



Recherches récentes en hydromorphologie : quelles perspectives de restauration pour les cours d'eau du bassin de la Seine ?

Les cours d'eau du bassin de la Seine sont des entités en constante évolution. Leur forme et leur fonctionnement sont déterminés par des facteurs biophysiques et sociaux opérant à différentes échelles de temps. Ainsi, leurs caractéristiques actuelles, inscrites dans un contexte géologique, sont héritées des variations climatiques passées et de l'anthropisation millénaire des bassins versants. L'aménagement des cours d'eau par les sociétés humaines a eu pour objectif de répondre à une diversité de besoins et d'usages tels que l'énergie, la navigation ou la protection contre les inondations. La Seine et ses affluents ont ainsi été profondément transformés, tant de manière directe qu'en réponse aux changements d'occupation des sols, qui ont modifié les transferts hydrosédimentaires à l'échelle du bassin.

Depuis la fin du XX^e siècle, l'évolution de la perception des cours d'eau et des politiques de gestion a conduit aux premiers projets de restauration. Institutionnalisée par la Directive Cadre sur l'Eau (2000), cette démarche vise notamment à rétablir la continuité écologique des rivières par la suppression d'ouvrages faisant obstacle aux flux d'eau, de sédiments et d'espèces aquatiques. L'hydromorphologie, synthèse du fonctionnement hydrologique et géomorphologique des cours d'eau, est ainsi l'un des critères d'évaluation de leur qualité écologique. Alors que les opérations de restauration se multiplient, la production de connaissances sur le fonctionnement passé et présent des rivières du bassin constitue un enjeu majeur pour définir des trajectoires d'amélioration possibles.

Au sein du PIREN-Seine, les recherches en géomorphologie fluviale se focalisent sur trois objets en particulier : (1) les grandes plaines alluviales comme celle de la Seine sur le territoire de la Bassée, (2) les affluents de taille moyenne en milieu rural et (3) les petites rivières (péri)urbaines, qui constituent l'essentiel du réseau hydrographique francilien. Des approches complémentaires sont déployées pour reconstituer les trajectoires de ces systèmes anthropisés : l'exploitation d'archives sédimentaires et historiques, l'utilisation de scories comme marqueurs du transport solide sur le temps long, le suivi des particules avec des transpondeurs passifs ou encore la cartographie diachronique. À terme, les résultats produits doivent permettre d'accompagner les gestionnaires dans la définition d'objectifs de restauration atteignables et durables.



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 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.

AXE 1 : Trajectoires du bassin, de ses tissus urbains et agricoles, et de ses territoires.

AXE 2 : Fonctionnement du bassin soumis à des extrêmes hydro-climatiques.

AXE 3 : Construction de la qualité des milieux aquatiques conciliant risques hydrologiques et biodiversité.

AXE 4 : Ambitions et enjeux pour la Métropole en 2024 et après.

AXE 5 : Dynamique des contaminants : de la compréhension des processus au métabolisme territorial.

AXE 6 : Transfert de connaissances et mise à disposition des données.



Une longue histoire d'anthropisation des cours d'eau

Les rivières du bassin de la Seine ont évolué en relation étroite avec les sociétés qui les ont investies. Les travaux des chercheurs soulignent l'ancienneté des modifications humaines, directes et indirectes, des cours d'eau. Aujourd'hui, les gestionnaires du bassin doivent composer avec des héritages qui rendent illusoire le retour à une situation non anthropisée. Ces contraintes posent la question du cadre de référence mobilisable dans les opérations de restauration. Elles incitent également à redéfinir les conditions d'un meilleur fonctionnement biophysique des cours d'eau.

Des cours d'eau transformés depuis des millénaires

Sur le temps long, la dynamique des cours d'eau a évolué en réponse aux fluctuations climatiques, impliquant des configurations hydromorphologiques très différentes de celles d'aujourd'hui. De nombreux paléo-chenaux témoignent ainsi de la dynamique passée de la Seine dans le secteur de la Bassée. Des chercheurs du PIREN-Seine ont analysé le remplissage sédimentaire de ces anciens bras pour reconstituer leurs phases d'activité, d'abandon et de comblement depuis le Néolithique (6000 à 2200 avant J.-C.). Les sondages suggèrent que le fleuve ne s'écoulait pas dans un chenal unique mais dans une multitude de bras actifs en même temps. Les données recueillies sur la « Vieille-Seine » à Vimpelles ont permis d'identifier deux phases d'atterrissement, au Néolithique

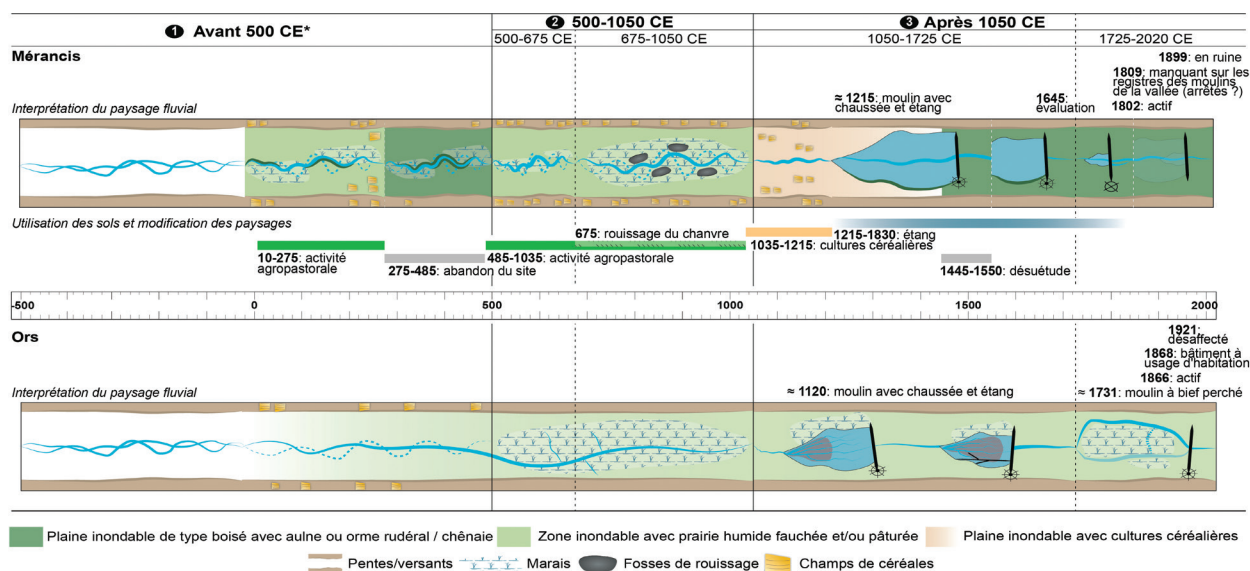
récent puis au cours de l'Antiquité tardive (de la fin du III^e au début du VI^e siècle), entre lesquelles le chenal fut temporairement réactivé. Cependant, les archives historiques suggèrent le maintien d'une connexion entre ce bras secondaire et le cours principal de la Seine, permettant la navigation jusqu'au XIV^e siècle. Ceci témoigne de l'intrication des facteurs biophysiques et sociaux dans le façonnement des paysages fluviaux.

Depuis le Néolithique et l'essor des pratiques agricoles et pastorales, l'anthropisation a peu à peu supplanté le climat comme facteur dominant de transformation des cours d'eau. La déforestation et la mise en culture des plateaux et des versants ont transféré d'importants volumes de sédiments fins vers les fonds de vallée, conduisant à l'exhaussement des plaines alluviales. Dans la vallée de la Mérentaise par exemple, ce processus d'aggradation s'est amplifié après l'âge du Bronze puis lors de la période gallo-romaine. À l'inverse, au cours du Haut Moyen-Âge, la fermeture du milieu consécutive au déclin des activités agropastorales a réduit les taux de sédimentation. L'évolution de la forme et du fonctionnement des cours d'eau est donc à mettre en lien avec les variations climatiques et les dynamiques sociales à l'échelle du bassin.

L'aménagement des rivières et des plaines d'inondation

Au Moyen-Âge, le développement de l'hydraulique marque un nouveau tournant dans la trajectoire des cours d'eau du bassin de la Seine. L'objet emblématique de cette période est le moulin, généralement associé à un seuil. Ces ouvrages servaient à de nombreuses activités : la meunerie et l'artisanat dans les vallées d'Île-de-France, la sidérurgie dans l'est du bassin. Après avoir atteint un taux d'aménagement maximal au milieu du XIX^e siècle, de nombreux moulins et les infrastructures associées (seuils, barrages, vannes, biefs, etc.) ont été abandonnés au cours du XX^e siècle, ils constituent aujourd'hui des « friches hydrauliques ».

Au cours des XIX^e et XX^e siècles, les travaux menés sur les grands cours d'eau supplantent la petite hydraulique. Une vision longitudinale de ces rivières s'impose avec le développement de la navigation. Sur la Seine, les interventions sont nombreuses et de grande ampleur : rescindements de méandres, suppression d'îles, élargissement du lit, etc. Les barrages se multiplient pour la navigation, l'atténuation des crues, la production d'électricité (notamment dans le Morvan) et d'eau potable. Ces transformations, communes aux fleuves anthropisés, s'accompagnent d'une occupation croissante des plaines d'inondation par l'industrie puis l'habitat, restreignant largement les capacités de débordement des cours d'eau.



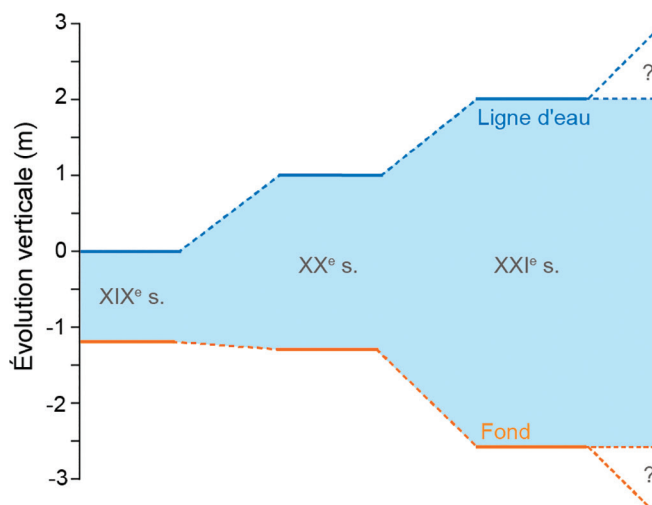
Des trajectoires hydromorphologiques variées

L'anthropisation des bassins versants et l'aménagement des rivières ont entraîné des ajustements hydromorphologiques plus ou moins conséquents. La dégradation des habitats aquatiques est l'un des effets les plus problématiques de ces transformations. Au-delà de ce constat général, caractériser précisément les impacts localisés des aménagements, en tenant compte du contexte biophysique et géohistorique dans lequel ils s'insèrent, est essentiel pour définir des objectifs d'amélioration de l'état des cours d'eau.

Des impacts différenciés, parfois irréversibles

Les obstacles en travers de grande taille peuvent perturber les écoulements liquides et solides. Ainsi le barrage de la Pierre-Glissotte, construit sur l'Yonne dans les années 1920, a largement interrompu le transit sédimentaire tout en étant quasi-transparent sur le plan hydrologique. Grâce aux images acquises par drone, une reconstitution en 3D de la retenue a permis d'estimer le volume de sédiments piégés à 24 000 m³. En conséquence, en aval immédiat de l'ouvrage, le lit de l'Yonne s'est incisé de 120 cm en moyenne par rapport à 1933. Pour les petits ouvrages, le constat est plus nuancé. Les études menées sur le Rognon, un affluent de la Marne, montrent que malgré une progression ralentie, une partie de la charge grossière parvient à franchir les seuils sur le temps long. L'analyse du déplacement des scories issues de l'activité métallurgique passée suggère une vitesse de progression de 1,3 à 2,7 km/siècle. Les effets morphologiques de ces obstacles sont encore mal compris, alors que leur impact sur la qualité de l'eau et la mobilité des poissons n'est plus à démontrer.

Le suivi des sédiments est plus complexe à mettre en œuvre sur les grands axes navigables. L'effet des aménagements sur la continuité écologique des grandes rivières est donc moins bien connu. En revanche, les chercheurs du PIREN-Seine ont caractérisé les évolutions hydromorphologiques de la Seine suite aux grands travaux amorcés au XIX^e siècle pour améliorer la navigation. Depuis 1760, entre la confluence de l'Yonne et Poses, 129 îles ont disparu par arasement, submersion ou rattachement à la berge, et 84 ont été fusionnées. La rectification et la chenalisation du fleuve ont affecté sa morphologie de manière irréversible. Dans la Bassée, la longueur du lit a diminué de 3,7 km et sa largeur de presque 20 m. Le lit s'est enfoncé de 1 à 2 m et la ligne d'eau a été relevée d'autant par les barrages éclusés. Les aménagements ont aussi fortement limité la migration latérale du fleuve, qui pouvait atteindre jusqu'à 2,5 m/an dans le secteur de Noyen-sur-Seine à la fin du XVIII^e siècle. Dans ce cas, l'ampleur des transformations du milieu questionne l'idée même de « restauration ».



Évolutions verticales moyennes du lit de la Seine entre Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne depuis le XIX^e siècle © modifié d'après Eschbach et Lestel (à paraître).

Le cas particulier des petites rivières urbaines

Les petits cours d'eau (péri)urbains ont longtemps été peu étudiés, car considérés trop dégradés. Dans le cadre du PIREN-Seine, le projet PARISTREAMs a pour objectif d'améliorer la connaissance et la gestion de ces rivières. La pression de Paris sur ces petits systèmes fluviaux se manifeste dès le Moyen-Âge, avec une dégradation précoce de la qualité de l'eau. Plus tard, l'urbanisation a modifié leurs caractéristiques hydromorphologiques. L'imperméabilisation des sols, les réseaux de drainage artificiels et la chenalisation des cours d'eau ont eu tendance à accroître les écoulements morphogènes, donc à favoriser l'incision et l'érosion latérale. Ces ajustements typiques ont été observés sur la Biberonne, la Mérentaise et le Morbras, lequel s'est incisé de 0,50 m et élargi de 1 m en moyenne depuis le milieu du XX^e siècle.

Cependant, les premières recherches ont aussi constaté que l'altération des rivières urbaines, certes généralisée, est loin d'être uniforme. Les relevés à haute fréquence effectués le long de trois petits cours d'eau révèlent une grande diversité morphologique et des réponses différenciées à la pression urbaine. De fait, il n'existe pas de relation linéaire entre le taux d'urbanisation et l'incision ou l'érosion : le gradient d'urbanité, à lui seul, ne permet pas d'expliquer les formes fluviales observées. En outre, il reste parfois difficile de distinguer l'impact de l'urbanisation d'autres altérations plus anciennes, liées aux aménagements hydrauliques ou de berges par exemple. Ainsi, il est important là aussi de promouvoir une restauration différenciée d'un cours d'eau à l'autre, et même le long d'une seule rivière.

Vers de nouvelles approches de la restauration des cours d'eau

L'empreinte très ancienne des sociétés sur les cours d'eau, d'une part, et la diversité des contextes, d'autre part, impliquent de repenser les principes de la restauration. Plutôt que de focaliser sur un état de référence, il s'agit de considérer la restauration comme une nouvelle étape de la longue histoire des rivières du bassin. La définition d'objectifs s'avère indispensable : quelles fonctionnalités souhaite-t-on rétablir ? Comment y parvenir en intégrant les contraintes hydro-géomorphologiques, socio-environnementales et les enjeux liés au changement climatique ?

Des flux aux stocks sédimentaires

L'action la plus emblématique de restauration des cours d'eau est l'arasement ou l'effacement des ouvrages en travers, surtout des seuils de petite dimension. Dans le bassin de la Seine, quelques ouvrages plus imposants ont été démantelés, comme le barrage de la Pierre-Glissotte en 2015. Or, l'évolution du lit après l'effacement d'un ouvrage reste mal connue. À court terme, le rétablissement du transit sédimentaire est remarquable. Cependant, la libération importante de matériaux fins peut augmenter la mortalité piscicole et les modifications apportées au chenal peuvent ne pas résister à la première crue. Le calibrage et le suivi précis des opérations de restauration restent donc essentiels.

Par ailleurs, au-delà du rétablissement des flux, se pose la question des stocks de sédiments caillouteux disponibles. En effet, les chercheurs constatent un déficit sédimentaire généralisé à l'échelle du bassin de la Seine, qui ne peut être directement mis en lien avec la présence d'obstacles en travers ou les prélèvements. Ce déficit peut aussi s'expliquer par une

dilapidation naturelle des stocks, dans un contexte climatique interglaciaire peu favorable à leur production. Les sédiments étant une composante majeure des habitats aquatiques, leur déficit pose problème notamment pour les populations piscicoles.

De nouveaux enjeux de restauration

La restauration de la continuité écologique ne passe pas seulement par l'effacement des obstacles en travers. Elle implique aussi de nouveaux aménagements, comme les passes à poissons dont l'importance s'avère cruciale le long des fleuves aménagés pour la navigation.

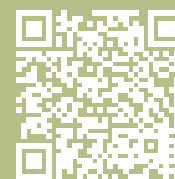
Par ailleurs, en plus de la continuité longitudinale, il est essentiel de considérer aussi la connectivité latérale entre le chenal, les berges et la plaine d'inondation. Des questions se posent notamment autour du stock de sédiments potentiellement remobilisables par les cours d'eau dans leurs plaines alluviales. Ce phénomène reste complexe à appréhender. Dans certains cas, l'érosion latérale est difficile, voire impossible à cause de l'urbanisation ou des matériaux très cohésifs qui constituent la plaine alluviale.

Une autre action importante à entreprendre est la réhabilitation des zones humides de fond de vallée. Bien que difficile à mettre en œuvre, ce type de restauration peut contribuer à atténuer le risque d'inondation (en recréant des zones d'expansion de crue) tout en bénéficiant à la biodiversité animale et végétale. En complément des approches plus classiques, ces projets sont une manière de répondre aux enjeux socio-environnementaux du XXI^e siècle.



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

Contact : mathilde.resch@arceau-idf.fr



Credits photos : François Mercier, Frédéric Gob
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/hydromorphologie_perspectives_de_restoration

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 opérationnels de la phase 8 du PIREN-Seine



Les partenaires scientifiques de la phase 8 du PIREN-Seine

