HAL
open science

Quand les rivières reprennent leur cours

Laurent Basilico, Jean-Marc Roussel, Josée Peress, Corinne Ronot, Stéphane Fraisse

To cite this version:

Laurent Basilico, Jean-Marc Roussel, Josée Peress, Corinne Ronot, Stéphane Fraisse. Quand les rivières reprennent leur cours. Béatrice Gentil-Salasc (OFB), 80 p., 2021, Quand les rivières reprennent leur cours. Notes sur l'effacement de barrages et de seuils, sur la Sélune et ailleurs., 978-2-38170-090-8. hal-03198098

HAL Id: hal-03198098

https://hal.inrae.fr/hal-03198098v1

Submitted on 14 Apr 2021

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

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

Les
RENCONTRES

synthèse

Quand les rivières reprennent leur cours

Notes sur l'effacement de barrages et de seuils, sur la Sélune et ailleurs

Laurent Basilico, Jean Marc Roussel, Josée Peress
Corinne Ronot et Stéphane Fraisse

OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ

Quand les rivières reprennent leur cours

Notes sur l'effacement de barrages et de seuils, sur la Sélune et ailleurs

Laurent Basilico, Jean Marc Roussel, Josée Peress
Corinne Ronot et Stéphane Fraisse

Synthèse du colloque international du 24 au 26 septembre 2019

Synthèse du colloque international organisé du 24 au 26 septembre 2019 par *European Rivers Network*, en partenariat avec l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), l'Office français de la biodiversité (OFB) et son centre de ressources sur les cours d'eau, la Fédération nationale de la pêche en France, l'Agence de l'eau Seine Normandie et *Dam Removal Europe*, à Rennes, à Avranches et dans la vallée de la Sélune.
Le programme détaillé ainsi que les résumés peuvent être consultés sur le : https://www.ern.org/fr/colloque-international-selune/.

Cette synthèse est consultable sur le site le portail technique de l'OFB (https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1123), sur le site www.coursdeau.fr et sur le portail documentaire partenarial Eau & Biodiversité (www.documentation.eauetbiodiversite.fr).

CONTACT

Josée Peress
Chargée de mission Cours d'eau
Service usages et gestion de la biodiversité
Direction acteurs et citoyens
Josee.peress@ofb.gouv.fr

Préambule

Que se passe-t-il lorsqu'une rivière est libérée du barrage qui entravait son cours ? Dans quelle mesure et à quel rythme retrouve-t-elle son fonctionnement physique naturel ? Comment la faune et la flore aquatiques répondent-elles ? Comment se réimplantent la faune et la flore terrestres ? Et quels regards les acteurs et les habitants du territoire portent-ils sur ce nouveau paysage ?

Alors que les projets de restauration de la continuité écologique des cours d'eau se multiplient en Europe sous l'impulsion des politiques publiques, ces questions et bien d'autres trouveront des éléments de réponse à la faveur d'un programme scientifique sans précédent : celui mené pour quinze années dans la vallée de la Sélune, petit fleuve normand devenu le théâtre du plus grand projet actuel d'effacement de barrages.

Le colloque scientifique organisé par *European Rivers Network*, fin septembre 2019, a rassemblé près de 200 chercheurs, gestionnaires, et associatifs dont des opposants au projet. En trois journées, ce moment-clé dans l'histoire de l'effacement des barrages a fait circuler les idées, éclairant le cas emblématique de la Sélune par des retours d'expériences venus du monde entier.

Sommaire

6 **Introduction**

9 **I – Du « tout-barrages » vers la continuité écologique**

10 1.1 – Une fragmentation généralisée des cours d'eau

11 1.2 – Impacts écologiques des barrages : quelques rappels

13 1.3 – L'effacement de barrages : du militantisme aux politiques publiques

15 1.4 – Un mouvement associatif plus actif que jamais

17 *Éclairage - « SOS Loire vivante », un combat pionnier*

17 1.5 – Ce que dit la réglementation, en France et en Europe

19 1.6 – La vie après l'effacement : des connaissances encore parcellaires

23 **II – Le projet de la Sélune, vitrine et laboratoire**

24 2.1 – Genèse et enjeux d'un projet hors-normes

27 *Éclairage - La gestion sédimentaire du chantier de Vezins*

28 2.2 – Un programme scientifique hors du commun (2012-2027)

29 2.3 – La dynamique fluviale : effet des barrages et premières réponses

34 2.4 – Communautés d'espèces : quelles dynamiques post-effacement ?

38 *Éclairage - L'Observatoire de la Sélune : des données accessibles à tous*

39 2.5 – Végétation des berges et paysages agricoles de la Sélune

43 2.6 – La dimension sociale et l'avenir du territoire

49 **III – Contributions d'ici et d'ailleurs à la « boîte à outils » mondiale**

50 3.1 – Hydromorphologie, habitats : quelles réponses des rivières ?

54 3.2 – Poissons migrateurs : quelle(s) recolonisation(s) ?

58 3.3 – Des bénéfices écologiques aux bénéfices économiques

61 3.4 – Financement et conduite des projets : du national au local

65 *Éclairage - En Corée du Sud, une mobilisation massive pour sauver les « Quatre rivières »*

67 3.5 – Après les barrages, écrire l'avenir des territoires

69 **Conclusion**

73 **Quelques références sur le programme scientifique de la Sélune et au-delà - Webographie**

Septembre 2019. La Sélune roule ses eaux teintées au fond de ce qui fut, huit décennies durant, un lac de 200 hectares. Au pied du barrage de Vezins éventré, les engins de chantier rongent les contreforts de béton, entérinant le plus important projet d'effacement d'ouvrages jamais mené en Europe. Le barrage de la Roche-qui-Boit, en aval, connaîtra bientôt le même sort : le fleuve aura alors retrouvé sa liberté, et pour ses emblématiques saumons le chemin des frayères sera à nouveau ouvert.

Au même moment, à quelques kilomètres de là, la salle communale d'Avranches (50) accueille une assistance inhabituelle : 150 personnes venues du monde entier – chercheurs, militants associatifs, gestionnaires de l'environnement – assistent au colloque international sur la suppression des barrages, qui s'est ouvert la veille au Centre des congrès de Rennes et se poursuivra le lendemain par la visite du chantier.

Organisées au plus près du « théâtre des opérations » par l'ONG *European Rivers Network*, en partenariat avec l'OFB et INRAE, ces trois journées ont rassemblé la communauté des acteurs de la continuité écologique des cours d'eau autour de l'expérience en cours sur la Sélune, unique à plus d'un titre. D'abord par l'importance des ouvrages qui y sont démantelés : 36 m de haut pour Vezins, 16 m pour la Roche-qui-Boit. Par l'ambition sans précédent du programme scientifique qui s'y est engagé pour quinze années (2012-2027), afin d'étudier sous tous ses angles l'évolution de la Sélune et de son bassin : avant, pendant et après les travaux. Mais aussi par son caractère controversé : aboutissement d'un processus politique difficile, la suppression des barrages et la disparition des lacs sont contestées par une partie de la population locale, dont les positions sont également venues s'exprimer à la tribune.

Ainsi l'histoire emblématique qui se joue autour de ce petit fleuve normand sera-t-elle riche d'enseignements et de connaissances pour les futurs projets d'effacements d'ouvrages, en France et ailleurs : l'un des objectifs du colloque était de la partager largement, d'en communiquer les premiers résultats, et de prendre date pour ceux qui suivront.

Mais si la Sélune intéresse le monde entier, la réciproque vaut également : venus notamment de Finlande ou de Corée, du Massachusetts ou du Maine, du Danemark ou même de Bretagne, les intervenants se sont succédé à la

Introduction

tribune pour partager leurs expériences sur l'effacement de barrages petits et grands. D'un contexte à l'autre, ils et elles ont apporté des éléments concrets, des recommandations ou des interrogations sur toutes les facettes du sujet : de l'évolution des dynamiques sédimentaires post-effacement au retour des poissons migrateurs ; de la gouvernance des projets à leurs conséquences sociales et économiques.

De ce tour d'horizon ressort une contribution inédite à la connaissance sur l'effacement des barrages, les réponses des cours d'eau et de leur biodiversité, et les conditions de réussite de ces opérations qui transforment profondément les territoires. Les pages qui suivent en proposent une synthèse.

CHAPITRE 1

© Josée Peress – OFB

Du « tout-barrages » vers la continuité écologique

Le XXe siècle aura vu la construction de centaines de milliers de barrages sur les fleuves et les rivières des cinq continents. Sources d'électricité renouvelable, réserves d'eau potable ou d'irrigation, ces ouvrages de toutes tailles exploitent aujourd'hui, dans de nombreux pays, une grande partie du réseau hydrographique. Mais ce succès généralisé inflige un lourd tribut au fonctionnement des cours d'eau et à leur biodiversité. Encore minoritaire il y a trente ans, la notion de rétablissement de la continuité écologique et de restauration des écosystèmes aquatiques, y compris par l'effacement des ouvrages, est aujourd'hui portée par les politiques publiques, à l'image de la Directive cadre sur l'eau en Europe.

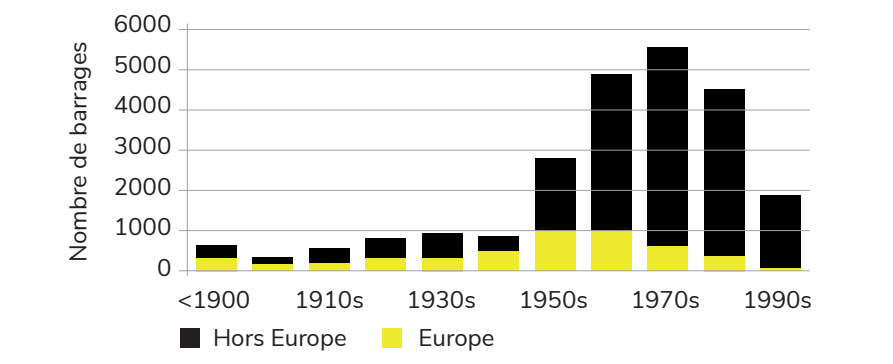
Après quelques rappels sur l'emprise des barrages dans le monde et leurs différents impacts écologiques, cette première partie retrace l'émergence d'un mouvement de fond pour la suppression des barrages non indispensables, et propose un repérage sur la situation réglementaire en France et en Europe. Elle introduit enfin les enjeux de connaissance associés aux projets d'effacement de grands ouvrages, à l'origine du programme scientifique de la Sélune.

1.1 – Une fragmentation généralisée des cours d'eau

Le premier grand ouvrage hydraulique au monde est peut-être celui qu'a fait édifier le pharaon Ménès, 2 900 ans avant notre ère, pour protéger la ville de Memphis des crues du Nil. Depuis lors, de l'Empire romain au Japon médiéval, toutes les grandes civilisations ont bâti des ouvrages pour contenir l'eau, utiliser sa force motrice ou irriguer les cultures : simples seuils maçonnés, enrochements, barrages poids ou à contreforts… À la Révolution industrielle, les besoins de stockage et de régulation se sont considérablement accrus. Inauguré en1866 pour alimenter en eau la ville de Saint-Étienne, le barrage du Gouffre d'Enfer fut pour un temps le plus haut jamais construit (53 m). Mais c'est avec l'avènement de l'hydroélectricité que l'ère des grands barrages a véritablement commencé : au cours du XXe siècle et jusqu'à la fin des années 1980, en Europe, des dizaines de grands ouvrages ont été édifiés chaque année ; ailleurs dans le monde (surtout en Asie et en Amérique du Nord), des milliers de projets, parfois de très grandes dimensions, ont été menés à partir des années 1950 (Figure 1).

En 2019, plus de 48 000 grands barrages (plus de 15 m de haut) étaient ainsi recensés dans le monde. L'équipement des rivières et des fleuves s'est progressivement étendu à la plupart des grands bassins versants mondiaux, fragmentant leurs cours et affectant à différents degrés leur régime hydrologique (Figure 2).

Figure 1. Rythme de construction des grands barrages dans le monde au cours du XXe siècle (source ERN).

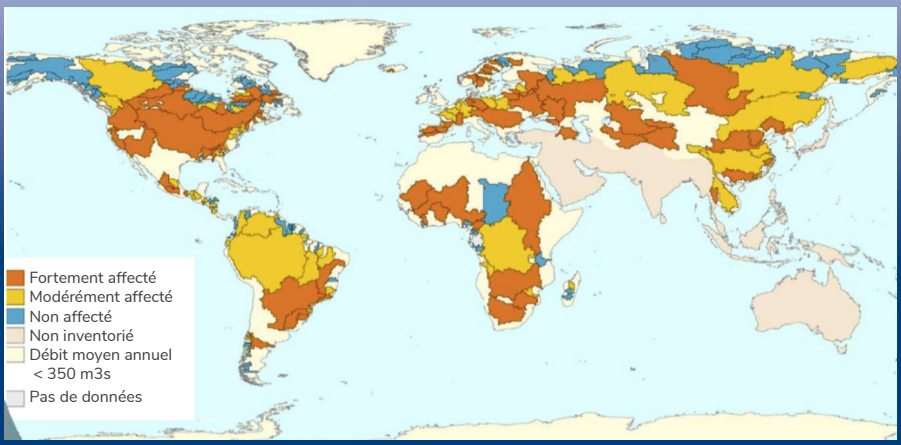


En Europe, le parc de barrages est particulièrement dense et concerne la très grande majorité des cours d'eau. La France dispose, avec le ROE (Référentiel des obstacles à l'écoulement, mis en œuvre depuis 2010 par l'OFB) d'un recensement quasi-complet et harmonisé pour l'ensemble du territoire : celui-ci dénombre en 2019 plus de 80 000 obstacles, parmi lesquels 500 grands barrages et des dizaines de milliers de petits seuils et moulins. La grande majorité d'entre eux n'ont pas d'usage économique avéré.

1.2 – Impacts écologiques des barrages : quelques rappels

Les barrages ont procuré au fil des siècles des avantages décisifs pour le développement humain, offrant une réserve d'eau pour les périodes de sécheresse ou une force motrice pour moudre le grain, protégeant les villes ou les cultures lors des crues. Dans le cas des ouvrages hydroélectriques, ils constituent une source d'électricité bon marché, renouvelable, qui présente en outre l'avantage d'être modulable très rapidement pour répondre aux fluctuations de la demande. En France, le parc hydroélectrique est ainsi une source majeure d'électricité : il représentait 10,1 % de la production électrique en 2017 (Source : Réseau de transport d'électricité [RTE]). Mais ces atouts ont un coût écologique très élevé. Si l'édification des barrages a été menée pendant longtemps sans

Figure 2. Influence des barrages sur les principaux bassins versants mondiaux (source : WWF Suède mis à jour ERN).



prise en compte de leurs conséquences sur les milieux naturels ou patrimoniaux, celles-ci sont désormais bien documentées. Selon la configuration du bassin versant, le type d'ouvrage et sa taille, les barrages sont susceptibles d'affecter à différents degrés toutes les dimensions du fonctionnement physique du cours d'eau, entraînant des effets considérables sur ses habitats et sur sa biodiversité, localement mais aussi sur l'ensemble du bassin versant.

Ces impacts peuvent être rappelés ici de manière très générale.
Le barrage perturbe le **régime hydrologique** du cours d'eau. Ainsi dans le cas des barrages hydroélectriques, où la gestion du turbinage obéit aux impératifs de la production d'électricité, le débit restitué à l'aval peut varier rapidement au cours de la journée, entraînant un régime hydrologique très éloigné du fonctionnement naturel d'un cours d'eau. Les divers usages de l'eau stockée dans la retenue (irrigation, consommation humaine…), auxquels s'ajoute l'évaporation à la surface du lac, se traduisent en outre par un déficit quantitatif en eau sur l'aval du bassin versant.
Au sein de la retenue, **la qualité de l'eau** peut se dégrader. Sa température s'élève sous les rayons du soleil, affectant le régime thermique du cours d'eau en aval. Dans de nombreux lacs de barrage, les apports de matières organiques et minérales depuis le bassin versant perturbent les équilibres biochimiques, conduisant à des phénomènes d'eutrophisation et parfois à des proliférations algales, ainsi qu'à une désoxygénation de l'eau transmise en aval. Par ailleurs certains barrages (notamment en contexte tropical) sont des sources très significatives de **gaz à effets de serre**, du fait du méthane libéré par la décomposition de matières organiques au sein de la retenue. Si l'hydroélectricité est bien une énergie renouvelable, elle n'est donc pas dépourvue d'empreinte carbone !

Le barrage retient une part importante du flux de sédiments du cours d'eau. En aval, le **déficit sédimentaire** a des conséquences parfois sévères sur la dynamique fluviale, l'hydromorphologie, les habitats aquatiques et rivulaires, et in fine la biodiversité. Ces effets se font sentir sur tout l'aval du linéaire, et jusqu'au littoral : dans certaines zones la rétention des sédiments fluviaux par les barrages contribue par exemple au recul du trait de côte.

Les barrages constituent autant d'obstacles, souvent infranchissables, pour la faune aquatique. Cette rupture de la continuité écologique est particulièrement préjudiciable aux **poissons grands migrateurs amphihalins** (saumons, truites de mer, anguilles, aloses et lamproies pour les eaux françaises, Merg *et al.* 2020), qui se voient privés des habitats de reproduction et/ou de grossissement situés à l'amont des cours d'eau. Sous l'impulsion des politiques publiques, des dispositifs de franchissement sont installés sur un nombre croissant de barrages, mais leur efficacité est inégale et leur maintenance coûteuse.

Au-delà de ces espèces emblématiques et menacées, la **fragmentation des habitats** induite par les obstacles affecte l'ensemble de la biodiversité fluviale, limitant la mobilité des espèces au sein du bassin versant et favorisant l'isolement génétique des populations.

En outre, les écosystèmes lacustres des retenues modifient les habitats et sont souvent favorables au développement d'espèces exotiques envahissantes (silures, poissons-chats, perches-soleil, écrevisses…).

1.3 – L'effacement de barrages : du militantisme aux politiques publiques

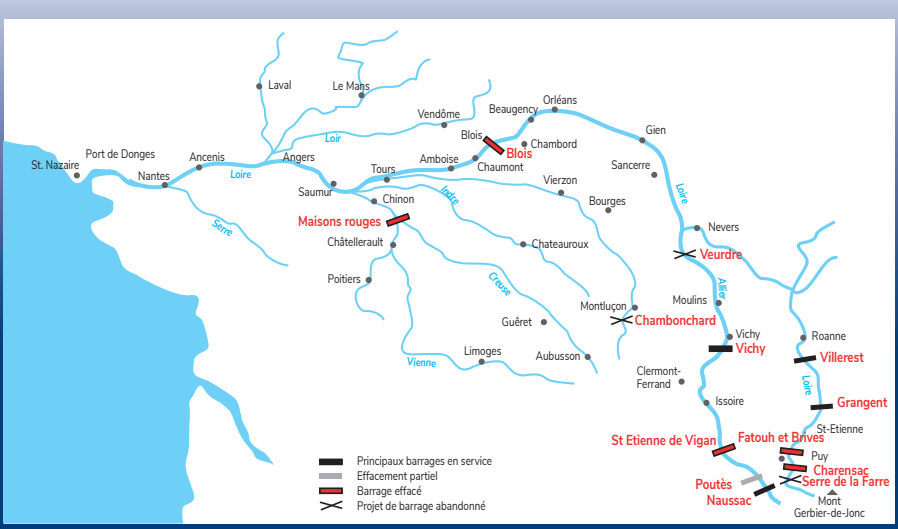
Longtemps cantonnée à quelques voix minoritaires, la dénonciation des impacts environnementaux des barrages a émergé avec les utopies écologistes et la contre-culture des années 1970, notamment aux États-Unis. Le film *Délivrance* de John Booman (1972), resté célèbre, narre la descente en canoë d'une vallée sauvage condamnée par la mise en eau d'une retenue hydroélectrique ; le roman-culte *Un beau jour pour mourir* de Jim Harrison (1973) imagine les aventures d'un trio rebelle décidé à faire exploser un barrage. En 1981, le mouvement radical *Earth First* ! réalise l'une de ses premières actions d'éclat en déployant une banderole de 100 m de haut, figurant une fissure sur le barrage de Glen Canyon (Arizona). Au cours des années 1980, d'importants mouvements citoyens émergent en Europe, obtenant l'annulation de grands projets de barrages, notamment en Suisse, en Autriche, en Hongrie, en Espagne, en Norvège ou en Finlande (voir section 3.4).

En France, les idées en faveur du démantèlement de barrages et des « rivières libres » enregistrent leurs premiers grands succès à la fin des années 1980 avec l'association « SOS Loire vivante » co-fondée par Roberto Epple (voir l'éclairage ci-après) : après sept années d'une campagne déterminée, celle-ci obtient l'abandon par le gouvernement de son projet d'aménagement de la Loire.

La restauration de la continuité écologique a gagné progressivement une légitimité scientifique et obtient davantage d'écho dans l'opinion publique, alors que les inquiétudes grandissent quant au devenir des poissons migrateurs. Dans les années qui suivent, toujours en France, trois grandes opérations de démantèlement sont menées : en 1996, le barrage de Kernansquillec (15 m de haut), sur le fleuve Léguer en Bretagne, devient le premier grand ouvrage à être supprimé en Europe. L'année suivante, c'est au tour du barrage de Saint-Étienne de Vigan (17 m), sur le Haut-Allier ; en 1998, le barrage de Maisons-Rouges (200 m de large, au confluent de la Creuse et de la Vienne) connaît le même sort (Figure 3).

À la fin des années 1990, un chemin considérable a déjà été accompli : portée par les efforts des ONG, validée par de nombreux travaux scientifiques, la notion de continuité écologique des rivières est un enjeu reconnu par une part croissante des opinions publiques européennes. L'adoption en 2000 de la directive cadre sur l'eau, qui en fait l'une des conditions centrales pour l'atteinte d'un « bon état » des cours d'eau (voir section suivante), va lui apporter une assise politique décisive. Depuis lors, sous l'impulsion notamment de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) (devenue Agence française pour la biodiversité [AFB] puis Office français de la biodiversité [OFB]) en France, les projets de remise en continuité écologique, suppressions de petits ouvrages, mise en place de dispositifs de franchissement, se sont multipliés sur les territoires. Dans le cadre du Parce (plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique, 2010-2018), 40 obstacles ont par exemple été effacés sur le seul bassin de l'Orne (voir section 3.2). Au total, près de 2 500 ouvrages avaient été supprimés en 2019 en France (Source : ERN). Chacune de ces opérations est d'abord le fruit d'un patient travail de terrain, dont la réussite repose sur cinq grands ingrédients (R. Epple, ERN) : un appui réglementaire ; des bénéfices écologiques ou sociaux avérés ; le soutien de la communauté locale ; des financements, et enfin de la passion et de la persévérance.

Figure 3. Grands barrages supprimés ou en service, et projets de barrage abandonnés dans le bassin de la Loire. (Mise à jour 2021, source : ERN).



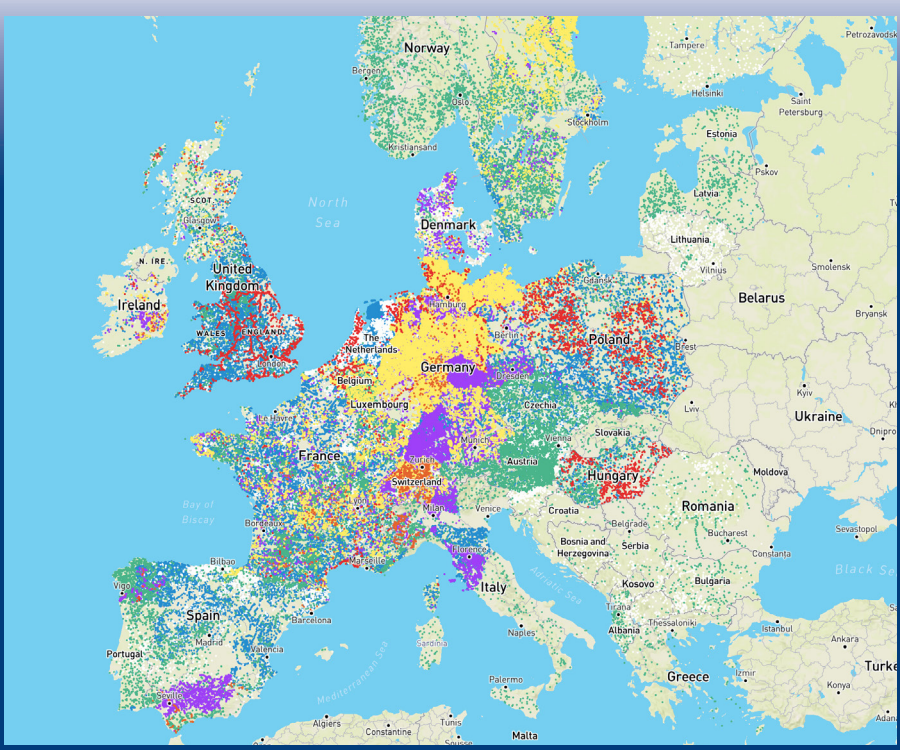
1.4 Un mouvement associatif plus actif que jamais

Dans cette optique, le rôle du mouvement associatif et des ONG demeure essentiel pour aiguillonner et soutenir l'action des pouvoirs publics, animer les réseaux et sensibiliser l'opinion, notamment au niveau local. Ainsi ERN multiplie-t-elle plus que jamais les initiatives mobilisatrices : fête du *Big Jump*, appelant les citoyens de toute l'Europe à se « jeter à l'eau » symboliquement chaque deuxième dimanche de juillet, création du label Rivières sauvages ou plusieurs sites web dédiés aux rivières (ern.org, sosloirevivante.org, RiverNet) … Résolument sans frontières, le mouvement se fédère aujourd'hui à l'échelle internationale (P. Fernandez Garrido, *World Fish Migration Foundation*). Le réseau *Dam Removal Europe* (Figure 4), fondé en 2016, s'attache à diffuser des connaissances, des retours d'expériences et des arguments, en direction de la presse, du grand public et des acteurs politiques, sur les raisons de la suppression des barrages. La plateforme *Living Rivers Europe*, créée

Figure 4. Caricature réalisée pendant le colloque par Seppo Leinonen.

en 2017, a pour objectif de suivre le processus de révision de la directive cadre sur l'eau et de maintenir son niveau d'exigence. Active dans le monde entier, la *World Fish Migration Foundation* organise notamment le *World Fish Migration Day*, événement bisannuel qui fédère les énergies sur les cinq continents, sous la forme de centaines d'initiatives locales de nature très diverses : descentes en kayak, sciences citoyennes, sorties scolaires, expositions, conférences… Elle est également engagée dans le projet AMBER (*Adaptative management of barriers european rivers*), consortium qui réunit des partenaires scientifiques, économiques et institutionnels, et dont l'un des grands objectifs est le développement d'un atlas participatif des obstacles à l'écoulement à l'échelle européenne (Figure 5).

Figure 5. Obstacles à l'écoulement en Europe inclus dans AMBER Atlas, novembre 2018. Source: AMBER Consortium (2020). The AMBER Barrier Atlas. A Pan-European database of artificial instream barriers. Version 1.0 June 29th 2020. https://amber.international/european-barrier-atlas/



Éclairage

« SOS Loire vivante », un combat pionnier

Fondée en 1989, l'association SOS Loire vivante fait aujourd'hui figure de pionnière de la lutte, en France et en Europe, pour des rivières libres et sauvages. Elle s'est mobilisée à son origine contre la construction du barrage de Serre-de-la-Farre (43). Après sept années d'une âpre bataille, elle a obtenu l'annulation totale du projet, puis l'arrêt de la construction de trois autres barrages, et enfin une réorientation complète du programme d'aménagement du bassin de la Loire avec l'adoption par le gouvernement, en 1994, du plan « Loire grandeur nature »… auquel la Loire (et son grand affluent l'Allier) doit d'être aujourd'hui encore l'un des fleuves les moins artificialisés d'Europe. Rebaptisée cette même année SOS Loire vivante – ERN France, l'association a poursuivi ses actions, sur le bassin ligérien et bien au-delà, nouant de nouveaux partenariats et gagnant en reconnaissance. Après 30 années d'existence, l'association a gardé son siège historique au Puy-en-Velay et dispose de plusieurs antennes en France. Elle compte 2 000 membres individuels, un réseau de 150 associations et 10 000 sympathisants enregistrés.
Plus d'infos sur www.ern.org

1.5 – Ce que dit la réglementation, en France et en Europe

Après des décennies de dégradation des cours d'eau européens par la pollution, l'artificialisation et la fragmentation des milieux, une véritable prise de conscience s'est opérée à la fin du XXe siècle quant à la vulnérabilité de la biodiversité aquatique. La situation des poissons migrateurs amphihalins, impactés en premier chef par les ruptures de la continuité écologique, est particulièrement révélatrice : sur les douze espèces présentes en France, trois espèces sont en danger critique (esturgeon européen, anguille européenne et grande alose) ; une est en danger (lamproie marine), une est vulnérable (lamproie de rivière) et quatre sont quasi-menacées (alose feinte, alose feinte méditerranéenne, saumon atlantique et éperlan). Au-delà, la biodiversité d'eau douce dans son ensemble est durement impactée : toujours selon l'UICN, en 2019, 28 % des espèces de crustacés et 39 % des espèces de poissons sont menacées ; 19 % des espèces de poissons sont en risque de disparition.

En réponse à l'inquiétude croissante de la communauté scientifique et des opinions

publiques, l'Union européenne a adopté en 2000 la directive cadre sur l'eau (DCE), texte volontariste qui structure depuis lors toute la politique de protection des milieux aquatiques dans les États-membres. Largement inspirée par l'expérience française (notamment la gestion par bassin hydrographique), la DCE fixe l'objectif réglementaire d'atteindre un « bon état » pour l'ensemble des masses d'eau européennes à l'horizon 2021, ou 2027 si les reports de délais sont justifiés. Pour les cours d'eau, elle fait en particulier de la restauration de la continuité écologique, condition du bon état hydromorphologique, un levier d'action essentiel à l'atteinte de l'objectif de bon état écologique.

En France, la mise en œuvre de ces orientations repose sur une réglementation spécifique « continuité des cours d'eau », celle sur les classements des cours d'eau de la loi sur l'eau et des milieux aquatiques de 2006 (article L. 214-17 de la Lema 2006), dont les grandes lignes ont été rappelées lors du colloque (C-C. Garnier, ministère de la Transition écologique). L'un de ses outils essentiels est la notion de **débit biologique minimum**, introduite dès la loi dite « Pêche » de 1984 et adaptée par la Loi sur l'eau et les milieux aquatique (Lema) de 2006 : celle-ci exige de toujours restituer à l'aval d'un barrage au moins 10 % du débit moyen du cours d'eau, pour garantir en permanence des conditions suffisantes pour la vie, la circulation et la reproduction des espèces aquatiques. Des dérogations (grands cours d'eau, ouvrages hydroélectriques de pointe…) permettent dans quelques cas de ramener ce débit ponctuellement à 5 %.

L'autre grand outil du dispositif français, hérité de réglementations anciennes et adaptées aux exigences de la DCE par la Lema de 2006, est le classement de certains cours d'eau sur des listes, établies par expertise au sein de chaque bassin, et officialisées par arrêté préfectoral (Figure 6).

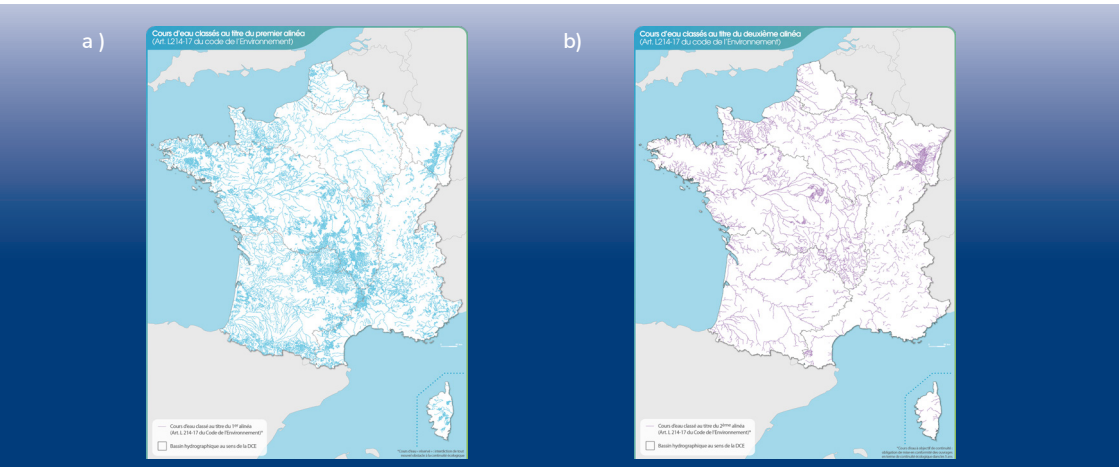
Le **classement en Liste 1** rend obligatoire la préservation de la continuité écologique du cours d'eau. En pratique, il concerne les cours d'eau en très bon état écologique (en « conditions de référence » au sens de la DCE), à fort enjeu écologique (habitat-clé d'espèces aquatiques) ou les axes de migration pour les poissons amphihalins, soit au total 30 % des cours d'eau français en 2019. Sur ceux-ci, aucune autorisation de nouveaux ouvrages ne peut être accordée.
Le **classement en Liste 2** rend obligatoire la restauration de la continuité écologique du cours d'eau. Il concerne aujourd'hui 11 % des cours d'eau français, et 24 % des obstacles identifiés dans le ROE (référentiel des obstacles à l'écoulement). Il débouche sur une évaluation au cas par cas des actions à mener, selon les enjeux (économiques, patrimoniaux, de sécurité…) et les gains écologiques attendus, afin d'assurer la circulation piscicole et un transport des sédiments suffisant dans un délai de 5 ans. L'effacement des ouvrages transversaux en lit mineur, meilleure solution au plan écologique, n'est donc pas un objectif systématique : des dispositifs de franchissement, une gestion adaptée des vannages ou un effacement partiel peuvent lui être préférés.

En pratique, la mise en œuvre de ces politiques ambitieuses suscite, sur certains cours d'eau, des oppositions parfois virulentes : cela peut être le cas avec des propriétaires de petits ouvrages et moulins, mais aussi lorsque les projets concernent de grands lacs comme celui de Vezins (voir section 2.5). Le sujet est d'autant plus clivant que le contexte du changement climatique et les épisodes de sécheresse réitérés conduisent à une crispation autour de l'idée de « stockage de l'eau ». L'état des lieux des opérations de restauration réalisées en France montre néanmoins qu'un chemin considérable a déjà été accompli. Au titre du Xe programme d'intervention des agences de l'eau, 1 676 ouvrages ont ainsi bénéficié d'aides pour être rendus franchissables pour la seule période 2013-2015. Le ministère prévoit de poursuivre cet effort dans les prochaines années, sur un rythme de l'ordre de 600 ouvrages « traités » annuellement. Par ailleurs, le rapportage 2018 du plan de gestion « Anguille » montre que, sur les 9 564 ouvrages classés en liste 2 avec l'anguille comme espèce cible, 20 % ont été rendus franchissables et 55 % font l'objet d'actions plus ou moins avancées.

1.6 – La vie après l'effacement : des connaissances encore parcellaires

Au cours des dernières années, un nombre croissant d'opérations d'effacements d'ouvrages s'est engagé en Europe, mais aussi en Amérique

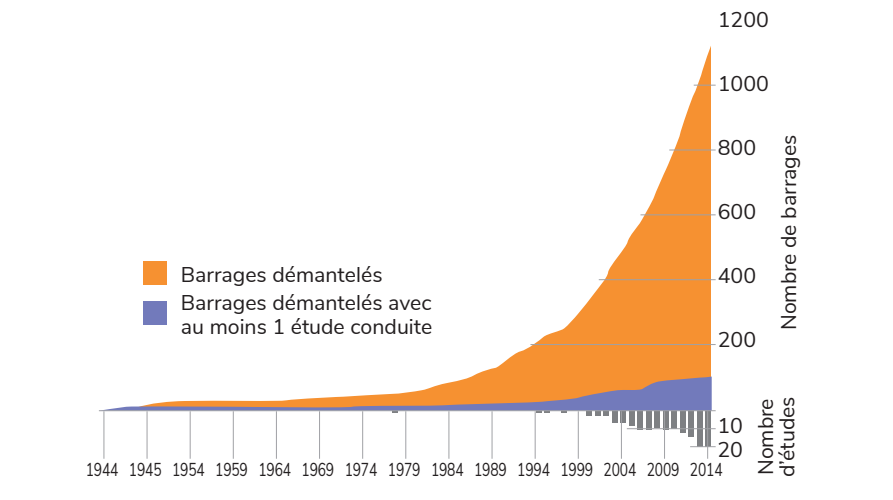
Figure 6. a) Tronçons de cours d'eau classés en liste 1. **b)** Tronçons de cours d'eau classés en liste 2. Source : AFB, 2018



du Nord et dans différents pays d'Asie. Qu'ils soient menés au titre du rétablissement de la continuité écologique ou pour des raisons de sûreté en lien avec le vieillissement des ouvrages, ces projets sont susceptibles d'induire des changements majeurs pour l'écologie du cours d'eau mais aussi pour le tissu socio-économique local, et ce d'autant plus que l'ouvrage démantelé était de taille importante. La caractérisation des réponses hydromorphologiques des systèmes fluviaux restaurés, la dynamique des biocénoses aquatiques post-effacement, l'analyse des effets induits à l'échelle du paysage et des implications sociétales des projets, sont autant d'enjeux de connaissance majeurs pour améliorer la gestion de ces opérations complexes. Pourtant, la recherche scientifique s'est encore relativement peu mobilisée sur ces questions. Une publication de 2016 relève ainsi que, sur plus de 1 200 opérations d'effacement de barrage menées aux États Unis, seules 110 ont fait l'objet d'au moins une étude (Figure 7).

Un autre travail d'analyse bibliographique a été réalisé (S. Fraisse, INRAE), prenant en compte cette fois les effacements à l'échelle mondiale. Sur 137 effacements de barrages recensés dans *Web of Science*, l'analyse montre que 70 % des études ont été menées sans données sur l'état des lieux initial (avant effacement). Ce constat peut suggérer que les projets de recherche sont trop souvent engagés quand les

Figure 7. Évolution annuelle du nombre d'opérations de suppression de barrages dans le monde, et de la proportion de ces opérations ayant fait l'objet d'au moins une étude scientifique (d'après Bellmore et *al*., 2017).

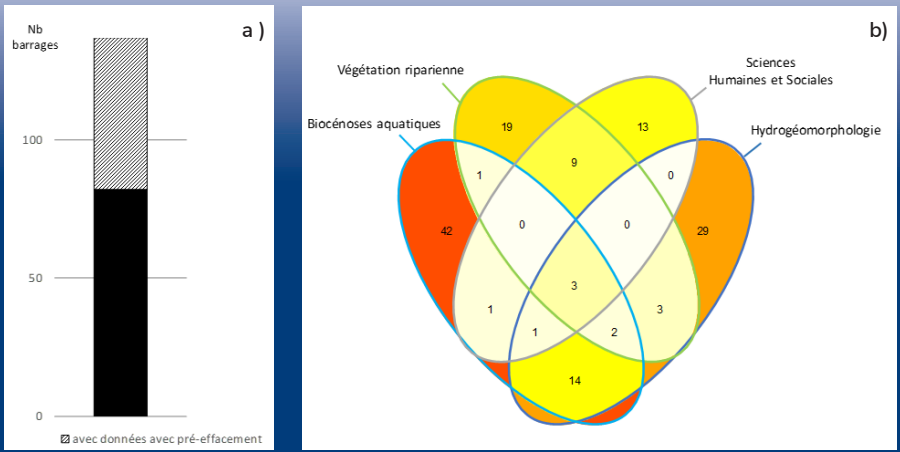


travaux de démantèlement ont déjà eu lieu, alors même que la caractérisation de l'état initial est l'un des fondamentaux du suivi de restauration écologique, puisqu'il permet, par comparaison, d'évaluer le gain obtenu.

Par ailleurs les approches actuelles pâtissent d'un manque de transdisciplinarité. Sur les 137 projets étudiés, 103 ne l'ont été que sous un seul angle : les biocénoses aquatiques (pour 42 d'entre eux) ; l'hydromorphologie et la dynamique sédimentaire (pour 29), l'écologie du paysage (pour 19) ou les sciences humaines (pour 13) (Figure 8).

Avec le programme scientifique engagé autour de la Sélune (présenté en partie II), résolument transdisciplinaire, INRAE et ses partenaires ont saisi l'occasion de combler ces lacunes : lancé plus de cinq années avant les opérations de vidange des retenues et de démantèlement des ouvrages, celui-ci aborde en parallèle les multiples facettes de l'évolution du système, du trafic sédimentaire aux paysages agricoles, des dimensions sociales à la biodiversité, et s'appuie pour chaque approche sur un état des lieux approfondi.

Figure 8. a) Nombre d'effacements de barrages ayant donné lieu à des publications scientifiques répertoriées dans le *Web of Science* jusqu'en 2017, avec (hachuré) ou sans (noir) données pré-effacement. **b)** À l'intérieur de chaque ellipse apparaissent les nombres d'effacement étudiés (137) sous l'angle d'un domaine donné. Aux différentes intersections, on trouve le nombre d'effacements qui ont été étudiés selon les différentes thématiques considérées (données originales, S. Fraisse INRAE).



CHAPITRE 2

© Roberto Epple ERN

Le projet de la Sélune, vitrine et laboratoire

Dans la vallée de la Sélune (Manche), les barrages de Vezins et de la Roche-qui-Boit ont, pendant presque un siècle, rompu la continuité écologique du fleuve. Au terme d'un long cheminement politique, l'État français a acté en 2017 la décision de supprimer ces deux ouvrages. En 2019, la destruction de l'usine hydroélectrique et du barrage de Vezins a marqué le commencement d'une nouvelle ère pour ce territoire : entre Domfront et la baie du Mont-Saint-Michel se joue aujourd'hui le plus grand projet d'effacement de barrages jamais mené en Europe, doublé d'un programme scientifique sans précédent pour suivre et analyser sur 15 ans l'évolution de l'écosystème Sélune.

Cette deuxième partie lui est consacrée, présentant successivement le contexte et les enjeux du rétablissement de la continuité écologique dans la vallée ; les travaux d'effacement des ouvrages ; les différents volets de l'action scientifique qui s'y déroule et les premiers résultats significatifs qui ont été obtenus.

2.1 – Genèse et enjeux d'un projet hors-normes

Entre sa source située à Saint-Cyr du Bailleul et son embouchure dans la baie du Mont-Saint-Michel, le cours de la Sélune s'étire sur près de 90 km, drainant un bassin versant de 1 051 km^2. L'histoire de ce petit fleuve normand, navigué dans sa partie aval jusqu'au XIXe siècle, a été longtemps liée à celle des pêcheries de saumons installées sur ses rives ; il en existait une dizaine à la Révolution. Le visage de la vallée a radicalement changé dans l'entre-deux-guerres, avec la construction à treize ans d'intervalle des barrages hydroélectriques de la Roche-qui-Boit puis de Vezins, sous l'impulsion de la Société des forces motrices de la Sélune. Ces deux ouvrages de béton armé, à arches multiples et contreforts (voir encadré ci-contre), ont donné naissance à deux vastes lacs de retenue, noyant respectivement 30 ha et 200 ha de champs, prairies et forêts. Le barrage de Vezins fonctionnait par éclusées, tandis que la Roche-qui-Boit turbinait en continu, démodulant ces éclusées pour restituer le débit d'apport au fleuve. Ceux-ci se sont imposés, le temps de trois ou quatre générations humaines, comme des éléments structurants du paysage local, des usages et de l'identité de la vallée. Ils ont aussi transformé en profondeur le fonctionnement du fleuve et sa biodiversité, bloquant le flux de sédiments et opérant une rupture complète de la continuité écologique.

Barrage de la Roche-qui-Boit
- Année de mise en service : 1921
- Hauteur : 16 m
- Largeur : 125 m
- Superficie de la retenue : 30 ha
- Puissance installée : 1,6 MW
- Distance à la mer : 18 km
- Propriétaire : EDF

Barrage de Vezins
- Année de mise en service : 1933
- Hauteur : 36 m
- Largeur : 278 m
- Superficie de la retenue : 200 ha
- Puissance installée : 12,8 MW
- Distance à la mer : 23 km
- Propriétaire : État

Obstacles infranchissables, ils ont en particulier rendu inaccessible aux poissons migrateurs, dont l'emblématique saumon Atlantique, une grande partie d'un bassin versant qui leur était historiquement favorable (Figure 9) : sur l'Oir, affluent qui rejoint la Sélune en aval des barrages, les équipes scientifiques de INRAE dénombrent et étudient ainsi depuis plus de 30 ans les populations de saumons, de truites de mer, d'anguilles et de lamproies fluviatiles. En lieu et place de ces espèces menacées (et d'autres inféodées aux rivières courantes), les retenues ont donné naissance à des écosystèmes lacustres dans lesquels la carpe, le sandre et plus récemment le silure se sont largement établis. Ces lacs ont également contribué à une dégradation sensible de la

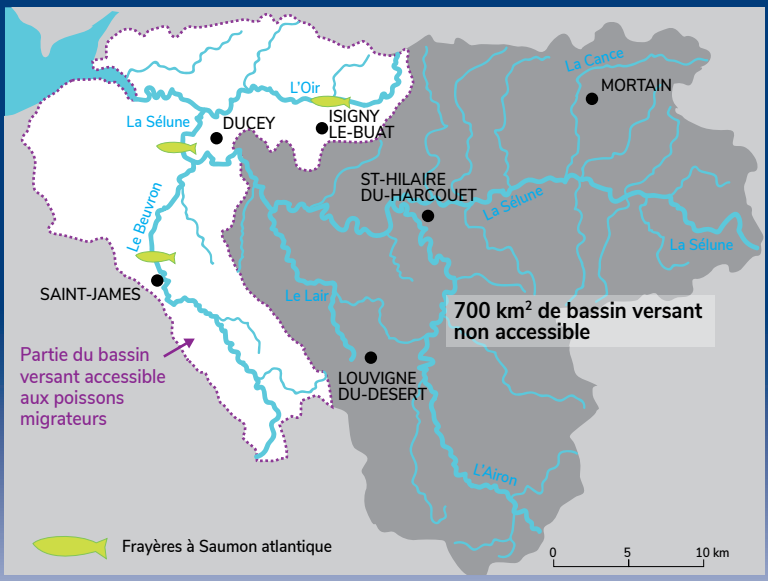


Figure 9. Le bassin versant de la Sélune, rendu en grande partie inaccessible aux poissons migrateurs (Source : Direction départementale des territoires de la mer de la Manche).

qualité de l'eau de la Sélune : à partir des années 1990, ils ont connu une eutrophisation marquée et le développement de cyanobactéries parfois toxiques. Ces impacts écologiques, couplés à un faible rendement hydroélectrique pour l'opérateur EDF, ont conduit les pouvoirs publics vers la décision de leur effacement, en conformité avec les réglementations européennes et nationales sur la continuité écologique des cours d'eau (voir section 1.3).

La suppression des deux ouvrages a été proposée par la CLE (commission locale de l'eau) en 2005, validée par le SAGE (Schéma d'aménagement et de gestion des eaux) de la Sélune et approuvée par le Préfet de la Manche en décembre 2007, prévoyant un dérasement (effacement total) des ouvrages à l'horizon 2013. Elle a été annoncée officiellement par la secrétaire d'État chargée de l'écologie Chantal Jouanno le 13 novembre 2009, et présentée alors comme un signal fort en faveur de restauration de la continuité écologique des cours d'eau promue par le Grenelle de l'environnement. L'action du monde associatif de la pêche de protection du milieu aquatique a également été significative dans ce processus. Cette décision faisait alors entrer la vallée de la Sélune dans l'histoire des politiques environnementales : elle entérinait ce qui est à ce jour le plus grand projet

d'effacement de barrages en Europe (pour les dimensions des ouvrages et des retenues concernés), et l'un des plus importants au monde.

En proie à une forte opposition d'une partie de la population locale (voir section 2.5), le projet a cependant été retardé puis arrêté en 2014, sur décision de la ministre en charge de l'environnement Ségolène Royal. Trois années et une élection présidentielle plus tard, il a finalement été remis sur les rails par son successeur Nicolas Hulot. Suite à une première vidange partielle de la retenue de Vezins en juin 2017 puis sa remise en eau, les opérations ont été menées par étape à partir du printemps 2018, avec une attention toute particulière à la gestion sédimentaire (voir éclairage ci-après). La vidange de la retenue s'est achevée le 30 août. La pêche de sauvetage a confirmé la prolifération des silures dans le lac : sur les 13,2 tonnes de poissons récupérés, ceux-ci représentaient 49 % de la biomasse. Les autres espèces significativement présentes étaient la carpe (29 %), le sandre (12 %) et la brème (7,5 %). Après le démantèlement de la centrale, les engins ont pratiqué en juillet 2019 les premières ouvertures dans le barrage ; lors du colloque en septembre 2019, plus de 35 % du volume de béton avait déjà été évacué. Les travaux de démantèlement se sont poursuivis jusqu'en 2020. Dans la foulée démarraient les opérations sur la Roche-qui-Boit : la gestion sédimentaire est planifiée sur l'ensemble de l'année 2020, et la déconstruction du barrage suivra en 2021.

Figure 10. Première brèche de 5 mètres dans le barrage de Vezins en juin 2019.

Éclairage

La gestion sédimentaire du chantier de Vezins

Lors du chantier de la Sélune, la gestion des sédiments était cruciale à double titre : il s'agissait bien sûr d'éviter un transfert massif de sédiments à l'aval du cours d'eau (à l'image de ce qui s'était produit lors d'une vidange catastrophique du barrage de Vezins en 1993) mais aussi de créer les meilleures bases pour permettre au fleuve de recréer son lit mineur. Cette préoccupation a été au cœur des choix techniques retenus, dont les grandes lignes ont été exposées (G. Berrée, DDTM Manche) lors du colloque. Pour le barrage de Vezins, contenant un volume de sédiments estimé à 2 millions de m^3, l'option mise en œuvre a été de gérer les sédiments au sein de la retenue, par dépôt sur les fonds et les berges du futur lit majeur, puis remodelage après ressuyage par le fleuve en prévision de leur intégration paysagère. Dans cette optique, deux approches complémentaires ont été employées : le curage par méthode terrestre (terrassement avec pelles) et le dragage depuis des embarcations. Les sédiments ont été stockés dans des casiers aériens (constitués de merlons et de digues réutilisant des matériaux du site), ou dans des casiers immergés de type gabion. Une gestion spécifique a été mise en œuvre pour sécuriser les sédiments du ruisseau de l'Yvrande, contaminés par une pollution ancienne : avant l'abaissement du niveau d'eau, ceux-ci ont été bloqués par des merlons à la cote de gestion hivernale de la retenue, puis recouverts par des sédiments sains. Dans le cas d'un autre affluent, le Lair, ne présentant pas cette problématique de contamination, la stratégie a en revanche été de laisser le cours d'eau redessiner son lit en évolution naturelle, par hydrocurage. Sur l'ensemble de la retenue, les premières réponses hydromorphologiques se sont globalement avérées conformes aux attentes (voir section 2.3). Tout au long du chantier de vidange et de démantèlement, des mesures ont permis de contrôler la non dégradation de la qualité d'eau transmise en aval. Pour le barrage de la Roche-qui-Boit, les opérations sont menées selon les mêmes principes techniques : après la vidange de la retenue, le chantier de gestion sédimentaire et de démantèlement est programmé entre 2020 et 2022.

2.2 – Un programme scientifique hors du commun (2012-2027)

Projet phare des politiques publiques en faveur de la restauration de la continuité écologique des cours d'eau, l'effacement des barrages de Vezins et de la Roche-qui-Boit constituait également une fantastique opportunité, pour la communauté scientifique, de suivre au jour le jour, dans chacune de ses étapes et sous toutes ses facettes, les réponses d'un système fluvial retrouvant sa liberté. Cette chance a été pleinement saisie, à la faveur d'une stratégie volontariste engagée par l'Agence de l'eau Seine-Normandie. La volonté politique a pu s'appuyer sur l'expertise et l'implantation locale de INRAE, qui dispose de compétences reconnues et d'un réseau de partenaires dans les sciences de l'environnement et l'écologie aquatique. L'implication de longue date de l'OFB sur la rivière observatoire de l'Oir, affluent de la Sélune, et le suivi des poissons migrateurs engagé de longue date (Azam et *al.* 2015) a renforcé le contexte propice à l'établissement de ce programme. Parallèlement, l'Université de Paris-Nanterre s'imposait sur le site de la Sélune comme l'acteur scientifique principal sur les questions sociales. C'est cet ensemble qui a permis de jeter les bases, dès l'annonce de la suppression des barrages en 2009 par l'État, d'un programme scientifique très ambitieux s'étalant sur 15 années et trois grandes phases : état des lieux initial (2012-2018), suivis pendant les travaux (2018-2021) et suivis de la trajectoire de restauration (2021-2027) (Figure 11).

Figure 11. Les 3 grandes étapes du programme scientifique Sélune.

Financé essentiellement par l'agence de l'eau Seine Normandie (AESN), le programme se fixe le double objectif de décrire l'ensemble des processus qui sous-tendent la restauration de la rivière et de sa vallée après la suppression des barrages, et de produire des connaissances scientifiques utiles pour de futurs projets du même ordre. Doté d'un comité de pilotage associant INRAE, OFB, EDF, AESN, l'État et la Fédération nationale de la pêche, il s'appuie également sur un conseil scientifique composé d'experts indépendants. L'action scientifique est coordonnée par une équipe INRAE-OFB depuis Rennes (J-M. Roussel, laboratoire de recherche en écologie et santé des écosystèmes). Un grand nombre de partenaires est mobilisé sur le terrain : Université de Rennes 1 et 2, Université de Paris-Nanterre, Université de Caen Normandie, Museum national d'Histoire naturelle, CNRS, Institut Agro - Agrocampus Ouest, Observatoire des sciences de l'univers de Rennes, et bien entendu des laboratoires INRAE du Centre Bretagne-Normandie.

Au total, ce sont ainsi plus de 100 scientifiques issus de plus de 20 laboratoires qui se sont déjà succédé sur les berges de la Sélune depuis 2012. Résolument interdisciplinaire, ce programme de recherche comporte quatre grands volets de suivi et d'étude, qui sont l'objet des sections suivantes : la dynamique fluviale et la qualité de l'eau (section 2.3) ; le fonctionnement et l'évolution des biocénoses (section 2.4), les dynamiques et trajectoires paysagères et agricoles (section 2.5), et enfin la dimension humaine et sociale du projet et l'analyse de l'opposition qu'il suscite localement (section 2.6). Ainsi, il constitue une première scientifique dans le domaine de l'étude des remises en continuité. En complément, un Observatoire de la Sélune est créé afin de rendre accessible aux chercheurs et au grand public les données produites sur la biodiversité et la physicochimie de la Sélune (voir Éclairage page 38).

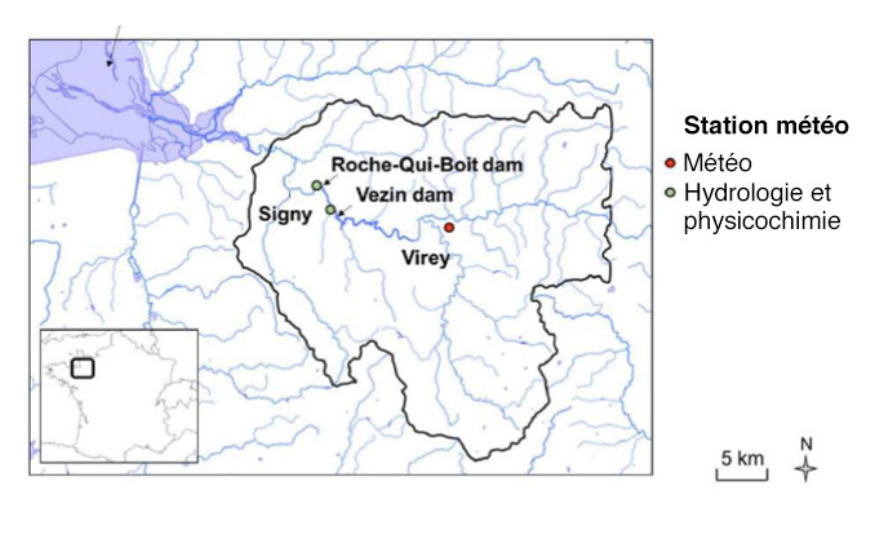
2.3 – La dynamique fluviale : effet des barrages et premières réponses

La présence d'un barrage sur un cours d'eau, rompant sa continuité amont-aval, perturbe fortement son régime hydrologique et thermique, ses flux de sédiments et sa qualité d'eau (voir section 1.2). Agissant comme un piège à sédiments, la retenue modifie les équilibres hydrosédimentaires à l'aval. La balance érosion / dépôt étant modifiée, c'est l'ensemble des habitats sur le cours inférieur qui peut être transformé, ainsi que le fonctionnement écologique et toute la biodiversité fluviale. Ces effets hydro-sédimentaires et géomorphologiques sous-tendent ainsi les réponses du système fluvial tout entier à l'effacement des obstacles : leur suivi et leur caractérisation est l'un des enjeux-clés du programme scientifique de la Sélune.

Un réseau de suivi en continu

L'action de recherche engagée sur ce volet, présentée lors du colloque (A. Crave, CNRS ; O. Fovet, INRAE; A-J. Rollet, Université de Rennes 2) a d'abord permis de caractériser la situation avant les travaux, puis d'observer les premières réponses à la suppression de Vezins ; elle se poursuivra, après la suppression du second barrage, pour suivre dans la durée la trajectoire de restauration du fleuve. Elle se base sur deux principaux sites de suivi, situés respectivement à l'amont du système (Virey), et à l'aval (Signy) : sur chaque site, des capteurs permettent de mesurer à intervalle régulier (1 heure à Virey, 10 minutes à Signy) les variables hydrologiques et physico-chimiques (débit, turbidité, température, conductivité électrique, teneur en oxygène, pH, chlorophylle-a). Des prélèvements d'eau y sont également effectués chaque semaine (et beaucoup plus fréquemment lors des épisodes de crue) pour suivre une série de paramètres physico-chimiques (matières en suspension, phosphore total, azote total, PO_4, NH_4, NO_3, Silice dissoute notamment). L'instrumentation est complétée par deux stations de suivi hydrologique et physico-chimique à l'aval immédiat de chaque barrage (Figure 12), offrant une description plus fine des phénomènes à certaines périodes, ainsi que par une station météo située en amont (station Météo France). Ce suivi est depuis 2019 hébergé au sein de l'observatoire Sélune (voir Éclairage page 38).

Figure 12. Le réseau de suivi hydrologique, physico-chimique et sédimentaire sur la Sélune.



La dynamique sédimentaire avant effacement

Entre 2012 et 2018, ce réseau de suivi a été utilisé pour caractériser les effets des barrages sur les différents paramètres suivis. Un intérêt particulier a été porté aux épisodes de crue (forte augmentation du débit de la rivière) pendant lesquels se joue une part importante du transport sédimentaire des rivières. Alors que les barrages de la Sélune étaient gérés de manière à restituer à l'aval le même débit que celui entrant dans le système, les études ont précisé et quantifié l'impact hydrologique modéré des ouvrages lors de certaines crues, avec un léger décalage temporel du débit à l'aval. L'effet est en revanche très marqué sur la dynamique sédimentaire, avec une rétention importante des matières en suspension (Figure 13) qui sédimentent dans les réservoirs du fait de la diminution de courant. De même, le piégeage du phosphore dissous dans les lacs de retenue a été bien mis en évidence, alors que ces lacs n'ont pas d'effet sur le transit amont-aval de l'azote dissous.

Cet effet de rétention se traduit, en année pleine, par le piégeage de 70 à 75 % du flux des matières en suspension de la Sélune dans les deux barrages, en particulier des sédiments les plus grossiers (>40 µm) (Figure 14),

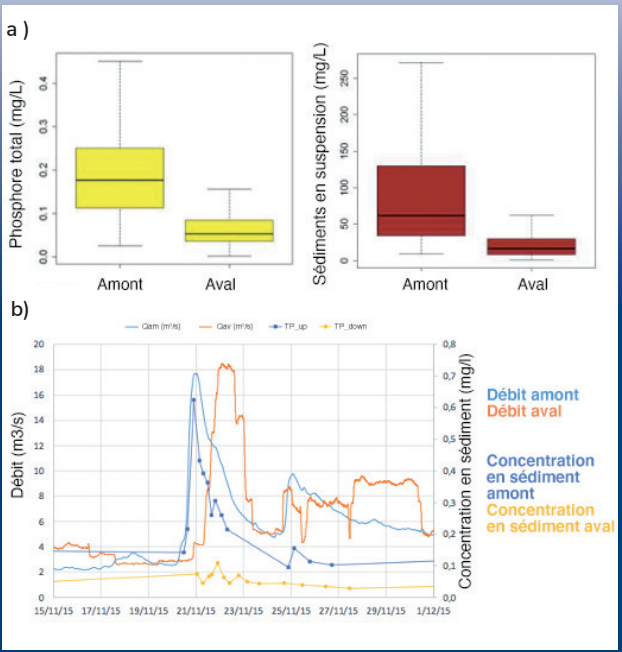


Figure 13. Quantification de la rétention du flux de sédiment par les barrages de la Sélune lors des épisodes de crues. **a)** Comparaison amont aval des concentrations en particules fines (SS) et en phosphore total (PT). **b)** Évolution temporelle lors d'un épisode de crue – débit amont et aval, concentration en sédiments amont et aval (Auteurs : A. Crave, CNRS ; O. Fovet, INRAE; A-J. Rollet, Université de Rennes 2).

ainsi que par le piégeage du phosphore qui s'adsorbe sur ces particules. Il est ainsi estimé que la retenue de Vezins contenait, au moment de sa vidange en 2018, environ 2 millions de m^3 de sédiments.

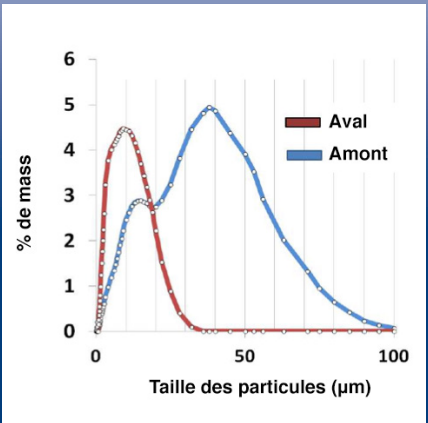
Premières réponses à la suppression du barrage de Vezins

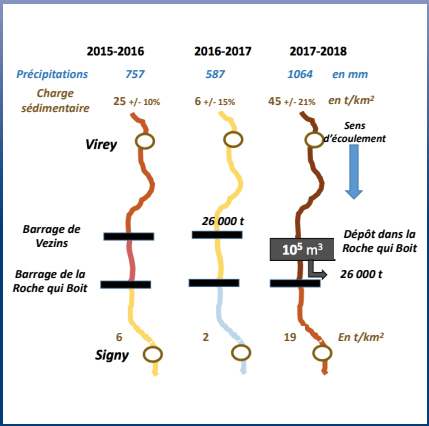
La vidange de la retenue de Vezins, en 2017-2018, a bien sûr été suivie de très près sous l'angle de la dynamique sédimentaire. Le bilan de masse des sédiments fins entre l'amont et l'aval, réalisé pour trois années consécutives (Figure 15), donne des estimations précieuses sur le fonctionnement du système avec les deux retenues, pour comprendre le devenir des sédiments suite à la vidange de Vezins.

Ces bilans de masse montrent d'abord la forte corrélation entre le niveau des précipitations annuelles et le flux de sédiments fins charriés par la Sélune. Pour l'année la plus pluvieuse (2017-2018, 1 064 mm de pluie), il est ainsi calculé que 29 000 tonnes de sédiments fins sont entrées dans le système ; ce chiffre tombe à 4 000 tonnes pour l'année la moins pluvieuse (2016-2017 avec 587 mm).

Figure 14. Répartition granulométrique des sédiments, à l'amont (trait bleu) et à l'aval (trait rouge) des barrages. Seules les particules les plus fines (moins de 20 µm) traversent le système (Auteurs : A. Crave, CNRS ; O. Fovet, INRAE ; A-J. Rollet, Université de Rennes 2)

Figure 15. Bilan de masse des sédiments fins de la Sélune, avant et après la suppression du barrage de Vezins. (La couleur du cours d'eau symbolise sa charge sédimentaire : marron = charge très élevée ; orange = charge élevée ; jaune = charge faible ; bleu = charge très faible) (Auteurs : A. Crave, CNRS ; O. Fovet, INRAE ; A-J. Rollet, Université de Rennes 2).





Pour l'année de la vidange (2017-2018), le bilan de masse permet également d'estimer à 26 000 tonnes la quantité de sédiments fins qui s'est transférée dans la retenue de la Roche-qui-Boit (sur un stock de l'ordre d'1 million de mètres cubes accumulés dans celle de Vezins).
Les équipes observent également que le temps de transit de la charge en sédiments fins lors des épisodes de crue, entre l'amont et l'aval du système, a été divisé par quatre suite à la suppression du premier barrage (de 4 jours à 1 jour).

Après effacement, quel rôle des « espèces ingénieures » ?

À l'issue de la suppression du barrage de la Roche-qui-Boit, rétablissant la continuité écologique de la Sélune, la poursuite de la surveillance *in situ* permettra de documenter l'évolution du système sous l'angle hydro-sédimentaire. En complément à cette acquisition de données localisées, un enjeu fort sera de suivre l'évolution attendue sur la géomorphologie du cours d'eau, notamment au sein des anciennes retenues (reméandrage naturel sous l'effet de la dynamique fluviale, diversification des faciès d'écoulement et des habitats en lien notamment avec le développement de la végétation rivulaire). Les équipes scientifiques prévoient notamment de recourir à la télédétection par Lidar topo-bathymétrique (cartographie aéroportée haute définition du relief émergé et de la profondeur du cours d'eau). La configuration difficile de la Sélune (turbidité de l'eau, faible largeur du lit mineur par rapport à la hauteur de la végétation rivulaire) exige pour ce faire des développements spécifiques pour le traitement de données, menés avec la plate-forme Lidar (télédétection par laser) Topo-bathymétrique de Rennes.

Une autre perspective de recherche consistera à étudier l'influence, dans la dynamique sédimentaire du fleuve, des espèces dites « ingénieures » que sont le saumon atlantique et les lamproies (E. Lasne, INRAE, A-J. Rollet, Université Rennes 2). Ces poissons migrateurs, dont le retour est attendu sur la Sélune, creusent des « nids » sur leurs frayères en déplaçant les graviers et les pierres : cette activité excavatrice pourrait être un facteur essentiel pour initier le transit des sédiments grossiers sur fond du cours d'eau, qui conditionne l'apparition d'habitats appréciés de nombreuses espèces d'eau courante. Pour le savoir, un projet de recherche original utilise notamment des graviers équipés d'émetteurs RFID (identification par radio-fréquence), permettant de suivre leurs déplacements. Avant l'effacement des barrages, cette approche a été mise en œuvre en différents points du linéaire, montrant la faible mobilité spatiale de ces sédiments grossiers en l'absence de saumons et lamproies. Reconduite sur les sites des futures frayères de ces espèces, elle fournira pour la première fois des éléments quantitatifs sur le rôle que jouent ces grands migrateurs dans l'évolution d'un cours d'eau rendu à son fonctionnement naturel.

2.4 – Communautés d'espèces : quelles dynamiques post-effacement ?

Le rétablissement de la continuité écologique du fleuve et la suppression des retenues induit un profond changement dans les milieux naturels de la vallée de la Sélune : comment la faune et la flore vont-elles répondre à ces nouvelles conditions ? Comment les communautés vivantes vont-elles évoluer ? Dans quelle mesure certaines espèces vont-elles régresser, quand d'autres feront leur apparition ? Quelles nouvelles interactions vont se mettre en place ? Au-delà du retour escompté des grands migrateurs, le suivi et l'étude des biocénoses de la Sélune est bien sûr un volet majeur du programme scientifique : il mobilise une pluralité d'approches de recherche dont un panorama a été dressé lors du colloque.

Microorganismes et macroinvertébrés sous l'influence des barrages

Comme pour le volet « dynamique sédimentaire » présenté dans la section précédente, le premier objectif de ces travaux était de caractériser l'état initial du système et l'impact des barrages sur les communautés vivantes du fleuve. Le suivi se porte en particulier sur des communautés sensibles à la qualité chimique et physique du milieu, et dont la composition dépend de ces paramètres. Il s'agit des microorganismes photosynthétiques ou microalgues fixées et en suspension dans l'eau, du zooplancton et des macroinvertébrés benthiques (vivant sur le fond). Ces organismes constituent par ailleurs des maillons cruciaux des réseaux alimentaires de rivières. Dans cette optique (C. Piscart, CNRS, A. Pannard, Université Rennes 1, C. Gorzerino, INRAE), un effort systématique d'échantillonnage a été mené sur cinq stations réparties de l'amont à l'aval du système (Figure 16).

Pour chaque station, des échantillonnages ont été menés au moyen de protocoles standardisés chaque mois entre septembre 2014 et octobre 2017. Les paramètres physico-chimiques soutenant la biologie (température, pH, turbidité, conductivité, teneur en oxygène) étaient également relevés. En parallèle, cinq campagnes d'inventaire des macroinvertébrés benthiques ont été menées selon la méthode de l'IBG (inventaire biologique généralisé, utilisé notamment dans le cadre de la directive cadre sur l'eau).

Ce suivi a d'abord confirmé l'effet marqué des barrages sur la qualité de l'eau : une réduction de l'ordre de 60 % des concentrations en phosphore à partir de la retenue de Vezins, pas ou peu d'effet sur l'azote total, un réchauffement de l'eau et une faible turbidité de l'eau restituée en aval des barrages. Le compartiment du phytoplancton ne présente pas de différences significatives en richesse et composition d'un bout à l'autre du système, mais connaît une forte augmentation (d'un facteur 5) en biomasse à partir de la

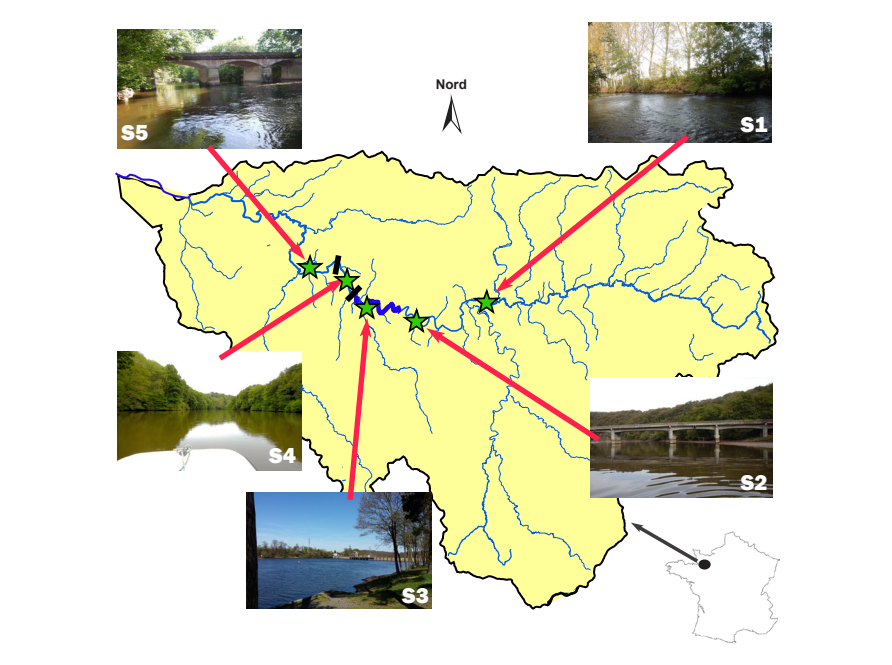
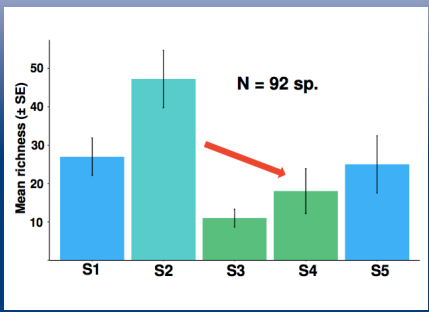


Figure 16. Le réseau de stations de suivi, S1, S2, S3, S4, S5 , des biocénoses avant la suppression des barrages.

retenue de Vezins du fait de l'augmentation du temps de résidence de l'eau, avec des blooms réguliers de cyanobactéries en période estivale.

L'effet des barrages est également très marqué pour les diatomées, dont la richesse moyenne chute de 50 espèces à l'amont de la retenue à 11 au sein de celle-ci (Figure 17). De même pour les macroinvertébrés benthiques, environ 40 % de la diversité (soit 30 taxons) est perdue entre le secteur amont et la retenue de Vezins. Le second barrage apparaît globalement sans effet supplémentaire.

Figure 17. Impact des barrages sur la richesse moyenne en diatomées. (Auteurs : C. Piscart, CNRS, A. Pannard, Université Rennes 1, C. Gorzerino INRAE)



Espèces migratrices, espèces exotiques envahissantes : quelles conséquences de l'effacement ?

La suppression des deux barrages de la Sélune ouvre aux chercheurs un vaste champ d'observation et d'investigation. L'un des grands axes de travail porte sur les réponses des communautés aquatiques dans les années suivant l'effacement, dans un contexte fortement dynamique et porteur de nouvelles interactions. Outre les migrateurs (saumon, anguille, lamproies, truite migratrice), certaines espèces d'eau vive jusqu'alors cantonnées à l'aval ou à l'amont du secteur des retenues, devraient étendre leur présence dans la vallée. D'autres espèces, inféodées au milieu lacustre (carpe, brème, sandre), vont régresser ou disparaître ; d'autres enfin, espèces exotiques et envahissantes implantées dans le bassin, sont susceptibles de perturber cette nouvelle donne. C'est le cas en particulier du silure, invasif dans les deux retenues et présent également sur le cours aval de la Sélune, qui pourrait exercer (comme cela est observé ailleurs) une prédation forte sur les migrateurs. Autre espèce invasive, l'écrevisse du Pacifique, a colonisé la majeure partie du bassin en amont des barrages où subsistent encore quelques rares populations autochtones d'écrevisses à pattes blanches en tête de bassin. Existe-t-il des risques de propagation accrus pour ces espèces invasives suite à l'arasement des barrages ?

Ces enjeux, majeurs pour la gestion future du territoire, font l'objet de plusieurs projets de recherche et de développements méthodologiques, prolongeant pour certains l'action scientifique menée sur les bords de l'Oir tout proche, et dont un panorama a été présenté (E. Petit, INRAE). Pour suivre et quantifier la remontée des saumons, un dispositif de détection automatique des passages par caméra acoustique Didson est déjà installé à Ducey depuis 2013, à l'entrée du bassin de la Sélune. Certains saumons revenant de l'océan sont également capturés dans la zone estuarienne de la Sélune, puis équipés de minuscules émetteurs pour suivre leurs déplacements vers l'amont (E. Lasne, INRAE). Les techniques d'analyse microchimique des otolithes (pièce osseuse située dans le crâne des poissons, et faisant office de « boîte noire » de leur histoire de vie), seront également exploitées pour retracer l'origine des saumons et des anguilles qui recoloniseront les eaux de la Sélune.

L'anguille est également placée sous l'œil attentif des scientifiques (E. Feunteun, MNHN). En effet, son habitat de croissance en eau douce était cantonné à l'aval des barrages depuis près d'un siècle, et il va considérablement s'accroitre suite à l'effacement. Ainsi, les différentes caractéristiques des individus (taux de croissance, taux de graisse, état sanitaire, sexe ratio notamment) devraient évoluer, ce qui est essentiel pour cette espèce « en danger critique d'extinction » selon l'UICN. Les populations d'écrevisses font l'objet de travaux dédiés. Une cartographie exhaustive de la répartition des différentes espèces au sein du bassin a été menée préalablement dont il ressort la présence quasi-généralisée de l'écrevisse du Paci-

fique, et celle plus localisée de deux autres écrevisses américaines invasives, au détriment des dernières populations d'écrevisses natives : la protection de celles-ci et la lutte contre la prolifération des écrevisses exotiques sera un enjeu de gestion majeur à l'échelle du bassin.

Des travaux de recherche, basés sur l'analyse génétique et morphométrique des individus colonisateurs chez l'écrevisse du Pacifique, y sont également menés pour mieux comprendre les mécanismes impliqués dans la dispersion des espèces envahissantes.

Enfin, le cas des lamproies fluviatiles et de Planer va être observé de près. Alors que les lamproies fluviatiles, migratrices, étaient jusqu'alors bloquées à l'aval des barrages dans leur migration de reproduction, des populations de lamproies de Planer, sédentaires, existent dans les secteurs amont du bassin. Or ces deux animaux, longtemps considérés comme deux espèces distinctes, ne sont peut-être que deux formes d'une même espèce… à moins qu'elles ne résultent d'une spéciation en cours : les lamproies de Planer isolées physiquement des populations migratrices à l'amont des cours d'eau (par les barrages dans le cas de la Sélune) seraient-elle en train de s'en écarter génétiquement, jusqu'à former une véritable espèce ? La suppression des obstacles, remettant les deux populations en contact, est-elle alors susceptible de suspendre cette évolution ? La question, qui taraude depuis longtemps les ichtyologues, trouvera de nouveaux éléments de réponse dans le bassin de la Sélune à la faveur d'analyses de marqueurs génétiques.

Un profond changement dans les réseaux trophiques

En parallèle de ces travaux ciblés, une approche complémentaire (J-M Roussel, INRAE) consiste à étudier l'évolution du système sous l'angle des réseaux trophiques, c'est-à-dire des interactions « qui mange qui ? » qui sous-tendent la composition des communautés vivantes et le fonctionnement de l'écosystème. En cours d'eau, les réseaux trophiques s'appuient classiquement sur deux sources principales : les producteurs primaires (végétaux aquatiques, qui se développent grâce à la photosynthèse), et la matière organique détritique (animaux et végétaux en décomposition, issus du cours d'eau lui-même mais aussi du milieu terrestre, à l'image des feuilles mortes). Dans le cas de la Sélune, la présence des barrages a profondément modifié ce schéma pendant des décennies. Les retenues, bloquant le flux de sédiments, ont privé l'aval du cours d'eau d'une part essentielle de la matière organique détritique qu'il aurait dû recevoir. Les chaînes alimentaires s'y sont donc développées préférentiellement à partir des producteurs primaires, ce qui a changé profondément la composition des communautés. Inversement les barrages ont privé tout l'amont du bassin d'une ressource abondante : celle apportée, depuis le milieu marin, par les remontées des poissons migrateurs. En effet, les saumons et lamproies, qui meurent après leur reproduction, peuvent constituer dans certains cours d'eau une part très importante de la matière organique disponible.

Avec la suppression des barrages, ces deux flux interrompus depuis près d'un siècle (sédiments vers l'aval, nutriments marins vers l'amont) vont se réamorcer : leur suivi sera l'une des clés de la compréhension de l'évolution de l'écosystème. Pour ce faire, les équipes scientifiques disposent notamment d'une méthode éprouvée, basée sur l'analyse des isotopes stables de l'azote et du carbone contenus dans les organismes aquatiques. Cette approche permettra en particulier de connaître la part des nutriments d'origine marine dans les réseaux trophiques de l'amont du bassin, apportant ainsi une contribution précieuse à la description du rôle des poissons migrateurs dans la dynamique de restauration de l'écosystème fluvial.

Éclairage

L'observatoire de la Sélune : des données accessibles à tous

Au cœur de la dynamique scientifique dans le bassin de la Sélune, le partage des données d'observation sur l'environnement du fleuve, sa faune et sa flore, est un enjeu fort de communication et de valorisation du programme auprès du grand public et d'autres équipes internationales. Lancé en 2019 dans ce double objectif, l'Observatoire de la Sélune (O. Fovet, F. Marchand, P. Rault, A. Thomas INRAE) mènera pour 10 années un travail régulier d'acquisition et de diffusion de données sur plusieurs compartiments-clés de l'écosystème. L'acquisition des **paramètres physicochimiques** de l'eau du fleuve va se poursuivre, permettant de caractériser les effets abiotiques de l'arasement des barrages. Les **poissons migrateurs** (saumon, truite, anguille, lamproie fluviatile et marine) seront suivis à l'échelle du bassin entier, à travers un large éventail de paramètres : abondance, biométrie, génétique des populations et cycles migratoires. Les **écrevisses natives et invasives** feront l'objet de campagnes régulières sur le cours médian du fleuve (autour de l'emprise des anciennes retenues) et plusieurs affluents : le front de colonisation de l'écrevisse du Pacifique (au détriment de l'écrevisse à pieds blancs) sera en particulier suivi par piégeage et par recherche d'ADN environnemental (fragments d'ADN relâchés dans l'eau par les êtres vivants). Enfin les **macroinvertébrés benthiques, les plantes rivulaires et aquatiques et les biofilms photosynthétiques**, indicateurs de la qualité du milieu aquatique, seront suivis sur le secteur des deux anciennes retenues, en termes de composition spécifique et d'abondance. L'ensemble des données acquises sera centralisé et mis à disposition des chercheurs et du grand public (https://programme-selune.com/fr/).

2.5 – Végétation des berges et paysages agricoles de la Sélune

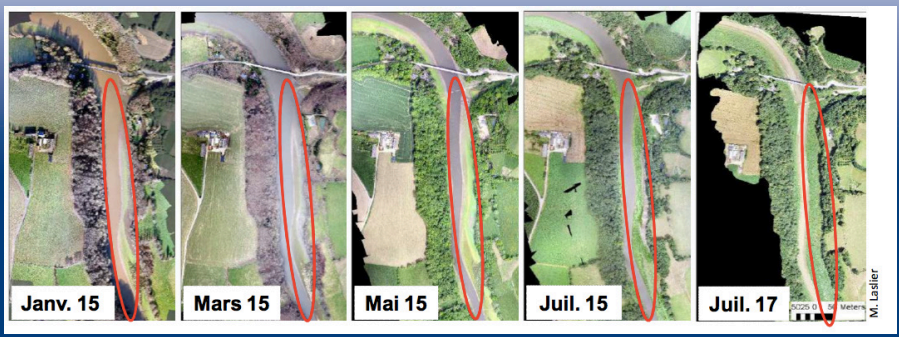
Au-delà du cours d'eau lui-même et de ses berges, la suppression des barrages de la Sélune est susceptible d'induire une série de transformations à l'échelle de la vallée tout entière : sur la faune et la flore du fond de vallée et des versants ; sur l'usage des parcelles et sur le paysage agricole. L'étude de l'ensemble de ces transformations constitue un autre volet important du programme scientifique de la Sélune.

La revégétalisation des nouvelles berges de la Sélune

Une partie des travaux de recherche (C. Ravot, I. Bernez, I. Muller, INRAE ; M. Laslier, S. Dufour, L. Hubert-Moy, Université Rennes 2) s'est axée sur la zone riveraine de la Sélune et de ses affluents dans le secteur du lac de Vezins, avec pour objectif le suivi de la recolonisation spontanée de l'ancienne retenue par la végétation (étude du potentiel de restauration écologique passive des vases exondées).

Des échantillonnages floristiques ont été réalisés pendant quatre années (2014-2018), alimentant quatre types d'indicateurs (structure, composition, diversité taxonomique et fonctionnelle) à deux échelles combinées : celle du lac tout entier, et celle plus locale du secteur de l'ancien Pont de la République, dans la zone amont du lac. Cette analyse des dynamiques végétales pionnières a mis en évidence la rapidité du processus de recolonisation spontanée (Figure 18), induit notamment par l'importante banque de graine contenue

Figure 18. Recolonisation spontanée des berges par la végétation dans le secteur de l'ancien Pont de la République (Auteurs C. Ravot, I. Bernez, I. Muller, INRAE ; M. Laslier, S. Dufour, L. Hubert-Moy, Université Rennes 2).



dans les sédiments du fond de la retenue qui constitue un substrat riche en nutriments : le nombre de germinations spontanées est estimé à 14 000, pour 46 espèces végétales (en majorité des taxons de zone humide).

Entre 2015 et 2017, l'équipe a observé l'évolution des communautés végétales : régression des espèces rudérales et de milieux humides, développement des forestières et colonisation par les ligneux (saules et aulnes). À l'été 2017, le taux de recouvrement moyen des berges s'élevait déjà à 57 % à l'échelle de la retenue, et jusque 81 % dans le secteur du Pont de la République. En tout 85 espèces étaient recensées, dont trois rares, huit exotiques mais une seule envahissante avérée (la balsamine de l'Himalaya). Elles se répartissaient en trois groupes écologiques : espèces de zones humides (43 %), rudérales (36 %) et forestières (21 %). Ces travaux se poursuivent notamment pour comprendre comment les réajustements géomorphologiques influenceront la sélection des espèces végétales, et réciproquement, comment la végétation rivulaire influencera la morphologie des berges et leur mobilité. Ces connaissances écologiques permettent d'envisager une gestion du reverdissement, au moins partiellement, par restauration écologique passive. Le projet va également s'enrichir d'une approche couplant les communautés végétales et animales des berges et du cours d'eau, dans l'objectif de comprendre les liens fonctionnels cachés entre les biodiversités terrestres et aquatiques du bord d'une Sélune sans barrage.

Utilisation des terres et systèmes agricoles : état des lieux et tendances

À l'échelle du paysage de vallée (sens large), l'effacement des barrages s'insère dans des interactions dynamiques complexes entre les trajectoires des écosystèmes et les évolutions de l'usage des terres, notamment relevant des systèmes agricoles. Pour appréhender ces mécanismes, un premier enjeu pour le programme scientifique était de comprendre les dynamiques à l'œuvre dans l'état initial du système (avant l'effacement des barrages).
Dans cette optique, une approche (A. Zermeno Rodriguez, C. Thenail, INRAE, S. Dufour, Université Rennes 2) a consisté à suivre par télédétection, sur un pas de temps de 10 années, un panel de neuf « sites-paysages » de 1 km^2 chacun, représentatifs de la diversité des paysages le long de la Sélune (sur la base du travail initial de J. Deniau et E. Lanoë avec l'appui de H. Boussard, INRAE). Pour chacun de ces sites, l'analyse a notamment porté sur la proportion de surface couverte de forêt, de cultures annuelles, de prairies anciennes (plus de cinq ans) ou récentes (moins de cinq ans). Elle permet de distinguer trois types d'évolution (Figure 19) : stabilité, augmentation des prairies ou augmentation des cultures.

Au-delà de ces trois groupes, différentes dynamiques sont constatées localement, dans le taux de variation des

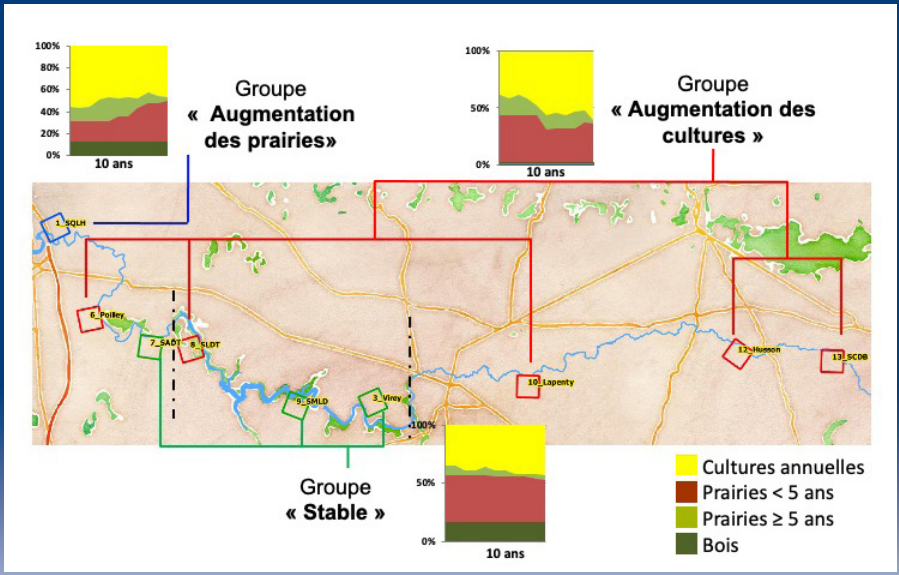


Figure 19. Évolution sur 10 ans (avant effacement des barrages) de l'usage agricole des terres sur neuf « sites territoires » suivis par télédétection (Auteurs : A. Zermeno Rodriguez, C. Thenail, INRAE, S. Dufour, Université Rennes 2).

cultures ou la fragmentation/ homogénéisation des cultures : elles pourraient résulter de la topographie, mais aussi du nombre d'exploitations agricoles et de la part de leur surface dans les sites-paysages. La gestion agricole des parcelles de fond de vallée a fait l'objet d'une approche complémentaire (L. Castay, C. Thenail, INRAE), sur la base d'entretiens avec 21 agriculteurs (possédant au moins une parcelle dans l'un des sites-paysages). Ces exploitations présentaient une diversité de systèmes de production spécialisés (bovins laitiers, équins ou porcins) ou en polyélevage/polycultures, et de configuration de parcellaires (taille, morcellement / dispersion). Il ressort de ces entretiens certaines particularités des parcelles de fond de vallée par rapport à celles des versants : une plus grande diversité d'usages, avec davantage de prairies permanentes et de parcelles en friche, moins de cultures annuelles, ces spécificités pouvant s'expliquer en partie par une localisation souvent éloignée du siège de l'exploitation. L'analyse des évolutions dans ces usages des parcelles de fond de vallée, notamment lorsque celles-ci changent de propriétaire, montre un maintien actuel des prairies malgré une tendance à l'accroissement des surfaces en cultures annuelles. À plus long terme,

la diminution tendancielle du nombre d'exploitations (et leur augmentation en taille et en dispersion) pourrait cependant se traduire par une plus forte polarisation, dans les fonds de vallée, entre cultures annuelles et friches.

Flore, pollinisateurs : au-delà des parcelles, un effet du paysage

Quelle biodiversité les parcelles jouxtant la Sélune recèlent-elles ? Comment la biodiversité est-elle influencée par les pratiques agricoles, et quelles sont les tendances à l'œuvre ? Un travail de recherche (A. Prampart, E. Lanoë, D. Leroy, A. Alignier, INRAE) s'est attelé à ces questions avec la double ambition de prédire l'évolution tendancielle de la biodiversité des cultures et prairies proches de la Sélune et d'en identifier les déterminants majeurs. Il s'appuie sur un inventaire exhaustif de la flore et des insectes pollinisateurs dans un ensemble de parcelles (situées dans les sites-paysages de 1 km² évoqués plus haut) gérées différemment par les agriculteurs : prairies de fond de vallée, prairies de versant et culture céréalières. L'état des lieux pré-dérasement des barrages, a permis de dénombrer 67 espèces végétales dans les parcelles de culture (avec une prédominance d'espèces nitrophiles), 106 espèces dans les prairies de versant et 130 espèces dans les prairies de fond de vallée (avec une prédominance d'espèces hygrophiles). Outre cette différenciation des communautés végétales selon le type d'habitat, l'analyse révèle aussi une influence du type de paysage, de l'histoire des paysages ainsi que de la position (amont-aval) des paysages le long de la Sélune, avec davantage d'espèces affines des milieux riches en azote vers l'aval.

Côté pollinisateurs, 861 individus ont été observés dans les prairies de versant, et 587 dans les prairies de fond de vallée. Les communautés sont semblables entre ces deux types de prairies : l'effet de la gestion s'avère faible, et l'influence du paysage (en particulier la surface forestière) apparaît déterminante pour l'abondance des pollinisateurs.

Ces éléments soulignent la nécessité de prendre en compte les pratiques agricoles mais aussi la structure, l'agencement et l'histoire des paysages pour comprendre la biodiversité observée : la réitération de ces échantillonnages après l'effacement permettra d'évaluer les changements survenus, en gardant à l'esprit que les réponses de la biodiversité présentent parfois un délai de réponse par rapport aux évolutions du paysage.

Ainsi les travaux menés sur les paysages agricoles montrent l'intérêt d'un état des lieux incluant les dynamiques récentes, pour repérer les interactions gestion-paysage-biodiversité dans chaque compartiment : ces éléments sont précieux pour nourrir le dialogue avec les acteurs de terrain et éclairer les choix de gestion. Les auteurs soulignent in fine les potentialités de ces dispositifs observatoires des interactions entre zone rivulaire et paysage, et la nécessité de les renforcer.

2.6 – La dimension sociale du projet et l'avenir du territoire

Changement de grande ampleur pour le fonctionnement du fleuve Sélune, la biodiversité et les paysages de la vallée, la suppression des barrages de Vezins et de la Roche-qui-Boit induit aussi un bouleversement pour le tissu social local : pour une part importante des populations riveraines, qui ont vécu pendant plusieurs générations au contact de ces deux grands lacs, leur disparition annoncée constitue un réel traumatisme. Lors des projets d'effacement d'ouvrage, la pédagogie, la concertation et l'accompagnement socio-politique local sont des critères majeurs pour une conduite des projets partagée et profitable à tous : dans le cas de la Sélune, la gestion de ces aspects par les pouvoirs publics et les porteurs du projet aura été source de tensions.

C'est ainsi que le 25 septembre 2019, lors de la seconde journée du colloque international, organisée dans la salle communale d'Avranches, les participants scientifiques et associatifs ont été accueillis à leur descente du bus par une délégation de 30 à 40 opposants, munis de banderoles et scandant des slogans hostiles. Cette manifestation, annoncée les jours précédents, émanait de l'association « les Amis du barrage », engagée de longue date dans la lutte contre le projet. À l'invitation des organisateurs, l'un de leurs porte-paroles (R. Lebeurrier, les Amis du barrage) est intervenu à la tribune pour rappeler les raisons de cette colère.

Pour ces opposants, habitants des villages de la vallée, pêcheurs et propriétaires de maisons ou de cabanons en bordure des retenues, la disparition annoncée des lacs est d'abord vécue comme la perte de lieux de vie, de détente et de nature. Ils ne comprennent pas que l'on sacrifie une énergie qu'ils considèrent comme «verte» pour des arguments écologiques contestables : le retour du saumon est jugé hypothétique, et sa pêche perçue comme un loisir de nantis tandis que la carpe, le sandre ou le silure apportaient aux pêcheurs locaux toutes les émotions qu'ils recherchent. Pour eux les lacs des barrages sont des écosystèmes à préserver, avec une faune et une flore qui leur sont chères, et qui au-delà de leur beauté participent activement à la vie de la vallée en offrant des services relatifs aux loisirs et à la production d'énergie. La Sélune ferait ainsi les frais d'un « chantage entre les gouvernements et les ONG », d'une décision imposée « d'en haut » pour « faire un exemple ». Le sentiment d'un manque de dialogue et de concertation dans la prise de décision soulève la critique : les opposants dénoncent une forme d'ingérence dans la gestion de leur territoire par les lobbys écologistes. Enfin les Amis du barrage expriment leur pessimisme quant à l'avenir de la vallée. Les faibles débits de la Sélune, dans une région marquée par de fréquents arrêtés « sécheresse », sont un facteur d'inquiétude : avec la

suppression des lacs, c'est aussi une précieuse ressource en eau (notamment d'irrigation) qui disparaîtrait du territoire. Plus largement, les opposants déplorent le manque de vision politique et de moyens financiers pour construire l'avenir du territoire.

Un blocage analysé par les sciences humaines et sociales

L'analyse de cette situation conflictuelle, permettant d'identifier les raisons des blocages et d'en tirer les leçons pour de prochaines opérations, a été l'un des grands enjeux du programme scientifique de la Sélune dès son origine.
Dans cette optique, une approche en sciences humaines et sociales (M.A. Germaine, université Paris Nanterre) a mobilisé un ensemble de méthodes (enquêtes, entretiens semi-directifs, observation participante, observatoires des paysages notamment), pour comprendre l'évolution des usages et des représentations de la vallée de la Sélune, ainsi qu'isoler les facteurs responsables des crispations locales.

Retraçant l'histoire vécue au bord des lacs de la Sélune, l'équipe de recherche montre que la relation entre les habitants et « leurs » lacs peut se décomposer en trois grandes périodes. Celle-ci a d'abord connu un long « âge d'or », commençant dans l'entre-deux-guerres et culminant à la fin des années 1980, avec un développement des activités nautiques et de la pêche, des guinguettes et des spectacles, l'installation d'une base de loisirs (la « Mazure »). À cette période faste a succédé une lente déprise, dont le tournant correspond à la suite de la vidange de 1993, marquée par la dégradation de la qualité de l'eau des lacs, des interdictions d'activités nautiques, ainsi qu'une forme d'accaparement des lieux par certains pêcheurs et usagers, dont témoigne la densité de cabanes installées sur les berges (140 cabanes de pêche et 124 pontons privés dénombrés en 2017). C'est aussi en 1993 qu'a été fondée l'association des « Amis du barrage », initialement pour promouvoir les activités autour des lacs à l'occasion de la vidange.

La troisième grande période débute en 2005/2007 avec le vote de la commission locale de l'eau en faveur de la suppression des barrages, et une fin d'exploitation proposée à l'issue de la vidange prévue pour 2013. À cette même période, l'association des Amis du barrage se mue en groupe d'opposition au projet, trouvant du soutien auprès de la quasi-totalité des élus locaux. L'étude a retracé l'évolution des jeux d'acteurs au cours de cette période pré-dérasement, en mettant en regard la chronologie du projet scientifique et écologique, les décisions politiques nationales, la mise en mouvement des acteurs locaux vers un projet de territoire « post-effacement » et l'activité du groupe d'opposition au projet (Figure 20).

Cette analyse éclaire notamment le retard pris et les difficultés actuelles de la construction d'une vision d'avenir pour le territoire. Une dynamique po-

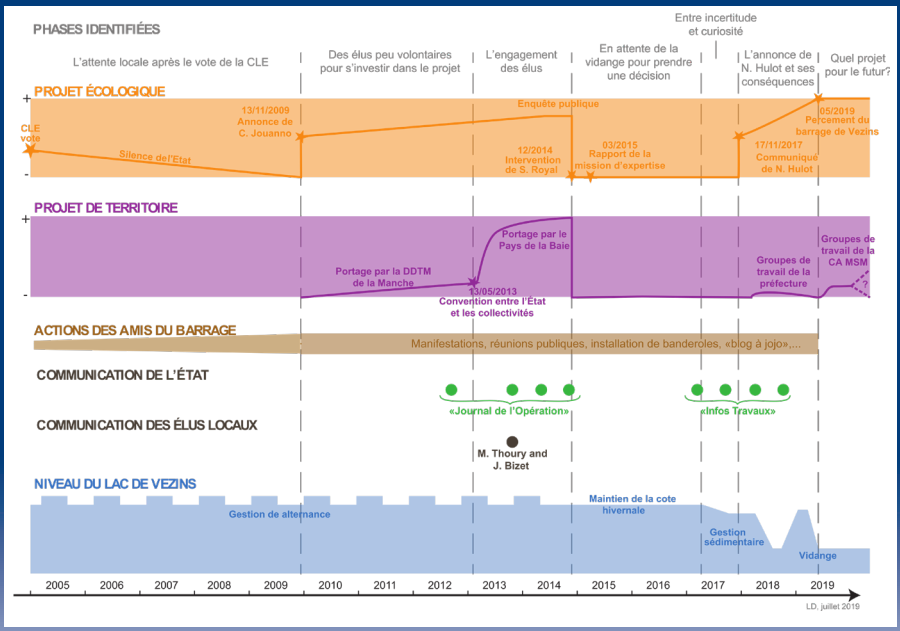


Figure 20. Chronologie des jeux d'acteurs autour du lac de Vezins entre 2005 et 2019 (Auteur : M.A. Germaine, université Paris Nanterre).

sitive s'était pourtant engagée, à partir de la signature d'une convention en mai 2013 entre l'État et les collectivités locales, pour un projet structuré autour des axes du paysage, de l'itinérance, de l'agriculture, de la pêche et du tourisme. Cette dynamique a été brusquement interrompue, tout comme le programme scientifique, avec l'annonce par la ministre, en décembre 2014 (voir section 2.1), de la suspension du projet et de la recherche de solutions alternatives au démantèlement. Lorsque le nouveau ministre a réaffirmé en 2017 l'effacement des barrages, le projet scientifique a repris où il s'était interrompu ; en revanche le projet de territoire n'a pas encore retrouvé de véritable souffle, malgré l'organisation de groupes de travail réunissant les élus locaux. La communication de l'État à destination de la population locale, réduite à une information technique et limitée sur le chantier de Vezins, a probablement aussi contribué au maintien d'un statu quo douloureux ; le bousculement du calendrier des travaux, conduisant à un remplissage de la retenue de Vezins à la suite de sa vidange (fin 2018), a également participé au climat d'incertitude quant à l'avenir des retenues.

Désormais, il s'agit d'observer le réseau d'acteurs qui se met en place pour dessiner la vallée de demain. L'équipe de recherche poursuit ses travaux, avec notamment l'étude de la construction du nouveau projet de territoire et la reconfiguration des collectifs pour sa mise en œuvre.

Les grandes lignes du futur projet de territoire

Alors que la démolition des ouvrages est engagée, il est maintenant indispensable de dépasser ce blocage pour donner corps à un projet fédérateur et porteur de sens pour tous, dans une vallée de la Sélune sans barrages. C'est le message-clé qui a été porté lors du colloque par Erik Goupil (alors maire d'Isigny le Buat et vice-président à l'urbanisme de la Communauté d'agglomération Mont-Saint-Michel Normandie, CAMSMN), appelant les acteurs locaux à se montrer solidairement responsables du développement durable de la vallée. Pour l'élu, la présence d'une seule collectivité sur la vallée (la CAMSMN) est un atout dans l'optique d'un projet transversal, qui nécessitera d'impliquer ses différents services (foncier, environnement, urbanisme, patrimoine, tourisme, communication…). Le maintien d'une continuité foncière sera une condition-clé de la réussite. Dans cette optique, l'implication des partenaires locaux et la prise en compte des attentes de la population seront également décisives pour réussir la réappropriation identitaire de la vallée.

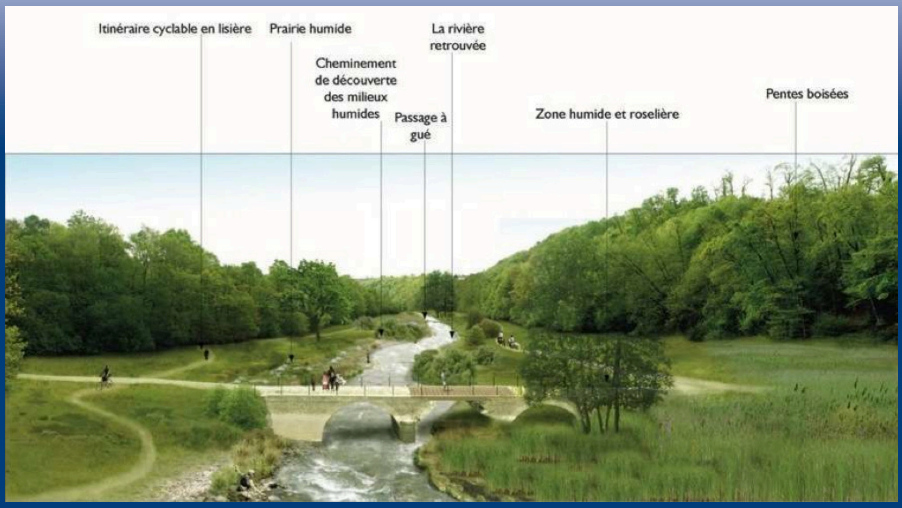
Les grandes lignes du futur projet de territoire, esquissées entre 2013 et 2014, sont pour l'essentiel connues. Elles ont été exposées lors du colloque. Élus et techniciens doivent les développer dans le cadre de groupes de travail programmés en 2020. L'itinérance au sein de la vallée en serait une composante forte : la collectivité prévoit la création d'un cheminement continu le long de la Sélune, incluant des boucles reliant la vallée aux plateaux, pour différents modes de déplacement sportifs ou de loisirs (à pied, en vélo, à cheval, en canoë…). Elle pourrait s'appuyer sur une réutilisation de matériaux mobilisés lors des travaux de gestion sédimentaire. Sur le volet du foncier agricole et de l'usage des terres, le projet devrait s'appuyer sur une identification des zones à enjeu biodiversité, agricole ou paysager, pour définir des actions de réhabilitation et des modes de gestion conciliant les usages et les contraintes.

Le retour attendu du saumon serait une dimension majeure de la nouvelle identité de la vallée : dans cette optique il faudra développer un suivi et une gestion de ses populations à l'échelle de la baie du Mont-Saint-Michel, et définir des parcours et des modes de pêche permettant à la Sélune de devenir une destination reconnue pour le tourisme halieutique. Ce développement devrait cependant être mené de manière à assurer une bonne cohabitation entre les différents usagers de la rivière.

Enfin un enjeu-clé pour l'appropriation par tous de cette nouvelle identité de territoire résiderait dans la valorisation

du patrimoine historique et culturel « retrouvé » : de l'emblématique Pont de la République (Figure 21), témoin de l'histoire de la Sélune avant les barrages, aux anciennes pêcheries et moulins, et jusqu'aux vestiges des barrages eux-mêmes, intégrés dans une histoire en train de s'écrire.

Figure 21. L'ancien Pont de la République, immergé pendant 80 ans sous la surface du lac de Vezins, et bientôt intégré à un itinéraire de randonnée ? (Source : Maîtres du Rêve, https://www.maitresdureve.com/2015/07/31/devenir-de-la-vallee-de-la-selune-en-sud-manche/)



CHAPITRE 3

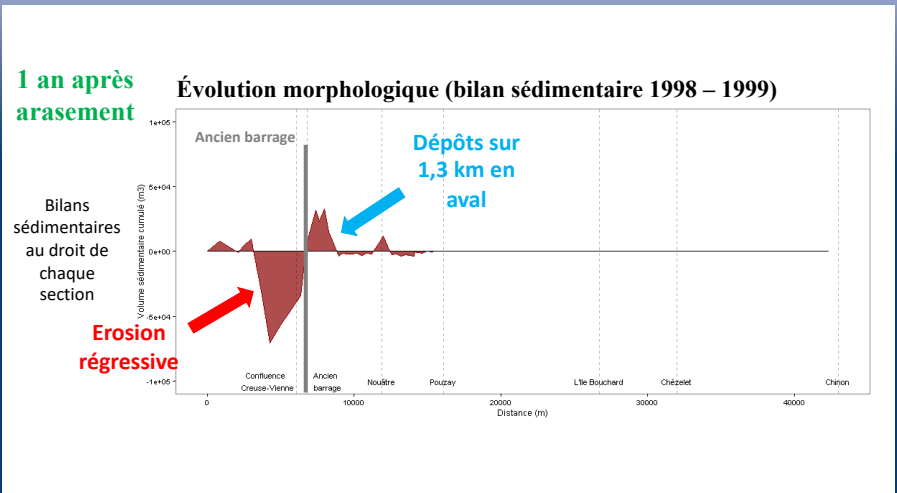
Contributions d'ici et d'ailleurs à la « boîte à outils » mondiale

Discipline encore récente (Morandi *et al.* 2017), la restauration écologique des cours d'eau s'est forgé des outils et des concepts communs, mais elle conserve une dimension empirique : chaque projet est différent, selon le type de rivière à restaurer, son contexte écologique, son état initial et les objectifs poursuivis. Ainsi la multiplication des retours d'expériences (AFB 2018), obtenus dans des contextes variés, est-elle un levier indispensable pour progresser dans la compréhension des mécanismes à l'œuvre, anticiper les réponses d'un écosystème donné et affiner les choix opérationnels. Si le programme scientifique de la Sélune constituera un apport inédit, par la durée des suivis et la volonté affirmée d'étudier l'évolution du système fluvial sous tous ses angles, d'autres travaux ont apporté des éléments utiles pour comprendre les réponses des cours d'eau, dans toute leur diversité, à l'effacement de barrages. Certains d'entre eux, menés aux quatre coins de l'Europe et du monde, ont été exposés lors du colloque : il en ressort une contribution précieuse à la « boîte à outils » mondiale de la restauration de la continuité écologique.

3.1 – Hydromorphologie, habitats : quelles réponses des rivières ?

L'effacement du barrage de Maisons-Rouges, mené entre juin 1998 et avril 1999 à la faveur du premier plan « Loire grandeur nature », reste l'une des plus importantes opérations de restauration de la continuité écologique menées à ce jour en Europe. L'ouvrage (3,8 m de haut, 200 m de large) implanté en 1920 à l'aval immédiat du confluent de la Creuse et de la Vienne, a constitué pendant 80 ans un obstacle majeur à la migration malgré la présence de cinq passes à poissons. Sa suppression, menée dans un contexte de forte opposition locale, a aussi en commun avec le projet de la Sélune d'avoir donné lieu à un suivi scientifique approfondi sur le volet de la dynamique hydro-sédimentaire, réalisé par l'université de Tours et EDF. Pour comprendre les processus en action, la dynamique de déplacement des sédiments déstockés vers l'aval et ses impacts sur les habitats, la faune et la flore, sept campagnes de terrain ont été menées : en août 1998 (état de référence avant abaissement du plan d'eau), puis en 1999, 2000, 2002, 2005, 2009 et 2013-2014. Le secteur d'étude s'est allongé progressivement vers l'aval, jusqu'à 50 km de l'ancien barrage en 2014. Pour chaque campagne, les suivis ont caractérisé la dynamique hydro-sé-

Figure 22. Évolution sédimentaire un an après l'arasement du barrage de Maisons-Rouges (Auteur : N Richard, Université. de Tours).



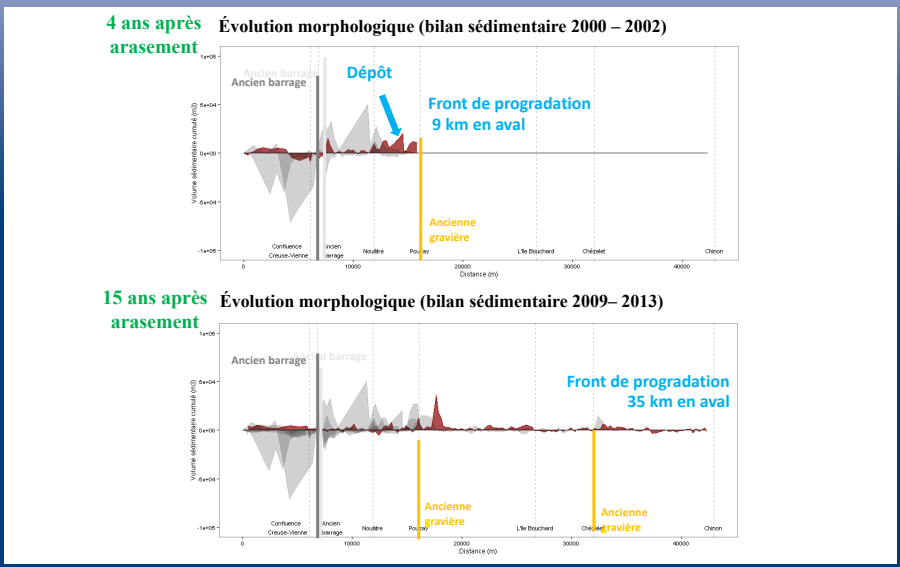
dimentaire, par des mesures bathymétriques et granulométriques complétées par un suivi aérien. Les évolutions de la macrofaune benthique et de la végétation rivulaire ont également été étudiées sur différentes stations et transects (sections transversales) en amont et en aval de l'ancien barrage. Cet effort de suivi, exceptionnel par sa durée, livre un ensemble de connaissances scientifiques précieuses, présentées lors du colloque (N. Richard, Univ. de Tours).

Les bilans sédimentaires réalisés au droit de chaque section permettent en particulier de caractériser dans le temps la progression vers l'aval du dépôt sédimentaire. Un an après dérasement, le front de dépôt se situe à 1,3 km en aval de l'ancien barrage, une forte érosion est observée en amont (Figure 22).

Un an plus tard, cette érosion régressive s'est décalée vers l'amont, tandis que le front de dépôt se situe à 5,2 km. Dans les années suivantes, il poursuit sa descente vers l'aval : il est à 9 km après quatre ans ; 17,5 km après sept ans ; 25,5 km après onze ans ; 35 km après 15 ans (Figure 23).

Cette approche met en évidence une vitesse moyenne de progression des sédiments de 2,5 km par an. Lors du passage des sédiments, puis lors de

Figure 23. Évolution sédimentaire quatre ans après le dérasement du barrage de Maisons-Rouges, et quinze ans après (Auteur : N Richard, Université. de Tours).



leur érosion, l'étude a observé de fortes perturbations des habitats du lit mineur de la Vienne à l'aval du barrage, notamment le colmatage de nombreux radiers par les sédiments fins ainsi que des impacts notables sur leurs populations d'invertébrés (perte de richesse spécifique et d'équilibre des communautés, avant un retour à l'état initial après déstockage des sédiments). Mais le système apparaît désormais stabilisé et les changements morphologiques s'avèrent finalement limités. La présence de plusieurs anciennes gravières d'extraction sur le cours aval de la rivière, dans lesquelles s'est accumulée une grande partie des sédiments, a joué un rôle majeur dans cette évolution.

D'autres résultats ont également été détaillés, sur la diversification des habitats du lit mineur dans l'ancienne retenue et l'évolution induite sur les peuplements de macroinvertébrés : augmentation de la richesse spécifique, de la densité globale et de l'abondance des taxons les plus sensibles (éphéméroptères et trichoptères). L'étude a aussi documenté la très rapide colonisation végétale des berges et bancs alluviaux mis à nu dans l'ancienne retenue, par la strate herbacée puis par les strates arbustives et arborescentes. Enfin, elle a observé une recolonisation rapide de l'amont du bassin par les poissons migrateurs (voir section suivante). À l'arrivée, les effets de cette opération d'effacement emblématique et pionnière en France s'avèrent, avec désormais quinze années de recul, très positifs sur l'ensemble des compartiments suivis.

Du particulier au général : quelques constats aux États-Unis

En matière d'effacement de barrages, chaque projet est différent : les réponses sédimentaires à l'effacement dépendent du type de barrage et du type de cours d'eau, de la quantité de sédiments contenue dans la retenue, des choix techniques opérés pour la vidange, du contexte géologique, de l'hydrologie… Ainsi les éléments évoqués ci-dessus dans le cas de la Vienne ne sont pas généralisables : ils livrent des enseignements pour les opérations à venir dans des configurations comparables.

Pour se doter de connaissances transposables et d'outils prédictifs en restauration écologique, une perspective essentielle réside donc dans la multiplication des cas d'étude, appréhendés au travers une grille d'analyse commune. À ce titre, le retour d'expérience transversal du Service des Forêts des États-Unis, présenté lors du colloque (G. Grant, USDA Forest Service), a offert un éclairage intéressant. Aux États-Unis, où la suppression de barrages est une tendance croissante depuis le milieu des années 1990, la très grande majorité des projets concerne de petits ouvrages : entre 2006 et 2016, ce sont ainsi 614 ouvrages de moins de 10 m de haut qui ont été démantelés, contre seulement 23 ouvrages de plus de 10 m. La distribution des barrages et des opérations de démantèlement (Figure 24) révèle en outre une géographie très disparate d'un État à l'autre.

Image de qualité moyenne

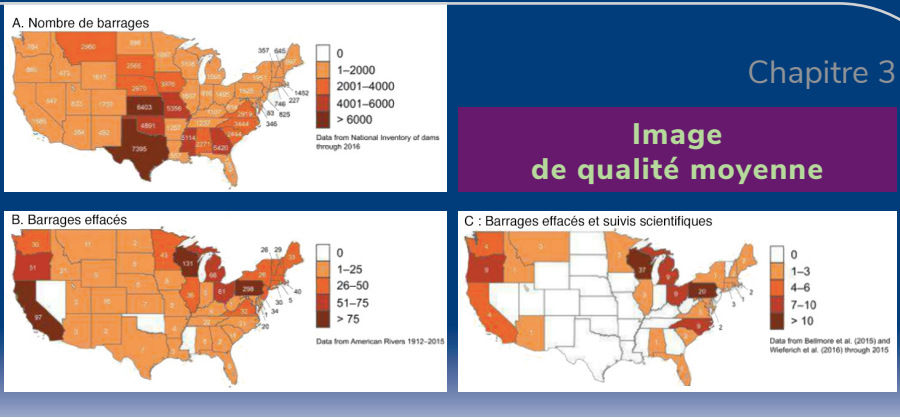


Figure 24. Nombre de barrages, d'opérations d'effacement et d'études scientifiques associées par État aux États-Unis (d'après Foley et *al*., 2017).

La répartition des effacements d'ouvrages semble d'ailleurs largement superposable à celle du vote démocrate, ce qui souligne l'importance prépondérante du contexte politique pour l'engagement de ce type de projet.

En matière de dynamique sédimentaire, l'expérience du Service des Forêts confirme d'abord la taille du barrage comme un critère déterminant pour les réponses à l'effacement. La suppression des petits ouvrages (moins de 15 m), formant une retenue de taille modeste, peut généralement être menée sans gestion sédimentaire particulière (opération type *blow and go*), avec des effets limités sur le cours d'eau en aval. En revanche pour les grands ouvrages contenant une quantité importante de sédiments, un démantèlement progressif assorti d'une gestion par étapes du stock sédimentaire apparaît indispensable pour limiter le transfert en aval (Figure 25). De manière géné-

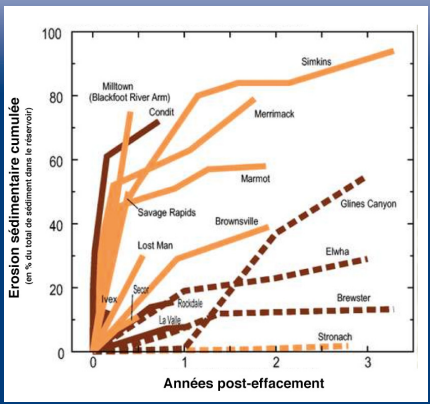


Figure 25. Évolution temporelle de la part de sédiments exportée (en % du volume total de sédiments contenus dans la retenue) après l'effacement du barrage, pour quelques cas documentés aux Etats-Unis.

- Trait orange : retenues contenant essentiellement des sédiments grossiers.
- Trait marron : retenues contenant au moins 30 % de sédiments fins.
- Trait pointillé : gestion de l'effacement par étapes.

(Source : Foley et *al*. 2017).

rale, les effets sur l'hydromorphologie du cours d'eau en aval dépendent du volume de sédiments contenus dans la retenue, de leur granulométrie, mais aussi de la puissance du cours d'eau.

Au-delà de ces quelques enseignements généraux, l'exposé a souligné l'importance d'une stratégie d'études et de suivi scientifique coordonnée pour documenter plus avant les réponses hydro-sédimentaires des cours d'eau. Le Service des Forêts recommande ainsi de baser la politique scientifique sur quelques opérations d'effacement judicieusement sélectionnées, en choisissant des questions de recherche intéressant à la fois les problématiques locales et la compréhension générale, et appuyées sur des partenariats solides entre organismes scientifiques, pouvoirs publics et ONG.

3.2 – Poissons migrateurs : quelle(s) recolonisation(s) ?

Dans quelle mesure et dans quels délais les populations de poissons migrateurs regagnent-elles les bassins versants historiquement favorables, une fois supprimé l'obstacle qui leur en interdisait l'accès ? Alors que le retour des espèces migratrices amphihaline, souvent menacées et protégées, est l'une des raisons principales de la majorité des opérations de suppression de barrages en Europe et aux États-Unis, cette question est évidemment cruciale pour les soutiens des projets comme pour leurs opposants.
Là encore chaque cas est unique, et seule l'observation permet de valider les espoirs de recolonisation ouverts par la chute des barrages, sur la Sélune ou ailleurs. Cependant l'expérience accumulée au fil des projets passés renforce l'hypothèse optimiste d'une reconquête rapide. Les suivis de populations présentés lors du colloque, pour différentes espèces et différents bassins, montrent que le retour des espèces attendues est généralement rapide et durable. L'exposé du Service des forêts des États-Unis (G. Grant, USDA) donnait l'exemple de la rivière Elwha, dans l'État de Washington : libérée en 2012 de deux barrages à la faveur d'un projet emblématique de restauration écologique, celle-ci a vu dans la même année les premiers saumons Coho et les premières truites Steelhead remonter dans l'amont du bassin. L'année suivante une troisième espèce, le saumon Chinook, était également de retour ; les suivis annuels réalisés par la suite suggèrent que cette dynamique est pérenne, avec des effectifs de reproducteurs en croissance régulière (Figure 26).

Dans l'État du Maine, sur la côte Est, un autre exemple éclairant est fourni par le cas de la Penobscot River. Ce fleuve long de 563 kilomètres, potentiellement le plus productif des États-Unis pour le saumon atlantique, lui était

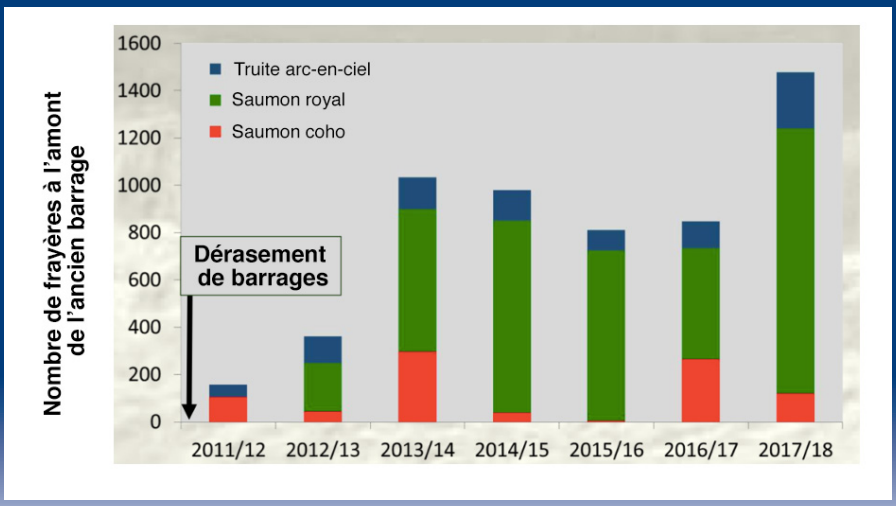


Figure 26. Effectifs de salmonidés migrateurs remontant la rivière Elwha (Washington) après le rétablissement de sa continuité écologique. (Auteur : G. Grant, USDA Forest Service).

rendu inaccessible par une série d'ouvrages interdisant depuis le XIXe siècle l'accès à 96 % des habitats du bassin. Un important programme de restauration de la continuité écologique, mené entre 2012 et 2016 sous l'impulsion de l'ONG *The Nature Conservancy*, a permis la suppression de deux barrages situés à l'entrée du bassin, ainsi que l'équipement de plusieurs autres ouvrages par des dispositifs de franchissement. Le succès de cette opération a dépassé les attentes de ses promoteurs (J. Royte, *The Nature Conservancy*). Dès les premières années, le bassin a été recolonisé par le saumon atlantique ainsi que par plusieurs autres espèces migratrices : truites, aloses, lamproies marines, anguilles. Il a en particulier vu le retour dans des proportions inattendues du gaspareau, ou faux-hareng : cette petite espèce amphihaline remonte aujourd'hui le fleuve par millions (2,86 millions estimés en 2019), générant pour l'ensemble du bassin une véritable manne écologique mais aussi économique (voir section suivante).

Sur la Vienne, l'Orne ou la Hem, des réponses nettes et positives

En France, les retours d'expériences (AFB 2018) disponibles confirment cette tendance à un retour rapide des poissons migrateurs. Ainsi pour le cas du barrage de Maisons-Rouges évoqué dans la section précédente, les suivis menés par le Conseil supérieur de la pêche (devenu depuis l'OFB) et l'association Lograml font état d'une recolonisation des frayères à aloses en amont

de l'ancien barrage : dès 1999, soit l'année suivant l'effacement, celles-ci étaient de retour sur l'ensemble du linéaire rendu accessible (11 km sur la Creuse et 24 km sur la Vienne). L'opération a également permis le retour des lamproies marines, dont le bassin de la Vienne attire aujourd'hui 80 % des reproductrices du bassin de la Loire, ainsi que la remontée de quelques saumons sur la rivière Gartempe.

Dans un contexte plus proche de celui de la Sélune, des résultats probants ont également été obtenus sur l'Orne. Ce fleuve côtier, le plus important de Normandie, a connu pendant plus de 600 ans un aménagement très important : au début du XIXe siècle, il ne comptait pas moins de 45 moulins et pêcheries, soit un ouvrage tous les un à deux kilomètres. Dans les années 1980, avec la ruine des ouvrages abandonnés et le développement de l'hydro-électricité, son taux d'étagement (cumul de hauteur des chutes artificielles rapportée à la dénivelée du profil en long du cours d'eau) était encore de 75 %. L'Orne a ensuite fait l'objet de plusieurs programmes de restauration écologique, initiés par les premiers plans d'action « saumon » et « salmonidés migrateurs » (1979-1986) du ministère chargé de l'environnement. Entre 1986 et 2007, 23 passes à poissons ont notamment été installées sur le bassin versant ; des ouvrages inutilisés ont été déconstruits. La dynamique s'est accentuée au cours de la dernière décennie avec la mise en œuvre du Parce (plan national d'actions pour la restauration de la continuité écologique) et du règlement européen pour la sauvegarde de l'anguille, qui a permis de nouvelles opérations de déconstruction et de renaturation, et une réduction significative du taux d'étagement du fleuve.

Cette reconquête volontariste, dont la chronologie et les modalités techniques et financières ont été détaillées lors du colloque (O. Fauriel, OFB ; S. Le Villain, Agence de l'eau Seine Normandie), s'est traduite par le retour du saumon atlantique dans l'Orne et ses affluents. L'espèce, qui avait pratiquement disparu du bassin depuis les années 1930, connaît depuis les années 1990 une croissance très significative de ses effectifs contrôlés (Figure 27). Les remontées en 2016, avec près de 900 adultes, puis les densités de jeunes sur les nurseries en 2017, ont atteint pour la première fois un niveau voisin du seuil de conservation durable.

Un dernier exemple probant a été fourni avec l'expérience menée sur le linéaire de la Hem. Ce cours d'eau nordiste de 28 km (60 km avec les affluents), abritant de nombreuses zones de frayères potentielles pour les salmonidés migrateurs, était entravé par 179 obstacles en 2013, dont 12 ouvrages classés en liste 2 (c'est-à-dire à « traiter » au titre de la restauration de la continuité écologique, voir section 1.4). Entre 2014 et 2019, il a fait l'objet d'une série d'actions de restauration dont les modalités pratiques et les difficultés de terrain ont été retracées lors du colloque (M. Georgeon, Fédération du Pas-de-Calais pour la pêche et la protection

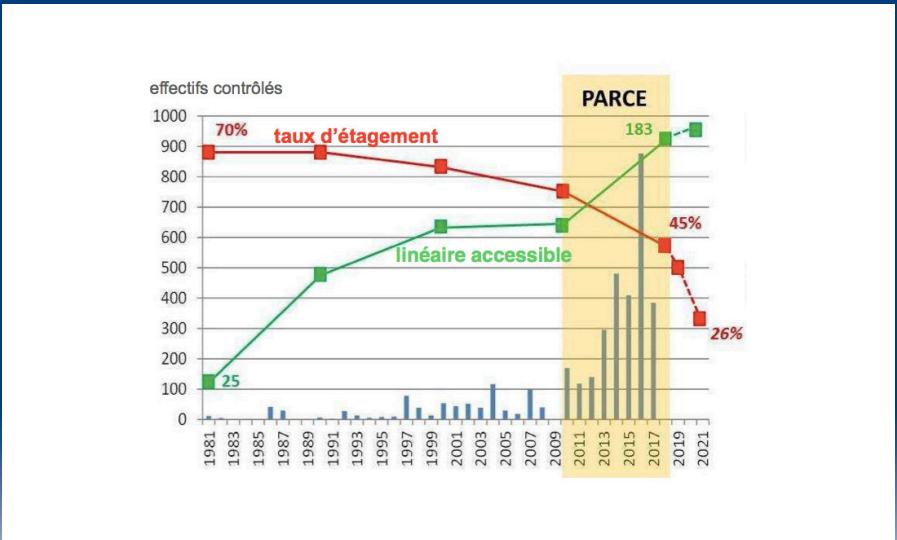


Figure 27. Évolution croisée du taux d'étagement, du linéaire accessible et des effectifs de saumons atlantiques sur le bassin de l'Orne, soulignant notamment l'effet de la mise en place du plan national d'actions pour la restauration de la continuité écologique Parce (Auteurs : Letellier et Le Villain, Agence de l'eau Seine Normandie).

du milieu aquatique). La destruction par une crue, à l'hiver 2013-2019, du moulin de Guémy (seul ouvrage à usage économique du bassin, dont les propriétaires étaient jusque-là opposés à l'effacement), a permis son effacement à l'été 2014 : celui-ci a alors fait office de vitrine locale pour la restauration du cours d'eau, lançant une dynamique partenariale autour du syndicat de rivière. Entre 2014 et 2017, une quarantaine de petits ouvrages ont pu être supprimés ; des travaux de mise en défense des berges ont été menés avec le soutien de l'Agence de l'eau Artois-Picardie. Certains cas se sont révélés difficiles : l'effacement du moulin de Bleu a été mené malgré l'opposition du maire local ; les ouvrages de Zouafques et de la pisciculture du Hamel, d'intérêt patrimonial, ont donné lieu à des compromis avec les propriétaires (maintien des obstacles et création d'une rampe à enrochement)...

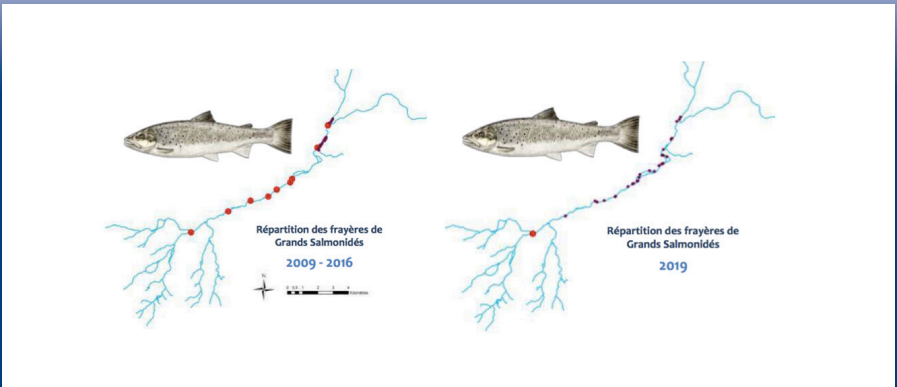
Au fil des projets, le linéaire de la Hem rendu accessible aux migrateurs s'est cependant étendu vers l'amont, permettant un suivi de la remontée des fronts de colonisation. Les résultats sont très positifs pour la répartition des frayères de lamproies fluviatiles et de salmonidés migrateurs (Figure 28) : alors que celles-ci étaient, pour la

période 2009-2016 (avant les travaux), en très forte densité à l'aval du premier ouvrage, avec une superposition des nids, elles sont désormais bien mieux réparties sur le linéaire, en particulier pour la lamproie fluviatile qui a exploité en 2019 l'ensemble du linéaire décloisonné. Les suivis ont ainsi dénombré pour cette dernière année 175 frayères de lamproies et 45 frayères de salmonidés, soit un triplement global de la reproduction de ces espèces sur la Hem depuis les travaux. Le bilan est en revanche décevant pour l'anguille, qui n'affiche à ce stade aucune réponse notable au rétablissement de la continuité.

3.3 – Des bénéfices écologiques aux bénéfices socio-économiques

Les gains écologiques sont généralement les premières raisons invoquées, avec la sécurité dans le cas d'ouvrages vétustes, pour justifier la suppression de barrages ou de seuils et la restauration de la continuité des cours d'eau : ces bénéfices sont aujourd'hui bien documentés, à l'image des éléments présentés dans les pages précédentes. À l'inverse, les oppositions aux projets se fondent souvent sur des arguments socio-économiques (voir notamment la section 2.6 pour le cas de la Sélune) : la disparition des barrages et des retenues entraînerait une perte d'attractivité et d'activité pour le territoire, au seul bénéfice de quelques poissons migrateurs… À rebours de ces concep-

Figure 28. Répartition des frayères de salmonidés migrateurs (points violets) sur le linéaire de la Hem, en lien avec la suppression des obstacles (points rouges). (Source : FDAAPPMA 62).



tions, diverses expériences permettent aujourd'hui de relier le rétablissement de la continuité écologique d'un cours d'eau, donc de son fonctionnement hydro-sédimentaire et de sa biodiversité naturelle, avec le rétablissement des « services écosystémiques » qu'il procure à la société : qualité de l'eau, ressources alimentaires, protection contre les crues, services culturels.

Le cas de la Penobscot River, évoqué dans la section précédente, en fournit un excellent exemple. Rendu accessible en 2016 par la suppression ou la modification de plusieurs ouvrages, cet important fleuve du Maine, sur la côte atlantique des États-Unis, a enregistré une réponse biologique spectaculaire, avec le retour des espèces migratrices et en particulier du gaspareau, qui forme désormais des cohortes de milliers d'individus dans le fleuve. L'exposé (J. Royte, *The Nature Conservancy*) a montré comment cet apport alimentaire considérable bénéficie à l'ensemble de l'écosystème fluvial (développement des poissons d'eau douce autochtones et des oiseaux d'eau, régression des espèces invasives) mais aussi côtier et marin, avec par exemple un accroissement des populations de cabillauds ou de flétans, et même la présence croissante de cétacés. Par ricochet, cette évolution est également très profitable pour la population locale. L'explosion du stock de gaspareaux, passé de 12 700 individus estimés en 2013 à 2,86 millions estimés en 2019, a occasionné le décollage d'une filière de pêcherie qui a généré en 2018 un chiffre d'affaires de 640 000 €. L'un des principaux débouchés de cette activité est la confection d'appâts pour la pêche du homard, industrie majeure pour l'État du Maine, laquelle bénéficie à son tour d'une croissance économique qui se chiffre en millions d'euros. En parallèle, la pêche sportive se développe sur le fleuve ; les secteurs du tourisme (notamment gastronomique) et de l'hôtellerie profitent de la nouvelle attractivité du bassin. Le bénéfice de la suppression des barrages s'étend jusqu'au domaine de la santé, la population locale bénéficiant d'une meilleure qualité de l'eau et d'une alimentation relocalisée et plus saine. L'effort de restauration de la continuité écologique de la Penobscot se poursuit désormais sur l'amont du bassin, avec un ambitieux programme d'effacement ou d'adaptation de centaines de seuils et buses inutiles.

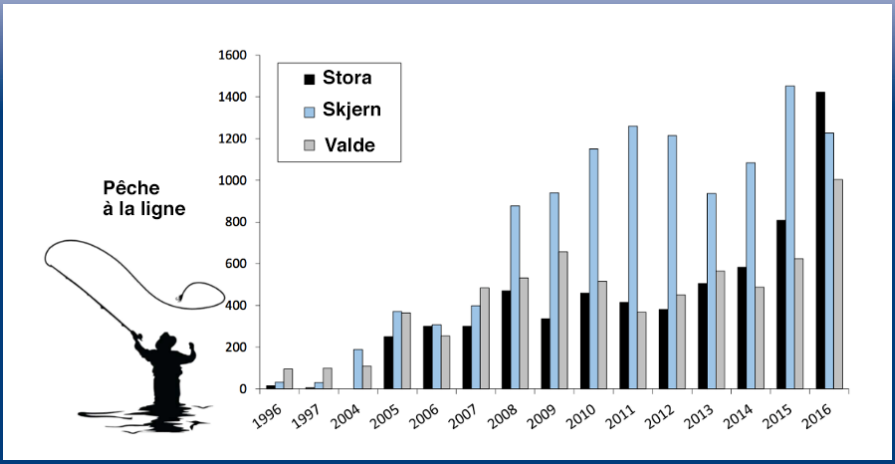
En Europe, un autre cas éclairant est fourni, chiffres à l'appui, par le retour d'expérience du programme de restauration mené à l'échelle du Danemark (K. Bernie-Gauvin, *Technical Institute of Denmark*). Dans ce pays au faible relief (171 m d'altitude maximale), les rivières ont longtemps pâti d'une fragmentation généralisée du fait de la présence d'innombrables petits seuils et écluses, occasionnant une perte très importante d'habitats pour les espèces migratrices, salmonidés en tête. Une profonde prise de conscience s'est opérée au cours des dernières décennies : alors que le dernier obstacle a été bâti en 1973, plus de 10 000 ont été supprimés depuis. Cette politique vo-

lontariste de restauration des habitats d'eau courante au niveau national s'est doublée, à partir du milieu des années 1980, d'un effort soutenu de réintroduction du saumon atlantique, qui avait pratiquement disparu des eaux douces du Royaume.

Pour la seule rivière Skjern, fleuve côtier tributaire de la mer du Nord, ce sont par exemple 52,7 millions d'euros qui ont été investis pour supprimer 41 obstacles… et restaurer une centaine de sites de reproduction pour le saumon. Les effectifs du grand migrateur connaissent depuis vingt ans une croissance importante : quelques centaines de reproducteurs dénombrés sur la Skjern en 1993, un millier en 1999, et aujourd'hui plus de 6 000. Là encore, les bénéfices écologiques se doublent de bénéfices économiques substantiels, qui couvrent largement les investissements engagés. Le moteur de cette spirale vertueuse est bien sûr la pêche sportive (et strictement réglementée) du saumon, en forte croissance sur la plupart des cours d'eau du pays (Figure 29).

Chacune de ces captures génère un revenu économique, qu'une étude menée auprès des pêcheurs a permis d'estimer. Entre l'achat du permis de pêche et de l'équipement, le transport, la nourriture et l'hébergement, les pêcheurs sportifs dépenseraient au total plus de 1 700 euros, dont 940 directement injectés dans l'économie locale, pour avoir le bonheur de tromper un saumon sur la Skjern, et bien sûr de le relâcher. À l'échelle du seul bassin de la Skjern, cette industrie touristique représente-

Figure 29. Évolution du nombre de saumons capturés à la ligne sur les rivières Stora, Skjern et Valde, au Danemark (Auteur : K. Bernie-Gauvin, *Technical Institute of Denmark*).



rait ainsi un apport de l'ordre d'un million d'euros annuel pour la population locale, et ce chiffre est appelé à croître encore avec l'accroissement attendu du stock de migrateurs. Et ces calculs très pragmatiques n'intègrent pas le bénéfice, inestimable, de retrouver des cours d'eau fonctionnels, libres et vivants !

3.4 – Financement et conduite des projets : du national au local

Si l'adhésion du tissu socio-économique local est un critère important pour la mise en œuvre des projets d'effacement de barrages ou de seuils, les projections telles que celles évoquées dans la section précédente sont bien sûr des arguments à faire valoir. Cependant le bon déroulement de telles opérations, *a fortiori* lorsqu'il s'agit d'ouvrages importants, apparaît d'abord conditionné à un portage politique adapté. Les différents retours d'expériences présentés lors du colloque ont illustré la pertinence d'articuler, dans cette optique, différentes échelles de gouvernance : alors que l'engagement des autorités nationales ou régionales apporte souvent un cadre financier et technique, il doit se doubler d'une action menée localement, avec le relais de partenaires perçus comme légitimes, pour partager les enjeux du projet avec les acteurs du territoire, comprendre et résoudre les éventuels blocages. Ces modes d'action diffèrent selon les contextes institutionnels et culturels de chaque pays, mais les méthodes utilisées avec succès dans une région du monde sont autant de sources d'inspiration pour améliorer la conduite des projets sous d'autres latitudes.

En Finlande, la population et l'État à l'unisson pour la « reconquête des rivières »

L'expérience finlandaise, exposée lors du colloque (Hanna Ollikainen, *South Karelian Foundation for Recreation Areas*) constitue à ce titre un cas exemplaire de mobilisation conjointe de l'opinion publique et du pouvoir politique, en faveur de la continuité écologique des cours d'eau. Cette « sensibilité nationale » à la protection des espèces migratrices n'est pas récente : elle s'est manifestée dès les années 1970 et 1980 par des mouvements massifs de citoyens opposés à l'artificialisation des dernières rivières non équipées du pays, avec pour premier résultat majeur l'adoption en 1987 d'une « Loi spéciale pour la protection des rivières libres et des rapides sauvages ». Interdisant toute construction de barrage sur 53 rivières (ou bras de rivières), celle-ci a été strictement observée depuis lors. Après ce moratoire, les espèces migratrices restaient cependant très impactées par les nombreux ouvrages existants dans le pays : plus de 4 000 barrages dont 221 usines hydroélectriques actives,

et quelques 20 000 buses pas ou peu franchissables. La reconquête a véritablement démarré sous l'impulsion des deux derniers gouvernements. Dans les années 2010, la conservation des espèces de poissons menacées a été identifiée comme une priorité nationale. Les poissonniers et les chaînes de restaurants ont exclu de la vente toutes les espèces menacées (dont l'anguille et le saumon). En 2016, toute pêche des espèces en danger d'extinction a été interdite ; en 2019 toutes les espèces menacées se sont vues associées à une « valeur de conservation », donnant lieu à des compensations dissuasives en cas d'impacts. En parallèle, d'importants moyens ont été engagés pour la suppression de barrages ou leur adaptation. Ces évolutions bénéficient d'un soutien croissant et massif de la population : un sondage mené en 2019 montre que 71 % des Finlandais (contre 62 % en 2018) valident la proposition d'effacer tous les barrages « insignifiants pour la production d'électricité » afin de soutenir les populations de poissons migrateurs.

Le mouvement est lancé, et se poursuit pour les années qui viennent avec de nouveaux programmes d'effacement d'ouvrages. Parmi ceux-ci, le plus important est sans conteste celui de la rivière Hiitolanjoki. Cet important tributaire du lac Ladoga, plus grande étendue d'eau douce d'Europe (située de l'autre côté de la frontière Russe), comporte sur son cours aval trois grands barrages qui le rendent inaccessible aux migrateurs, parmi lesquels le remarquable « saumon lacustre » (une population endémique de saumon atlantique, confinée aux eaux douces du lac Ladoga, Figure 30). La décision de supprimer ces trois ouvrages a été ac-

Figure 30. Le saumon du lac Ladoga *(Salmo salar m. sebago)* remontera bientôt le bassin de la rivière Hiitolanjoki. Pour en savoir plus : https://hiitolanjoki.fi/en/

tée à l'été 2019. Les chantiers sont programmés respectivement pour 2021, 2022 et 2023 ; les opérations seront financées conjointement par l'État, les collectivités, des fondations et des donateurs privés.

De l'Écosse aux États-Unis, l'art de convaincre localement

Si une large majorité des Finlandais est aujourd'hui ralliée à la cause des rivières sauvages, ce cas idéal est encore loin d'être une généralité. Dans de nombreux autres pays, la mise en œuvre des projets est conditionnée par l'obtention d'un consensus local, et se heurte régulièrement à la réticence de propriétaires opposés au démantèlement de leur barrage ou de leur moulin. Pour les autorités en charge du rétablissement de la continuité écologique des cours d'eau, il faut alors faire preuve d'ingéniosité et de persévérance pour obtenir des résultats. C'est le cas par exemple, en Écosse, du *Water Environnement Fund* : fondée en 2012, cette agence gouvernementale dispose aujourd'hui d'une équipe permanente de neuf personnes et d'un budget de 4 M€ pour rendre franchissables les barrages, seuils et buses des rivières du pays. Son activité, présentée lors du colloque (F. Hayes, WEF), consiste pour une part importante à tenter de convaincre par la science, au cas par cas, de la pertinence écologique et économique des opérations de restauration. Elle fait face aux blocages liés à la valeur patrimoniale des ouvrages anciens, ainsi qu'à l'hostilité de propriétaires, surtout les plus âgés, pour lesquels le barrage est d'abord perçu comme une protection contre les inondations. Dans ce contexte difficile, les véritables suppressions d'ouvrages restent rares et la solution réside souvent dans des compromis, comme l'installation de passes à poissons ou des adaptations des ouvrages.

Dans l'État du Massachusetts, la *Division of Ecological Restoration* (DER) poursuit les mêmes objectifs, mais avec une stratégie sensiblement différente. Pour convaincre les propriétaires (municipalités, entreprises, particuliers…) de supprimer leurs barrages inutiles, plutôt que de les réparer, cette agence d'État a développé un argumentaire économique original. Basée sur l'étude de différents projets menés à bien dans le passé, comparant les coûts du démantèlement à ceux des inspections, de la maintenance et des réparations des ouvrages sur 30 ans, son analyse montre que les économies associées au démantèlement sont de l'ordre de 60 %. Un autre argument parlant est celui de l'emploi : l'analyse économique menée avec un cabinet de consultants estime que l'effacement d'ouvrages permet de créer ou de maintenir en moyenne 12,5 emplois par million de dollars dépensé : chaque million de dollars investi dans les opérations d'effacement, générerait ainsi 1,75 M$ pour l'économie, soit un ratio comparable à celui de la construction routière. Ces considérations, en complément de l'effort de pédagogie quant aux bénéfices écologiques de la restauration des cours d'eau, s'avèrent

efficaces pour obtenir l'accord des propriétaires, mais aussi pour convaincre les partenaires financiers (publics ou privés) qui restent indispensables au montage des projets. Dotée d'une équipe permanente de 20 personnes et d'un budget annuel de seulement 1,5 M$, la DER a ainsi « levé » plus de 85 M$ au cours des dix dernières années, et réussi le démantèlement d'une cinquantaine de barrages.

De manière générale, la gouvernance des projets de démantèlement de barrages aux États-Unis repose sur une logique différente de celle qui préside en France. Sans l'appui d'une législation stricte liée à la continuité écologique et face à l'éclatement des sources de financement, la concrétisation d'un projet nécessite un travail de collaboration important entre une grande diversité de partenaires et l'implication d'acteurs locaux à même de porter les projets. Sans nier l'existence de conflits autour de certains projets de démantèlement outre-Atlantique, ce fonctionnement favorise une meilleure prise en compte des multiples enjeux (patrimoniaux, sociaux, territoriaux,...) liés à ce type de projets.

En France, financements publics et relais territoriaux

Dans le cas français, où le rétablissement de la continuité écologique des cours d'eau bénéficie d'une assise réglementaire solide (voir section 1.4), la conduite des projets sur le terrain nécessite aussi, dans de nombreux cas, de l'ingéniosité et de la persévérance. Le cas de la Sélune est ici atypique, de par la dimension exceptionnelle du projet et l'implication directe de l'État dans les décisions (au prix d'une situation conflictuelle, voir section 2.6). La majorité des « petits » projets se fonde à la fois sur l'application de la réglementation, l'apport de financements publics, le débat local à travers les instances comme les Commissions locales de l'eau des SAGE (Schémas d'aménagement et de gestion de l'eau), et in fine la recherche de solutions pragmatiques.

Les agences de l'eau, spécificité nationale, jouent un rôle-clé dans le financement et le pilotage des projets, à l'image des cas présentés lors du colloque (voir notamment la section 3.2) : l'important programme de restauration mené depuis 2010 sur l'Orne a par exemple été financé à 100 % par les aides de l'Agence de l'eau Seine-Normandie ; dans le cas de la Hem, les opérations ont été rendues possible par le soutien de l'Agence de l'eau Artois-Picardie. Pour se traduire en réalisations concrètes, cette impulsion économique est relayée par un ensemble de partenaires locaux, tels que les services départementaux de l'OFB qui apportent leur appui technique, les techniciens de rivière ou les fédérations de pêche. Ces acteurs de terrain sont les véritables artisans de la restauration écologique des rivières, pour la conduite des opérations, mais aussi pour les négociations préalables avec les collectivités riveraines ou les propriétaires des ouvrages – producteur d'électricité, particulier défendant son moulin ou agriculteur redoutant les inondations.

L'obtention d'un consensus reste la norme, et la pédagogie un enjeu majeur. C'est notamment à cet effet que l'OFB anime depuis plusieurs années le Réseau de sites de démonstration : un panel de projets « vitrines » de la restauration en cours d'eau, menés dans des contextes institutionnels et écologiques très divers, et dont l'évolution fait l'objet d'un suivi scientifique harmonisé afin de démontrer la pertinence écologique de ces opérations… et leur intérêt pour la collectivité et les acteurs locaux.

Éclairage

En Corée du Sud, une mobilisation massive pour sauver les « Quatre rivières »

L'expérience vécue par les Sud-coréens au cours de la dernière décennie, avec le projet dit des « Quatre rivières », constitue un exemple extrême de désastre écologique directement causé par l'artificialisation des cours d'eau à l'échelle d'un pays tout entier. Imposé en 2009 par le chef de l'État Lee Myung-bak, il a vu la construction, en quatre années, d'un ensemble de 16 grands barrages (Figure 31) sur le cours des quatre principaux fleuves de Corée du Sud : Nak-dong, Han, Geum et Yeong-san, dont les bassins versants totalisent plus de 60 % de la superficie du pays. D'un coût total de deux milliards de dollars, ce programme titanesque, emblème de la « croissance verte », s'est rapidement révélé dévastateur pour les milieux aquatiques : les retenues ont vu une prolifération généralisée d'algues vertes, la mort de millions de poissons, et *in fine* la destruction de toute la biodiversité fluviale, dans des écosystèmes désormais dominés par les vers anaérobies… L'intervention lors du colloque de la militante Jenny Shin (KFEM, Fédération coréenne pour le mouvement environnemental) a retracé la mobilisation citoyenne exceptionnelle qui s'est élevée dans le pays pour refuser cette politique. Fondé dès 2009, alors que la construction des barrages venait de commencer, le Comité d'opposition citoyenne au projet des « Quatre rivières » a réuni 450 organisations civiles, quatre partis d'opposition et les représentants de quatre religions. L'année suivante, un moine bouddhiste s'immolait pour protester contre le projet ; des activistes de KFEM occupaient pendant plus d'un mois l'un des sites de construction ; la conférence des évêques s'engageait dans la contestation…

…/…

.../...

Le mouvement s'est encore amplifié dans les années suivantes, après la construction des ouvrages et face à l'évidence du désastre. Il a cependant fallu attendre 2017 pour voir le nouveau président Moon Jae-in engager la libération des rivières. La réouverture permanente des 16 barrages a été actée, et un audit a été ordonné sur l'ensemble du projet. La gestion de l'eau a été transférée du ministère des Transports et des infrastructures à celui de l'Environnement. Un vaste programme de restauration a été lancé, prévoyant la suppression partielle ou complète des ouvrages sur les rivières Geum et Yeongsan, et des opérations de restauration pour l'instant plus limitées sur les rivières Nakdong et Han. Après de longues années de lutte difficile, la mobilisation des Sud-coréens a fini par payer : les concentrations d'algues décroissent dans les rivières libérées, et les espèces menacées de poissons (Gobiobotia) ou d'oiseaux (Charadrius) retrouvent peu à peu des habitats vivables. En septembre 2018, le gouvernement a annoncé qu'il n'y aurait plus de nouveau barrage construit dans le pays.

Figure 31. Le projet des « Quatre rivières » : 16 grands barrages construits sur les quatre principaux fleuves de Corée du Sud, un désastre écologique et 10 années d'une contestation citoyenne massive.

3.5 – Après les barrages, écrire l'avenir des territoires

La construction d'un barrage, surtout de grandes dimensions, est toujours un traumatisme pour le territoire où elle a lieu. Les pages qui précèdent ont montré comment la création d'une retenue altère profondément la dynamique sédimentaire du cours d'eau, ses équilibres physico-chimiques, ses habitats, sa biodiversité et jusqu'aux paysages fluviaux. Ce traumatisme écologique se double d'un traumatisme humain et social : pâturages, cultures et parfois villages engloutis ; pêcheries condamnées, par exemple par la disparition des poissons migrateurs… Mais le temps fait son œuvre. Lorsque le barrage est en eau depuis des décennies, façonnant le territoire, les représentations et les usages locaux, c'est la perspective de sa destruction qui peut à son tour apparaître comme une menace pour la population, dont plusieurs générations se sont parfois succédé sur ses berges. Le cas de la Sélune, développé dans la partie II de cet ouvrage, en est l'illustration : exemplaire par son ambition écologique et par le programme de recherche associé, l'effacement engagé des barrages de Vezins et de la Roche-qui-Boit demeure un objet d'inquiétude et de rejet pour une partie des habitants de la vallée ; le conflit qui en a résulté est une véritable source de regrets pour les promoteurs du projet. Les causes en sont connues (voir section 1.6) : au cours d'un processus politique tortueux, les acteurs locaux ont été insuffisamment écoutés et ne se sont pas appropriés le projet ; ses finalités écologiques ont sans doute été insuffisamment expliquées. En vallée de la Sélune, tout l'enjeu est désormais de parvenir à surmonter ces tensions pour bâtir collectivement l'avenir de la vallée. Dans cette perspective, un événement symbolique s'est produit lors de la dernière journée du colloque, consacrée à des visites de terrain. Alors que le collectif des Amis du barrage accueillait les participants scientifiques, ainsi que les écologistes favorables à l'effacement, pour une confrontation annoncée, la rencontre s'est finalement déroulée dans l'écoute et le respect. Réunis un long moment, sur le belvédère qui surplombe la Sélune et les ruines du barrage de Vezins, les « pros » et les « antis » ont exprimé leurs positions et leurs visions respectives sur cette histoire complexe, dans ce qui a peut-être constitué un pas symbolique vers l'apaisement.

Pour penser les opérations à venir d'effacement de barrage, au-delà des questions scientifiques et techniques, il faudra aussi tirer de l'expérience acquise sur les berges de la Sélune tous les enseignements de ce vécu humain difficile. La transition du territoire vers une nouvelle identité partagée est un enjeu majeur de ce type d'opération. Elle doit être appréhendée bien en amont du projet, en organisant une véritable concertation locale pour ex-

pliquer clairement les finalités écologiques et les modalités du projet, mais aussi pour faire émerger, à l'écoute des différentes parties prenantes, les contours d'un avenir souhaitable pour tous. Si le territoire perd un lac, il gagne une rivière libre et vivante : de nombreux éléments exposés lors du colloque ont montré que cette évolution apporte avec elle des bénéfices écologiques, mais aussi économiques (voir section 3.3). Elle comporte, enfin, une dimension culturelle qui constitue le troisième pilier de la mutation du territoire. Dans le cas de la Sélune, comme pour d'autres rivières françaises à l'avenir, une de ses composantes sera le retour de la « culture du saumon », dont l'intervention de Jean Allardi (Association internationale de défense du saumon Atlantique) a montré qu'elle dépasse l'enjeu touristique et la noble tradition de la pêche à la mouche, pour induire dans la population un rapport nouveau à la rivière et à ses alentours, plus conscient de ses cycles naturels et des animaux qui la peuplent. Cette évolution a par exemple été pleinement réussie dans la vallée du Léguer, fleuve breton de 28 km qui a connu en 1996 l'effacement du barrage de Kernansquillec. Ce projet pionnier avait alors fait l'objet, comme celui de la Sélune, d'une forte opposition notamment des agriculteurs qui utilisaient l'eau de la retenue pour l'irrigation. Grâce à l'implication forte de la Chambre d'agriculture, les acteurs du territoire ont su s'asseoir à la même table pour envisager l'avenir en commun. La mutation de ce territoire est racontée par le film « Rivière Léguer, histoire d'une reconquête » (2018), dont des extraits ont été commentés lors du colloque (J-Y. Le Corre, S. Jouon, Lannion Trégor Communauté). Ces images montrent comment, en deux décennies, le pari a été gagné. Les saumons sont revenus sur le Léguer, un parcours de pêche no-kill permet même aux plus chanceux de les capturer. Des chemins de randonnée parcourent ses rives et des exploitants bio travaillent les parcelles de la vallée. Labellisé « rivière sauvage » en 2017, le fleuve réunit chaque été les habitants du territoire autour de la Fête du Léguer, entre concours sportifs, découverte naturaliste, spectacles et Fest Noz. Aujourd'hui sur les berges du Léguer, demain sur celles de la Sélune et ailleurs : les idées sont comme les poissons, elles circulent mieux lorsque la rivière coule librement.

Conclusion

Pendant des siècles, et plus encore après la révolution industrielle, le développement des sociétés humaines s'est accompagné de l'aménagement des rivières et des fleuves : pour protéger les cités, stocker l'eau et l'utiliser à des fins variées, convertir sa force en énergie mécanique ou électrique, nous avons édifié des barrages et des seuils, asservissant dans certains cas les débits et transformant les paysages aquatiques et rivulaires dans un très grand nombre de bassins versants, sur tous les continents. Mais quelque chose est en train de changer dans notre relation à la rivière et à ses usages. La contestation du « tout-barrage », d'abord cantonnée à quelques collectifs militants pour des rivières « libres et sauvages », est alimentée depuis plusieurs décennies par des travaux scientifiques qui établissent les impacts négatifs des barrages et des cumuls de seuils sur la santé des rivières.

Les poissons migrateurs, inféodés à la libre circulation entre l'amont et l'aval, ne sont que les victimes les plus emblématiques de cette emprise, qui affecte l'écosystème dans toutes ses composantes : régimes hydrologique et thermique, flux sédimentaires, équilibres biochimiques, faune et flore, habitats et ripisylve, jusqu'à la biodiversité terrestre et à l'échelle paysagère. La nécessité de reconquérir et de préserver la continuité écologique des cours d'eau est désormais gravée dans les politiques publiques de nombreux pays, à l'image de l'Union européenne qui en fait l'un des grands objectifs de sa directive cadre sur l'eau et plus récemment de sa Biodiversité pour 2030[1]. Elle implique l'abandon des projets de nouveaux barrages et seuils, mais aussi, partout où c'est possible et pertinent, l'effacement total ou partiel d'ouvrages existants.

1. En 2030, les 27 devront avoir libéré 25.000 km de cours d'eau.

L'essor de ces opérations, d'autant plus lourdes et complexes que l'obstacle à effacer est important, ouvre d'importants besoins de connaissances et d'outils : pour prévoir les réponses physiques et biologiques potentielles du système, pour identifier les choix techniques susceptibles d'initier la meilleure trajectoire de restauration possible, mais aussi pour accompagner les transformations socio-économiques induites sur le territoire. Chaque rivière est unique, chaque ouvrage est différent : comme l'ensemble du champ de la restauration écologique, la science encore récente de l'effacement des structures hydrauliques se nourrit d'abord des retours d'expériences passées pour concevoir et mener les opérations futures. L'aventure humaine et scientifique engagée dans la vallée de la Sélune constituera, à ce titre, un apport sans précédent. Le démantèlement des barrages de Vezins et de la Roche-qui-Boit, plus importante opération d'effacement menée à ce jour en Europe, se double d'un programme de recherche au long cours qui analysera, pour la première fois en Europe, la restauration de la continuité d'un fleuve sur toute sa durée (avant, pendant et après) et sous tous ses angles : dynamique sédimentaire et chimique, communautés d'espèces et réseaux trophiques, ripisylves et paysages agricoles connexes, dimension sociale et territoriale. Alors que ce programme hors du commun livre ses premiers résultats, le colloque international organisé à Rennes, à Avranches et en vallée de la Sélune par ERN France, l'OFB et INRAE a proposé de mettre ces avancées en regard d'un large éventail d'expériences vécues ailleurs, lors de l'effacement de barrages dans des contextes très divers. De ce moment de rencontre et d'échanges entre des scientifiques, associatifs et acteurs de la continuité écologique venus du monde entier, émerge une moisson de connaissances, d'outils mais aussi de questions pour faire mûrir les réalisations de demain : une contribution inédite à la « boîte à outils » mondiale, que les pages qui précèdent ont cherché à restituer.

Il en ressort d'abord un message essentiel, motif d'optimisme pour l'avenir de nos cours d'eau : de la Vienne à la Penobscot, de la Skjern au Léguer, de l'Orne à l'Elwha, les suivis disponibles montrent que les poissons

migrateurs, et plus largement les équilibres fluviaux et la biodiversité aquatique, répondent rapidement et positivement à l'effacement des ouvrages. La nature est résiliente, et il est encore temps d'agir pour lui permettre de réamorcer ses flux vitaux entre l'amont et l'aval des bassins versants, entre les milieux d'eau douce et l'espace marin. Pour autant, il faut agir vite : de nombreuses espèces d'eau douce, et plus encore les poissons migrateurs, sont aujourd'hui menacées dans leur survie par la fragmentation des cours d'eau – d'autant plus préjudiciable à l'heure du changement global, qui fait des possibilités de déplacement une condition majeure de l'adaptation. Il faut agir vite, et il faut agir bien : les expériences exposées dans ces pages montrent comment le succès d'une opération d'effacement, surtout pour les grands ouvrages, dépend de décisions techniques qui doivent donner au système toutes les chances d'évoluer dans la meilleure direction possible : modalités de vidange des retenues et gestion sédimentaire, options de revégétalisation naturelle et génie écologique, suivis scientifiques éclairant la gestion dans la durée. Pour progresser dans cette voie, la meilleure carte des praticiens de l'effacement réside dans la multiplication des études de cas et dans le partage de leurs enseignements, pour faire émerger des éléments obtenus localement une expertise plus générale et prédictive. Comme toujours en matière de restauration écologique, les pratiques d'aujourd'hui se nourrissent des réussites et des échecs d'hier. Encore faut-il qu'ils aient été documentés, aussi finement que possible. En cela l'expérience de la Sélune en appelle d'autres : à défaut de pouvoir être reproduite partout, elle illustre toute l'importance de disposer d'un état des lieux initial solide, et d'un suivi dans la durée de toutes les composantes du système. Un petit nombre de programmes du même ordre, sur des opérations judicieusement choisies pour leur diversité de contextes, pourrait ainsi suffire à former un robuste socle de connaissances, de repères et d'arguments aux acteurs de l'effacement des barrages, dans le monde entier.

Outre leur volet technique, le succès des opérations d'effacement de barrages est également conditionné aux contextes

institutionnels, économiques et sociaux qui les sous-tendent. Là encore, les différentes contributions du colloque ont permis d'identifier quelques facteurs de réussite : la nécessaire articulation entre l'action régalienne, mettant en œuvre les politiques publiques, et son relais sur le terrain par des acteurs reconnus comme légitimes ; l'exigence de clarté et de pédagogie pour convaincre localement du bien-fondé des projets, et des opportunités qu'ils ouvrent pour les territoires de l'après-barrage. Car c'est in fine sur le terrain humain que se joue une part essentielle de l'effacement des ouvrages. Ces opérations, qui transforment en profondeur le paysage et ses usages, appellent un véritable accompagnement du tissu local vers une nouvelle identité de ces territoires. À défaut, la contestation et le blocage peuvent s'installer : cela s'est vérifié dans le cas de la Sélune, à l'issue d'un cheminement particulier dont les ressorts ont été analysés dans le cadre du programme scientifique. D'autres expériences, exposés lors du colloque, ont montré comment le compromis peut être obtenu, ou restauré, autour d'une mutation du territoire où chacun trouve sa place : par l'écoute et la co-construction d'un projet d'avenir, par l'explication des raisons écologiques de l'effacement mais aussi des bénéfices qu'il apporte. Des contributions ont explicité ou quantifié, lors du colloque, les retombées socio-économiques de la restauration de la continuité écologique : par le retour des services écosystémiques procurés par le fleuve (ressources alimentaires, qualité d'eau) par l'attractivité nouvelle du territoire, par le développement d'activités associées. D'autres ont montré combien, de la Finlande à la Corée, la prise de conscience citoyenne et la mobilisation de la société peuvent changer le cours des choses. À mesure que progresse dans les populations la conscience de la fragilité des cours d'eau, mais aussi de leur résilience une fois libérés, c'est un nouveau chapitre de notre relation à la rivière que nous ouvrons : face aux immenses défis du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité, les rivières « libres et sauvages » seront dans les décennies qui viennent les meilleures alliées de l'adaptation du monde vivant.

Quelques références sur le programme scientifique de la Sélune et au-delà

AFB, 2018. Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie. Restauration des cours d'eau : www.coursdeau.fr

Andrade V.S., Wiegand C., Pannard A., Gagneten A.M.; Pédrot M., Bouhnik-Le Coz M., Piscart C. (2020). How can interspecific interactions in freshwater benthic macroinvertebrates modify trace element availability from sediment? Chemosphere 254:125594 https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125594

Azam, D., Beaulaton, L., Marchand, F., and Marhin, P. 2015. L'Oir, territoire de sciences. 30 ans de recherche sur une petite rivière normande., Éditions INRA. 43 p. https://fr.calameo.com/read/00048421578303918c584

Barraud R., Germaine M.-A. (coord.), 2017, Démanteler les barrages pour restaurer les cours d'eau. Controverses et représentations », Quae

Bellmore, R. J., J. J. Duda, L. S. Craig, S. L. Greene, C. E. Torgersen, M. J. Collins, and K. Vittum (2017b), Status and trends of dam removal research in the United States, Wiley Interdisciplinary Rev. Water, 4(2), doi:10.1002/wat2.1164

Foley, M. M., et al. (2017), Dam removal: Listening in, Water Resour. Res., 53, 5229– 5246, doi:10.1002/2017WR020457

Fovet, O, Ndom, M, Crave, A, Pannard, A. Influence of dams on river water-quality signatures at event and seasonal scales: The Sélune River (France) case study. River Res Applic. 2020; 1– 12. https://doi.org/10.1002/rra.3618

Germaine M.-A., Lespez L. (2017) – The failure of the largest project to dismantle hydroelectric dams in Europe? (Sélune River, France, 2009-2017), Water Alternatives 10(3): 655-676

Germaine M.-A., Lespez L., 2014, Le démantèlement des barrages de la Sélune (Manche). Des réseaux d'acteurs au projet de territoire ?, Développement durable et territoires, vol. 5, n°3 | décembre 2014

Koed, A, Birnie-Gauvin, K, Sivebæk, F, Aarestrup, K. From endangered to sustainable: Multi-faceted management in rivers and coasts improves Atlantic salmon (Salmo salar) populations in Denmark. Fish Manag Ecol. 2019; 27: 64– 76. https://doi.org/10.1111/fme.12385

Laslier M., T. Corpetti, L. Hubert-Moy, S. Dufour (2019). Contribution of UAV to very high-resolution analysis of early stage colonization of alluvial deposits. Applied Vegetation Science, 22, 561-572.

Merg M-L, Dezerald O, Kreutzenberger K, Demski S, Reyjol Y, Usseglio-Polatera P, et al. (2020) Modeling diadromous fish loss from historical data: Identification of anthropogenic drivers and testing of mitigation scenarios. PLoS ONE 15(7): e0236575.

Morandi et al (2017). Restauration des cours d'eau en France : comment les définitions et les pratiques ont-elles évolué dans le temps et dans l'espace, quelles pistes d'action pour le futur ? 28 . AFB

Opperman, J. J., J. Royte, J. Banks, L. Rose Day and C. Apse. 2011. The Penobscot River, Maine, USA: a Basin-Scale Approach to Balancing Power Generation and Ecosystem Restoration. Ecology and Society 16 (3): 7

Ravot C., M. Laslier, L. Hubert-Moy, S. Dufour, D. Le Coeur & I. Bernez (2020). Apports d'une observation précoce de la végétation spontanée pionnière pour la renaturation des rives de la rivière Sélune. Sciences Eaux & Territoires, 62, 9 p.

Ravot C., M. Laslier, L. Hubert-Moy, S. Dufour, D. Le Coeur & I. Bernez (2019). Large dam removal and early spontaneous riparian vegetation recruitment on alluvium in a former reservoir: lessons learned from the pre-removal phase of the Sélune River project (France). River Research and Applications

Webographie

Colloque Sélune
https://www.ern.org/fr/colloque-international-selune/

Programme scientifique Sélune
https://programme-selune.com/fr/

Laboratoire de recherche en Ecologie et Santé des Ecosystèmes
https://www6.rennes.inrae.fr/ese/,

Pôle R&D de gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur environnement
https://professionnels.ofb.fr/fr/node/407

Centre de ressources sur les cours d'eau
www.coursdeau.fr

Atlas des obstacles à l'écoulement en Europe d'après AMBER
https://amber.international/european-barrier-atlas/

Crédits

Rédaction

Laurent Basilico, Jean Marc Roussel, Josée Peress, Corinne Ronot et Stéphane Fraisse

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des intervenants et participants pour leur contribution lors du colloque, ainsi que les contributeurs aux travaux présentés dans cette synthèse. Merci aussi aux membres du conseil scientifique du programme de recherche Sélune pour leur relecture et à tous ceux qui ont fourni gracieusement des photos et illustrations.

Édition

Béatrice Gentil-Salasc (OFB)

Création et mise en page graphique

Parimage

Citation

Basilico L., Roussel J.-M., Peress J., Ronot C. et Fraisse S. 2021. Quand les rivières reprennent leur cours - Notes sur l'effacement de barrages et de seuils, sur la Sélune et ailleurs. Office français de la biodiversité. Collection Rencontres-Synthèse. 76 pages.

La collection Rencontres synthèse, destinée à un public technique ou intéressé, présente les principaux résultats de séminaires organisés, ou co-organisés, par l'OFB.

Derniers numéros parus

Plan de sauvegarde de l'anguille. Quelles solutions pour optimiser la conception et la gestion des ouvrages (novembre 2012)

Mise en oeuvre de la directive cadre sur l'eau. Quand les services écosystémiques entrent en jeu (février 2013)

Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques (avril 2013)

Biodiversité aquatique : du diagnostic à la restauration (septembre 2013)

Les invasions d'écrevisses exotiques. Impacts écologiques et pistes pour la gestion (octobre 2013)

Comment améliorer le flux de la connaissance pour relever les défis de la DCE ? (mars 2014)

La contamination chimique des milieux aquatiques. Outils et méthodes pour le diagnostic et l'action (mars 2014)

La bioindication en outre-mer Situation et perspectives dans le contexte de la directive cadre sur l'eau (janvier 2016)

Récifs coralliens et herbiers des outre-mer. Réflexions autour du développement d'outils de bioindication pour la directive cadre sur l'eau (août 2016)

Quels instruments pour une gestion collective des prélèvements individuels en eau pour l'irrigation ? (août 2016)

L'ADN environnemental pour l'étude de la biodiversité. État de l'art et perspectives pour la gestion (janvier 2019)

La pollution plastique. De nouvelles connaissances et des pistes pour l'action publique (septembre 2020)

Quand les rivières reprennent leur cours Notes sur l'effacement de barrages et de seuils, sur la Sélune et ailleurs (février 2021)

https://professionnels.ofb.fr/ fr/rencontres-synthese

Gratuit
Dépôt légal à parution
ISBN web : 978-2-38170-090-8
ISBN print : 978-2-38170-091-5
Impression : Estimprim
Imprimé en France sur du papier issu de sources responsables
© OFB, février 2021

ofb.gouv.fr
@OFBiodiversite

Office français de la biodiversité

12 Cours Lumière, 94300 Vincennes
Tél. : 01 45 14 36 00

Photo couverture : © Neil Grant ERN