



Continuité hydroécologique des cours d'eau : quels rôles et impacts des barrages de navigation ?

Navigués depuis des millénaires, les cours d'eau du bassin de la Seine ont grandement participé au commerce et au développement des villes de la région. Mais si la navigation a toujours permis le transport de personnes et de marchandises dans l'histoire, elle a vu son activité décupler depuis 150 ans, modifiant de manière considérable le fonctionnement des grands axes fluviaux. Multipliant les ouvrages de navigation tels que les barrages et les écluses, la société humaine a parfois abruptement fragmenté la continuité hydroécologique de certains cours d'eau afin d'optimiser le transport fluvial, au détriment des écosystèmes.

Depuis les dernières décennies cependant, de nombreux aménagements ont été effectués sur les ouvrages, nouveaux comme anciens, afin de rétablir une partie de cette continuité physique, physicochimique et biologique. Les recherches menées sur le transit sédimentaire, l'oxygénation des eaux ou encore les populations piscicoles ont permis et permettent encore aujourd'hui de mieux comprendre le fonctionnement du bassin et de mieux concentrer les efforts selon les enjeux. La construction de passes à poissons, la préservation de débits de surverses ou l'ouverture régulière de certains ouvrages sont autant de mécanismes participant à l'amélioration de l'état des cours d'eau.

Aujourd'hui, de nouveaux enjeux s'ouvrent pour ces ouvrages face au changement climatique et à la nécessaire transition écologique de la société. En effet, les usages des barrages de navigation sont appelés à se multiplier à l'avenir, par exemple pour la production électrique, dépassant de loin le seul cadre de la gestion des flux de bateaux. Ces ouvrages joueront vraisemblablement un rôle pivot dans la gestion du fleuve de demain, que les scientifiques du PIREN-Seine travaillent à prospecter.



La phase 8 du PIREN-Seine

Depuis le 1^{er} janvier 2020, le PIREN-Seine est entré dans sa phase 8, qui s'achèvera le 31 décembre 2023. Sa phase 9 débutera en janvier 2025. Pour répondre aux enjeux environnementaux du bassin de la Seine, le programme s'est organisé en 6 axes de travail, qui ont chacun pour objectif de répondre aux attentes des acteurs de la gestion de l'eau face aux défis du changement climatique, de la transition écologique de la société et de l'avenir de la ressource. La question de la continuité hydroécologique occupe une place centrale, aussi bien dans la sphère des gestionnaires de l'eau et de l'environnement que dans la communauté scientifique. Depuis de nombreuses années, le PIREN-Seine étudie les différents effets de l'aménagement de la Seine et des petits cours d'eau en mêlant campagnes de terrain et modélisations.

Certains travaux du PIREN-Seine s'inscrivent dans une dynamique plus large : la Zone Atelier Seine qui a pour objectif de favoriser la cohérence des travaux de recherche sur le continuum Homme-Terre-Mer du bassin de la Seine. C'est le cas ici de quelques résultats issus du projet CONSACRE : CONTinuité écologique de la Seine et intérêt des ACTeurs pour sa Restauration, porté par le GIP Seine-Aval, et financé par l'AESN, les régions Normandie et Île-de-France dans le cadre du Contrat de Plan Interrégional (CPIER) Vallée de la Seine. CONSACRE a analysé, entre 2018 et 2022, la continuité écologique piscicole dans les territoires du continuum depuis l'amont de l'agglomération parisienne jusqu'à l'estuaire de la Seine. Des pistes d'actions concernant les possibilités d'aménagements pour la préservation et la restauration des milieux naturels ont ainsi été avancées en s'attachant également à améliorer l'implication de différents publics.

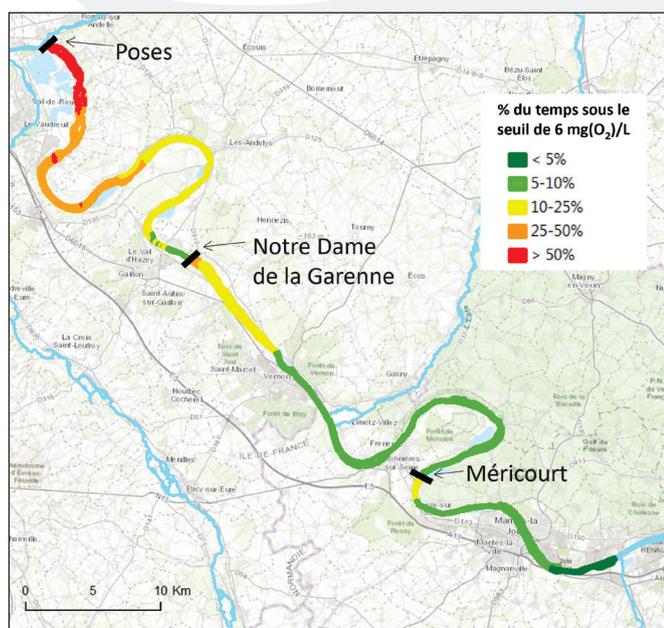


De la continuité physico-chimique...

Les barrages assurent le maintien d'une hauteur d'eau constante toute l'année, permettant non seulement la navigation sur le fleuve, mais aussi d'autres usages comme la prise d'eau potable ou les prélèvements industriels comme agricoles. Sur le bassin de la Seine, 57 barrages de navigation assurent aux cours d'eau un linéaire navigable de plus de 800 km, auxquels viennent s'ajouter 600 km de canaux. Depuis ses débuts, le PIREN-Seine étudie les impacts de ces ouvrages, principalement sous trois angles : le transit sédimentaire, l'oxygénation des eaux et l'entrave aux migrations piscicoles.

Des effets encore mal quantifiés sur le transfert sédimentaire

En ce qui concerne la Seine navigable, des simulations de flux sédimentaires réalisées à l'aide du logiciel ProSe-PA lors de la phase 8 du PIREN-Seine ont permis d'affiner la compréhension des processus sur le transfert sédimentaire. Le premier résultat est qu'au-delà de l'accumulation normale des sédiments en amont du barrage, ce dépôt reste faible en période de basses eaux, notamment du fait de la navigation, principal moteur du maintien et de la remise en suspension des particules dans la colonne d'eau à cette période de l'année. Autre constat, le peu de dépôt accumulé est remis en suspension lors des crues car les barrages de navigation, disposant de bouchures, sont gérés de façon à être totalement effacés et transparents d'un point de vue hydraulique pour des débits forts. Ainsi, lors des périodes de crue, la continuité sédimentaire est assurée et la gestion des barrages permet l'évacuation de ces faibles stocks vers l'estuaire.



Réoxygénation de la Seine entre Les Mureaux et Poses en moyenne pendant le mois de mai 2011 (simulation ProSe-PA) (Merg et Le Pichon, 2022)

Néanmoins, la caractérisation plus fine de l'impact des seuils mobiles implantés sur les grands axes de navigation gagnerait à faire l'objet de travaux complémentaires. En effet, les caractéristiques physiques de la Seine, comme sa largeur et sa profondeur, et les activités humaines présentes compliquent son instrumentation. Ainsi la bibliographie actuelle concerne surtout les petits cours d'eau non navigables, pour lesquels le suivi des sédiments est plus simple à mettre en place.

L'effet des barrages sur l'oxygénation

Si le barrage représente un obstacle relatif non continu pour la continuité sédimentaire, il a une action plus contrastée sur l'un des paramètres fondamentaux de l'état d'un cours d'eau : son oxygénation. L'oxygène présent dans une masse d'eau est en effet un indicateur de sa qualité et constitue un élément essentiel à la vie de très nombreuses espèces aquatiques, à commencer par les poissons. Or, la présence de barrages influence fortement l'évolution de ce paramètre. Ainsi, en amont d'un ouvrage l'oxygénation du fleuve diminue sur plusieurs kilomètres du fait de la création d'une retenue d'eau. À l'inverse, en aval, elle augmente en raison du mécanisme de réaération de l'eau en surverse. Cette quantité d'eau débordant du barrage et chutant en aval contribue ponctuellement à la réoxygénation de la Seine, particulièrement dans les secteurs où la vitesse de l'écoulement est faible, en période d'étiage ainsi que dans les secteurs soumis à d'importants rejets de matière organique. Selon les estimations des scientifiques, les barrages situés en aval de Paris apporteraient ainsi un supplément net d'oxygène au fleuve sur une dizaine de kilomètres en aval de l'ouvrage.

Au PIREN-Seine, le suivi de cet indicateur revêt d'un caractère primordial, et c'est grâce au logiciel de modélisation ProSe-PA qu'il est simulé. Capable de prendre en compte de très nombreux paramètres influençant l'oxygénation d'un cours d'eau, tels que la description de la gestion des ouvrages, la température, la matière organique ou encore la navigation, ProSe-PA est régulièrement mobilisé pour évaluer l'impact d'un ouvrage sur le continuum Seine entre Paris et Poses. Dans un contexte de réchauffement climatique, la préservation du débit de surverse peut contribuer à compenser la diminution des valeurs d'oxygène et l'augmentation de la température de l'eau. Ces paramètres sont en effet essentiels pour la biodiversité du fleuve, et en premier lieu les populations piscicoles du bassin.

Notons que la contamination de la Seine, maximale dans les années 1970, avait contribué à la diminution drastique du taux d'oxygène en Seine. La situation présentée sur la figure ci-jointe est celle d'une Seine en meilleur état, même si le taux d'oxygène y est encore souvent insuffisant lors de la période de migration des poissons en mai.

... à la continuité piscicole

La combinaison de l'implantation des barrages éclusés (dès les années 1850 à Amfreville et Port-Mort) et de la diminution du taux d'oxygène en Seine a conduit à la disparition des poissons migrateurs, dont l'emblématique saumon dès la fin du XIX^e siècle, rendant caduque l'intérêt des échelles à poissons installées sur les premiers barrages dans les années 1870. L'amélioration de la qualité de l'eau dans les années 1990 et le retour des poissons migrateurs ont conduit à réinstaller des dispositifs de franchissement des barrages sous le nom de passes à poissons, aidant ainsi à la recolonisation partielle des cours d'eau par les espèces migratrices.

De l'obstacle chimique à l'obstacle physique

La fragmentation de l'écosystème induite par un barrage de navigation a de nombreuses conséquences sur les espèces migratrices qui peuplent le bassin. La remontée des cours d'eau représente un coût énergétique important pour les poissons, qui se heurtent souvent à des seuils limites de tolérance physico-chimiques. Pour les salmonidés, des niveaux d'oxygénation trop faibles, en dessous de 6mg(O₂)/L diminuent leurs capacités de nage et de franchissement, entraînant des renoncements à la migration. Or, si les barrages ont un effet positif sur l'oxygénation en aval du continuum, ils peuvent également participer à faire baisser l'oxygénation du fleuve en amont de l'obstacle.

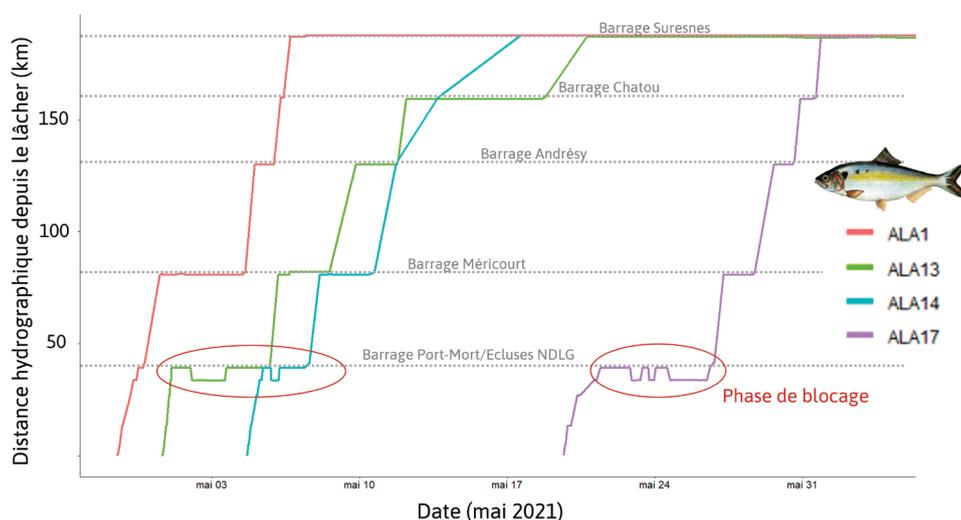
Un autre paramètre qui modifie sensiblement le comportement des poissons migrateurs est l'hydrodynamie du fleuve. Ceux-ci sont en effet naturellement attirés, lors de leur migration, vers les zones de fort courant, puisqu'ils indiquent la direction de l'amont. Les barrages en surverse ont donc tendance à désorienter les poissons, qui bien qu'attirés par le fort courant provoqué par la chute d'eau, ne peuvent franchir un tel obstacle. C'est la raison pour laquelle les passes à poissons, qui équipent dorénavant une partie des barrages du bassin, doivent être conçues et gérées avec soin et précision : trop proches de la zone de surverse, elles demeureront « invisibles » pour les poissons, perturbés par les remous provoqués par le barrage. Ces passes doivent ainsi intégrer la force du courant pour permettre aux poissons d'en trouver l'entrée, sans que ces derniers ne passent des jours, voire des

semaines à errer en aval des barrages. C'est l'objet du débit d'attrait qui équipe chaque passe à poissons.

L'enjeu des passes à poissons

Répondant à de nombreux enjeux de rétablissement de la continuité hydroécologique, les passes à poissons représentent bien plus que de simples canaux de dérivation. A chaque espèce de migrateur correspond un aménagement bien particulier. Echelles à salmonidés ou rampes à anguilles, chaque espèce doit pouvoir trouver un passage pour contourner l'obstacle infranchissable que constitue le barrage. Equipées pour certaines de caméras permettant de compter les individus, ces passes fournissent des informations capitales pour évaluer la recolonisation d'un fleuve comme la Seine.

Quels que soient les aménagements et les systèmes de gestion de ces ouvrages, les recherches menées sur le bassin, notamment dans le cadre du projet CONSACRE¹, confirment la nécessité d'équiper tous les barrages de ces passes et d'en assurer une bonne gestion pour garantir leur efficacité. Sur l'aspect de la recolonisation, les derniers résultats des scientifiques sont en effet sans appel. Ils ont équipé des poissons migrateurs d'émetteurs acoustiques afin de les suivre par télémétrie grâce à des bouées équipées de récepteurs disposées le long du continuum. Seules les aloses ont pu rejoindre Suresnes, en passant par les écluses (cf. figure), un comportement connu de cette espèce. S'agissant des lamproies marines, sur les 43 individus marqués à Poses, 12 sont arrivées au second barrage, Notre-Dame de La Garenne sans le franchir. Pour les barbeaux fluviaux, sur les 23 individus marqués, 18 sont arrivés au second barrage, Notre-Dame de La Garenne et 2 l'ont franchi, 1 a franchi Méricourt le 3^e barrage et aucun les autres ouvrages. Ainsi, pour les migrateurs, seule l'espèce passant par les écluses a pu remonter la Seine ; les autres ont été bloquées du fait de la non-fonctionnalité des passes. Cela pose alors la question de faire fonctionner les écluses « à vide » pour les aloses, mais surtout de la fonctionnalité effective et de la gestion des passes à poisson. C'est aussi le regard posé sur le barrage de navigation qui doit évoluer avec les nouveaux enjeux de la gestion de l'eau sous climat changeant.



Temps de parcours des aloses ayant atteint le barrage de Suresnes depuis l'amont de Poses en passant par les écluses (Le Pichon et al. 2022)

¹ <https://www.seine-aval.fr/projet/consacre/>

Quels barrages pour demain ?

Les barrages de navigation permettent de nombreux usages associés au maintien d'une hauteur d'eau artificielle constante. Pour les scientifiques du PIREN-Seine, ces ouvrages sont donc amenés à évoluer encore, du fait des multiples rôles que ceux-ci vont jouer dans la gestion d'un bassin de la Seine soumis aux contraintes du changement climatique, de la transition énergétique, et des objectifs de préservation des milieux aquatiques.

Des outils de sensibilisation essentiels

Hier simples aménagements permettant d'assurer le passage des bateaux, les barrages de navigation sont devenus au fil du temps de véritables observatoires scientifiques du fleuve. Entre les indicateurs hydrologiques essentiels et l'installation de caméras pour suivre les passes à poissons, ces ouvrages peuvent devenir, avec la volonté nécessaire, de véritables stations de suivi du milieu. De nombreux équipements pourraient venir s'ajouter à cette panoplie, tels que des capteurs et sonotones pour évaluer le passage de la charge sédimentaire ou des points de prélèvements pour des campagnes ponctuelles ou régulières. En plus de renforcer la recherche scientifique et les liens science-gestion sur le bassin, de tels observatoires pourraient servir d'outils de sensibilisation aux enjeux de gestion et de préservation

du fleuve pour le grand public. Véritables fenêtres sur les enjeux écologiques liés aux milieux aquatiques, les barrages de navigation peuvent incarner le lieu emblématique de la cohabitation entre le fleuve, son écosystème et ses usages socio-économiques. Usages qui sont d'ailleurs appelés à se multiplier à l'avenir.

Une valorisation territoriale à forts enjeux

La nécessaire transition écologique de notre société implique de revoir notre modèle énergétique. C'est notamment dans cette démarche que s'inscrivent les projets d'équipement de microcentrales de la plupart des barrages de navigation du bassin. Mais au-delà de ce nouvel usage énergétique du barrage, c'est toute une réflexion qui s'engage aujourd'hui sur la place de ces ouvrages dans les territoires. Le regard sur les cours d'eau évolue depuis plusieurs décennies, et la possibilité de la valorisation patrimoniale, voire touristique des axes fluviaux ouvre la question de l'intégration de ces aménagements dans des stratégies de gestion multi-acteurs. Sentiers pédagogiques, intégration paysagère de l'architecture, écotourisme, le barrage de demain sera peut-être bien un maillon essentiel d'un aménagement territorial repensé pour s'adapter aux évolutions du bassin.



Pour plus d'informations, rendez-vous sur www.piren-seine.fr

Contact : francois.mercier@arceau-idf.fr



Crédits photos : PIREN-Seine
Edition : ARCEAU-IdF 2023 - www.arceau-idf.fr
Création graphique : id bleue (Sablé) www.idbleue.com

ISSN : 2610-0916

Sources bibliographiques : https://www.piren-seine.fr/publications/fiches_4_pages/continuite_hydroecologique_barrages_navigation

Le **PIREN-Seine** est un programme de recherche interdisciplinaire dont l'objectif est de développer une vision d'ensemble du fonctionnement du bassin versant de la Seine et de la société humaine qui l'investit, pour permettre une meilleure gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau. Cette fiche est éditée par la *Cellule transfert* du PIREN-Seine, animée par l'association ARCEAU-IDF.

Les partenaires financiers et le porteur de CONSACRE



Les partenaires opérationnels de la phase 8 du PIREN-Seine



Les partenaires scientifiques de la phase 8 du PIREN-Seine

