes, dans le Centre et l'Est du pays. Leur conclusion: la stratification thermique y est généralement faible à nulle, limitée à quelques périodes de l'année et heures de la journée. On ne peut donc pas dire selon eux que le comportement thermique de ces retenues de moulin est de nature lenticque. **"Les résultats montrent que la présence d'un seuil n'est pas synonyme de substitution des caractéristiques lotiques d'un cours d'eau. En effet, dans une seule des zones d'étude parmi les quatre analysées, celle du moulin de Nivelles, une signature thermique similaire à celle de certains plans d'eau a été observée, et même alors exclusivement pendant les mois centraux de l'été."**

Les effets complexes d'un étang sur la qualité de l'eau et les invertébrés en tête de bassin (Four et al 2019)

En comparant deux petites rivières mosellanes en tête du bassin de la Sarre, l'une avec étang piscicole datant du Moyen Âge et l'autre sans, six chercheurs ont étudié certains effets de la présence d'un plan d'eau. Leurs travaux montrent que les populations de macro-invertébrés à l'amont ne sont pas significativement modifiées par la présence de l'ouvrage et de sa retenue. A l'aval, la biomasse des invertébrés est trois fois plus forte quand un étang est présent, surtout parce que des gammaridés en profitent. La présence de l'étang modifie le cycle des nutriments et des réseaux trophiques, pouvant contribuer à détoxifier l'eau. Elle change aussi, dans un sens favorable, la disponibilité de l'eau à l'étiage dans ces têtes de bassin où les assècs sont fréquents. **"Certes, les étangs piscicoles sont connus pour nuire à la continuité écologique des cours d'eau mais, lorsqu'ils sont établis dans des cours d'eau temporaires, leur impact peut ne pas être très significatif dans les affluents temporaires en amont. En fait, nous avons montré que les étangs piscicoles ne modifieraient peut-être pas radicalement les communautés de macro-invertébrés en amont, soulignant que dans les écosystèmes lotiques temporaires, la continuité des flux écologiques semble avoir une importance limitée (...). Cette étude a mis en évidence que la qualité de ces écosystèmes (pour favoriser la colonisation et la survie de**

ces taxons adaptés) et la densité des cours d'eau temporaires d'un même bassin hydrographique (pour faciliter la colonisation croisée d'insectes) sont plus importantes que la présence d'étangs pour préserver le fonctionnement de cours d'eau amont."

Four B et al (2019), Using stable isotope approach to quantify pond dam impacts on isotopic niches and assimilation of resources by invertebrates in temporary streams: a case study, *Hydrobiologia*, 834, 1, 163–181.

Les services rendus par les canaux de Provence (Aspe et al 2014)

Depuis Adam de Craponne (1526-1576) et ses travaux fondateurs sur la Crau, les canaux appartiennent au patrimoine hydraulique de la Provence. Trois chercheurs montrent leurs services rendus – irrigation bien sûr, mais aussi recharge de nappe, drainage des eaux de pluie et évitement des crues. Par ailleurs, au plan écologique, ces canaux servent de zone refuge voire parfois de zone de reproduction aux poissons, y compris pour des espèces menacées comme le vairon ou l'apron du Rhône. **"Au regard du problème environnemental global que pose le changement climatique, nous avons besoin d'imaginer des solutions pratiques et locales pour s'adapter. Le maintien – et même la protection – des canaux d'irrigation gravitaires peuvent être une mesure préventive efficace pour gérer les effets anticipés du réchauffement des régions méditerranéennes".**

Aspe C et al (2014), Irrigation canals as tools for climate change adaptation and fish biodiversity management in Southern France, *Regional Environmental Change*, doi: 10.1007/s10113-014-0695-8

Etudes en Europe

Les moulins aident à retenir l'eau dans les bassins versants (Podgórski et Szatten 2020)

Deux chercheurs polonais ayant étudié l'effet morphologique, sédimentaire et hydrologique de moulins présents depuis 7 siècles sur une rivière notent que leur abandon s'est traduit par une perte de la capacité de rétention locale d'eau dans les nappes et de la rétention globale d'eau de surface dans le bassin versant. **"Le déclassement des moulins à eau a entraîné un certain nombre de changements importants dans les ressources en eau. Les plus importants d'entre eux sont: la perte de capacité de rétention d'eau dans le bassin versant de la Struga Rychnowska et la baisse du niveau des eaux souterraines à proximité immédiate des anciens réservoirs d'eau. Actuellement, un intérêt renouvelé pour les anciens emplacements des moulins à eau existe, afin de restaurer la rétention d'eau et de les utiliser à des fins de petites centrales hydroélectriques modernes"**

Podgórski Z et Szatten D (2020), Changes in the dynamics and nature of sedimentation in mill ponds as an indicator of environmental changes in a selected lake catchment (Chelmińskie Lake District, Poland), *Water*, 12, 1, 268

Donati F et al (2019), Do rivers upstream weirs have lotics or lentic characteristics?, *Geographia Technica*, 14, 2, 1-9

Les seuils dénitriquent les rivières (Cisowska et Hutchins 2016)

Les deux auteurs rappellent que les programmes d'effacement ou aménagement d'obstacles ont des dimensions positives sur certains paramètres de qualité du milieu mais aussi que le maintien des seuils peut avoir des effets positifs, comme la régulation des débits ou l'aération aval avec des hausses observables d'oxygène dissous. La question des services rendus est dès lors "impossible à traiter sans des études détaillées et spécifiques à chaque site". **"Nos simulations par modèle montrent que les seuils sont bénéfiques en terme de dénitrification, mais seulement dans une petite mesure, concluent les auteurs. Les bénéfiques sont largement observés pendant les périodes estivales de faible débit (...) Il serait important de mettre ces résultats sur les modifications de nitrate en perspective avec d'autres mesures de qualité de l'eau comme le phosphore, le phytoplancton et les sédiments. (...) Dans le contexte d'une proposition de nombreux effacements de seuils sur les rivières européennes, une analyse rigoureuse du compromis entre dénitrification et amélioration d'habitat doit être entreprise".**

Cisowska I et MG Hutchins (2016), The effect of weirs on nutrient concentrations, *Science of the Total Environment*, 542, 997–1003

Les étangs piscicoles à barrage éliminent les pesticides (Gaillard et al 2016)

Une équipe de chercheurs lorrains montre que les étangs construits par barrage sur un cours d'eau sont efficaces pour éliminer des pesticides, avec des taux pouvant atteindre 100% sur certaines molécules. Cette efficacité pourrait être supérieure à celle des zones humides reconstruites, en raison d'un temps de résidence hydraulique plus long. **"En vue de maintenir la continuité écologique des cours d'eau, la suppression des barrages est actuellement promue. Avant que des actions en ce sens soient entreprises, une meilleure connaissance de l'influence de ces masses d'eau sur la ressource, incluant la qualité de l'eau, est nécessaire"**

Gaillard J et al (2016), Potential of barrage fish ponds for the mitigation of pesticide pollution in streams, *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 1, 23-35



Les retenues ont aussi été conçues pour maintenir la ligne d'eau des bassins.

« Le déclassement des moulins à eau a entraîné un certain nombre de changements importants dans les ressources en eau. Les plus importants d'entre eux sont : la perte de capacité de rétention d'eau dans le bassin versant de la Struga Rychnowska et la baisse du niveau des eaux souterraines à proximité immédiate des anciens réservoirs d'eau. »

Podgórski Z et Szatten D 2020

Les effets des ouvrages et des aménagements sur les poissons et invertébrés

Des travaux montrent que les poissons réellement migrateurs franchissent souvent les seuils anciens et que des pratiques de pêche peuvent changer davantage les milieux piscicoles que les obstacles. D'autres recherches exposent la capacité d'adaptation des espèces tant à la fragmentation des milieux par sélection des poissons sédentaires qu'à l'usage de passes à poissons ou des rivières de contournement. Certaines études concluent à une corrélation positive de biodiversité avec les densités d'obstacles, ou à la protection de taxons rares par rapport aux invasives ou aux introgressions. Les effets des ouvrages hydrauliques sont loin d'être correctement étudiés et compris aujourd'hui.

Etudes en France

Un effet positif des barrages sur l'abondance et la diversité des poissons depuis 1980 (Kuczynski et al 2018)

Analysant plus de 300 relevés de poissons dans des rivières françaises entre 1980-1993 et 2004-2012, trois chercheurs montrent des déclinés de population (abondance, unicité) influencés par la saisonnalité des températures et par les espèces invasives. En revanche, ils observent que la fragmentation des cours d'eau par les barrages a été associée à des gains dans cette période. **"Les déclinés de population ont diminué avec la fragmentation et les changements de densité des espèces non indigènes, tandis que les augmentations de population ont été négativement influencées par les changements dans les précipitations, et positivement par la fragmentation. Nos résultats prouvent que les changements environnementaux peuvent interagir avec d'autres facteurs (par exemple, en amont et en aval, l'intensité de la fragmentation) pour déterminer la réorganisation de la communauté."**

Kuczynski L et al (2018), Concomitant impacts of climate change, fragmentation and non-native species have led to reorganization of fish communities since the 1980s, *Global Ecology and Biogeography*, 27, 2, 213-222

Quand les alevinages des pêcheurs influencent davantage la génétique des poissons que les ouvrages hydrauliques (Prunier et al 2018)

Des chercheurs français ont étudié la structure génétique des goujons et des vairons du Célé et du Viaur, rivières du Sud-Ouest de la France. Ils concluent que les facteurs naturels (topologie du réseau hydrographique) restent déterminants pour expliquer les variations observées. Au sein des impacts humains, les ouvrages hydrauliques pourtant anciens et nombreux ne montrent pas d'influence cohérente, ce qui interdit toute généralisation à leur sujet. Autre découverte : les empoissonnements pour la pêche ont une influence génétique plus notable que les ouvrages. **"La structure naturelle des réseaux et l'empoissonnement de pêche influencent fortement les caractéristiques spatiales de la diversité génétique selon une direction prévisible, alors que l'influence des autres activités humaines peut être plus difficile à prédire selon les espèces et les contextes"**.

Prunier JG et al (2018), The relative contribution of river network structure and anthropogenic stressors to spatial patterns of genetic diversity in two freshwater fishes: A multiple-stressors approach, *Freshwater Biology*, 1, 6-21

Quelles priorités pour la conservation des poissons d'eaux douces? (Maire et al 2016)

Quatre chercheurs proposent une analyse des priorités de conservation des poissons d'eaux douces de la France métropolitaine. Leur modèle inclut notamment le caractère migratoire des poissons (dans les traits fonctionnels) et la densité de barrage (dans les variables de répartition), mais aussi beaucoup d'autres dimensions des populations et des bassins versants. Le résultat de ce modèle permet de regarder d'un oeil critique le classement 2012-2013 des rivières en listes 1 et 2, un exercice qui a été mené de manière rudimentaire, sans modélisation scientifique (ni publication des méthodes, données et auteurs ayant conduit à ce classement).

Maire A et al (2016), Identification of priority areas for the conservation of stream fish assemblages: implications for river management in France, *River Research and Applications*, DOI:10.1002/rra.3107

Etudes en Europe

Les poissons se plaisent dans les rivières de contournement (Tamario et al 2018)

Une équipe de chercheurs suédois étudie 23 paires de passes à poissons de type naturel (rivières de contournement) et de cours d'eau lotiques adjacents. Résultat: il n'y a quasiment aucune différence significative dans les peuplements de poissons. Des poissons mobiles comme la truite ou le brochet les adoptent, de même que des migrateurs comme l'anguille. **"Les contournements étaient plus étroits, moins profonds et moins ombragés que les habitats riverains adjacents, mais très peu de différences significatives ont pu être détectées dans les communautés de poissons, indiquant le potentiel de telles passes migratoires naturelles à constituer des habitats lotiques de compensation pour les poissons"**

Tamario C et al (2018), Nature-like fishways as compensatory lotic habitats, *River Research and Applications*, 34, 3, 253-261

Barrages de castors et d'humains: quels effets sur les rivières? (Ecke et al 2017)

Après avoir été quasiment éliminés par l'homme du Moyen Âge au XIXe siècle, les castors sont de retour sur les rivières eurasiennes et nord-américaines, parfois même au-delà de leur aire connue de répartition ancienne. Ces constructeurs de barrages modifient les écosystèmes où ils s'installent, notamment par la création de zones lenticques (stagnantes) en milieu lotique (courant). Une équipe suédoise a procédé à une méta-analyse des effets connus des castors sur les écosystèmes, incluant une comparaison avec les barrages artificiels créés par l'homme. Elle montre une assez nette convergence pour les effets biologiques (insectes, poissons) et biochimiques. L'analyse des effets des barrages de castors sur les salmonidés et migrateurs suggère qu'il n'y a pas d'impact réel.

"Les effets de la construction des barrages sur les macro-invertébrés différaient entre les types de systèmes, les systèmes artificiels ayant généralement une plus grande diversité et / ou abondance dans les sites en amont que les sites en aval. Pour le poisson, il n'y avait pas de différences globales entre les systèmes artificiels et les systèmes de castors."

Ecke F et al (2017), Meta-analysis of environmental effects of beaver in relation to artificial dams, Environ Res Lett, 12, 113002

Les saumons franchissent un seuil de moulin... en évitant les passes à poissons! (Newton et al 2017)

Une équipe de chercheurs écossais montre par un suivi radiotéléométrique que les saumons atlantiques parviennent à franchir un ouvrage de moulin sur la rivière Mourne tout en évitant pour 92% d'entre eux d'utiliser les passes Denil et Larinier installées sur la chaussée. Les chercheurs observent que selon les critères de franchissabilité utilisés au Royaume-Uni pour l'évaluation des obstacles à la migration, la chaussée du moulin de Sion serait considérée comme un obstacle infranchissable pour les saumons adultes : **"l'évaluation des obstacles reste un défi pour les ichtyo-biologistes"**.

Newton M et al (2017), The impact of a small-scale riverine obstacle on the upstream migration of Atlantic Salmon, Hydrobiologia, e-pub, DOI 10.1007/s10750-017-3364-3

Les ouvrages hydrauliques peuvent-ils faire évoluer des poissons vers la sédentarité? (Branco et al 2017)

Une étude menée par des chercheurs portugais sur le barbeau ibérique, un cyprinidé rhéophile, montre que les ouvrages de l'hydraulique ancienne n'empêchent pas la migration d'environ 10% des poissons, et que les 90% restant parviennent à accomplir leur cycle de vie dans les zones contraintes par les ouvrages. Comme le remarquent les auteurs, un nombre croissant d'observations suggèrent que les espèces réputées migratrices possèdent en fait des individus qui ont un comportement variable ("**migration partielle**"), avec des stratégies alternativement mobile ou sédentaire ("**behavioural dichotomy model**"). A titre de conclusion, ils font l'hypothèse que les obstacles à la migration agissent comme une pression sélective et peuvent favoriser l'émergence de sous-populations à comportement sédentaire ou de faible mobilité.

Branco P et al (2017), Do small barriers affect the movement of freshwater fish by increasing residency?, Science of the Total Environment, 581–582, 486-494

Effet génétique de la fragmentation selon la dimension des ouvrages hydrauliques (Gousskov et Vorburger 2016)

Des chercheurs suisses montrent que l'effet de la fragmentation des rivières sur la différenciation génétique des poissons (ici chevesnes) dépend de la taille des obstacles à l'écoulement. Une rivière fragmentée par 35 ouvrages de dimension modeste peut produire une structure génétique comparable à une autre à écoulement libre, la franchissabilité des obstacles assurant un mélange des géniteurs. Inversement, des rivières plus lourdement fragmentées montrent des effets génétiques observables de réduction de la diversité allélique. Les lacs apparaissent quant à eux comme des réservoirs de diversité s'ils ont une dimension suffisante. Les auteurs concluent leur article en rappelant que la défragmentation des rivières conduit aussi à la colonisation des têtes de bassin par des espèces invasives : **"cette possibilité demandera des choix difficiles aux gestionnaires de rivière et exige un pragmatisme informé face des objectifs contradictoires de la conservation de rivière"**.

Gousskov A et Vorburger C (2016), River fragmentation and fish population structure: a comparison of three Swiss midland rivers, Freshwater Science, 35, 2, 689-700

Les petites centrales hydro-électriques ont un effet quasi-nul sur les populations piscicoles (Bilotta et al 2016)

Equiper les seuils et barrages déjà existants de petites centrales hydro-électriques au fil de l'eau a-t-il des effets négatifs sur les poissons? Une équipe anglo-canadienne s'est penché sur la question. Six données piscicoles ont été analysées (rapportées à 100 m² de surface) : nombre d'espèces, nombre de poissons, nombre de saumons atlantiques (*Salmo salar*), nombre de saumons de plus d'un an, nombre de truites communes (*Salmo trutta*), nombre de truites de plus d'un an. Les scientifiques n'observent aucun effet sur 5 des 6 marqueurs de population piscicole, et un effet négligeable pour le dernier. **"Les précédentes recherches dans ce domaine ont été limitées par l'absence de données standardisées à long terme et la faiblesse de conceptions des études — reposant principalement sur la dynamique post-construction et la comparaison de tronçons de référence amont-aval, ce qui limite les conclusions que l'on peut en tirer"**.

Bilotta GS et al (2016) The effects of run-of-river hydroelectric power schemes on fish community composition in temperate streams and rivers, PLoS ONE, 11, 5, e0154271. doi:10.1371/journal.pone.0154271

Salzach: quand la pêche modifie davantage les peuplements piscicoles que les barrages (Haidvogel et al 2015)

Une équipe de chercheurs a étudié l'histoire du peuplement piscicole de la rivière Salzach dans le bassin du Danube – un cours d'eau marqué par la présence de plus de 300 barrages dont la plupart érigés au XXe siècle. En un siècle, le nombre d'espèces dans le bassin est passé de 21 à 23. Le brochet, le hotu et le huchon ont vu leurs abondances régresser en raison des restrictions d'habitat et de mobilité dues aux ouvrages (barrages, mais aussi digues dans le cas du brochet). Le flottage de bois ne semble pas avoir eu d'impact. La principale modification de peuplement sur la période est due à l'activité de pêche : deux espèces importées (omble des fontaines, truite arc-en-ciel) représentent plus de 29% des prises aujourd'hui. **"Un des changements les plus importants de structure de communauté piscicole est le résultat de l'introduction délibérée d'espèces halieutiques pour les activités de pêche"**

Haidvogel G et al (2015), Long-term evolution of fish communities in European mountainous rivers: past log driving effects, river management and species introduction (Salzach River, Danube), *Aquatic Sciences*, 77, 395–410

L'anguille et les obstacles à sa migration à travers les âges (Clavero et Hermoso 2015)

Miguel Clavero et Virgilio Hermoso, deux chercheurs espagnols, se sont penchés sur les données historiques relatives à l'anguille dans la zone ibérique. Leurs principales conclusions : les seuils et barrages anciens, présents de l'époque romaine jusqu'au XIXe siècle, n'ont pas empêché la colonisation de tous les bassins de la Péninsule ; il suffit de rendre franchissables 12 barrages pour ouvrir 40% des bassins à l'anguille, et d'en aménager 76 pour retrouver 80% du territoire historique de l'anguille. **"Les perspectives à long terme sont indispensables pour comprendre les systèmes écologiques contemporains. Pourtant, les données historiques relatives à la distribution de la biodiversité n'ont été que rarement utilisées dans les sciences environnementales appliquées"**

Clavero M, V Hermoso (2015), Historical data to plan the recovery of the European eel, *Journal of Applied Ecology*, 52, 4, 960–968

L'influence des seuils et barrages sur les peuplements piscicoles (Radinger et Wolter 2015)

La distribution des poissons dans une rivière est généralement discontinue : il y a des zones où les espèces sont présentes ou absentes, avec des densités variables. Deux chercheurs ont développé un modèle pour mieux comprendre la distribution des poissons en rivières, en fonction des habitats disponibles, des capacités de dispersion des espèces et des barrières à la migration. Une de leurs principales conclusions : aucun effet discernable des obstacles à l'écoulement. **"L'hypothèse d'impact des barrières à la migration est partiellement rejetée. Aucun effet significatif des obstacles à la migration n'a pu être observé sur la distribution des 17 espèces modélisées. Il existait une tendance à une plus forte probabilité de présence en fonction d'une plus forte connectivité, cependant cette tendance n'était pas significative. (...) Pour ce qui est de la réhabilitation des rivières, les métriques globales de fragmentation comme le nombre d'obstacles par kilomètre de rivière ou le nombre / la dimension des tronçons déconnectés (eg Van Looy et al 2014) peuvent ne pas être significatives."**

Radinger J, C Wolter (2015), Disentangling the effects of habitat suitability, dispersal and fragmentation on the distribution of river fishes, *Ecological Applications*, 25, 914-927.

Effets des petits ouvrages sur les habitats et les invertébrés (Mbaka et Mwaniki 2015)

Cette étude de la littérature scientifique existante sur l'effet à l'aval des petits ouvrages (seuils, barrages au fil de l'eau et basses chutes jusqu'à 15 m) se concentre sur les données physico-chimiques des habitats et sur les invertébrés. Premier enseignement: il existe très peu de connaissances sur cette petite hydraulique, contrairement aux effets des grands barrages. Second enseignement: les impacts sur les paramètres étudiés sont soit non significatifs, soit très variables (corrélations tantôt positives tantôt négatives). **"A ce jour, la plupart des recherches sur les effets des retenues sur les rivières ont été conduites sur les grandes retenues"**.

Mbaka JG, Mwaniki MW (2015), A global review of the downstream effects of small impoundments on stream habitat conditions and macroinvertebrates, *Environmental Reviews*, 23, 3, 257-262.

Quelles espèces circulent dans les passes à poissons ? (Benítez et al 2015)

Des chercheurs belges ont procédé pendant 6 ans à des prises hebdomadaires dans deux passes à poissons installées sur les rivières Berwinne et Amblève, affluents de taille intermédiaire de la Meuse et de l'Ourthe. Le nombre total de poissons capturés annuellement est de l'ordre de quelques centaines, avec un effet d'appel la première année. Si les salmonidés et les grands cyprinidés dominent en biomasse, de nombreuses petites espèces les utilisent également. Ainsi, 14 espèces ont emprunté la passe de Berneau et 22 espèces la passe de Lorcé. Une proportion importante des passages des adultes est liée à des périodes migratoires, les juvéniles ayant des comportements plus variables. **"Les espèces de poissons moins nobles ont été longtemps négligées et restent pauvrement comprises quant à leur utilisation des passes à poissons"**.

Benítez JP et al (2015), An overview of potamodromous fish upstream movements in medium-sized rivers, by means of fish passes monitoring, *Aquat Ecol*, 49, 481–497

200 générations de truites dans un hydrosystème fragmenté (Hansen et al 2014)

Ce travail danois de phylogénie moléculaire montre que deux populations de truites, isolées dans des lacs par des ouvrages hydrauliques, s'y reproduisent depuis 600-800 ans et 200 générations, tout en conservant aujourd'hui une taille acceptable du pool reproducteur. Les auteurs mettent en garde sur la nécessité de surveiller la taille de ce pool. **"Les paysages sont actuellement fortement modifiés par les humains, mais dans certaines régions,**

comme de grandes parties de l'Europe, c'est un processus qui se poursuit déjà depuis des siècles et même des millénaires. Par conséquent, il est souvent difficile de vérifier qu'une structure de population génétique donnée est naturelle plutôt que le résultat de modifications anthropiques."

Hansen MM et al (2014), The effects of Medieval dams on genetic divergence and demographic history in brown trout populations, BMC Evolutionary Biology, doi: 10.1186/1471-2148-14-122

Les ombres et les truites franchissent les ouvrages anciens des moulins à eau (Ovidio et al 2007)

Un suivi radiotéléométrique de 79 truites et ombres sur des affluents de la Meuse montre que les poissons parviennent à franchir ou à contourner les seuils de moulins anciens lors de leur période migratoire. Dans certains cas, les poissons ont franchi l'obstacle sans emprunter la passe à poissons. Ce résultat contredit l'idée que les salmonidés holobiotiques d'eau douce trouveraient toujours dans l'hydraulique ancienne des obstacles insurmontables à leur cycle de vie. **"La plupart des poissons ont pu franchir tous les obstacles le long de leur route de migration dans les conditions existantes de température et de débit de l'eau. En raison de ce taux de réussite élevé, il n'a pas été possible de discriminer entre les individus qui ont réussi à négocier ou non les obstacles (...) Il faut également veiller à ne pas prendre en compte tous les poissons qui n'ont pas tenté de négocier les obstacles avec succès, car l'aval d'un barrage peut être propice à la truite fario qui, par exemple, peut élaborer une stratégie de résidence permettant des taux de croissance très élevés tout en évitant les risques inhérents aux migrations à longue distance."**

Ovidio M et al (2007), Field protocol for assessing small obstacles to migration of brown trout *Salmo trutta*, and European grayling *Thymallus thymallus*: a contribution to the management of free movement in rivers, Fisheries Management and Ecology, 14, 41–50



La pêche comme la diversion de l'eau plongent leurs racines dans l'histoire humaine..

« Les paysages sont actuellement fortement modifiés par les humains, mais dans certaines régions, comme de grandes parties de l'Europe, c'est un processus qui se poursuit déjà depuis des siècles et même des millénaires. Par conséquent, il est souvent difficile de vérifier qu'une structure de population génétique donnée est naturelle plutôt que le résultat de modifications anthropiques. »

Hansen et al 2014

Le poids relatif des barrages et de la morphologie du lit par rapport aux pollutions et usages des bassins versants

Lorsque la plupart des grands bassins français et européens sont étudiés par des modèles d'hydro-écologie quantitative et qualitative, les travaux concluent que la pollution et les usages des sols sont les premiers prédicteurs de dégradation de qualité de l'eau et des milieux, loin devant la morphologie, a fortiori les ouvrages hydrauliques. La place de la morphologie dans certains rapports administratifs « à dire d'experts » pose question sur son bien-fondé en France et elle doit être ré-analysée, car la recherche ne valide généralement pas cette priorité pour les politiques de l'eau et des milieux.

Etudes en France

Facteurs de variation des invertébrés aquatiques en rivière: poids de la pollution et de la morphologie (Corneil et al 2018)

Une nouvelle étude menée sur plus de 1000 sites de mesure dans les rivières françaises confirme que l'indicateur de qualité fondé sur les invertébrés (I2M2) est davantage impacté par les facteurs de pollution physico-chimique de l'eau que les facteurs hydromorphologiques changeant les débits ou les habitats. Plus de la moitié de ces variations d'insectes n'est cependant pas expliquée par des causes anthropiques, du moins par celles sur lesquelles on dispose de données pour les mettre dans le modèle. **"Les valeurs I2M2 ont généralement été plus fortement altérées par les pressions physiques et chimiques (concentrations en éléments nutritifs et en matière organique) que par les altérations hydromorphologiques. Dans les cours d'eau de cette étude, les assemblages de macro-invertébrés semblent être plus sensibles aux facteurs de stress liés à l'eutrophisation (concentrations totales d'azote et de phosphore) qu'aux pressions hydromorphologiques agissant sur le débit et la diversité de l'habitat."**

Corneil D et al (2018), Introducing nested spatial scales in multi-stress models: towards better assessment of human impacts on river ecosystems, *Hydrobiologia*, 806, 1, 347–361

La pollution et les usages des bassins expliquent la dégradation des qualités de l'eau bien mieux que les barrages (Villeneuve et al 2015)

Les auteurs ont développé un modèle explicatif et prédictif de l'état des masses d'eau. Pour cela, les auteurs ont pris en considération trois échelles spatiales : le bassin versant, le tronçon (partie du linéaire ayant une cohérence hydrologique) et le site. A chaque échelle spatiale, ils ont mobilisé des bases de données existantes pour intégrer des informations sur les pressions, les usages des sols, les altérations morphologiques et les mesures physico-chimiques. En face de ces données d'impact, les scientifiques ont collecté sur 1100 sites répartis dans les 22 hydro-éco-régions françaises des mesures de qualité biologique (2008-2009) : macro-invertébrés (indice I2M2), diatomées (indice IBD) et poissons (indice IPR+). L'ensemble des variables de pression explique 41% de la variabilité de l'I2M2, 26% de la variabilité de l'IBD2007 et 24% de la variabilité de l'IPR+. Le profil de réponse est similaire pour les 3 indices. En terme d'intensité de la réponse, les variables physicochimiques ont les plus hauts coefficients, suivi par les variables d'usages des sols et, finalement, les variables hydromorphologiques. Les variables à effet négatif sur les trois indices sont : les concentrations de nutriments et matières organiques, l'urbanisation et la proportion d'agriculture intensive dans le bassin versant. La densité de barrage en particulier n'est qu'en 13e position des facteurs explicatifs de la variance des indicateurs piscicoles. **"Nous avons montré que les paramètres caractérisant la charge de nutriments et de matière organique avaient un effet prédominant sur les trois compartiments biologiques, et que les variables d'utilisation des terres jouaient un rôle intégrateur des différentes pressions agissant sur les cours d'eau et expliquaient une grande partie de leur dégradation"**

Villeneuve B et al (2015), Can we predict biological condition of stream ecosystems? A multi-stressors approach linking three biological indices to physico-chemistry, hydromorphology and land use, *Ecological Indicators*, 48, 88-98

Les barrages ont une corrélation faible à nulle aux variations des scores DCE (Van Looy et al 2014)

Dans le bassin de Loire, les auteurs ont sélectionné un réseau de 17.000 km de linéaire, divisés en 4930 segments homogènes du point de vue géomorphologique. Sur ces 4930 points d'étude, les auteurs ont estimé les impacts à partir du référentiel SYRAH sur les pressions hydromorphologiques d'origine anthropique et naturelle, et de la banque de données CORINE sur les usages des sols. Plus particulièrement, les trois chercheurs ont utilisé le ROE (Référentiel des obstacles à l'écoulement) de l'Onema afin de construire un modèle fin d'impact des seuils et barrages : plus de 5500 de ces obstacles à l'écoulement sont présents sur le linéaire étudié. Du côté des indicateurs biologiques, deux métriques sont utilisées : l'Indice Poissons Rivières (IPR), qui mesure la qualité piscicole, et l'Indice Invertébrés Multimétrique (I2M2), qui mesure la réponse des invertébrés (mollusques, bryozoaires, amphipodes, trichoptères, plécoptères, etc.) aux pressions. Le score global IPR ou I2M2 ne montre aucune corrélation significative ($p < 0.05$) avec la densité locale de barrages. La corrélation n'apparaît qu'avec l'échelle supérieure de densité régionale (sur le bassin versant). La variance globale des scores (R²) n'est que faiblement associée à la densité des barrages : 25% pour les macro-invertébrés, mais 12% seulement pour les poissons. Au sein des indices, les métriques de la biodiversité (NTE et DTI pour l'IPR, indice de Shannon et richesse taxonomique

pour l'I2M2) ne répondent pas à la présence des barrages par des variations significatives. Au sein de l'IPR, ce sont les espèces rhéophiles et lithophiles qui expliquent l'essentiel de la réponse observée (12%). **"Les contextes comme les réponses amont et aval diffèrent et demandent des stratégies différentes de restauration"**. Van Looy K et al (2014), Disentangling dam impacts in river networks, Ecological Indicators, 37, 10-20

Etudes en Europe

Faible effet des barrages par rapport à la pollution sur les rivières centre-européennes (Lemm et Feld 2017)

Deux chercheurs allemands, analysant les invertébrés de rivières de plaine d'Europe centrale (Allemagne, Pologne, Pays-Bas), montrent que les premiers facteurs de dégradation sont les accumulations de sédiments fins et la diffusion des polluants, avec comme principaux prédicteurs les usages agricoles et urbains des sols. Les barrages n'ont qu'un poids mineur, et comme ils co-occurrent avec des dégradations du bassin, ce rôle est difficile à isoler. **"Notre approche est utile pour visualiser une structure de stressors co-occurents et les pressions au sein, par exemple, d'un bassin versant spécifique et pour quantifier les interactions possibles entre ces impacts humains. Elle peut aussi aider à avoir une idée des impacts humains qui sont d'importance mineure"**.

Lemm JA, Feld CK (2017), Identification and interaction of multiple stressors in central European lowland rivers, Science of the Total Environment 603–604, 148–154

Pollution chimique ou altération physique: définir les priorités en étant précis sur les causes de dégradation (Turunen et al 2016)

Une étude finlandaise compare des rivières dont la morphologie a été modifiée (pour le flottage du bois) avec celles subissant des pollutions chimiques diffuses. Il en ressort que la pollution d'origine agricole est le facteur principal qui désorganise les communautés aquatiques et qui dégrade la qualité écologique de l'eau telle qu'elle est mesurée notamment par la DCE 2000. Les chercheurs appellent à établir les vraies priorités en gestion publique des rivières. **"Des approches rigoureuses sont donc requises pour différencier les effets de la pollution diffuse et de la morphologie modifiée du chenal sur les communautés aquatiques"**

Turunen J et al (2016), Disentangling the responses of boreal stream assemblages to low stressor levels of diffuse pollution and altered channel morphology, Science of The Total Environment, 544, 954-962, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.031

La morphologie a moins d'impact que la pollution sur la qualité de l'eau et des milieux vivants (Dahm et al 2013)

Les auteurs ont sélectionné 2302 sites de mesure en Allemagne et en Autriche, qui présentent des résultats assez cohérents pour permettre l'analyse des populations de poissons (n=713), de macro-invertébrés (n=1753) et de diatomées (n=808). Les sites en question ont été subdivisés en rivières de plaine et rivières de montagne. L'indice multimétrique prédictif utilisé pour la faune piscicole est l'EFI+ (European Fish Index). Au sein de l'EFI+, onze facteurs sont pris en compte qui indiquent la plus ou moins grande tolérance des espèces à des environnements dégradés. Les chercheurs ont ensuite croisé ces mesures de qualité biologique avec les données disponibles sur quatre causes connues d'impact : l'hydromorphologie, la qualité physico-chimique, l'occupation des sols en rive, l'usage des sols sur le bassin versant. Il en ressort que la corrélation positive avec la dégradation de l'indice est deux à trois fois plus prononcée pour la physico-chimie que pour l'hydromorphologie. **"L'excès de nutriment et l'occupation des sols sur le bassin versant sont les deux facteurs de stress discriminant pour tous les groupes d'organisme, dépassant les effets du stress hydromorphologique à l'échelle des sites (...) Nos résultats suggèrent que beaucoup de rivières sont encore considérablement affectées par l'excès de nutriments (eutrophisation), ce qui peut être directement relié à l'usage des sols sur leur bassin versant"**.

Dahm V. et al. (2013), Effects of physico-chemistry, land use and hydromorphology on three riverine organism groups: a comparative analysis with monitoring data from Germany and Austria, Hydrobiologia, 704, 1, 389-415



Algues vertes en estuaire.

"Nous avons montré que les paramètres caractérisant la charge de nutriments et de matière organique avaient un effet prédominant sur les trois compartiments biologiques, et que les variables d'utilisation des terres jouaient un rôle intégrateur des différentes pressions agissant sur les cours d'eau et expliquaient une grande partie de leur dégradation"

Villeneuve B et al (2015)

La restauration écologique des rivières, ses limites, ses biais et ses échecs

Depuis près de 15 ans, la restauration écologique des rivières fait l'objet d'un retour critique aux Etats-Unis et l'on voit apparaître depuis 5-6 ans des travaux en France et en Europe. Il en ressort assez souvent une déception : si des changements sont observés, les milieux ou les espèces ne reviennent pas à un état espéré de référence. Parfois, des effets négatifs sont constatés, comme les incisions de lit après effacement de chaînes d'ouvrages. On lit aussi des mises en garde sur le manque de rigueur des programmations publiques et des organisations de chantier.

Etudes en France

Bilan très mitigé de 40 ans de politique publique pour les poissons migrateurs (Legrand et al 2020)

Cette publication fait la synthèse du comptage des poissons migrateurs sur plus de 30 ans (1983-2017) et 43 points de mesure en France. Il en résulte un bilan très mitigé : une majorité de stations n'ont aucune tendance significative, plusieurs espèces sont en déclin comme les aloses ou les lamproies marines, d'autres comme les saumons atlantique n'ont pas de gain global malgré de lourds investissements publics et privés depuis les premiers plans des années 1970. **"Nous avons (...) testé l'effet de cinq facteurs susceptibles de contribuer aux tendances observées : le bassin versant, la latitude, la présence de pêcheries commerciales, l'amélioration de la continuité écologique et la présence d'un programme de déversement pour le saumon. Nous avons trouvé des tendances contrastées dans les comptages de poissons entre les espèces à l'échelle nationale, certains taxons étant en augmentation (*Anguilla anguilla* et *Salmo trutta*), certains ne montrant qu'une légère augmentation (*Salmo salar*) et d'autres étant en déclin (*Alosa spp.* et *Petromyzon marinus*). Pour chaque taxon, à l'exception d'*Anguilla anguilla*, nous avons mis en évidence un effet bassin versant important indiquant des tendances contrastées entre les bassins ou les stations de comptage. Cependant, nous n'avons trouvé aucun effet significatif des caractéristiques du bassin versant pour aucun des taxons étudiés."**

Legrand M et al (2020), Contrasting trends between species and catchments in diadromous fish counts over the last 30 years in France, Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst., 421, 7

Réponse négative de la végétation riveraine à la suppression d'ouvrages hydrauliques (Depoilly et Dufour 2015)

Une étude de long terme faite sur la végétation riveraine de deux fleuves côtiers bas-normands (Orne, Vire) montre que les arbres situés à l'amont de deux ouvrages de moulins effacés en 1997 ont connu une baisse significative de croissance, en particulier les aulnes. Pour les chercheurs, les écosystèmes aquatiques, les écosystèmes riverains, le bâti historique et les pratiques sociales doivent être davantage intégrés dans la programmation multidisciplinaire de la restauration de continuité écologique. **"Les résultats de cette étude illustrent en partie la complexité des enjeux politiques et opérationnels qui s'articulent autour de la stratégie de restauration de la continuité écologiques des cours d'eau par suppression des ouvrages de type seuils ou petits barrages. En effet, cette stratégie soulève la question de notre capacité à combiner les effets de telles opérations sur des plans multiples, relevant des dimensions écologistes et socio-culturelles."**

Depoilly D et Dufour S (2015), Influence de la suppression des petits barrages sur la végétation riveraine des cours d'eau du nord-ouest de la France, Norois, 237, 51-64

50 ans de restauration de rivières par les Agences de l'eau (Morandi et al 2016)

Quatre chercheurs se sont penchés sur l'histoire de la programmation des travaux en rivières des Agences de l'eau depuis leur création en 1964. Leurs résultats font apparaître deux paradigmes : la restauration hydraulique et paysagère, anthropocentrée et partant des besoins humains ; la restauration écologique, biocentrée et visant un certain état des milieux aquatiques. Le second paradigme tend à prendre de l'importance à partir des années 2000, ce qui n'est pas sans poser des problèmes de calage sur la caractérisation des pressions écologiques et le choix des actions ayant une réelle efficacité pour améliorer les milieux. Pour les auteurs, la restauration des cours d'eau doit viser une approche plus intégrée, n'opposant pas l'hydraulique à l'écologie mais développant des référentiels élargis de qualité environnementale. **"Il est tout d'abord important de travailler sur les dégradations et de les qualifier, d'un point de vue biophysique mais aussi socio-économique. Avant de parler de 'restauration', la caractérisation et la compréhension des processus de dégradation est un préalable indispensable. Seule une identification précise de ces états du cours d'eau peut permettre la définition et la hiérarchisation d'objectifs de restauration. Ces deux étapes de réflexion sont peu explicitées dans les dossiers d'aides, ce qui peut être problématique dans le contexte actuel de toujours plus d'évaluation de l'action publique."**

Morandi B et al (2016), Les Agences de l'eau et la restauration : 50 ans de tensions entre hydraulique et écologique, Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], 16, 1, DOI : 10.4000/vertigo.17194

Faiblesse scientifique, dimension subjective et résultats incertains des chantiers de restauration de rivière en France (Morandi et al 2014)

Quatre chercheurs ont analysé 44 projets de restauration de rivière en France. Ils soulignent la faiblesse scientifique de la plupart des protocoles de suivi, quand ils existent. Plus le protocole est rigoureux, moins les résultats

écologiques avérés sont bons. Inversement, ce sont les restaurations aux suivis les plus légers qui tendent à avancer les conclusions les plus avantageuses. Allant plus loin, les auteurs observent que la restauration de rivière relève souvent davantage de l'évaluation subjective ou de l'attente politique du projet que de la mesure objective et scientifique. **"Cette étude met en lumière la difficulté d'évaluer la restauration de rivière, et en particulier de savoir si un projet de restauration est un échec ou un succès. Même quand le programme de surveillance est robuste, la définition d'un succès de restauration est discutable compte tenu des divers critères d'évaluation associés à une diversité de conclusions sur cette évaluation (...) il y a non seulement une incertitude sur les réponses écologiques prédites, mais aussi dans les valeurs que l'on devrait donner à ces réponses"**

Morandi B et al (2014), How is success or failure in river restoration projects evaluated? Feedback from French restoration projects, *Journal of Environmental Management*, 137, 178-188.

Etudes en Europe

Supprimer les ouvrages des moulins à eau incise les rivières et assèche leurs lits majeurs (Maaß et Schüttrumpf 2019)

Deux chercheurs de l'université d'Aix-la-Chapelle montrent que l'implantation millénaire des moulins à eau a modifié progressivement la morphologie des lits mineurs et majeurs des rivières de plaine d'Europe occidentale. Dans ce type de cours d'eau, la suppression des ouvrages de moulin (chaussées, écluses, déversoirs) conduit à des incisions de lit mineur, à des moindres débordements en lit majeur d'inondation (donc des assèchements), à des transferts de sédiments plus fins (plutôt jugés néfastes en colmatage de fond). **"Les lits majeurs autour des zones de retenue de l'eau sont plus souvent inondées pendant la période d'activité des moulins que ceux précédant leur construction en raison des niveaux d'eau plus élevés de la retenue au déversoir, ce qui entraîne une sédimentation relativement élevée dans les plaines inondables. Après l'élimination des moulins, les niveaux d'eau ne sont plus surélevés. Dans les chenaux, le débit ralenti en amont des seuils des moulins entraîne le dépôt de sédiments dans la zone de retenue. La période entre la construction et la destruction des moulins a été si longue que les taux d'inondation du lit majeur et, par conséquent, la sédimentation de ce lit majeur ont diminué en raison de l'augmentation de la hauteur des rives."**

Maaß AL, H. Schüttrumpf (2019), Elevated floodplains and net channel incision as a result of the construction and removal of water mills, *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, DOI: 10.1080/04353676.2019.1574209

Une rivière de tête de bassin peut être en déficit d'espèces lenticques et non seulement lotiques (Seddon et al 2019)

Une étude anglaise a recherché ce que pouvait être les "conditions de référence écologiques" d'une petite rivière de tête de bassin au 19^e siècle, par des carottages sédimentaires et des études des anciens invertébrés. Elle trouve une plus grande diversité d'espèces voici 150 ans, mais surtout davantage d'espèces lenticques, habituées des eaux calmes ou stagnantes. La cause en serait des tracés jadis plus sinueux, moins incisés, avec des zones humides annexes avant drainage et calibrage. Il y aurait donc ici un déséquilibre en défaveur d'espèces lotiques aujourd'hui... soit le contraire de ce qui est souvent entendu dans les choix de rivière de tête de bassin. **"Les activités de restauration des rivières devraient donc s'appuyer sur de multiples sources de données, y compris des informations paléo-écologiques lorsque cela est possible, pour caractériser une gamme de conditions de référence reflétant la nature hautement dynamique des écosystèmes lotiques."**

Seddon E et al (2019), The use of palaeoecological and contemporary macroinvertebrate community data to characterize riverine reference conditions, *River Res Applic.* doi.org/10.1002/rra.3490

La restauration écologique active d'un milieu a souvent le même effet qu'une simple récupération passive (Jones et al 2018)

Dans une méta-analyse de 400 travaux, des chercheurs montrent qu'en général, une restauration active d'un milieu perturbé n'obtient pas beaucoup plus de résultats qu'une simple récupération passive en cessant l'impact et en laissant les sites évoluer. Et en tout état de cause, notamment pour les milieux aquatiques, le résultat de la restauration active comme de la récupération passive n'est pas le retour aux objectifs fixés avant les travaux, notamment un état proche d'une situation antérieure non perturbée. **"Le manque de valeur ajoutée claire de la restauration active après une perturbation suggère que la récupération passive devrait être considérée comme une première option; si la reprise est lente, alors les actions de restauration active devraient être mieux adaptées pour surmonter les obstacles spécifiques à l'amélioration, et atteindre les objectifs de la restauration. Nous appelons à un investissement plus stratégique de ressources de restauration limitées dans les efforts de collaboration innovants entre scientifiques, communautés locales et praticiens pour développer des techniques de restauration viables sur les plans écologique, économique et social."**

Jones HP et al (2018), Restoration and repair of Earth's damaged ecosystems, *Proc. R. Soc. B*, 285, 20172577

Pas d'effet piscicole à long terme d'une restauration morphologique sur la Günz (Pander et Geist 2016)

Une recherche allemande sur le suivi d'une rivière fortement modifiée par l'homme (Günz, en Bavière) montre que les populations de poissons rhéophiles n'ont tiré aucun bénéfice à long terme des mesures de restauration morphologique et dynamique des habitats en berges. Ce travail rappelle le caractère largement expérimental et les résultats non garantis de l'ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques. **"Contrairement à notre hypothèse, les données à long terme sur l'efficacité et la fonctionnalité de quatre mesures différentes de restauration de berge de la rivière très modifiée Günz étaient moins prononcées que prévu, et encore moins"**

prononcées que la réponse à court terme. En général, aucune amélioration substantielle des communautés piscicoles dans l'aire étudiée n'était détectable, indiquant qu'aucune des mesures de restauration n'a été capable d'améliorer substantiellement la biomasse, la diversité, le nombre d'individus ou les classes distinctes de poissons sur le long terme".

Pander J, J Geist (2016), Can fish habitat restoration for rheophilic species in highly modified rivers be sustainable in the long run?, Ecological Engineering, 88, 28–38

Restauration morphologique des rivières: pas d'effet clair sur les invertébrés, même après 25 ans (Leps et al 2016)

A croire le discours vulgarisé de la restauration écologique des rivières, les choses seraient simples: on produit une diversité d'habitats dans le cours d'eau, ceux-ci seront colonisés par une diversité d'espèces. Une étude scientifique sur 44 projets de restauration en rivières allemandes conclut cependant à l'opposé: même 25 ans après l'intervention sur le site restauré, aucune réponse consistante et prévisible n'est observée dans les communautés benthiques d'invertébrés. Sur 34 métriques de la réponse biologique, très peu ont des tendances significatives, et les effets sont modestes. D'autres facteurs à échelle du bassin versant l'emportent sur les modifications locales de l'hydromorphologie. **"nos résultats sont consistants avec ceux d'autres études qui ont trouvé une réponse très variable des invertébrés benthiques à la restauration hydromorphologique, mais sans direction du changement, ni d'amélioration dans les résultats évalués en dépit d'une qualité hydromorphologique clairement meilleure (Bernhardt et Palmer 2011; Haase et al 2013; Palmer et al 2010)"**

Leps M et al (2016), Time is no healer: increasing restoration age does not lead to improved benthic invertebrate communities in restored river reaches, Science of the Total Environment, 557–558, 722–732

Restauration de rivière, un bilan critique (Wohl et al 2015)

Trois chercheurs tirent un bilan critique de la restauration de rivière à l'occasion d'un panorama de sa jeune histoire. Tous les chantiers ne sont certes pas inefficaces, mais beaucoup ne tiennent pas leurs promesses. **"Même si une prise en compte plus large des processus de la rivière et de la restauration au-delà du corridor fluvial s'est installée, la communauté scientifique a souligné deux thèmes persistants dans la restauration de rivière : le suivi limité des projets pour déterminer objectivement et quantitativement si les buts de la restauration sont atteints (par exemple, Bernhardt et al, 2005) et la proportion élevée de projets de restauration qui ne parviennent pas à des améliorations significatives des fonctions de la rivière telles que les reflètent des critères comme la qualité de l'eau ou les communautés biologiques (Lepori et al 2005, Bernhardt et Palmer 2011, Violon et al 2011, Palmer et Hondula 2014). Nous pouvons ajouter à cela le troisième défi consistant à mieux intégrer la communauté non scientifique dans la planification et l'implémentation de la restauration de rivière (Eden et al 2000, Pfadenhauer 2001; Wade et al 2002, Eden et Tunstall 2006, Eden et Bear 2011)."**

Wohl E et al (2015), The science and practice of river restoration, Water Resour. Res., 51, doi:10.1002/2014WR016874



Assec après une restauration de continuité écologique.

« Même si une prise en compte plus large des processus de la rivière et de la restauration au-delà du corridor fluvial s'est installée, la communauté scientifique a souligné deux thèmes persistants dans la restauration de rivière: le suivi limité des projets pour déterminer objectivement et quantitativement si les buts de la restauration sont atteints et la proportion élevée de projets de restauration qui ne parviennent pas à des améliorations significatives des fonctions de la rivière telles que les reflètent des critères comme la qualité de l'eau ou les communautés biologiques. Nous pouvons ajouter à cela le troisième défi consistant à mieux intégrer la communauté non scientifique dans la planification et l'implémentation de la restauration de rivière »

Wohl E et al 2015

Les problèmes de gouvernance et d'orientation de l'expertise dans les projets et chantiers sur les rivières

Ce qui est « bon » ou « mauvais » pour la rivière ne relève pas en soi de la neutralité scientifique, mais de choix qui sont faits en faveur de certains milieux, de certaines espèces, de certains usages ou de certains paysages. Ce point est identifié par la recherche en sciences sociales et humaines de l'environnement comme un problème croissant de gouvernance de l'eau, car les citoyens et les usagers sont en attente d'expertises plus débattues et d'approches plus démocratiques dans les choix. Les démantèlements de barrage sont un cas classique de conflit lié à des préférences non discutées pour un certain type de rivière au détriment d'un autre.

Etudes en France

L'écologie des rivières n'accepte pas le débat sur les orientations de ses expertises (Perrin 2019)

Les désaccords et conflits qui entourent la politique française de continuité écologique des cours d'eau concernent des représentations de la rivière. Jacques-Aristide Perrin, chercheur en sciences sociales de l'eau, met en lumière dans un article récent la difficulté de l'administration publique à organiser la concertation autour de ces sujets. La position de l'acteur public est que l'on peut éventuellement discuter de l'acceptabilité sociale de ses projets, mais pas remettre en question leur philosophie sous-jacente et les métriques qui en découlent. **"Tandis que les discours légitimistes se concentrent principalement sur les pressions causées par les seuls ouvrages hydrauliques comme nous l'avons vu avec l'étude des documents, les propriétaires privilégient d'autres causes de disparition des poissons migrateurs comme la surpêche, la pollution agricole, les altérations hydrologiques liées aux grands barrages, les extractions historiques de matériaux aux conséquences néfastes pour les habitats des poissons. La hiérarchisation de ces pressions sur les espèces migratrices fait débat, comme l'a d'ailleurs reconnu le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie dans une publication. Il n'y a donc, à ce jour, pas de consensus sur la priorisation d'une cause explicative par rapport à une autre, que ce soit localement ou dans le monde académique (Forseth et al., 2017)."**

Perrin JA (2019), Éléments sur l'acceptabilité socio- technique d'une politique environnementale : le cas de la restauration de la continuité écologique des cours d'eau, Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement [En ligne], 42

La continuité de la rivière, un enjeu allant bien au-delà de l'écologie (Drouineau et al 2018)

Dans un article venant de paraître dans la revue Environmental Management, dix chercheurs proposent une réflexion sur la restauration de continuité de la rivière en lien aux poissons diadromes (ayant une partie de leur cycle de vie en mer et une autre dans l'eau douce). Après avoir observé que ces politiques sont anciennes, qu'elles obtiennent des résultats mitigés et que l'option récente d'effacement d'ouvrages en préférence aux aménagements ouvre de nouveaux enjeux sociaux, les auteurs proposent diverses pistes d'amélioration. Ils soulignent notamment que la continuité de la rivière est une question sociale et économique autant qu'écologique. **"Toutes ces réglementations de conservation et de restauration interagissent potentiellement entre elles et, en fonction de la manière dont elles sont interprétées par les acteurs politiques, peuvent provoquer des conflits politiques. Par exemple, certains milieux humides ou lacs créés par la construction d'un barrage sont classés par Natura 2000 en raison de leur intérêt pour les oiseaux ou d'autres animaux ou plantes, bien qu'ils modifient la libre circulation des poissons et des sédiments. Mais cette réglementation peut entrer en conflit avec d'autres, comme sur l'utilisation de l'eau. Par exemple, à l'échelle européenne, la directive 2009/28/CE encourage l'utilisation des énergies renouvelables, y compris l'hydroélectricité, bien que les installations hydroélectriques soient souvent obstacle à la libre circulation des poissons et source de mortalité pour les espèces migrantes".**

Drouineau H et al (2018), River continuity restoration and diadromous fishes: much more than an ecological issue, Environmental Management, DOI: 10.1007/s00267-017-0992-3

A chacun sa rivière : diversité des perceptions sociales de l'Ain (Boyer et al 2018)

Un groupe de cinq chercheurs du CNRS et de l'université de Besançon s'est penché sur la diversité des perceptions de la rivière Ain, en particulier de sa qualité environnementale. L'Ain présente une grande diversité de faciès de l'amont vers l'aval, avec des zones très aménagées et d'autres présentant des habitats plus libres, moins marqués par l'homme. Il s'avère que les groupes sociaux (gestionnaires, pêcheurs, riverains) divergent dans le détail de leurs appréciations et attentes. Mais plus encore : les individus au sein des groupes divergent (ou parfois convergent) aussi et loin de se penser comme dépositaire d'un continuum fluvial, c'est la position géographique sur la rivière qui détermine des attentes très locales. La rivière est d'abord un "territoire hydrosocial". **"Notre étude confirme que si la rivière est considérée comme un corridor par les gestionnaires de l'eau et les scientifiques, elle devient un environnement diversifié et pluriel si les perceptions des résidents et des utilisateurs sont prises en compte."**

Boyer AL et al (2018), The social dimensions of a river's environmental quality assessment, Ambio, DOI:10.1007/s13280-018-1089-9

Négocier et construire des ouvrages hydrauliques face aux crues (Riegel 2018)

La socio-anthropologue Julie Riegel s'intéresse à l'action publique environnementale "par le bas", telle qu'elle est portée, vécue, ignorée ou requalifiée par les acteurs concernés. Cet article sur le processus de concertation dans un chantier de construction d'ouvrages hydrauliques en lit mineur de rivières visant à limiter un risque de crue à l'aval, sur la Brévenne et la Turdine, rappelle que l'on construit aussi des ouvrages face aux crues (posant la question insistante de la rationalité de leurs destructions actuelles au nom de la continuité écologique). La recherche montre comment les acteurs négocient les contraintes mais aussi se sentent dépossédés de leur autonomie, et comment l'imposition de projets fléchés à l'excès dans leur conception et leur financement laisse trop peu de place à une vraie démocratie locale de l'eau. **"Le manque de prise des riverains sur le déroulement des chantiers d'aménagement, et leur perte de visibilité sur la gestion des inondations, semblent s'ajouter à un sentiment global de perte d'autonomie."**

Riegel J (2018), Le dialogue territorial au risque de l'écologie? Traces et effets d'une concertation entre aménagements hydrauliques et restauration écologique, *Participations*, 1, 20, 173-198, doi 10.3917/parti.020.0171

La nécessité de prendre en compte le limnosystème (Touchart et Bartout 2018)

Les lacs ont longtemps été l'objet d'étude central de la limnologie, terme forgé par François-Alphonse Forel dans son analyse du lac Léman au XIXe siècle et discipline considérée par certains comme le réel précurseur de l'écologie moderne. Deux géographes de l'Université d'Orléans constatent que, depuis un siècle, l'analyse des milieux lenticques peine à trouver son identité épistémologique. Ils proposent de conceptualiser le limnosystème comme l'ensemble des interactions à l'oeuvre dans l'émergence, le fonctionnement et le comportement des lacs, mares, étangs et autres eaux plus stagnantes que courantes. Les chercheurs critiquent la tendance à séparer des plans d'eau selon leur origine naturelle ou artificielle: **"Pourquoi une digue construite pour barrer un vallon il y a mille ans, qui a donné naissance à un étang ennoyant une prairie humide inculte, dont les plantes marécageuses évapo-transpiraient de façon considérable, qui a laissé au cours d'eau le temps de rééquilibrer son profil en long, qui est intégré au système agro-pastoral traditionnel et a acquis une valeur culturelle et patrimoniale aux côtés d'un moulin, est-il présenté comme une atteinte intolérable à la nature, par le simple fait qu'un segment du système lotique a été transformé en système lentique ?"**

Touchart L, P Bartout (2018), Le limnosystème est-il un concept géographique ?, *Ann. Géo.*, 719, 29-58.

La conservation du saumon ne résume pas les attentes sur la rivière (Thomas et Germaine 2018)

Deux chercheurs français produisent une synthèse critique sur la question de la conservation du saumon atlantique en France. La politique française de "continuité écologique" a été souvent motivée par la mise en avant de l'espèce emblématique des poissons migrateurs, mais elle a aussi suscité des conflits un peu partout lorsque la destruction des barrages et de leurs usages a été imposée. Le saumon ne mobilise pas que des écologues et naturalistes, il intéresse aussi les usagers de la nature que sont les pêcheurs, influents sur les politiques publiques. **"En creux, c'est la question du regard que la société porte sur les cours d'eau qui apparaît ici. Longtemps considérés comme une fraction utile de la nature (Lugliá, 2015), les fleuves et les rivières font aujourd'hui l'objet d'une gestion écologique. Mais derrière l'ambition de restauration des populations de saumons, c'est en fait la question du devenir des cours d'eau, pensés comme des entités socio-naturelles, et plus largement de nos usages de la nature (Larrère, 2009) qu'il semble nécessaire de se poser."**

Thomas O, Germaine MA, De l'enjeu de conservation au projet de territoire : Le saumon atlantique au coeur des débats., *Vertigo* - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], 18, 2, DOI : 10.4000/vertigo.22259

La pêche de loisir et la continuité écologique (Thomas et Germaine 2018)

Deux chercheurs publient une étude sur le rapport des pêcheurs à la continuité écologique, principalement dans l'Ouest de la France, avec un focus sur les barrages de la Sélune que l'Etat détruit. Il en ressort que même sur des zones où les salmonidés migrateurs sont des enjeux halieutiques importants, le monde de la pêche n'est pas homogène dans son appréciation de la destruction des ouvrages et des modifications des milieux que ces destructions produisent. **"Si les fédérations de pêche prônent le passage vers une gestion patrimoniale, cette posture vient parfois bousculer les habitudes des pêcheurs et plus largement leurs représentations de la nature."**

Thomas O, Germaine MA (2018), La restauration de la continuité écologique des cours d'eau et la pêche de loisir : héritages, changements et enjeux, *Norois*, 249, 43-60

La restauration écologique de rivière sacrifie-t-elle le facteur humain en zone rurale? (Zingraff-Hamed et al 2017)

Une équipe de chercheurs a étudié 110 projets de restauration de rivière menés entre 1980 et 2015 en France, dont le coût médian approche les 200.000 euros. Leur but était d'en faire une typologie selon les motivations, mais aussi de mener une comparaison des actions menées en zone urbaine et en zone rurale. On peut observer dans leurs résultats que le facteur humain dans la motivation (améliorer la qualité de vie des habitants) est totalement absent des projets ruraux, alors qu'il est présent dans le tiers des projets urbains. La "restauration de rivière", parfois appelée réhabilitation ou renaturation, recouvre des chantiers qui visent à améliorer la qualité de l'eau et des milieux, souvent par l'intervention sur les propriétés physiques de l'écoulement, de l'érosion ou de la sédimentation (hydromorphologie). **"L'utilisation d'un seul terme pour une telle variété d'activités de restauration peut amener des incompréhensions, des biais de comparaison entre projets, et elle peut compromettre la fécondation réciproque des projets"**.

Zingraff-Hamed A et al (2017), Urban and rural river restoration in France: a typology, *Restoration Ecology*, epub, DOI: 10.1111/rec.12526

"La science est politique : effacer des barrages pour quoi? Qui parle?" (Dufour et al 2017)

Des zones amont de seuils effacés où les arbres déclinent et témoignent de dysfonctionnements de la plaine alluviale, des petits barrages dont l'examen démontre qu'ils ne forment pas d'entraves à la mobilité sédimentaire... une équipe de chercheurs montre à travers quelques cas concrets que la politique française d'effacement de barrages et seuils est justifiée depuis 10 ans par le discours de certains acteurs techniques ou scientifiques au profit de certains objectifs, mais que cette politique ne saurait prétendre refléter tout ce que les sciences sociales et naturelles ont à dire des rivières, de leur milieux et de leurs ouvrages. **"Pour les sciences sociales, il est nécessaire de prendre conscience que certains problèmes sociopolitiques liés à la suppression des barrages et des seuils sont liés à la nature de processus et schémas biophysiques, et nécessitent une plus grande attention à la diversité des contextes biophysiques, en particulier en les interactions amont-aval et chenal-plaine (...) cette compréhension nécessite l'inclusion de multiples parties prenantes (ayant potentiellement diverses relations de pouvoir) et implique donc un processus de prise de décision complexe (plus complexe que celui consistant à retirer un barrage sur un site unique). Pour les sciences naturelles, il est nécessaire de se concentrer davantage sur les questions sociologiques, politiques et culturelles et d'être plus conscient de la façon dont la production, la diffusion et l'utilisation des connaissances influencent les processus sociopolitiques".**

Dufour S et al (2017), On the political roles of freshwater science in studying dam and weir removal policies: A critical physical geography approach, *Water Alternatives*, 10, 3, 853-869

Les experts surdéterminent leurs propres choix dans la définition des services écosystémiques des rivières (Lespez et al 2016)

Trois chercheurs analysent notamment les représentations sociales et les enjeux de pouvoir à l'oeuvre dans le devenir des rivières. Leur article montre comment les projets d'aménagement se légitiment désormais par des analyses de "services écosystémiques" dont la mise en oeuvre est pour le moins difficile : biais dans la sélection des éléments à valoriser et dans l'objectivation de leur valeur, faible intégration des acteurs locaux, pouvoir de l'expert qui passe trop vite de la connaissance à la norme, méconnaissance du caractère hybride des rivières et de la "socio-nature", c'est-à-dire la co-évolution intrinsèque des sociétés et des milieux. **"Les experts ont souvent beaucoup de mal à sortir d'une vision normative liée à leur représentation de l'inégalité des savoirs et à leur sentiment d'incarner l'intérêt général. Cette inflation du poids d'une expertise « source de normativité décisionnelle » (Lascoumes, 1994) caractérise la prise en charge actuelle de la gestion des cours d'eau étudiés et contribue à limiter les capacités délibératives des acteurs locaux."**

Lespez L et al (2016), L'évaluation par les services écosystémiques des rivières ordinaires est-elle durable ?, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, en ligne, hors-série 25, DOI : 10.4000/vertigo.17443

Circulation des saumons, deux siècles d'aménagements problématiques sur l'Aulne (Le Calvez 2015)

Caroline Le Calvez étudie l'Aulne canalisée, section aménagée d'un petit fleuve à saumons de Bretagne, et dresse un bilan de deux siècles d'aménagements de la rivière et de projets de restauration de sa population de grands migrateurs. Malgré plus d'un siècle d'actions et un soutien croissant des institutions, la situation du saumon n'est toujours pas bonne sur l'Aulne. L'expérimentation de "débarrage" à partir de 2010 a suscité de fortes oppositions et la restauration écologique de la rivière ne possède ni base sociale élargie, ni enjeu économique évident. Il manque un vrai projet inclusif de territoire qui serait susceptible de justifier la remise en cause des avantages des aménagements actuels. **"In fine, derrière cette confrontation de visions territoriales, se pose la question de la préservation des 'patrimoines' et des 'paysages' construits, représentés par le canal et ses aménagements d'une part, par les espèces migratrices et leur écosystème d'autre part".**

Le Calvez C (2015), Rétablir la libre circulation piscicole dans les vallées fluviales : mise en perspective des enjeux et des aménagements à partir du cas de l'Aulne (XIXe-XXIe siècles), *Norois*, 237, 33-50

Etudes en Europe

Les questions des sciences sociales sont ignorées dans les politiques d'effacement de barrage (Sneddon et al 2017)

Dans l'article d'ouverture d'un numéro spécial de la revue *Water Alternatives*, les chercheurs font le point sur les sujets trop souvent ignorés par les gestionnaires d'eau en matière de continuité écologique: **"Qu'est-ce que les effacements de barrage révèlent à propos des déplacements de représentation des rivières par diverses communautés humaines? Comment les arguments pour et contre la destruction des barrages sont-ils présentés, diffusés et contestés ? Quelle constellation de forces politiques, économiques, culturelles et économiques guident la suppression des barrages et la restauration des rivières dans ce contexte historique? Comment divers groupes sociaux (agences gouvernementales, défenseurs de l'environnement, populations locales) perçoivent et évaluent la destruction de barrage? Dans quelle mesure des facteurs non-humains (poissons, rivières) guident les débats et processus de la suppression d'ouvrages? Quel est le rôle des différents types de connaissance (scientifique, experte, locale) dans les effacements contestés, où et comment ces domaines de connaissance entrent-ils en conflit? Qu'est-ce qui définit un succès ou un échec dans le contexte des effacements de barrage et de la restauration de rivière, et comment des perspectives apparemment incommensurables sur la destruction peuvent être reconciliées et intégrées?"**

Sneddon CS et al (2017), Dam removals and river restoration in international perspective, Water Alternatives, 10,3, 648-654

L'effacement exige de prendre en compte tous les avis et toutes les dimensions des sites (Lejon et al 2009)

La suppression des barrages peut être motivée par la sécurité, la réglementation, l'écologie ou l'économie. Mais les auteurs soulignent que ces opérations sont controversées. Analysant 17 projets en Suède, ils montrent que trois critères sont à prendre en considération dans l'opposition aux effacements : le financement, les valeurs historiques ou culturelles, les espèces mises en danger. Ils en concluent que toutes les parties prenantes doivent être associées et informées: ***"dans les cas compliqués où des solutions de compromis peut être le résultat le plus réalisable, l'intégration des connaissances des différentes parties prenantes est cruciale. La participation de diverses parties prenantes augmente leur volonté de trouver des compromis, évitant ainsi conflits et échecs."***

Lejon AGC et al (2009), Conflicts associated with dam removal in Sweden, Ecology and Society, 14, 2, 4



Protestation riveraine contre une destruction d'ouvrage et de plan d'eau.

"Les experts ont souvent beaucoup de mal à sortir d'une vision normative liée à leur représentation de l'inégalité des savoirs et à leur sentiment d'incarner l'intérêt général. Cette inflation du poids d'une expertise « source de normativité décisionnelle » (Lascoumes, 1994) caractérise la prise en charge actuelle de la gestion des cours d'eau étudiés et contribue à limiter les capacités délibératives des acteurs locaux."

Lespez L et al 2016

La nature hybride ou « socio-nature », les nouveaux écosystèmes et l'évolution de la biodiversité à l'Anthropocène

La recherche en écologie est aussi animée de débats fondamentaux chez les scientifiques. Existe-t-il une « condition de référence » disant ce que ce serait une rivière en « bon » état ? Que signifie se référer à la rivière « naturelle » ou à sa « renaturation » alors que les milieux sont modifiés par l'homme depuis 3 à 6 millénaires ? Pourquoi refuser de comptabiliser la biodiversité acquise à côté de la biodiversité endémique, alors qu'elle peut être devenue plus riche localement ? Que choisir pour la rivière aujourd'hui alors que le changement climatique devrait la modifier en profondeur sur les décennies et siècles à venir ? Les politiques publiques ont vocation à intégrer ces questions, car elles déterminent la pertinence des choix collectifs sur la nature.

Etudes en France

Les poissons des fleuves français reflètent déjà clairement le changement climatique (Maire et al 2019)

Analysant 40 ans de données sur la Loire, la Meuse, le Rhône, la Seine et la Vienne, des chercheurs montrent que les assemblages de poissons de nos fleuves reflètent déjà les effets du changement climatique, avec une tendance au remplacement des espèces septentrionales par des espèces méridionales mieux adaptées aux eaux chaudes. Il faut aussi noter que sur cette période, la biomasse et la richesse spécifique des poissons ont augmenté, sans que les exotiques (non endémiques en France) ne prolifèrent, mais avec des espèces non-locales (absentes des premiers relevés) plus nombreuses. Les peuplements de nos rivières changent donc rapidement, ce qui pose question sur l'état de référence de la rivière pour lequel on prend des choix, mais qui sera changé dans quelques décennies. **"Pris ensemble, ces résultats mettent en évidence le rôle central du changement climatique dans les tendances observées et ses profondes implications pour les écosystèmes d'eau douce."**

Maire A et al (2019), Poleward shift in large-river fish communities detected with a novel meta-analysis framework, *Freshwater Biology*, 1–14.

Augmentation de la richesse fonctionnelle et spécifique des poissons d'eau douce depuis 2 siècles (Toussaint et al 2018)

Etudiant l'évolution depuis deux siècles des poissons d'eau douce dans plus de 1500 bassins répartis en 6 domaines biogéographiques mondiaux, des chercheurs montrent que la richesse spécifique (diversité d'espèces) a augmenté de 15% et la diversité fonctionnelle (traits des assemblages de poissons) de plus de 150%. La tendance s'observe aussi en Europe, dans le domaine dit "paléarctique". Ce résultat signifie que, pour le moment, les introductions de nouvelles espèces dans les bassins ont fait plus que compenser les disparitions d'espèces endémiques. **"Prédire si des espèces non natives pourront compenser des pertes futures en diversité fonctionnelle reste une question clé pour déterminer les éventuels changements dans le fonctionnement des écosystèmes."**

Toussaint A et al (2018), Non-native species led to marked shifts in functional diversity of the world freshwater fish faunas, *Ecology Letters*, 21, 11, 1649-1659

La tropicalisation des fleuves français (Maire et al 2018)

Analysant 35 chroniques à long terme de surveillance des populations de poissons à l'amont et à l'aval de centrales nucléaires sur les fleuves français, des chercheurs mettent en évidence un phénomène de "tropicalisation" : les espèces des latitudes plus méridionales croissent plus vite que les espèces septentrionales. Autre découverte : contrairement aux idées reçues, la biomasse a augmenté de 400% et la biodiversité pisciaire de 50% entre 1980 et 2015. **"Les méta-analyses réalisées sur des séries temporelles de métriques d'assemblage pour les 35 stations étudiées ont montré des augmentations fortes et significatives de la CPUE totale et de la richesse spécifique entre 1980 et 2015, respectivement 400% et 50% en moyenne. Ces changements ne s'accompagnaient pas de tendances significatives de l'uniformité, de la proportion d'espèces d'eau chaude et de l'abondance relative des espèces non indigènes."**

Maire A et al (2018), Long-term trend analyses of fish assemblages in large French rivers. Analyse des tendances long-terme des communautés de poissons des grands fleuves français, Conférence Integrative Sciences Rivers 2018.

Histoire des poissons du bassin de la Seine, une étude qui réfute certains préjugés (Belliard et al 2016)

En étudiant un siècle d'assemblages piscicoles et de traits écologiques sur 29 sites du bassin de Seine, Jérôme Belliard et ses collègues montrent que si les migrateurs régressent, malgré quelques reconquêtes récentes, en même temps que les exotiques progressent, les poissons rhéophiles (aimant le courant vif), lithophiles (aimant les substrats minéraux) et intolérant aux variations d'oxygène montrent plutôt une tendance à la hausse, au moins sur les bassins n'ayant pas connu d'expansion de la population humaine entre le XIXe siècle et aujourd'hui. **"Parce que nos résultats suggèrent que les changements à long terme affectant les assemblages de poissons ne peuvent pas être résumés comme une dégradation progressive sans équivoque, nous questionnons**

L'utilisation de données historiques pour définir les conditions de référence écologiques à des fins d'évaluation et de gestion des rivières.

Belliard J et al (2016), Reconstructing long-term trajectories of fish assemblages using historical data: the Seine River basin (France) during the last two centuries, Environ Sci Pollut Res, doi:10.1007/s11356-016-7095-1

Rivières hybrides: quand les gestionnaires ignorent trois millénaires d'influence humaine en Normandie (Lespez et al 2015)

Une équipe de chercheurs montre, à travers l'histoire longue d'une rivière normande (Seulles) et de son bassin versant, certaines erreurs dans la restauration morphologique des rivières en France. Suivant les guides méthodologiques Agence de l'eau ou Onema (OFB) conçus pour d'autres hydrosystèmes, les gestionnaires pensent recréer des styles fluviaux "naturels" qui sont en fait des ajustements du chenal déjà hérités de quelques millénaires de modification humaine. **"Après d'autres, nous avons démontré que les chenaux sont hybrides : ils sont guidés par des flux obéissant à des lois physiques et biologiques, mais les conditions de leur fonctionnement ont été établies pendant plusieurs millénaires par la société et les changements opérés sur le bassin versant. Pour les mêmes raisons, le second objectif souvent avancé [de la restauration écologique], à savoir identifier un état initial antérieur à la construction du dispositif hydraulique à supprimer ou de la perturbation à éliminer, est discutable puisque l'ensemble des conditions du système ont été inévitablement changées depuis que le déséquilibre a été initialement induit".** Autre problème : **"l'expertise halieutique domine la restauration écologique sur les autres aspects de la biodiversité (macro-invertébrés, macrophytes etc.) et l'expertise géomorphologique est souvent une part intégrée au projet sur les poissons."**

Lespez L et al (2015), The anthropogenic nature of present-day low energy rivers in western France and implications for current restoration projects, Geomorphology, 251, 64–76

Etudes en Europe

La biodiversité se limite-t-elle aux espèces indigènes ? (Schlaepfer 2018)

Depuis sa naissance, la conservation de la biodiversité a centré son intérêt sur les espèces endémiques. Pour l'écologue Martin Schlaepfer, il est temps de réviser cette option. Les espèces non natives ne sont pas toutes invasives et contribuent à la biodiversité locale au même titre que d'autres. Elles rendent parfois des services écosystémiques. Et au regard de leur expansion rapide, il devient difficile de continuer à ignorer leur présence dans les milieux. **"Les motivations de la société pour la conservation de la biodiversité évoluent et les indicateurs utilisés pour mesurer l'état de l'environnement et les progrès vers nos objectifs devraient faire de même. Les indices de biodiversité devront englober toutes les espèces s'ils doivent rester socialement pertinentes et illustrer toute la gamme de ce que l'on appelle maintenant les services (et les nuisances) écosystémiques, ou les contributions de la nature aux humains".**

Schlaepfer MA (2018), Do non-native species contribute to biodiversity?, PLoS Biology, 16(4): e2005568

Des rivières naturelles aux rivières anthropisées en Europe: le poids de l'histoire dans le choix des possibles pour l'avenir (Brown et al 2018)

Dix chercheurs publient une synthèse sur l'évolution des rivières européennes de plaine depuis six millénaires. Ils soulignent l'ancienneté de leur modification structurale et fonctionnelle par l'homme. Les styles fluviaux actuels n'ont rien à voir avec ceux de jadis. **"Il ressort clairement de cette étude qu'il est impossible de ramener les cours d'eau des plaines inondables de l'Europe tempérée à quelque chose qui se rapproche d'un état naturel originel ou d'un état hypothétique d'équilibre naturel par rapport à un point donné du passé."**

Brown AG et al (2018), Natural vs anthropogenic streams in Europe: History, ecology and implications for restoration, river-rewilding and riverine ecosystem services, Earth, 180, 185-205

Quelques millénaires de dynamique sédimentaire en héritage (Verstraeten et al 2017)

Une équipe de chercheurs belges montre, à travers trois ensembles hydrographiques que les dynamiques sédimentaires répondent à des modifications humaines sur une échelle de temps pluricentenaire à plurimillénaire. Ces évolutions, qui ne sont généralement pas à l'équilibre aujourd'hui, ne peuvent être comprises que par des analyses au cas par cas et ont des issues difficilement prédictibles compte-tenu du caractère complexe, non linéaire de la réponse du milieu à l'impact humain. **"Démêler l'impact humain des archives sédimentaires actuelles et prédire l'impact des futures perturbations humaines sur la dynamique des sédiments fluviaux reste un défi majeur. Cela a des implications importantes pour l'interprétation des effets de sédiments contemporains ainsi que des enregistrements de sédiments en aval dans les grandes plaines inondables, les deltas et le milieu marin"**

Verstraeten G et al (2017), Variability in fluvial geomorphic response to anthropogenic disturbance, Geomorphology, doi:10.1016/j.geomorph.2017.03.027

Une rivière peut-elle avoir un état de référence? (Bouleau et Pont 2014)

Les auteurs critique le fondement même de la DCE 2000 : l'idée qu'il existerait un "état de référence" ou une "condition de référence" de la rivière, étant entendu que le succès d'une politique de l'eau se mesure par la conformité à cette référence. Selon les observations plus récentes de l'écologie, **"les écosystèmes, même lorsqu'ils subissent des modifications continues sur un gradient environnemental donné (naturel ou non), changent radicalement à partir d'un certain point (processus non linéaire) et ne sont pas à même de retourner à leur état initial lorsque l'on rétablit les conditions environnementales antérieures. Pour un**

même type d'écosystème, on peut donc avoir différents domaines de stabilité. On envisage ici clairement une composante 'chaotique' dans la trajectoire des écosystèmes".

Bouleau G, Pont D (2014), Les conditions de référence de la directive cadre européenne sur l'eau face à la dynamique des hydrosystèmes et des usages, Natures Sciences Sociétés, 22, 3-14

Dossier réalisé par



coordination nationale
EAUX & RIVIERES
HUMAINES