



**Zones
Ateliers**
SEINE

La continuité écologique de la Seine : une nécessité pour ses poissons, un atout pour ses habitants

PROJET CONSACRE : DIAGNOSTIC
DE L'IMPACT DES DISCONTINUITÉS
PHYSIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES
ET ÉVALUATION DES ATTENTES DE
LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

LES FASCICULES DE LA ZONE ATELIER SEINE





LES FASCICULES ZA SEINE

Rédaction :

Le Pichon Céline^[1], Marie-Line Merg^[1], Laurence Lestel^[2],
Cédric Fisson^[3], Marie-Anne Germaine^[4], Elise Temple-
Boyer^[4], Manuel Pruvost-Bouvattier^[5], Sébastien Grall^[6],
Nicolas Flipo^[7]

[1] INRAE, UR HYCAR, Université Paris-Saclay, [2] Sorbonne Université-Faculté
des sciences, CNRS, UMR METIS 7619, [3] GIP Seine-Aval, [4] Université Paris
Nanterre, Nanterre, CNRS, UMR 7218 LAVUE, [5] L'institut Paris Région, [6] Asso-
ciation Seine Normandie Migrateurs, [7] MINES Paris - PSL - GEOSCIENCES

Édition :

ARCEAU-IdF - 2024

Conception :

id bleue - Sablé (72)

Crédits photos :

Page de couverture, p. 29, p. 81 : GIP Seine-Aval
p. 6, p. 31, p. 39, p. 63, pp. 64/65, p. 83 : Céline Le Pichon
p. 10 : GéObs
p. 13, p. 39 : Mathieu Girondin
pp. 14/15 : SDIS 27
p. 16 : Phillipe LAFORGE
p. 16, p. 17, p. 18 : Laurence Lestel
p. 34, p. 36, p. 39 : Seinormigr
p. 24 : MuséoSeine
pp. 32/33 : Elise Temple Boyer
p. 35 : Armand Michelot, INRAE
p. 50, p. 66, p. 79 : FDAAPPMA27
p. 61 : Eric Croguennec, SMATAH
p. 73 : Marie-Anne Germaine 2019
p. 83 : INRAE

Dépôt légal :

ISBN 978-2-490463-14-5 (papier)
ISBN 978-2-490463-15-2 (numérique)

LES FASCICULES DE LA ZONE ATELIER SEINE

La continuité écologique de la Seine : une nécessité pour ses poissons, un atout pour ses habitants

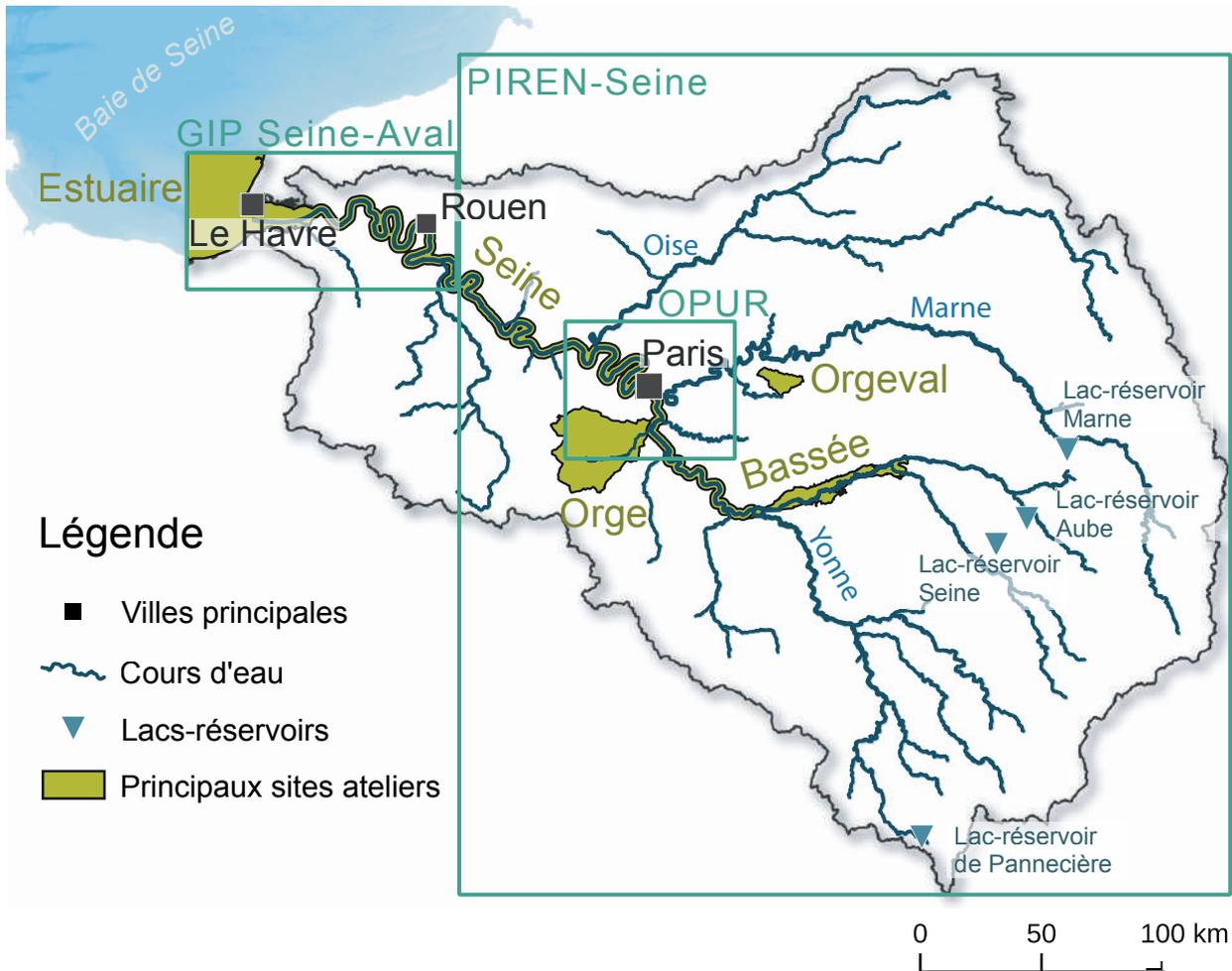
Ce fascicule a pour objectif de valoriser les résultats du projet de recherche CONSACRE : CONTinuité écologique de la Seine et intérêt des Acteurs pour sa Restauration. Il repositionne ces travaux dans une vision globale de la problématique de restauration des continuités écologiques piscicoles du bassin de la Seine.

Le projet CONSACRE s'inscrit dans le CPIER Vallée de Seine et est soutenu financièrement par l'AESN et les régions Île-de-France et Normandie.



*Pilotage du projet : GIP Seine-Aval
Coordination scientifique : Céline Le Pichon*

LA ZONE ATELIER SEINE



La Zone Atelier Seine est l'une des Zones Ateliers de l'Institut écologie et environnement (Inee) du CNRS. Son objectif général est de développer une vision d'ensemble du fonctionnement du socio-écosystème Seine, formé par le réseau hydrographique du bassin versant de la Seine, des têtes de bassin à la baie de Seine, et la société humaine qui l'investit.

La Zone Atelier Seine est composée de 3 programmes scientifiques distincts, porteurs d'enjeux complémentaires, et associés aux différents secteurs géographiques du bassin de la Seine :



Le **PIREN-Seine**, consacré à l'étude du bassin versant, de l'amont jusqu'à l'entrée de l'estuaire.



L'**observatoire OPUR**, qui se focalise spécifiquement sur le milieu urbain en Ile-de-France.



Le **GIP Seine-Aval**, qui étudie l'estuaire, la proche baie de Seine et la zone côtière.

Préambule

Le bassin de la Seine, qui couvre 12 % du territoire national, supporte le quart de la population française, un tiers de sa production agricole et industrielle, et plus de la moitié de son trafic fluvial.

L'héritage en termes d'aménagement fluvial et de pollution, la dynamique des politiques agricoles et d'urbanisation et les orientations stratégiques autour du développement de l'axe Seine de Paris à la mer constituent le cadre socio-économique de sa gestion environnementale. L'enjeu pour ce territoire est de concilier les ambitions de développement, les attentes des populations en termes de qualité de cadre de vie et d'usages de l'eau, la nécessité de relever les défis de l'adaptation au changement climatique tout en atteignant les objectifs réglementaires de qualité des milieux aquatiques.

Au sein de ce territoire, l'objectif des travaux de recherche menés dans le cadre de la Zone Atelier Seine (ZA Seine) est de développer une vision d'ensemble du fonctionnement de ce système formé par le réseau hydrographique, incluant l'estuaire, le bassin versant et l'organisation de la société humaine. L'ambition est aussi de proposer les clefs d'une gestion cohérente du système Seine par une analyse rétrospective et prospective de ses trajectoires socio-écologiques. Ces travaux s'appuient sur les trois programmes de recherche qui composent la ZA Seine : OPUR pour le milieu urbain en Île-de-France ; le PIREN-Seine pour le bassin versant et l'axe Seine ; le GIP Seine-Aval pour l'estuaire et la proche baie de Seine.

Parmi les travaux de recherche menés au sein de cette Zone Atelier, la restauration écologique du continuum hydroécologique du bassin constitue l'une

des thématiques fédératrices des trois programmes. Les scientifiques s'attachent à identifier des leviers sociologiques et écologiques qui permettraient d'améliorer la qualité et la fonctionnalité du réseau hydrographique avec pour finalité d'aider à construire un cadre partagé sur les priorités de restauration du bassin.

Le projet de recherche CONSACRE a permis de structurer cette thématique de recherche au sein de la Zone Atelier Seine sur la période 2018-2023. Il a réuni une équipe pluridisciplinaire avec l'ambition d'analyser la continuité écologique piscicole, sous divers angles et de proposer des pistes d'actions de gestion des milieux aquatiques pour les poissons migrateurs amphihalins et **dulçaquicoles**. Ces pistes d'actions concernent d'une part les possibilités d'intervention pour la préservation et la restauration des milieux naturels, et d'autre part l'amélioration de l'association et de l'implication des différents publics concernés par cette problématique.

Ce projet s'est attaché à :

- >> **Étudier la continuité écologique actuelle de l'axe Seine et de certains de ses affluents, en développant des stratégies de suivis *in situ* et de modélisation ;**
- >> **Mettre en perspective l'état actuel de cette continuité au regard des situations historiques, de son évolution prévisible selon certains scénarios de gestion et des effets possibles du changement climatique ;**
- >> **Dresser un état des démarches innovantes mises en œuvre autour des projets de restauration de la continuité écologique (notamment en termes de communication vers le grand public) et analyser la compréhension des enjeux écologiques par divers publics.**
- >> **Dégager des priorités pour la gestion.**

Ce fascicule a pour objectif de valoriser les résultats du projet de recherche CONSACRE en repositionnant ces travaux dans une vision globale de la problématique de restauration des continuités écologiques piscicoles du bassin de la Seine.

Le projet a été financé dans le cadre du contrat de plan interrégional État-Région (CPIER) Vallée de Seine, par l'Agence de l'eau Seine-Normandie et les régions Île-de-France et Normandie. La coordination scientifique a été assurée par INRAE et le portage par le GIP Seine-Aval.



8 INTRODUCTION

14 1. UNE DÉMARCHE SOCIO-ÉCOLOGIQUE POUR ACCOMPAGNER LA RESTAURATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE PISCICOLE SUR LE BASSIN DE LA SEINE

16 1.1 La libre circulation des poissons : une question historique

26 1.2 Restaurer la libre circulation : une question pas toujours bien comprise ou consensuelle

32 2. ÉTAT ACTUEL DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE ET SCÉNARIOS DE GESTION

34 2.1 Des investigations de terrain pour évaluer l'état de la continuité écologique et de son appropriation locale

50 2.2 Des priorités de gestion éclairées par la chaîne de modélisation de la continuité écologique

64 3. DES PISTES POUR AMÉLIORER LA MISE EN ŒUVRE D'UNE CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE EFFICACE

66 3.1 Améliorer la fonctionnalité des parcours migratoires des espèces et favoriser la reproduction

73 3.2 La restauration de la continuité écologique, une opportunité pour restaurer le lien des riverains/habitants et usagers à la rivière

82 CONCLUSION

84 Bibliographie

89 Glossaire

90 Acronymes

Introduction

La notion de continuité écologique d'un cours d'eau a été introduite par la mise en place de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) en 2000. Elle recouvre trois aspects : la libre circulation des organismes vivants, l'accès aux habitats indispensables à la réalisation de leur cycle de vie (e.g., reproduction, croissance, alimentation, abri, etc.) et le bon déroulement du transport des sédiments. Pour les organismes vivants, elle est garante des échanges génétiques et autres flux écologiques assurant la pérennité des populations et le maintien et l'adaptation des espèces (Crooks et Sanjayan, 2006). Elle permet notamment à ces populations de s'adapter au changement climatique, en permettant le déplacement de leurs aires géographiques devenues hostiles vers des zones plus favorables (Hannah *et al.*, 2018 ; Hodgson *et al.*, 2009). Restaurer la continuité écologique est donc aujourd'hui un enjeu majeur pour atteindre les objectifs de la DCE et préserver la biodiversité dans un contexte de changement global.

Selon les espèces et la complexité de leur cycle de vie, les mouvements et les migrations peuvent s'effectuer sur différentes échelles spatiales et temporelles (Figure 1). Les capacités migratoires et les comportements de nage et de franchissement d'obstacles sont variables selon les espèces. Ainsi, une espèce d'eau douce comme le chabot va utiliser

au cours de sa vie un domaine vital de quelques centaines de mètres alors que le barbeau fluviatile peut réaliser des migrations de reproduction de plusieurs dizaines de kilomètres. D'autres espèces, dites **amphihalines**, effectuent des migrations de longue distance entre la mer et les fleuves : certaines espèces remontent les fleuves pour se reproduire (saumon atlantique ou grande alose), d'autres pour y grandir (anguille européenne).

La migration peut être facilitée ou contrainte par les conditions hydrodynamiques des estuaires et des cours d'eau traversés, en particulier par la direction et la force de la vitesse de courant qui influencent la capacité de nage des espèces. Dans l'estuaire, certaines espèces de grands migrateurs profitent de la marée montante pour remonter l'estuaire vers les affluents de la Seine et ainsi limiter le coût énergétique de ce déplacement (Baglinière et Porcher, 1994 ; Menesson-Boisneau *et al.*, 2000). De même, la présence de ripisylve, d'arbres morts dans le cours d'eau ou d'arrivées d'eau fraîches peut faciliter la migration en constituant des protections face aux prédateurs ou des refuges thermiques. Les conditions physico-chimiques et la qualité du milieu sont également des facteurs essentiels dans le processus migratoire des espèces piscicoles. La température est par exemple cruciale pour les

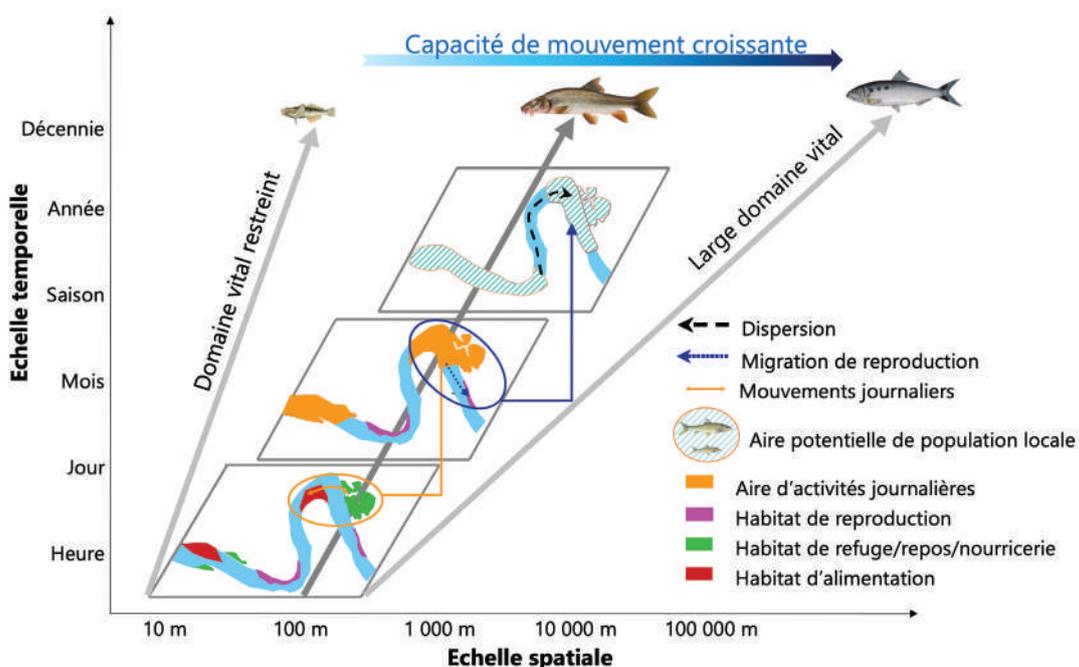


Figure 1 : Hiérarchie spatio-temporelle d'utilisation des habitats (Le Pichon, 2022). Capacités de mouvement croissantes du chabot au barbeau fluviatile et à la grande alose.

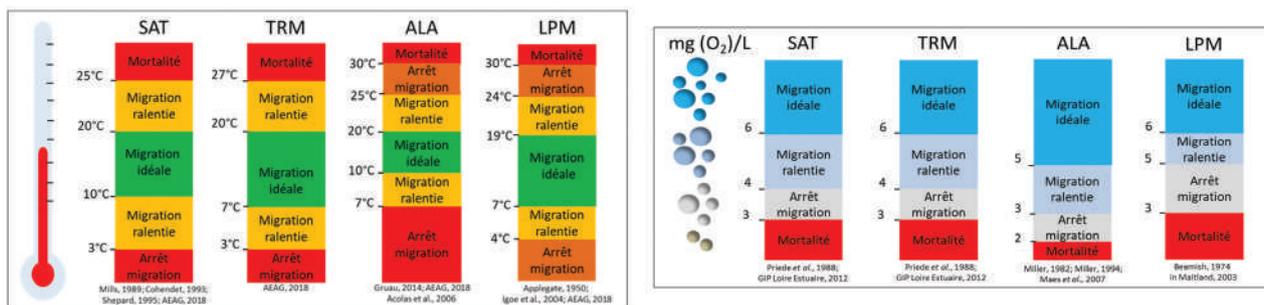


Figure 2 : Seuils de température et d'oxygène dissous influençant la migration de 4 espèces migratrices. Saumon atlantique (SAT), truite de mer (TRM), alose (ALA) et lamproie marine (LPM). Références disponibles dans Merg et Le Pichon, 2022.

poissons car celle de leur corps est dépendante de celle de l'eau. Des valeurs seuils sont ainsi des déclencheurs de migration (Figure 2), modifiant les capacités de nage/saut, ou encore la reproduction et le développement des œufs. La concentration en oxygène influence également fortement la migration, une valeur supérieure à 5 ou 6 mg (O₂)/L selon les espèces étant considéré comme optimale.

Par ailleurs, la présence de certaines substances chimiques dans les cours d'eau peut constituer une barrière au déplacement des poissons (Figure 3). Par exemple, les nitrites, même à faible concentration, causent un stress chez les poissons, provoquant des problèmes respiratoires, un affaiblissement général ou encore des maladies. De la même manière, la concentration en ammonium (NH₄⁺) est déterminante, avec un seuil de bon état fixé à 0,5 mg/L. D'autres polluants comme les détergents, les phénols, les

hydrocarbures ou les pesticides constituent des barrières chimiques à des concentrations plus ou moins élevées selon les substances considérées. Par ailleurs, leur présence simultanée peut former des cocktails de contaminants qui peuvent impacter l'état de santé des poissons, avec notamment des répercussions sur leur reproduction ou leur système immunitaire.

Parmi les obstacles à la migration, les ouvrages physiques transversaux implantés sur les fleuves et cours d'eau sont les plus visibles. Leur position et leur structure, influençant la dynamique d'écoulement de l'eau, vont impacter les capacités de nage et de franchissement des espèces (Figure 3). Bien que franchissables dans certaines conditions (notamment par la présence d'un dispositif de type passe à poissons), les ouvrages de navigation et centrales hydroélectriques sur les grands cours d'eau, ou les

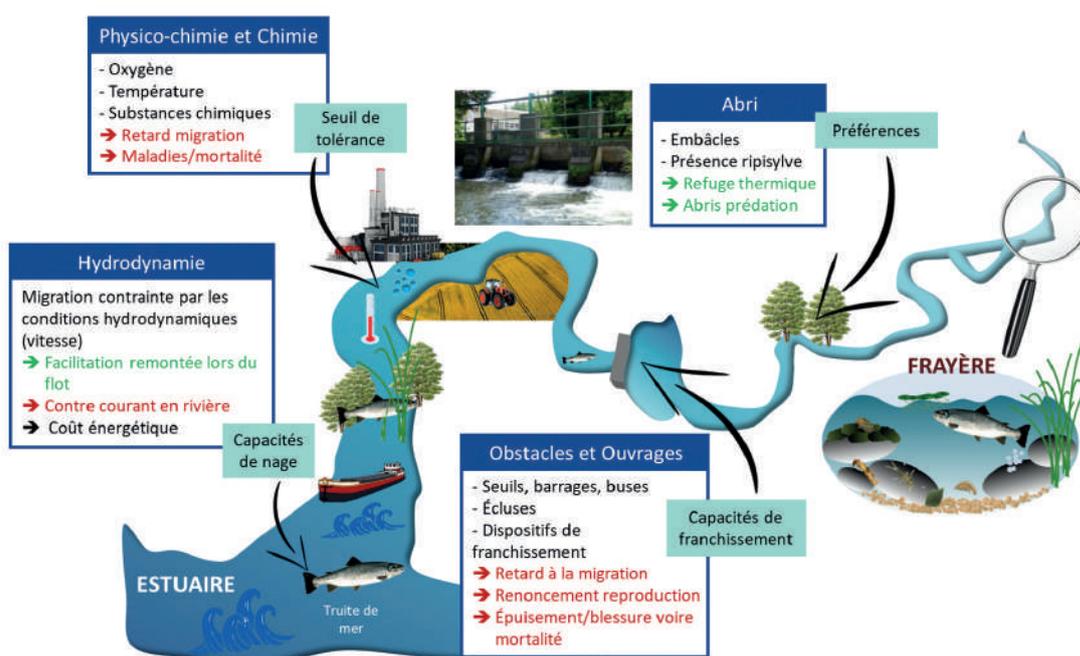


Figure 3 : Schéma global des éléments du paysage qui influencent la migration des poissons (d'après Merg et Le Pichon, 2022).

chutes et seuils sur les petits cours d'eau, peuvent induire un retard à la migration, un surcoût d'énergie dépensée, un renoncement à la reproduction ou une reproduction «forcée» dans des conditions peu favorables. Enfin, le cumul des barrières physiques et chimiques peut accroître la pression de prédation déjà existante : les prédateurs profitant du blocage des poissons, de la perturbation de leurs capacités de nage, de saut ou de guidage.

Ainsi, selon leur biologie, leur écologie et leurs comportements de migration (**traits biologiques**), les espèces ne vont pas être impactées de la même façon par les diverses barrières physiques, chimiques et biologiques présentes sur les cours d'eau. La restauration de la continuité écologique implique ainsi de considérer la diversité des traits biologiques, afin d'aller vers des dispositifs globaux permettant à toutes les espèces de circuler selon les besoins de leur cycle de vie.

L'estuaire de la Seine est le lieu de multiples fonctions associées au cycle de vie des poissons. Les données de suivis fournies par les fédérateurs de connaissances (GIP Seine-Aval, Seinormigr, UFBSN, IPR) et les travaux de recherche (e.g., Alp et Le Pichon, 2021 ; Duhamel, 2012) permettent de définir des orientations générales pour la restauration de ces fonctions par secteur de l'estuaire (Muntoni, 2020, PROPOSE). Les fonctions ciblées sont :

- >> Les nourriceries (pour les espèces marines et dulçaquicoles typiques des zones à brèmes) ;
- >> Les **frayères** (dans le lit mineur pour les espèces migratrices **anadromes** et dans la plaine alluviale) ;
- >> La zone fonctionnelle de croissance sur le plan transversal (**continuité latérale**).

En complément de ces fonctions circonscrites à la zone estuarienne (jusqu'à la limite tidale : zone d'influence de la marée), la Seine dans son ensemble

est historiquement un axe migratoire majeur pour de nombreuses espèces, comme les aloses, l'éperlan, la lamproie marine, le saumon atlantique ou encore l'anguille. Aborder la migration à l'échelle de l'axe Seine et de ses principaux affluents nécessite d'appréhender le rôle particulier de la dynamique des marées pour la partie tidale. En effet, le flot est parfois utilisé par les espèces pour réaliser un mouvement vers l'amont, dit «transport par flot» qui permet d'économiser l'énergie grâce à une migration avec le courant. Le mulot porc adulte réalise ainsi prioritairement ses mouvements vers l'amont avec le flot, rejoignant ses zones d'alimentation dans les zones intertidales (Le Pichon *et al.*, 2017).

Les affluents estuariens sont utilisés par certaines espèces, mais leur accès dépend de l'état de leur confluence en lien avec les phases de marée. Alors que la confluence de la Risle est sans obstacle à la remontée des poissons, la confluence du Cailly est busée et celle de l'Austreberthe présentent un déversoir étroit infranchissable durant une partie du cycle de marée (*Figure 4*). Des scénarios de gestion de ces obstacles dans la Risle et le Cailly montrent les gains potentiels à la fois pour les grands migrateurs et les espèces résidentes (Alp et Le Pichon, 2021).

À partir du barrage de Poses, qui constitue la limite amont de l'estuaire, la Seine jusqu'à Paris est traversée par cinq barrages de navigation qui modifient les écoulements et le profil en long de la Seine. L'utilisation du modèle hydrodynamique ProSe-PA (Wang *et al.*, 2019, 2022), dont la bathymétrie a été mise à jour à l'aide des données du service de la navigation (Voies Navigables de France, VNF), fournit une caractérisation de la ligne d'eau de la Seine de Ablon à Poses sous différents débits simulés.



Figure 4 : Confluence entre l'Austreberthe et la Seine à Duclair. La confluence est sous l'influence de la marée entraînant temporairement une déconnexion au fleuve (à gauche). Cette déconnexion à marée basse est accentuée par la présence d'un ouvrage (à droite). Source : GÉObs

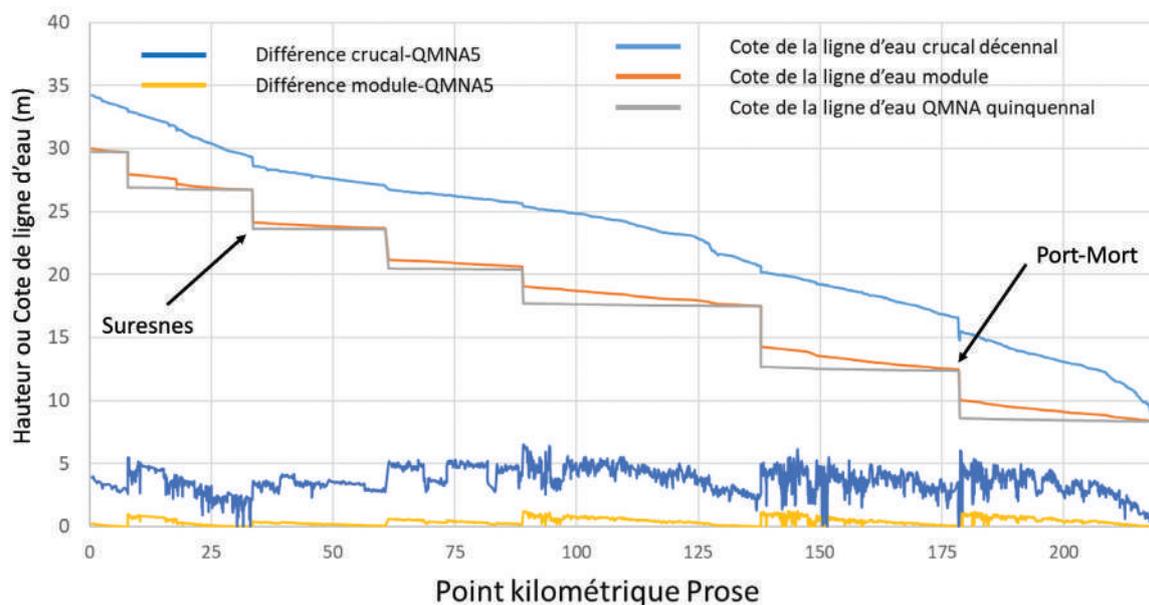


Figure 5 : Cote de la ligne d'eau modélisée à l'aide de ProSe-PA d'Ablon à Poses pour trois régimes de débit : QMNA quinquennial, module et crucial décennial. Les différences de hauteur d'eau entre les régimes extrêmes et entre le module et l'étiage sont représentées.

En période d'**étiage**, le fleuve se comporte comme une succession d'étangs (délimités par les barrages), de même qu'au module, alors qu'en période de crue la ligne d'eau efface presque les dénivelés du fait de leur affaissement artificiel ou de leur submersion. Concernant les hauteurs d'eau, elles sont en moyenne de 4,5 à 5 m pour l'étiage et le module est de 8,2 m en crue. La différence entre le module et l'étiage est assez faible : elle est marquée par des variations plus fortes à l'aval de chaque barrage, qui s'atténuent vers le barrage suivant (Figure 5).

Le bassin de la Seine est l'un des bassins les plus impactés par la disparition des espèces à l'échelle nationale. Ainsi, 80 % des sites de la Seine ont perdu tous leurs migrateurs depuis le XIX^e siècle, en lien avec l'intensification des pressions anthropiques depuis la fin du XVIII^e siècle (Merg et al., 2020). Témoignant de l'amélioration des conditions d'accueil du milieu depuis les années 1990, un retour de certaines espèces migratrices est observé depuis les années 2000 (Belliard et al., 2009 ; Perrier et al., 2010).

À l'échelle nationale, la recolonisation progressive des bassins versants par les espèces historiquement présentes est l'un des objectifs poursuivis par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA, 2006) et par le Plan National d'Actions pour la Restauration de la Continuité Écologique des cours d'eau (PARCE, 2009), lequel a pour objectif de hiérarchiser les

actions de restauration en établissant une liste d'ouvrages prioritaires par bassin. Issu des lois Grenelle, le PARCE s'appuie notamment sur les actions prévues dans le cadre des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux ou SDAGE (orientation n° 19 du SDAGE Seine-Normandie) et des Schémas Régionaux de Cohérence Écologique (SRCE). Le classement historique de protection des cours d'eau, mis en place dès 1865 pour favoriser la libre circulation des espèces aquatiques, a été révisé pour répondre aux objectifs de la DCE : lutter contre l'érosion de la biodiversité et concilier les usages. Pour chaque bassin, les cours d'eau sont classés en deux listes¹ (arrêtés au titre de l'article L.214-17 du code de l'environnement) destinées à contribuer à l'amélioration de l'état des populations de migrateurs amphihalins : d'une part, en empêchant l'ajout de nouveaux obstacles et d'autre part, en améliorant la continuité écologique au niveau des obstacles existants. Le plan de gestion des poissons migrateurs du bassin Seine Normandie (PLAGEPOMI), quant à lui, fournit le cadre juridique aux mesures nécessaires à la pérennité et à l'exploitation des espèces migratrices.

Dans le cas du bassin versant de la Seine, le fleuve est classé au titre de la libre circulation des poissons migrateurs, en particulier avec le règlement « Anguille »². Les acteurs de la préservation des milieux aquatiques ont clairement identifié les

1 La liste 1 interdit la construction de tout nouvel ouvrage faisant obstacle à la continuité écologique et sédimentaire. La liste 2 impose que, dans un délai de 5 ans, tous les ouvrages présents faisant obstacle soient aménagés et gérés pour assurer la continuité écologique et sédimentaire.

2 Conseil de l'Union européenne (2007) RÈGLEMENT (CE) No 1100/2007 DU CONSEIL du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. Journal officiel de l'Union Européenne.

enjeux de restauration des continuités écologiques en les inscrivant dans le cadre du Contrat de Plan interrégional État-Régions vallée de Seine (CPIER 2015-2022), comme une action forte à soutenir (« gestion des berges de la Seine et continuités écologiques », fiche action 1.5) et dans le programme de coopération interrégionale Normandie-Île-de-France signé le 12/01/2017, comme un axe prioritaire (« améliorer les continuités écologiques du fleuve »). De même, la stratégie d'adaptation au changement climatique du bassin Seine-Normandie recommande de restaurer la fonctionnalité des cours d'eau du bassin et de leurs annexes hydrauliques.

Le présent fascicule développe une vision socio-écologique de la restauration des continuités piscicoles du bassin de la Seine. Il valorise une diversité d'analyses territorialisées mobilisant différentes approches scientifiques complémentaires, présentées sous forme d'encarts méthodologiques. Les territoires étudiés selon les différentes approches sont situés sur l'axe Seine entre la mer et Paris et sur les affluents majeurs de cet axe (Figure 6). L'étude de la continuité actuelle et de différents scénarios de gestion a permis de proposer des orientations pour poursuivre l'effort d'amélioration engagé.

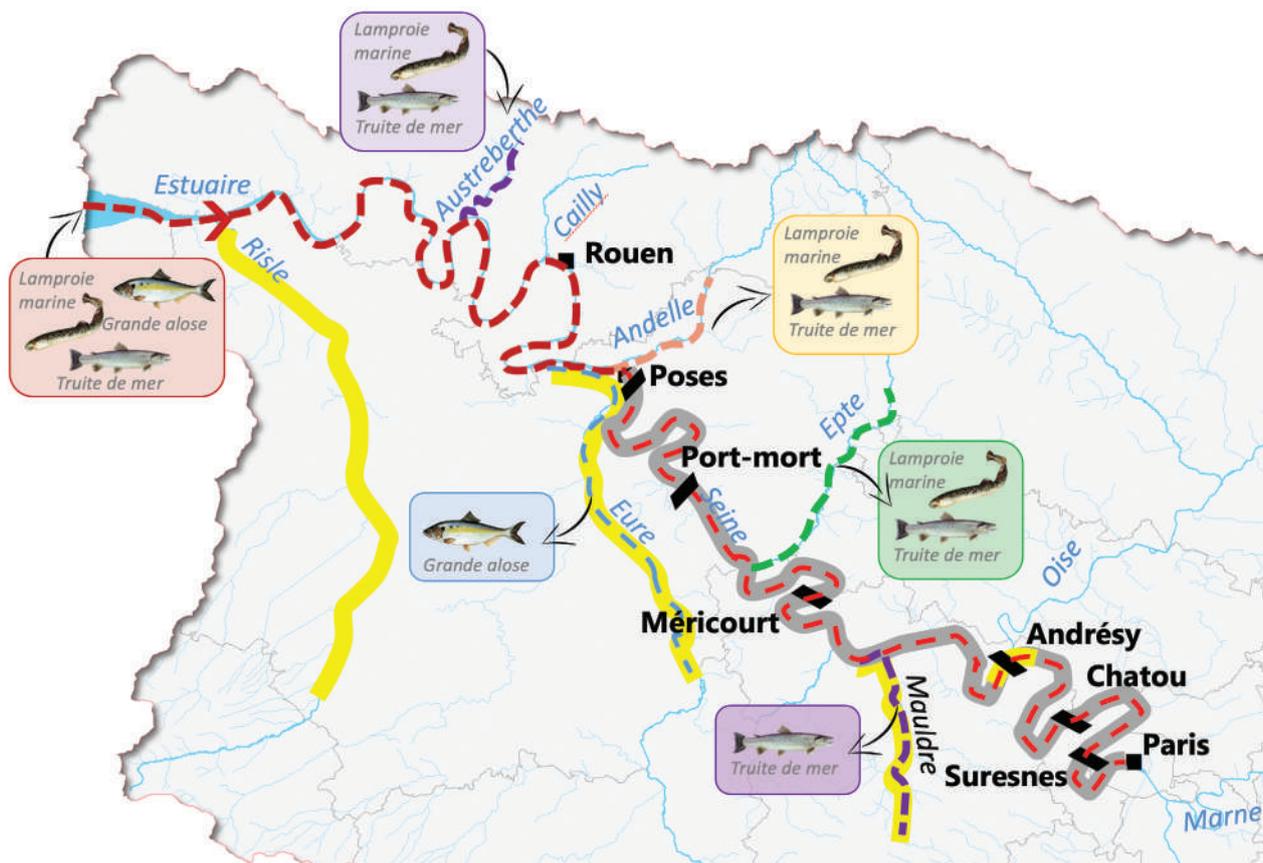


Figure 6 : L'axe Seine, de la mer à Paris, et ses principaux affluents. En pointillés, les différents secteurs où des scénarios de continuité écologique sont modélisés (fleuve et affluents) pour trois espèces de poissons. Le secteur en gris foncé correspond au linéaire où les mouvements et l'utilisation des habitats sont étudiés pour sept espèces de poissons. Les secteurs en jaune correspondent aux secteurs étudiés pour la compréhension et l'appréhension de divers types de publics.







UNE DÉMARCHE SOCIO-ÉCOLOGIQUE POUR ACCOMPAGNER LA RESTAURATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE SUR LE BASSIN DE LA SEINE

PARTIE 1

Les cours d'eau actuels sont le reflet de leur longue interaction avec les sociétés. Les dynamiques actuelles de restauration de la continuité écologique s'appuient ainsi sur un état et une vision du milieu qui a largement évolué au cours du temps. Afin de documenter ce lien, le présent chapitre s'appuie dans un premier temps sur l'historique de l'aménagement et de la qualité des eaux de la Seine pour

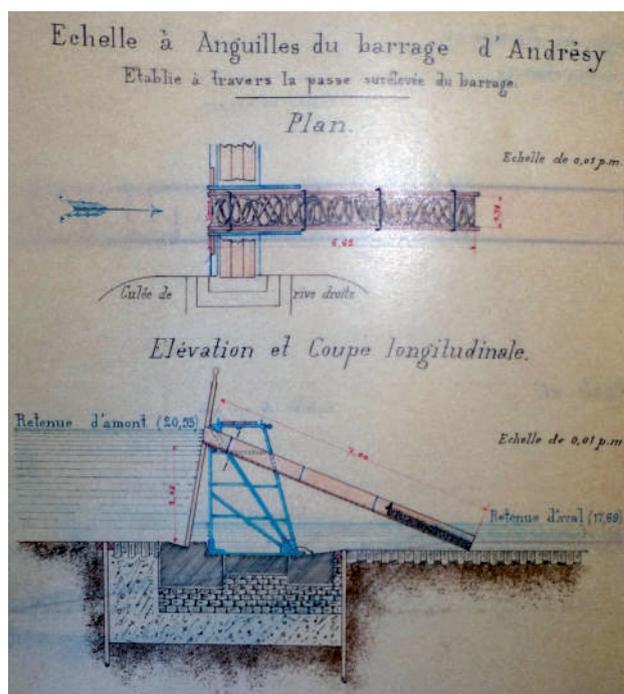
mieux appréhender la situation actuelle des populations de poissons et de sa continuité physique et chimique. Dans un second temps, les représentations multiples de la rivière par ses divers usagers, ainsi que la communication faite autour des projets de restauration de la continuité écologique, seront mobilisées pour mieux comprendre les contestations régulièrement observées autour de ces projets.

1.1 LA LIBRE CIRCULATION DES POISSONS : UNE QUESTION HISTORIQUE

Les hydrosystèmes fluviaux sont des systèmes socio-écologiques complexes, reflétant une longue interaction entre les rivières et les sociétés. L'utilisation variée et croissante des cours d'eau par les sociétés humaines au fil du temps a radicalement modifié les paysages fluviaux et, par conséquent, le fonctionnement des écosystèmes et leur biodiversité. La Seine a une longue histoire de présence et d'impacts humains qui remonte à l'époque gallo-romaine (52 av. J.-C. - 486 apr. J.-C.) et coïncide avec le développement de la ville de Paris et de ses activités (Guillerme, 1990, Lestel *et al.*, 2023). Le début du déclin des populations de saumon atlantique dans le nord-ouest de l'Europe est documenté entre le début du Moyen-Âge (450-900) et le début de l'époque moderne (1600). Il est attribué aux améliorations de la technologie des moulins à eau (Lenders *et al.*, 2016). Dans la Seine, le saumon est qualifié d'espèce rare dès le début du XVII^e siècle en raison de la surpêche et de la modification des cours d'eau tête de bassin pour le flottage du bois. La période la plus critique pour la santé de l'écosystème fluvial a débuté avec la transformation irréversible de la Seine à partir du milieu du XIX^e siècle, engageant le fleuve dans l'ère de l'Anthropocène (Meybeck et Lestel, 2018). Profondément modifiée pour la navigation et le développement des ports, des zones industrielles et des villes, la Seine a subi diverses altérations morphologiques (Lescure *et al.*, 2011 ; Foussard *et al.*, 2010). Il s'y ajoute une dégradation de la qualité de l'eau liée à l'augmentation des rejets par la population urbaine et les activités industrielles qui se sont développées le long du fleuve depuis le début du XIX^e siècle (Barles, 2007 ; Fisson, 2017). Les populations piscicoles de la Seine, qui comptaient originellement 11 espèces amphihalines et 22 espèces d'eau douce (Belliard *et al.*, 1995), ont été fragilisées par la dégradation de la qualité de l'eau, couplée à la surexploitation des ressources et à la multiplication des obstacles à la migration. Le déclin de la diversité et des effectifs de migrateurs dans la vallée de la Seine s'est accéléré au cours du XIX^e siècle puis du XX^e siècle, jusqu'à la disparition de certaines espèces entre les années 1920 et 1970.

La libre circulation n'est pas une question nouvelle : documenter les trajectoires géohistoriques des cours d'eau à l'aide de divers documents d'archives,

en tenant compte des contraintes et des gestions passées et actuelles (navigation, inondation, zone urbaine, agriculture, etc.) apporte des éléments de compréhension de la situation actuelle des poissons (*Encart Méthodologique 1*). Les facteurs sociétaux, comme l'évolution de la réglementation, de son application et la mobilisation des associations de défense des poissons migrateurs, sont aussi essentiels à la compréhension de l'état actuel de la continuité écologique.

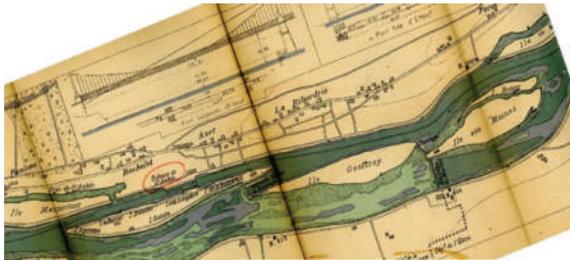


CONSULTER ET ANALYSER LES ARCHIVES HISTORIQUES

Des archives sont utilisées pour reconstituer l'historique de construction des barrages-écluses de la Seine entre Paris et Rouen, l'histoire des échelles, puis passes à poissons et enfin les connaissances passées sur l'état chimique de la Seine en aval de Paris, notamment sa teneur en oxygène dissous.

C'est en croisant différentes sources que tous les détails nécessaires pour reconstituer l'évolution des obstacles physiques sur la Seine ont été obtenus. Les documents publiés, tels ceux disponibles à la Bibliothèque nationale de France (<https://gallica.bnf.fr/>), permettent de connaître les grandes lignes de l'aménagement de la Seine, mais il manque souvent des précisions sur l'emplacement exact des premiers barrages, la hauteur de leur chute, les dates de leurs modifications. Certains de ces éléments peuvent être retrouvés sur des cartes anciennes, disponibles dans la base de données spatialisées des documents historiques du bassin de la Seine ArchiSeine³ (Lestel *et al.* 2018 ; data.za-seine.fr), comme les cartes au 1:10000 de la Basse Seine du géographe Raoul Vuillaume de 1899. D'autres cartes et plans ont été utilisés comme celles de la Seine de Rouen à la mer par les cartographes Cardin et Babin en 1907, des cartes des archives du Grand Port Maritime de Rouen ou des cartes des archives départementales des Yvelines. Cette lecture visuelle est complétée par la lecture de photos aériennes, disponibles en ligne sur le site de l'IGN remonterletemps.ign.fr, certaines remontant à 1919. Elle a permis de situer l'emplacement des premiers barrages, qui, pour certains, ont été ensuite déplacés, les zones de rectification de la Seine, la suppression des îles, etc.

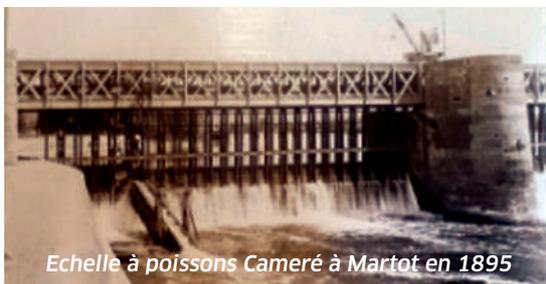
Les détails techniques sur les barrages-écluses figurent dans les rapports des ingénieurs des Ponts et Chaussées, aux Archives nationales ou aux archives des Yvelines. Ces archives du service de navigation de la Seine contenaient des ressources utiles telles que des cartes locales, des profils longitudinaux (avec altitudes), des cartes détaillées des seuils et des écluses, des plans d'amélioration de la navigation. L'évolution de la hauteur des chutes a été complétée par les informations disponibles dans des guides de navigation fluviale depuis 1887.



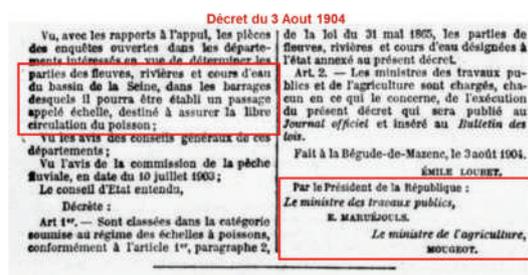
Vuillaume, carte de navigation, 1899

Les échelles à poissons étant rarement indiquées sur les cartes historiques, d'autres sources écrites ont été consultées. Grâce aux pêcheurs se plaignant du déclin des stocks de poissons et accusant en partie les barrages de navigation, la prise de conscience du gouvernement sur cette question a conduit à des décrets et des lois, à commencer par la loi sur la pêche de 1865. Les circulaires ministérielles sur les caractéristiques du passage des poissons, les synthèses et les rapports de plusieurs commissions et

enquêtes sur l'efficacité des échelles à poissons sont utilisées comme principales sources pour comprendre leurs évolutions. Ces archives sont principalement disponibles aux Archives nationales. La connaissance de la construction actuelle des passes à poissons est bien documentée grâce aux rapports du service de la navigation française (VNF) et des services de l'État assurant le contrôle réglementaire de leur efficacité. Enfin, la base de données historique des poissons de la Seine CHIPS de l'INRAE (Beslagic *et al.*, 2013) fournit des données de présence.



Echelle à poissons Caméré à Martot en 1895



Une base de données de teneurs en oxygène dissous en Seine a été constituée à partir de plusieurs sources : les mesures mensuelles/trimestrielles réalisées à partir de 1873 par le laboratoire de chimie de l'Observatoire de Montsouris pour 22 stations situées entre Paris et Rouen (Meybeck *et al.*, 2017) ; les mesures mensuelles d'oxygène remontant à 1971 pour 41 stations de Paris à Honfleur fournies par l'Agence de l'eau du bassin Seine-Normandie (créée par la loi sur l'eau de 1964 pour surveiller la qualité des systèmes aquatiques). Le service de navigation de la Seine a fourni des mesures mensuelles d'oxygène dissous pour la période 1955-2015 de Poses à Honfleur.

3 Voir le fascicule ArchiSeine : https://piren-seine.fr/publications/fascicules/archiseine_une_approche_geohistorique_du_bassin_de_la_seine

Historique des aménagements de la Seine

De nombreux documents retracent l'évolution morphologique de la Seine de Paris à la mer depuis le XIX^e siècle (AESN, 1978; Merger, 1994 ; Foussard et al., 2010; Lescure et al., 2011; Lestel et al., 2020). Après la loi de 1837, sur l'amélioration de la navigation de la Seine, le fleuve a subi de nombreuses transformations. Il s'agissait de fixer le lit de la Seine, de garantir un tirant d'eau suffisant pour la navigation, d'éliminer des obstacles naturels comme des îles et de gagner des terres pour développer les activités agricoles, urbaines et industrielles. Pour cela, le cours du fleuve a été chenalisé, approfondi et le lit mineur a progressivement été déconnecté du lit majeur. Tous ces aménagements ont conduit à des transformations drastiques et rapides des espaces autrefois occupés par l'ancien lit de la Seine (Figure 7).

Cette chenalisation a été accompagnée de la construction de nombreux barrages-écluses, et d'un approfondissement du fleuve à un gabarit de navigation de 1,6 - 2 m (Merger, 1994, Brennetot, 2019). Lorsque le barrage d'Amfreville a été construit en 1850, dans la partie de la Seine naturellement soumise à marée, c'était le premier ouvrage rencontré en remontant le fleuve depuis la mer. Pour augmenter encore le secteur navigué sans effet de la marée, le déversoir de Martot a été réalisé 16 km en aval en 1866 (hauteur de chute : 0,3 m à marée haute et 3 m à marée basse), suivi du barrage de Poses en 1895 (Figure 8). Le cumul de ces deux barrages marque le début du déclin de nombreuses espèces de poissons migrateurs (Belliard et al., 2009).

Au total, entre 1846 et 1886, 12 barrages ont été construits pour la navigation entre la mer et Paris, dont dix sur le chenal principal. Plusieurs technologies ont été utilisées au fil du temps pour construire ces barrages, qui ont eu un impact croissant sur le passage des poissons (Figure 9). Ces derniers pouvaient passer par les ouvertures des barrages de types «fermettes et aiguilles» (ingénieur F. Poirée dès 1830) ou «rideau» pendant la navigation, les crues et les lâchers d'hiver.

Au cours du XX^e siècle, et surtout à partir de 1958 en raison du développement important du trafic fluvial, un gabarit de navigation beaucoup plus profond a été adopté (3,2 m en 1875, puis 4,5 m en 1919); les barrages-écluses ont été rénovés avec un type «à vannes mobiles» ou détruits afin de réduire le nombre de **biefs**. Cela s'est traduit par moins de barrages, une augmentation des hauteurs de chute et l'absence d'ouvertures, empêchant de plus en plus de poissons de passer sauf lors de crues extrêmes. Aujourd'hui, le profil du fleuve est caractérisé, du premier barrage-écluse de Poses jusqu'à Paris, par une succession de biefs aux pentes très limitées, délimités par sept barrages-écluses (Figure 10).

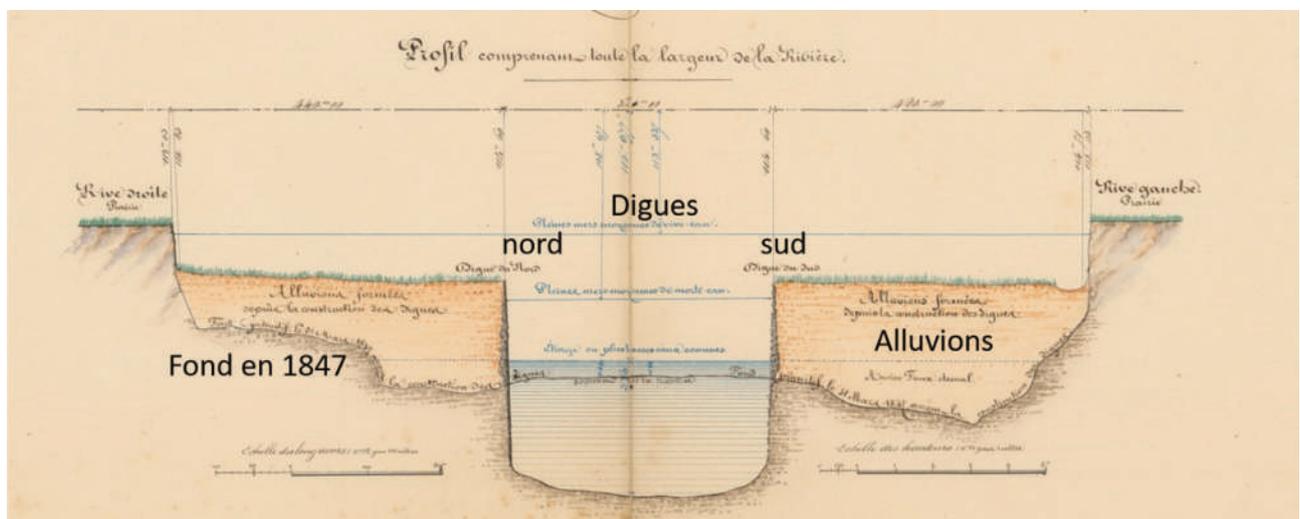
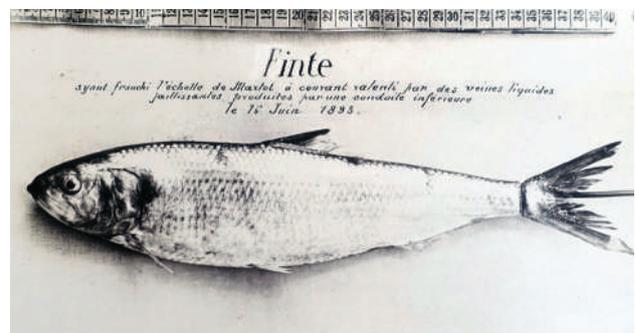


Figure 7 : Évolution de la Seine et des plaines adjacentes en aval de Villequier entre 1847 et 1851, AN F14/6745

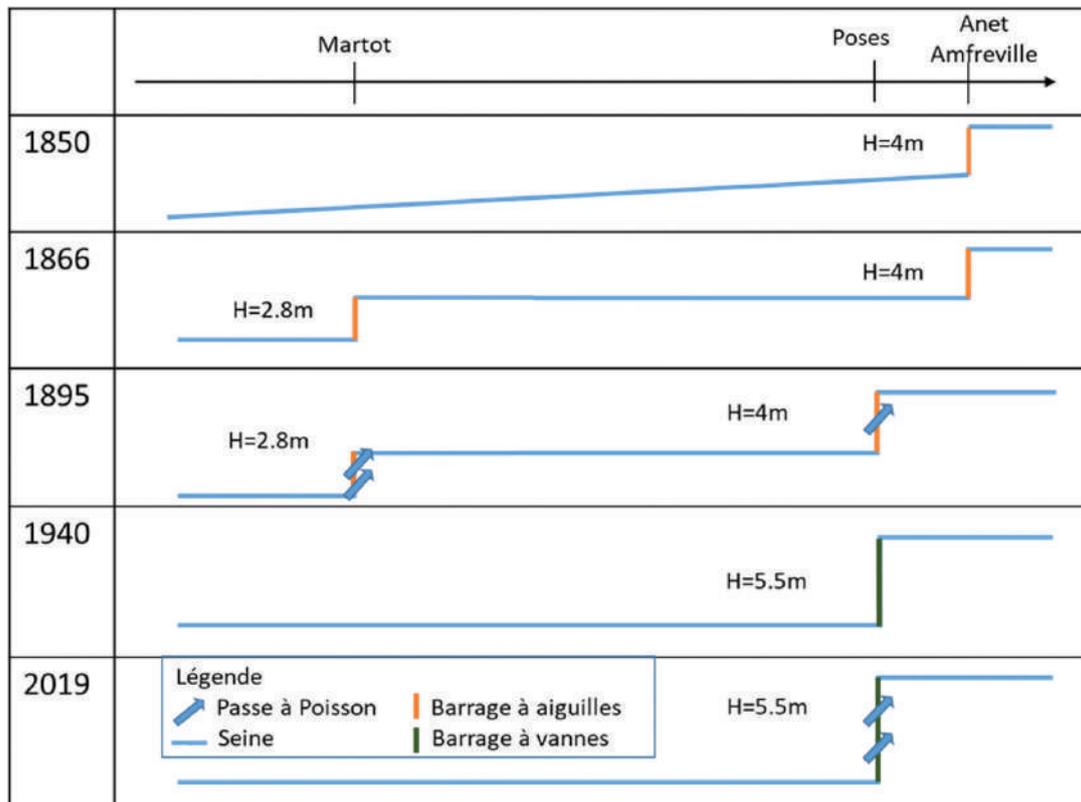
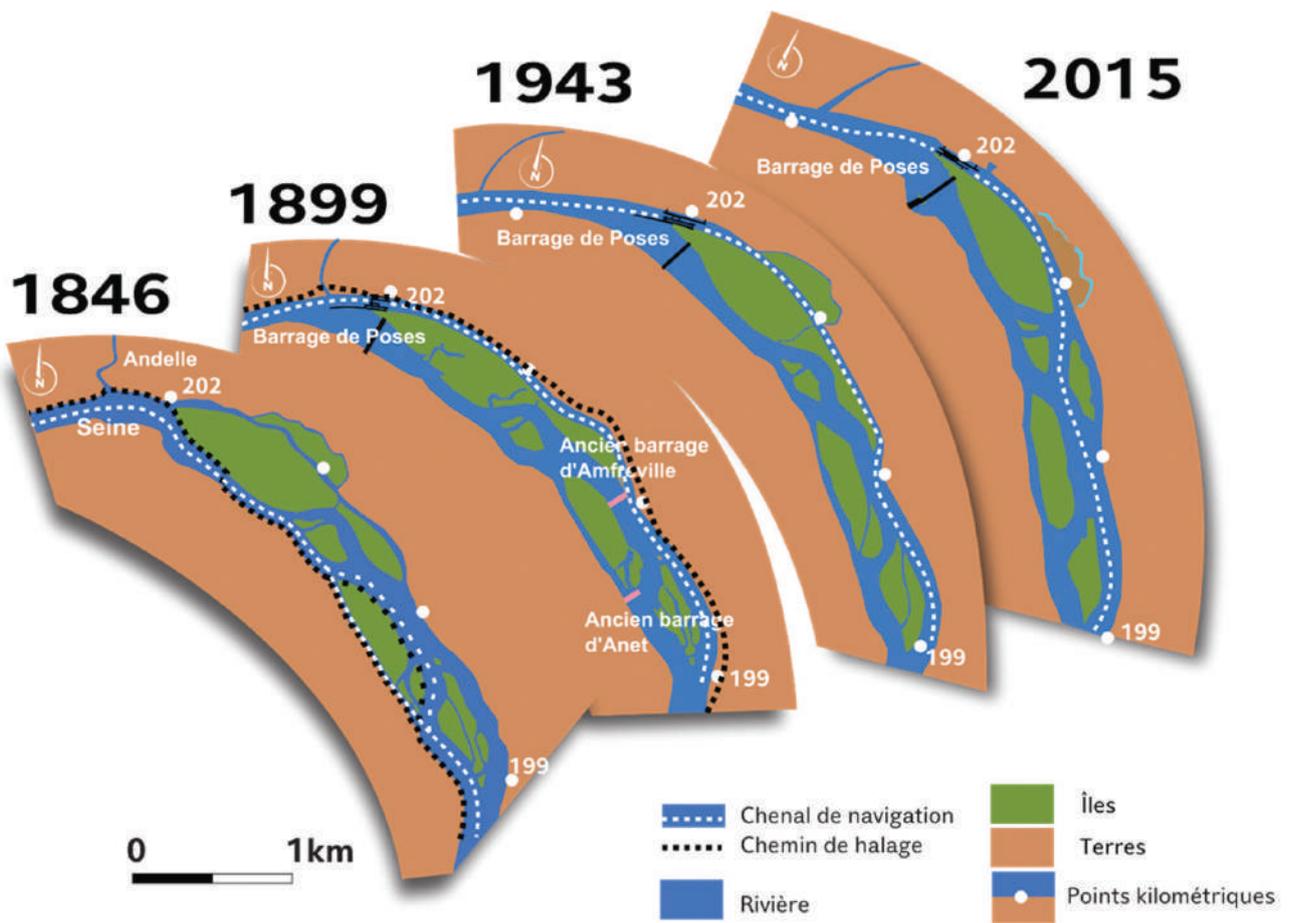


Figure 8 : Évolution spatio-temporelle du bief Martot – Poses (d'après Lestel et al. 2020; Courson, 2019).

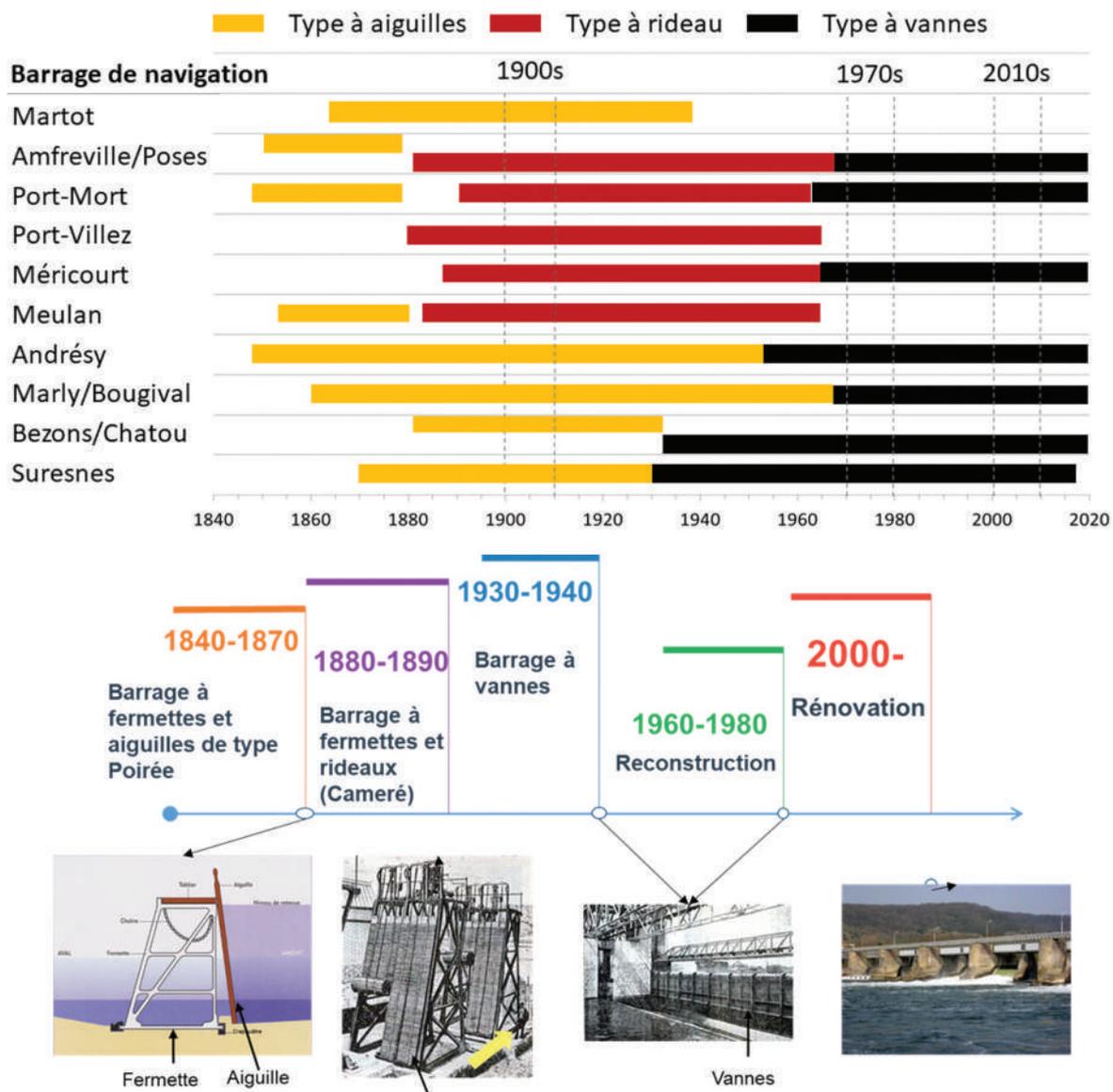


Figure 9 : Évolution historique des types des barrages construits sur la Seine entre Rouen et Paris.

L'impact négatif de la mise en place de ce type d'ouvrages sur la présence des poissons a été immédiatement perçu par le monde de la pêche. Des enquêtes concernant l'impact des barrages sur la présence du saumon ont été menées par les ingénieurs des Ponts et Chaussées chargés de la pêche dès 1888 et en 1903 sur le bassin de la Seine (Lavollée, 1903). Roule (1922) mentionne une claire diminution de la pêche de grande alose (contrairement à l'alose feinte) concomitante à la mise en service du barrage de Poses (1887) qui empêchait ces poissons de rejoindre leurs frayères plus en amont, et ce malgré des alevinages de la pisciculture Vincent (1887-1893). La mobilisation du monde de la pêche a conduit dès 1865 à l'obligation d'installer des échelles à poissons sur ces barrages (loi sur la pêche du 31 mai 1865) (Luglia, 2014). En 1875, une évaluation des échelles à poissons construites sur la Seine à Marly et Martot

(Figure 11A) montre qu'elles ne sont pas efficaces. En 1881, les ingénieurs des Ponts et Chaussées en charge de la navigation analysent les informations de 54 échelles à poissons existantes en France, et proposent des solutions pour en améliorer l'efficacité. Les principaux problèmes identifiés étaient (i) des pentes trop élevées, (ii) des vitesses de courant inadaptées aux capacités de nage (espèces cibles : principalement le saumon atlantique et les aloses), ou (iii) des emplacements peu attractifs. De nouvelles échelles à poissons sont conçues par l'ingénieur en chef Caméré entre 1890 et 1903. Trois échelles ont été spécifiquement conçues pour les anguilles sous la forme de rampes ascendantes. À cette époque, seules huit échelles étaient présentes sur la Seine (Figure 11B), contre 100 échelles sur la Loire et une dizaine sur le Rhône.

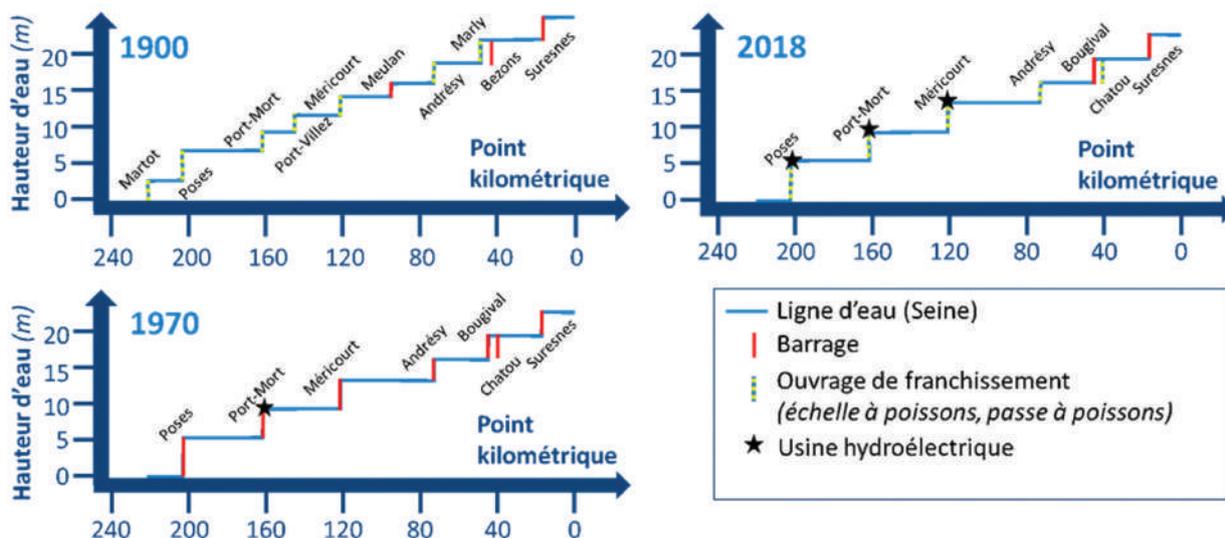


Figure 10 : Évolution des aménagements influençant la continuité écologique de la Seine de 1900 à 2018. Le point kilométrique est à zéro dans Paris (île de la Cité), la hauteur de la ligne d'eau est à zéro en aval du premier barrage de navigation.

En 1897, une commission d'amélioration de l'agriculture et de la sylviculture conclut que de gros problèmes économiques se poseraient dans les secteurs industriel et agricole si de nouvelles échelles à poissons étaient prescrites (AN F14-13615). Cependant, des décrets ordonnant d'implanter ces échelles sont promulgués, notamment en 1904 pour la Seine (*Encart méthodologique 1*). En 1950, un rapport de l'ingénieur Bachelier propose un programme français d'échelles à saumon atlantique à la Commission des Poissons Migrateurs (AN-19920558-18). Les essais scientifiques en laboratoire visant à configurer des passes à poissons efficaces commencent au début du XX^e siècle avec celle du système «DENIL». Ils ont été suivis de nombreux essais de configurations de passes à poissons dans différents pays (Larinier, 1998; Katopodis et Williams, 2012). Un nombre croissant de nouvelles passes à poissons a été conçu en France (300) dans

les années 1980, suite à un nouveau décret (1969-1974) donnant la responsabilité de leur construction au propriétaire de l'ouvrage. Mais sur la Seine, cette époque de rénovation des barrages (1960-1980), dans un contexte de forte dégradation de la qualité de l'eau, s'accompagne de la disparition des échelles à poissons (*cf. Figure 10, Figure 11B*), jugées inefficaces et inutiles compte tenu de la disparition de la majorité des espèces migratrices. La loi sur la pêche de 1984 réaffirme le classement des cours d'eau et l'obligation d'équiper les barrages. Le classement de la Seine comme un cours d'eau pour lequel il est important d'assurer la continuité écologique, en parallèle de l'amélioration de son oxygénation, entraîne l'accélération du renouvellement ou des constructions de passes à poissons depuis 1991, notamment celles équipant les barrages de navigation ou les centrales hydroélectriques.

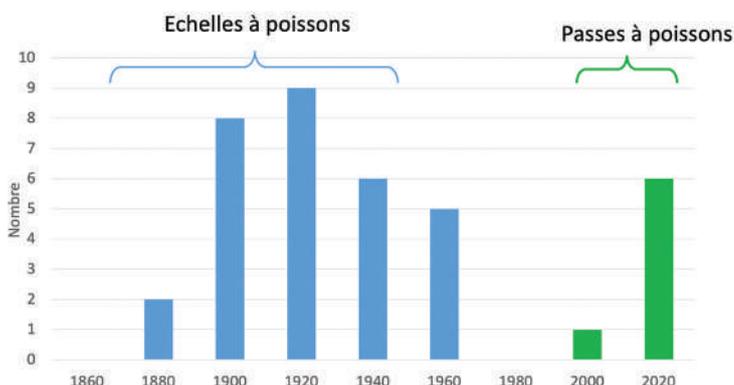


Figure 11 : A : Échelle à poissons sur le barrage mobile à aiguilles de Martot. Photo de 1895 (AN F/14/13605). B : Évolution du nombre d'échelles et de passes à poissons sur la Seine (Courson, 2019).

L'évolution historique des barrières physico-chimiques en Seine

En parallèle de l'étude de l'évolution des barrières physiques, celle des obstacles physico-chimiques est déterminante pour identifier les dates clefs de rupture de la continuité écologique sur la Seine. Un obstacle chimique majeur est la diminution de la teneur en oxygène dissous des cours d'eau. Elle compromet la survie des poissons en rivière, et résulte de la présence excessive de matières organiques et d'ammonium NH_4^+ essentiellement d'origine urbaine. L'histoire des rejets des excréta de Paris est bien documentée (Esculier et Barles, 2020) et leur impact sur la teneur en oxygène en Seine a été modélisé (Billen *et al.*, 2001). Des bases de données spatio-temporelles de valeurs moyennes mensuelles d'oxygène ont été compilées pour trois périodes : 1892-1904, 1971-1980 et 2009-2017. L'utilisation d'une méthode d'interpolation linéaire (Cleveland, 1993) a permis de réaliser des graphiques isoplèthes (Courson, 2019) (Figure 12).

Des profils longitudinaux contrastés s'observent pour les trois périodes (Figure 12A), cohérents avec les connaissances antérieures sur le bassin (Romero *et al.*, 2016). Dans les années 1900, des conditions défavorables à la migration du saumon atlantique et de la lamproie marine sont observées de la confluence de l'Oise à Clichy, pendant cinq à sept

mois par an. Dans les années 1970, l'ensemble de la Seine est concerné par plusieurs tronçons hypoxiques de mars à décembre, notamment à l'aval de Rouen, en lien avec la transformation de l'ammonium (NH_4^+) rejeté par l'agglomération parisienne et la matière organique rejetée dans la boucle de Rouen (rejets urbains et de l'industrie papetière). Les conditions de migration estivales étaient alors défavorables pour le saumon atlantique (Figure 12B). Par ailleurs, les tronçons allant de la confluence de l'Oise à Colombes ont été impactés par l'urbanisation croissante, les rejets diffus et les eaux usées non traitées lors des événements pluvieux. Enfin, dans les années 2010, aucune période hypoxique n'a été observée, quelle que soit la saison, à l'exception d'une courte période en août dans l'estuaire. Cette amélioration nette de la qualité de l'eau dans les années 2000 est essentiellement due à l'amélioration du traitement des eaux usées des grandes agglomérations du Bassin parisien, et notamment de Paris (Meybeck *et al.*, 2018).

L'étude de l'évolution historique de la température de l'eau montre aussi un réchauffement de certains tronçons de la Seine dans les années 1960-1970 (Courson, 2019), en lien avec les rejets des stations d'épuration (principalement Clichy) et de ceux des centrales thermiques de Porcheville et de Saint-Ouen. Cet effet était surtout sensible à faible débit,

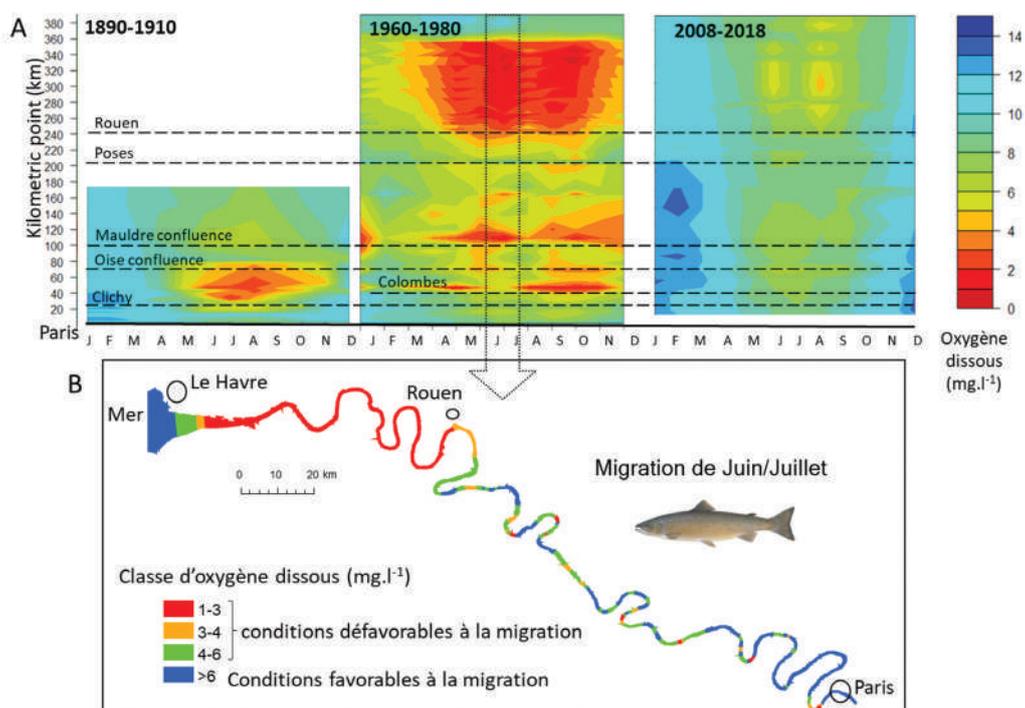


Figure 12 : A) Graphiques isoplèthes (Cleveland, 1993) de l'oxygène dissous pour les trois périodes temporelles. B) Exemple de la moyenne longitudinale des classes d'oxygène dissous (résolution 1 km) dans les années 1970 pour une période de migration du saumon atlantique (juin-juillet).

notamment à proximité de la centrale de Porcheville et de celle de Saint-Ouen (en fonctionnement entre 1955 et 1982). La centrale de Porcheville comprenait une première centrale au charbon entre 1945 et 1993, puis une centrale au fioul en 1968, suivie de trois autres unités de production en 1973, 1974, 1975. Les craintes de « saturation thermique » de la Seine ont abouti à abandonner certains projets de centrales thermiques sur la base de cet argumentaire écologique.

En parallèle de cette amélioration de la qualité physico-chimique des eaux de la Seine, la pression chimique liée à la présence de divers contaminants (PCB, HAP, détergents, etc.) s'est également réduite depuis les années 1980, après trois décennies de pollutions intenses. Aujourd'hui, des rejets de substances chimiques par les villes, les industries et l'agriculture perdurent. Ils s'ajoutent à un héritage de polluants anciens stockés dans les sédiments de l'estuaire ou sur des sites industriels. Cet ensemble forme un cocktail polluant qui dégrade l'état de santé des organismes aquatiques, contraints de mobiliser une partie de leur énergie pour lutter contre cette pollution.

L'utilisation de sources historiques et de données actuelles sur les barrières physiques et physico-chimiques a permis de reconstituer l'histoire de la connectivité écologique des poissons de la mer à Paris au cours des 170 dernières années (Le Pichon *et al.*, 2020). Elles mettent en lumière la multiplicité et le cumul des facteurs qui ont influencé l'évolution de la présence de quelques espèces de poissons migrateurs (Figure 13).

Historique de la défense des poissons migrateurs

Le rôle cumulé de ces facteurs, notamment de la qualité physique et physico-chimique, est principalement la conséquence des actions historiques de gestion entreprises depuis le milieu du XIX^e siècle. La situation à la fin du XIX^e siècle est le résultat de conflits d'intérêts à long terme entre le monde de la pêche, l'industrie et l'agriculture, et du rôle complexe du ministère des Travaux publics dans l'application des décrets et des lois (Bouleau, 2017). Le consensus social, porté par les intérêts industriels pendant de longues périodes et la perception des rivières comme malsaines, a empêché la mise en place de stratégies efficaces de restauration de la libre circulation des poissons migrateurs. Une étude de Violette (1902), ayant une résonance véritablement contemporaine, examinait « *Le préjudice relatif au degré d'utilité qui s'attache à la création d'une usine hydroélectrique* », et concluait que le bénéfice de l'usiner lésait le droit de pêche, mais aussi celui du droit des espèces à se reproduire (Violette, 1902). Dans une dynamique internationale croissante de protection de l'environnement au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, un cortège d'associations et de structures institutionnelles d'État, spécialisées dans la défense des poissons migrateurs, se met en place (*Encart méthodologique 2*). Le contexte d'amélioration de la qualité de l'eau de la Seine à partir des années 1980 a contribué à ouvrir les consciences aux mesures environnementales, et notamment au renouveau de construction des passes à poissons depuis 1991.

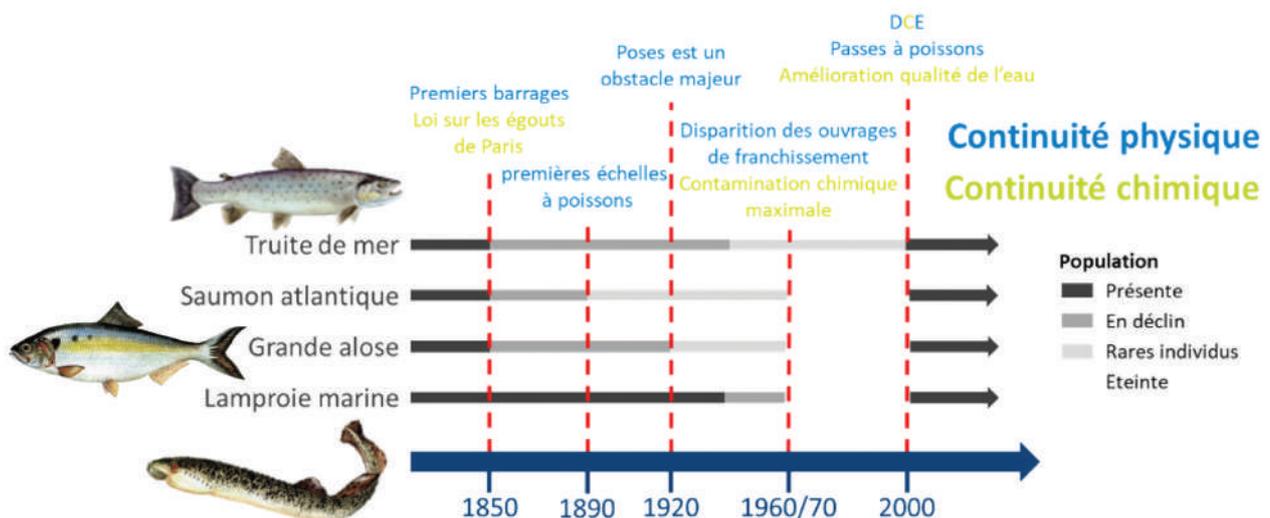


Figure 13 : Évolution de la présence de quelques espèces de poissons migrateurs et grandes périodes de modification des continuités physiques et physico-chimiques.

ENCART MÉTHODOLOGIQUE 2

HISTORIQUE DE LA DÉFENSE DES POISSONS MIGRATEURS

En France, la défense des poissons migrateurs a initialement été prise en charge au cours de la deuxième partie du XIX^e par les communautés de pêcheurs professionnels désireux de maintenir les stocks face aux multiples menaces physico-chimiques pesant sur les rivières (Enquête nationale Migrateurs, 1903). À titre d'exemple, des tentatives pour restaurer les populations de grande alose, qui constituait une ressource économique importante, se sont mises en place avec le développement de reproduction artificielle sur le site (Violette, 1902).

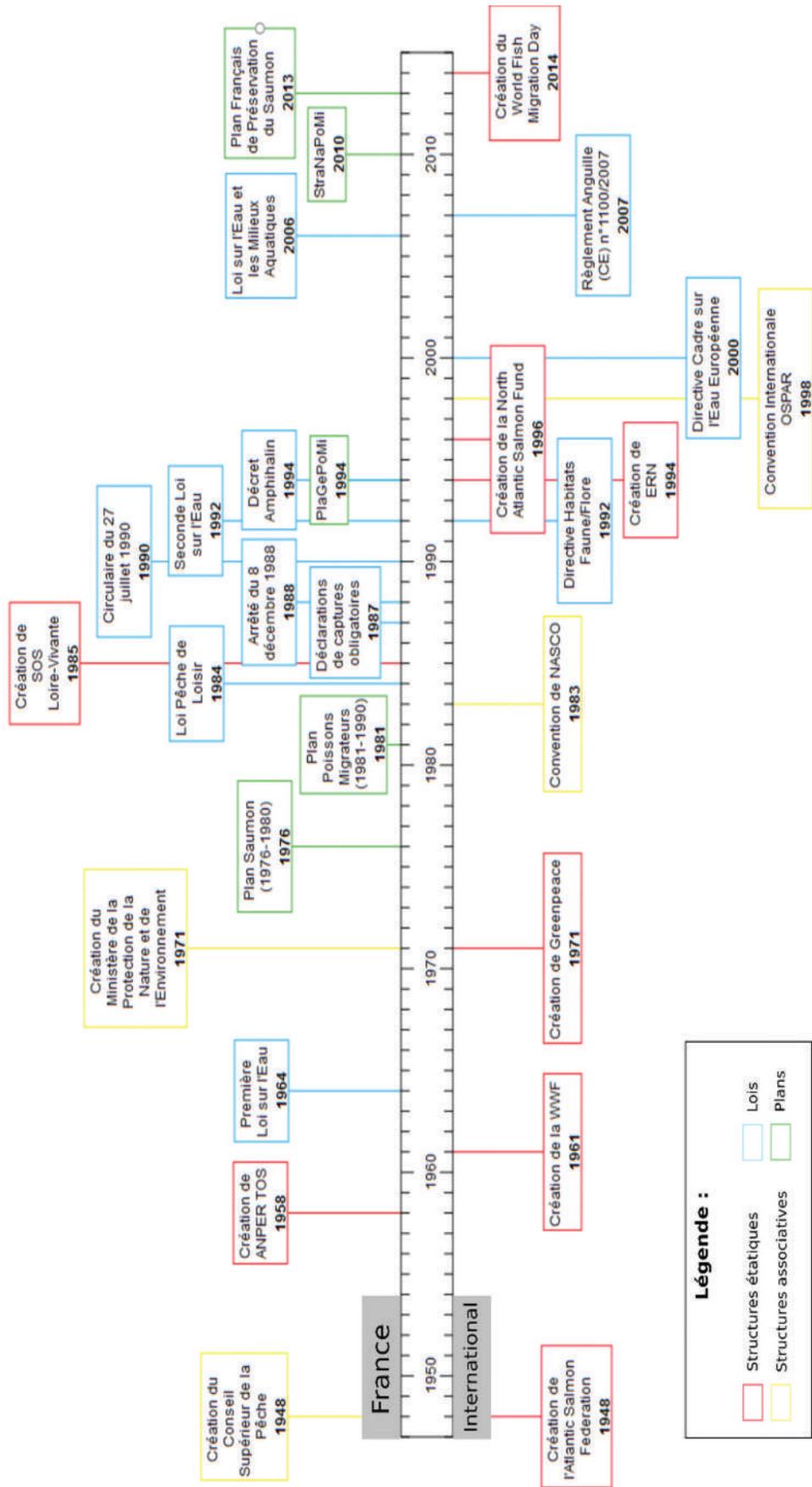


Au début du XX^e siècle, les pêcheurs de loisirs endossent le rôle de sentinelles des cours d'eau et les sociétés de pêche se mobilisent pour le repeuplement piscicole et la surveillance des cours d'eau sur le territoire. C'est la création du Fishing Club de France (FCF) en 1908 qui marque le début d'une action nationale d'envergure. Derrière le slogan « *L'eau pure pour tous* », cette coalition entre pêcheurs, fonctionnaires et scientifiques constituera la pierre angulaire du militantisme piscicole en France, permettant la mobilisation de l'Etat, des ingénieurs et des chercheurs pour apporter des solutions (Thomas et Germaine, 2018). Leur rôle évolue suite à la création du Conseil Supérieur de la Pêche (aujourd'hui Office Français de la Biodiversité) en 1948. En passant sous le contrôle étatique en 1957, cet organe décisionnel permettra de codifier les interventions menées par les pêcheurs (Bouleau et Gramaglia, 2015). La loi pêche de 1984 a permis

le développement des « contrats de retour aux sources », proposant les premiers plans de gestion des poissons migrateurs, et la création des associations de défense des poissons migrateurs (Marie, 2022). C'est finalement le décret amphihalien (1994) qui imposera la mise en place de Plans de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) permettant de fixer des normes et objectifs à atteindre sur les espèces présentes sur chacun des grands bassins hydrographiques français.



Affiche d'alerte sur la pollution de la Seine (1965-1970)



Frise chronologique des événements majeurs en faveur des poissons migrateurs (Marie, 2022).

1.2 RESTAURER LA LIBRE CIRCULATION N'EST PAS UNE QUESTION BIEN COMPRISSE OU CONSENSUELLE

Bien que les préoccupations environnementales occupent une place croissante dans la société contemporaine (Charvolin, 2003), la complexité de mise en œuvre de l'action publique en faveur des milieux aquatiques demeure. L'application des mesures en faveur de l'environnement se heurte à nouveau à des blocages, voire fait l'objet de controverses (Latour, 2006; Subra, 2016). C'est le cas de la politique de restauration de la continuité écologique des cours d'eau (RCE), contestée à l'échelle nationale (Barraud et Germaine, 2017; Drapier et al., 2021). La RCE se confronte sur le terrain à l'opposition des propriétaires de moulins (Figure 14) et des gestionnaires d'installations hydroélectriques, mais aussi parfois à celle des élus et des usagers attachés au paysage de la rivière aménagée, au patrimoine et aux usages conditionnés par les plans d'eau créés à l'amont des ouvrages (Barraud et Germaine, 2017).

Des représentations multiples de la rivière

Des travaux de recherche renseignent sur la nature de ces oppositions résultant de représentations multiples de la rivière, de la nature et du patrimoine en France (Germaine et Lespez, 2014; Le Calvez,

2015) comme en Europe (Eden et Tunstall, 2006; Lejon et al., 2009) ou aux États-Unis (Fox et al., 2016; Sneddon et al., 2017). Ces représentations multiples de la rivière ont été étudiées par des enquêtes sur deux affluents de la Seine, la Risle et la Mauldre (cf. Figure 6) (Germaine et al., 2022).

Les trois quarts des usagers enquêtés qui habitent dans une commune traversée par la Risle (Eure), estiment qu'elle est importante pour leur cadre de vie et évoquent quatre grandes représentations de la rivière (Figure 15). Une première représentation, hédoniste, repose sur une image positive de la rivière, participant au cadre de vie, en tant que décor agréable avec des qualificatifs comme « calme » ou « belle ». Une deuxième représentation plus utilitariste, qualifie la rivière en fonction des bénéfices qu'elle apporte, comme les mots de « poissons », « utile » ou « sport », regroupant ainsi les usagers pratiquant la pêche et les sports nautiques. Une troisième représentation, naturaliste, repose sur l'image d'une rivière sauvage, riche en biodiversité qu'il faut protéger. Enfin, une dernière représentation négative rappelle d'une part les pressions exercées sur la rivière, qualifiée d'« abîmée », (pollution et saleté) et d'autre part la menace qu'elle peut représenter lors des crues, évoquant une rivière capricieuse et dangereuse.

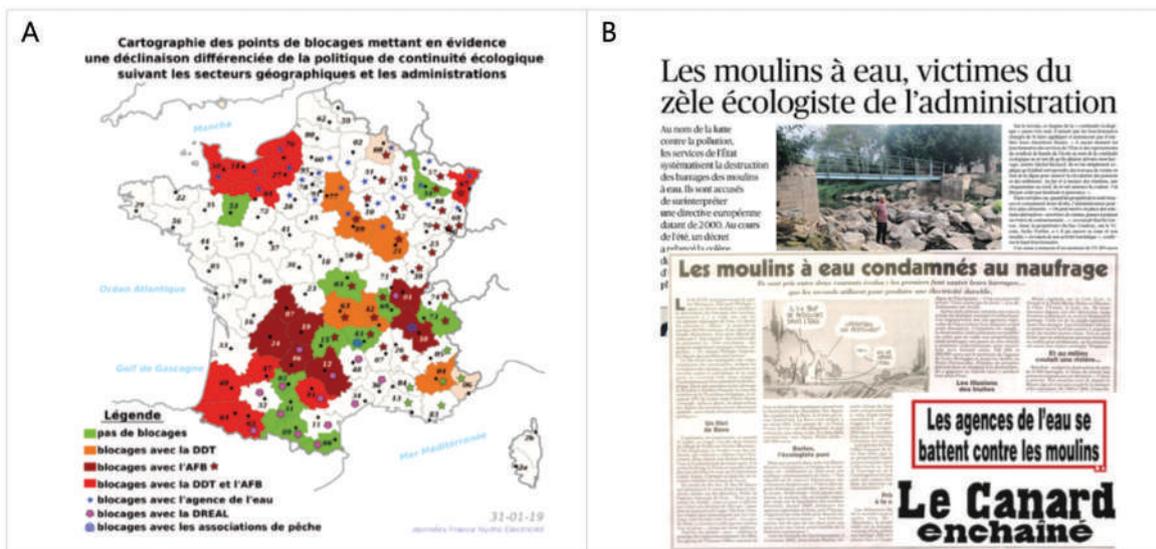


Figure 14 : Illustration des conflits liés à la restauration de la continuité écologique.

A) Cartographie des points de blocage (d'après Hydraulicois ou OCE);

B) Exemples d'articles de journaux relatant les conflits avec les associations de défense des moulins.

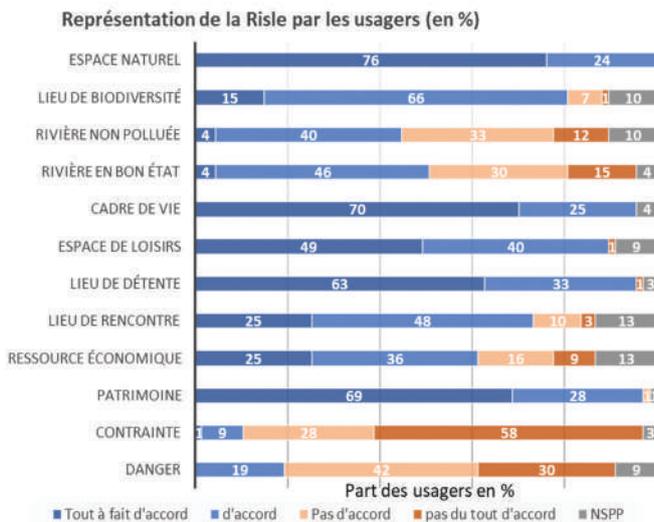


Figure 15 : Représentations et qualification de la Risle par les usagers (Temple-Boyer & M2 Gedelo, 2021).

Sur les trois communes investiguées le long de la Mauldre (Yvelines), des relations et des perceptions différentes de la rivière par les usagers ont été observées, ce qui s'explique en partie par la nature des projets sur la rivière et son mode d'inscription dans l'espace urbain. À Beynes, la relation à la rivière est plutôt exclusive, car elle est dominée par la présence d'un étang en cœur de ville, situé le long de la rivière (Figure 16).

À Aulnay-sur-Mauldre, la relation à la rivière est plus partagée par les usagers qui fréquentent collectivement les bords de la Mauldre; elle est perçue comme naturelle, sauvage et belle, faiblement intégrée au réseau urbain. La pratique de la randonnée au-delà du linéaire de la Mauldre permet aux usagers d'acquérir des informations et des connaissances plus globales sur la rivière.

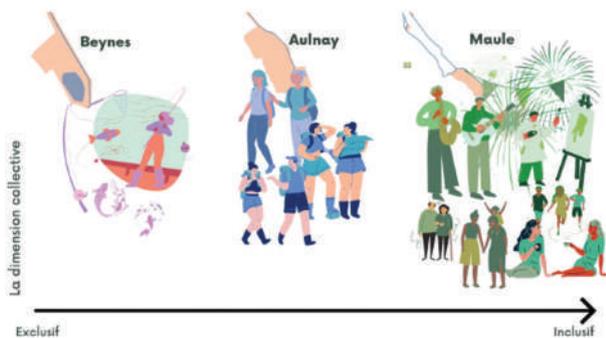


Figure 16 : Les relations à la Mauldre sur les trois communes (M2 Gedelo, 2021).

À Maule, la relation à la rivière est plus inclusive avec l'organisation d'activités communales sur ses bords (Figure 16). C'est par cette convivialité et la relation entre les usagers que les informations et les connaissances peuvent être partagées. La Mauldre fait l'objet de représentations bucoliques et récréatives, dans la mesure où elle est à la fois un lieu de passage fréquenté de la commune et un espace à l'écart de l'urbanisation. Cette configuration s'est sûrement renforcée avec l'avancement des travaux d'aménagement qui permet une promenade aménagée en bordure forestière, le long d'un tronçon de rivière méandré et visible.

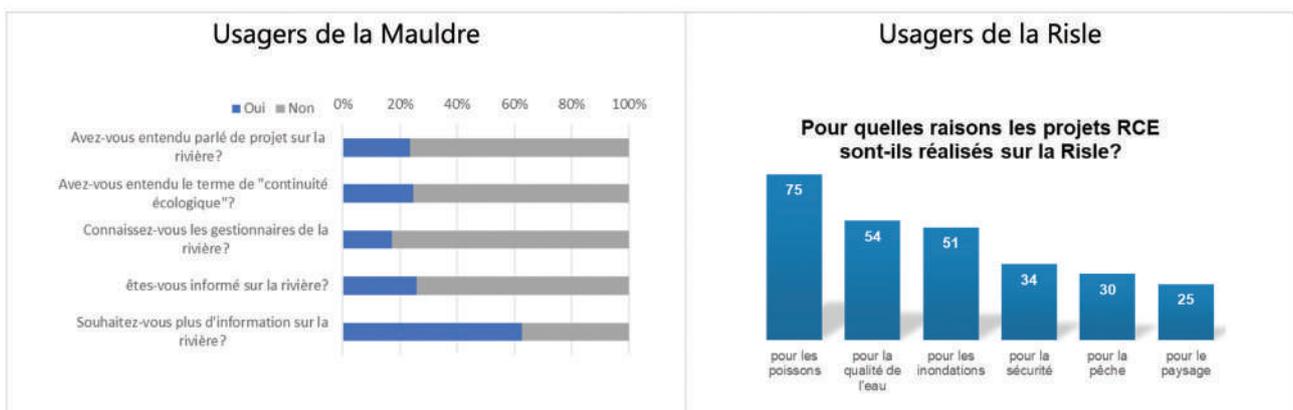


Figure 17 : Connaissances des usagers de la Mauldre et de la Risle sur les opérations de RCE (Temple-Boyer, 2022).

Ainsi, si les rivières sont globalement appréciées, ce sont diverses représentations et niveaux de connaissances des riverains et usagers qui sont observés (Figure 17).

Des compréhensions variables des enjeux de la continuité

Les objectifs de restauration de la continuité écologique des cours d'eau sont en général peu appropriés par les habitants et usagers (Barraud et Germaine, 2017). Ainsi l'enquête sur la Mauldre montre que les trois quarts des enquêtés n'ont pas connaissance des opérations de restauration écologique. Pour ceux qui connaissent ces projets, ils en retiennent qu'il s'agit d'opérations de reméandrage et de lutte contre les inondations. La continuité écologique n'est jamais évoquée, et 75 % des enquêtés n'en ont jamais entendu parler. Tandis que sur la Risle, l'objectif piscicole de la RCE arrive en premier (Figure 17).

Sur la Seine, l'appropriation et la connaissance du rôle de la passe à poissons qui contourne le barrage d'Andrésy par les visiteurs de l'île Nancy sont enquêtées. L'existence de la passe est globalement connue des habitants d'Andrésy et alentour, grâce notamment au journal de la commune ou tout simplement par le bouche-à-oreille. L'île est

accessible au public et comprend des parcours pédagogiques, un circuit de randonnée, des œuvres d'art et une guinguette. Les visiteurs sont intéressés par la biodiversité, le fleuve et le patrimoine (Figure 18). La majorité des individus interrogés a donné des éléments de définition pour caractériser l'utilité d'une passe à poissons telle que la reproduction des poissons, leur remontée, leur protection et le contournement des barrages. Lorsqu'il s'agit de définir la continuité écologique, ce terme demeure difficile à saisir, mais le terme « préserver » ressort majoritairement (Figure 18).

Néanmoins, les diverses représentations des rivières qu'ont les usagers, combinées aux compréhensions variables des enjeux de la continuité écologique, peuvent être source d'oppositions. Dans la compréhension de ces oppositions, voire des conflits, peu d'études se sont intéressées au rôle des maîtres d'ouvrage dans la conduite des projets et aux pratiques des gestionnaires locaux (Anquetil et al., 2018; Paysant et al., 2022). En particulier aux stratégies déployées par ces derniers en termes de communication (Druschke et al., 2017).

Sur le terrain, la mise en œuvre des politiques publiques environnementales repose en grande partie sur l'action de personnes assurant le rôle de médiateur ou de traducteur (Granjou et al., 2010).



Figure 18 : Compréhension de l'utilité de la passe à poissons et de la continuité écologique par les visiteurs de l'île Nancy sur la Seine, à Andrésy (Barrier, 2019).

C'est le cas des techniciens et techniciennes de rivière dans le domaine de l'eau (Richard-Feroudji, 2015) qui ont une position à l'interface des décideurs, des financeurs, des experts, des propriétaires et même des habitants. Les gestionnaires de rivières doivent communiquer dans des contextes de « micropolitiques écologiques » liés à des contextes culturels complexes et des visions divergentes de la nature (Fox *et al.*, 2016). Par crainte de voir des oppositions et des conflits émerger, ils freinent l'organisation des dispositifs collectifs de médiation et ont tendance à privilégier un échange direct avec les propriétaires fonciers concernés par les sites à restaurer. La priorité est de créer des conditions favorables à un projet de restauration afin de créer un effet d'entraînement auprès d'autres propriétaires situés à proximité. Cette pratique permet de maîtriser et contenir un discours qui se concentre sur la réglementation et les aspects techniques (et financiers) quand les objectifs s'avèrent difficiles à médiatiser et risquent d'être mal compris. La focalisation sur les propriétaires témoigne en effet d'une crainte, également observée auprès des

gestionnaires des milieux aquatiques (OFB, Agences de l'eau, etc.), qui conduit à se concentrer sur les réfractaires, pourtant minoritaires. Les objectifs plus profonds des opérations, qui pourraient intéresser un public plus large, sont eux laissés de côté.

Parce qu'elle transforme les paysages et les usages de la rivière et qu'elle met en jeu des représentations variées, la restauration de la continuité écologique est une action publique singulière. Sa mise en œuvre est complexe, car les rivières ne sont pas que des infrastructures naturelles, mais surtout des territoires hydrosociaux. La médiation sur les projets, incombant le plus souvent aux techniciens de rivières, relève d'un exercice périlleux auquel ils ne sont pas ou peu formés. Ils doivent en effet répondre aux attentes de communautés destinataires multiples – les propriétaires riverains (de berges et/ou d'ouvrages) d'un côté et le grand public de l'autre – sur des enjeux environnementaux potentiellement conflictuels.



EN RÉSUMÉ

L'analyse historique et écologique globale a mis en évidence l'impact cumulé de facteurs physiques et physico-chimiques sur la continuité écologique piscicole, expliquant le déclin des espèces migratrices. En plus de ces aspects structurels, des aspects sociaux s'ajoutent dans l'explication des modifications de la connectivité écologique au fil du temps. Le consensus social, motivé par les intérêts industriels pendant de longues périodes et la perception des rivières comme insalubres, a freiné la mise en œuvre de stratégies efficaces de gestion des milieux aquatiques. L'évolution des perceptions sur la Nature et la mobilisation de divers « lanceurs d'alertes » ont permis des coalitions d'envergure nationale entre État, scientifiques et pêcheurs, fournissant un arsenal de lois et de décrets protégeant les espèces aquatiques et leur milieu.

Les représentations et les usages multiples actuels des rivières par les usagers, combinés aux compréhensions variables des enjeux de la continuité écologique, restent une source d'opposition à leur restauration. Alors que des signes encourageants de recolonisation du bassin de la Seine par les poissons migrateurs sont observés depuis une décennie, les conflits d'usages se renforcent à nouveau dans le contexte du changement climatique et des débats issus de la loi Climat et Résilience (2021).

De telles interactions rivière-société sont complexes spatialement et temporellement. Les aborder par une collaboration interdisciplinaire entre hydrobiologistes, historiens de l'environnement et géographes s'avère enrichissant et adapté à la compréhension de cet enjeu ancien et complexe qu'est la continuité écologique.





#2

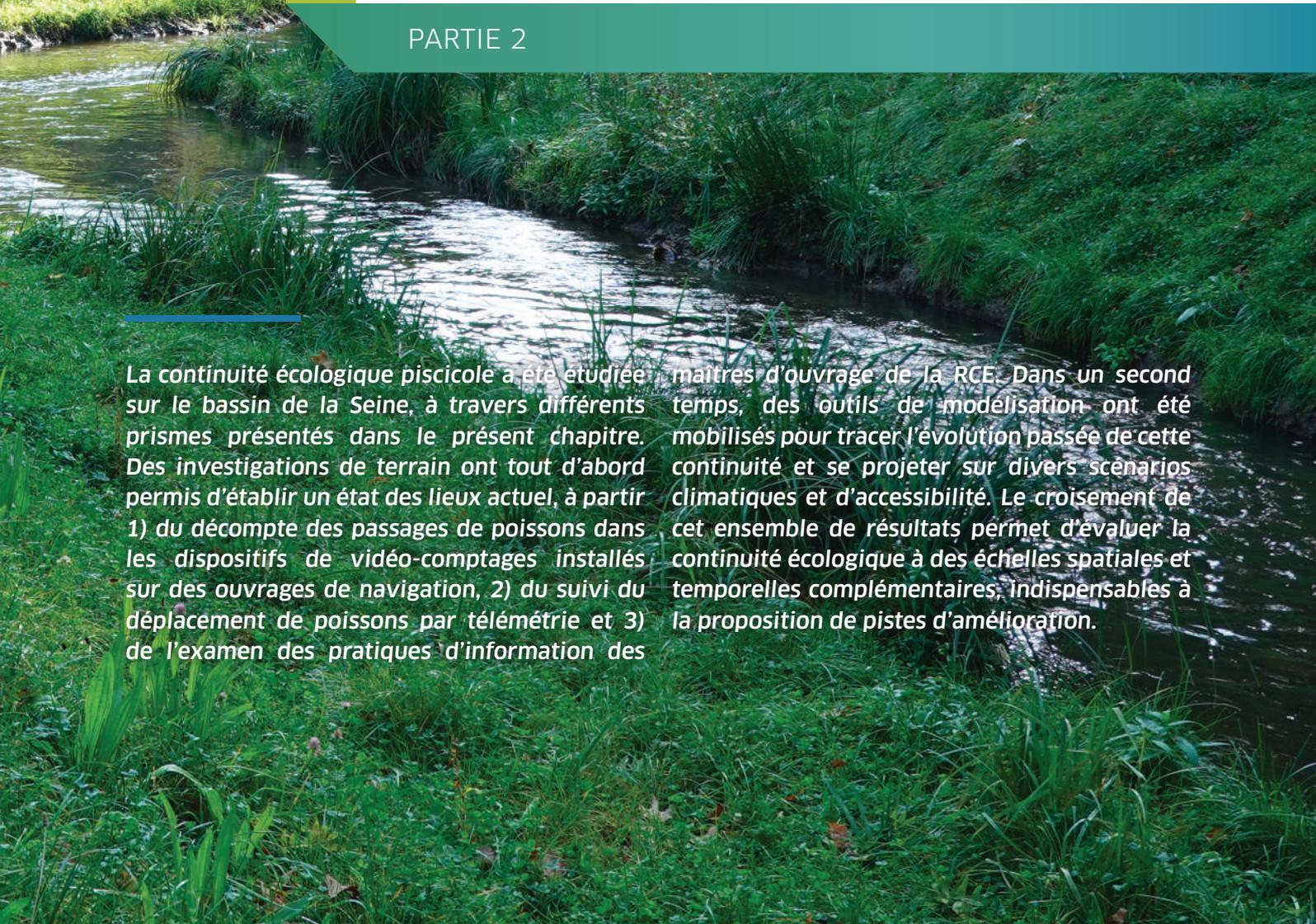


ÉTAT ACTUEL DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE ET SCÉNARIOS DE GESTION

PARTIE 2

La continuité écologique piscicole a été étudiée sur le bassin de la Seine, à travers différents prismes présentés dans le présent chapitre. Des investigations de terrain ont tout d'abord permis d'établir un état des lieux actuel, à partir 1) du décompte des passages de poissons dans les dispositifs de vidéo-comptages installés sur des ouvrages de navigation, 2) du suivi du déplacement de poissons par télémétrie et 3) de l'examen des pratiques d'information des

maîtres d'ouvrage de la RCE. Dans un second temps, des outils de modélisation ont été mobilisés pour tracer l'évolution passée de cette continuité et se projeter sur divers scénarios climatiques et d'accessibilité. Le croisement de cet ensemble de résultats permet d'évaluer la continuité écologique à des échelles spatiales et temporelles complémentaires, indispensables à la proposition de pistes d'amélioration.



2.1 DES INVESTIGATIONS DE TERRAIN POUR ÉVALUER L'ÉTAT DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE ET DE SON APPROPRIATION LOCALE

Variabilité et difficulté des parcours migratoires des espèces sur l'axe Seine

Les poissons grands migrateurs (amphihalins) qui s'engagent en baie de Seine rencontrent depuis 2008 des conditions d'oxygène favorables à leur migration (GIPSA, 2008). Ils disposent de quelques affluents estuariens : la Risle, l'Austreberthe, l'Eure et l'Andelle, que certaines espèces utilisent en partie pour se reproduire. La truite de mer remonte la Risle et la lamproie marine l'Andelle et l'Eure pour construire leurs nids. Les suivis annuels de la Fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique de l'Eure montrent en particulier que les fronts de colonisation de la lamproie marine pour l'année 2020 sont particulièrement hauts : 13 km sur l'Andelle, 0,8 km sur l'Iton et 38 km sur l'Eure (FDAAPPMA27, 2020). Sur ces affluents, les linéaires accessibles aux espèces augmentent depuis quelques années grâce aux actions de restauration menées

par les acteurs de la gestion des milieux aquatiques. Le premier ouvrage bloquant la libre circulation des espèces a été récemment réaménagé sur la Risle (ouvrage de la Madeleine à Pont-Audemer en 2022) et effacé dans l'Eure (barrage de Martot, 2017). Ces opérations offrent ainsi de nouvelles possibilités de migration pour les espèces amphihalines et résidentes, notamment sur la Risle où les premiers migrateurs sont observés au vidéo-comptage installé en 2022 sur un bras de contournement en amont de Pont-Audemer.

L'estuaire soumis à marée est limité à l'amont par le barrage de navigation de Poses, situé à près de 165 km de la mer entre les communes de Poses et d'Amfreville-sous-les-Monts (Eure). Mis en service en 1887, il constitue pour les espèces migratrices le premier ouvrage transversal rencontré sur la Seine. Long de 470 m avec une hauteur de chute de 5,4 m, l'ensemble de l'ouvrage comprend les écluses gérées



Figure 19 : Vue aérienne du barrage de Poses et des écluses d'Amfreville-sous-les-Monts (Seinormigr 2021).

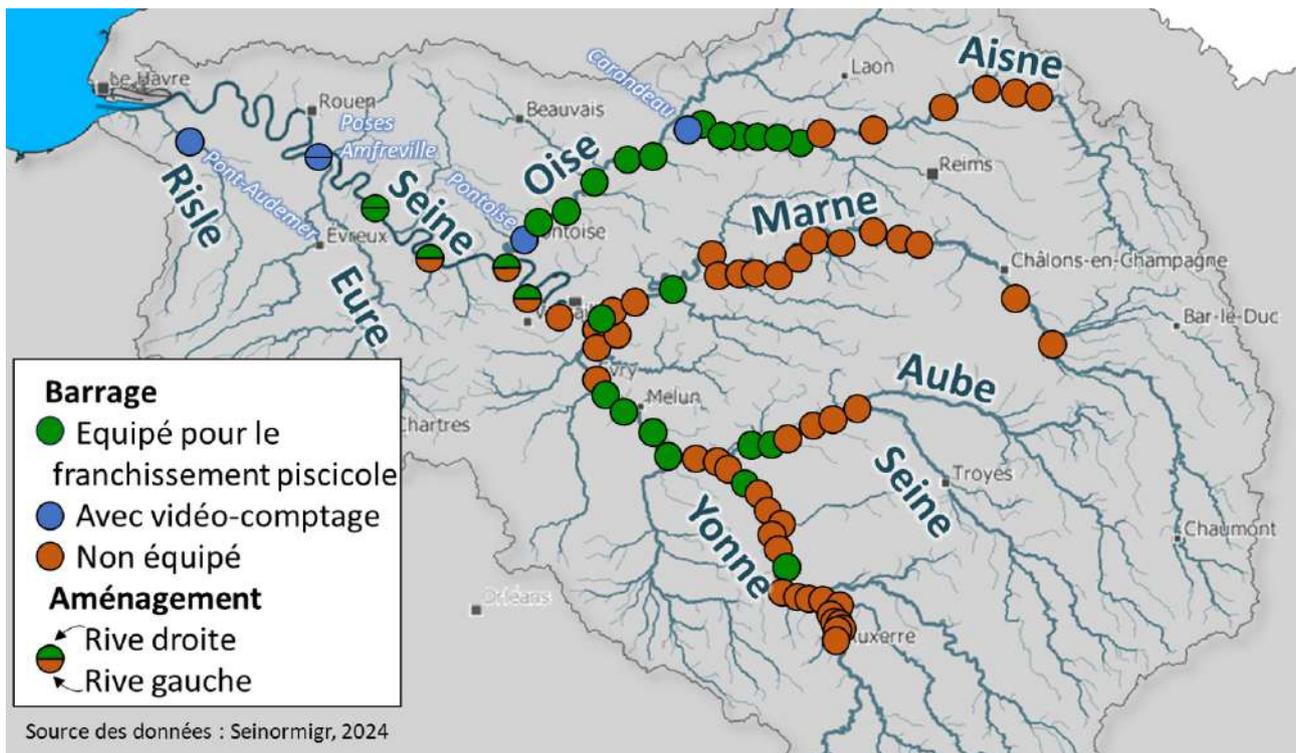


Figure 20 : Degré d'équipement des barrages de navigation pour le franchissement piscicole sur les grands axes fluviaux navigués en 2022 (Seinormigr 2021).

par VNF en rive droite ; les vannes sur une distance de 235 m et l'usine hydroélectrique exploitée par HYDROWATT en rive gauche (Figure 19).

Le barrage de Poses est le premier d'une série d'ouvrages de navigation répartis sur les grands axes fluviaux du bassin de la Seine (Seine, Oise, Aisne, Marne, Yonne) qui sont partiellement équipés pour le franchissement piscicole (Figure 20). Venant de la mer, le linéaire théoriquement accessible remonte jusqu'à Suresnes sur la Seine et jusqu'à Villeneuve-Saint-Germain sur l'Aisne via l'Oise.

Évaluez le passage des poissons aux stations de contrôle des migrations

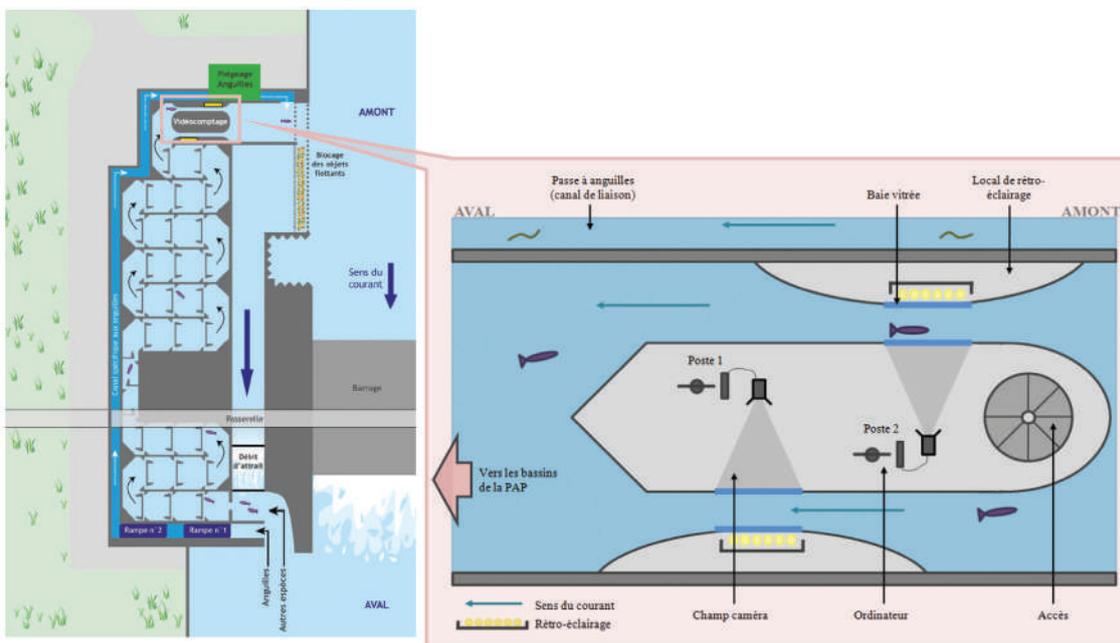
Ainsi, sur les lieux de passages potentiels que sont les passes à poisson, la présence d'un dispositif de piégeage ou de vidéo-comptage fournit des indications sur la dynamique temporelle des passages, les effectifs franchissant et l'estimation des fronts de colonisation a minima sur chacun des axes de migration (Encart méthodologique 3).



ENCART MÉTHODOLOGIQUE 3

COMPTER LES POISSONS AUX STATIONS DE CONTRÔLE DES MIGRATIONS

Placées en différents points stratégiques du bassin, des stations de contrôle (STACOMI) permettent de suivre la dynamique temporelle des effectifs migrants. Le principe est de diriger les poissons qui remontent le cours d'eau vers un couloir équipé d'un dispositif de vidéo-comptage et d'un enregistrement informatique à déclenchement automatique, permettant d'identifier et de comptabiliser les individus en montaison. Ce type de comptage est une technique sans manipulation des poissons, qui permet de s'affranchir des inconvénients majeurs du piégeage. Ce dispositif s'avère être un outil indispensable pour la connaissance des espèces migratrices du bassin de la Seine.



Gauche : Passe à poissons VNF en rive droite, 28 bassins et 2 couloirs de vidéo-comptage, dispositif de piégeage des anguilles. Rive droite. Droite : Schéma du système de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations en rive droite du barrage de Poses- Amfreville-sous-les-Monts (Seinormigr, 2021).



Alose



Lamproie



Truite de mer

Photos de trois espèces prises dans les couloirs de vidéo-comptages

En 2023, 4 stations de contrôle des migrations, sur les 5 en fonctionnement sur le bassin de la Seine, enregistrent chaque année des poissons amphihalins en recolonisation. Le suivi des migrations est réalisé par diverses structures (Association Seinormigr, syndicat mixte de la Base de Plein Air et de Loisirs de Lery-Poses, Fédération de pêche de l'Oise). À ce jour, deux stations de contrôle des migrations de type vidéo-comptage (STACOMI) existent sur Poses/Amfreville-sous-les-Monts : en rive gauche depuis 1991, intégrée à l'usine hydroélectrique, et en rive droite depuis octobre 2017, associée au barrage de navigation.

Les données sur le passage des espèces fournissent des indications sur l'évolution interannuelle des effectifs. Sur les dix dernières années, la lamproie marine, l'alose (*Figure 21*) et l'anguille représentent les espèces migratrices les plus abondantes dans les passages comptabilisés à Poses. Alors que les effectifs d'aloses fluctuaient jusqu'à quelques centaines d'individus par an, l'ouverture d'une seconde passe à poissons en rive droite a permis d'observer jusqu'à quelques milliers d'individus en 2020 et 2021 (*Figure 21*). Les effectifs de lamproies marines sont quant à eux en nette baisse depuis 2016.

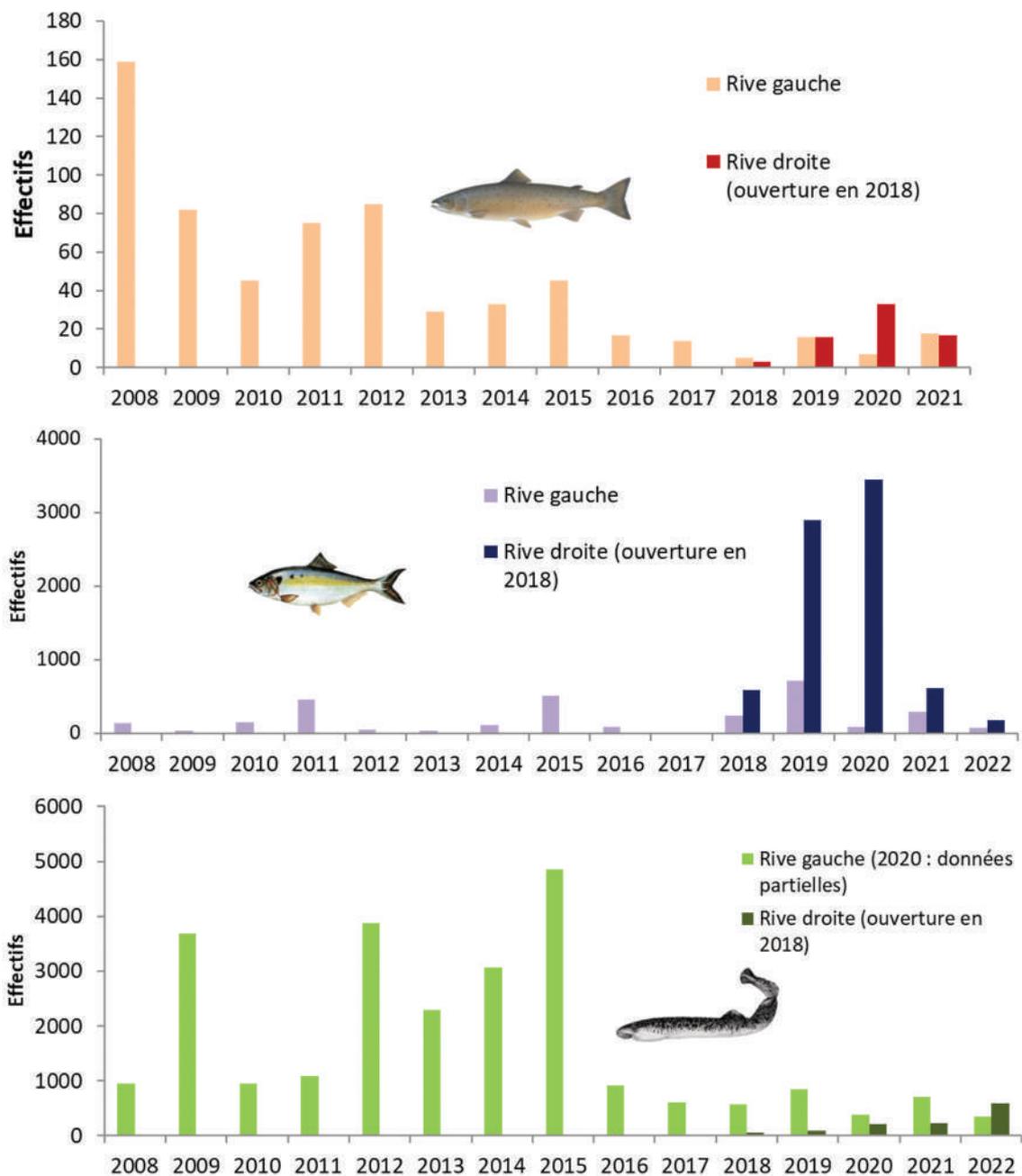


Figure 21 : Évolution interannuelle des effectifs, de haut en bas, de saumons, d'aloses et de lamproies marines dénombrées aux deux stations de vidéo-comptage du barrage de Poses (Seinormigr, 2021).

Le nombre de salmonidés (saumon atlantique et truite de mer) varie selon les années de quelques dizaines à quelques centaines d'individus, témoignant de populations au statut précaire (Figure 21). Pour les anguilles, un dispositif spécifique de piégeage a permis de dénombrer près de 500 000 civelles en montaison en 2018. Pour une année donnée, les dynamiques temporelles de passage sont aussi très informatives, fournissant les périodes ou les heures de la journée qui sont privilégiées selon les espèces (Figure 22). Ces informations pourraient aider à mettre en œuvre des gestions différenciées des

ouvrages (navigation et hydroélectricité), favorables à la migration des espèces.

Depuis 2017, une autre station de vidéo-comptage est fonctionnelle sur le barrage de Carandeau, sur l'Aisne, à 2 km de la confluence de l'Oise et à 450 km de la mer (cf. Figure 20). Cette station a permis d'observer la recolonisation du bassin versant de l'Aisne par le saumon atlantique, la truite de mer, la grande alose, la lamproie marine et l'anguille européenne. En comparant la dynamique des passages entre Poses et Carandeau, des vitesses de progression des poissons migrants peuvent être estimées compte tenu de

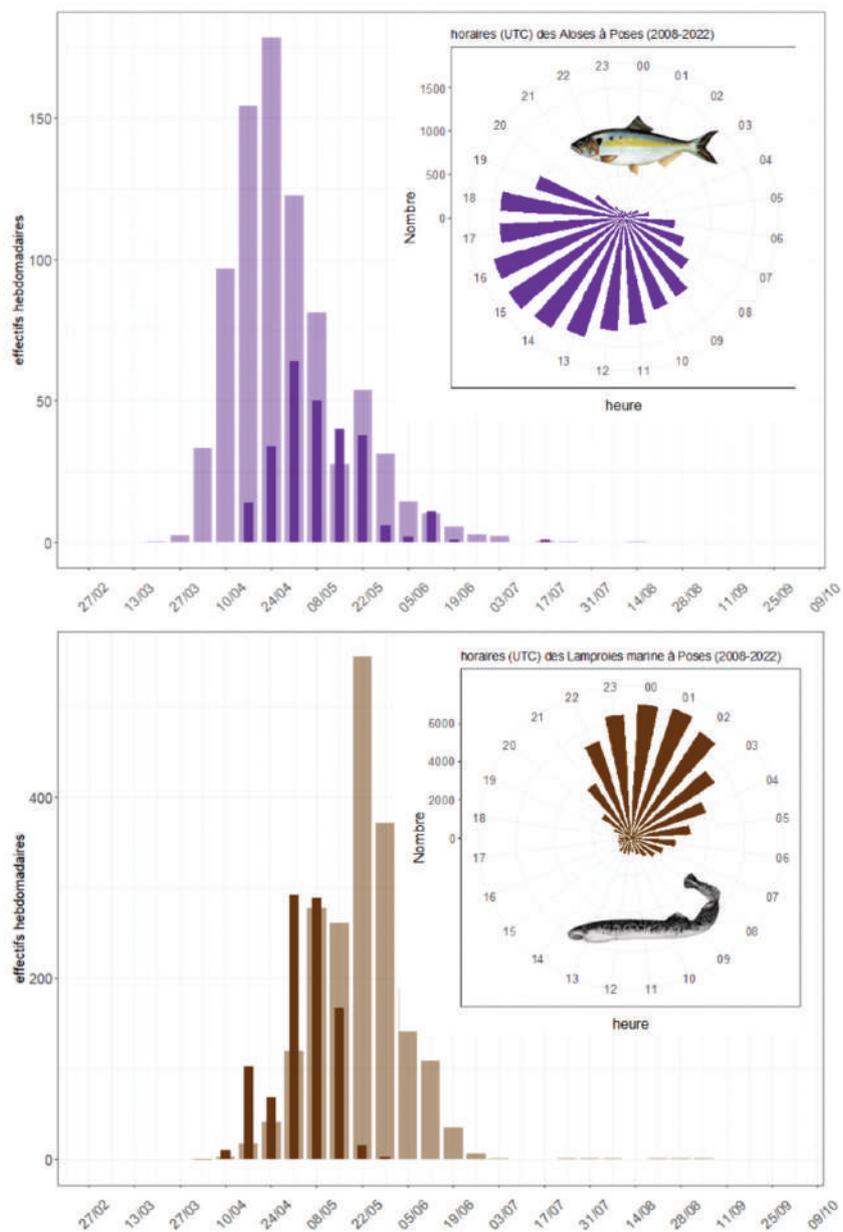


Figure 22 : Dynamique temporelle de passage des espèces à la station de vidéo-comptage de Poses/Amfreville et horaires des passages (Seinomigr 2021). En haut, pour les aloses ; en bas, pour la lamproie marine. Barres claires : moyenne interannuelle (2008-2020), barres foncées : année 2021.

la présence de dix ouvrages de navigation entre les deux stations. Ainsi, un délai de 28 jours est observé entre les deux pics de passage de l'alose sur les deux stations (Seinormigr *et al.*, 2021), ce qui correspond à une vitesse théorique de progression de 8 km/jour avec dix ouvrages franchis. Dans des secteurs sans obstacle, la vitesse de migration est estimée entre 17 et 23 km/j dans l'estuaire de la Gironde (Rochard, 2001) et à 51,6 +/- 17,4 km/jour pour 30 poissons suivis par télémétrie sur la Loire (Tétard *et al.*, 2016).

En plus des données de passage à certains points cruciaux du bassin, des études complémentaires sont nécessaires pour appréhender la libre circulation des espèces sur une partie de la Seine fluviale. Bien que progressivement équipés depuis trente ans de dispositifs de franchissement piscicole, les ouvrages de navigation de l'axe Seine et Oise n'ont fait l'objet d'aucun suivi comportemental du passage des espèces jusqu'à 2020.

Étudier la libre circulation à l'aide de la télémétrie

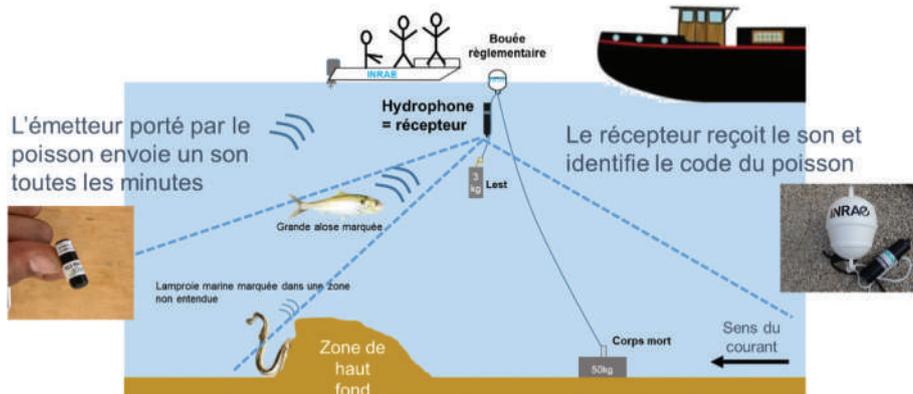
L'évaluation de la libre circulation des poissons repose sur l'acquisition de connaissances d'écologie comportementale. Parmi les méthodes de cette discipline, la surveillance à distance par télémétrie acoustique permet de recueillir des informations précieuses sur le comportement des poissons en liberté dans leur environnement naturel (*Encart méthodologique 4*). Différentes espèces de poissons grands migrateurs et résidents, capturées dans la passe à poissons d'Amfreville-sous-les-Monts, ont été équipées d'émetteurs. Leurs trajectoires spatio-temporelles sont calculées en utilisant les données de détection de chaque individu par un réseau de 60 récepteurs acoustiques, déployés sur un linéaire de 185 km de Poses à Suresnes (Le Pichon *et al.*, 2022).



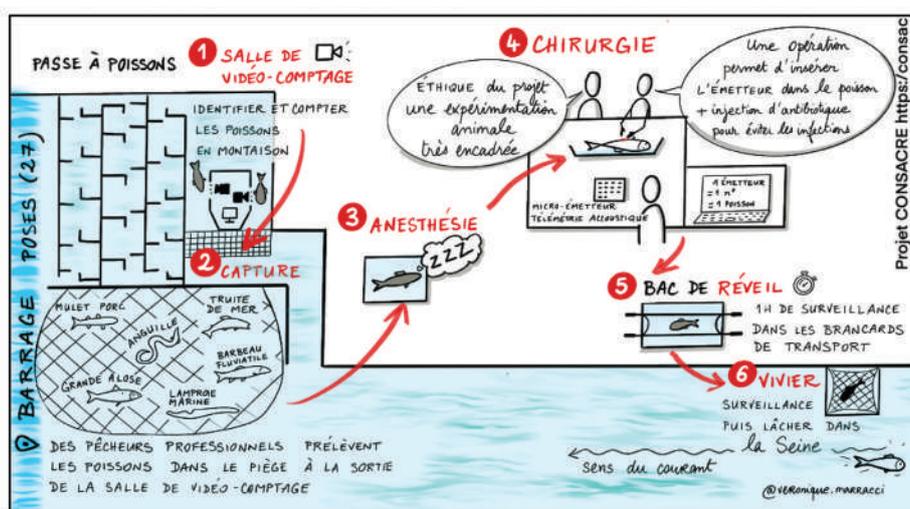
ENCART MÉTHODOLOGIQUE 4

EXPÉRIMENTER LE COMPORTEMENT DE MIGRATION DES POISSONS

L'écologie comportementale apporte des connaissances indispensables à l'étude des espèces impactées par les activités humaines. Parmi les méthodes existantes, la surveillance à distance de l'activité et des trajectoires des individus s'avère précieuse pour comprendre les comportements dans les milieux fluviaux navigués. La bio-télémetrie est une technologie qui consiste à fixer sur un animal un dispositif électronique qui va envoyer des données au cours du temps à des récepteurs.



Les données de détection spatio-temporelles sont obtenues grâce à la mise en place d'un réseau de 62 hydrophones sur les 185 km du fleuve entre Poses et Paris, précédant la capture et le marquage des poissons. Cette expérimentation animale, très encadrée, fait l'objet d'une autorisation de projet utilisant des animaux à des fins scientifiques, accordée par le Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (MESRI) après validation du protocole par le comité d'éthique. Les poissons sont capturés lors de leur migration à l'aide d'une cage-filet installée dans la passe à poissons de Poses, opérée par des pêcheurs professionnels et l'association Seinormigr. Après anesthésie, l'émetteur est inséré selon l'espèce dans la cavité stomacale par voie naturelle ou dans la cavité péritonéale par chirurgie.



Ces marquages réalisés par des personnes habilitées sont peu traumatisants et rapides à mettre en place. Ils doivent permettre d'étudier les comportements habituels des espèces. Pendant toute la phase de suivi, les données enregistrées en continu sont collectées tous les 15 jours en bateau ou en kayak et analysées à l'aide d'un logiciel de traitement de l'information géoréférencée.

DES OUVRAGES DE NAVIGATION QUI RESTENT DIFFICILES À FRANCHIR MALGRÉ LES PASSES À POISSONS

L'analyse des trajectoires spatio-temporelle individuelles permet de dégager divers indicateurs comportementaux individuels (Figures 23 et 25). La pente de la trajectoire entre deux barrages permet de calculer les vitesses «au sol», indicatrices des vitesses de nage dite «de croisière» dans chaque bief.

Les vitesses de nage de montaison dans les biefs varient de 0,3 à 5,6 km/h pour les aloses, avec une moyenne de 2,8 km/h, ce qui reviendrait à accomplir le parcours Poses-Suresnes en 2,7 jours. Les lamproies marines progressent à des vitesses entre 0,7 et 2,5 km/h, comparables aux vitesses moyennes de 1 à 2,5 km/h relevées dans les tronçons de rivière à faible écoulement (Castro-Santos *et al.*, 2017 ; Quintella *et al.* 2009). Les barbeaux rejoignent le barrage de Port-Mort à des vitesses de 0,3 à 1 km/h, bien supérieures aux vitesses de progression entre ouvrages de ~2 km/jour relevées pour le barbeau commun dans la Meuse (Ovidio *et al.*, 2023).

Les périodes d'attente sous les ouvrages et de replis vers l'aval ainsi que les périodes de montaison ou de franchissement renseignent sur les temps relatifs passés à divers types de comportements liés aux ouvrages. L'attente à l'aval des ouvrages représente

30 à 95 % des trajectoires des aloses, le reste est surtout dédié à la montaison et où à la dévalaison et dépend du nombre d'ouvrages franchis par chaque individu et de leur localisation maximale en amont (Figure 24).

Seize aloses sur 19 arrivent au barrage de Port-Mort et 12 le franchissent, alors que seules 12 lamproies marines sur 43 l'atteignent sans le franchir et que 18 barbeaux sur 23 l'atteignent et 2 le franchissent. Ce premier ouvrage de navigation est un point de blocage confirmé : la passe à poisson sur la centrale hydro-électrique en rive droite a été classée non fonctionnelle sur des critères de dimensionnement et/ou de gestion (Collinet, 2013) et celle au pied du barrage côté rive gauche présente des difficultés d'entretiens liés à sa conception qui sont en cours d'amélioration (OFB/VNF, communications personnelles).

Globalement, les ouvrages de navigation restent difficiles à franchir par la majorité des espèces dans les conditions hydrologiques de juin-juillet 2020 (débit moyen $190 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ proche du quinquennal sec juin-juillet 2010-2018, Station Vernon) et de mai-juin-juillet 2021 ($350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ proche de la moyenne) (Merg *et al.*, 2020). Bien que la majorité des individus ait été capturée dans la passe à poissons d'Amfreville-sous-les-Monts, ils ne franchissent pas celles du barrage de Port-Mort.

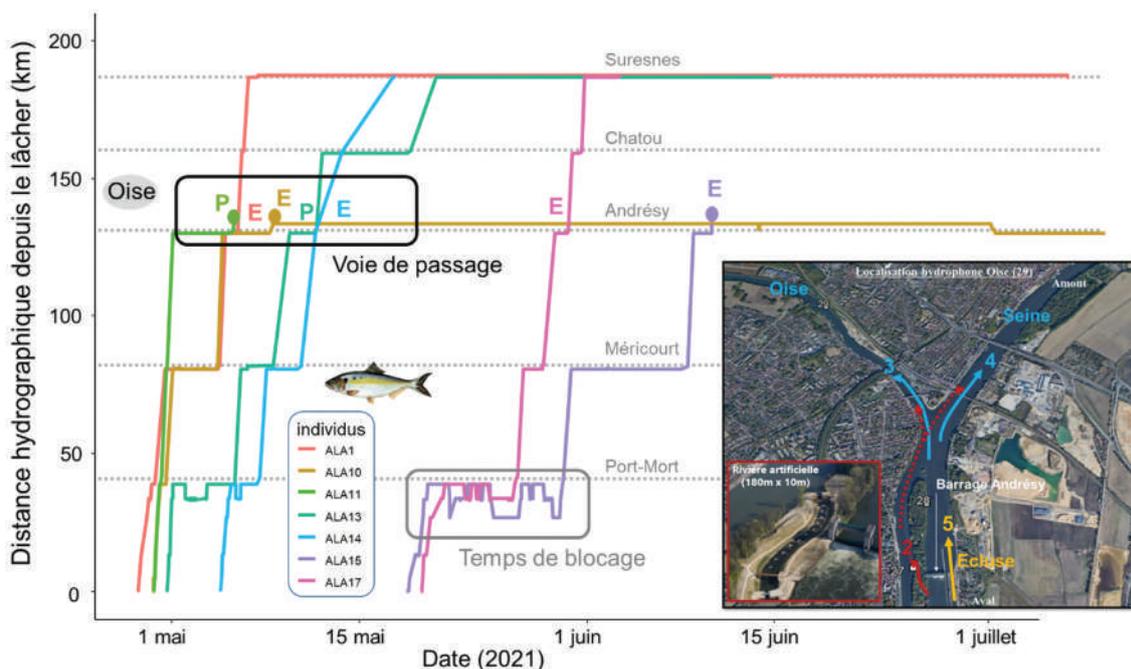


Figure 23 : Trajectoires spatio-temporelles des 7 grandes aloses qui ont franchi au moins 3 barrages (amont d'Andrésy). Détail des voies de passage aux ouvrages d'Andrésy P : passage par la passe à poisson, E : passage par les écluses. Photo aérienne de la confluence de la Seine et de l'Oise en amont du barrage d'Andrésy et nombre d'aloises empruntant les différentes voies de passage et remontant l'Oise (individus mentionnés par un point sur la trajectoire).

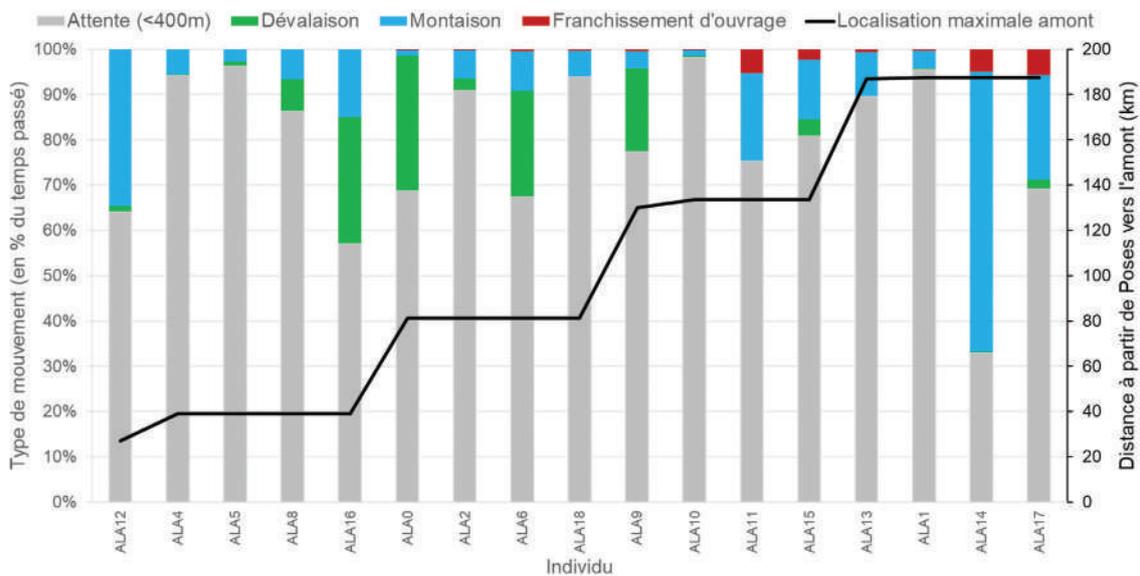


Figure 24 : Temps passé (en %) aux différentes catégories de mouvement par les grandes aloses, classées par nombre d'ouvrages de navigation franchis.

Le nombre d'individus qui franchissent successivement chaque ouvrage donne une indication de l'impact cumulé des ouvrages, le premier étant franchi par 12 aloses sur 19 alors que le 5^e (Suresnes) n'est franchi que par 3 individus. Le taux de franchissement cumulé atteint ainsi 44 % à Chatou pour les aloses et 0 % pour les autres espèces. Une analyse fine des trajectoires des aloses qui franchissent le 3^e barrage à Andrésy montre les périodes où les individus sont bloqués, notamment à l'aval de Port-Mort où ils réalisent des allers-retours de 5-10 km à la recherche d'une voie de passage (Figure 23). Lorsque c'était possible, la voie de passage a pu être déterminée, notamment aux ouvrages d'Andrésy où deux individus utilisent la rivière de contournement et cinq les écluses (Figure 23).

DES ESPÈCES RÉSIDENTES PAS SI RÉSIDENTES QU'ÇA!

Pour les espèces résidentes des eaux douces, comme le barbeau fluviatile et la brème commune, la migration reprend en quelques heures après le lâcher pour 100 % des brèmes communes marquées en 2020 et des barbeaux marqués en 2021. Ces individus, en bonne santé, présentent parfois des signes révélant qu'ils sont proches de la période de reproduction (présence de boutons nuptiaux). Les barbeaux ont notamment une trajectoire directe vers le barrage de Port-Mort, 45 km plus en amont et restent globalement sous cet ouvrage avant d'effectuer une dévalaison vers Poses entre juillet et septembre (Figure 25). Les brèmes communes sont très mobiles et explorent l'ensemble du bief, arrivant

jusqu'à Port-Mort pour un quart des individus suivis.

Ces résultats suggèrent une forte variabilité des comportements migratoires entre espèces, mais aussi entre individus de la même espèce sur un axe fluvial navigué et producteur d'hydro-électricité. La difficulté d'utilisation des passes à poissons associées aux ouvrages de navigation, dans les contextes testés de faible à moyenne hydrologie des années 2020-2021, est réelle et se traduit par des attentes importantes sous les ouvrages et l'utilisation de voies de passages alternatives (écluses). Nos observations viennent renforcer les constats de faibles taux de conformité de certaines passes à poissons lors des visites réglementaires. Ils sont généralement liés à des problèmes de conception, d'entretien et de gestion (débit d'attrait peu efficace, chute aval trop haute ou puissance dissipée trop forte dans les bassins).

Cette expérimentation constitue une première évaluation des potentialités de migration sur la Seine de Poses à Paris et montre que l'Oise est une voie migratoire non négligeable, notamment en l'absence d'ouvrage de franchissement à Suresnes.

EXPÉRIMENTER POUR INITIER UN DIALOGUE AVEC DIVERS PUBLICS

À l'occasion de cette expérimentation, qui a nécessité une présence importante et régulière sur la Seine et ses affluents, des documents d'information ont été rédigés et distribués aux riverains, aux pêcheurs, ainsi qu'à toutes les communes concernées par la pose d'hydrophones sur leur territoire. Ce type d'expérimentation de terrain s'avère une occasion

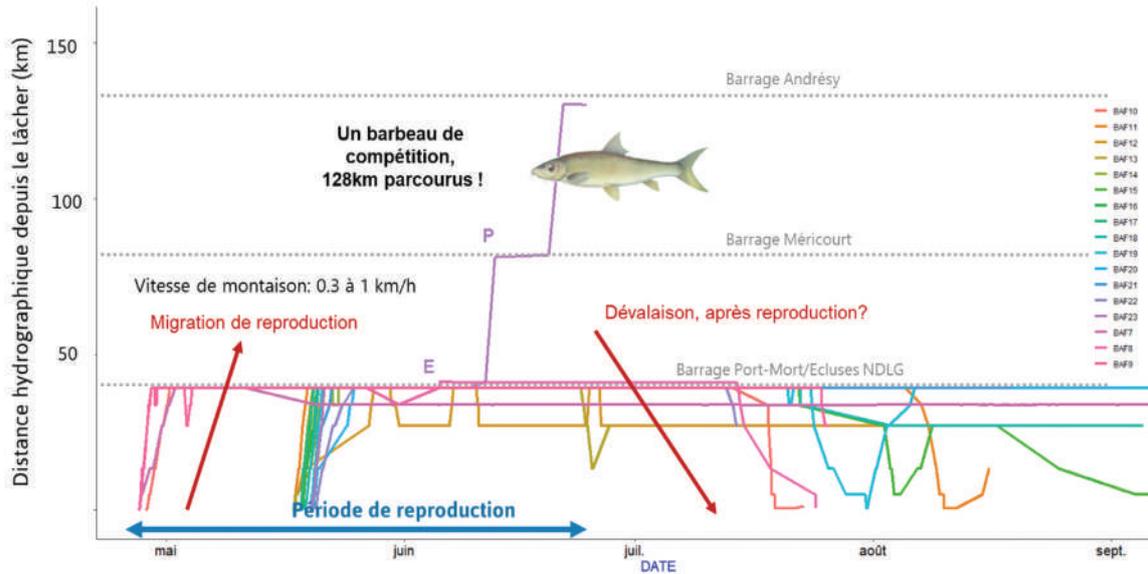


Figure 25 : Trajectoires spatio-temporelles des barbeaux marqués. E : Écluse ; P : Passe à poissons.

unique d'expliquer les objectifs de la restauration de la continuité écologique à divers publics rencontrés au fil de l'eau et de discuter à petite échelle de leurs connaissances sur la rivière et de leurs attentes. Ces quelques échanges sont malgré tout fragmentaires et peu représentatifs, des enquêtes et investigations spécifiquement tournées vers les divers types de publics sont nécessaires et ont été menées par des géographes spécialistes de ces questions.

Il apparaît en effet crucial d'identifier les éléments de connaissance mis à disposition des populations pour qu'elles s'approprient les enjeux et principes de la RCE (objectifs, réglementation, protagonistes, coût) et qu'elles comprennent l'effet des obstacles vis-à-vis du fonctionnement des milieux aquatiques (cycle de vie des espèces migratrices, dynamique fluviale).

RECHERCHES SCIENTIFIQUES EN COURS
Étude des déplacements des poissons dans la Seine entre Poses et Paris 2020-2021

Lamproie marine, Truite de mer, Mulet porc, Barbeau fluviatile, Saumon Atlantique, Grande alose, Anguille

Je participe

- 1 Je vois une bouée blanche INRAE
- 2 Je l'évite si elle flotte à la surface
- 3 Si je la trouve échouée, Je note son numéro et sa position
- 4 Je communique les informations aux chercheurs. Merci !

0630177154

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LE PROJET <https://consacre.fr>

eau seine normandie, RÉGION NORMANDIE, Région Île-de-France, GIP Seine-Aval, vnf

Difficultés d'appropriation locale renforcées par un déficit d'information

Sur l'axe Seine et certains affluents, la Risle et l'Eure, divers supports d'information proposés par les maîtres d'ouvrage ou leurs partenaires pour accompagner 19 opérations de RCE ont été analysés sur la période 2010-2019 (site web, article dans un bulletin d'information, billet sur Internet, vidéo, panneau *in situ*, etc.; *Figure 26*). À l'inverse de la Seine, les deux affluents non domaniaux possèdent des ouvrages hydrauliques (en partie obsolètes) qui appartiennent à de multiples propriétaires. Leur gestion est assurée de l'aval vers l'amont par plusieurs syndicats de rivière, collectivités ou associations syndicales sur la Risle (Syndicat de la Risle et de la Charentonne, ASARM, SIBVR) et sur l'Eure (CASE, Syndicat intercommunaire SNA/EPN, SBV4R) et son affluent l'Iton (SMABI, SIHVI). Anquetil *et al.* (2018) montrent qu'une des difficultés posées par les opérations de RCE est qu'elles contraignent les gestionnaires de rivière à articuler les objectifs écologiques, auxquels ils sont familiers, avec les usages, le fonctionnement et l'identité du territoire, qui constituent des champs moins investis par ces acteurs. Il s'agit de voir si les pratiques d'information mise en œuvre par les maîtres d'ouvrage contribuent à fournir aux populations des savoirs leur permettant

d'être mieux armés pour participer à un éventuel dialogue sur le devenir des rivières (Gobster et Westphal, 2004; Reed, 2008; Nez, 2011).

UNE INFORMATION FAIBLE ET TARDIVE QUI SE CONCENTRE SUR LES SITES PUBLICS

Les sites publics sont plus propices pour cette analyse, car le maître d'ouvrage dispose de la maîtrise foncière pour une diffusion *in situ*. En outre, l'information est facilitée lorsque les maîtres d'ouvrage disposent de personnels (employés compétents, temps disponible) et de ressources techniques (outils) et financières (budget). Dans d'autres cas, le propriétaire public souhaite communiquer pour donner l'exemple avec la mise en scène de sites « vitrine ».

L'étude montre que 44 % des supports d'information sont postérieurs aux travaux et que près de 38 % sont diffusés lors de leur réalisation. Il s'agit principalement de mettre en valeur des aménagements achevés, autrement dit de communiquer sur les activités menées et non d'inviter à échanger sur un projet en cours. L'objectif est pragmatique : prévenir les riverains du déroulement des travaux afin d'anticiper des questions sur ce qui est en train de se faire. Les temporalités privilégiées ne témoignent pas d'une politique de fond favorisant la diffusion permanente ou du moins régulière de savoirs sur la rivière.

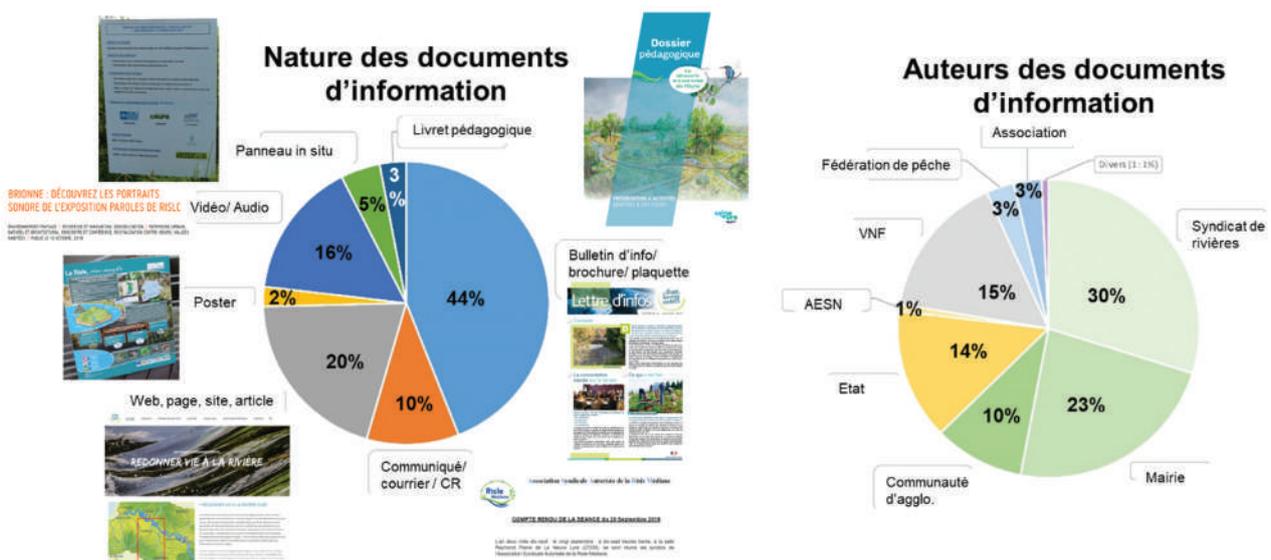


Figure 26 : Caractéristiques des documents d'information collectés (Germaine et al., 2021).

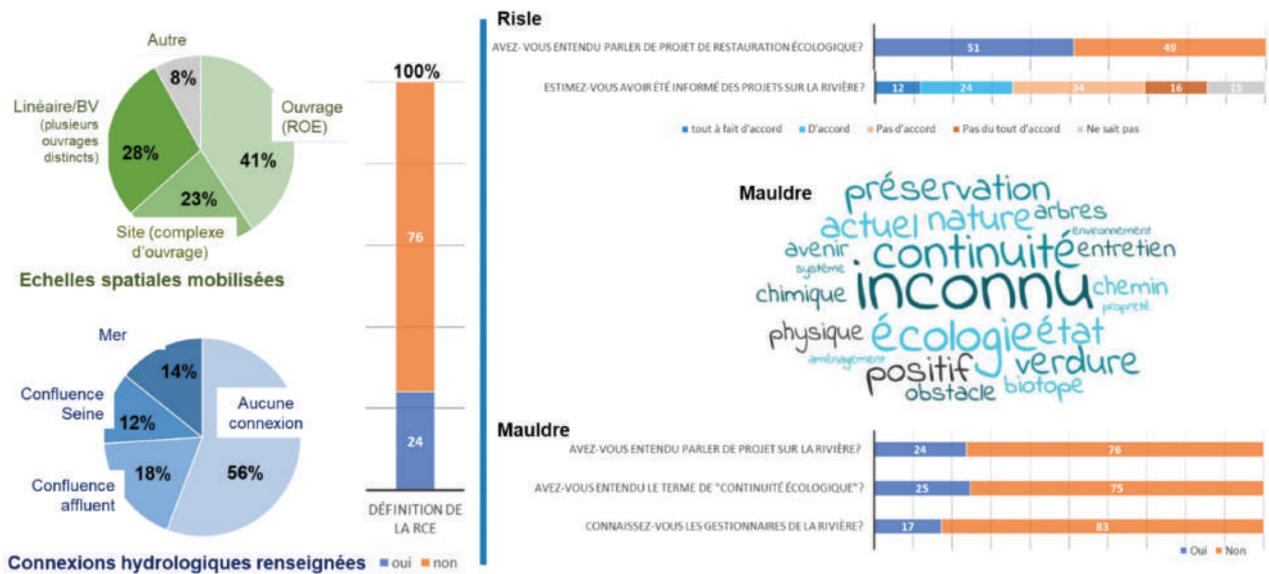


Figure 27 : Répartition des échelles et des connectivités hydrologiques évoquées dans les documents de communication analysés (Germaine et al., 2021). Connaissance de la RCE par les usagers.

Les 22 documents de portée plus générale témoignent d'une information au fil de l'eau. Par exemple, les plaquettes de présentation des plans pluriannuels d'entretien et de restauration (PPRE) sont distribuées pour donner envie aux propriétaires de mener des travaux et leur expliquer la démarche à suivre.

DES DOCUMENTS QUI RENSEIGNENT PEU SUR LE CONCEPT DE CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

L'analyse du contenu des documents permet d'identifier l'échelle spatiale et le périmètre mobilisés pour présenter le projet de RCE (Figure 27). La majorité des documents est réduite à l'échelle ponctuelle de l'ouvrage (41 %). Seulement 23 % resituent l'ouvrage au sein d'un complexe hydraulique permettant de contextualiser son environnement et tenant compte de ses composantes (seuil, vannages, clapets, etc.), des canaux d'amenée et de décharge, du plan d'eau ou encore du moulin. La référence à l'ensemble du cours d'eau ou au bassin versant, qui permettrait de mieux saisir les enjeux de recolonisation des espèces et de transfert des sédiments, n'est mentionnée que dans 28 % des documents. Par ailleurs, plus de la moitié des documents ne fait référence à aucune connexion hydrologique (Figure 27), alors qu'il semble incontournable de mentionner que l'opération permet la reconnexion du cours d'eau à un affluent, à la Seine ou encore à la mer.

La majorité des publications ne propose aucune définition de la RCE (Figure 27). Une analyse textuelle permet de les regrouper en trois catégories. La première reprend une définition minimale et réglementaire de la RCE focalisée sur la suppression des ouvrages. La seconde prend en compte les caractéristiques liées à la libre circulation piscicole. Enfin, la dernière regroupe des définitions évoquant aussi la libre circulation sédimentaire : plus exhaustive, la restauration des milieux y est évoquée comme favorisant les réservoirs biologiques (zone d'alimentation, de reproduction, de croissance) et indispensable à la préservation du vivant. En regard de ces résultats, la connaissance des usagers s'avère variable selon les cours d'eau. La moitié des usagers de la Risle ne connaît pas le terme « continuité écologique », mais un tiers s'estime informé des projets en cours, contre les trois quarts des usagers de la Mauldre qui ne connaissent pas le terme, n'ont pas entendu parler de projet sur la rivière et n'en connaissent pas les gestionnaires (Figure 28).

L'analyse des bénéfices associés à la restauration de la continuité écologique apporte des éléments complémentaires. Le rétablissement de la continuité piscicole est cité dans 33 % des documents. Dans 17 % des supports, il est aussi question d'amélioration des habitats ou encore de qualité de l'eau (10 %). À l'inverse, on observe que 24 % des documents ne citent aucun bénéfice (Figure 28). Dans ces cas, il n'y a véritablement aucun élément tangible pour

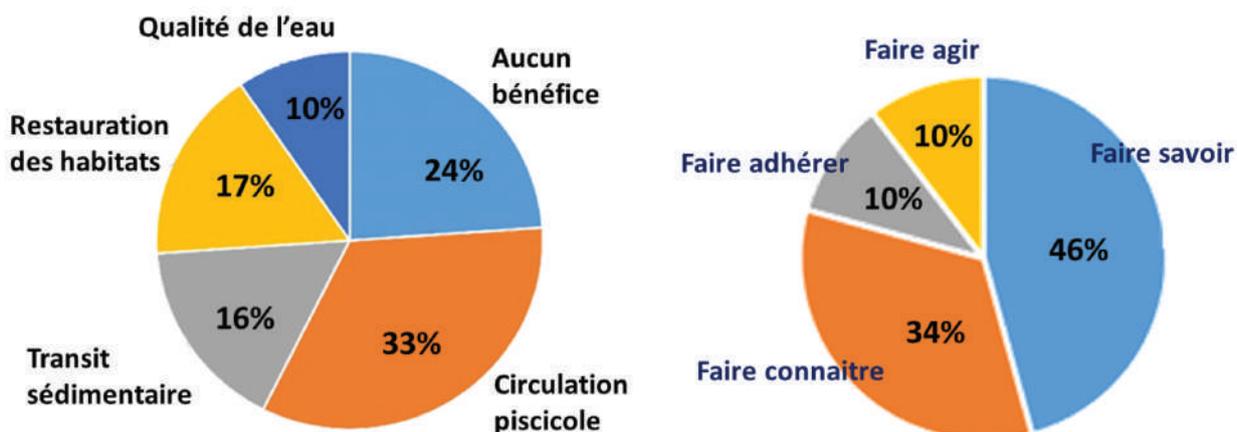


Figure 28 : Bénéfices de la RCE – Objectifs des documents (Germaine et al., 2021).

comprendre la politique mise en œuvre. Ces supports n'ont alors pas d'autre but que d'informer de la tenue de travaux. Cela renvoie également aux intentions des supports inventoriés. Plus de la moitié vise à transmettre des informations factuelles (faire savoir) sur les travaux ou la réglementation. Environ un tiers a une visée pédagogique (faire connaître) tandis que les documents visant à faire adhérer ou agir sont beaucoup plus rares (Figure 28).

UNE CONCENTRATION DE L'ATTENTION SUR LES ENJEUX PISCICOLES

Le contexte réglementaire est rappelé dans 22 cas sur 36 sur la Risle, 16 sur 37 sur la Seine, mais est peu présent sur l'Eure. Dans le cas de la Seine, VNF rappelle la réglementation à laquelle il est soumis. Sur la Risle, la mise en conformité des ouvrages est l'un des principaux arguments mis en avant pour qualifier les travaux de RCE. Si la continuité écologique est avant tout présentée d'un point de vue piscicole, seulement 32 % des publications citent au moins une espèce animale. Dans le cas de la Seine, la moitié des documents mentionne le nom de poissons, mais sur l'Eure cela concerne moins d'un quart des publications, et 22 % sur la Risle. Les poissons migrateurs sont évidemment les plus cités (Figure 29). Ces espèces sont souvent listées sans qu'aucune information ne soit communiquée sur leur mode de vie ou leur habitat. Les espèces végétales sont très peu mentionnées. Les aspects naturalistes sont donc les plus évoqués, mais restent peu développés.

Les autres thématiques ont du mal à trouver leur place, notamment l'histoire des usages. La suppression ou l'aménagement d'un site peut pourtant être l'occasion de revenir sur ses usages passés comme la forge, la

meunerie, les barrages de navigation. Cette dimension est d'autant plus forte que le site représente un intérêt patrimonial. Les activités récréatives, notamment la pêche, mais aussi la promenade ou le kayak, occupent une place importante dans certaines publications.

Ces cas de figure dessinent une typologie permettant de saisir la manière dont maîtres d'ouvrage et partenaires locaux se saisissent, ou non, de l'éducation à l'environnement à l'occasion de chantiers de RCE (Figure 30). Dans un nombre important de situations, l'information reste minimale et se concentre sur des messages factuels renseignant la population sur la réalisation de travaux (pendant) ou rendant compte des activités de la structure (après). Enfin, très peu d'opérations offrent un accompagnement auprès des populations visant à «faire connaître», c'est-à-dire à stimuler l'acquisition de connaissances sur les réalités socio-écologiques associées au projet. L'ambition est alors variable tant sur le plan du nombre et de la diversité des supports déployés que des thèmes traités - depuis le descriptif technique des travaux ou de la réglementation, jusqu'aux aspects naturalistes (centrés sur les poissons ou élargis à l'environnement) et enfin, aux informations liées au territoire (comme l'histoire ou le paysage). Ces documents, dont le contenu et la portée visent l'adhésion des populations aux projets, sont les plus fertiles pour concilier la restauration écologique et les enjeux de territoire. Ils contribuent en outre à une sensibilisation des habitants à leur environnement ordinaire (Godet, 2010; Germaine et Temple-Boyer, 2022) pour lequel ils disposent souvent et paradoxalement de moins de sources d'information en comparaison avec les hauts lieux du patrimoine naturel ou de la biodiversité.

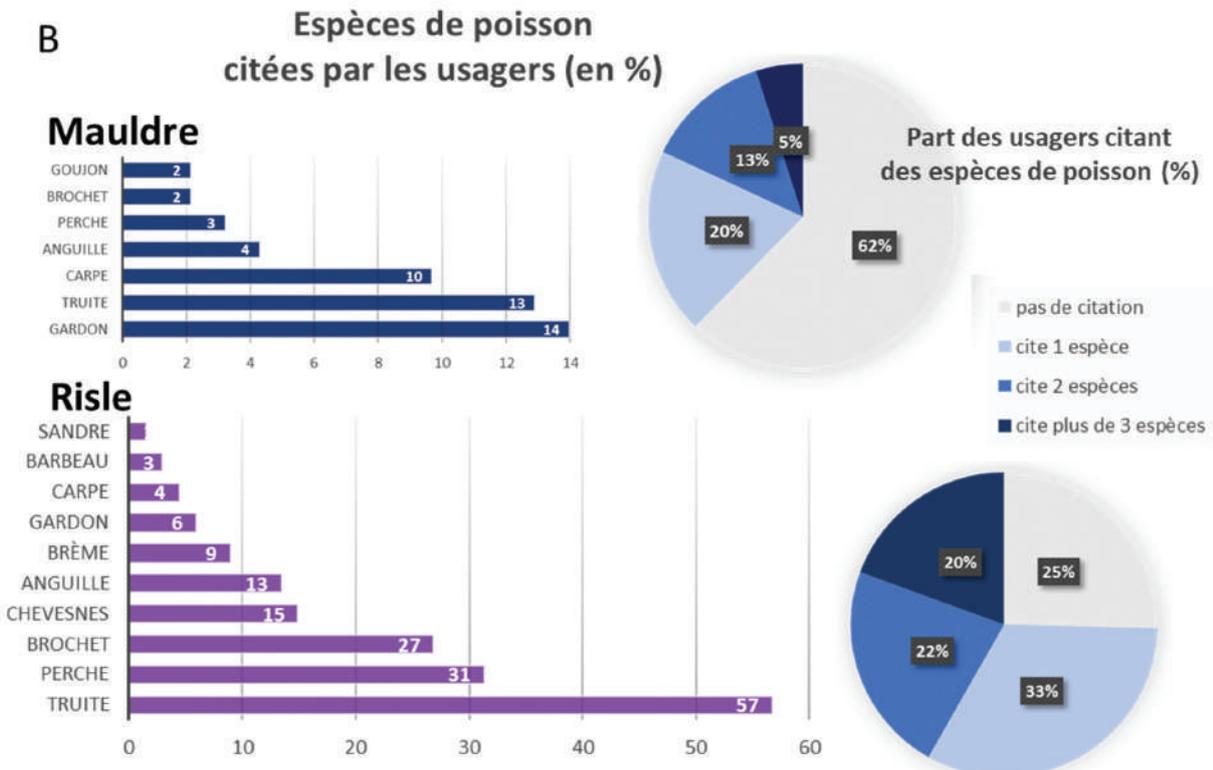
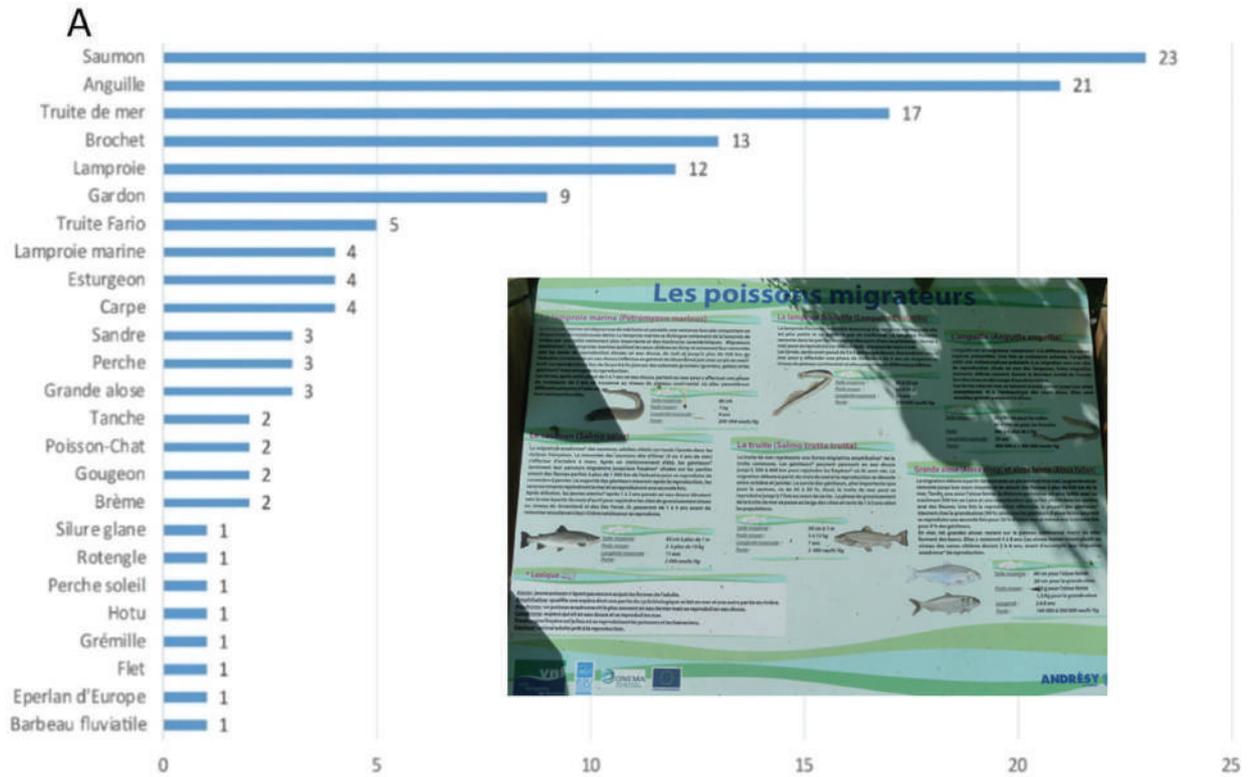


Figure 29 : A) Occurrence des espèces dans les documents sociotechniques (Seine Aval, Risle, Eure) avec illustration du panneau pédagogique sur l'île Nancy à Andrésey (Germaine et al., 2021).
 B) Occurrence des espèces citées lors des enquêtes sur la Mauldre et la Risle.

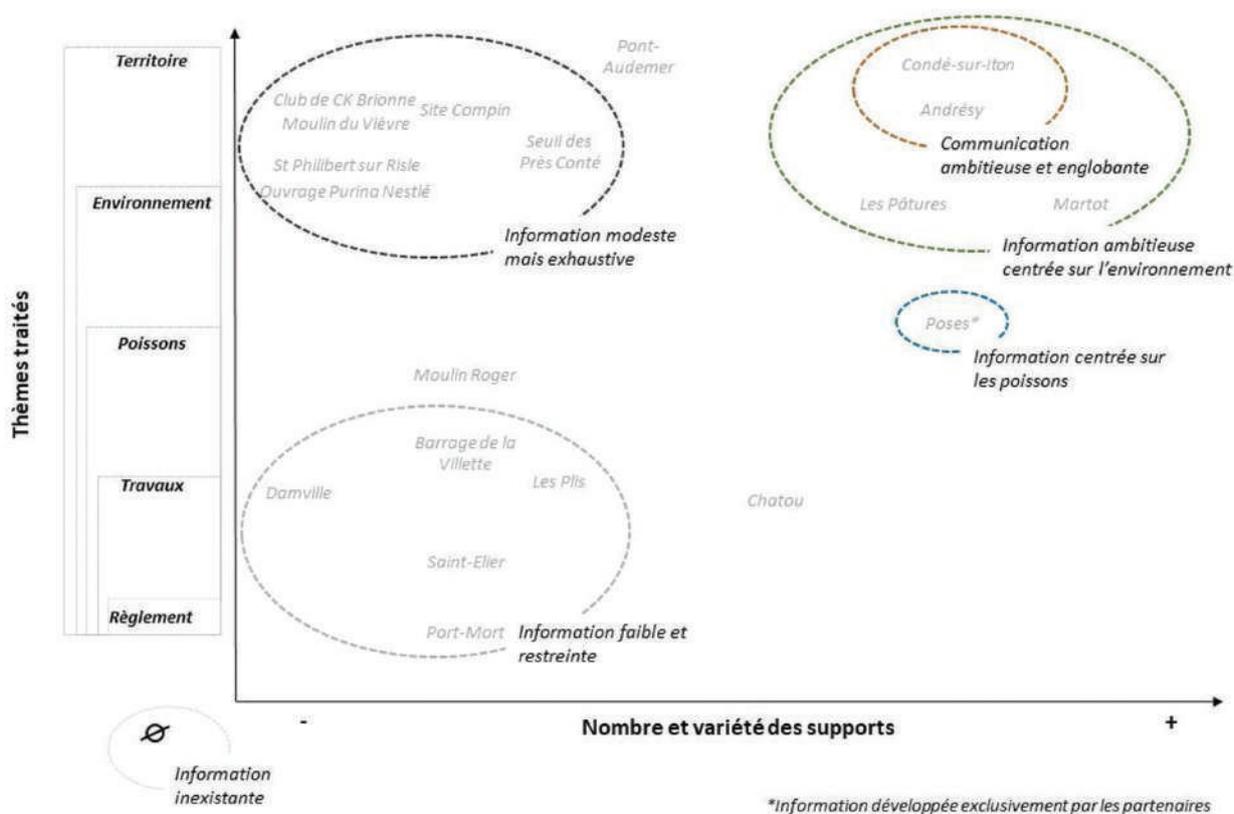


Figure 30 : Esquisse d'une typologie de la place de l'éducation à l'environnement dans les opérations de RCE (Germaine et al., 2021).

L'analyse des documents qui accompagnent les projets de restauration permet de dégager des tendances quant à leurs objectifs. Elles sont mises en regard des discours portés par les gestionnaires et élus des bassins de l'Eure et de la Risle (de la Croix et Germaine, 2022) ainsi que de la Mauldre.

UNE MÉDIATION D'ABORD ADRESSÉE À LA COMMUNAUTÉ DES PROPRIÉTAIRES RIVERAINS

Le caractère non domanial des cours d'eau oblige en premier lieu les maîtres d'ouvrage à dialoguer et négocier avec les propriétaires riverains : « on ne travaille pas chez nous, on monte les choses dans l'intérêt général, mais chez des privés » (TR, SIRE 2, 2019). Pour atteindre les objectifs réglementaires de plus en plus complexes, les syndicats de rivières se sont progressivement substitués aux propriétaires riverains, rarement en mesure de répondre à leurs obligations (Brun et Marette, 2003). Les structures compétentes de la gestion de l'eau sont en charge de mettre en place un PPRE qui a pour vocation de promouvoir une gestion durable et raisonnée de la rivière sur le long terme, et d'être la déclinaison locale et opérationnelle des objectifs de la DCE, du SDAGE et du SAGE (Art. L. 215-15 du code de l'environnement). Pour intervenir sur ces terrains

privés, ils sollicitent une déclaration d'intérêt général (DIG). La prise en charge financière, même partielle (de 40 à 80 % selon la nature des travaux), constitue un argument important pour convaincre les propriétaires de la réalisation de travaux, mais il est nécessaire d'explicitier les objectifs et modalités ainsi que de rassurer les riverains. Les PPRE constituent les contextes principaux dans lesquels les techniciens mettent en place des actions de médiation. Celles-ci peuvent prendre une forme collective (réunions d'information lors du lancement des études préalables ou du PPRE), mais elles sont surtout individuelles. Sur les sections classées en liste 2 (article L.214-17 du code de l'environnement, cf. p. 10), l'obligation d'assurer la continuité écologique introduit une dimension réglementaire et administrative où chaque propriétaire reçoit un courrier individuel des services de l'État l'invitant à se mettre aux normes (Drapier, 2019). Ce caractère obligatoire représente une difficulté nouvelle pour les techniciens (et élus) qui vont porter l'effort de médiation via un contact direct et des « petites concertations » (Richard-Ferroudji, 2011). Ceci semble adapté lorsqu'on constate que les propriétaires riverains ont des logiques d'actions variées, reflétant la diversité de leurs préoccupations (Bidart, 2020) (Figure 31).

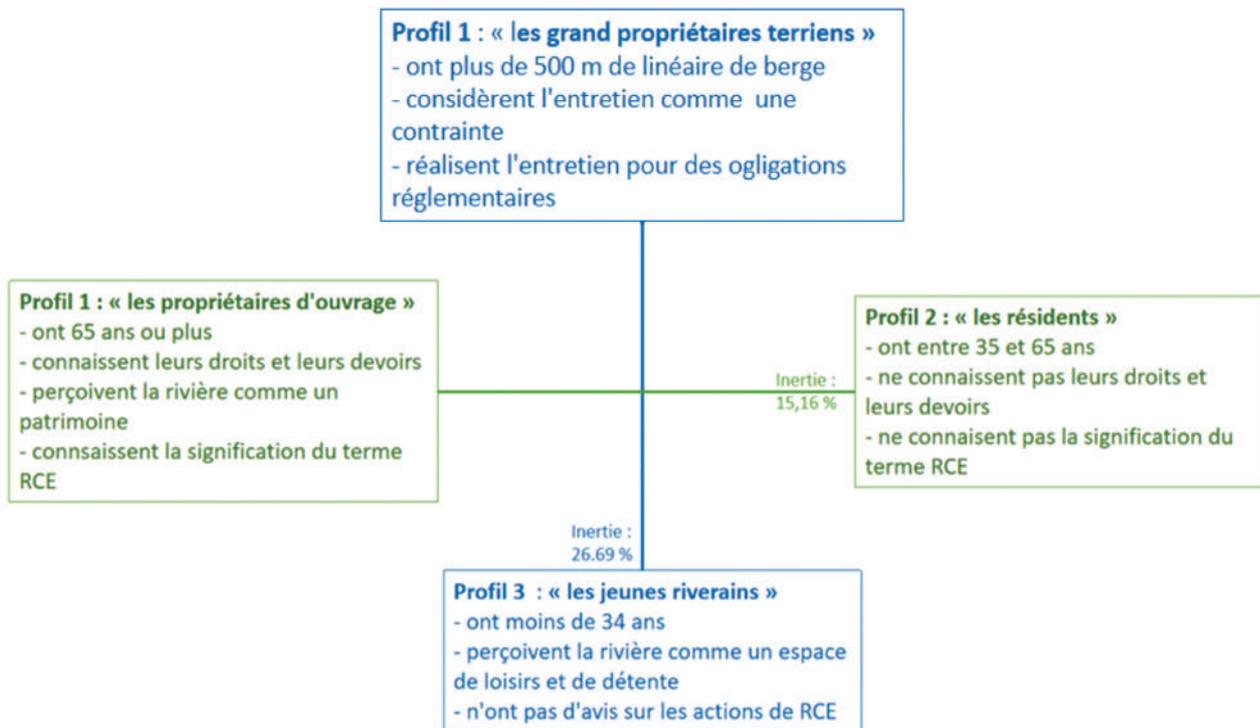


Figure 31 : Profils de riverains en fonction de leur manière d'entretenir la rivière et de leur perception sur les travaux de RCE (Bidart, 2020).

L'aspect social (logiques identitaire, patrimoniale et esthétique), l'aspect économique et l'aspect environnemental sont principalement mis en avant via l'entretien et la réglementation autour de la RCE. Ces différentes logiques entraînent donc des attentes différentes quant aux actions à engager. Il s'agit de convaincre un à un les propriétaires des bénéfices rendus à l'environnement à partir d'exemples réalisés.

DES STRATÉGIES DÉFINIES PAR LE BINÔME TECHNICIEN-ÉLU

Les techniciens de rivière dialoguent également avec les élus des syndicats (ou ASA, Associations syndicales autorisées), en attente des résultats des opérations qu'ils contribuent à financer, et avec le président, pour qui la valorisation des activités entreprises en faveur des cours d'eau représente un argument politique à destination des administrés. La posture ainsi que la mobilisation du président déterminent la nature du binôme que le technicien construit avec lui : le binôme a donc une influence sur les stratégies de médiation. Les relations techniciens – élus observées font écho aux distinctions entre « élus porteurs », « élus leaders » et « élus suiveurs » proposées par l'AERMC (Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse 2012). La stratégie de médiation repose sur une intégration

des projets de restauration écologique dans un projet plus large de développement territorial, qui est facilité par un président avec un poids politique plus affirmé. Le binôme joue un rôle important sur les relations des riverains à la rivière. Les propriétaires envisagent la rivière selon leurs propres systèmes de représentation, leurs pratiques et les savoirs qu'ils ont développés par leur expérience de la rivière. Les gestionnaires sont de même dépendants de leurs représentations du cours d'eau, de leurs savoirs et des missions qui leur incombent. L'instauration d'un dialogue peut passer par différentes formes : une présence sur le terrain qu'occupait le garde-rivière, l'édition de guides ou conseils ou encore la mise en œuvre d'une politique de sensibilisation. Les élus peuvent jouer un rôle décisif en orientant les missions des techniciens. Si l'application de la réglementation n'oblige pas à l'instauration d'un dialogue, les présidents de syndicats ou de collectivités peuvent en revanche décider de valoriser ce volet pour faire en sorte d'accompagner la mise en œuvre de ces mesures.

2.2 DES PRIORITÉS DE GESTION ÉCLAIRÉES PAR LA CHAÎNE DE MODÉLISATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

Pour compléter les investigations de terrain, il s'avère utile de développer une chaîne de modélisation de la continuité écologique s'appuyant sur les données collectées et permettant des évaluations à plus large échelle, spatiale et temporelle. La méthodologie employée permet d'évaluer virtuellement les difficultés de parcours migratoires de différentes espèces de poissons dans l'estuaire, le fleuve et ses affluents et de tester divers scénarios avec des conditions environnementales passées ou futures.

Évolution de la continuité écologique piscicole depuis le XIX^e siècle

Les archives ont été mobilisées pour reconstituer l'historique des barrages éclusés de la Seine entre Paris et Rouen, l'histoire des échelles à poissons et enfin les connaissances passées sur l'état chimique de la Seine en aval de Paris, notamment sa teneur en oxygène dissous (cf. *Partie 1*). En utilisant ces données à trois périodes historiques (années 1900, 1970 et 2010), la difficulté relative des parcours migratoires pour la grande alose et la lamproie marine est évaluée par la modélisation de distances fonctionnelles entre Honfleur et Paris (*Encart méthodologique 5*) exprimée en kilomètres fonctionnels (kmF) (Knaapen *et al.*, 1992, Adriaensen *et al.*, 2003).

Le parcours migratoire le plus coûteux de la mer à Paris s'observe pour les années 1970, bien que la période 1900 comporte déjà des difficultés de parcours

en lien avec un cumul des barrières chimiques et physiques (*Figure 32*). Ce parcours migratoire s'avère très contraint pour le saumon atlantique sur la période estivale, comparée à celle de l'automne, pour toutes les périodes historiques étudiées (Le Pichon *et al.*, 2020). Ces différences saisonnières d'accessibilité à Paris, estimées dans les années 1900, pourraient avoir particulièrement affecté les jeunes saumons (un hiver en mer, dit «castillon»), puisqu'ils migrent de mars à novembre, par rapport aux saumons les plus âgés (deux hivers en mer, dit «de printemps»), qui remontaient la Seine dès le mois de décembre.

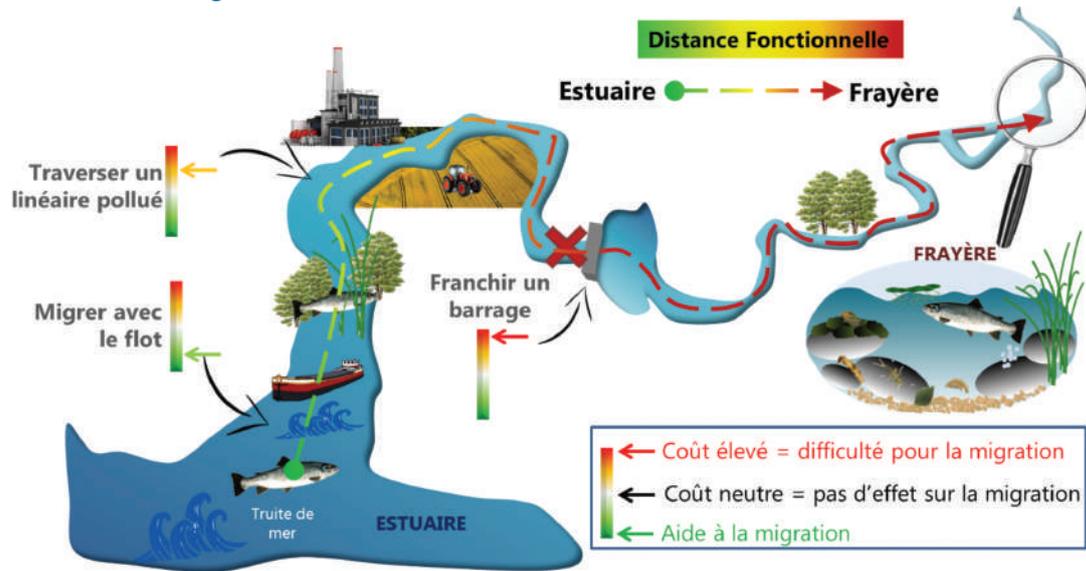
La comparaison entre les périodes historiques, pour des espèces aux exigences et comportements migratoires différents, a mis en évidence les impacts complexes des barrières physiques et chimiques (cf. *Partie 1*). Elle a montré d'une part, la précocité du cumul de ces deux types d'impacts, dès 1900, et leur ampleur dans les années 1970. Les conditions de migration dans les années 2010 s'avèrent plus favorables, en lien avec l'amélioration conjointe des conditions physico-chimiques et de l'aménagement de nouveaux dispositifs de franchissement des barrages. Cette situation peut être cependant dégradée rapidement par des pollutions accidentelles et des dysfonctionnements des dispositifs de franchissement, dans un contexte où les effectifs des populations sont bien plus faibles que ceux des années 1900 (25 à 30 000 aloses au début du XIX^e siècle; Vincent, 1887).



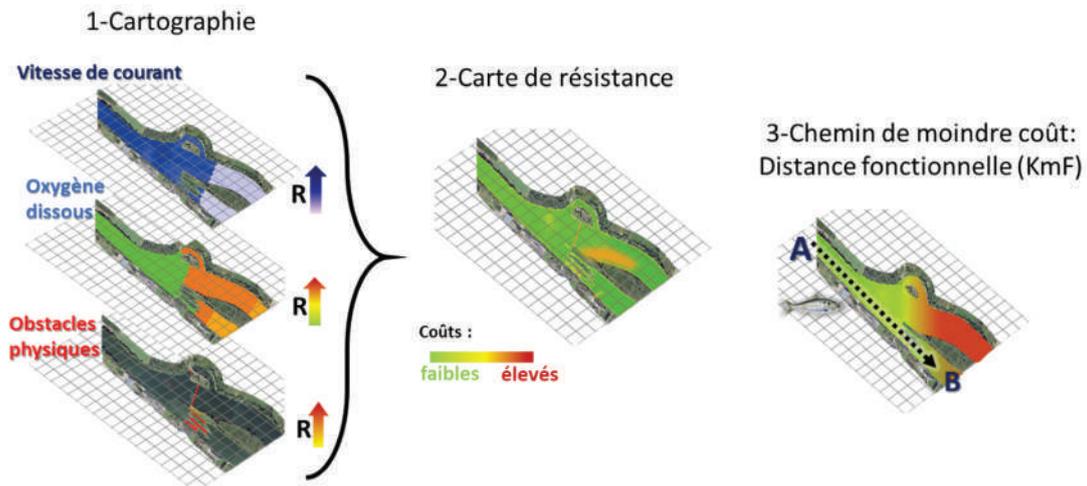
ENCART MÉTHODOLOGIQUE 5

MODÉLISER LE PARCOURS MIGRATOIRE DES POISSONS

La méthode de modélisation des « chemins de moindre coût » permet d'intégrer l'effet cumulé de diverses difficultés/aides sur le parcours migratoire d'un poisson jusqu'à un habitat à atteindre. Elle repose sur l'hypothèse que les poissons auront tendance à minimiser les coûts énergétiques de leurs déplacements (Giske *et al.*, 1998). L'indicateur de continuité écologique est calculé comme une distance pondérée par des coûts du parcours : la distance fonctionnelle (ou résistance cumulée minimale), exprimée en kilomètres fonctionnels (kmF). Elle peut être comparée à la distance hydrographique réelle et s'avère comparable entre sites et adaptée à l'évaluation de scénarios d'aménagements.



Cette modélisation repose sur la cartographie des éléments du paysage aquatique qui peuvent constituer des barrières ou des facilitateurs à la migration (1). Des valeurs de résistance sont attribuées à chacun d'entre eux ; plus la valeur de résistance est élevée, plus les conditions pour le déplacement est contraignant (2). Le coût total de la migration est calculé par une approche de moindre coût cumulé (3).



Le chemin le moins coûteux entre deux taches d'habitat fonctionnel peut parfois impliquer de parcourir une distance plus longue que la distance hydrographique la plus courte afin d'éviter un obstacle ou une zone de qualité d'eau dégradée.

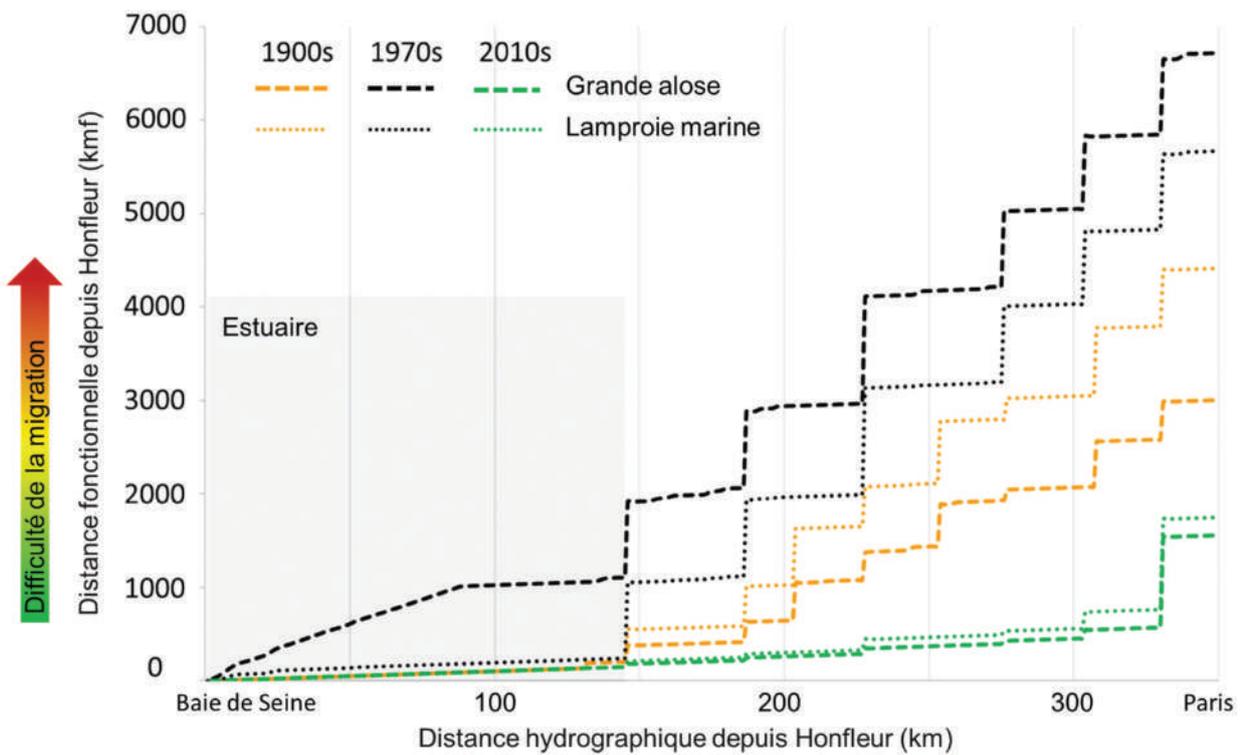


Figure 32 : Distances fonctionnelles calculées pour l'aloise et la lamproie marine avec les scénarios incluant les barrières chimiques et physiques aux trois périodes historiques.

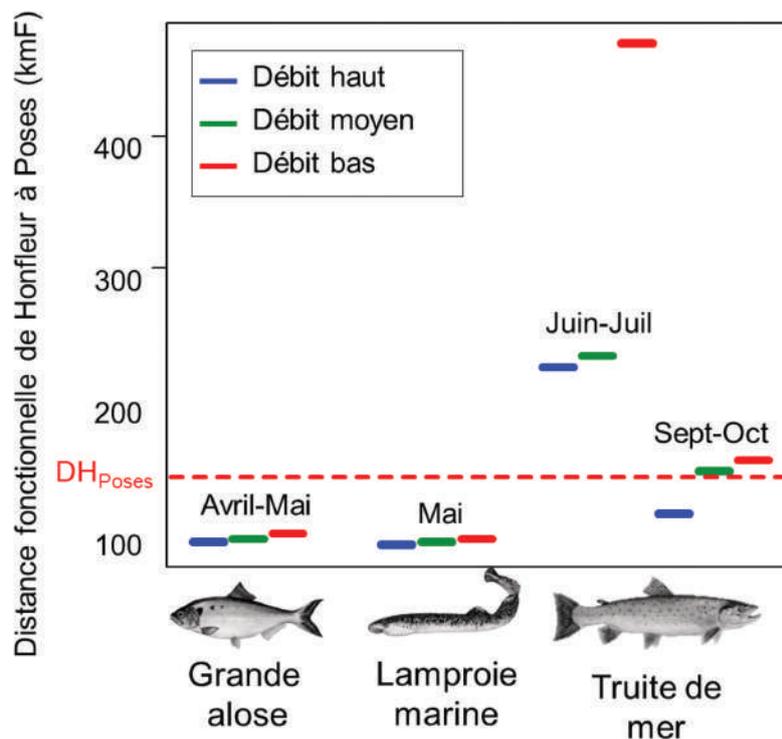


Figure 33 : Distribution des distances fonctionnelles pour parcourir l'estuaire d'Honfleur à Poses en fonction des périodes de migration et des cas hydrologiques pour les trois espèces : ALA : grande alose, LPM : lamproie marine, TDM : truite de mer. Avril-mai : migration ALA; mai : migration LPM ; juin-juil. : migration TRM (1^{re} vague) ; sept.-oct. : migration TRM (2^e vague). La distance hydrographique (DH) pour rejoindre Poses depuis Honfleur est donnée à titre comparatif.

Contraintes actuelles de migration transestuarienne et fluviale

Les conditions hydrodynamiques influençant les capacités de nage des poissons et par conséquent le coût énergétique de la migration, il est important de pouvoir évaluer leurs effets sur la migration actuelle des espèces. Cela s'avère possible lorsque des modèles hydrodynamiques spatialisés sur les secteurs étudiés sont disponibles et fournissent des données environnementales à haute fréquence temporelle. Ainsi, les modèles hydrodynamiques utilisés pour l'estuaire de la Seine (MARS3D, projet Seine-Aval ARES porté par l'Ifremer (Grasso *et al.*, 2021)) et le fleuve (ProSe-PA, Wang *et al.*, 2019, 2022) permettent d'inclure la vitesse du courant, la profondeur, ainsi que la température et la teneur en oxygène pour des conditions hydroclimatiques contrastées (Merg et Le Pichon, 2022) (*cf. Encart méthodologique 6*). En ciblant les mois des périodes de migration de chaque espèce, une analyse des chroniques de débits pour la période où les modèles hydrodynamiques sont disponibles (2010-2018) a permis de choisir les mois à débit bas (inférieurs au premier quartile), moyen et haut (supérieur au troisième quartile) (Merg et Le Pichon, 2022).

La difficulté à traverser l'estuaire varie en fonction des espèces et de la période de migration. Pour l'aloise et la lamproie d'avril à mai, et de septembre à octobre pour la truite de mer (deuxième vague de migration), les distances fonctionnelles pour rejoindre Poses sont inférieures à la distance hydrographique (DH), traduisant l'effet facilitant du flot lors de la remontée (*Figure 33*).

À l'inverse, pour la truite de mer de juin à juillet (première vague de migration), les distances fonctionnelles sont jusqu'à cinq fois plus élevées que la DH. Pour une même période de migration, la difficulté du parcours pour traverser l'estuaire varie en fonction des situations hydrologiques. En effet, les années de bas débit sont plus coûteuses pour la migration que les années à débit haut, particulièrement en période estivale (*Figure 34*). Alors que l'oxygène conserve des valeurs favorables aux migrations dans l'ensemble de l'estuaire ($> 6 \text{ mg/l}^{-1}$), la température de l'eau peut dépasser les 20°C la moitié du temps pendant la première vague migratoire de la truite de mer, lorsque le débit est bas (*Figure 34*). Ces conditions de température constituent une forte contrainte pour les salmonidés et expliquent les coûts de migration plus élevés pour ces espèces en période estivale.

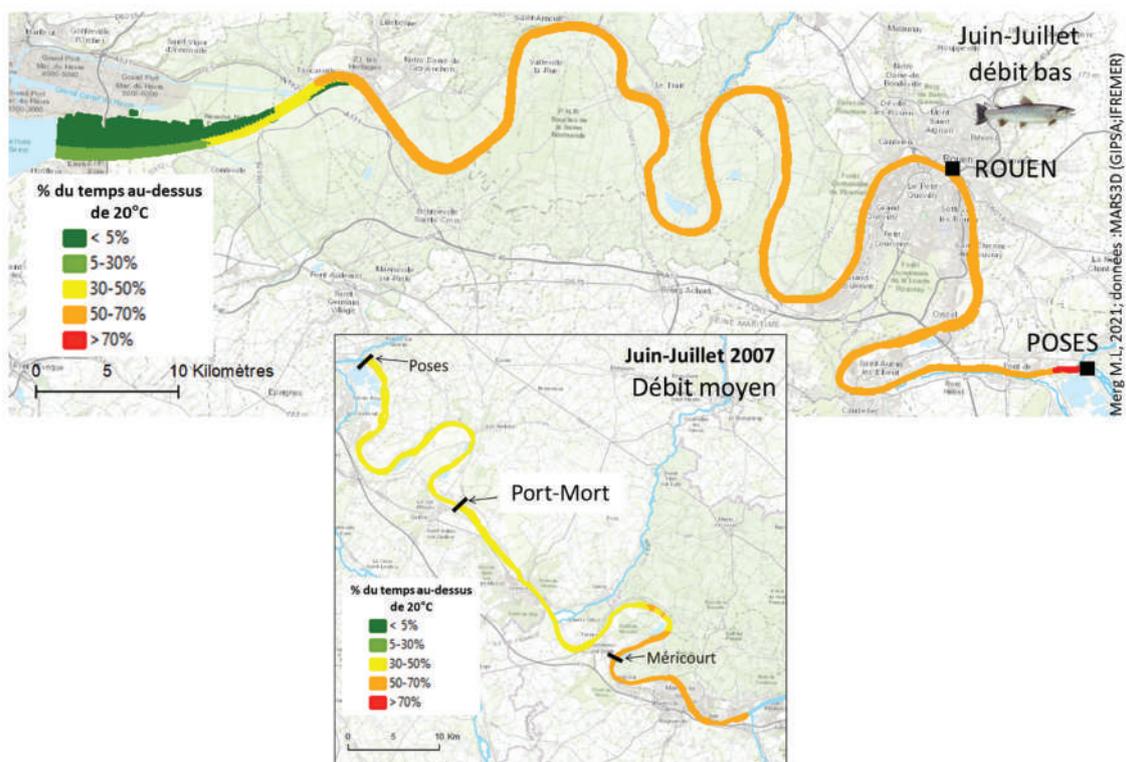


Figure 34 : Pourcentage du temps au-dessus de 20°C pour les mois de juin-juillet en situation hydrologique de bas débit sur l'estuaire (données du modèle MARS3D, période 2010 et 2018) et de débit moyen sur le fleuve (données ProSe-PA, année 2007).

Sur la Seine fluviale, quelle que soit l'espèce considérée, la distance fonctionnelle pour remonter la Seine de Poses à Paris (200 km) est en moyenne 5 à 25 fois supérieure à la distance hydrographique, selon les espèces, ce qui révèle la présence de contraintes fortes dans le fleuve, notamment pour la 1^{ère} vague de migration de la truite de mer (Merg et Le Pichon, 2022).

Pour décomposer l'impact des différentes contraintes, la modélisation est réalisée en les ajoutant successivement dans une situation hydrologique moyenne (Figure 35). L'impact des ouvrages cumulé aux vitesses de courant rend le parcours migratoire des truites de mer en juin-juillet jusqu'à Paris trois fois plus contraignant, alors que le cumul avec la température et l'oxygène atteint un facteur 10.

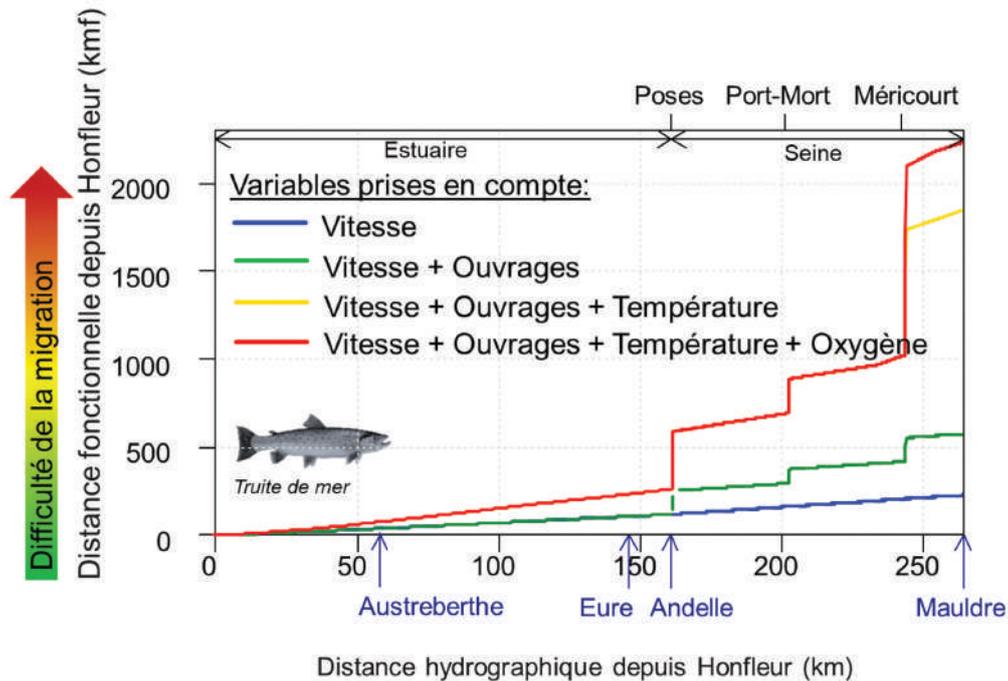


Figure 35 : Évolution de la difficulté de migration, évaluée par la distance fonctionnelle, de Honfleur à la confluence de la Mauldre. Les variables prises en compte sont ajoutées successivement dans la modélisation (cas hydrologique moyen et période de migration de juin à juillet).

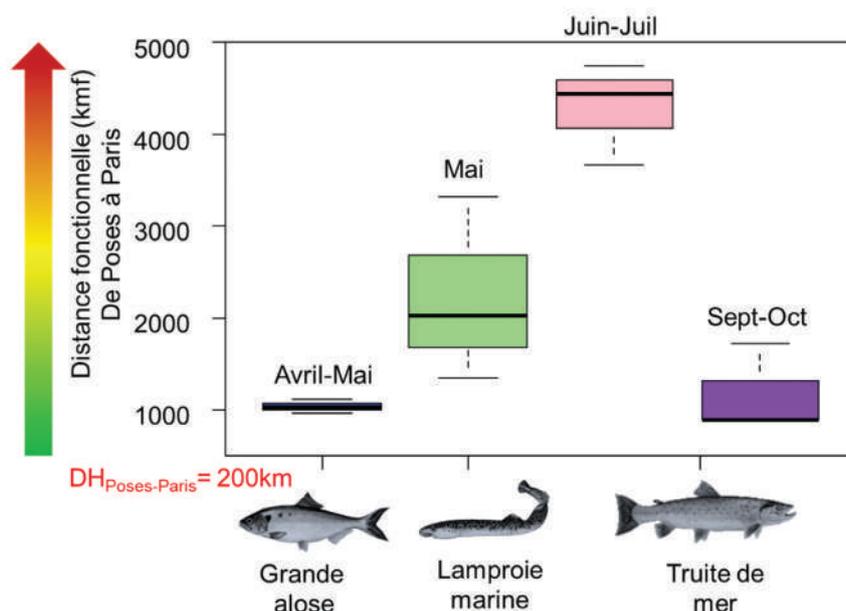


Figure 36 : Distances fonctionnelles à parcourir entre Poses et Paris pour les périodes de migration des trois espèces étudiées.

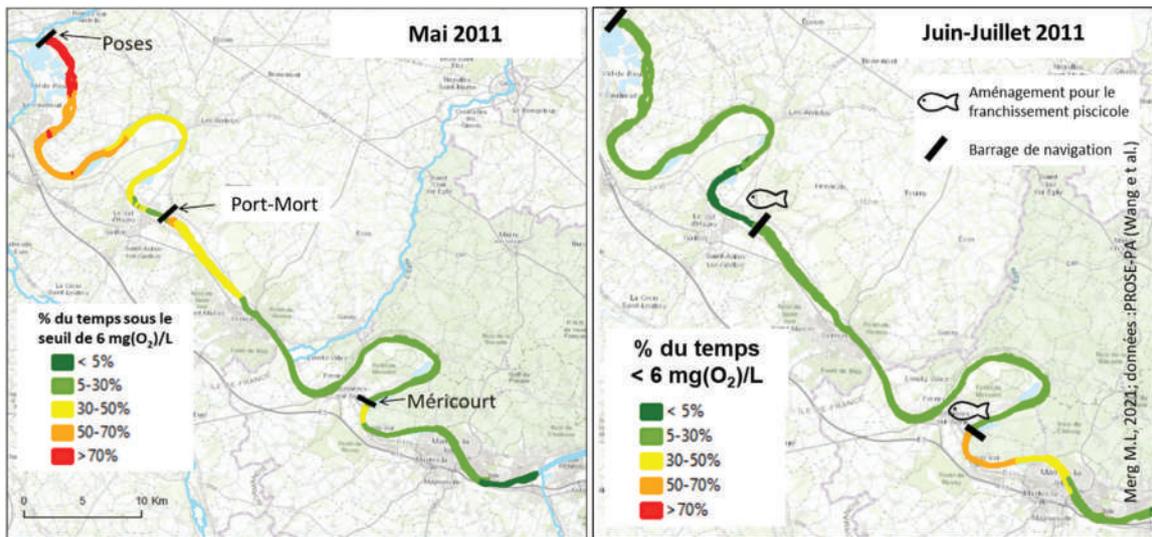


Figure 37 : Pourcentage du temps sous le seuil de 6 mg (O₂)/L en mai et juin-juillet 2011, situation de bas débit (180-215 m³/s⁻¹). Données modélisées ProSe-PA (Wang et al., 2022).

Dans le cas hydrologique moyen (année 2007 modélisée sur la Seine), les températures de l'eau modélisées dépassaient les 20°C pendant 30 à 50 % du temps entre juin et juillet en aval de Méricourt, et de 50 à 70 % du temps en amont de Méricourt (c.f. Figure 34). L'effet de conditions défavorables en oxygène dissous est sensible en amont des barrages; ces conditions défavorables à la migration sont plus étendues si on considère une année aux débits bas (mai-juin-juillet 2011), notamment en amont de Poses (Figure 37). L'année 2011 est une année plus chaude que la moyenne (1971-2000), surtout au printemps et à l'automne, mais le mois de juillet était exceptionnellement frais et pluvieux.

Accessibilité contrastée aux frayères sur les affluents

IDENTIFICATION DES OBSTACLES MAJEURS POUR LA MIGRATION AUX FRAYÈRES

L'accessibilité aux frayères potentielles dans les affluents est évaluée depuis Honfleur et tient compte des conditions estuariennes et fluviales. Elle repose sur une cartographie préalable des milieux potentiellement favorables à la reproduction des espèces sur tout le linéaire des affluents. En effet, on ne peut tenir compte seulement des frayères actives (nids de salmonidés et de lamproies marines observés sur le terrain), car ces dernières sont limitées par les fronts de colonisation liés aux obstacles.

L'Andelle présente les meilleures conditions actuelles d'accès aux frayères pour la truite de mer et la

lamproie marine (Figure 38). Sur l'Austreberthe, les frayères de lamproie marine sont inaccessibles, car un ouvrage situé à moins de 100 m de l'embouchure avec l'estuaire est infranchissable pour cette espèce. Pour la truite de mer, 31 % des frayères sont partiellement accessibles, en lien avec deux seuils près de l'embouchure avec la Seine, qui déconnectent ce cours d'eau du fleuve à marée basse. Les 69 % des frayères potentielles restent inaccessibles en amont du seuil du Paulu, à environ 7 km en amont de l'embouchure avec l'estuaire; ce seuil marque d'ailleurs le front de colonisation actuel de la truite de mer. Sur l'Eure, seulement 34 % des frayères pour l'aloise sont accessibles, car la chute du moulin de Flicaux, située à environ 40 km de l'embouchure avec l'estuaire, constitue un obstacle infranchissable pour cette espèce.

Pour les affluents en amont de Poses, l'Epte et la Mauldre, l'accessibilité aux frayères potentielles diminue du fait des conditions contraignantes de température dans l'estuaire et dans le fleuve (de mai à juillet), et de l'impact des ouvrages de navigation de Poses, Port-Mort et Méricourt, qui augmentent la difficulté de migration pour accéder à ces affluents. Sur la Mauldre, située à 260 km de la mer, 85 % des frayères de truite de mer sont partiellement accessibles à l'automne grâce aux travaux de restauration de la continuité écologique réalisés en 2021 à Maule. Cependant, une analyse des conditions physico-chimiques montre des pollutions ponctuelles et chroniques qui rendent peu attractive l'entrée dans la Mauldre depuis le fleuve et peuvent générer des difficultés supplémentaires pour la migration, voire la compromettre (Merg et Le Pichon, 2022).

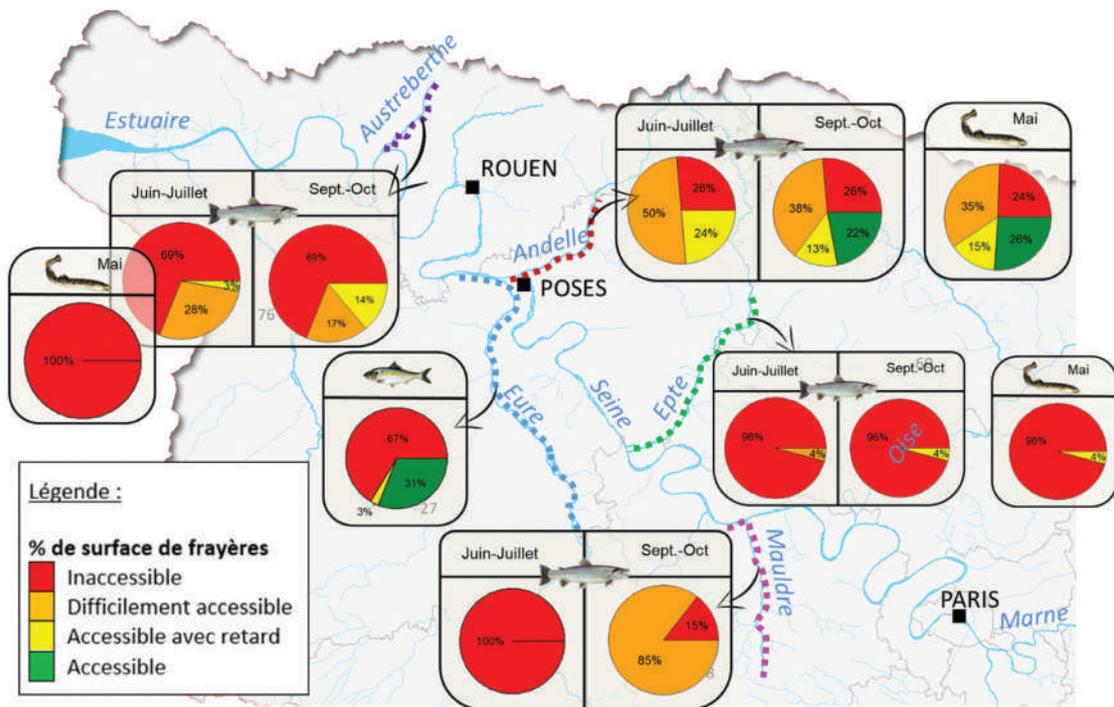


Figure 38 : Bilan actuel de l'accessibilité aux frayères pour les cinq affluents modélisés.

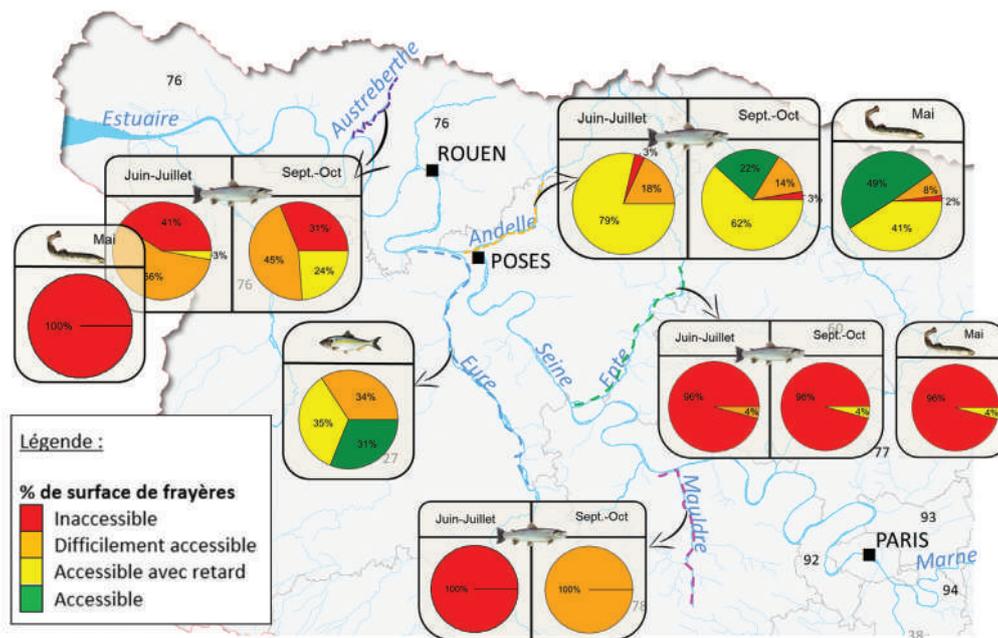


Figure 39 : Bilan des scénarios d'aménagement des ouvrages sur les différents affluents modélisés (détail des affluents dans Merg et Le Pichon, 2022).

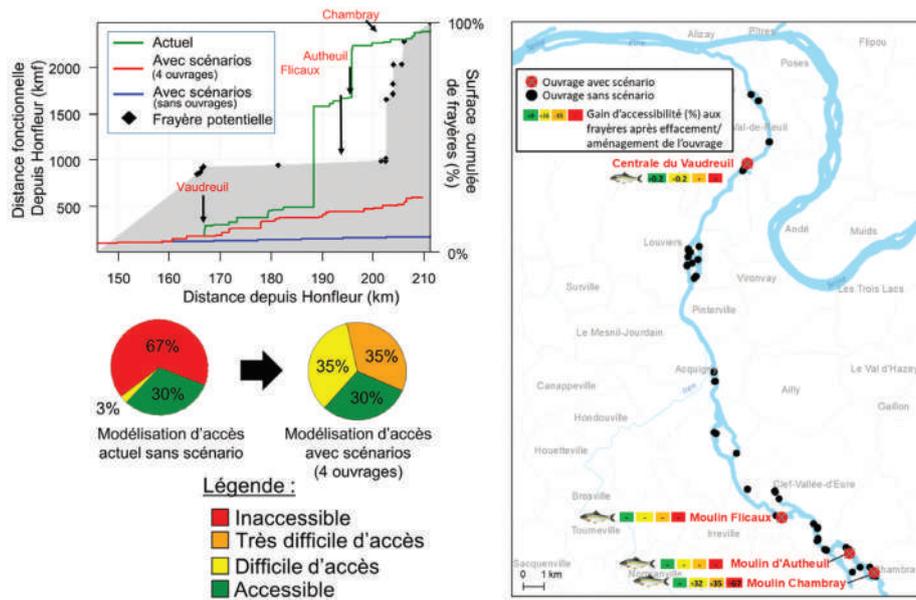


Figure 40 : Évaluation des gains d'accessibilité aux frayères pour la grande alose sur l'Eure en fonction des scénarios d'aménagement de quatre ouvrages prioritaires et d'effacement théorique de tous les ouvrages. Comparaison des distances fonctionnelles sous divers scénarios. Exemples de rendus des gains d'accessibilité obtenus (globaux en % et par ouvrage prioritaire : carte).

SCÉNARIOS DE RESTAURATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

Les ouvrages et les types de restauration de la continuité écologique à intégrer dans les scénarios ont été choisis en concertation avec les acteurs locaux (syndicats de bassin, DDT, AESN) et constituent des ouvrages prioritaires mentionnés dans les Plans d'Actions Opérationnels Territorialisés (PAOT) (Merg et Le Pichon, 2022). Les scénarios correspondent à l'enlèvement/l'équipement successif des ouvrages de l'aval vers l'amont. Les ouvrages existants non prioritaires sont pris en compte dans la modélisation en fonction de leurs caractéristiques. Pour chaque scénario, les distances fonctionnelles sont recalculées et comparées aux distances fonctionnelles actuelles, mais aussi à celles que l'on pourrait obtenir si aucun ouvrage n'existait sur cet affluent (exemple de l'Eure, Figure 39).

En intégrant les scénarios de RCE, le pourcentage de surface de frayères inaccessible diminue, au profit de frayères qui restent cependant difficiles d'accès. En termes de bilan, l'accessibilité s'est améliorée sur l'Austreberthe pour la truite de mer, sur l'Andelle et l'Eure et sur la Mauldre en septembre-octobre. À l'inverse, les scénarios testés n'ont pas permis de gain d'accessibilité sur l'Epte, ni sur la Mauldre en juin-juillet (cela étant lié aux conditions dans la Seine à cette période) et sur l'Austreberthe pour la lamproie marine (Figure 39).

En complément, des cartes renseignent sur la localisation des ouvrages avec scénarios ainsi que

sur les gains (en %) d'accessibilité aux frayères par exemple sur l'Eure (Figure 40). Ces modélisations fournissent une évaluation des gains successifs d'aménagement des ouvrages. Ainsi les effacements successifs des ouvrages de la centrale du Vaudreuil puis de la chute du moulin de Flicaux et du seuil du moulin d'Autheuil réduisent la difficulté du parcours migratoire (coûts réduits aux trois quarts), mais ne modifient pas les profils d'accessibilité aux frayères, car très peu de frayères potentielles ont été identifiées sur ce linéaire. C'est la suppression du clapet de dérivation du moulin du château de Chambray qui permet un gain d'accessibilité aux frayères amont de 67 %.

L'utilisation de la modélisation pour évaluer l'état actuel et le comparer à des scénarios de restauration montre que certaines espèces sont plus vulnérables que d'autres selon leurs exigences biologiques. Par ailleurs, pendant la migration estivale, les difficultés du parcours migratoire augmentent en lien avec des débits bas et des températures plus élevées. La modélisation permet d'intégrer un grand nombre de pressions, de relativiser leur impact et de localiser les linéaires de cours d'eau dans lesquels les conditions de migration sont difficiles. Elle met en lumière l'importance de prendre en compte l'intégralité du parcours migratoire, notamment lorsque les affluents sont loin de la mer. Les métriques proposées fournissent une visualisation des gains relatifs des scénarios d'aménagement d'ouvrages prioritaires en fonction des espèces et de la localisation des frayères (Figure 41).

ENCART MÉTHODOLOGIQUE 6

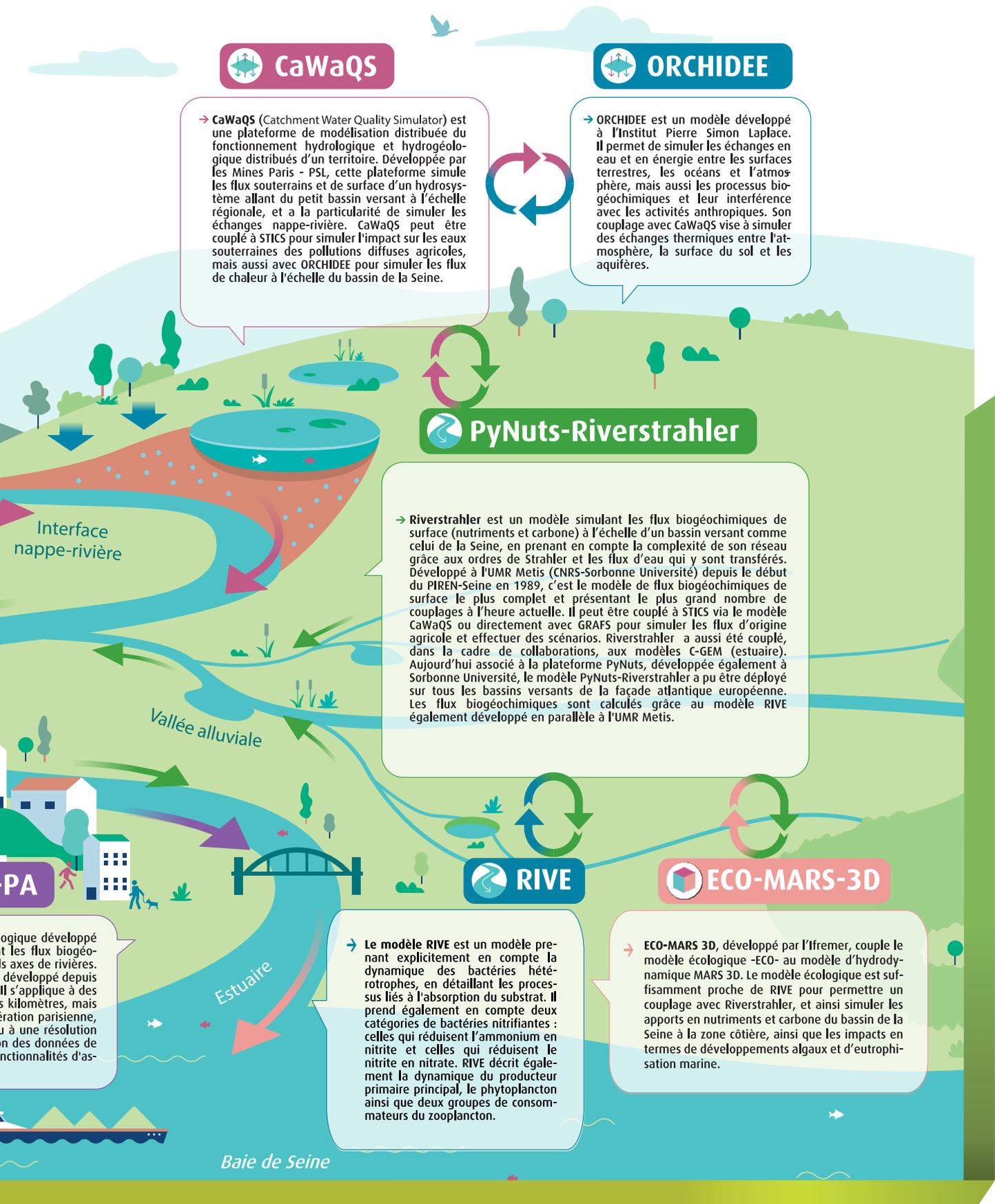
CHAÎNE DE MODÉLISATION : DU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU MODÈLE DE CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

Évaluer les impacts du changement climatique sur le bassin de la Seine et plus spécifiquement sur les eaux de la Seine, depuis la traversée de l'agglomération parisienne jusqu'à l'entrée de l'estuaire à Poses, nécessite de mobiliser des outils de simulation régionaux. Le développement récent du couplage entre les modèles ORCHIDEE et CaWaQS permet de simuler les flux d'eau et de chaleur dans l'ensemble du bassin de la Seine, y compris les flux de chaleur transitant par le système aquifère du bassin (Kiliç et al., 2023). Les débits et les températures de l'eau (Seine, Marne et Oise) sous changement climatique sont simulés par le couplage des modèles ORCHIDEE-CaWaQS sur le bassin de la Seine. Pour cela, les forçages météorologiques issus du modèle MIROC5 sont mis à l'échelle du bassin de la Seine et « injectés » dans ProSe-PA en conditions aux limites.

La chaîne de modélisation du continuum a fait l'objet de développements spécifiques récents : échanges de chaleur avec l'atmosphère à la surface libre (libseb), simulation du transfert de chaleur dans ProSe-PA et du PIREN-Seine : développement d'un module de transfert des flux d'eau et de chaleur en rivière et aquifère (libttc), flux de chaleur à grande échelle (couplage ORCHIDEE-CaWaQS).

Les simulations hydrauliques pseudo-2D avec ProSe-PA (une année toute les 15minutes) donnent les champs de vitesse et hauteurs d'eau en 2D le long de la Seine (années 2007, 2008 et 2011, RCP4.5 et RCP8.5), soit environ tous les 25 mètres depuis l'amont de Paris jusqu'au barrage de Poses. En revanche, les températures de l'eau et les concentrations en oxygène dissous sont simulées en 1D. L'ensemble de ces données hydrauliques et de qualité de l'eau sont ensuite intégrées dans le modèle de continuité écologique pour calculer la distance fonctionnelle de la mer à Paris.





CaWaQS

→ **CaWaQS** (Catchment Water Quality Simulator) est une plateforme de modélisation distribuée du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique distribués d'un territoire. Développée par les Mines Paris - PSL, cette plateforme simule les flux souterrains et de surface d'un hydrosystème allant du petit bassin versant à l'échelle régionale, et a la particularité de simuler les échanges nappe-rivière. CaWaQS peut être couplé à STICS pour simuler l'impact sur les eaux souterraines des pollutions diffuses agricoles, mais aussi avec ORCHIDEE pour simuler les flux de chaleur à l'échelle du bassin de la Seine.

ORCHIDEE

→ **ORCHIDEE** est un modèle développé à l'Institut Pierre Simon Laplace. Il permet de simuler les échanges en eau et en énergie entre les surfaces terrestres, les océans et l'atmosphère, mais aussi les processus biogéochimiques et leur interférence avec les activités anthropiques. Son couplage avec CaWaQS vise à simuler des échanges thermiques entre l'atmosphère, la surface du sol et les aquifères.

PyNuts-Riverstrahler

→ **Riverstrahler** est un modèle simulant les flux biogéochimiques de surface (nutriments et carbone) à l'échelle d'un bassin versant comme celui de la Seine, en prenant en compte la complexité de son réseau grâce aux ordres de Strahler et les flux d'eau qui y sont transférés. Développé à l'UMR Metis (CNRS-Sorbonne Université) depuis le début du PIREN-Seine en 1989, c'est le modèle de flux biogéochimiques de surface le plus complet et présentant le plus grand nombre de couplages à l'heure actuelle. Il peut être couplé à STICS via le modèle CaWaQS ou directement avec GRAFS pour simuler les flux d'origine agricole et effectuer des scénarios. Riverstrahler a aussi été couplé, dans la cadre de collaborations, aux modèles C-GEM (estuaire). Aujourd'hui associé à la plateforme PyNuts, développée également à Sorbonne Université, le modèle PyNuts-Riverstrahler a pu être déployé sur tous les bassins versants de la façade atlantique européenne. Les flux biogéochimiques sont calculés grâce au modèle RIVE également développé en parallèle à l'UMR Metis.

RIVE

→ Le modèle **RIVE** est un modèle prenant explicitement en compte la dynamique des bactéries hétérotrophes, en détaillant les processus liés à l'absorption du substrat. Il prend également en compte deux catégories de bactéries nitrifiantes : celles qui réduisent l'ammonium en nitrite et celles qui réduisent le nitrite en nitrate. RIVE décrit également la dynamique du producteur primaire principal, le phytoplancton ainsi que deux groupes de consommateurs du zooplancton.

ECO-MARS-3D

→ **ECO-MARS 3D**, développé par Ifremer, couple le modèle écologique -ECO- au modèle d'hydrodynamique MARS 3D. Le modèle écologique est suffisamment proche de RIVE pour permettre un couplage avec Riverstrahler, et ainsi simuler les apports en nutriments et carbone du bassin de la Seine à la zone côtière, ainsi que les impacts en termes de développements algaux et d'eutrophication marine.

PA

ogique développé
t les flux biogéos-
s axes de rivières.
développé depuis
Il s'applique à des
s kilomètres, mais
ération parisienne,
u à une résolution
on des données de
nctionnalités d'as-

Baie de Seine

Effet des scénarios climatiques sur l'évolution de la continuité écologique

Un ensemble de scénarios est couramment utilisé pour étudier les changements climatiques futurs nommés profils représentatifs d'évolution de concentration (ou RCP, de l'anglais « Representative Concentration Pathways»). Les RCP sont conçus pour fournir des scénarios futurs réalistes des différentes émissions d'origine humaine. Ces scénarios prennent en considération les émissions futures de gaz à effet de

serre, la déforestation, la croissance démographique et de nombreux autres facteurs. Ils ont été établis par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour son cinquième rapport, AR5. Le RCP 8.5 correspond à un scénario de fortes émissions mondiales et entraîne le réchauffement le plus prononcé. Le RCP 4.5 est un scénario d'émissions mondiales modérées et comprend des mesures pour atténuer les changements climatiques.

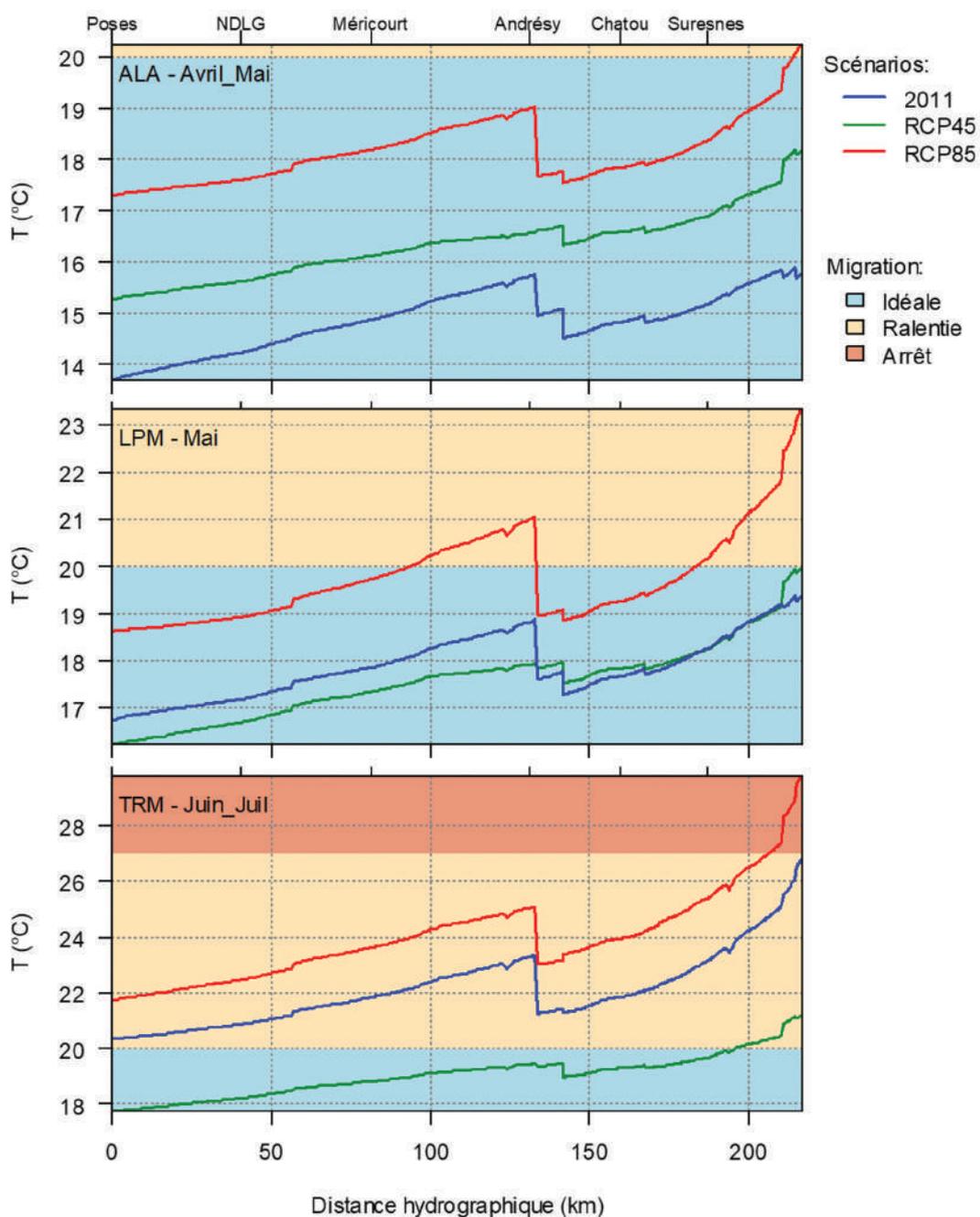


Figure 40 : Profils longitudinaux de la température de l'eau selon les scénarios modélisés pour les différentes périodes de migration des espèces (données ProSe-PA).

Évaluer les impacts du changement climatique sur le bassin de la Seine, et plus spécifiquement entre l'agglomération parisienne et l'estuaire à Poses, nécessite de mobiliser des outils de simulation régionaux (cf. *Encart méthodologique 5*). Le modèle ProSe-PA, forcé par les projections climatiques de type RCP, a fourni les champs de vitesses de courant et les hauteurs d'eau en 2D, ainsi que les profils longitudinaux des concentrations en oxygène dissous et de la température de l'eau (*Figure 40*). L'année 2011 (printemps chaud et sec, été frais et pluvieux) a été comparée aux scénarios de fin de siècle où la température moyenne est la plus chaude (année 2090 pour RCP 4.5, et 2099 pour RCP 8.5). Les conditions de migration en avril-mai restent correctes pour l'alose pour l'ensemble des scénarios, seul le RCP 8.5 atteint 20 °C à Paris. Pour la lamproie marine, ce scénario au réchauffement le plus prononcé prévoit des températures supérieures à 20 °C sur une partie du parcours migratoire. Les prévisions pour la migration des truites de mer en juin-juillet restent correctes uniquement pour le scénario RCP 4.5; on remarque que les températures de l'année 2011 pourraient induire un ralentissement de la migration, voire un arrêt à l'approche de Paris pour le scénario le plus pessimiste la baisse de température observée en amont d'Andrézy correspond à la confluence avec l'Oise.

L'ensemble des variables intégrées dans la modélisation de continuité écologique fait apparaître leur effet cumulé, qui indique une difficulté croissante des espèces pour atteindre Paris (*Figure 41*). Alors que pour la grande alose en avril-mai et la truite de mer à l'automne, les impacts resteraient limités, l'effet serait nettement plus sensible pour les espèces qui effectuent leur migration en mai comme la lamproie marine ou en juin et juillet pour la truite de mer.

Pour autant, ces résultats préliminaires sous-estiment les effets du réchauffement des eaux de surface. L'utilisation des travaux récents du GIEC et de modèles capables de représenter les moyennes et variabilités actuelles, les tendances pluriannuelles, ainsi que les changements de températures plus élevés mis en lumière par Ribes *et al.* (2022) et par Boé *et al.* (2023), permettront de préciser ces tendances.

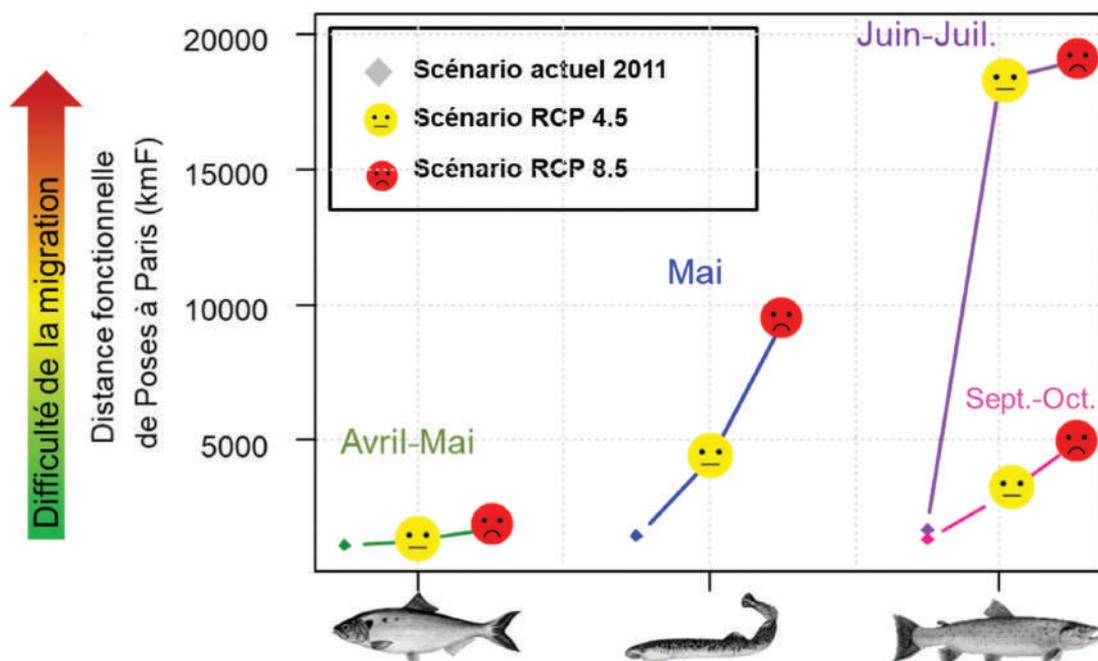


Figure 41 : Évolution de la distance fonctionnelle de Poses à Paris en fonction des scénarios climatiques pour les trois espèces étudiées.

EN RÉSUMÉ

Les investigations de terrain, que ce soit la collecte de données biologiques et physiques ou le recueil d'avis de divers publics ou encore l'analyse de différents médias, fournissent des connaissances précises sur l'état et la perception de la continuité écologique sur le territoire étudié. En effet, le vidéocomptage ou le suivi des espèces migratrices par biotéléométrie permettent l'acquisition de données nouvelles d'écologie comportementale sur un axe navigué. Ces informations aident ensuite à l'analyse de la libre circulation des poissons le long de la Seine. De façon complémentaire, les études sociales et géographiques permettent d'identifier les blocages locaux et territoriaux autour de la continuité écologique.

Ces informations peuvent alimenter alors les outils de modélisation mis en place pour évaluer virtuellement les difficultés des parcours migratoires des différentes espèces de poissons. Il devient alors possible de simuler des scénarios d'évolution de la migration avec des conditions environnementales différentes, aussi bien climatiques que liées à des aménagements. Cet outil s'avère être une puissante aide à la décision pour les gestionnaires qui peuvent alors adapter aussi bien leurs travaux d'aménagement et la sensibilisation auprès du public. Ces deux approches, travail de terrain et modélisation, se nourrissent l'une de l'autre et sont indissociables pour avoir une bonne connaissance de l'état de la continuité écologique.





#3



DES PISTES POUR AMÉLIORER LA MISE EN ŒUVRE D'UNE CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE EFFICACE

PARTIE 3

Sur la base des connaissances acquises sur la continuité piscicole dans le bassin de la Seine et de la compréhension des dysfonctionnements observés, le présent chapitre propose des pistes pour améliorer l'efficacité du parcours migratoire piscicole et favoriser la reproduction. Elles concernent 1) la gestion du franchissement des ouvrages de navigation, 2) la connaissance

des lieux de reproduction avérés ou potentiels et 3) la qualité des eaux. Des pistes sont également proposées pour restaurer le lien entre les usagers de la rivière et la connaissance de cette dernière. Elles s'appuient sur 1) des enquêtes menées auprès des usagers et 2) des exemples d'initiatives de médiation menées sur divers cours d'eau du bassin.

3.1 AMÉLIORER LA FONCTIONNALITÉ DES PARCOURS MIGRATOIRES DES ESPÈCES ET FAVORISER LA REPRODUCTION

La production de juvéniles par les individus matures, garante de la fonctionnalité du cycle de vie et de la pérennité de l'espèce, implique une reproduction dans des conditions optimales pour la survie des juvéniles. Les individus mâles et femelles doivent pouvoir se retrouver sur des frayères favorables au bon moment, ce qui s'avère de plus en plus complexe sur les axes fluviaux fragmentés. Pour améliorer le succès de la reproduction des espèces amphihalines qui viennent se reproduire en eau douce, il faut que le parcours de migration soit facilité et que des frayères de bonne qualité existent sur ce parcours. Ainsi, il faut abaisser les distances fonctionnelles à parcourir en améliorant les franchissements d'ouvrages sur le fleuve et les affluents, afin de limiter les temps de blocage et les retards de migration. En effet, ces retards génèrent un coût énergétique supplémentaire qui ne pourra être mobilisé pour la reproduction. Ils peuvent aussi conduire au décalage des parcours migratoires vers des périodes où les conditions de températures et d'oxygénation sont moins favorables (estivales), et ce d'autant plus que les débits sont bas. Conjointement, les conditions d'oxygénation en amont des ouvrages de navigation sont cruciales et à surveiller, car les individus rencontrent généralement une baisse de l'oxygénation alors que le franchissement des ouvrages induit déjà un fort coût énergétique (cf. Figure 37). Enfin, la localisation des frayères de bonne qualité, actives ou potentielles, est cruciale sur les divers axes et affluents potentiellement colonisés. Leur préservation, ainsi que la restauration de frayères favorables en aval des ouvrages ou sur des affluents accessibles, favoriseraient le succès reproducteur des individus qui s'engagent sur le bassin de la Seine, et ainsi le nombre de juvéniles qui pourraient revenir sur le bassin.

Dans ce contexte, il est intéressant de prioriser les actions de restauration sur les axes et affluents qui présentent de fortes potentialités d'accueil en termes de frayères accessibles (cf. Figure 38). L'accessibilité à ces frayères potentielles dépend de la distance à la mer, de l'état de franchissabilité des obstacles et de la position des frayères. Le premier affluent à enjeux et le plus proche de la mer, la Risle, a fait l'objet de scénarios de restauration de sa continuité écologique (Le Pichon et Alp, 2018). Ses potentialités d'accueil

pour les salmonidés se sont accrues en 2022 grâce à l'aménagement des ouvrages de Pont-Audemer.



L'Austreberthe présente des surfaces importantes, relativement à son linéaire, pour la truite de mer et la lamproie marine (20-26 % de la surface). Mais les deux premiers ouvrages au niveau du pont de la RD982 (≈ 100 m de l'embouchure) augmentent considérablement le coût de migration dès l'entrée dans l'affluent, qui n'est pas accessible à marée basse ; seuls les salmonidés et l'anguille y sont observés. L'aménagement des six ouvrages prioritaires permettrait d'augmenter les frayères accessibles pour la truite de mer de 30 % à 60-70 %. Bien que située à 164 km de la mer, l'Andelle présente des surfaces importantes de frayères pour les salmonidés et la lamproie marine (> 30 % de la surface en eau) et les plus importants pourcentages de frayères accessibles. Les scénarios de restauration des ouvrages prioritaires amélioreraient encore ces pourcentages. Depuis l'effacement du seuil de Martot en 2018, l'Eure est à nouveau accessible et pourrait être colonisée par la truite de mer et l'aloise. Pour cette dernière, l'aménagement de quatre ouvrages classés prioritaires permettrait de restaurer l'accès à l'ensemble des frayères potentielles sur le secteur étudié. La surface de frayères pour la lamproie marine est importante (27 % de la surface) et de nombreux nids sont observés depuis 2012 par Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de l'Eure (AAPPMA27), qui montre toujours un point de blocage en aval du bras de Dievet (FDAAPPMA27, 2019).

À partir du barrage de Poses, le parcours migratoire dépend des conditions du fleuve et des possibilités de franchissement des ouvrages successifs, en particulier de la fonctionnalité des passes à poissons.

L'accès aux frayères dans les affluents en amont de Poses, comme l'Epte et la Mauldre (potentiellement la Vaucouleurs), est contraint notamment par les conditions de température, d'oxygène et de débit du fleuve qui influencent la difficulté du parcours migratoire. Pour les salmonidés, la période estivale de migration, qui représente 62-68 % des effectifs migrants annuels (Seinormigr, 2021), devient contraignante et s'aggrave encore dans le contexte du changement climatique. L'alose et la lamproie marine, qui migrent plus précocement, sont un peu moins sensibles à ces facteurs, mais sont contraintes par la succession des ouvrages à franchir pour atteindre des frayères potentielles.

Améliorer la gestion des franchissements

Les passes à poissons sont des ouvrages complexes qui doivent être bien conçus et bien gérés sur le long terme, pour constituer des voies de passage attractives pour les diverses espèces migratrices qui n'ont pas toutes les mêmes capacités de nage et de mode de franchissement (saut, nage, etc.). Sur l'axe Seine, de Poses à Suresnes, les barrages équipés de passes à poissons constituent toujours des sources de retard à la migration des individus (grande alose), voire de blocage et de renoncement au franchissement comme chez la lamproie marine. Ces observations viennent confirmer les constatations des services de l'État sur les défauts de gestion et d'entretien des passes à poissons, qui pourraient être évités par une meilleure connaissance des enjeux de ces ouvrages complexes.

L'entretien de la passe à poissons, notamment par l'enlèvement des embâcles, la gestion des niveaux d'eau et des vitesses de courant dans les bassins, sont cruciaux. Les équipes chargées de ces actions ont un rôle important de surveillance et de résolution des dysfonctionnements. La formation des équipes et l'animation de réseaux peuvent contribuer à une meilleure connaissance du rôle de ces structures dans la préservation des espèces de poissons et de l'appropriation des enjeux de leur gestion par les agents d'exploitation. Dans cet objectif, après une première phase d'animation mise en place par les services régionaux de l'Office français de la biodiversité (OFB), le service environnement de VNF va mettre en place un plan de formation interne centré sur le rôle et la gestion des passes à poissons.

Sur les axes fluviaux navigués, où chaque barrage est généralement associé à des écluses, des passes à

poissons et parfois une centrale hydroélectrique, on comprend l'importance de favoriser diverses voies de passage. La capacité d'une espèce à utiliser les passes à fentes verticales, les passes de types « rivières artificielles » ou les écluses varie selon la position transversale des ouvrages sur la voie migratoire et l'attractivité de leur entrée en lien avec les débits. La conception des futures passes à poissons pourra bénéficier des retours d'expérience complémentaires des services de l'OFB sur leur fonctionnement hydrodynamique et des études scientifiques du mouvement individuel des espèces de poissons. Ces études comportementales, bien qu'elles concernent un petit nombre d'individus, montrent l'utilisation de la passe de type rivière de contournement d'Andrézy par la grande alose et le barbeau.

L'utilisation des écluses par les espèces est une question récurrente, tout comme le bénéfice de réaliser des éclusées à poissons (Zylberblat, 2011; Moser *et al.*, 2000). L'utilisation de la télémétrie acoustique sur l'axe Seine a été efficace pour étudier les voies de passage sur certains ouvrages de Poses à Paris, montrant que la grande alose peut franchir les ouvrages par les écluses lors du passage des bateaux. Ce passage est sans doute favorisé lors des « **sassées** à vide » lorsque deux bateaux avalants se suivent; les aloses pourraient alors profiter de cette configuration pour accéder au bief amont sans présence de bateaux dans le sas de l'écluse. Cette espèce est d'ailleurs connue pour utiliser cette voie en lien avec sa migration diurne en bancs et son évitement des zones de fortes turbulences (Barry et Kynard, 1986). Moser *et al.* (2000) ont souligné l'importance d'une bonne gestion des portes aval pour 1) augmenter le débit d'attrait et pincer l'écoulement (flux attractif dirigé) et 2) limiter la sortie des poissons du sas après leur entrée.

Favoriser la complémentarité des voies de passage à chaque ouvrage nécessite un dialogue constructif entre les secteurs de la navigation et de l'hydroélectricité et leur prise en considération commune des besoins de fonctionnement des passes à poissons. Il pourrait être envisagé une concertation autour de règles de gestion à mettre en place en fonction de débits seuils de la Seine et en ciblant les périodes migratoires des espèces. Ces questions sont déjà prégnantes avec l'augmentation de la fréquence de bas débits et de températures de l'eau plus élevées, qui vont encore dégrader les conditions et augmenter le coût énergétique des migrations de reproduction ou de croissance des espèces amphihalines et résidentes.

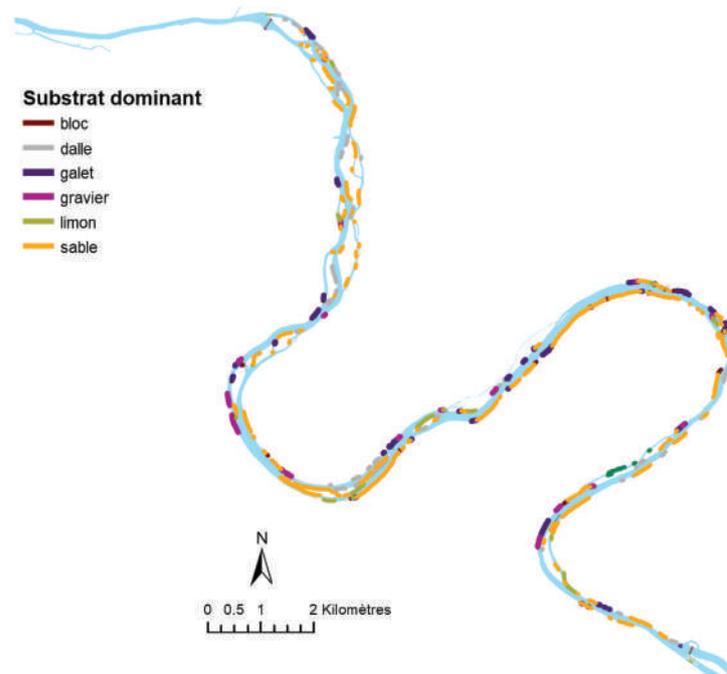


Figure 42 : Cartographie des substrats par relevé de terrain sur les hauts fonds du schéma des berges de l'Eure (2020).

Améliorer les connaissances des lieux de reproduction sur le bassin de la Seine

Recenser les frayères utilisées par certaines espèces permet d'identifier les zones recolonisées par des individus matures. Les Fédérations Départementales des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (FDAAPPMA) réalisent ce type d'inventaires sur le bassin versant, participant à la connaissance des fronts de colonisation sur plusieurs axes de migration (Merg et Le Pichon, 2022). C'est le cas notamment de la FDAAPPMA de l'Eure qui a cartographié les frayères utilisées par la lamproie marine sur cinq sites de reproduction naturelle identifiés sur la Risle, l'Andelle, l'Eure et l'Epte (Barault et Sanson, 2013; Sanson, 2013). Quand la migration est contrainte par l'impossibilité de franchir des obstacles, les espèces peuvent se reproduire par défaut sur des zones qu'elles ne privilégieraient pas en d'autres circonstances (frayères forcées). Une partie des frayères à lamproie marine situées en aval des ouvrages du Vaudreuil sur l'Eure sont ainsi indicatrices de reproduction en conditions « forcées », dont les caractéristiques sont cependant intéressantes à relever. Sur la Seine et ses affluents, aucun suivi des actes reproducteurs d'alose n'a encore été observé; même si quelques éléments peuvent laisser supposer une reproduction. Notamment, les trajectoires de migration des aloses montrant des temps de blocage importants passés

sous les barrages de navigation pourraient indiquer des reproductions forcées. Des actes reproducteurs d'alose ont été rapportés par des pêcheurs de loisirs en aval du barrage côté rive droite de Suresnes. Ces frayères forcées sont observées pour l'alose sur divers bassins versants : en Garonne (Belaud et al., 2001), en Charente (Dragotta, 2019) ou en Loire (Boisneau et al., 1990). Sur l'Aulne maritime, les frayères forcées d'alose recensées en aval du barrage de Koatigrac'h montrent que la structure de la zone de fraie est différente d'une frayère naturelle (Acolas et al., 2006).

Lorsque l'observation de frayères utilisées n'est pas possible, la cartographie potentielle des lieux favorables à la reproduction de diverses espèces est cruciale pour quantifier et localiser les secteurs à préserver. La cartographie des habitats disponibles dans le schéma des berges de l'Eure et de l'Île-de-France apporte ainsi des éléments importants sur la présence de zones de hauts fonds ou d'abris (*Encart méthodologique 7*). Les substrats minéraux disponibles sur le bief Poses-Port-Mort indiquent la présence de graviers et galets sur 16 % du linéaire de berge présentant un haut fond et du sable sur 56 % (Figure 42). Ces substrats peuvent être favorables à plusieurs espèces, notamment pour la reproduction du barbeau fluviatile, présent dans ce secteur.

Le résultat de la reproduction peut être constaté par l'observation des juvéniles, notamment, la présence de juvéniles d'alose est avérée sur le bassin

ENCART MÉTHODOLOGIQUE 7

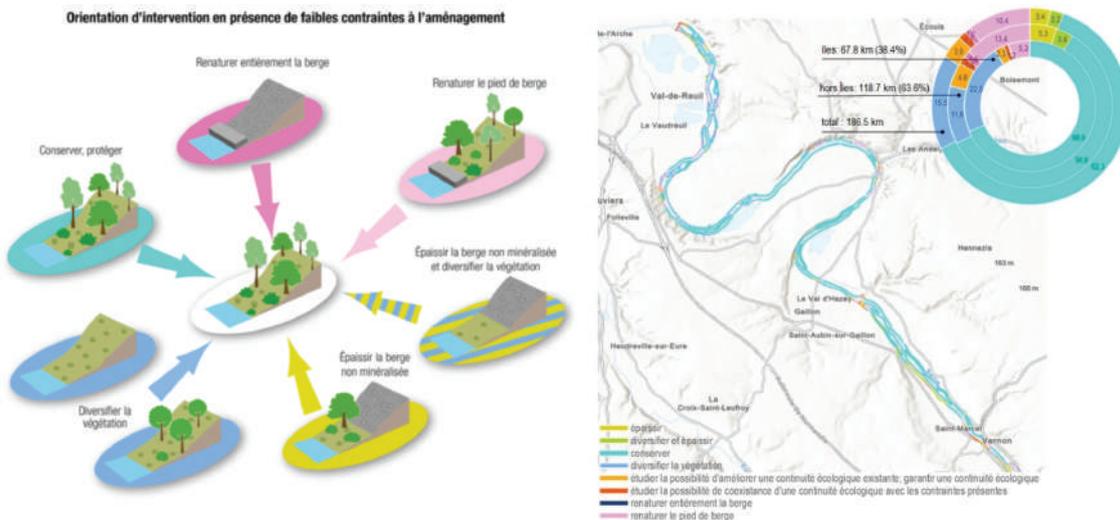
SCHÉMA ENVIRONNEMENTAL DES BERGES DE LA SEINE

L'acquisition de données sur les berges de Seine dans le département de l'Eure a été réalisée par l'Institut Paris Région (IPR), en cohérence avec le Schéma des berges d'Île de France. Une campagne de prises de vues a été réalisée du 16 au 18 avril 2018 à l'aide de 4 caméras embarquées sur un bateau et possédant un système de géolocalisation permettant de visualiser la trajectoire. Ces prises de vues sont disponibles en ligne sur le site de l'IPR à l'aide de l'application VisuBerge3D (<https://geoweb.iau-idf.fr/webapps/app/visuberges3d>).



Ces images, complétées par des orthophotographies, sont utilisées pour la photo-interprétation et la création des données environnementales géoréférencées sur les tronçons de berges de la Seine. Des indicateurs synthétiques ont été calculés notamment concernant l'intérêt écologique des berges. Ce schéma des berges fait l'objet de propositions concrètes d'aménagement.

Les propositions sont hiérarchisées en tenant compte des contraintes à la renaturation (pente, place disponible, usage ou infrastructure à proximité) et de la situation initiale, du point de vue de l'artificialisation des berges, de la continuité, de l'épaisseur, de la diversité des strates et de la spontanéité de la végétation. Les points de mobilité font également l'objet de propositions de conservation ou d'intervention différenciées en fonction de l'évaluation d'un risque. Le schéma environnemental interactif des berges et un Atlas sont en ligne : <https://arcg.is/TT49f0>.



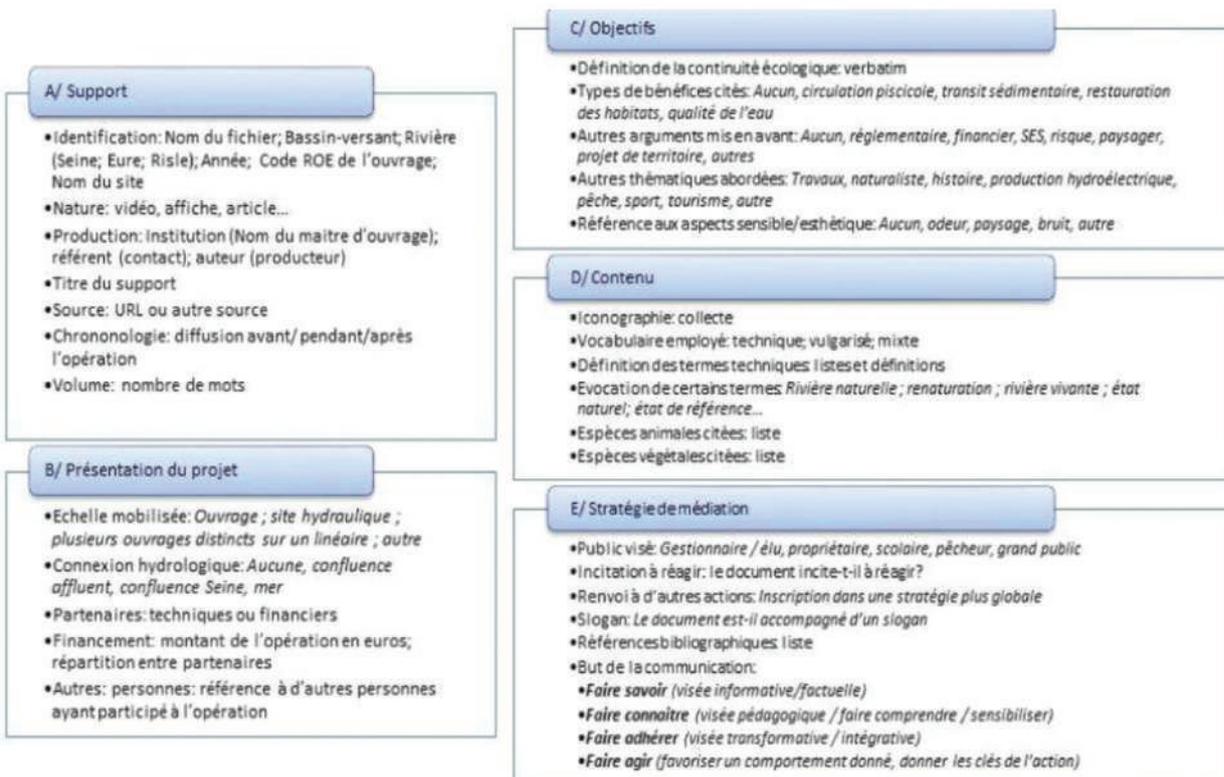
ENCART MÉTHODOLOGIQUE 8

DIAGNOSTIQUER LA CONNEXION HUMAINS - RIVIÈRES : CONNECTIVITÉ COGNITIVE ET CONNECTIVITÉ HYDROSOCIALE

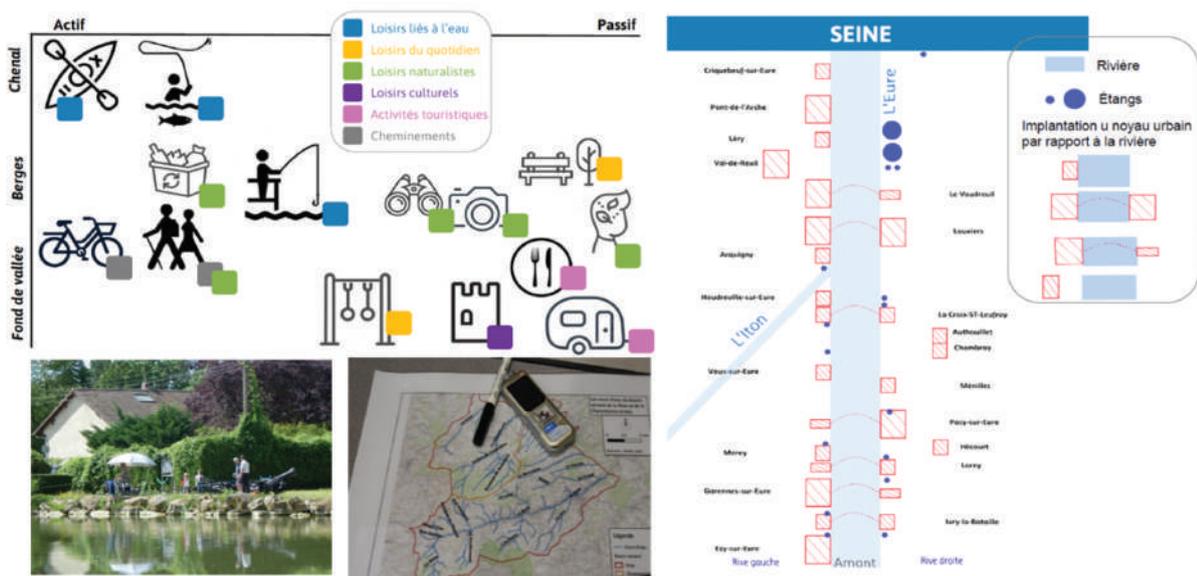
Une restauration écologique holistique vise non seulement à restaurer la rivière, sa biodiversité et ses fonctionnalités, mais également les relations que les humains entretiennent avec elle. La qualité de cette relation (ou connectivité pour reprendre la terminologie de la restauration écologique) s'appuie à la fois sur des connaissances (dimension cognitive) et une expérience de la matérialité de la rivière (connectivité hydrosociale).

Les chantiers de restauration écologique des cours d'eau constituent une opportunité de porter attention à la présence de la rivière et aux enjeux liés à sa gestion. En complément des méthodes classiques d'enquête (entretien, questionnaire, atelier), nous avons mis en place un protocole pour analyser le contenu des supports (plaquettes, panneaux, livrets, vidéo, etc.) mis à disposition par les maîtres d'ouvrages de ces opérations pour informer voire sensibiliser les populations locales.

Les documents sont collectés puis caractérisés à l'aide d'une grille multicritères. Celle-ci permet de rendre compte des éléments portés (ou non) à connaissance des habitants et usagers. Alors que le partage d'information constitue le premier niveau de l'échelle de la participation (Arnstein, 1969), il apparaît important de mesurer le recours à des supports techniques et de rendre compte du contenu (textuel, iconographique) de ces derniers. La grille vise à rendre compte des communautés destinataires (propriétaires, usagers, habitants, pêcheurs), des échelles spatiales mobilisées (site, bassin versant), des formes mobilisées et du contenu proposé (approche piscicole, réglementaire, paysagère, globale). Cette méthodologie est combinée avec des enquêtes qualitatives auprès des maîtres d'ouvrage (techniciens, élus) pour cerner l'articulation de ces supports avec d'autres formes de médiation environnementale (réunions publiques, rencontres bilatérales, etc.).



La relation des populations à la rivière dépend également de la capacité de celles-ci à y accéder physiquement et visuellement, et à y développer des activités. L'accès à la rivière dépend de la configuration spatiale des lieux : la connectivité hydrosociale. Pour appréhender le rôle de la matérialité de la rivière dans le rapport quotidien des habitants à celle-ci, une approche en trois temps est mise en œuvre : 1) caractérisation de la matérialité de la rivière et de ses abords, 2) inventaire cartographique des usages, avec une attention particulière aux traversées de bourgs (petites villes ou bourgs ruraux) dans lesquels se concentrent les espaces publics riverains (parcs, promenades, aires de pique-nique), 3) enquêtes auprès des usagers et riverains. Il s'agit de rendre compte des modalités possibles de rencontre entre les riverains ou usagers et le cours d'eau.



Inventaire cartographique des usages (SIG), réalisé sur l'Eure.

de la Seine, sur les axes Seine et Marne en amont de Paris en 2011; de même qu'en avril 2020 en aval du barrage de Port-Mort (Seinormigr, 2021). Par comparaison, sur la Dordogne, la plupart des frayères où des actes reproducteurs sont observés sont situées à l'aval immédiat d'obstacles à la libre circulation, notamment à l'aval du barrage de Tuillières (Bouyssonnie et Filloux, 2020). On note également que l'absence de substrats favorables au dépôt des œufs sur les frayères forcées entraîne une très faible production d'alosons certaines années sur la Dordogne (Bouyssonnie et Levieux, 2019). La capture d'alosons sur la Seine reste un défi compte tenu de la largeur du fleuve et des effectifs extrêmement faibles. Une possibilité serait d'utiliser les nouveaux développements des méthodes de suivi par **ADN environnemental** quantitatif. Une étude-test est en cours de réflexion et permettrait d'évaluer les possibilités de cette technique pour identifier les frayères et la présence d'alosons sur le bassin

de la Seine. L'objectif est d'acquérir une meilleure connaissance des lieux potentiels de reproduction où des efforts de préservation et restauration d'habitats pourraient être envisagés.

De même, grâce au prélèvement et à la lecture des écailles pour déterminer l'âge des individus (scalimétrie), il a été possible d'observer des individus matures présentant des marques de fraie sur leurs écailles. Des individus avec de telles marques ont ainsi été observés sur les axes fluviaux Seine et Marne, bien qu'aucune frayère n'ait pu être véritablement localisée (Belliard *et al.*, 2009). En 2021, un quart des 26 individus capturés à Poses présentait des marques de fraie, indiquant que ces individus en migration s'étaient déjà reproduits l'année précédente (Le Pichon *et al.*, 2022).

Les reproductions d'espèces migratrices observées sur les affluents de la Seine estuarienne (la Risle, l'Austreberthe, l'Eure, l'Andelle, etc.) ainsi que

sur les cours d'eau côtiers normands contribuent actuellement à maintenir des populations de poissons grands migrateurs sur le bassin et à fournir de potentiels individus recolonisant l'axe Seine.

Ce sont en partie les générations issues de ces populations qui peuvent recoloniser le bassin versant, en retournant sur leurs lieux d'origine natale. Même si un petit nombre de juvéniles pourrait naître sur les zones en amont du bassin, comme dans le cas de la grande alose, cela constituerait potentiellement une source d'individus matures venant recoloniser l'axe Seine quelques années plus tard. Cette espèce présente une fidélité forte à son bassin versant d'origine, bien que des individus dispersants puissent venir d'autres bassins versants proches (Martin *et al.*, 2015).

Maintenir la qualité de l'eau le long des parcours migratoires

UNE QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE FRAGILE

Les conditions de migration des espèces s'avèrent fragiles le long de l'axe Seine, notamment pour les variables dynamiques que sont les concentrations en oxygène et la température de l'eau. Maintenir les valeurs dans des gammes favorables tout le long de l'axe est nécessaire pour éviter des évolutions drastiques déjà visibles, surtout les années de bas débit (*cf. Figure 34 et 37*). Si l'aval des barrages semble permettre une amélioration des conditions d'oxygénation, il faut rester vigilant sur sa variation à l'amont des barrages où les individus migrants arrivent après l'effort énergétique du franchissement des ouvrages. De même, les pollutions accidentelles ponctuelles, intervenant dans des périodes déjà critiques en termes d'oxygène et de température, peuvent conduire à des mortalités piscicoles massives. À cet égard, l'incendie de l'unité de **clarifloculation** de l'usine d'épuration Seine-Aval (Achères) en juillet 2019 est éclairant : le rejet d'effluents partiellement traités dans la Seine pendant quelques dizaines d'heures a engendré un creux d'oxygène (< 3 mg/l) pendant environ 40 heures sur une trentaine de

kilomètres de la Seine, entraînant l'asphyxie de plusieurs tonnes de poissons (Guérin *et al.*, 2019). Si ces pollutions interviennent aux périodes où les espèces migratrices remontent le fleuve pour se reproduire, c'est potentiellement le succès reproducteur de ces classes d'âge qui est compromis.

INCERTITUDES SUR LES IMPACTS LIÉS À LA PRÉSENCE DE MICROCENTRALES

De même, on peut mentionner les actuelles incertitudes sur les impacts en termes de qualité de l'eau des microcentrales électriques. Outre leur impact sur la mortalité des anguilles en dévalaison, liée aux types de turbines utilisées et aux dispositifs évitant aux individus de passer dans les prises d'eau, elles pourraient avoir un effet sur l'oxygénation et la température du fleuve. Le débit de surverse étant en partie prélevé pour fournir le débit turbiné passant en conduite, la réoxygénation est alors moindre (*Figure 43*). Actuellement, trois centrales sont en fonctionnement sur l'aval de la Seine et six centrales sont en projet. Un exercice de modélisation, utilisant ProSe-PA, a été implémenté pour inclure l'effet des débits turbinés sur le profil d'oxygène du fleuve. Ce dernier a montré la faisabilité de cette approche, mais nécessite une calibration approfondie, notamment de la bathymétrie en amont des barrages et des règles de prélèvement des débits réalistes.

POSSIBILITÉS DE REFUGE VIS-À-VIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La vulnérabilité des espèces aux changements climatiques étant variable, la possibilité de trouver des refuges thermiques ou vis-à-vis de faibles teneurs en oxygène devient cruciale. La cartographie infrarouge est une méthode actuellement utilisée pour évaluer la distribution spatiale de ces possibles refuges thermiques. Dans les plaines alluviales et les estuaires, la mise en œuvre d'opérations de restauration permettant de retrouver des régimes d'écoulement naturel, de supprimer des retenues d'eau qui se réchauffent ou de favoriser l'ombrage peuvent constituer des solutions, par ailleurs déjà testées avec succès en Oregon (États-Unis) (Steel *et al.*, 2017).

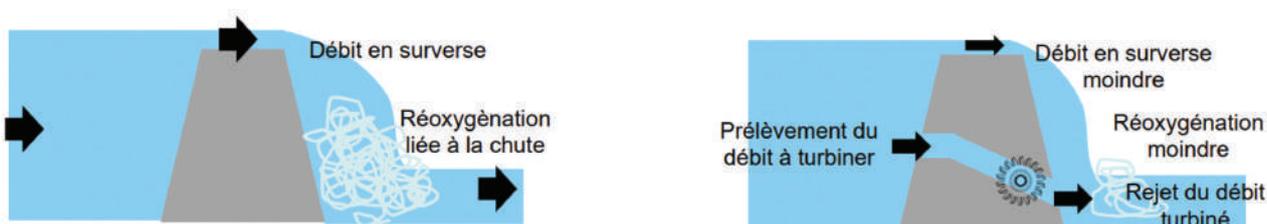


Figure 43 : Principe de prélèvement du débit à turbiner et effet sur l'oxygénation.

3.2 LA RESTAURATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE, UNE OPPORTUNITÉ POUR RESTAURER LE LIEN DES RIVERAINS/ HABITANTS ET USAGERS À LA RIVIÈRE

Saisir les relations des usagers aux rivières permet de mieux de mieux les appréhender dans leur globalité, en prenant en compte l'ensemble des usages et pratiques sans se limiter aux questions de riveraineté ou de restauration écologique. Les usagers sont généralement bienveillants envers leurs rivières et leur portent un regard positif, qu'elles soient inscrites dans un contexte urbain ou rural. Sur la Risle, la connaissance du fonctionnement de la rivière et des populations piscicoles s'explique par le fait qu'une majorité d'usagers (63 %) sont membres d'une association, de kayak, de pêche, de randonnée ou de riverains (Figure 44). Cette connaissance est plus faible sur la Mauldre où seulement 12 % des usagers sont membres d'associations. La rivière y est perçue de manière parfois fragmentée, plus comme un parc urbain, mais aussi comme plus sauvage sur certaines portions qui se prêtent à la pratique de la randonnée. La pratique de la pêche y est faible comparé à la Risle où elle arrive en quatrième position des pratiques les plus courantes.

Ces pratiques d'activités de nature, supposant une expérience plus globale de la rivière et de son bassin



versant, entraînent une meilleure appréhension de la rivière dans sa dimension longitudinale. Les acteurs associatifs pourraient ainsi être des « courroies de transmission » des stratégies de restauration de la continuité écologique, dans une démarche plus inclusive et participative.

Malgré cette différence de connaissances du fonctionnement de la rivière et des enjeux de la continuité écologique, les enquêtes ont révélé combien les usagers sont ouverts à une communication et une sensibilisation pédagogique envers les milieux aquatiques.

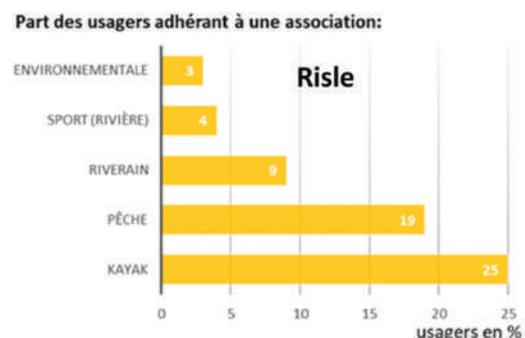
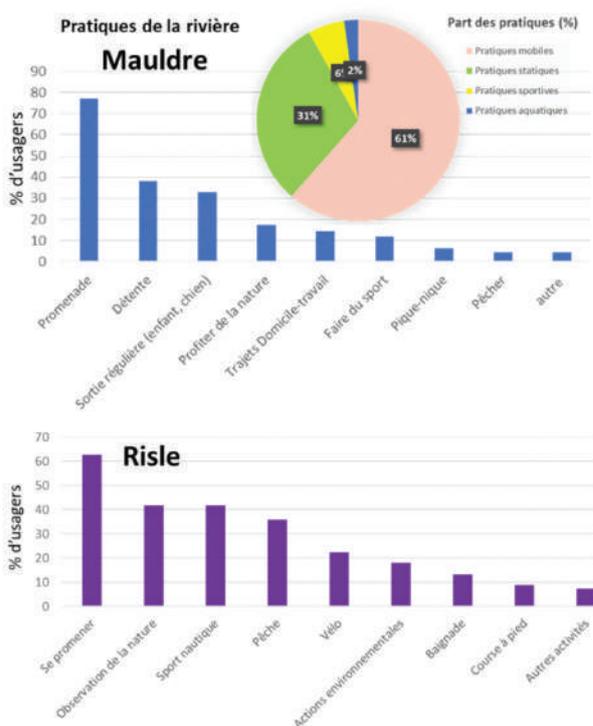


Figure 44 : Pratiques mentionnées par les usagers de la Mauldre et de la Risle.

Vers un accompagnement ambitieux des projets de restauration : élargir le propos

Bien que les maîtres d'ouvrage aient une mission d'animation territoriale, ils ne disposent pas de service dédié. En outre, les techniciens ne sont souvent pas formés et ne disposent ni des moyens techniques ni du temps nécessaire à la mise en œuvre d'une stratégie de sensibilisation pédagogique ambitieuse et efficiente, permettant d'accompagner les opérations de RCE. L'information, quand elle existe, reste le plus souvent cantonnée aux aspects techniques et réglementaires. Pour les collectivités et syndicats, l'investissement dans des messages d'éducation à l'environnement, si modestes qu'ils soient, dépend beaucoup de la volonté politique des élus locaux.

Malgré ces contraintes, la majorité des techniciens enquêtés regrette de ne pouvoir mettre en place une véritable politique ambitieuse de médiation. Celle-ci apparaît nécessaire pour fournir « *un apprentissage, une pédagogie, une sensibilisation à l'environnement* » (TR, SMIAECB, 2019). La mise en œuvre de la restauration écologique nécessite d'abord de « *parler du fonctionnement des rivières* ». Un technicien va jusqu'à parler de « *rééducation* » nécessaire vis-à-vis des habitants, mais aussi des élus : après plusieurs décennies de gestion hydraulicienne, le fonctionnement de la rivière a été oublié, et les vannages qui maintiennent un niveau d'eau stable toute l'année empêchent d'expérimenter les fluctuations de celle-ci. S'il peut être intéressant d'associer des objectifs complémentaires comme la régulation des inondations et la restauration écologique, il serait d'abord utile de faire comprendre le fonctionnement de la rivière. En particulier, la notion d'espace de mobilité gagnerait à être expliquée : « *mobilité verticale* » (étiage, crue) et « *mobilité latérale* » (espaces de débordement) en lien avec les variations de débit.

Cette sortie du chenal permet d'intégrer des espaces (berges, fond de vallée) appropriés par les populations et des thématiques complémentaires. Cette ouverture permet une recontextualisation du site restauré en le plaçant dans un linéaire plus large et dans son bassin versant, mais aussi dans sa trajectoire historique. L'histoire des aménagements et du paysage semble en effet cruciale pour comprendre l'évolution des usages et des représentations sur les rivières. Plusieurs techniciens soulignent également l'importance d'élargir le registre de médiation – « *il ne faut pas parler que des poissons* ». Élargir le propos à la vie

aquatique du cours d'eau, à la biodiversité présente et ordinaire serait plus en adéquation avec l'expérience quotidienne des usagers (pour la plupart, la simple mention du retour d'espèces emblématiques ne peut suffire).

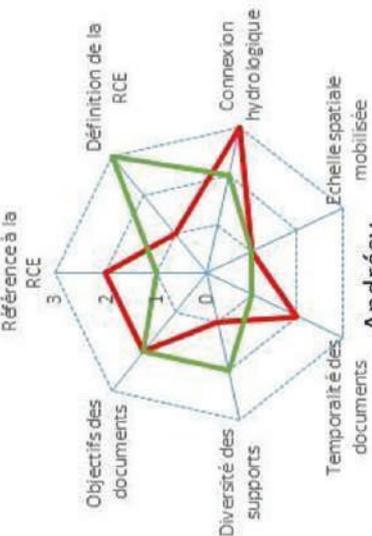
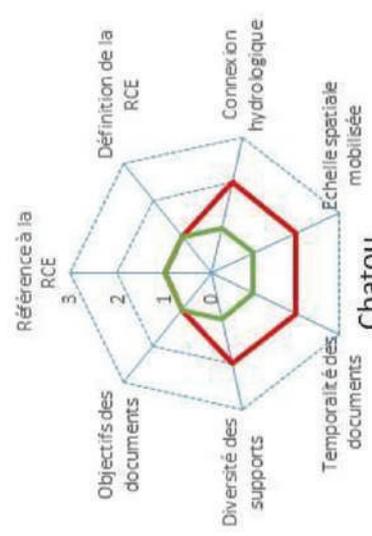
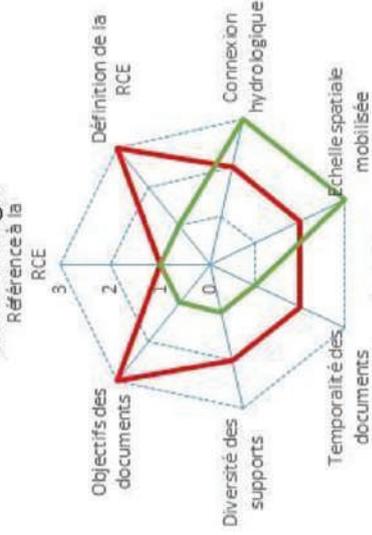
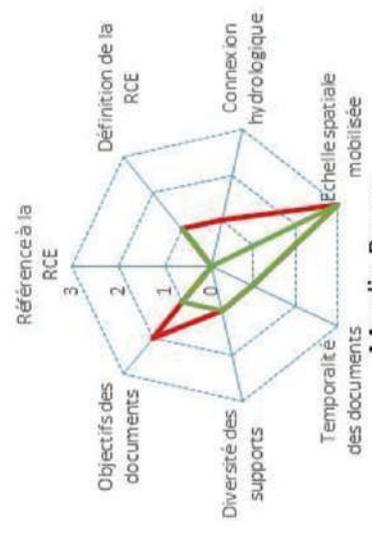
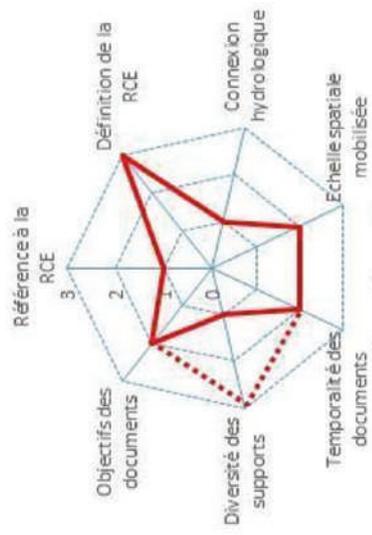
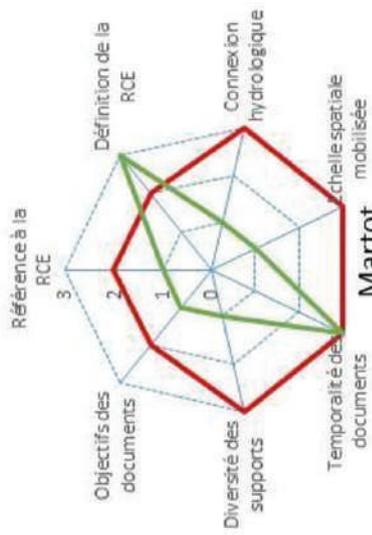
L'évocation de certains de ces registres a été analysée sur plusieurs sites. La comparaison des cas de Moulin Roger et de Martot d'une part, et de Pont-Audemer et de Condé-sur-Iton d'autre part, témoigne de l'importance du binôme technicien/élu dans la promotion d'une démarche ambitieuse (Figure 45, Germaine et al., 2022).

Ainsi, élargir le propos permettrait d'accompagner les projets à la fois pour contrecarrer la désinformation, mais aussi plus fondamentalement pour sensibiliser les habitants vis-à-vis de l'environnement de la rivière et répondre ainsi à une partie de leurs attentes.

Rendre visibles et accessibles les poissons, mais aussi la rivière

Un autre constat est que la vie aquatique n'est pas visible, il faut donc la montrer à travers divers supports pour partager la connaissance sur les poissons et la rivière.

La relation au vivant dépend de la capacité des populations à accéder physiquement et visuellement à celui-ci en fonction de la configuration spatiale des lieux : cela est appréhendé par la connectivité sociale (Kondolf et Pinto, 2017). L'attention au vivant et à la biodiversité dépend aussi des connaissances dont disposent les populations quant à la présence, au fonctionnement ou aux problématiques des rivières et de leur biodiversité : c'est la connectivité cognitive (May, 2006). Plusieurs exemples d'initiatives rencontrées dans le bassin Seine-Normandie et en-dehors sont ici indiquées pour témoigner de la diversité des démarches mises en œuvre pour sensibiliser aux enjeux écologiques. La mise en valeur matérielle des bords de rivières participe également d'une sensibilisation. Rendre la rivière visible et accessible par des aménagements (points de vue, sentiers, promenades, etc.) assure un contact facilité entre le terrain et les populations riveraines (Germaine et al., 2021; Germaine, 2022). La restauration de la continuité écologique gagnerait ainsi, en certains endroits, lorsque le foncier et les configurations spatiales le permettent, à être accompagnée d'une amélioration de la connectivité sociale de la rivière.



Echelle spatiale mobilisée : ensemble des documents présentant l'opération à l'échelle ponctuelle ou élargie à l'échelle du cours d'eau

- 1 = réduite majoritairement au site ponctuel
- 2 = partagée entre des références au site ponctuel et une inscription élargie au cours d'eau
- 3 = élargie majoritairement au cours d'eau

Temporalité des documents: ensemble des documents produits avant, pendant ou après l'opération

- 1 = une seule période domine (quelle qu'elle soit)
- 2 = deux périodes sont représentées dans la réalisation des documents
- 3 = les trois périodes sont prises en compte

Diversité de support

- 1 = 1 à 2 supports différents
- 2 = 3 à 4 supports différents
- 3 = 5 et + supports différents

Objectifs des documents

- 1 = faire savoir
- 2 = faire connaître
- 3 = faire adhérer ou/et agir

Référence à la RCE: ensemble des documents donnant une définition de la restauration de la continuité écologique

- 1 = faible (minorité des documents)
- 2 = forte (majorité des documents)
- 3 = totale (totalité des documents)

Définition de la RCE: contenu de la définition

- 1 = définition minimale : aucune définition ou limitée à l'argument réglementaire et piscicole
- 2 = définition écologique: sont pris en compte les autres bénéfices écologiques
- 3 = définition territoriale: sont intégrés les bénéfices territoriaux comme la gestion du risque, du paysage

Connexion hydrologique: ensemble des documents présentant la confluence à la Seine, aux affluents et/ou à la mer

- 1 = faible (minorité des documents)
- 2 = forte (majorité des documents)
- 3 = totale (totalité des documents)

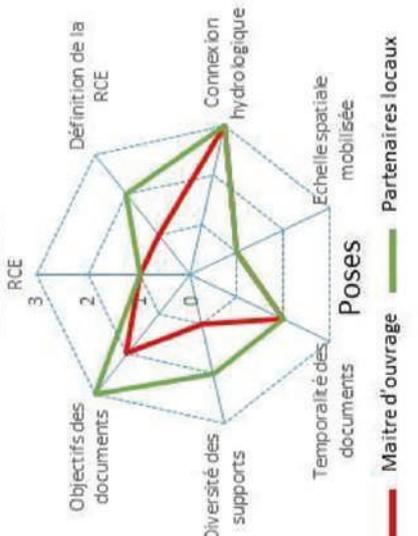


Figure 45 : Des stratégies contrastées à l'échelle des projets (Germaine et al., 2020).

La connectivité sociale : modalités de rencontres des riverains à la rivière

L'identification des modalités de rencontre des habitants et riverains avec la rivière, en identifiant la configuration spatiale des cours d'eau et leurs abords, a été testée sur l'Eure à l'aide d'une méthode multi-échelle (Cf. Encart méthodologique 8) (Germaine et al., 2021; Germaine, 2022). Il apparaît que l'Eure est une vallée où se pratiquent divers types de loisirs; ces derniers se superposent dans certains secteurs ou sont totalement absents selon le type de relation ville-rivière (Figure 46). Les opportunités de rencontres entre les usagers et la rivière existent, même si elles sont contraintes par le régime de propriété du foncier des berges, les moyens financiers, le tissu d'acteurs et la volonté politique de valorisation de l'Eure. Elles s'expriment principalement à proximité des parcs et chemins, mais aussi à travers les parcours de kayak et de pêche. Ces espaces où se concentrent des activités de loisirs montrent des initiatives naturalistes, et seraient potentiellement les plus aptes à véhiculer un discours et à sensibiliser à la protection de l'environnement.

Améliorer la connectivité cognitive : révéler l'eau et attirer l'attention sur l'invisible

Plusieurs types de solutions peuvent être mises en œuvre pour diffuser des connaissances sur la rivière (May, 2006). Des solutions *in situ*, comme les chambres de visualisation des passes à poissons, peuvent inviter les populations à une prise directe avec la rivière. La plupart sont des sites scientifiques dont la structure ne permet pas un accueil de visiteurs continu et libre, pour des raisons de sécurité ou de place. Certains sites scientifiques ont une vocation pédagogique (Breuil-en-Auge, May-sur-Orne et les Claies-de-Vire) et diffusent la connaissance sur le comptage des poissons et le cycle de vie des espèces, par l'intermédiaire d'un site Internet et de visites ponctuelles par des animateurs scientifiques. Le rôle pédagogique de ces sites scientifiques prend aussi son sens avec l'accueil de public scolaire, représentant souvent la majorité des visiteurs annuels. Lorsque l'aménagement de ces sites associe un espace muséographique, des outils pédagogiques *in situ* permettent d'accompagner les

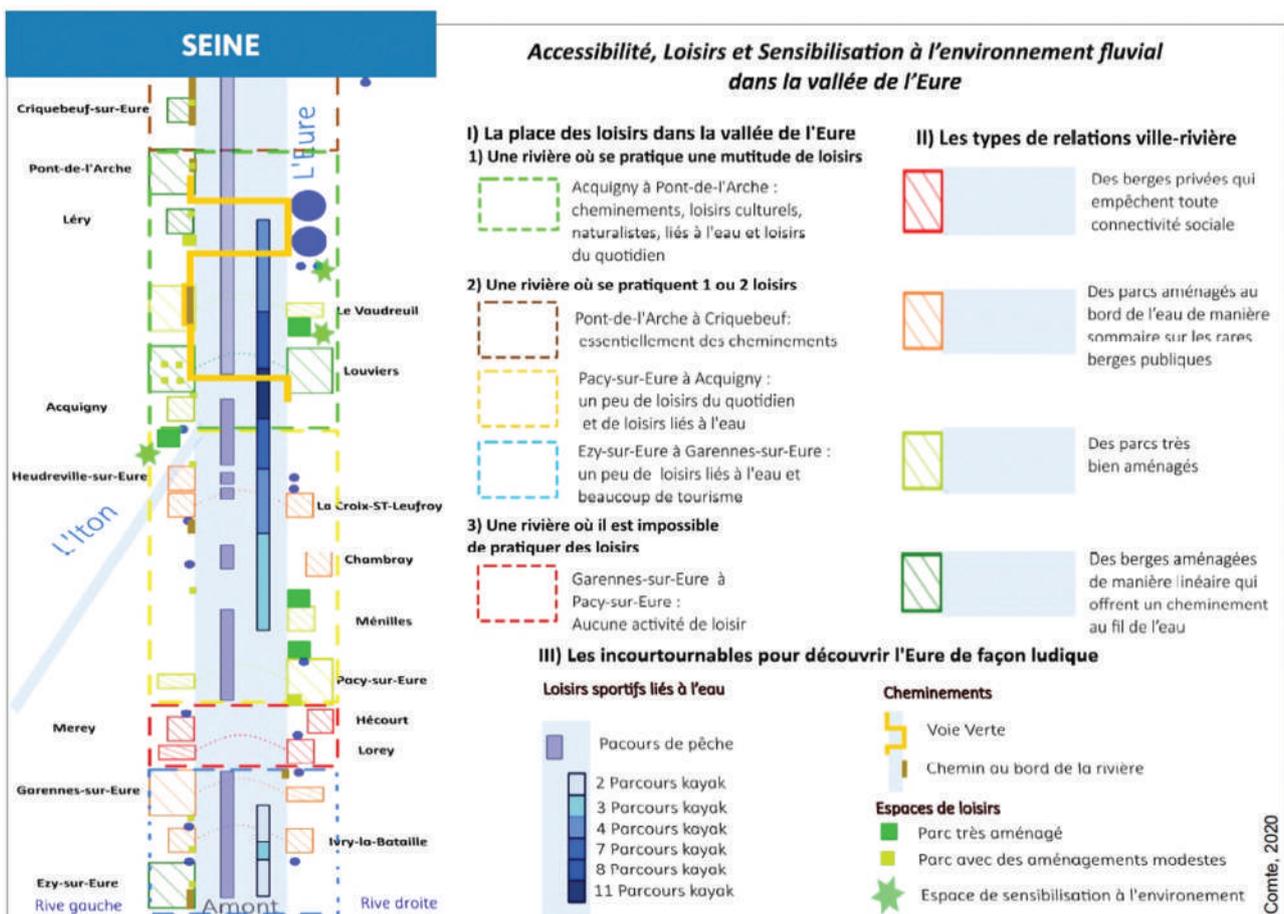


Figure 46 : Synthèse de l'accessibilité des loisirs et de la sensibilisation à l'environnement fluvial dans la vallée de l'Eure (Comte, 2020).

visiteurs dans la découverte de la passe à poissons et de valoriser l'utilisation de cette dernière comme outil de sensibilisation. L'ancrage de la visite dans un cadre plus vaste de connaissances (historiques, scientifiques, culturelles) et d'animations annuelles, qui peuvent être indépendantes des périodes de migrations des poissons, est apprécié des visiteurs. La possibilité de prolonger l'expérience via la consultation d'une webcam est aussi soulignée, notamment sur le site de Vichy (Lhuillier, 2022).

Le Seinoscope de Poses (Syndicat Mixte de Léry-Poses), accueillant du public en visite libre et guidée, fait partie des sites qui sont des lieux de tourisme ; il aborde plusieurs thématiques. La passe à poissons n'est ici plus seulement un outil scientifique de franchissement et de suivi piscicole, mais aussi un « espace culturel » dont l'aménagement a été conçu dès le départ pour l'accueil du public.

La présentation des principales espèces de poissons migrateurs remontant l'ouvrage et de leurs caractéristiques constitue la majeure partie des

informations délivrées par les panneaux informatifs du site, avec un espace entièrement dédié (Figure 48). Plusieurs panneaux permettent de découvrir le cycle de vie des principales espèces de poissons migrateurs et l'évolution de leurs effectifs depuis la mise en place du vidéo-comptage. Des panneaux à destination du jeune public permettent également de découvrir l'anatomie de ces poissons. Les autres thèmes (contexte hydrogéographique, présentation des acteurs et des ouvrages) sont quant à eux abordés à l'entrée du site. Le contexte hydrogéographique permet de situer la passe à poissons de Poses dans son environnement proche, mais aussi au sein du bassin Seine-Normandie. Les ouvrages composant le site de Poses sont présentés selon leur fonction, leur localisation et les acteurs impliqués dans leur fonctionnement. La présentation des acteurs par un panneau d'information inclut les acteurs locaux, permettant le bon usage du site, mais aussi les acteurs du bassin Seine-Normandie ayant participé au financement de la passe à poissons.



Figure 47 : Représentation schématique des thèmes abordés dans les panneaux informatifs du Seinoscope de Poses (Lhuillier, 2022).

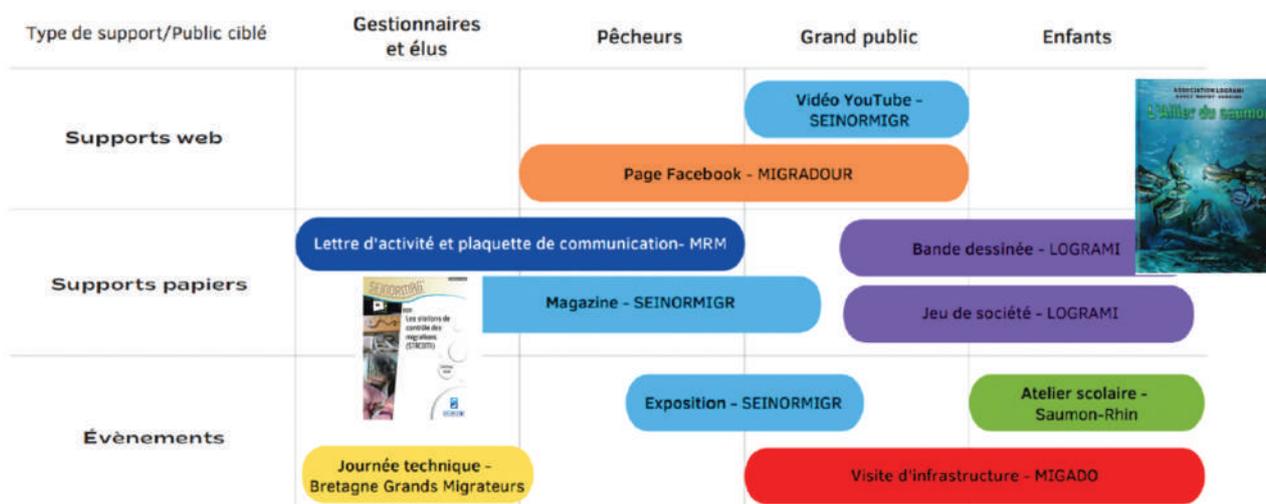


Figure 48 : Tableau du public ciblé par les supports de communication des différentes associations de défense des poissons migrateurs (Marie, 2022).

Des publications et supports originaux viennent aussi conforter ces dispositifs comme ceux portés par les associations de défense des poissons migrateurs en France (Marie, 2022). Ces associations jouent un rôle crucial dans la communication et la sensibilisation à l’environnement pour divers publics, à travers une diversité de supports de communication et d’évènements (Figure 48).

L’association LOGRAMI (Loire Grands Migrateurs) a par exemple développé plusieurs supports originaux permettant de toucher un public divers et notamment des enfants. Un jeu de Loire, dérivé du jeu de l’oie, consiste à faire accéder un poisson migrateur à une zone de frayère sur un plateau en surmontant divers obstacles (barrages, bouchon vaseux, pêcheries, etc.). Dans cet objectif de communication d’une culture partagée de la rivière, intégrant des éléments de compréhension des enjeux de la continuité écologique, une esquisse de bande dessinée a été créée par Agricomics pour aborder certaines thématiques liées à la continuité écologique (Figure 49).

Bien que le principe de concertation soit inscrit dans les textes de loi, celui-ci est peu visible sur le terrain (Germaine et Barraud, 2013; Beuret et Cadoret, 2011; de la Croix et Germaine, 2022). La concertation est absente ou réduite à ses formes les moins ambitieuses (information), limitées à des échanges univoques et descendants (Narcy, 2013). Incombant le plus souvent aux techniciens de rivières, ces missions relèvent d’un exercice périlleux auquel ils ne sont pas ou peu formés. Ils doivent en effet répondre aux attentes de multiples communautés destinataires – les

propriétaires riverains (de berges et/ou d’ouvrages) d’un côté et le grand public de l’autre – sur des enjeux environnementaux potentiellement conflictuels. Les stratégies de médiation environnementale ne peuvent se réduire à une multiplication de dispositifs sociotechniques (sites internet, panneaux *in situ*). Le dialogue (médiation sociale) apparaît indispensable. Le maintien d’une animation est ainsi crucial pour accompagner la mise en œuvre de l’action publique.

Du côté des propriétaires, il apparaît important de trouver les moyens d’apporter les informations nécessaires pour les accompagner dans la gestion quotidienne des berges et des abords de la rivière (la demande est forte). L’enjeu est aussi de faire en sorte que chaque partie prenante se sente concernée par son devenir (création d’une communauté de sens). Il s’agit, pour reprendre les propos échangés lors de l’atelier rassemblant des propriétaires des bords de la Risle, de « parvenir à partager la rivière » de sorte que son entretien soit garant de valeur, permettant de trouver un équilibre entre les différents intérêts. D’un côté, la réglementation (art. L.214–17 du code de l’environnement) place le propriétaire directement responsable vis-à-vis de la police de l’eau (DDT-M) réduisant les marges de manœuvre des collectifs (commissions locales de l’eau, syndicats, collectivités). De l’autre, les propriétaires ne sont pas représentés au sein de ces instances. Ce double constat doit amener à repenser la représentation des propriétaires riverains dans les instances de décision quant à la gestion des cours d’eau non domaniaux.



Figure 49 : Case finale d'une planche de bande dessinée intitulée « Restaurer les liens entre les rivières et nous ! » (Agricomics, 2022).

Du côté du grand public, il existe des acteurs globalement délaissés par les gestionnaires des rivières (par manque de temps et de moyen avant tout) pourtant susceptibles d'être intéressés par la restauration écologique, de la soutenir et d'y trouver un intérêt (Narcy, 2013). Si des associations et d'autres structures peuvent prendre le relais pour proposer des activités (sorties nature, etc.) ou connaissances sur l'environnement de la rivière, participant à une connectivité cognitive, la mise en valeur matérielle des bords de rivières participe également d'une sensibilisation.

Ces propositions s'inscrivent dans le constat que la crise contemporaine est une crise relationnelle : celle des liens entre la société et le vivant (e.g., Haraway, 2003 ; Chan *et al.*, 2018 ; Morizot, 2020). Dans ce sens, la restauration écologique ne peut se contenter de réparer le vivant (écosystèmes, biodiversité), mais doit aussi ambitionner de réparer la relation des populations à celui-ci. Il s'agit de promouvoir une véritable restauration holistique (Higgs, 2003; Tadaki *et al.*, 2017) prenant au sérieux les dimensions relationnelles, les liens que les humains entretiennent avec les non-humains et les demandes des individus (Hache, 2011;

Chan *et al.*, 2016; Beau, 2017). L'objectif est de se dégager de l'écologie profonde et de dépasser les approches strictement réglementaires pour élaborer une série de compromis entre les différents êtres vivants, afin de bâtir un monde commun.



EN RÉSUMÉ

Une continuité écologique efficace est la garante du cycle de vie des espèces et donc de leur maintien à long terme dans le bassin versant. Pour assurer le succès de la reproduction des espèces amphihalines ou résidentes qui se reproduisent en eau douce, il faut que leur parcours de migration soit facilité et que des frayères de bonne qualité existent sur ce parcours. Les actions à mener sont diverses et consisteraient en premier lieu à réduire les temps de blocage cumulés engendrés par les barrages de navigation en augmentant l'attractivité des voies de passages. De même, il semble essentiel sur les sites complexes, de favoriser la complémentarité de plusieurs voies de passage (passes à poissons, éclusées à poissons), pour s'adapter aux divers comportements de franchissement des espèces présentes (saut, nage, etc...). Des gains pourraient être apportés par une meilleure compréhension des besoins des espèces par les gestionnaires des ouvrages et une gestion adaptative de la courantologie des sites aux périodes relativement réduites de leurs migrations. En complément, il est crucial de rester vigilant vis-à-vis de la qualité physico-chimique, notamment le profil longitudinal de l'oxygène qui peut être contrasté entre l'aval et l'amont des ouvrages et les températures de l'eau qui peuvent s'avérer contraignantes en période estivale et de bas débits. Enfin, faciliter la migration ne va pas sans des frayères de bonne qualité disponibles. La cartographie des berges et hauts fonds permet ainsi de mieux

identifier les lieux potentiels de reproduction et d'encourager les efforts de préservation et de restauration sur l'axe Seine et ses affluents.

Pour autant, la restauration écologique ne peut se contenter de ne réparer que le vivant. Les aspects sociaux, c'est-à-dire les usages et les pratiques, doivent être pris en compte pour avoir une vision d'ensemble de la rivière. La première étape consisterait à donner les moyens aux maîtres d'ouvrage de mettre en place une politique ambitieuse de médiation auprès des riverains. Au-delà d'une simple explication des enjeux réglementaires et techniques, il s'agit de faire comprendre le fonctionnement de la rivière, des enjeux autour de sa gestion et de la rendre plus visible et accessible. Cela se traduit aussi par des actions en faveur d'une amélioration de la connectivité sociale de la rivière : loisirs récréatifs, sportifs ou éducatifs.

Il s'agit ici de promouvoir une véritable restauration holistique (Higgs, 2003 ; Tadaki *et al.*, 2017) prenant au sérieux les dimensions relationnelles, les liens que les humains entretiennent avec les non-humains et les demandes des individus (Hache, 2011 ; Chan *et al.*, 2016 ; Beau, 2017). L'objectif est de se dégager de l'écologie profonde et de dépasser les approches strictement réglementaires pour élaborer une série de compromis entre les différents êtres vivants, afin de bâtir un monde commun.



CONCLUSION

Depuis quelques années, des articles et des reportages soulignent la réapparition de poissons en Seine, jusqu'à Paris. Mais la recherche dont se fait l'écho ce fascicule, menée par plusieurs équipes mobilisant des disciplines variées, a montré combien le savoir sur ce qui se déroule en Seine est fragmentaire.

Historiens, géographes, écologues et modélisateurs ont ici adopté une approche intégrée qui a montré non seulement les difficultés auxquelles ont été confrontés les poissons entreprenant une remontée migratoire en Seine depuis le XIX^e siècle, mais également ce qui les attend dans le futur. L'étude conjointe des facteurs environnementaux, du développement de la navigation et de l'industrialisation, ainsi que de l'évolution des perceptions et des enjeux sociétaux sur un temps long, éclaire le déclin puis le retour de certains migrateurs en Seine.

La complémentarité des dispositifs de vidéo-comptage installés sur des sites stratégiques du bassin versant et des investigations de terrain à l'aide de la télémétrie fournit de meilleures connaissances sur les comportements migratoires et les fronts de colonisation des espèces. Pour la première fois, une estimation de la fonctionnalité réelle des dispositifs de franchissement des barrages de navigation a pu être réalisée, grâce au suivi des temps d'attente des individus sous les ouvrages. Ces données factuelles ont permis d'enclencher la volonté de divers acteurs d'améliorer la continuité écologique de la Seine. Elles ont favorisé la mise en place d'actions d'entretien et de correction de problèmes de conception des passes à poissons grâce au dialogue renouvelé des services de l'Etat et gestionnaires des voies navigables.

Moins visible et pourtant tout à fait mortelle est l'impact de la chute drastique des teneurs en oxygène dissous dans le fleuve, qui a culminé dans les années 1970. L'amélioration de ce paramètre vital dans les années 1990 a servi de base aux

premières réapparitions de poissons migrateurs en Seine dans les années 2000. La mobilisation de la modélisation pour reconstituer l'état du fleuve en tout point et à toutes les périodes de l'année a permis de comprendre l'impact d'un facteur qui sera crucial dans les années à venir : la température de l'eau. Dans un contexte de changement climatique, le réchauffement du fleuve depuis le début du XX^e siècle conduira à une réduction du nombre de jours favorable à la migration des espèces sensibles à ce facteur, comme les salmonidés. D'autres espèces, dont les périodes de migration sont plus précoces, pourront se maintenir à condition que les efforts pour conserver des taux d'oxygène dissous supérieurs à 6 mg/l se poursuivent, sans pollutions accidentelles qui peuvent réduire à néant une saison de migration.

La reconquête d'un bon état écologique de la Seine passe par une appropriation de cet objectif par la population. Or les études menées sur le terrain ont montré combien cette appropriation était faible, sans vision globale ou sujette à conflits.

Face à ces constats, les apports du projet ont été multiples. La mobilisation des savoirs produits est une opportunité pour recréer du lien entre riverains/habitants/usagers et la rivière. Elle permet de rendre visible le poisson dans la rivière, d'élargir le panel d'informations disponibles, d'amorcer le dialogue entre différents acteurs, et d'introduire une vision d'ensemble de la problématique de la restauration de la continuité écologique. Ce dialogue renouvelé a permis d'enclencher des changements auprès de certains partenaires pour optimiser l'existant et améliorer la continuité écologique.

La richesse des informations apportées par le vidéo-comptage de Poses (165 km de la mer) et la présence de grands migrateurs à Choisy-au-Bac sur l'Aisne (450 km de la mer) depuis 2017, ont permis une mobilisation globale (VNF, AESN, Seinormigr)

pour l'installation en mars 2023 d'une station de vidéo-comptage sur la passe à poissons de Pontoise. L'observation régulière d'aloses sous le barrage de Suresnes par les pêcheurs de loisirs pourrait aussi justifier de poursuivre l'effort pour équiper ce barrage d'une passe à poissons mais aussi d'équiper celle établie sur l'axe Marne d'un vidéo-comptage.

Des investigations de terrains vont se poursuivre en 2024 sur l'axe Oise, afin d'étudier plus finement les facteurs environnementaux qui influencent le choix

des voies de passages par la grande alose lorsque passe à poissons et écluse sont présentes sur les ouvrages. Ces travaux pourront permettre d'évaluer des pratiques de gestion sur des sites complexes présentant divers usages et apporter des éléments d'aide à la décision qui permettront à la Seine de redevenir un lieu de libre circulation des organismes vivants, comme l'exige la réglementation.



BIBLIOGRAPHIE

- Adriaensen, F., Chardon, J.P., De Blust, G., Swinnen, E., Villalba, S., Gulinck, H., Matthysen, E. (2003). The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*. 64(4): 233-247.
- Acolas, M.L., Véron, V., Jourdan, H., Bégout, M.L., Sabatié, M.R. & Baglinière, J.L. (2006). Upstream migration and reproductive patterns of a population of allis shad in a small river (L'Aulne, Brittany, France). *Ices Journal of Marine Science*, 63, 476-484.
- AERMC (2012). Evaluation de l'incitativité des interventions de l'Agence auprès des collectivités locales dans le domaine de la restauration physique des cours d'eau et des plans d'eau sur le bassin Rhône Méditerranée, 92 p.
- AESN (1978). « Fascicule 6 - hydraulique fluviale et voies navigables ». In *Besoins et utilisation d'eau Pollution*. Vol. 2. Les bassins de la Seine et des cours d'eau normands.
- Alp, M. and Le Pichon, C. (2021). Getting from sea to nurseries: Considering tidal dynamics of juvenile habitat distribution and connectivity in a highly modified estuarine riverscape. *Ecosystems*. 24(3): 583-601.
- Anquetil, V., Koerner, E., Boudes, P. (2018). La restauration hydromorphologique des cours d'eau ou la difficile articulation des référentiels environnementalistes et territoriaux, *Géocarrefour* 92, no 92/1.
- Barault, A. et Sanson, G. (2013). Suivi 2012 de la reproduction de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) dans le département de l'Eure - Rivières Andelle, Epte et Eure. Rapport FDAAPPMA27, 51 p.
- Baglinière, J.-L. et Porcher, J.-P. (1994). Les stocks de reproducteurs et le comportement lors de la migration génésique. In *Le saumon atlantique*. Edited by J.C. Gueguen and P. Prouzet. IFREMER, Plouzané. 101-122.
- Barles, S. (2007). Urban metabolism and river systems: An historical perspective—Paris and the Seine, 1790-1970. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 4(3), 1845-1878.
- Barraud, R., Germaine, M.-A. (2017). Démanteler les barrages pour restaurer les cours d'eau. *Controverses et représentations*. Versailles : Quae.
- Barrier Y. (2019). L'île Nancy : valorisation, usages, communication et continuité écologique, Licence 2 Géographie-Aménagement, Université Paris Nanterre, 40 p. (Dir. M.-A. Germaine et K. de la Croix, LAVUE).
- Barry, T. et Kynard, B. (1986). Attraction of adult American shad to fish lifts at Holyoke Dam, Connecticut River. *North American Journal of Fisheries Management*, 6, 233-241.
- Beau, R. (2017). *Éthique de la nature ordinaire Recherches philosophiques dans les champs, les friches et les jardins*, Paris, Editions de la Sorbonne (Philosophies pratiques), 342 p.
- Belaud, A., Carette, A., Cassou-Leins, F. et Cassou-Leins, J. (2001). Choix des sites de fraie par la grande alose (*Alosa alosa* L.) en moyenne Garonne. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 869-880.
- Belliard, J., Boet, P. et Allardi, J. (1995). Évolution à long terme du peuplement piscicole du bassin de la Seine. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 83-91.
- Belliard, J., Marchal, J., Ditché, J.-M., Tales, E., Sabatié, R. et Baglinière, J.-L. (2009). Return of adult anadromous allis shad (*Alosa alosa* L.) in the river Seine, France: A sign of river recovery? *River Research and Applications*, 25, 788-794.
- Beslagic, S., Marival, M.-C., Belliard, J. (2013). CHIPS: a database of historic fish distribution in the Seine River basin (France). *Cybium* 37(1 - 2):75 - 93

- Beuret J.-E., Cadoret A. (2011). Retour d'expériences sur la concertation vue par les acteurs environnementaux et les élus locaux, ADEME, 188 p.
- Billen, G., Garnier, J., Ficht, A., Cun, C. (2001). Modeling the response of water quality in the Seine river estuary to human activity in its watershed over the last 50 years. *Estuaries*, 24(6), 977-993.
- Bidart, L. (2020). *Les riverains face à la restauration écologique et à l'entretien des cours d'eau. Connaissances et implication dans les vallées de la Risle et de l'Eure*, Mémoire de stage de Master (Dir. M.-A. Germaine et K. de la Croix), Mémoire de Master 2 ERPUR, Rennes 1, 80 p.
- Boisneau, P., Mennesson-Boisneau, C., Baglinière, J.-L. (1990). Description d'une frayère et comportement de reproduction de la grande Alose (*Alosa alosa* L.) dans le cours supérieur de la Loire. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 15-23.
- Boé, J., Gallois, N., Deman, J., Flipo. (2023). Impacts du changement climatique sur le fonctionnement hydrologique du bassin de la Seine. Dans Flipo, N. (ed), *Trajectoires hydrologiques, passée, présente, et futures du bassin de la Seine*, PIREN-Seine, Rapport de synthèse phase VIII, Volume 3, 69-94.
- Bouleau, G., et Gramaglia, C. (2015). De la police de la pêche à celle de l'environnement: l'évolution d'une activité professionnelle dédiée à la surveillance des milieux aquatiques. *Activités professionnelles à l'épreuve de l'environnement*, 73-90.
- Bouleau, G. (2017) La catégorisation politique des eaux sous l'angle de la political ecology: le patrimoine piscicole et la pollution en France. *L'Espace géographique*, 46, 214-230.
- Bouyssonnie, W., et Filloux, D. (2020). Suivi de la reproduction naturelle de la grande alose sur la Dordogne - Année 2020. *Rapport MIGADO*, 27 p.
- Bouyssonnie, W., et Levieux, G. (2019). Etude survie grande alose : compte rendu d'activité de la production de larves 2019 et du suivi des alosons. *Rapport MIGADO*, 58 p.
- Brennetot, A. (2019). *Atlas de la vallée de la Seine*, Paris : Editions Autrement, 96 p.
- Brun, A., et Marette, S. (2003). Le bilan d'un contrat de rivière: le cas de la Reysouze. *Économie rurale*, 275(1), 30-50.
- Castro-Santos, T., Shi, X. et Haro, A. (2017). Migratory behavior of adult sea lamprey and cumulative passage performance through four fishways. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74(5): 790-800.
- Chan K. M. A., Balvanera P., Benessaiah K., Chapman M., Díaz S., Gómez-Baggethun E., Gould R., Hannahs N., Jax K., Klain S., Luck G. W., Martín-López B., Muraca B., Norton B., Ott K., Pascual U., Satterfield T., Tadaki M., Taggart J., Turner N. (2016). Opinion: Why protect nature? Rethinking values and the environment, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 113, n°6, 1462-1465.
- Chan K. M., Gould R. K., Pascual U. (2018). Editorial overview: Relational values: what are they, and what's the fuss about? *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 35, A1-A7.
- Charvolin, F. (2003). *L'invention de l'environnement en France. Chronique anthropologique d'une institutionnalisation*. Paris : La Découverte.
- Cleveland, W.S. (1993). *Visualizing Data*; Hobart Press, Summit, NJ, USA, 360 p.
- Collinet, D. (2013). Continuité écologique et dynamique des populations de migrateurs amphihalins du bassin de la Seine. Mémoire de Master Science de la Terre, de l'Eau et de l'Environnement Ingénieur des Milieux Aquatiques et des Corridors Fluviaux, Rapport de stage, Université Tours. 80 p. (Dir. Thomas Schwab, ONEMA).
- Comte O. (2020). Accessibilité, Loisirs et Sensibilisation à l'environnement fluvial dans la vallée de l'Eure, Mémoire de Master 2 Gestion de l'environnement, Parcours PGAE, Université Saint-Etienne, 184 p. (Dir. M.-A. Germaine et K. de la Croix, LAVUE).
- Courson, E. (2019). Ecological Continuity of the Seine Axis Since the 19th century. Mémoire Master of Sciences « Agrosociétés, Environnement, Territoires, Landscape, Forest », Université Paris-Saclay/AgroParisTech, 68 p. (Dir. Laurence Lestel, Sorbonne Université et Céline Le Pichon, INRAE).

- Crooks, K.R. et Sanjayan, M. (2006). Connectivity conservation. Vol. 14. : Cambridge University Press.
- de la Croix, K. et Germaine, M.-A. (2022). Quelle médiation pour accompagner la restauration de la continuité écologique des cours d'eau? Exemple de stratégies de maîtres d'ouvrage sur l'Eure et la Risle (Normandie). Géocarrefour, vol. 96, no 96/1.
- Dragotta, A. (2019). Caractérisation des populations d'aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax*) sur le bassin versant de la Charente. 72 p.
- Drapier, L. (2019). Approche géographique comparée du démantèlement des seuils et des barrages sur les deux rives de l'Atlantique : projet écologique, politiques publiques et riverains (Sélune, Orne, Musconetcong, Wood-Pawcatuck, Mousam), Thèse de doctorat, Université Paris Est.
- Drapier L., Germaine M.-A., Lespez L., Magilligan F.J., Sneddon C. (2021). Networks, coalitions and the contestation of dam removal across political and institutional scales in France and New England (USA), *Geographical Review*.
- Druschke, C.G., Lundberg, E., Drapier, L. (2017). Centring fish agency in coastal dam removal and river restoration. *Water alternatives*, 10(3).
- Dudgeon, D.; Arthington, A.H.; Gessner, M.O.; Kawabata, Z.-I.; Knowler, D.J.; Lévêque, C.; Naiman, R.J.; Prieur-Richard, A.-H.; Soto, D.; Stiassny, M.L.J.; et al. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.*, 81, 163-182.
- Duhamel S. (coord.), Feunteun E., Cerisier S., Bacq N., De Roton G., Mayot S., Gouneau N., Lefrançois T., Berno A., Balay P. (2012). Projet ICHTYO : Structuration spatio-temporelle des assemblages d'espèces de poissons dans l'estuaire de la Seine. État actuel et incidences du paysage aquatique sur la fonctionnalité des habitats. *Projet Seine-Aval* 4, 30 p.
- Eden, S., Tunstall, S. (2006). Ecological versus social restoration? How urban river restoration challenges but also fails to challenge the science-policy nexus in the United Kingdom. *Environment and Planning C: Government and Policy*, (24/5): 661-680.
- Esculier, F. et Barles, S. (2020). Trajectoires passées et futures des systèmes de gestion des excréments humains : Paris du XIX^e au XXI^e siècle. *Le bassin de la Seine*, vol. 90, 117-140.
- FDAAPPMA27 (2013). Suivi 2012 de la reproduction de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus* L.) dans le département de l'Eure – Rivière Andelle, Epte et Eure. 51 p. BARAULT A. & SANSON G.
- FDAAPPMA27 - M. Bonnet (2020). Étude de la reproduction de la Lamproie marine dans le département de l'Eure.
- Fisson, C. (2017). Industrialisation de l'estuaire de la Seine : quel héritage pour la qualité des eaux ? *Fascicule Seine-Aval* 3.6, 52 p.
- Foussard, V. (coord.), Cuvilliez, A., Fajon, P., Fisson, C., Lesueur, P., Macur, O. (2010). Évolution morphologique d'un estuaire anthropisé de 1800 à nos jours. *Fascicule Seine-Aval* n°2.3, 43 p.
- Fox C., Magilligan F.J., Sneddon C. (2016). "You Kill the Dam, You Are Killing a Part of Me": Dam Removal and the Environmental Politics of River Restoration, *Geoforum* 70, 93-104.
- Germaine, M.-A., de la Croix, K., Temple-Boyer, E. (2021). « Restaurer n'est pas éduquer ». Etude des documents de communication liés aux opérations de restauration de la continuité écologique sur la Seine aval, la Risle et l'Eure, *Revue d'éducation à l'environnement*, 21 p.
- Germaine M.-A. et Temple-Boyer, E. (2022). Intérêt des acteurs, compréhension de la continuité écologique. *Rapport du projet CONSACRE*.
- Germaine, M.-A. et Barraud, R. (2013). Restauration écologique et processus de patrimonialisation des rivières dans l'Ouest de la France, *VertigO*, no Hors-série 16.
- Germaine M.-A., Lespez L. (2014). Le démantèlement des barrages de la Sélune (Manche). Des réseaux d'acteurs au projet de territoire ?, *Dév. Durable Territ.*, n°5, Vol. 3.
- GIP Seine-Aval. (2008). Niveaux d'oxygénation dans l'estuaire de la Seine. Fiche thématique du système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine et de son évolution. 6 p.
- GIP Seine-Aval. (2016). Les poissons migrateurs de l'estuaire de la Seine. Fiche thématique du système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine et de son évolution. 6 p.
- Giske, J., Huse, G. et Fiksen, O. (1998). Modelling spatial dynamics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 8(1): 57-91.

- Godet, L. (2010). La « nature ordinaire » dans le monde occidental. *L'Espace géographique*, 39(4), 295-308.
- Gobster, P.H., Westphal, L.M. (2004). The human dimensions of urban greenways: planning for recreation and related experiences. *Landscape and urban planning*, 68(2-3), 147-165.
- Granjou, C., Mauz, I., et Cosson, A. (2010). Les travailleurs de la nature: une professionnalisation en tension. *SociologieS*.
- Grasso, F., Bismuth, E. & R., V. (2021). *Projet ARES « Analyse de Rejeux hydro-sédimentaires en Estuaire de Seine »*. 65 p. Rapport de recherche du programme Seine-Aval 6.
- Guérin, S., Richoux, R., Garcia-Gonzales, E., Azimi, S., Rocher, V., Lemoine, J.-P., Fisson, C., Petit, F., Mouchel, J.-M. (2019). Fonctionnement dégradé de la station d'épuration Seine Aval (Yvelines) du 3 au 5 juillet 2019 suite à l'incendie de l'unité de clarifloculation - Analyse de l'impact environnemental de l'événement sur la Seine. L'eau, l'industrie, les nuisances n°424.
- Guillerme A. (1990). « Le testament de la Seine », *Géocarrefour* n°65-4, 240-250.
- Hache E (2011). *Ce à quoi nous tenons Propositions pour une écologie pragmatique*, Empêcheurs de penser en rond. 247 p.
- Hannah, L., Midgley, G., Andelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., ... & Williams, P. (2007). Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(3), 131-138
- Haraway, D. (2003). *The Companion Species Manifesto: Dogs, People, And Significant Otherness*, Prickly Paradigm Press, 112 p.
- Higgs E. (2003). *Nature by Design: People, Natural Process, and Ecological Restoration*, MIT Press, 368 p.
- Hodgson, J. A., Thomas, C. D., Wintle, B. A., et Moilanen, A. (2009). Climate change, connectivity and conservation decision making: back to basics. *Journal of Applied Ecology*, 46(5), 964-969.
- Katopodis, C. et Williams, J.-G. (2012). The development of fish passage research in a historical context. *Ecological Engineering*. 48: 8-18.
- Kilic, D., Rivière, A., Gallois, N., Ducharne, A., Wang, S., Peylin, P., Flipo, N. (2023). Assessing water and energy fluxes in a regional hydrosystem: case study of the Seine basin. *Comptes Rendus - Geoscience*, 355, 143-163. DOI: 10.5802/crgeos.165
- Kondolf, G.M. et Pinto, P. (2017). The social connectivity of urban rivers. *Geomorphology*, 277, 182-196.
- Knaapen, J.P., Scheffer, M. et Harms, B. (1992). Estimating habitat isolation in landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 23(1): 1-16.
- Larinier, M. (1998). Upstream and Downstream Fish Passage Experience in France, in *Fish Migration and Fish Bypasses*, F.N. Books, Editor. 127-145.
- Latour, B. (2006). *Nous n'avons jamais été modernes : Essai d'anthropologie symétrique*. Paris : La Découverte.
- Lavollée. (1903). Enquête sur les mesures à prendre pour assurer le passage des poissons migrateurs. *Bassin de la Seine, pêche fluviale*. 25 p.
- Le Calvez, C. (2015). Rétablir la libre circulation piscicole dans les vallées fluviales : mise en perspective des enjeux et des aménagements à partir du cas de l'Aulne (XIX^e-XXI^e siècles), *Norois*, vol. 237, n°4, 33-50.
- Le Pichon, C. (2022). « Riverscape ecology » : une opportunité pour améliorer la préservation des peuplements de poissons. Habilitation à diriger des recherches, Spécialité Biodiversité, Université Paris-Saclay.
- Le Pichon, C. et Alp, M. (2018). ANACONDHA. Analyse spatiale de la connectivité des habitats fonctionnels pour les poissons à l'échelle de l'estuaire. *Rapport GIP Seine Aval*. 101 p.
- Le Pichon, C., Coustillas, J., Zahm, A., Bunel, M., Gazeau-Nadin, C. & Rochard, E. (2017). Summer use of the tidal freshwaters of the River Seine by three estuarine fish: Coupling telemetry and GIS spatial analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 196, 83-96.
- Le Pichon, C., Lestel, L., Courson, E., Merg, M.-L., Tales, E. et Belliard, J. (2020). Historical Changes in the Ecological Connectivity of the Seine River for Fish: A Focus on Physical and Chemical Barriers Since the Mid-19th Century. *Water*, 12, 1352.

- Le Pichon, C., Michelot, A., Girondin, M., Bau, F., Talès, E., Grall, S. et Rochard, E. (2022). Nouvelles connaissances sur les flux migratoires piscicoles dans l'axe fluvial Seine, fragmenté par les ouvrages de navigation. Rapport Consacre, 44 p.
- Lejon, A. GC, Renofalt, B., Nilsson, C. (2009). Conflicts associated with dam removal in Sweden, *Ecology and Society* 14, no 2.
- Lescure, S., Arnaud-Fassetta, G., Cordier, S. (2011). Sur quelques modifications hydromorphologiques dans le Val de Seine (Bassin parisien, France) depuis 1830: quelle part accorder aux facteurs hydrologiques et anthropiques?. *EchoGéo*, (18).
- Lestel L., Meybeck M., Carré C., Belliard J. (2023). The Seine, the River dedicated to Paris. In Wantzen K.M. ed. *River cultures: life as a dance to the rhythm of the waters*, Unesco Publishing, Paris, 673-697.
- Lestel, L., Eschbach, D., Meybeck, M. et Gob, F. (2020). The evolution of the Seine basin water bodies through historical maps. In: N. Flipo, P. Labadie and L. Lestel, eds., *The Seine River Basin*, Hdb Env Chem, Cham: Springer, DOI 10.1007/698_2019_396.
- Lestel, L. Eschbach D, Steinmann R, Gastaldi N. (2018). *ArchISEINE: une approche géohistorique du bassin de la Seine*. Fascicule PIREN Seine, 64 p.
- Lhuillier A. (2022). Les passes à poissons, un dispositif pour sensibiliser à la biodiversité piscicole ? Enquête en France et dans le Bassin Seine Normandie, Mémoire de Master 2, Gestion des Habitats et des Bassins Versants, Université Rennes 1, 33 p. (Dir. M.-A. Germaine, LAVUE et C. Le Pichon, INRAE).
- Luglia, R. (2014). Le savant, le saumon et l'ingénieur. *La Société d'acclimatation, l'État et le dépeuplement des cours d'eau à la fin du XIXe siècle*. Pour mémoire., (14), 88-97.
- Marie M. (2022). Enquête auprès des associations de défense des poissons migrateurs : fonctionnement et rôle dans la sensibilisation à l'environnement des rivières, Mémoire de Master 2 GAED Parcours Environnement, UFR SEGGAT, Université de Caen-Normandie, 133 p. (Dir. M.-A. Germaine, LAVUE et C. Le Pichon, INRAE).
- Martin, J., Rougemont, Q., Drouineau, H., Launey, S., Jatteau, P., Bareille, G., Berail, S., Pécheyran, C., Feunteun, E. & Roques, S. (2015). Dispersal capacities of anadromous Allis shad population inferred from a coupled genetic and otolith approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 72, 991-1003.
- May, Rachel. (2006). "Connectivity" in Urban Rivers: Conflict and Convergence between Ecology and Design. *Technology in Society* 28 (4): 477-88.
- Mennesson-Boisneau, C., Aprahamian, MW., Sabatié, MR., Cassou-Leins, JJ. (2000). Remontée migratoire des adultes. In: Baglinière JL, Elie P, editors. *Les aloses (Alosa alosa et Alosa fallax spp)*. Paris:Cemagref Editions – INRA Editions. 55-72.
- Merg M-L., Belliard J., Dezerald O., Kreutzenberger K., Demski S., Reyjol Y., Usseglio-Polatera P. (2020). « Modeling diadromous fish loss from historical data: Identification of anthropogenic drivers and testing of mitigation scenarios », *PLoS ONE* n°15(7), 26 p.
- Merg, M.L., et Le Pichon, C. (2022). Modélisation de la continuité écologique sur la Seine et ses affluents. Rapport Projet CONSACRE, 48 p.
- Merger, M. (1994). La canalisation de la Seine (1838-1939). In : *La Seine et son histoire en Ile-de-France*, Paris et Ile-de-France Mémoires. Vol 45. Paris: Editions du CTHS, 107-124.
- Meybeck, M., Lestel, L., Briand, C. (2017). L'impact de l'agglomération parisienne sur le milieu aquatique de 1876 à 1937, dans les travaux de l'Observatoire de Montsouris. In Lestel, L., Carré, C. (Eds.), *Les Rivières Urbaines et Leur Pollution*, Collection Indisciplines, Editions Quae, Versailles, France, 32-42.
- Meybeck, M., Lestel, L. (2018). A Western European river in the Anthropocene: The Seine, 1870-2010. In Jason M. Kelly, Philip Scarpino, Helen Berry, James Syvitski and Michel Meybeck eds., *Rivers of the Anthropocene*, University of California Press, 84-100.
- Meybeck M., Lestel L., Carré C., Bouleau G., Garnier J., Mouchel J.-M. (2018). Trajectories of river chemical quality issues over the Longue Durée: the Seine River (1900S-2010). *Environmental Science and Pollution Research*, 2018. 25(24): p. 23468-23484.

- Morizot B. (2020). *Manières d'être vivant : Enquêtes sur la vie à travers nous*, Actes Sud Nature, 234 p.
- Moser, M.L., Darazsdi, A.M. et Hall, J.R. (2000). Improving passage efficiency of adult American shad at low-elevation dams with navigation locks. *North American Journal of Fisheries Management*, 20, 376-385.
- Muntoni M. (2020). Projet REPERE : Référentiel partagé sur les priorités de restauration des fonctionnalités des milieux estuariens de la vallée de Seine-Aval. Rapport d'étude du GIP Seine-Aval, 94 p.
- Nancy, J.-B. (2013). Regards des sciences sociales sur la mise en œuvre des politiques de l'eau, *Collection Comprendre pour agir*, Onema 152: 2.
- Nez, H. (2011). Nature et légitimités des savoirs citoyens dans l'urbanisme participatif. Une enquête ethnographique à Paris. *Sociologie*, 4(2), 387-404.
- Ovidio, M., Dierckx, A., et Benitez, J.-P. (2023). Movement behaviour and fishway performance for endemic and exotic species in a large anthropized river. *Limnologia* 99: 126061.
- Paysant, G., Caillault, S., et Carcaud, N. (2022). Perceptions et enjeux de gestion des rivières de l'Ouest par les gestionnaires de l'eau-entre influence de parcours et pragmatisme de terrain. *Géocarrefour*, vol. 96, no 96/1.
- Perrier, C., Evanno, G., Belliard, J., Guyomard, R. et Baglinière, J.-L. (2010). Natural recolonization of the Seine River by Atlantic salmon (*Salmo salar*) of multiple origins. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67, 1-4.
- Quintella, B.R., Póvoa, I. et Almeida, P.R. (2009). Swimming behaviour of upriver migrating sea lamprey assessed by electromyogram telemetry. *Journal of Applied Ichthyology*. 25(1): 46-54.
- Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: a literature review. *Biological conservation*, 141(10), 2417-2431.
- Ribes, A., Boé, J., Qasmi, S., Dubuisson, B., Douville, H., et Terray, L. (2022). An updated assessment of past and future warming over France based on a regional observational constraint. *Earth System Dynamics* 13(4), 1397-1415.
- Richard-Ferroudji A. (2011). Limites du modèle délibératif : composer avec différents formats de participation, *Politix*, n° 96, no 4, 161.
- Richard-Ferroudji A. (2015). Les professionnels de la gestion territoriale de l'eau : des médecins de famille plutôt que des spécialistes pour soigner les milieux aquatiques, *Activités professionnelles à l'épreuve de l'environnement*, Octarès, 189-207.
- Rochard, E. (2001). Migration anadrome estuarienne des géniteurs de grande alose *Alosa alosa*, allure du phénomène et influence du rythme des marées. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (362-363): 853-867.
- Romero, E., Le Gendre, R., Garnier, J., Billen, G., Fisson, C., Silvestre, M., Riou, Ph. (2016). Long-term water quality in the lower Seine: lessons learned over 4 decades of monitoring. *Environ. Sci. Policy* 58, 141-154. doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.016.
- Roule, L. (1922). La migration reproductrice et la protandrie de l'aloise feinte (*Alosa finta* L.). *Annales des sciences naturelles. Zoologie* : 61-76.
- Seinormigr (2021). [Grall, S., Garot, G., Lemonnier, A., Deshayes, F., Barault, A., & Potier, M.]. Contrôle des migrations des poissons grands migrateurs sur la Seine au barrage de Poses-Amfreville-sous-Monts - Année 2021. Rapport Seinormigr, 57 p.
- Sneddon, C., Barraud, R., Germaine, M.-A. (2017). Dam removals and river restoration in international perspective. *Water Alternatives*, 10(3), 648-654.
- Steel, E.A., Beechie, T.J., Torgersen, C.E. et Fullerton, A.H. (2017) Envisioning, quantifying, and managing thermal regimes on river networks. *BioScience*, 67, 506-522.
- Subra, P. (2016). Géopolitique locale : Territoires, acteurs, conflits. Paris: Armand Colin.
- Tadaki, M., Sinner, J., et Chan, K. M. (2017). Making sense of environmental values: a typology of concepts. *Ecology and Society* 22.1
- Thomas, O., & Germaine, M. A. (2018). De l'enjeu de conservation au projet de territoire: Le saumon atlantique au coeur des débats. *VertigO*, 18(2).
- Tétard, S., Feunteun, E., Bultel, E., Gadais, R., Bégout, M. L., Trancart, T., & Lasne, E. (2016). Poor oxic conditions in a large estuary reduce connectivity from marine to freshwater habitats of a diadromous fish. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 169, 216-226.

-  Violette, A. (1902). La disparition du saumon. Bull. Soc. Cent. Aquic. Pêche, 14, 181-197.
 -  Wang, S., Flipo, N., Romary, T. (2019). Oxygen data assimilation for estimating micro-organism communities' parameters in river systems. Water Research, 165, 115021. doi:10.1016/j.watres.2019.115021
 -  Wang, S., Flipo, N., Romary, T., Hasanyar, M. (2022). High frequency oxygen data assimilation in the Seine River system: strengths and challenges. Environmental Modelling and Software, 151, 105382, doi:10.1016/j.envsoft.2022.105382.
 -  Zylberblat, M., Roche, P. & Pautrat, P. (2011). Le rétablissement de l'axe de migration sur le Rhône: une stratégie partagée. La Houille Blanche, 97, 22-27.
-

GLOSSAIRE

- **ADN environnemental** : technique de surveillance de la biodiversité à partir de la collecte de l'ADN présent dans le milieu.
 - **Amphihalín** : se dit d'un organisme effectuant des migrations entre le milieu marin et un milieu d'eau douce, généralement un fleuve ou une rivière.
 - **Anadrome** : caractérise les espèces de poisson amphihalines qui migrent du milieu marin vers les fleuves (eau douce) pour s'accoupler et pondre leurs œufs.
 - **Bief** : portion d'un cours d'eau ou d'un canal entre deux chutes ou deux écluses.
 - **Clarifloculation** : technique physicochimique utilisée dans le traitement des eaux pour récupérer les matières en suspension.
 - **Continuité latérale** : correspond à l'une des trois dimensions de continuité écologique des milieux aquatique. Elle correspond notamment au maintien de la connexion d'un cours d'eau avec son lit majeur, ses berges, la ripisylve et les plaines alentours.
 - **DENIL (système)** : type d'échelles à poisson installées sur divers barrages par M. DENIL, Inspecteur général des Ponts et Chaussées belges.
 - **Dulçaquicole** : organisme qui vit en eau douce.
 - **Estuaire** : zone aval d'un fleuve soumise à la marée.
 - **Étiage** : qualifie la période de l'année où un cours d'eau atteint son débit le plus bas.
 - **Frayère** : zone de reproduction et de ponte d'espèces aquatiques.
 - **Isoplèthe** : une isoplèthe est une ligne joignant des points d'égale valeur sur une carte. Elle sépare ainsi des zones de faibles valeurs et des zones de valeurs plus élevées. Selon ce que l'on désigne elle peut prendre un nom particulier, par exemple isobare (ligne joignant des points d'égale pression) ou isotherme (ligne joignant des points d'égale température).
 - **Sassée** : correspond à l'ensemble des manœuvres nécessaires au franchissement d'une écluse par des bateaux. On parle également d'éclusée ou de bassinée.
 - **Traits biologiques** : descripteurs biologiques et comportementaux quantitatifs (respiration, croissance, mode/rythme/stratégie de reproduction et alimentation) ou écologiques (préférendum de température, dureté, pH, etc.) étudiés aux échelles spatiales de l'habitat et du paysage.
-

ACRONYMES

- **AESN** : Agence de l'eau Seine-Normandie
 - **AERMC** : Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
 - **ARS** : Agence régionale de santé
 - **ASA** : Associations syndicales autorisées
 - **ASARM** : Association Syndicale Autorisée de la Risle Médiane
 - **CASE** : Communauté d'Agglomération Seine Eure
 - **CPIER** : Contrat de plan interrégional État-Régions
 - **DIG** : Déclaration d'intérêt général
 - **DCE** : Directive Cadre sur l'eau
 - **DDT** : Direction départementale des territoires
 - **FDAAPPMA** : Fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique
 - **GIEC** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
 - **HAP** : Hydrocarbures aromatiques polycycliques
 - **IPR** : Institut Paris Région
 - **LEMA** : Loi sur l'eau et les milieux aquatiques
 - **MESRI** : Ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation
 - **OFB** : Office français de la biodiversité
 - **PAOT** : Plan d'action opérationnel territorialisé
 - **PARCE** : Plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique
 - **PCB** : Polychlorobiphényles
 - **PLAGEPOMI** : Plan de gestion des poissons migrateurs
 - **PPRE** : Programme pluriannuel de restauration et d'entretien des cours d'eau
 - **RCE** : Restauration de la continuité écologique
 - **RCR** : Representative Concentration Pathways (représentatifs d'évolution de concentration)
 - **SAGE** : Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau
 - **SBV4R** : Syndicat du bassin versant des 4 rivières
 - **SDAGE** : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
 - **SIHVI** : Syndicat intercommunal de la Haute Vallée de l'Iton
 - **SMABI** : Syndicat Mixte d'Aménagement du bassin de l'Iton
 - **SRCE** : Schéma régional de cohérence écologique
 - **STACOMI** : Station de contrôle des migrations
 - **Syndicat intercommunautaire SNA/EPN** : Seine Normandie Agglomération/Évreux Portes de Normandie
 - **UFBSN** : Union des Fédérations de pêche et de protection du milieu aquatique du Bassin Seine Normandie
 - **VNF** : Voies navigables de France
 - **ZA** : Zone atelier
-



www.za-seine.fr



Ce fascicule est édité par l'association ARCEAU IdF.