

Revue de littérature ; les impacts environnementaux liés à la présence des barrages sur l'habitat aquatique du saumon atlantique – préserver et restaurer la libre circulation du poisson



**FQSA**  
Fédération québécoise  
pour le saumon atlantique

## ***Équipe de réalisation***

### **Rédaction, recherche et révision**

Alexandra Déry

Chargée de projets, Biologiste, M. ATDR

Fédération québécoise pour le saumon atlantique

Christophe Jourdain-Bonneau

Chargé de projets, Biologiste, M. Sc.

Fédération québécoise pour le saumon atlantique

### ***Référence à citer :***

FQSA. 2024. Revue de littérature ; les impacts environnementaux liés à la présence des barrages sur l'habitat aquatique du saumon atlantique – préserver et restaurer la libre circulation du poisson, Québec, Qc, 38 p.

## Remerciements

La rédaction de ce projet a été rendue possible grâce au financement de la Fondation pour la conservation du saumon atlantique (FCSA) et de la Fondation Saumon.



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>LA CONNECTIVITÉ ÉCOLOGIQUE ET LES CORRIDORS NATURELS</b> .....	<b>2</b>
2.1	La connectivité dans les écosystèmes aquatiques.....	3
2.2	La fragmentation des rivières.....	5
2.3	La connectivité hydrosédimentaire.....	5
2.4	Le Québec et l'hydroélectricité.....	9
2.5	La protection du libre passage des poissons.....	10
<b>3</b>	<b>LES RIVIÈRES À SAUMON DU QUÉBEC</b> .....	<b>12</b>
3.1	Cas de figure : La rivière Jacques-Cartier.....	15
<b>4</b>	<b>LA RESTAURATION DE RIVIÈRE</b> .....	<b>15</b>
4.1	L'amélioration des conditions de passage et les passes migratoires.....	16
4.2	Cas de figure : la rivière Romaine - Impacts et mesures de mitigation.....	19
<b>5</b>	<b>LE PHÉNOMÈNE DE RETRAIT DE BARRAGE À TRAVERS LE MONDE</b> .....	<b>20</b>
5.1	Avantages du démantèlement de barrages.....	23
5.2	Les étapes du démantèlement de barrages.....	24
5.2	Cas de figure : La rivière des Escoumins.....	25
5.3	Cas de figure : La restauration de la rivière Klamath (États-Unis).....	26
5.4	La portée environnementale et socioéconomique des travaux de démantèlement ....	27
<b>6</b>	<b>L'AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ</b> .....	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>LA RIVIÈRE SAINT-JEAN SAGUENAY ET LE BARRAGE HYDRO-MORIN</b> .....	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>33</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>34</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Fonction clé d'une rivière qui s'écoule naturellement (WWF, 2006) .....	4
<b>Tableau 2.</b> Impacts des aménagements hydroélectriques sur les cours d'eau (Office français de la biodiversité, 2022) .....	8
<b>Tableau 3.</b> Rivières à saumon du Québec exploitées avec présence d'un barrage (MELCCFP, 2024).....	14
<b>Tableau 4.</b> Avantages et inconvénients des différents types de passes migratoires (Côté, 2010) .....	17
<b>Figure 1.</b> Carte des barrages d'Europe démantelés depuis 2022 (DRE, 2024).....	21
<b>Figure 2 :</b> Le Happy Fish avec Josée Arsenault (gauche), Myriam Bergeron (centre) et Alexandra Déry (droite) de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique. ....	22
<b>Tableau 5.</b> Chronologie des étapes conduisant au démantèlement d'un barrage .....	24

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Carte des barrages d'Europe démantelés depuis 2022 (DRE, 2024).....	21
<b>Figure 2 :</b> Le Happy Fish avec Josée Arsenault (gauche), Myriam Bergeron (centre) et Alexandra Déry (droite) de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique. ....	22

## 1 INTRODUCTION

L'aménagement du territoire est un domaine clé où des actions peuvent être mises en place pour rallier les besoins économiques et sociaux aux besoins de préservation de la biodiversité et des milieux naturels. Ces actions visent entre autres l'occupation écologique du territoire par la gestion durable des écosystèmes, tant au niveau régional que local (Grenon Gilbert, 2019). Les problématiques liées aux changements climatiques étant de plus en plus étudiées et médiatisées, il est clair que nous faisons face à de nouveaux défis pour protéger la biodiversité. La perte d'habitats et leurs fragmentations, la migration des espèces, l'arrivée de nouvelles espèces envahissantes, de maladies et de parasites, de même que l'acidification des océans sont quelques-uns des enjeux complexes et multidimensionnels auxquels devront faire face les prochaines générations. Pour relever ces défis, il est nécessaire de mettre en œuvre des stratégies de conservation pour la biodiversité qui tiennent compte des impacts des changements climatiques et des pressions anthropiques. Une approche intégrée et multidisciplinaire est essentielle pour atténuer les menaces pesant sur la biodiversité et favoriser sa résilience face aux changements climatiques. Le développement d'infrastructures humaines a mis beaucoup de pression sur les habitats naturels et les a grandement fragmentés à travers le temps. L'urbanisation, la construction de routes, les barrages, la fragmentation des habitats, la pollution sont quelques exemples pouvant mener à cette fragmentation. Ces perturbations peuvent entraîner l'isolement des populations, la réduction de la diversité génétique et la vulnérabilité accrue des espèces aux menaces environnementales.

Pour le saumon atlantique (*Salmo salar*), espèce migratrice anadrome, les répercussions des changements climatiques et des pressions anthropiques sur son habitat se font sentir depuis des décennies. La protection de ses habitats est un défi de taille qui nécessite une vision globale et une bonne planification du territoire afin d'assurer une connectivité entre tous les niveaux; de la rivière à l'océan. Il est nécessaire de réfléchir et planifier l'aménagement du territoire pour faciliter les déplacements de la faune aquatique et terrestre. Cela inclut notamment la création de réserves et de corridors écologiques, la restauration d'habitats le long des rives et l'adaptation des pratiques de conservation aux nouvelles réalités climatiques.

## 2 LA CONNECTIVITÉ ÉCOLOGIQUE ET LES CORRIDORS NATURELS

La connectivité écologique se définit comme le degré de connexion entre les milieux naturels présents au sein d'un même territoire et leurs capacités à interagir de manière continue et fonctionnelle (Initiative québécoise corridors écologiques, 2024). Cette connectivité permet aux plantes, aux animaux et aux autres organismes de se déplacer, de se reproduire et d'interagir à travers des paysages variés. La connectivité écologique est un concept vital en conservation de la biodiversité. Elle permet, entre autres, les flux génétiques, soit la circulation des gènes entre les populations d'une même espèce, permettant de maintenir une diversité génétique et augmentant la résilience des populations face aux changements environnementaux. Elle est également le pilier principal de la migration des espèces. Les migrations peuvent être saisonnières et partie intégrante du cycle de vie des espèces, mais elles peuvent également être une réponse aux changements climatiques et leur permettre d'avoir accès à de la nourriture ou un habitat de qualité. Finalement, la connectivité écologique est l'essence même de la dynamique des écosystèmes, facilitant les interactions entre les différentes composantes au sein de ces derniers. Cette connectivité peut s'établir par des corridors naturels, comme les bandes riveraines, des zones tampons ou encore des aires protégées. Les corridors naturels sont des entités dynamiques qui se définissent au niveau de leurs composantes, de leur répartition spatiale et de leurs fonctions écologiques. Leurs présences entre les habitats est donc essentielle pour assurer la survie de la faune et la flore et d'assurer le maintien des services écologiques.

Au Québec, plusieurs règlements existent déjà pour favoriser la protection des bandes riveraines qui jouent des rôles essentiels pour la connectivité écologique. Les bandes riveraines doivent avoir un minimum de 10 à 15 mètres, selon la pente du talus. En milieu agricole, l'obligation légale est de maintenir une bande minimale de 3 mètres mesurée à partir de la limite du littoral (Bandes riveraines du Québec, 2023). Toutefois, selon l'article 55 du Guide d'application du Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État (RADF), une lisière boisée d'au moins 60 m de largeur doit être conservée des deux côtés de la rivière ou partie de rivière désignée par le ministre à titre de rivière à saumon. De plus, selon l'article 27 du RADF, les bandes riveraines des tributaires permanents et des milieux humides riverains des rivières à saumon doivent être d'une largeur minimale de 20 m (MRNF, 2023).

## 2.1 LA CONNECTIVITÉ DANS LES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES

Les écosystèmes aquatiques constituent des espaces naturels qui, par leurs caractéristiques intrinsèques, rendent plusieurs services environnementaux et sociaux (**Tableau 1**). Ces biotopes ont longtemps été considérés comme des entités possédant deux composantes; les éléments terrestres et aquatiques. Toutefois, au tournant des années 1980, la notion de « corridor » est apparue dans la littérature et a permis de mieux comprendre la connexion spatiale des deux milieux et à voir les cours d'eau comme un tout. C'est finalement dans les années 2000 que la notion de connectivité a été utilisée pour exprimer l'interrelation entre les différents systèmes, et plus spécialement pour les écosystèmes aquatiques (Seliger et Zeiringer, 2018). Les rivières ont un statut particulier par le fait qu'elles sont à la fois un habitat et un corridor écologique (Wiens 2002). Chez celles-ci, on dénote trois dimensions spatiales :

1. Dimension **longitudinale** entre la source et la confluence finale;
2. Dimension **latérale** entre le chenal principal et les plaines inondables (limite du littoral);
3. Dimension **verticale** au niveau des aquifères et de l'eau souterraine

De plus, l'écoulement de l'eau apporte une autre dimension, soit le transport passif de matière, d'organismes et d'énergie hydraulique tout au long de son parcours. On peut penser aux plantes, graines, œufs, etc., qui utilisent le mouvement de l'eau pour se reproduire et colonisent ainsi de nouveaux habitats. Cette stratégie de reproduction est à coût nul pour les espèces qui l'utilisent et est essentielle à leur survie. Le saumon atlantique fait partie des espèces qui profitent de ce transport passif. Lors de la dévalaison des saumoneaux au printemps, ils se laissent porter par les courants issus de la fonte des glaces pour se diriger vers l'eau salée et leur futur lieu d'alimentation.

Les espèces aquatiques ont évolué en fonction de la distribution de leur habitat et ont adapté leur développement en réponse à la connectivité de ces habitats. Étant une espèce anadrome, cela est particulièrement vrai pour le saumon. À travers son cycle de vie, il utilise une multitude d'habitats différents qui répondent tous à des besoins particuliers. La connectivité entre ces habitats est donc primordiale pour assurer sa croissance, sa reproduction, sa protection contre les prédateurs et incidemment, sa survie. C'est pourquoi certaines espèces de poissons migratrices, comme le saumon atlantique, peuvent constituer de bons indicateurs de l'état de la connexion entre les écosystèmes aquatiques d'un milieu (Seliger et Zeiringer, 2018).

**Tableau 1.** Fonction clé d'une rivière qui s'écoule naturellement (WWF, 2006)

Services sociaux	Services de régulation	Services culturels et économiques	Services pour l'environnement
Nourriture et eau pour les communautés humaines et les écosystèmes	Cycle de l'eau	Activités récréatives	Biodiversité
Transport (marchandise et humaine)	Purification par l'eau	Opportunité de commerce par l'offre d'activité sportive nautique (rafting, pêche, observation de la faune)	Équilibre de nutriments dans le sol
Eau potable pour consommation et hygiène	Gestion des inondations : les plaines inondables / milieux humides en santé diminuent les risques d'inondation et de sécheresse	Connotation religieuse et spirituelle	Transport de sédiment vers les plaines inondables, les deltas et les berges marines
Pêche et produits de la pêche pour consommation humaine, surtout dans les communautés plus éloignées	Contrôle de la pollution en transportant les polluants et les nutriments en forte concentration	-	Fournis des habitats multiples, maintien du régime thermique et des chaînes alimentaires qui nourrissent les poissons migratoires et autres espèces
Apport de nutriments, sédiments et eau aux plaines inondables pour l'agriculture	Les dépôts sédimentaires des milieux humides et des marais protègent contre l'augmentation du niveau de l'eau et des ouragans	-	Maintien des plaines inondables
-	-	-	Connecte les fonctions et services des habitats naturels entourant une rivière qui coule naturellement

## 2.2 LA FRAGMENTATION DES RIVIÈRES

Les rivières font partie des écosystèmes aquatiques les plus diversifiés et productifs sur notre planète (UNEP, 2024). La fragmentation des rivières survient lorsque l'écoulement naturel est interrompu entre sa source et son embouchure par un obstacle de nature humaine tel que les barrages, les ponceaux, les écluses ou toute autre barrière physique. La fragmentation altère les patrons de migrations naturels des espèces aquatiques et crée un grand réservoir là où l'on trouvait autrefois une rivière à l'écoulement longitudinal constant (Jager et al, 2001). Les barrières physiques empêchent le déroulement normal des patrons de migration et limitent l'accès aux habitats essentiels (reproduction, alimentation) ainsi qu'aux ressources. Chez le saumon atlantique, cela peut conduire à une diminution de la reproduction, du succès de recrutement des juvéniles, de la diversité génétique, à des changements dans la composition des populations et éventuellement mener à une extinction locale de l'espèce (Baldan et al, 2023). L'intégrité écologique de la rivière peut alors être compromise et nuire à l'ensemble de ses services écologiques (King et al, 2020). De plus, la présence de barrages ou autres obstacles peut également affecter indirectement le cours d'eau et entraîner des conséquences majeures sur les espèces qui y vivent. Entre autres, des altérations au niveau de la température, des débits et des paramètres physicochimiques peuvent être observées. Ainsi, la promotion de la connectivité écologique entre les habitats est l'une des plus importantes stratégies d'adaptations aux changements climatiques et de création de résilience dans nos écosystèmes (Gratton et Levine, 2019).

## 2.3 LA CONNECTIVITÉ HYDROSÉDIMENTAIRE

Concrètement, la présence d'un barrage sur un cours d'eau empêche les organismes de voyager librement, mais il en est de même pour le matériel solide de la rivière (roche, sédiment, matière ligneuse). La connectivité sédimentaire consiste en la capacité des sédiments à se déplacer dans un bassin versant et ses cours d'eau (Blandpied et al, 2018). Les rivières coulent selon un gradient amont – aval. Elles prennent source dans les plus hauts sommets puis coulent de manière sinueuse en se connectant constamment à des affluents pour grossir jusqu'à leur embouchure où elles forment des deltas de sédiments. Au travers de ce parcours, les rivières permettent le déplacement de sédiments, de nutriments et de minéraux en continu. Lors de l'altération de mouvements longitudinaux d'un cours d'eau, plusieurs paramètres physiques et biologiques peuvent être modifiés, ce qui peut entraîner des conséquences, directes et indirectes, sur l'ensemble de l'écosystème. La présence de barrage crée une fissure dans ces mouvements.

Outre la perte et la fragmentation d'habitat, la construction d'un barrage peut amener d'importants changements dans la dynamique et la connectivité sédimentaire du cours d'eau, mais aussi de tout

le bassin versant. Ces changements peuvent se faire ressentir dès le début des travaux de construction. En effet, la littérature scientifique étale bien l'augmentation de la charge sédimentaire pouvant résulter des travaux de construction à proximité des cours d'eau (Cooper et al, 2019; Courtice et Naser, 2019). C'est notamment ce qui a été relevé par la Fondation Rivières (2019) lors de travaux effectués par Hydro-Québec aux abords de la rivière Mitis. Selon Thornton et al (1981), à la suite de mise en service d'un barrage, les cours d'eau affectés peuvent être divisés en trois zones distinctes, selon la façon dont le barrage affecte leur régime sédimentaire :

1. **Tronçon fluvial** en amont de la retenue, peu influencé par celle-ci.
2. Une **zone de retenue directement en amont de l'ouvrage**, caractérisée par une zone de dépôt en deltas de sédiments grossiers (graviers et sables).
3. Une **zone d'accumulation**, en aval et proche du barrage, de sédiments fins.

Ainsi, la mise en exploitation d'un barrage peut impliquer un tri granulométrique d'amont à aval et induire un déficit sédimentaire dans la partie aval du cours d'eau. Normalement, dans un cours d'eau où l'on ne retrouve pas d'ouvrage latéral empêchant le transport des sédiments, certaines frayères peuvent être rechargées en gravier grâce au phénomène de charriage qui permet au fil du temps le déplacement de ces sédiments de l'amont vers l'aval. Un déficit en charriage peut également induire l'incision du lit du cours d'eau. Cette incision peut avoir comme conséquence d'abaisser le niveau du cours d'eau principal et de sa nappe d'accompagnement et ainsi conduire à l'assèchement de certains bras secondaires et de milieux humides adjacents au cours d'eau (Office fédéral de l'environnement, 2017). Cela peut également avoir un impact important sur la qualité d'habitat de reproduction pour le saumon atlantique. Comme la femelle pond ses œufs dans des nids de gravier, l'incision d'un cours d'eau va diminuer grandement les surfaces disponibles pour y parvenir.

D'autre part, l'accumulation de sédiments fins dans la partie en aval du barrage peut également entraîner plusieurs conséquences sur la dynamique biogéochimique de ce tronçon. Une augmentation de particules fines en suspension peut avoir un effet non seulement sur la faune ichthyenne, mais sur l'ensemble de la chaîne trophique. Par exemple, l'augmentation de la turbidité résultante peut réduire l'incidence du rayonnement solaire dans la colonne d'eau, restreindre l'activité photosynthétique en profondeur et ainsi moduler complètement le bilan de nutriments. Cette augmentation de sédiments dans l'eau peut aussi avoir un effet abrasif, notamment sur le système respiratoire des poissons (Kjelland et al, 2015).

L'accumulation de sédiments fins sur le lit est également à même de modifier certains aspects du cours d'eau. Le colmatage des espaces interstitiels peut entraîner une réduction, voire entraver complètement les échanges entre les eaux fluviales et souterraines et conduire à des

augmentations de la température de l'eau. De plus, l'effet d'une accumulation de sédiments sur les sites de fraie est bien documenté : cela peut conduire à la création de milieux anoxiques et diminuer l'apport en oxygène aux œufs déposés, réduire l'efficacité de l'évacuation des résidus métaboliques et entraver l'éclosion de même que l'émergence des alevins (Levasseur, 2008; Office fédéral de l'environnement, 2017; OBVMR, 2024). Finalement, les fluctuations du niveau d'eau causées par les modifications de débits moyens peuvent, tant en amont qu'en aval, promouvoir l'érosion des berges. En effet, l'assèchement des berges normalement sous la ligne d'eau peut rendre le substrat plus friable et ainsi favoriser leur érosion lors de l'augmentation ultérieure de niveau d'eau et du débit (Plan Saint-Laurent, 2010).

Au Québec, plusieurs grandes rivières ont été modifiées par l'humain, en particulier pour des besoins énergétiques. Dans un contexte d'exploitations de certaines populations de saumon atlantique, qu'elles soient récréatives ou de subsistances, il est important de se pencher sur les impacts de la fragmentation des cours d'eau causés par l'aménagement hydroélectrique sur ces derniers. Il est vital de mieux comprendre les besoins environnementaux de telles espèces migratoires pour estimer le vrai coût écologique et économique des barrages afin d'y inclure des plans d'atténuation efficaces pour assurer leur passage. Il ne faut pas non plus négliger les impacts des plus petites infrastructures, qui peuvent également entraîner des répercussions sur tout le réseau trophique; le cycle de vie de certains macroinvertébrés aquatiques (insectes, mollusques, crustacés, ...) et d'amphibiens dépend tout autant de la connectivité écologique du système dans lequel ils évoluent (Branco et al, 2017). Une synthèse de l'impact des barrages sur les cours d'eau et écosystèmes aquatiques touchés est présentée au **Tableau 2**.

**Tableau 2.** Impacts des aménagements hydroélectriques sur les cours d'eau (Office français de la biodiversité, 2022)

Tronçon du cours d'eau	Aspect touché	Impact
Amont direct du seuil	Hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation de la hauteur de l'eau</li> <li>• Diminution de la vitesse et de la turbulence de l'écoulement</li> </ul>
	Morphologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation des milieux lenticques</li> </ul>
	Régime thermique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réchauffement de l'eau</li> </ul>
	Chimique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création de puits d'azote et de phosphore</li> <li>• Apparition de zones anoxiques</li> </ul>
	Biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création de blooms algaux</li> <li>• Changement d'assemblage d'espèces</li> <li>• Perte de biodiversité</li> <li>• Perturbation de la migration des espèces aquatiques</li> </ul>
	Sédimentaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accumulation de sédiments grossiers (blocage de leur transport en aval)</li> <li>• Colmatage de la retenue</li> </ul>
Aval du seuil	Hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction de crues morphogènes</li> <li>• Comblement des annexes latérales</li> <li>• Variations majeures du niveau de l'eau</li> <li>• Augmentation de l'évaporation et de l'infiltration</li> </ul>
	Morphologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incision du cours d'eau</li> <li>• Développement de la ripisylve</li> <li>• Perte de mobilité latérale</li> <li>• Effet sur la morphologie des deltas et le trait de côte</li> </ul>
	Régime thermique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction de l'amplitude thermique annuelle</li> <li>• Variation rapide de la température de l'eau</li> <li>• Réchauffement des eaux</li> </ul>
	Chimique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création de zones anoxiques</li> <li>• Augmentation du phosphore et de l'azote</li> </ul>
	Biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet sur la reproduction et la croissance des individus</li> <li>• Changement d'assemblage d'espèces</li> <li>• Perte de biodiversité</li> <li>• Création de blooms algaux</li> <li>• Perturbation de la migration des espèces aquatiques</li> </ul>
	Sédimentaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution de l'apport en sédiments grossiers</li> <li>• Augmentation de la quantité de sédiments fins près du seuil</li> </ul>

## 2.4 LE QUÉBEC ET L'HYDROÉLECTRICITÉ

Lorsque l'on parle de connectivité écologique, la question de la présence de barrage ou d'obstacle à la migration sur les rivières est inévitable. L'histoire de l'hydroélectricité et des barrages au Québec remonte au début du 20<sup>e</sup> siècle. Les premiers barrages hydroélectriques ont été mis en place par des compagnies privées au début des années 1900 et servaient à produire de l'énergie, notamment pour alimenter les usines de production de pâtes et papiers. En 1944, l'État québécois décide d'intervenir pour reprendre le contrôle de la production d'électricité au Québec et achète la Montreal Light Heat and Power Consolidated pour créer Hydro-Québec. La nouvelle entreprise publique acquiert ainsi quatre centrales en activité et détient désormais le monopole du transport et de la distribution de l'électricité et du gaz sur l'île de Montréal. Les retombées économiques sont majeures; les tarifs des consommateurs sont réduits, ce qui favorise l'expansion du marché domestique et l'extension du réseau de distribution. En 1963, Hydro-Québec continue son processus de nationalisation de l'électricité en faisant l'acquisition des onze autres compagnies privées actives sur le territoire québécois (Répertoire du patrimoine culturel du Québec, 2013). Aujourd'hui, Hydro-Québec produit, transporte et distribue l'électricité à plus de 4,4 millions de clients à l'aide de ses 61 centrales en fonction. Il est le principal producteur d'électricité du Canada et l'un des plus gros producteurs d'hydroélectricité au monde (Hydro-Québec, 2023). À lui seul, le ministère de l'Environnement du Québec est propriétaire de 930 barrages gouvernementaux, soit 391 à forte contenance, 263 à faible contenance et 276 petits barrages (La Presse, 2023a). Au total, on recense un peu plus de 8000 ouvrages de plus d'un mètre sur nos cours d'eau (MELCCFP, 2023). À l'heure actuelle, le Canada se situe à la 8<sup>e</sup> place mondiale avec près de 1 156 barrages grands barrages enregistrés, derrière la Chine, les États-Unis, l'Inde, le Japon, le Brésil, la Corée et l'Afrique du Sud (Commission internationale des grands barrages, 2023).

L'hydroélectricité, bien qu'elle ne soit pas carboneutre (Le Devoir, 2012), permet la production d'une énergie renouvelable à plus faible émission de gaz à effet de serre (GES) que certaines méthodes conventionnelles. Toutefois, elle nécessite la mise en place d'infrastructure importante; les barrages, qui limitent la connectivité des habitats aquatiques pour de nombreuses espèces de poisson, dont le saumon atlantique. Les barrages varient en dimensions, en fonction de la production d'électricité visée et du débit de la rivière sur laquelle il est construit. On considère qu'un grand barrage est un ouvrage avec une hauteur de 15 mètres et plus à partir de sa fondation et/ou un ouvrage retenant un réservoir de plus de 3 millions de mètres cubes d'eau (Hydro-Québec, 2024).

Les barrages sont classés en 3 catégories administratives en fonction de leur hauteur et du volume de rétention de leur réservoir.

- Barrages à forte contenance : Les barrages d'une hauteur de 1 mètre ou plus dont la capacité de retenue est supérieure à 1 000 000 m<sup>3</sup> et les barrages d'une hauteur de 2,5 mètres ou plus dont la capacité de retenue est supérieure à 30 000 m<sup>3</sup>;
- Barrages à faible contenance : Les barrages d'une hauteur de 2 mètres ou plus qui ne sont pas à forte contenance;
- Petits barrages : Les barrages d'une hauteur de 1 mètre ou plus qui ne sont ni à forte contenance ni à faible contenance (MELCCFP, 2023b).

## 2.5 LA PROTECTION DU LIBRE PASSAGE DES POISSONS

Au niveau législatif, la protection de l'habitat du poisson et du libre passage des poissons, notamment lors de la construction d'ouvrages anthropiques, relève d'une compétence fédérale mise en application par Pêches et Océans Canada. L'article 35 issue de la *Loi sur les pêches* stipule qu'il est « interdit d'exploiter des ouvrages ou des entreprises entraînant la détérioration, la destruction ou la perturbation (DDP) de l'habitat du poisson, sauf si la DDP a été autorisée par le MPO » (MPO, 2007). De plus, certains règlements provinciaux, notamment le règlement sur l'aménagement des forêts du domaine de l'état, encadrent aussi certaines activités humaines comme la construction de chemins, de ponceaux et l'aménagement forestier pouvant affecter les cours d'eau ainsi que le libre passage des poissons (Gouvernement du Québec, 2018). Les propriétaires de barrage sont également soumis à un encadrement strict découlant de la *Loi sur la sécurité des barrages* et du Règlement sur la sécurité des barrages, en vigueur depuis 2002.

C'est dans le cadre de l'application de cette Loi qu'est venue l'obligation de tenir un répertoire de l'ensemble des barrages d'une hauteur de 1 mètre et plus sur le territoire québécois. Malgré les obligations qui lient les propriétaires à l'entretien des ouvrages de forte contenance, des incidents récents rappellent la vulnérabilité des infrastructures, mais surtout des populations qui vivent près de ceux-ci. Plusieurs barrages deviennent orphelins lorsque le territoire change de vocation ou que le propriétaire décède sans avoir de personne à charge. Il existe des centaines d'ouvrages de ce genre sur le territoire québécois, en particulier en région éloignée. La nouvelle réalité des conditions climatiques extrêmes augmente les besoins d'entretien, qui ne sont pas toujours réalisés par les propriétaires. Le gouvernement a déjà renforcé la loi pour forcer les propriétaires à mieux entretenir ces infrastructures, mais le défi reste très grand, surtout que lui-même peine à respecter ses obligations (La Presse, 2023a, 2023b). L'intensité des crues et leur récurrence vont-elles fragiliser les barrages plus rapidement qu'anticipé ? En 2022, le resserrement de la *Loi sur la sécurité des barrages* a été accompagné d'un programme d'aide financière à la mise aux normes de barrages municipaux du gouvernement du Québec. Ce programme a soutenu la mise aux normes de 55 barrages dans 43 municipalités, pour un total de 6,7 millions d'investissements (La Presse, 2023c). Il est peu probable que les gros barrages hydroélectriques cèdent dans les

prochaines années en raison des changements climatiques. Il ne faut cependant pas sous-estimer la force de l'eau et l'ampleur des dégâts matériels et humains pouvant être causés.

### 3 LES RIVIÈRES À SAUMON DU QUÉBEC

Plusieurs importantes rivières à saumon ont été harnachées par le passé. C'est notamment le cas de la rivière Matane, où différents ouvrages ont été érigés depuis 1840 (Tourisme Matane, 2024). Depuis 1971, le barrage Mathieu d'Amours est érigé près de l'embouchure de la rivière. Cet ouvrage de 7,9 m de haut fera d'ailleurs l'objet d'une reconstruction dans les années à venir; il a atteint sa durée de vie utile (MELCCFP, 2023).

Certains ouvrages de plus grandes dimensions se retrouvent également sur certaines rivières à saumon du Québec (**Tableau 3**). C'est notamment le cas du barrage Romaine-1, en service depuis 2015 sur la rivière Romaine et se situe à la limite de l'habitat accessible par le saumon dans la rivière. Il s'élève à plus de 40 m de hauteur (Hydro-Québec, 2024a). Aucune mesure facilitant le passage des saumons en amont n'existe sur cet ouvrage étant donné qu'historiquement, le saumon ne voyageait pas en amont des chutes anciennement présentes sur le site de Romaine-1.

Dans d'autres cas, des infrastructures pour le passage des poissons ont été construites dans le but d'augmenter la superficie d'habitat disponible pour le saumon atlantique. C'est notamment le cas de la rivière Godbout, de la rivière Madeleine et de la rivière Saint-Jean Côte-Nord où des passes migratoires ont été construites à même le roc pour permettre le passage de chutes infranchissables dans les premiers kilomètres de la rivière. Sur la rivière Moisie, une passe migratoire a aussi été aménagée plus loin en amont pour ouvrir des dizaines de kilomètres d'habitat pour le saumon.

Sur d'autres rivières, la construction des barrages hydroélectriques sur des chutes infranchissables a été vue comme une opportunité pour intégrer une infrastructure ou un système permettant le passage des poissons. C'est le cas des rivières Rimouski et Malbaie, où l'habitat de départ du saumon atlantique était restreint aux premiers kilomètres de la rivière. Un partenariat avec les compagnies propriétaires des barrages a permis l'installation de piège de capture et de transport en camion en amont des obstacles infranchissables, permettant l'accessibilité de dizaines de kilomètres de nouveaux habitats pour la ressource salmonicole. C'est également le cas de la rivière Mitis, où l'on retrouve présentement 2 barrages : Mitis 1 et Mitis 2. Le barrage Mitis 1 a été construit en 1922 à la limite de l'habitat naturel du saumon à cet époque, à 4 km de son embouchure. Celui-ci mesure 7 m de haut, tandis que le Mitis 2, situé en aval à 2 km de l'embouchure et érigé en 1947 s'élève à 21 m de hauteur. Ces derniers permettaient la production annuelle d'environ 11 mégawatts d'électricité, mais depuis 2018, le barrage Mitis 1 n'est plus en fonction (MELCCFP, 2024a). Cependant, la demande croissante pour l'énergie amène actuellement Hydro-Québec, le propriétaire des infrastructures, à tenir une étude sur l'avenir des deux centrales. Ce rapport devrait être rendu public d'ici la fin de l'année 2024. L'Alliance de l'Énergie de l'Est, un regroupement de

la MRC de Montmagny, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine ainsi que la Première Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk, s'intéresse particulièrement à cette étude, dans le but d'exploiter ces centrales si Hydro-Québec voulait aller de l'avant (Radio-Canada, 2024a). Pour l'instant, un transport en camion permet aux saumons d'accéder aux habitats situés en amont des barrages.

**Tableau 3.** Rivières à saumon du Québec exploitées avec présence d'un barrage (MELCCFP, 2024)

Rivière à saumon avec barrage	Hauteur du barrage (m)	Usage du barrage	Diminution de l'habitat disponible pour le saumon	Type d'infrastructure pour le passage des saumons
Aux Rochers <sup>1</sup>	6,00	Faune	Oui, entre le barrage et le lieu de transport	Cage de capture + transport
Jacques-Cartier (Donnacona)	14,4	Hydroélectricité	Non	Passe migratoire
Jacques-Cartier (McDougall)	6,60	Hydroélectricité	Non	Cage de capture + transport
Jacques-Cartier (Bird)	13,40	Hydroélectricité	Non	N.A.
Magpie	18,00	Hydroélectricité	Non	Aucune
Malbaie	20,85	Prise d'eau	Non	Cage de capture + transport
Mars (aux saumons)	5,00	Faune	Non	Passe migratoire
Mars (de la Rivière-à-Mars)	3,60	Faune	Non	Aucune
Mars (des Murailles)	8,40	Site historique (anciennement hydroélectrique)	Non	Passe migratoire + cage de capture + transport
Matane (Mathieu d'Amours)	7,90	Récréatif et villégiature	Non	Passe migratoire
Mitis (Mitis 1)	7,00	Hydroélectricité	Non	Aucune
Mitis (Mitis 2)	21,00	Hydroélectricité	Oui, entre Mitis 2 et Mitis 1	Cage de capture + transport
Rimouski	6,40	Récréatif et villégiature	Non	Cage de capture + transport
Romaine (Romaine-1)	40,00	Hydroélectricité	Non	Aucune
St-Jean (Saguenay)	13,15	Hydroélectricité	Non	Aucune
Sainte-Marguerite (Saguenay) <sup>2</sup>	N.A.	N.A.	N.A.	Passe migratoire
Trinité	5,75	Prise d'eau	Non	Passe migratoire

<sup>1</sup> Bien que l'amont direct du barrage ne soit pas complètement inaccessible, les saumons sont transportés plus loin à 14km en amont

<sup>2</sup> il n'y a pas de barrage sur la barrière Sainte-Marguerite. Toutefois, on retrouve des chutes infranchissables sur celle-ci et une passe migratoire. Plusieurs études ont été effectuées sur la rivière Sainte-Marguerite (notamment par le CIRSA)

### 3.1 CAS DE FIGURE : LA RIVIÈRE JACQUES-CARTIER

La rivière Jacques-Cartier représente un cas typique de rivière à saumon qui a vu son état grandement modifié par l'activité humaine. En plus d'une exploitation commerciale et sportive du saumon atlantique sur son cours, la drave pratiquée sur celle-ci et l'aménagement d'un barrage hydroélectrique à Donnacona ont conduit à la disparition de l'espèce en 1913. Cette absence durera plus de 60 ans. Malgré sa disparition, l'espèce n'est pas pour autant oubliée. En 1979, la création de la Corporation de restauration de la Jacques-Cartier (CRJC), couplée à l'injection d'importantes sommes d'argent et à l'effort de plusieurs associés permet finalement le retour de l'espèce dans la rivière. En 2004, la CRJC s'est transformée en la Corporation du Bassin de la Jacques-Cartier (CBJC) et bien que la gestion et la conservation du saumon atlantique soit toujours au cœur de son mandat, elle s'attelle maintenant à la gestion intégrée de l'eau du bassin versant.

On retrouve encore trois barrages hydroélectriques sur le cours de la rivière Jacques-Cartier. Afin d'assurer l'accès du saumon aux habitats propices qui se situent en amont de ceux-ci, des mesures particulières doivent être prises. En effet, la présence de ces ouvrages, en plus d'obstacles naturels (les gorges Déry), nécessite un transport en camion des saumons vers l'amont. En 2014, la rupture du barrage de Donnacona a nécessité l'ajustement de la méthode de capture. Lors des périodes de montaison subséquentes, une barrière et une cage de capture étaient installés entre les ponts de la 40 et de la 138 et permettaient la capture d'une partie de la population. Les autres saumons étaient capturés à la seine plus en amont, dans la passe migratoire du barrage McDougall ou dans les fosses à proximité. Depuis 2017, une passe migratoire a été réaménagée près de l'embouchure de la rivière lors la reconstruction du barrage appartenant à Algoquin Power & Utilities Corp. De plus, la gestion des débits fait en sorte qu'il n'y a pas d'écoulement d'eau au-dessus du seuil du barrage pendant la montaison. Cela maximise l'efficacité de la passe migratoire et diminue les dépenses énergétiques des saumons (InfoPortneuf, 2017). Les saumons sont ensuite transportés vers l'amont par camion, dans des cuves d'eaux oxygénées. Ils sont finalement relâchés à plusieurs endroits afin de permettre une répartition adéquate de l'espèce et d'assurer l'accès à toutes les frayères (CBJC, 2023).

## 4 LA RESTAURATION DE RIVIÈRE

La restauration d'une rivière peut prendre plusieurs  es.

Elle peut être liée au retrait d'un barrage, à sa réfection, à la création ou l'amélioration des conditions de passages des poissons (passe migratoire, transport manuel, etc.). Les interventions tentent de recréer la connectivité préexistante ou d'améliorer le mouvement naturel de l'eau. Plusieurs études et projets concrets ont démontrés qu'il est possible de rétablir la densité de certaines espèces de poissons et de recoloniser rapidement des endroits qui avaient été rendus

difficiles d'accès, voire inaccessibles par la mise en place et l'exploitation de certains ouvrages hydroélectriques (King et al, 2021).

#### 4.1 L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE PASSAGE ET LES PASSES MIGRATOIRES

Certaines mesures, comme l'amélioration des conditions de passages des poissons, peuvent permettre de mitiger les effets de la perte d'habitats, même lorsque les ouvrages hydroélectriques sont encore érigés, voire encore en activité. Plusieurs méthodes existent afin de favoriser le passage des poissons en amont de la retenue. La passe migratoire utilisant une échelle à poisson est une méthode utilisée sur plusieurs rivières à saumon au Québec. C'est notamment la méthode utilisée sur la rivière Matane afin que les saumons franchissent le barrage Mathieu d'Amours. Un couloir de béton où l'eau coule à bon débit permet aux saumons, incapables de franchir le barrage, de contourner celui-ci. Après avoir franchi les seuils artificiels constitués par l'échelle à poisson, ceux-ci peuvent reprendre leur montaison vers l'amont de la rivière. Dans le cas de la rivière Matane, un compteur au laser et une caméra permettent un décompte exact des montaisons, favorisant du même coup une gestion éclairée de l'exploitation de la rivière.

Plusieurs types de passes migratoires existent. Bien que certaines passes migratoires visent le libre passage de plusieurs, voire, toutes les espèces piscicoles du cours d'eau, celles-ci étaient historiquement érigées pour promouvoir la montaison des différentes espèces de salmonidés, notamment du saumon atlantique. Une synthèse des passes migratoires les plus courantes est présentée au **Tableau 4**.

Le choix du type de passe migratoire à ériger sur une rivière dépend de plusieurs paramètres. En effet, le budget, les ressources humaines disponibles ainsi que les caractéristiques du cours d'eau et du seuil à franchir sont quelques-uns des facteurs qui doivent être pris en compte. C'est notamment ce qui a conduit à l'utilisation d'une cage de capture et le transport par camion-citerne sur la rivière Mitis et permet ainsi aux saumons d'accéder aux habitats en amont du barrage Mitis 1, qui ne lui était historiquement pas accessible. Ce n'est toutefois pas une méthode sans danger. En effet, de telles manipulations comportent des risques de blessures et de stress accru pouvant avoir des effets tenaces sur la santé et la survie des saumons touchés (Fondation rivière, 2019; Frechette et al, 2019; Sandodden et al, 2001).

**Tableau 4.** Avantages et inconvénients des différents types de passes migratoires (Côté, 2010)

Type d'infrastructure	Avantages	Inconvénients
Seuils et bassins successifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation et entretien peu coûteux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande dépense énergétique</li> <li>• Lorsque celle-ci est construite pour les salmonidés, elle peut inhiber le passage d'autres espèces piscicoles</li> </ul>
Fente verticale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins de courant</li> <li>• Permet aux poissons de se reposer entre les bassins</li> <li>• Fonctionne sous plusieurs hauteurs d'eau</li> <li>• Permet le passage des poissons dans la totalité de la colonne d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins adapté aux espèces aux capacités natatoires plus faibles</li> </ul>
Denil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adoucis le courant vers le milieu de la passe</li> <li>• Fonctionne sous plusieurs hauteurs d'eau</li> <li>• Permet le passage des poissons dans la totalité de la colonne d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influencé par la pente et la hauteur d'eau</li> <li>• Les poissons doivent remonter la totalité de la passe sans repos</li> <li>• Fonctionne mieux pour les petits cours d'eau</li> </ul>
Écluse et ascenseur à poisson	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficace pour plusieurs espèces de poissons, de tailles variables</li> <li>• Permet un monitoring des montaisons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction, opération et entretien onéreux</li> </ul>
Cage de capture et transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permet un monitoring précis (nombre, poids, longueur, état de santé)</li> <li>• Nécessite de l'équipement spécialisé en bon état</li> <li>• Nécessite des ressources humaines tout au long de la période de montaison</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les manipulations peuvent être stressantes pour les poissons</li> <li>• Peut conduire à une mortalité supérieure que d'autres techniques</li> <li>• Nécessite parfois des moyens sécuritaires de dévalaison</li> </ul>
Passe d'aspect naturel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permet des mouvements bidirectionnels (vers l'amont et l'aval)</li> <li>• Constitue un habitat en soi pour plusieurs organismes</li> <li>• Fonctionne sous plusieurs hauteurs d'eau</li> <li>• Demande peu d'entretien</li> <li>• Adapté aux espèces aux capacités natatoires plus faibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'efficacité n'est pas la même chez toutes les espèces piscicoles</li> </ul>

La mise en place de passes migratoires améliore généralement les conditions de passages pour les espèces piscicoles migratrices. Malgré cela, certains ouvrages, par leur conception ou leur exploitation, peuvent empêcher l'utilisation adéquate de l'ouvrage. C'est notamment le cas de la

passer migratoire de Whitehorse, ouverte uniquement en journée, bloquant ainsi les saumons qui tentent d'accéder à l'amont de la rivière la nuit (Radio-Canada, 2021). Ces saumons ne pouvant pas accéder aux habitats en amont abandonnent parfois leur quête et se contentent de rester dans la portion aval du cours d'eau. Pour sa part, la passe migratoire de la rivière Saint-Jean Côte-Nord fonctionne bien lorsque les niveaux d'eau correspondent à ceux retenus lors de sa conception, mais la détection de l'embouchure de celle-ci et le passage de son premier seuil semble difficiles, voire impossible à des débits plus bas (FQSA, 2021). Ces incidents démontrent l'importance d'intégrer des études adéquates des différentes caractéristiques des cours d'eau touchés lors de la conceptualisation des ouvrages facilitant le passage du saumon atlantique.

#### 4.1.1 Les mesures de dévalaison

Dans les rivières où sont érigés des barrages hydroélectriques, des mesures spécifiques doivent également être prises lors de la dévalaison des saumons afin de prévenir les mortalités pouvant être associées à leur opération et par l'action des turbines. Selon Profish (2024), le taux de mortalité par les turbines dépend du type de turbine, de leurs paramètres de fonctionnement, de l'espèce de poisson ainsi que de la taille des individus.

Il semblerait exister des preuves de mortalités de poissons liées à l'action des turbines de la centrale Annapolis Royal, sur la rivière Annapolis en Nouvelle-Écosse et ce, malgré les mesures d'évitement mises en place (MPO, 2019). Pour sa part, Briand et al (2015) établissait la mortalité moyenne des saumoneaux associée aux turbines à environ 20 % dans les bassins Loire-Bretagne en France. Pressions, chocs et broyage sont quelques-unes des menaces auxquelles font face les saumons lors de leur migration vers l'aval. Sur la rivière Mitis, à la hauteur du barrage Mitis-1, des études menées entre 1993 et 1996 ont démontré qu'une proportion non négligeable de saumoneaux (jusqu'à un tiers) pouvait être entraînés dans la prise d'eau de la centrale lors de la dévalaison. Le taux de mortalité de ceux-ci pouvait s'élever à près de 44% (Verdon et Paradis, s.d.). Afin de pallier ce problème, des pièges de captures ont été installés en amont du barrage, ce qui permet le transfert de ceux-ci en aval de la centrale en toute sécurité. Il est pertinent de noter que dans certains cas, la colonisation de nouveaux habitats et la dévalaison subséquente des saumoneaux peut être gênée par la présence d'obstacles naturels, comme c'est également le cas sur la rivière Mitis. En effet, le profil de la chute naturelle voisine à la centrale Mitis-1 pouvait causer, sous certaines conditions hydrologiques, la mort de 60 % des saumoneaux en dévalaison. Des interventions d'Hydro-Québec ont été nécessaires afin de modifier l'écoulement de la chute et ainsi limiter l'impact des saumoneaux sur les saillies rocheuses.

#### 4.2 CAS DE FIGURE : LA RIVIÈRE ROMAINE - IMPACTS ET MESURES DE MITIGATION

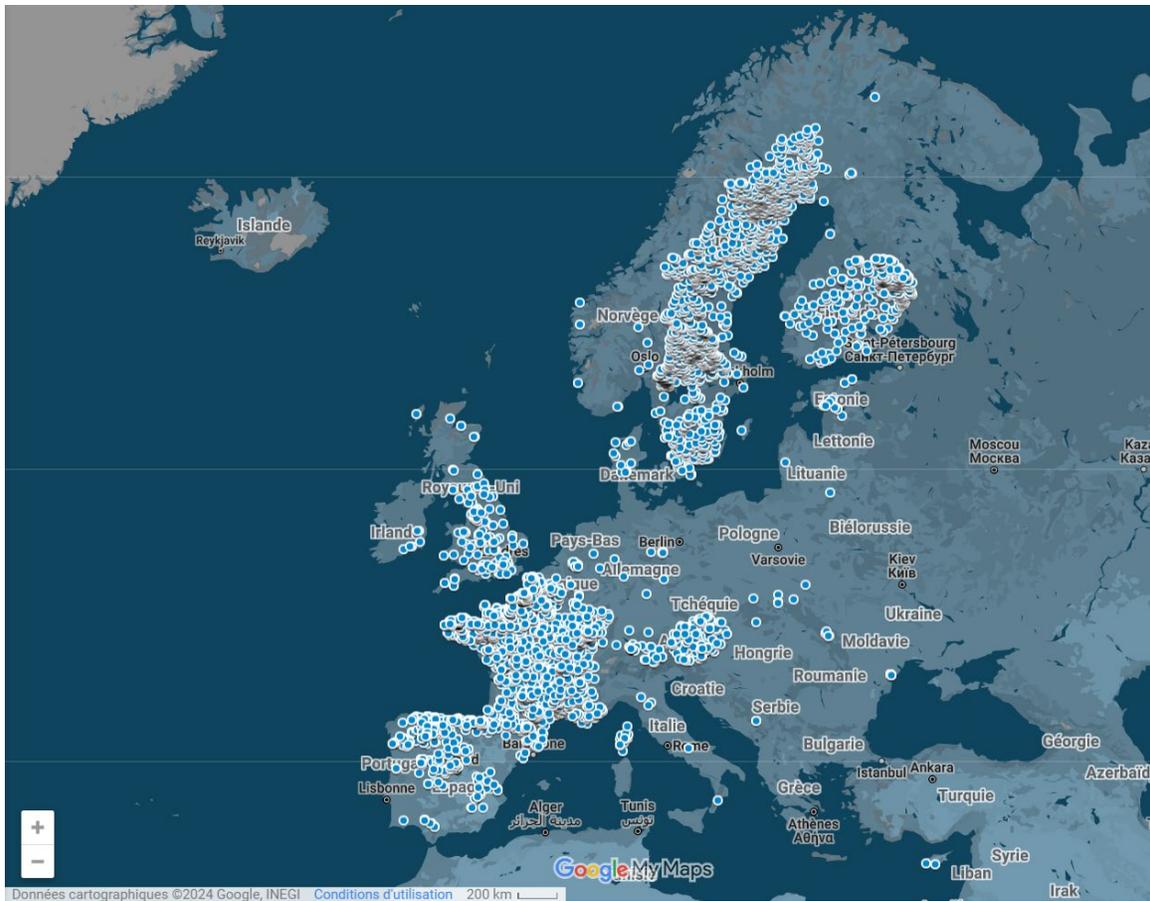
Au Québec, la construction du complexe de quatre centrales hydroélectriques sur la rivière Romaine en moyenne Côte-Nord a fait et continue de faire polémique. Afin de compenser la perte d'habitat liée à la construction du complexe sur la rivière, Hydro-Québec a notamment créé de nouvelles frayères et aires d'élevage à différents endroits. La société d'État s'est également engagée à respecter des débits réservés et maximums dans la portion de la rivière fréquentée par le saumon atlantique. Toutefois, ceux-ci n'ont pas toujours été respectés. À l'hiver 2018, la grande variation des débits turbinés à la centrale de la Romaine-1 a entraîné de grande variation du niveau de l'eau en aval dans la portion de la rivière fréquentée par le saumon (Hydro-Québec, 2018). Des variations rapides de débit ont le potentiel de conduire à des échouages de poissons, d'entraîner ceux-ci à l'extérieur des habitats qui leur sont favorables (Hydro-Québec, 2024c) et de promouvoir l'augmentation de la charge sédimentaire dans la colonne d'eau en favorisant l'érosion des berges (Plan Saint-Laurent, 2010). Le non-respect ponctuel du débit réservé a également été noté. Malgré ces mesures de mitigation et le suivi annuel de la population de saumon, certaines conséquences de la mise en place du complexe subsistent. En 2019, le taux de survie des embryons implantés dans une frayère naturelle près du kilomètre 46 était significativement inférieur à ce qui est normalement observable en milieu naturel (taux de survie situé entre 1 et 5 % depuis les aménagements hydroélectriques contre 31 à 50 % en conditions naturelles). Selon Hydro-Québec (2020), une cause possible de ce phénomène serait, du moins en parti, le colmatage des capsules d'incubation par des algues; un phénomène connu et associé à la mise en eau des réservoirs. Les enjeux liés à la présence de barrages sur une rivière fréquentée par le saumon font l'objet d'études et de recherches depuis de nombreuses années. Plusieurs mesures de compensation et de mitigation sont employées par l'industrie, comme l'ajustement du débit, la création de frayères, d'aires d'alevinage et d'hivernage. De plus, l'utilisation de trappes à sédiment permet non seulement de prévenir le transport de sédiments dans le cours d'eau, mais aussi d'assurer un suivi de la dynamique sédimentaire du milieu. Malgré cela, les impacts sur l'écosystème récepteur sont souvent inévitables.

## 5 LE PHÉNOMÈNE DE RETRAIT DE BARRAGE À TRAVERS LE MONDE

Depuis plusieurs années, les impacts négatifs de la présence des barrages sur les rivières ainsi que sur la faune salmonicole sont bien documentés (Levin et Tolimieri, 2001; Lawrence et al, 2015; Nieland et al, 2015; Schmutz et Moog, 2018). Cette mise en lumière a fait apparaître de grands mouvements à travers le monde visant à protéger les écosystèmes aquatiques de tels ouvrages en plus de promouvoir le démantèlement des structures obsolètes.

### **Dam Removal Europe**

Fondé en 2016, Dam Removal Europe était au départ une coalition de quatre organismes : European Rivers Network, World Wildlife Fund (WWF), World Fish Migration Foundation, et River Trust. Ils ont ensuite été rejoints par The Nature Conservancy en 2019 et Wetlands International en 2020. Le but premier de la coalition est d'informer et faire la promotion des bénéfices potentiels liés au retrait de barrages (European River Network, 2021). La coalition a également comme ligne directrice la restauration des rivières d'Europe ayant une grande valeur écologique et/ou culturelle. En effet, plusieurs rivières d'Europe possèdent des barrages ou des infrastructures de contrôle de débit obsolètes qui fragmentent les habitats aquatiques. Par le retrait de ces infrastructures, Dam Removal Europe veut rétablir l'écoulement naturel de ces rivières et favoriser le rétablissement des populations de poissons au bénéfice de tous. À ce jour, Dam Removal Europe (DRE) a aidé au retrait de plus de 6 223 barrages (**Figure 1**) dans plus de 26 pays (Dam Removal Europe, 2023).



**Figure 1.** Carte des barrages d'Europe démantelés depuis 2022 (DRE, 2024)

### **World Fish Migration Foundation**

La World Fish Migration Foundation a vu le jour à la suite de l'immense succès de la Journée mondiale de la migration des poissons (World fish migration day) en 2014. Le fondateur, originaire des Pays-Bas, voulait rassembler les gens pour les sensibiliser à l'urgence d'avoir des rivières sans obstacle. L'organisme sans but lucratif a ensuite joint et contribué à la fondation de la coalition européenne Dam Removal Europe en 2016. En 2018, plus de 3000 organisations à travers 60 pays célébraient la Journée mondiale de la migration des poissons. Leur mission est de démontrer aux propriétaires de barrages et aux communautés locales que les projets de démantèlement d'ouvrages peuvent se faire de manière sécuritaire, à coûts moindres que leur maintien et peut procurer un fort sentiment de satisfaction et d'appartenance vis-à-vis la communauté locale. Par l'alliance des individus et le partage des connaissances, la Fondation se veut un vecteur d'action et de célébration des rivières. Pour 2025, ils espèrent atteindre trois objectifs (World Fish Migration Foundation, 2022):

1. Connecter plus de 20 000 citoyens, scientifiques et décideurs politiques pour continuer d'avancer ensemble vers la restauration des rivières;
2. Célébrer 2 000 événements de World Fish Migration Day;
3. Libérer 5 000 km de rivière de l'influence de barrages

Ils ont également créé une sculpture de poisson, le Happy Fish, qui voyage à travers le monde en tant que symbole d'espoir pour aider la sensibilisation à l'importance de restaurer les routes migratoires pour les populations de poissons. Il est d'ailleurs passé au Québec à l'occasion du Forum international des écosystèmes aquatiques en 2019 (**Figure 2**).



**Figure 2** : Le Happy Fish avec Josée Arsenault (gauche), Myriam Bergeron (centre) et Alexandra Déry (droite) de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique.

### **American Rivers**

American Rivers est un organisme actif aux États-Unis depuis 1973. Leur mission est d'aider leurs partenaires à protéger les habitats essentiels sur les rivières, travailler avec les communautés pour aider à réduire la pollution dans les rivières, mettre en place des réglementations pour assurer une eau de qualité en abondance pour tous, guider des solutions pour diminuer les risques d'inondation

et enlever les barrages qui sont désuets et ne remplissent plus leur fonction. Ils se sont engagés à protéger 1 million de miles d'ici 2030 et à démanteler 30 000 barrages inutiles d'ici 2050 (American Rivers, 2023).

### 5.1 AVANTAGES DU DÉMANTÈLEMENT DE BARRAGES

Le démantèlement de barrage peut être choisi pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le démantèlement présente un avantage financier certain. Selon certains rapports, le démantèlement pourrait amener des retombées économiques pour la région touchée (création d'emplois, revitalisation des secteurs économiques tertiaires et secondaires, ...) équivalente à deux fois l'argent initialement injecté (California trout, 2023). Dans plusieurs cas, les coûts de maintenance et de réparation d'ouvrages désuets dépassent éventuellement les coûts associés à leurs démantèlements (Headwater Economics, 2016).

Le démantèlement a également un effet non négligeable sur certaines populations piscicoles, notamment de salmonidés. La défragmentation du cours d'eau permet de renverser certains effets néfastes sur les populations de poissons et augmente dans certains cas les récoltes de poissons (Perera et North, 2021). Par exemple, l'année après la démolition du barrage sur la rivière Elwha, plus de 4000 saumons chinooks (*Oncorhynchus tshawytscha*) ont été dénombrés en amont du site du barrage. De plus, 32 000 alevins de saumons cohos (*Oncorhynchus kisutch*) ont également été observés lors de la dévalaison de 2014, alors qu'ils n'étaient plus présents en amont lorsque le barrage était érigé (The Seattle Times, 2016). Outre les effets bénéfiques sur les espèces de poissons, la restauration des paramètres hydrologiques naturels de la rivière augmente la biodiversité et la densité des espèces aquatiques indigènes (American Rivers, 2002). Il semblerait que les milieux humides riverains bénéficient également du démantèlement en augmentant la plus grande incidence d'inondations naturelles et favorisant ainsi la croissance de la végétation riparienne (Bednarek, 2001).

Les effets positifs liés au démantèlement des barrages sont bien documentés et sans équivoque. Cependant, certaines conséquences sont inévitables, principalement dans la portion en aval de la retenue. À court terme, les sédiments retenus dans le réservoir en amont peuvent venir se déposer en aval et complètement perturber plusieurs organismes benthiques (algues, invertébrés, œufs de poissons, etc.) en enterrant ceux-ci et en créant des zones anoxiques (Bellmore et al, 2019). L'assemblage d'espèces, l'augmentation de la turbidité, la diminution de la photosynthèse et la déposition de sédiments contaminés sont quelques-uns des effets pouvant être causés par le démantèlement des barrages. Selon Burroughs et al (2010), la diminution d'abondance de certaines espèces de poisson peut persister jusqu'à 15 ans après les travaux de démantèlement. Dans plusieurs cas, le tronçon du cours d'eau affecté ne retrouvera jamais son état pré barrage.

Bien que ces effets puissent être notés, les avantages, tant économiques qu'écologiques, du démantèlement sont sans contredits.

## 5.2 LES ÉTAPES DU DÉMANTÈLEMENT DE BARRAGES

Le retrait d'un barrage, surtout de grande envergure, constitue un défi de taille qui nécessite des ressources importantes et une planification réfléchie. En effet, les travaux de démantèlement comportent plusieurs étapes et s'échelonnent normalement sur plusieurs années. Selon l'Association of State Dam Safety Officials (2024), la plupart des projets comportent cinq étapes distinctes (**Tableau 5**). La pertinence de ces étapes et des sous-étapes qui y sont rattachées ne sont pas absolues et dépendent des particularités propres aux différents projets.

**Tableau 5.** Chronologie des étapes conduisant au démantèlement d'un barrage

<p><b>1. Reconnaissance du site</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude des caractéristiques du barrage</li> <li>• Recherche des propriétaires (barrage et adjacents)</li> <li>• Utilisation actuelle du barrage et droits légaux de la société l'exploitant</li> <li>• Dresser une liste de toutes les infrastructures</li> <li>• Identification des écosystèmes d'importance à proximité</li> <li>• Analyse des opportunités de support et de financement</li> <li>• Analyse de l'utilisation historique du sol (qualité et pollution sédimentaire)</li> <li>• Analyse de la réceptivité du projet dans la communauté</li> </ul>
<p><b>2. Étude de faisabilité</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colliger toutes les informations pertinentes (historiques et actuelles)</li> <li>• Analyse complète de la quantité, qualité et mobilité des sédiments</li> <li>• Analyse complète des contraintes hydrologiques et hydrauliques</li> <li>• Développement d'un plan conceptuel du projet (retrait/modification des structures, gestion des sédiments, restauration du cours d'eau et des zones ripariennes)</li> </ul>
<p><b>3. Implication des différents acteurs</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organiser des rencontres avec les différents acteurs de la communauté et parties prenantes afin d'obtenir du support</li> <li>• Organiser des rencontres préautorisation avec les instances législatives qui devront être impliquées afin d'établir les exigences réglementaires</li> </ul>

<p><b>4. Ingénierie et demande de permis</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Développement des plans et des ressources finales du projet</li> <li>• Estimation des coûts du projet</li> <li>• Complétion de toutes demandes de permis nécessaires</li> <li>• Participation aux audiences publiques</li> <li>• Réponse aux questions et commentaires du public et des agences de régulation</li> <li>• Ajustement du projet au besoin</li> </ul>
<p><b>5. Mise en œuvre du projet</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embauche des entrepreneurs</li> <li>• Vidange du réservoir</li> <li>• Gestion des sédiments du réservoir</li> <li>• Modification/démantèlement du barrage</li> <li>• Restauration du chenal du cours d'eau</li> <li>• Revégétalisation du réservoir</li> </ul>

## 5.2 CAS DE FIGURE : LA RIVIÈRE DES ESCOUMINS

Le barrage situé près de l'embouchure a été construit en 1846 afin d'accumuler le bois et de fournir l'énergie pour le fonctionnement de la scierie installée en aval (Nihouarn 2009). Le flottage du bois sur la rivière s'est finalement terminé en 1977. Lors de cette période, la rivière était difficilement accessible pour le saumon. En effet, avant l'installation d'une première passe migratoire sur le barrage en 1969, il était impossible pour le saumon de remonter la rivière. Cette passe migratoire n'est toutefois devenue fonctionnelle qu'en 1971. Il aura fallu par la suite attendre jusqu'en 1980 pour qu'une nouvelle passe migratoire soit aménagée. Une seconde passe migratoire a également été installée sur la chute du Grand-Sault, un obstacle naturel infranchissable, situé à 9 km de l'embouchure (Bouchard, 2023).

Au début de l'année 2012, le projet de la rivière des Escoumins, consistant en des travaux de réfection du barrage et de la passe migratoire, est présenté au Programme de mise en valeur des habitats salmonicoles sur la Côte-Nord, administré par la FQSA. Toutefois, le projet présenté au départ ne permettait pas de contribuer significativement à l'atteinte des objectifs du Programme, soit de créer ou d'améliorer la productivité des habitats du saumon atlantique. Le Programme a finalement accepté le projet sous condition que le barrage soit complètement démantelé, ce que la municipalité et les autres partenaires ont accepté au courant de l'année. À l'automne 2012, un feu ravage une part importante du barrage et de la passe migratoire et affecta sérieusement l'intégrité et la sécurité des infrastructures. Des travaux d'urgence furent réalisés et accélèrent les procédures pour le démantèlement de l'infrastructure en raison de la situation précaire (Traversy,

2012). L'année 2013 donna lieu à une situation historique sur la rivière des Escoumins : ce fut la première rivière aménagée retrouvant son cours naturel au Canada.

### 5.3 CAS DE FIGURE : LA RESTAURATION DE LA RIVIÈRE KLAMATH (ÉTATS-UNIS)

Un cas historique de démantèlement de barrage se produit actuellement aux États-Unis. La rivière Klamath est fragmentée par des barrages hydroélectriques depuis plus de 100 ans à la suite de la construction du barrage Copco 1 en 1918. Drainant un bassin hydrographique d'une superficie de près de 41 000 km<sup>2</sup>, la rivière coule du sud de l'Oregon jusqu'au nord de la Californie. Dans les dernières décennies, les communautés klamaths du territoire ont exercé des pressions auprès des instances gouvernementales en tentant de démontrer l'importance de la rivière pour leur sécurité alimentaire et leur identité culturelle. Aujourd'hui, les populations de saumon ne sont plus assez abondantes dans la rivière pour être la principale source de nourriture des différentes communautés, alors qu'on estimait autrefois les montaisons à plus d'un million de saumons par année (Graber, 2022).

En plus de la communauté autochtone, plusieurs organismes, dont American Rivers, ont travaillé de concert avec le gouvernement de la Californie et de l'Oregon à la planification des nombreuses étapes nécessaires au démantèlement des barrages sur le cours de la rivière (financement, demandes de permis, plans et devis). En novembre 2022, la Commission fédérale de la régulation énergétique, la Federal Energy Regulatory Commission (FERC) a approuvé le permis permettant le retrait des quatre barrages sur la rivière (Graber, 2022).

En plus de la réduction de l'habitat aquatique sur près de 650 km, la présence des barrages sur la rivière Klamath a diminué le débit et créé d'énormes réservoirs d'eau stagnante. Ces réservoirs sont devenus des sites de prolifération de cyanobactéries, aussi appelées algues bleues vertes, qui sont toxiques pour les poissons, les humains et le bétail. Les faibles débits couplés à la présence d'un film bactérien sur la surface de l'eau augmentent la température de l'eau et diminuent grandement la quantité d'oxygène dissout. Une mortalité massive des poissons juvéniles a conséquemment été remarquée par plusieurs membres de la communauté klamath.

Dans le cas du projet de démantèlement de la rivière Klamath, il aura fallu environ 12 ans, après l'approbation initiale du projet de démantèlement par la compagnie PacifiCorp, pour obtenir la licence de démantèlement. Le processus complet aura pris 22 ans à partir du renouvellement de la licence d'opération des barrages. Pour y arriver, les gouvernements de la Californie et de l'Oregon durent devenir co-propriétaire, conjointement avec l'organisme sans but lucratif Klamath River Renewal Corporation pour que le transfert de licence soit autorisé par le FERC. Ce genre d'implication par des entités gouvernementales n'avait jamais été vu auparavant (Graber, 2022).

Le choix du démantèlement des barrages est venu à la suite de l'expiration de la licence d'opération en 2006. Il avait alors été proposé de faire des modifications et d'installer une cage de capture en aval du premier barrage, puis de conduire les poissons en amont du dernier barrage et ainsi redonner accès aux habitats de reproduction ancestraux. Cependant, ces modifications s'élevaient à plus de 450 millions, soit le même montant que le démantèlement complet des barrages (Landers, 2023).

#### 5.4 LA PORTÉE ENVIRONNEMENTALE ET SOCIOÉCONOMIQUE DES TRAVAUX DE DÉMANTÈLEMENT

La dépendance de la société humaine face aux écosystèmes et processus biophysiques est souvent abstraite et difficile à quantifier, surtout monétairement. La notion de biens et services environnementaux ou écologiques, aussi connus sous le nom de BES, fait partie d'une nouvelle vision de développement qui tente de baliser la valeur des écosystèmes pour ensuite les intégrer dans les différents processus décisionnels collectifs (TEEB, 2010). Bien que plusieurs démarches aient vu le jour dans les dernières années, le concept de service écosystémique reste hétérogène au niveau de sa définition et des valeurs qui lui sont associées. Des exemples de ces biens et services peuvent être la jouissance d'un espace récréatif (boisé, sentier, cours d'eau, parc, etc.) pour les résidents, les riverains ou encore les touristes (Grenon Gilbert, 2019). Les BES peuvent également se traduire au niveau des relations sociales par la cohésion entre les individus, de l'importance de la qualité de l'air et de l'eau sur la santé. De plus, ces biens et services peuvent venir s'additionner au niveau culturel et spirituel et permettre une prise de conscience quant à la liberté des choix et des actions de chacun (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). En ce sens, plus l'intégrité et la productivité des écosystèmes seront modifiées, plus le bien-être humain pourrait en subir les conséquences. Dans le cas de travaux de démantèlement de barrages ou de réfection d'ouvrage de gestion de l'eau, les coûts du projet ne prennent parfois pas en compte le coût environnemental et les services qui seront rendus par la rivière si on choisissait plutôt une restauration. La question de l'utilité de l'infrastructure et de sa nécessité est parfois mise de côté au profit du fait que l'ouvrage est présent à cet endroit depuis plusieurs années et qu'il fait partie de la mémoire collective.

## 6 L'AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ

Bien que la production d'hydroélectricité soit vue comme une source d'énergie renouvelable à faible émission de GES, son impact environnemental sur les communautés locales, la faune, la flore et les poissons n'est pas nul. Comme mentionné précédemment, pour mettre en place ces grandes infrastructures et avoir un débit adéquat à la production d'électricité, il faut créer de grands réservoirs qui ont des impacts importants sur les écosystèmes entourant les stations. Ces réservoirs sont créés par l'inondation des territoires forestiers et mènent souvent à l'assèchement de certaines rivières en aval des infrastructures. Ces réservoirs, où l'eau est souvent stagnante, peuvent mener à un réchauffement de la température moyenne du cours d'eau, à l'éclosion de cyanobactéries et à la fragmentation de l'habitat des poissons lorsqu'aucune structure de montaison n'est aménagée. Au Québec, la majorité des grandes rivières ont été harnachées pour produire de l'hydroélectricité; le dernier gros projet s'étant terminé en 2022 avec la construction des quatre centrales de la rivière Romaine. Ce projet de 7,6 milliards de dollars permet la production annuelle de 8 TWh (MDDEP, 2009). Hydro-Québec estime actuellement qu'il faudrait ajouter entre 150 et 200 TWh d'énergie pour répondre à la demande d'ici 2050 et atteindre son objectif de carboneutralité (Hydro-Québec, 2024d).

Toutefois, le principal défi énergétique du Québec n'est pas d'assurer la sécurité d'approvisionnement, mais plutôt de réussir collectivement à maîtriser notre consommation d'énergie. Il faudra également faire des choix importants pour s'assurer que les entreprises qui veulent s'installer dans la province pour développer de nouveaux projets industriels le font à un coût énergétique réaliste. Bien que l'énergie hydroélectrique soit moins polluante que l'électricité produite au charbon, elle n'est pas sans impact environnemental. Il est d'autant plus important de contrôler notre consommation énergétique étant donné que le Québec se situe actuellement comme l'un des plus grands consommateurs mondiaux. Par habitant, la consommation énergétique québécoise est environ quatre fois plus grande que la moyenne mondiale (Le Devoir, 2024).

Nous pouvons donc nous demander si la réalisation de projets comme celui de la Romaine sont toujours d'actualité et vont réellement aider à l'atteinte des objectifs de diminution des GES. Le gouvernement dit chercher une manière d'augmenter la production du Québec pour pallier la forte demande des années à venir. Pourtant, plusieurs barrages sont actuellement sous-utilisés, parfois parce qu'ils nécessitent d'importants travaux de réfection (Radio-Canada, 2023). En février 2023, une enquête de Radio-Canada révélait une sous-utilisation de plusieurs de ces centrales et une perte d'énergie potentielle d'environ 1000 MW. Selon cette même enquête, la centrale La Gabelle en Mauricie perdait la moitié de sa capacité à cause de problèmes de transformateurs non réparés. L'ancienne PDG d'Hydro-Québec a également admis en 2023 que les travaux de maintenance

étaient sous-financés depuis 10 à 12 ans. La stratégie énergétique 2009-2013 du gouvernement prévoyait d'ailleurs le harnachement d'au moins deux autres rivières de la Côte-Nord (Petit Mécatina et Magpie). Toutefois, la **Politique énergétique 2030** produite en 2016 par le Gouvernement québécois n'incluait pas de nouveau développement hydroélectrique.

La construction de complexes hydroélectriques est souvent présentée comme étant une alternative contemporaine alignée avec la réalité amenée par les changements climatiques. Cependant, certains impacts de ceux-ci peuvent au contraire nuire à leur efficacité et rendre leur pertinence discutable. En 2021, l'intensification des sécheresses ainsi que l'augmentation de l'évaporation causée par l'augmentation de la température de l'air avaient causé la diminution du niveau d'eau à un seuil en dessous du seuil requis permettant l'opération de centrales hydroélectriques sur 5 continents (Leslie, 2021). Les effets peuvent également se faire ressentir dans certaines régions qui sont habituellement soumises à de grandes quantités de neiges en hiver. Dans les régions nordiques, la fonte de la neige au printemps permet de remplir le réservoir à la suite de l'hiver où le niveau d'eau est habituellement au plus bas (Grand River Conservation Authority, 2014). Dans certains cas, la diminution de la quantité de précipitations en hiver peut conduire à une diminution de la quantité d'eau et conséquemment du potentiel hydroélectrique (Sato et al, 2023). Toutefois, il faut noter que les effets des changements climatiques sur le potentiel hydroélectrique sont encore mal compris et que ceux-ci peuvent dépendre d'une foule de facteurs. Par exemple, dans certains autres cas en région nordique, la fonte des glaciers et du pergélisol pourrait au contraire augmenter le débit de ruissellement et le potentiel hydroélectrique (Cherry et al, 2017).

Lors du développement de grands projets énergétiques, le gouvernement et Hydro-Québec se doivent de sonder l'opinion du public. Effectivement, l'acceptabilité sociale est vitale pour mener à terme de tels projets et fait partie intégrante de leur processus de développement de projets hydroélectriques (Hydro-Québec, 2022). Afin d'obtenir celle-ci, la présentation du projet et de ses retombées potentielles est préparée avec soin. Promesses d'emplois, retombées économiques et protection de l'environnement dans la région d'implantation sont souvent mises de l'avant par les instances gouvernementales afin d'obtenir l'appui de la population. Toutefois, la réalité se révèle parfois un peu différente de ce que laissait miroiter la présentation initiale du projet. Dans le cas de la Romaine, bien que plusieurs emplois aient été créés lors de la construction du complexe, ce nombre a nettement diminué lors de la mise en exploitation. De plus, les projets en région éloignée hébergent habituellement les travailleurs dans des installations sur place. Ce faisant, peu de retombées économiques réelles sont observables à long terme dans les communautés à proximité des sites d'implantation. Il est primordial pour les preneurs de décision d'étudier consciencieusement et objectivement l'effet socio-environnemental de tels projets. L'analyse de tels projets devrait nécessairement inclure un examen des alternatives potentielles. Par exemple, dans un mémoire remis au BAPE en 2008, la Fondation Rivière estimait que l'implantation d'un

parc éolien en Minganie fournirait un service équivalent à coût moins élevé que le complexe de la Romaine, en plus de fournir plus d'emplois lors des phases de fabrication et construction. De plus, 420 emplois permanents seraient créés pour l'entretien et l'opération du parc éolien, majoritairement situés dans la région d'implantation du parc, permettant par le fait même de dynamiser l'économie locale.

## 7 LA RIVIÈRE SAINT-JEAN SAGUENAY ET LE BARRAGE HYDRO-MORIN

L'histoire connue de la pêche au saumon sur la rivière Saint-Jean-Saguenay remonte à plus de 150 ans. À l'époque, les habitants présents à l'embouchure de la rivière pêchaient la ressource jusqu'à l'arrivée d'un club privé en 1859. Jusqu'en 1950, les saumons étaient concentrés dans les premiers kilomètres de la rivière puisqu'un barrage pour l'industrie des pâtes et papiers était présent en face de l'église.

En 1957, le barrage hydroélectrique Hydro-Morin est construit à 12,5 km de l'embouchure. Il connaît une première période d'exploitation s'étalant de sa construction jusqu'en 1987. C'est d'ailleurs en 1986 qu'un incident technique lié à l'exploitation du barrage Hydro-Morin fait monter rapidement le débit, puis cesse d'alimenter la rivière, provoquant son assèchement presque complet. En 1995, le gouvernement acquiert la centrale d'Hydro-Québec, puis en fait la vente à Hydro-Morin Inc. pour la production de 0,45 MW. Le gouvernement lui loue les forces hydrauliques pour la durée de 20 ans ou au plus tard en 2018 dépendamment de la date d'entrée en fonction commerciale des équipements. La mise en service se fait finalement la même année, soit en 1995. Bien que le contrat ait pu être renouvelé par Hydro-Morin Inc., il ne l'a pas été.

En 1996, un second événement vient bouleverser l'équilibre hydrologique de la rivière lors des pluies diluviennes du 19 et 20 juillet connue comme le tristement célèbre déluge du Saguenay. En sortant de son lit, la rivière aura menacé la sécurité des habitants, détruit des infrastructures et perturbé plusieurs habitats importants pour le saumon et l'omble de fontaine anadrome (*Salvelinus fontinalis*), également appelée truite de mer. Afin de sécuriser et stabiliser les berges dénudées, un processus de revitalisation des habitats et de restauration des berges a été entrepris par le ministère des Transports du Québec et le ministère de l'Environnement et de la Faune. À la suite de ces travaux, les berges de la rivière Saint-Jean-Saguenay ont été stabilisées grâce à un enrochement sur 4,6 km et par la revégétalisation du littoral et de la bande riveraine sur 6,5 km.

À la suite des travaux de stabilisation, certains impacts ont été notés, soit une modification significative des processus géomorphologiques naturels. Dans la portion aval au barrage, un déficit sédimentaire a été constaté; le barrage Hydro-Morin empêche une portion importante de sédiments de passer et les enrochements visant la stabilisation des berges empêchent l'érosion naturelle des berges. C'est donc la présence de cet enrochement massif des berges en aval du barrage qui a entraîné des changements dans la disponibilité et la distribution des différents habitats pour le saumon sur la rivière. Aujourd'hui, bien que le barrage ne soit plus en activité, les répercussions négatives de sa présence sur la rivière perdurent et affectent la ressource saumon. Puisque le désenrochement complet des berges n'est pas une option possible en raison de la vulnérabilité des infrastructures humaines dans les 12 premiers km de la rivière, le retrait du barrage inutilisé, ou du moins, une reconnexion des processus hydrogéomorphologiques naturels apparaît comme

la seule solution. Conserver l'ouvrage, même si celui-ci n'est plus en opération, constituerait d'autant plus un défi pour les saumoneaux. Selon WSP (2023), même s'il semblerait possible de garder le barrage et d'y aménager un système de capture du saumon, le fait qu'il soit géré au fil de l'eau qui se déverse d'une hauteur d'environ 10 m de haut présente à l'évidence des risques de mortalité lors de la dévalaison des saumoneaux. De plus, l'estimation des coûts qui seraient associés à des modifications du barrage permettant d'accommoder le saumon serait semblable à ceux de son démantèlement, ce qui en fait une option peu envisageable.

Depuis 2015, le barrage Hydro-Morin ne produit plus d'électricité. Cette date correspond également à la fin du contrat d'achat d'électricité par Hydro-Québec. En 2022, une compagnie privée a racheté le barrage et le bail de location de l'équipement. L'objectif de l'entreprise est de remettre le barrage en fonction dans un horizon de 3 ou 4 ans, sous réserve de la signature d'un nouveau contrat avec Hydro-Québec pour l'achat de l'électricité produite. Peu d'information existe sur le réel potentiel de production d'électricité du barrage Hydro-Morin, car plusieurs documents ont été perdus à la suite d'un incendie chez l'ancien propriétaire. L'année 2024 devrait amener de nouvelle réponse concernant l'avenir du barrage Hydro-Morin. Étant considéré comme un barrage à forte contenance, basée sur sa hauteur et sa capacité de retenue, le rapport d'évaluation de sa sécurité était attendu pour 2023. Le rapport de 2012 avait présenté plusieurs problématiques concernant la sécurité du barrage et certains correctifs avaient été apportés en 2018 (MELCCFP, 2024). En fonction des nouveaux éléments qui ressortiront de l'étude de 2023, il est possible que le nouveau propriétaire soit confronté au dilemme des coûts d'entretiens versus la rentabilité à court terme du potentiel hydroélectrique de l'ouvrage. Est-ce que le barrage Hydro-Morin deviendra le premier cas de démantèlement de barrage pour raison environnementale du Québec?

## 8 CONCLUSION

L'hydroélectricité fait partie intégrante de l'histoire québécoise. C'est notamment grâce à celle-ci que le Québec a pu nationaliser la production d'électricité et ainsi favoriser son accès à tous les Québécois. De plus, sur un territoire comme le Québec où les rivières à fort potentiel hydroélectrique abondent, l'exploitation de cette ressource était évidente. L'énergie hydroélectrique semblait représenter une alternative, renouvelable et « verte », à certaines méthodes plus polluantes comme les centrales au charbon. Cependant, le nombre grandissant d'études scientifiques vis-à-vis des impacts de l'énergie hydroélectrique brosse un portrait plus sombre. Les impacts majeurs et parfois irréversibles de la construction de tels ouvrages sur les écosystèmes aquatiques touchés sont très bien documentés. Mener à terme de tels projets implique inévitablement une perte de biodiversité, la fragmentation d'habitat naturel et la modification du régime hydrosédimentaire, pour ne nommer que ceux-ci. En plus des cris d'alarme lancés par la communauté scientifique, l'élaboration de projets hydroélectriques se bute de plus en plus à l'opinion défavorable de la population. Les communautés situées à proximité de ces projets sont souvent celles pour qui les contrecoups sont les plus durs. C'est particulièrement frappant pour les communautés autochtones qui voient une partie de leur territoire ancestral modifié. Les terres, autrefois utilisées pour la chasse, sont inondées lors de la création des réservoirs. Les rivières, garde-manger, symboles culturels, d'identité et chemins ancestraux, se voient harnachées. Qui plus est, les ouvrages hydroélectriques ont une durée de vie limitée. Les dépenses liées à la maintenance, à la réfection et/ou au démantèlement de ces complexes, engendrent des coûts qui peuvent s'avérer substantiels. Dans le monde, peu de grandes rivières sont encore dans un état complètement naturel, exempt d'anthropisation. Une prise de conscience doit être réalisée à l'égard de l'importance de préserver et réhabiliter les écosystèmes aquatiques.

À travers le monde, plusieurs initiatives ont vu le jour, conduisant au démantèlement de barrages et à la restauration des cours d'eau métamorphosés. Des organisations comme American Rivers militent depuis plusieurs années pour la renaturalisation des cours d'eau et ont réussi, en 1999, à autoriser le démantèlement du barrage Edwards sur la rivière Kennebec dans le Maine. Cet événement a constitué un tournant aux États-Unis étant donné que c'était la première fois qu'un barrage hydroélectrique opérationnel voyait sa demande de renouvellement de licence d'opération refusée (The Revelator, 2019). Cette oscillation de la balance décisionnelle, opposant les intérêts pécuniaires et environnementaux, a pavée la voie pour d'autres projets analogues, comme celui de la Klamath river. Au Québec, l'éducation constitue le « nerf de la guerre » pour la sensibilisation de la population face aux impacts des barrages sur les écosystèmes aquatiques, notamment sur les rivières abritant l'espèce emblématique qu'est le saumon atlantique. Dès lors, l'implication d'une population bien informée devrait s'opérer de manière fluide et naturelle, tout comme devraient l'être les cours d'eau de notre province.

## BIBLIOGRAPHIE

- Acadienouvelle. 2015. Les stocks de saumons de la Restigouche inquiètent. En ligne. <https://www.acadienouvelle.com/actualites/2015/03/01/les-faibles-stocks-de-saumons-de-la-restigouche-inquietent/>
- ACVG, FQSA. 2019. Plan de conservation du saumon atlantique et de développement durable de la pêche de la rivière du Gouffre, Association de conservation de la Vallée du Gouffre. 50 p. et annexes.
- Adam J, Hamlet A et Lettenmaier D. 2009. Implications of global climate change for snowmelt hydrology in the twenty-first century. *Hydrological Processes*. 23. 10 p. DOI:10.1002/hyp.7201
- American Rivers. 2002. The ecology of dam removal – A summary of benefits and impacts. Summarized from Angela Bednarek. University of Pennsylvania. 17 p.
- American Rivers. 2023. About American Rivers. En ligne. <https://www.americanrivers.org/about/>
- Association Québécoise de la production d'énergie renouvelable. 2009. Des solutions alternatives pour la Romaine. En ligne. <https://aqper.com/en/des-solutions-alternatives-pour-la-romaine>
- Association of State Dam Safety Officials. 2024. Dam removal. En ligne. <https://damsafety.org/dam-owners/dam-removal>
- Baldan D, Cunillera-Montscusi D, Funk A, Piniewski M, Canedo-Argüelles M et Hein T. 2023. The effects of longitudinal fragmentation on riverine beta diversity are modulated by fragmentation intensity. *Science of the Total Environment*. 903. 11 p. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166703>
- Bandes riveraines du Québec. 2023. La réglementation. En ligne. <https://www.bandesriveraines.quebec/la-reglementation/#:~:text=Une%20norme%20minimale%20%C3%A0%20respecter,selon%20la%20pente%20du%20terrain>
- Bellmore R, Pess G, Duda J, O'Connor J, East A, Foley M, Wilcox A, Major J, Shafroth P, Morley S, Magirl C, Anderson C, Evans J, Torgersen C et Craig L. 2019. Conceptualizing ecological responses to dam removal: if you remove it, what's to come?. *BioScience*. 69(1). 13p. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy152>
- Benoit C. 2017. Effets des barrages sur la continuité sédimentaire. *La Houille Blanche – Revue internationale de l'eau*. 6. 6p. En ligne. <https://hal.science/hal-01808973>
- Bernard S. 2020. Minimiser l'impact d'un barrage sur l'habitat des poissons. INRS – actualité. En ligne. <https://inrs.ca/actualites/minimiser-limpact-dun-barrage-sur-lhabitat-des-poissons/>
- Blandpied J, Carozza J-M et Antoine J-M. 2018. La connectivité sédimentaire dans la haute chaîne pyrénéenne par l'analyse de la crue de juin 2013 : le rôle des formations superficielles. *Géomorphologies*. 24(4). 13 p. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.12718>
- Branco P, Amaral, S, Ferreira, M, and Santos, J M. 2017. Do small Barriers Affect the Movement of Freshwater Fish by Increasing Residency? *Sci. Total Environ*. 581-582, 486–494. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.12.156.

- Briand C, Legrand M, Chapon PM, Beaulaton L, Germis G, Arago MA, Besse T, De Canet L et Steinbach P. 2015. Mortalité cumulée des saumons et des anguilles dans les turbines du bassin Loire-Bretagne. Agence de l'eau Loire Bretagne, la Région Centre, La FNPF, l'Europe et l'Établissement Public Loire - Version 0.3. 260 p.
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. 1993. Rapport d'enquête et d'audience publique – Aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite-3. En ligne. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/50031?docref=sOxqafZtnBhsMP27rOTFAw>
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. 2008. Rapport d'enquête et d'audience publique – Projet d'aménagement hydroélectrique des chutes à Thompson sur la rivière Franquelin. 79 p.
- Burroughs B, Hayes D, Klomp K, Hansen J et Mistak J. 2010. The effects of the Stronach dam removal on fish in the Pine river, Manistee County, Michigan. Transactions of the American Fisheries Society. 139(5). 20 p. <https://doi.org/10.1577/T09-056.1>
- California trout. 2023. New study shows Eel river dam removal would benefit local economy. En ligne. <https://caltrout.org/news/new-study-shows-eel-river-dam-removal-would-benefit-local-economy#:~:text=Every%20dollar%20spent%20on%20dam,nine%20jobs%20would%20be%20created.>
- Cherry J, Knapp C, Trainor S, Ray A, Tedesche M et Walker S. 2017. Planning for climate change impacts on hydropower in the Far North. Hydrology and Earth System Sciences. 21. 19 p. doi:10.5194/hess-21-133-2017
- Commissions internationales des grands barrages (2023). World Register of Dams - General Synthesis. En ligne. [https://www.icold-cigb.org/GB/world\\_register/general\\_synthesis.asp](https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/general_synthesis.asp)
- Contact Nature. 2024. Projets de protection et de mise en valeur. Rivière-à-Mars. En ligne. <https://www.contact-nature.ca/riviere-a-mars/projets-de-protection-et-de-mise-en-valeur/>
- Connectivité écologique. 2024. Qu'est ce que la connectivité écologique?. En ligne. <https://connectiviteecologique.com/connectivite>
- Cooper R, Battams Z, Pearl S et Hiscock K. 2019. Mitigating river sediment enrichment through the construction of roadside wetlands. Journal of Environmental Management. 231. 8p. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.035>
- Corporation du bassin de la Jacques-Cartier (CBJC). 2023. Saumon. En ligne. <https://www.cbjc.org/montaison/>
- Côté J. 2010. Développement d'une nouvelle passe migratoire multi-spécifique au ruisseau de Feu. INRS – Centre Eau, Terre et Environnement. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître ès sciences (M. Sc) en sciences de l'eau. 121 p.
- Courtice G et Naser G. 2019. In-stream construction-induced suspended sediment in riverine ecosystems. River Research and Applications. 36(3). 10 p. <https://doi.org/10.1002/rra.3559>
- Dam Removal Europe. 2023. About DRE. En ligne. <https://damremoval.eu/>

- European Geosciences Union. 2017. Planning for climate change impacts on hydropower in the Far North. *Hydrology and Earth System Sciences*. 21. 19 p. doi:10.5194/hess-21-133-2017
- European River Network. 2021. Dam removal Europe, For free-flowing rivers. En ligne. [https://www.ern.org/en/dam-removal-europe/#:~:text=To%20promote%20and%20inform%20about,\(DRE\)%20coalition%20and%20project](https://www.ern.org/en/dam-removal-europe/#:~:text=To%20promote%20and%20inform%20about,(DRE)%20coalition%20and%20project)
- Fédération québécoise du saumon atlantique. 2021. Programme de mise en valeur des habitats du saumon atlantique sur la Côte-Nord – Rapport annuel 2018 – 2019 - 2020. 16 p.
- Fédération québécoise du saumon atlantique. 2021. Programme de mise en valeur des habitats du saumon atlantique sur la Côte-Nord – Rapport final. En ligne. [https://www.saumonquebec.com/media/2991/ra\\_programme\\_cote-nord\\_fqsa\\_v6-web.pdf](https://www.saumonquebec.com/media/2991/ra_programme_cote-nord_fqsa_v6-web.pdf)
- Fondation Rivières. 2008. Projet d'aménagement hydroélectrique sur la rivière Romaine. Mémoire soumis au Bureau d'Audience Publiques sur l'Environnement. 99 p.
- Fondation Rivières. 2019. Lettre au Premier Ministre du Québec : Rivière Mitis – Urgence d'intervenir auprès du MFFP et d'Hydro-Québec. En ligne. <https://fondationrivieres.org/lettre-premier-ministre-riviere-mitis-urgence-dintervenir-mffp-hydro-quebec/>
- Frechette D, Goerig E et Bergeron N. 2018. Factors influencing fallback by adult Atlantic salmon following transport into a novel river reach. *Fisheries Management and Ecology*. 00. 12 p. DOI:10.1111/fme.12378
- Gouvernement du Québec. 2023. Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État, Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier A-18.1, article 55. Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts. En ligne. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/A-18.1,%20r.%200.01>
- Graber, B. 2022. Five key lessons as world's biggest dam removal project will soon begin on the Klamath river. En ligne. <https://www.americanrivers.org/2022/11/five-key-lessons-as-worlds-biggest-dam-removal-project-will-soon-begin-on-the-klamath-river/>
- Grand River Conservation Authority. 2014. Background briefing - Reservoir operations. 2 p. En ligne. [https://www.grandriver.ca/en/learn-get-involved/resources/Documents/GRCA\\_factsheet\\_Reservoirs.pdf](https://www.grandriver.ca/en/learn-get-involved/resources/Documents/GRCA_factsheet_Reservoirs.pdf)
- Gratton, L. & Levine, J. 2019. L'initiative *Staying Connected* : pour reconnecter la nature et les humains par-delà les frontières. *Le Naturaliste canadien*, 143(1), 12–17. <https://doi.org/10.7202/1054112ar>
- Grenon Gilbert E. 2019. Gouvernance municipale et intégration des biens et services écologiques, Centre universitaire de formation en environnement et en développement durable, Sherbrooke, 89 p.
- Headwaters Economics. 2016. Dam removal case studies. En ligne. <https://headwaterseconomics.org/economic-development/dam-removal-case-studies/>
- Hydro-Québec. 2010. Complexe de la Romaine – Bilan des activités environnementales 2009. En ligne. <https://www.hydroquebec.com/data/romaine/pdf/romaine-bilan-2009.pdf>

- Hydro-Québec. 2019a. Complexe de la Romaine – Suivi environnemental 2018 en phase d'exploitation. En ligne. <https://www.ree.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/3211-12-086/3211-12-086-31.pdf>
- Hydro-Québec. 2019b. Complexe de la Romaine – Bilan des activités environnementales 2018. En ligne. <https://www.hydroquebec.com/data/romaine/pdf/romaine-bilan-environnement-2018.pdf>
- Hydro-Québec. 2020. Complexe de la Romaine – Bilan des activités environnementales 2019. En ligne. <https://www.hydroquebec.com/data/romaine/pdf/romaine-bilan-environnement-2019.pdf>
- Hydro-Québec. 2022. Un engagement pour l'acceptabilité sociale des projets de lignes de transport d'électricité. Communiqué de presse. En ligne. <https://nouvelles.hydroquebec.com/fr/communiqués-de-presse/1904/un-engagement-pour-lacceptabilite-sociale-des-projets-de-lignes-de-transport-deelectricite/>
- Hydro-Québec. 2023. Page d'accueil du site web d'Hydro-Québec. En ligne. <https://www.hydroquebec.com/residentiel/>
- Hydro-Québec. 2024a. Ouvrages de retenue. En ligne. <http://www.hydroquebec.com/comprendre/hydroelectricite/ouvrages-retenu.html>
- Hydro-Québec. 2024b. Projet de la Romaine – Dynamique sédimentaire. En ligne. <https://www.hydroquebec.com/romaine/developpement-durable/respect/dynamique-sedimentaire.html>
- Hydro-Québec. 2024c. Projet de la Romaine – Saumon atlantique. En ligne. <https://www.hydroquebec.com/romaine/developpement-durable/respect/saumon.html>
- Hydro-Québec. 2024d. Qu'arrive-t-il lorsque la consommation d'électricité dépasse la capacité du réseau. En ligne. <https://www.hydroquebec.com/residentiel/mieux-consommer/economiser-en-periode-de-pointe/capacite-reseau.html>
- Hydro-Québec. 2020. Gestion du mercure dans les réservoirs hydroélectriques – article. En ligne. <https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/article-gestion-mercure-reservoirs-hydroelectriques.pdf>
- InfoPortneuf. 2017. Réouverture de la passe migratoire à Cap-Santé. En ligne. <https://infoportneuf.com/2017/05/23/reouverture-de-la-passe-migratoire-a-cap-sante/>
- Jager I, Henriette, JA. Chandler Kenneth L & Webb VW. 2001. A Theoretical Study of River Fragmentation by Dams and its Effects on White Sturgeon Populations. *Environmental Biology of Fishes* 60, 347-361. <https://doi.org/10.1023/A:1011036127663>
- King S, O'Hanley J et Fraser I. 2021. How to Choose? A Bioeconomic Model for Optimizing River Barrier Mitigation Actions. *Ecological Economics*, 181. ISSN 0921-8009. En ligne. <https://kar.kent.ac.uk/83466/>
- Kjelland ME, Woodley C, Swannack T et Smith D. 2015. A review of the potential effects of suspended sediments on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment System and decisions*. 35. 16 p. <https://doi.org/10.1007/s10669-015-9557-2>

- Landers, J. 2023. Construction begins on removal of 4 Klamath River dams. En ligne. <https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/civil-engineering-magazine/article/2023/05/construction-begins-on-removal-of-4-klamath-river-dams>
- La Presse. 2023a. Un barrage cède, le lac se vide. En ligne. <https://www.lapresse.ca/actualites/regional/charlevoix/mais-ou-est-passe-le-lac/2023-11-18/charlevoix/un-barrage-cede-le-lac-se-vide.php>
- La Presse. 2023b. Un millier de résidences évacuées près d'un barrage à risque, auteur Émilie Bilodeau. En ligne. <https://www.lapresse.ca/actualites/2023-12-04/laurentides/un-millier-de-residences-evacuees-pres-d-un-barrage-a-risque.php>
- La Presse. 2023c. Le climat menace-t-il les barrages importants ? Auteur Mathieu Perreault. En ligne. <https://www.lapresse.ca/actualites/sciences/2023-11-12/demystifier-la-science/le-climat-menace-t-il-les-barrages-importants.php>
- Lawrence E, Kuparinen A et Hutchings J. 2016. Influence of dams on population persistence in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Zoology. 94 (5). 35 p. doi:10.1139/cjz-2015-0195
- Le Devoir. 2012. Changements climatiques – Les grands barrages alourdissent le bilan des GES.
- Le Devoir. 2024. Le Québec est un surconsommateur d'énergie qui refuse de se sevrer. En ligne. <https://www.ledevoir.com/environnement/806810/energie-quebec-est-surconsommateur-energie-refuse-sevrer>
- Leslie J. 2021. As warming and drought increase, a new case for ending big dams. Publié à la Yale School of the Environment. En ligne. <https://e360.yale.edu/features/as-warming-and-drought-increase-a-new-case-for-ending-big-dams>
- Levin P et Tolimieri N. 2001. Differences in the impacts of dams on the dynamics of salmon populations. Animal Conservation forum. 4(4). 9 p. doi:10.1017/s1367943001001342
- Michel B et Nadeau R. 1965. Passe migratoire favorisant la montée continue du poisson. La Houille Blanche. 6. 10 p. <http://dx.doi.org/10.1051/lhb/1965039>
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Guide of Millenium Assessment Report. En ligne. <http://millenniumassessment.org/en/index.html>
- Ministère de l'Environnement. 2005. Projet d'aménagement hydroélectrique du site du barrage Magpie sur la rivière Magpie – Dossier 3211-12-079. Direction des évaluations environnementales. En ligne. [https://diffusion.banq.qc.ca/pdfjs-3.10.111-dist\\_banq/web/pdf.php/4soxf0ZfQcJBGxG0W68vWA.pdf](https://diffusion.banq.qc.ca/pdfjs-3.10.111-dist_banq/web/pdf.php/4soxf0ZfQcJBGxG0W68vWA.pdf)
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2023. Répertoire des barrages, direction de l'expertise hydrique et barrages. En ligne. <https://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2024 Répertoire des barrages – Fiche technique barrage de l'Anse-Saint-Jean,

direction de l'expertise hydrique et barrages.

[https://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no\\_mef\\_lieu=X0000854](https://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no_mef_lieu=X0000854)

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 2009. Rapport d'analyse environnementale pour le projet d'aménagement du complexe hydroélectrique de la rivière Romaine sur le territoire de la municipalité régionale de comté de Minganie par Hydro-Québec, Direction des évaluations environnementales, Gouvernement du Québec, 135 p.
- Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF). 2023. Guide d'application du Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'état. En ligne. Gouvernement du Québec. <https://mffp.gouv.qc.ca/RADF/guide>
- Levasseur M. 2008. Suivi spatio-temporel et impacts de l'infiltration des sédiments fins dans les frayères de saumon atlantique. Université du Québec – Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau, Terre et Environnement. Thèse présentée pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor (Ph. D.) en Sciences de la Terre. 242 p.
- Nieland J, Sheehan T et Saunders R. 2015. Assessing demographic effects of dams on diadromous fish: a case study for Atlantic salmon in the Penobscot River, Maine. ICES Journal of Marine Science. 72 (8). 14 p. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv083>
- Nohara D, Sato Y et Sumi T. 2023. Impact of climate change on seasonal operation of hydropower dam reservoir in heavy snowfall area in Japan using 150-year continuous climate experiment. International Association of Hydro-Environment Engineering and Research. En ligne. <https://www.iahr.org/library/infor?pid=29459>. <https://www.iahr.org/library/infor?pid=29459>
- OBVMR. 2024. Problématiques liées à l'habitat du saumon atlantique. En ligne. <https://www.obvmr.org/habitat-du-saumon#:~:text=Lorsque%20ces%20s%C3%A9diments%20se%20d%C3%A9posent,les%20oeufs%20ne%20peuvent%20%C3%A9clore.&text=Les%20alevins%20utilisent%20le%20nid,premiers%20temps%20de%20leur%20vie>.
- OFB. 2022. Synthèse des principaux impacts écologiques engendrés par les aménagements hydroélectriques et de leurs conséquences sur le fonctionnement des cours d'eau. Plan de recherche et développement en écohydraulique. Toulouse. 22 p.
- Office fédéral de l'environnement (OFEV). 2017. Dynamique du charriage et des habitats – Recueil de fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau. Office fédéral de l'environnement. Berne. 84 p.
- Pêches et Océans Canada. 2000. Effects of sediments on fish and their habitat – Placer Mining, Yukon Territory. En ligne. <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/library-bibliotheque/255660.pdf>
- Pêches et Océans Canada. 2007. Bonnes pratiques pour la conception de l'installation de ponceaux permanents de moins de 25 mètres. Région du Québec. En ligne. <https://agrcq.ca/wp-content/uploads/2012/02/Guide-MPO-Bonnes-pratiques-pour-la-conception-et-l'installation-de-ponceaux-permanents-de-moins-de-25-m%C3%A8tres.pdf>
- Pêches et Océans Canada. 2019. Examen de la documentation scientifique existante sur la mortalité des poissons et ses répercussions sur la population à la centrale hydroélectrique marémotrice d'Annapolis, Annapolis Royal (Nouvelle-Écosse). Secrétariat canadien de consultation scientifique – Région des Maritimes. 29.

- Perera D et North T. 2021. The socio-economic impact of aged-dam removal: a review. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. 9 (10). 17 p. <https://doi.org/10.4236/gep.2021.910005>
- Pess G, McHenry M, Beechie T et Davies J. 2008. Biological impacts of the Elwha river dams and potential salmonid responses to dam removal. *Northwest Science*. 82(1). 18 p. <https://doi.org/10.3955/0029-344X-82.S.I.72>
- Plan Saint-Laurent. 2010. Suivi de l'état du Saint-Laurent. Publié par la Direction générale des sciences et de la technologie – Environnement Canada. 8 p.
- Profish. 2024. Impact et protection des poissons au niveau des centrales hydroélectriques. En ligne. <https://www.profish-technology.be/page/etude-d-impact-des-centrales-hydroelectriques.html>
- Pruneau, A. 2022. Étude de la sensibilité morphodynamique de six cônes alluviaux en Estrie par l'approche hydrogéomorphologique. Université de Sherbrooke. Essai présenté pour l'obtention du grade de Maître ès sciences géographiques (M. Sc.). 90 p.
- Radio-Canada. 2021. La passe migratoire de Whitehorse nuit à la survie des saumons. En ligne. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1771024/yukon-whitehorse-saumon-fleuve-passe-migratoire-recherche>
- Radio-Canada. 2023. Hydro-Québec sous-utilise des barrages en pleine saison de pointe hivernale. En ligne. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1951491/hydro-quebec-turbines-barrages-centrales-hiver-puissance>
- Radio-Canada. 2024. Et si les centrales Mitis 1 et Mitis 2 étaient relancées?, article de Jean-François Deschênes. En ligne. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2040961/barrage-hydroelectrique-riviere-hydro-quebec>
- Répertoire du patrimoine culturel du Québec. 2013. Création d'Hydro-Québec, Gouvernement du Québec, ministère de la Culture et des Communications. En ligne. <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?methode=consulter&id=27904&type=pge#:~:text=La%20cr%C3%A9ation%20d'Hydro%2DQu%C3%A9bec%20constitue%20la%20premi%C3%A8re%20phase%20du,autes%20compagnies%20priv%C3%A9es%20d'%C3%A9lectricit%C3%A9>
- Sandodden R, Finstad B et Iversen M. 2001. Transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): anesthesia and recovery. *Aquaculture Research*. 32. 4 p. doi:10.1046/j.1365-2109.2001.00533.x
- Schmutz, S et Moog O. 2018. Dams: ecological impacts and management. *Riverine Ecosystem Management*. Part of the Aquatic Ecology Series. 8. 16 p.
- Schmutz S et Sendzimir J. 2018. Riverine ecosystem management – Science for governing towards a sustainable future. *Aquatic ecology series*. 8. 562 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3>
- Seliger, C et Bernhard Z. 2018. Chapter 9 - River connectivité, habitat fragmentation and related restoration measures. *Riverine Ecosystem Management, Aquatic Ecology, Series 8*. Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria. En ligne. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_9)
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). 2010. L'économie des écosystèmes et de la biodiversité : fondements écologiques et économiques. Edité par Pushpam Kumar, Londres, Royaume-Uni : Earthscan. En ligne. <https://www.teebweb.org/wp->

<content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB%20Synthesis%20Report%202010.pdf>

- The Revelator. 2019. How removing one Maine Dam 20 years ago changed everything. En ligne. <https://therevelator.org/edwards-dam-removal/>
- The Seattle Times. 2016. Elwha: Roaring back to life. En ligne. <https://projects.seattletimes.com/2016/elwha/>
- Thornton KW, Kennedy JH, Carroll WW, Walker RC, Gunkel RC et Ashby S. 1981. Reservoir sedimentation and water quality: an heuristic model. Proceedings of the Symposium on surface water impoundments. American Society Civil Engineer. 3 p.
- United Nations. 2024. Four reasons to protect rivers. En ligne. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/four-reasons-protect-rivers>
- Verdon R et Paradis L. s.d. Le saumon de la rivière Mitis – Histoire d’une réussite. En ligne. [https://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/DepotNumerique\\_v2/AffichageFichier.aspx?idf=48612](https://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/DepotNumerique_v2/AffichageFichier.aspx?idf=48612)
- Wiens JA. 2002. Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. Fresh Biol 47:501–515. En ligne. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-2427.2002.00887.x>
- World Fish Migration Foundation. 2022. En ligne. <https://worldfishmigrationfoundation.com/how-what/>
- WSP. 2023. Étude d’avant-projet pour la mise en valeur des potentiels de production de saumon en amont des obstacles à la montaison sur la rivière Saint-Jean, Saguenay, Québec. Rapport produit pour Fédération québécoise pour le saumon atlantique. Réf. WSP : 221-04095-00. 31 p.
- WWF. 2006. Free-flowing rivers – Economic luxury or ecological necessity?. Worldwide Fund for Nature. 44 p.