



Université du Québec
à Rimouski

**Les défis de l'intégration des principes de
l'hydrogéomorphologie et de la diversité des bénéfices humains
dans la restauration de cours d'eau au Québec**

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en géographie
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

PAR

© ÉTIENNE GARIÉPY-GIROUARD

Janvier 2024

Composition du jury :

Nathalie Lewis, présidente du jury, Université du Québec à Rimouski

Thomas Buffin-Bélanger, directeur de recherche, Université du Québec à Rimouski

Pascale Biron, codirectrice de recherche, Université Concordia

Jean-François Bissonnette, examinateur externe, Université Laval

Dépôt initial le 9 novembre 2023

Dépôt final le 31 janvier 2024

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

*Ensemble nous écrivons une
nouvelle narration du monde, pour
enfin nous libérer les rivières.*

Hugo Latulippe

REMERCIEMENTS

Ma relation avec les rivières se rapproche de celle que je cerne dans la société québécoise. Leur vaste présence, leurs formes diversifiées et leur effervescence saisissante ont marqué mon imaginaire d'enfant ; elles continuent de m'émouvoir et d'occuper une place centrale dans ma vision du Monde et de l'environnement. Pour cette sensibilité je tiens d'abord à remercier Gilles Mathieu, mon père de cœur, qui m'a initié et m'accompagne toujours dans la fascination et l'émerveillement face à ce qui m'entoure. Inversement, la violence des cours d'eau m'effraie à l'occasion, et me questionne souvent sur notre place à leurs côtés. Les méritons-nous ? Que sommes-nous devant eux ? Cet instinct face au risque et cette tendance critique me viennent certainement de ma mère, Manon Girouard. Merci d'entretenir ces réflexes chez moi, pour le meilleur comme pour le pire.

C'est cette dualité dans ma relation aux rivières qui ont éveillé en moi des intérêts plus scientifiques. Pour son accompagnement depuis le tout début, pour sa considération sincère envers mes idées et pour toutes les opportunités qu'il m'offre, je remercie mon directeur de recherche, Thomas Buffin-Bélangier. Les approches critiques manifestes dans mon mémoire ont grandement bénéficié de discussions avec ma codirectrice, Pascale Biron. Merci pour ton éthique de travail irréprochable, pour ta franchise et pour ta confiance. J'ai réellement pu compter sur une équipe de direction organique et riche. L'amorce de ce projet repose sur des expériences et de longues discussions avec Sylvio Demers à propos de la restauration des cours d'eau ; merci pour la bougie d'allumage. Je remercie également les autres membres actuel.le.s et passé.e.s du Laboratoire de géomorphologie et dynamique fluviale de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) d'avoir entretenu ces réflexions et d'avoir enduré mes opinions sur le sujet tout au long de mon parcours, notamment Frédérique Dumont, Gabrielle Beaudry, Samuel Laroche, Maxime Maltais, Véronique Benacchio, Félix Lachapelle, Zoé Martineu, Sophie Delorme, Marie-Andrée Roy.

Plus largement, j'ai pu compter sur une communauté universitaire accueillante et dynamique à l'UQAR, particulièrement la section de géographie (et le Baromètre), qui a grandement amélioré mon expérience à la maîtrise. Je remercie spécialement Claude Ouellet, Guillaume Marie et Jérôme Dubé pour leur apport à ma formation de chargé de cours, ainsi que Manon Savard pour sa contribution à la publication et pour les opportunités dans le domaine du patrimoine. Merci à Julie Major pour les discussions parfois frustrantes bien que divertissantes, et à Marie-Ange Lauzon pour les échanges bouillonnants et féconds. Je remercie Juliette² (Piaux d'abord, puis Lucas) et Adam Bejaoui pour les sympathiques colocations. Sans oublier pour leur amitié Jean-Gabriel Auger, Daniella Walch, Clémentine Fanton, Julie Delannoy, Martin Laroche, Francis Meloche, Quentin Duboc, Jezabel Viens-Croteau, Maya Weisman, Julie Brisson, Amanda Leclerc, Alexia Désormeaux, Caroline Lambert, Abigaëlle Dalpé, mes camarades dans mes diverses luttes et implications, et tellement d'autres. Je remercie mon frère, Émile Mathieu-Girouard, pour sa curiosité croissante et pour sa clairvoyance devant mes préoccupations parfois complexes.

Mon projet de maîtrise n'aurait pas pu exister sans l'aide financière du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, des Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies, ainsi que de l'Association canadienne des ressources hydriques. Finalement, à toutes les personnes représentant les organismes qui ont accepté de participer à la recherche, merci pour votre disponibilité, votre ouverture et votre générosité. Vos partages m'ont permis d'occuper une position privilégiée pour observer et interpréter les dynamiques des projets que vous menez. Je crois fermement que toute la volonté et l'énergie déployée dans vos initiatives ne peut qu'être positive pour l'avenir de la gestion des cours d'eau au Québec, et ultimement pour restaurer des relations étroites entre eux et nous.

RÉSUMÉ

Face aux détériorations historiques des géosystèmes fluviaux, la restauration de cours d'eau vise à diminuer leur dégradation et à améliorer leur qualité, dans le but de réhabiliter leurs fonctions et d'obtenir les bénéfices humains qui reposent sur ces dernières. L'intégration des principes de l'hydrogéomorphologie (HGM) dans la restauration de cours d'eau permet de définir des objectifs diversifiés, réalistes et cohérents avec le système fluvial, ainsi que d'atteindre des résultats plus durables. Malgré l'émergence récente d'approches de gestion inspirées par ces principes, l'HGM est très peu considérée dans la gestion des cours d'eau québécois, ce qui mène souvent à leur artificialisation ou à l'échec des actions de restauration. L'objectif principal de ce mémoire est d'identifier les défis d'intégrer les principes de l'HGM et une diversité de bénéfices humains dans les projets de restauration de cours d'eau réalisés au Québec et se divise en trois objectifs spécifiques : (1) analyser la structure opérationnelle et les processus décisionnels des projets, (2) caractériser leur niveau d'intégration des principes de l'HGM et d'une diversité de bénéfices humains et (3) identifier les défis de les intégrer aux projets, du point de vue des organismes qui les réalisent. L'atteinte de ces objectifs repose sur la documentation de quatre projets de restauration de cours d'eau selon une approche qualitative consistant en de l'accompagnement et des entretiens avec les organismes responsables des projets, ainsi que des ministères impliqués dans la gestion et la restauration des cours d'eau. Les résultats identifient deux facteurs limitants l'intégration de l'HGM dans les projets et une diversification des bénéfices humains qu'ils ciblent : le financement des projets et l'expertise des organismes qui les réalisent. Un nouveau cadre conceptuel est proposé afin d'intégrer ces composantes et de souligner l'importance des contextes socioculturels et législatifs. Ces perspectives ancrées dans la sociogéomorphologie promeuvent une réglementation ancrée dans les connaissances sur la dynamique des cours d'eau, un partage de connaissances accru entre les milieux scientifiques et les organismes en charge des projets de restauration de cours d'eau, ainsi que la collaboration entre ces derniers et les communautés qui cohabitent avec les cours d'eau.

Mots clés : restauration de cours d'eau, gestion de cours d'eau, planification de projets, cadre conceptuel, hydrogéomorphologie, bénéfices humains, sociogéomorphologie, Québec

ABSTRACT

Given the historical deterioration of river geosystems, river restoration aims to reduce their degradation and improve their quality, in order to rehabilitate their functions and the human benefits that rely on them. Integrating the principles of hydrogeomorphology (HGM) into river restoration supports diversified, realistic objectives that are consistent with the river system and helps to achieve more sustainable results. Despite recent management approaches inspired by these principles, HGM is very little considered for river management in the province of Quebec, which often leads to further artificialization or to the failure of restoration actions. The main objective of this research is to identify the challenges of integrating the principles of HGM and diverse human benefits into river restoration projects carried out in Quebec, and is divided into three specific objectives: (1) analyze the projects' operational structure and decision-making processes, (2) characterize their level of integration of HGM and diverse human benefits, and (3) identify the challenges of integrating them into projects, from the point of view of the organizations leading them. These objectives are achieved by documenting four river restoration projects using a qualitative approach involving support and interviews with the organizations responsible for the projects as well as ministries involved in river management and restoration. The results identify two factors that restrain the integration of HGM into projects and the diversification of the human benefits they seek: project funding and the expertise of the organizations implementing them. These findings lead to a new conceptual framework that integrates these components, which can vary according to sociocultural and legal contexts. These perspectives, according to calls from sociogeomorphology, promote regulation that is based on knowledge about river dynamics, increased expertise sharing between the scientific community and the organizations in charge of river restoration projects, and collaboration between these organizations and the communities that live with rivers.

Keywords: river restoration, river management, project planning, conceptual framework, hydrogeomorphology, human benefits, sociogeomorphology, Quebec

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	ix
RÉSUMÉ.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
TABLE DES MATIÈRES.....	xv
LISTE DES TABLEAUX.....	xvii
LISTE DES FIGURES.....	xix
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	xxiii
LISTE DES SYMBOLES.....	xxvii
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
1. MISE EN CONTEXTE.....	1
1.1 Des cours d'eau dégradés, à restaurer.....	1
1.2 Un concept essentiellement contesté.....	3
1.3 Un domaine scientifique.....	7
1.4 L'hydrogéomorphologie, pour une diversité de bénéfices humains.....	9
2. PROBLEMATIQUE.....	11
3. OBJECTIFS ET STRUCTURE DU MEMOIRE.....	13
CHAPITRE 1 : HISTOIRE DU CANAL SAINT-GEORGES (PORT-MENIER, ÎLE D'ANTICOSTI) ET PERSPECTIVES : LA VALORISATION DU PATRIMOINE CULTUREL PAR L'AMÉNAGEMENT FLUVIAL.....	15
Histoire du canal Saint-Georges (Port-Menier, île d'Anticosti) et perspectives : la valorisation du patrimoine culturel par l'aménagement fluvial.....	17
1.1 INTRODUCTION.....	17
1.2 METHODES.....	19
1.3 RESULTATS : HISTOIRE DU CANAL SAINT-GEORGES.....	22

1.3.1	La genèse (1898-1921)	23
1.3.2	L'apogée (1922-1973)	26
1.3.3	La transition vers un cours d'eau aménagé (1974-2018).....	26
1.3.4	Les travaux d'aménagement récents et leurs répercussions sur la trajectoire	29
1.4	DISCUSSION : ENSEIGNEMENTS DE L'EXPERIENCE DU CANAL SAINT- GEORGES.....	32
1.5	CONCLUSION	36
CHAPITRE 2 : QUELS SONT LES FACTEURS CLÉS DERRIÈRE LES PROJETS DE RESTAURATION DE COURS D'EAU ?.....		37
What are the key drivers behind river restoration projects?.....		39
2.1	INTRODUCTION.....	39
2.2	METHODOLOGY.....	41
2.2.1	Studied sites, projects, and participants	41
2.2.2	Interviews and analysis	45
2.3	RESULTS.....	47
2.3.1	Projects' structure	47
2.3.2	Integration of HGM principles and HB	48
2.3.3	Challenges encountered	53
2.4	DISCUSSION.....	56
2.4.1	Conceptualization of the process for identifying river restoration objectives	56
2.4.2	Integrating HGM principles and HB into stream restoration projects	60
2.5	CONCLUSION	62
CONCLUSION GÉNÉRALE.....		65
ANNEXE : GUIDE UTILISÉ POUR LES ENTRETIENS.....		69
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Définition des trois niveaux (types) de restauration selon la typologie de Beechie et al. (2010).....	7
Tableau 2. Résumé des sources de données utilisées et de leur étendue dans le temps.	20
Table 3. General settings of the four study sites and information about the restoration projects carried out on each site.	43
Table 4. Matrix summarizing the frequency with which the codes were mentioned by the stakeholders involved in each project for the second part of the interviews.	52
Table 5. Matrix summarizing the frequency with which the codes were mentioned by the stakeholders involved in each project for the third part of the interviews.	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte des rivières s'écoulant librement dans le Monde selon un indice de statut de connectivité (CSI) (Grill et al., 2019).	2
Figure 2. Représentation schématique des échelles spatiales et temporelles des composantes du géosystème fluvial et des interventions possibles pour la restauration de cours d'eau (ellipses ombrées), qui montre une déconnexion des échelles spatiales, mais surtout temporelles, auxquelles la gestion des cours d'eau s'effectue via divers champs d'action (ellipses pointillées) (adapté de Friberg et al., 2016; Likens et al., 2009).	5
Figure 3. Représentation schématique du niveau (quantité et intensité) des interventions nécessaires pour la restauration de cours d'eau, en fonction du niveau de dégradation des processus fluviaux naturels et du dynamisme géomorphologique (adapté de Friberg et al., 2016).	6
Figure 4. Chronologie des publications scientifiques internationales sur la restauration de cours d'eau (trait gris pointillé), et de celles s'intéressant à ses perspectives sociales, économiques et politiques (bandes grises et trait noir) (Cottet et al., 2022).	8
Figure 5. Cadre conceptuel pour identifier les objectifs des projets de restauration de cours d'eau (adapté de Dufour & Piégay, 2009).	11
Figure 6. a) Photographie aérienne oblique en 2021 et b) emplacement du canal Saint-Georges.	18
Figure 7. Résumé de l'histoire des usages du canal Saint-Georges et de son évolution géomorphologique. Les courbes représentent l'importance relative des usages et le dynamisme des formes fluviales, qui est quantifié par la trajectoire géomorphologique et l'indice de qualité morphologique après 1973 ; celui-ci est estimé pour les années précédentes par une interprétation des effets des usages sur le dynamisme géomorphologique.	23
Figure 8. Photographies historiques du canal Saint-Georges a) vu vers l'amont, au niveau du coude (350 m), quelques années après sa construction ; b) vu vers l'aval, au niveau du coude (350 m), lors de la construction du muret de stabilisation des berges ; c) devant la scierie alimentée par le barrage X2092719 démantelé (475 m). © BAnQ P186. Reproduit avec permission.	25

Figure 9. a) Photographie aérienne verticale du canal Saint-Georges montrant le tracé du canal original (encadré blanc) imposant des contraintes latérales et le talweg 2021 (ligne rouge). Analyse longitudinale de la trajectoire géomorphologique du canal Saint-Georges en fonction b) de la largeur des transects ; c) de la déviation du talweg par rapport au centre du canal original ; d) de la superficie des bancs d'accumulation cumulée de l'amont vers l'aval ; e) des profils longitudinaux et des différences d'élévation du talweg de 2019 à 2021. L'axe des abscisses est inversé pour qu'il soit aligné avec la direction de l'écoulement. Les zones en filigrane rose représentent les sections les plus dynamiques..... 28

Figure 10. Dégradations du canal Saint-Georges : a) en berge concave au niveau du coude (350 m) en 2019 ; et dans la zone du barrage X2092719 démantelé (475 m) b) le 23 juillet 2019 ; c) le 27 août 2021 (source photographique : Gaëtan Laprise)..... 30

Figure 11. a) Photographie aérienne des aménagements fauniques réalisés au niveau du coude (350 m) dans le canal Saint-Georges, le 18 août 2021 où on voit (1) les déflecteurs de déviation du courant, (2) le monticule de sédiments en berge et (3) le chenal préférentiel dragué ; b) photographie aérienne prise au même endroit le 27 octobre 2021, montrant les conséquences morphologiques des travaux après un événement de crue de récurrence annuelle : (1) destruction d'un déflecteur de bois, (2) érosion majeure de l'ouvrage de protection, (3) incision du lit (affouillement) et (4) érosion de la berge à l'extrémité aval de l'ouvrage (effet de bout) (source photographique : Gaëtan Laprise). 32

Figure 12. Avenues d'aménagement proposées pour le canal Saint-Georges. 35

Figure 13. Water management areas overseen by OBVs in Quebec (dark gray areas delineated with white lines), location of the projects studied (black triangles) and pictures of the sites (b) RAM: Rivière à Mars; (c) RLE: Rivière Les Escoumins; (d) RC: Rivière Centrale; (e) CSG: Canal Saint-Georges. 42

Figure 14. Sociogram of the organizations involved in the four studied projects, spatialized with ForceAtlas2 algorithm (Jacomy et al., 2014). Numbers in brackets are the relationships density for each project and nodes size are function of betweenness centrality degree. Direction of links depends on relation type (bilateral: collaboration; unilateral: funding, mandate, recommendation, information, and planning). 48

Figure 15. (a) The conceptual diagram (Jacobs et al., 2013) that was used to conduct the second part of the interviews, and diagrams produced by each stakeholder to represent their own project's level of integration of HGM

principles (blue), HB (green), and expertise and funding (orange): (b) CSG;
(c and d) RC; (e) RLE; (f) RAM.50

Figure 16. Framework to define objectives for river restoration projects, adapted from Dufour & Piégay (2009) and synthesizing drivers that are intrinsic (blue and green) and extrinsic (orange) to the sites that are being restored, the ways they drive the objectives, and the interactions among these drivers. Grey arrows represent potential opportunities to overcome the challenges they impose.57

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

AECOM	<i>Architecture, Engineering, Construction, Operations, and Management</i>
Agric	Agriculteurs et agricultrices
AI	Aqua Ingenium
APSRM	Association des pêcheurs sportifs de la Rivière à Mars
BEA	Bureau d'écologie appliquée
BPR	Beaulieu Poulin et Robitaille, ingénieurs-conseils
BSC	Bouchard Service-Conseil
CCA	Clubs-conseils agricoles
CGRSE	Corporation de gestion de la rivière à saumon des Escoumins
ComE	Communauté innue Essipit
CN	Contact-Nature Rivière-à-Mars
CPABS	Centre de plein air Bec-Scie
CRRC	Comité de restauration de la rivière Centrale
CSG	Canal Saint-Georges
ECCC	Environnement et Changements Climatiques Canada
FCSA	Fondation pour la conservation du saumon atlantique
FFQ	Fondation de la Faune du Québec

FQSA	Fédération québécoise pour le saumon atlantique
GF	Gerfaut inc.
HB	<i>Human benefits</i>
HGM	Hydrogéomorphologie (<i>hydrogeomorphological</i>)
IQM	Indice de qualité morphologique
LERGA-UQAC	Laboratoire d'expertise et de recherche en géographie appliquée – Université du Québec à Chicoutimi
LGDF-UQAR	Laboratoire de géomorphologie et dynamique fluviale – Université du Québec à Rimouski
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Alimentation du Québec
MELCC-MFFP (MELCCFP)	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements Climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec
Mitacs	<i>Mathematics of Information Technology and Complex Systems</i>
MPO	Pêches et Océans Canada
MRC	Municipalité régionale de comté
MRCB	Municipalité régionale de comté des Basques
MRCFS	Municipalité régionale de comté Le Fjord-du-Saguenay
MRCHCN	Municipalité régionale de comté de la Haute-Côte-Nord
MRCMing	Municipalité régionale de comté de la Minganie

MRCMitis	Municipalité régionale de comté de la Mitis
MTQ	Ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec
MunE	Municipalité des Escoumins
MunIA	Municipalité de L'Île d'Anticosti
MunS	Municipalité de Saguenay
MunSSR	Municipalité de Saint-Simon-de-Rimouski
PRCMHH	Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques
OBV	Organisme de bassins versants
OBVHCN	Organisme des bassins versants de la Haute-Côte-Nord
OBVNEBSL	Organisme des bassins versants du Nord-Est du Bas-Saint-Laurent
OBVS	Organisme de bassin versant du Saguenay
PEC	PEC inc.
RAM	Rivière à Mars
RC	Rivière Centrale
REAFIE	Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement
RLE	Rivière Les Escoumins

ROBVQ	Regroupement des organismes de bassins versants du Québec
RT	Rio Tinto
TF	Terra Formex
UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
WFD	<i>Water Framework Directive</i> (Directive Cadre sur l'Eau)
ZEC	Zone d'exploitation contrôlée
ZIP	Comité de zone d'intervention prioritaire
ZIPCNG	Comité de zone d'intervention prioritaire Côte-Nord du Golfe
ZIPSE	Comité de zone d'intervention prioritaire du Sud-de-l'Estuaire

LISTE DES SYMBOLES

<	Inférieur
~	Environ
%	Pourcent
\$	Dollar
m	Mètre
m ²	Mètre carré
m ³	Mètre cube
km	Kilomètre
km ²	Kilomètre carré
s	Seconde

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1. MISE EN CONTEXTE

1.1 Des cours d'eau dégradés, à restaurer

Les pressions imposées par l'anthropisation ont provoqué pour les géosystèmes fluviaux – et provoquent toujours – une transformation importante de la magnitude des processus qui construisent et entretiennent leur morphologie, ainsi qu'une détérioration de leur qualité (Wohl, 2019). À l'échelle mondiale, 63% des cours d'eau de plus de 1000 km sont considérés comme lourdement impactés par l'anthropisation (Grill et al., 2019). Les cours d'eau s'écoulant librement, c'est-à-dire sans interventions anthropiques, sont situés presque exclusivement dans les régions nordiques ainsi que dans les bassins tropicaux très peu habités (figure 1). Les transformations des cours d'eau bouleversent par le fait même les fonctions qu'ils jouent ainsi que les bénéfices sociaux remplis par ces fonctions, tels l'accès à l'eau potable, les transports, les activités récréatives, la pêche, la sécurité publique, la qualité du paysage et bien d'autres. En réalité, la majorité des cours d'eau sont aujourd'hui considérés comme des hybrides (Lespez & Dufour, 2021). En effet, selon les perspectives de la sociogéomorphologie, leur évolution, leur comportement et leurs morphologies sont le résultat d'interactions étroites et complexes entre les sociétés et leur environnement (Ashmore, 2015; Brierley, 2010).

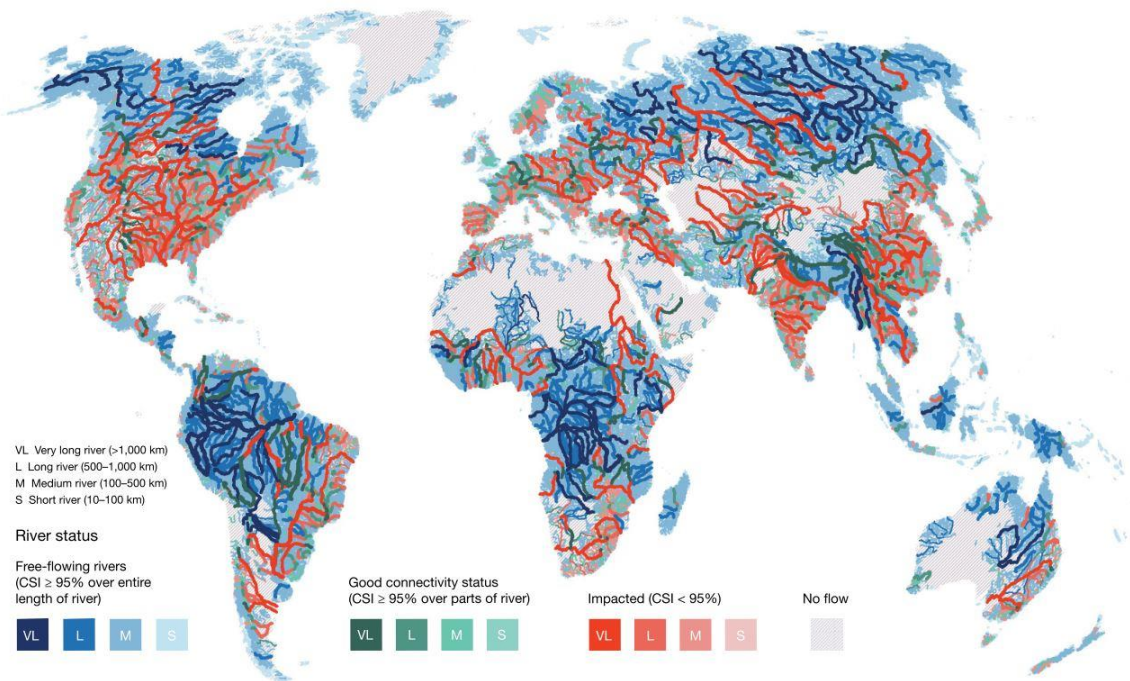


Figure 1. Carte des rivières s’écoulant librement dans le Monde selon un indice de statut de connectivité (CSI) (Grill et al., 2019).

Face aux détériorations pouvant être associées à ces pressions anthropiques, la restauration des cours d’eau s’est imposée dès la fin des années 1970 comme un moyen de diminuer leur dégradation ainsi que de réhabiliter ou d’améliorer leur qualité (Friberg et al., 2016; Wohl et al., 2015). Avec l’émergence de mesures législatives et réglementaires encourageant la conservation et la restauration, cette tendance s’est accélérée rapidement à partir de 1990 pour devenir un outil central pour la gestion des cours d’eau, notamment dans le monde occidental. La restauration des cours d’eau est ainsi rapidement devenue une entreprise financièrement profitable pour les organismes qui la pratiquent, ainsi qu’un domaine d’action demandant énormément d’investissement public. Seulement aux États-Unis, on dénombrait entre 1990 et 2004 plus de 37 000 projets de restauration de cours d’eau, représentant des investissements d’un milliard \$ US par année (Bernhardt et al., 2005). Au Québec le portrait est plus obscur, notamment dû à l’absence d’un inventaire des

initiatives de restauration de cours d'eau mises en œuvre dans la province. La restauration est toutefois mobilisée dans le cadre d'un régime de compensation environnementale (Jacob, 2022) et elle semble pratiquée par un grand nombre d'organismes de gestion de l'environnement, publics comme privés.

1.2 Un concept essentiellement contesté

Malgré les investissements considérables visant leur restauration, le niveau de dégradation des cours d'eau se maintient, voire semble s'accroître, et les retombées réelles des projets restent méconnues. En effet, bon nombre d'entre eux restent non-documentés ; une évaluation de leur déroulement et de leurs résultats est très rarement intégrée à leur réalisation, ainsi qu'aux critères des programmes qui les financent (Bernhardt et al., 2005; Friberg et al., 2016; Rubin et al., 2017; Wohl et al., 2015). La faisabilité de la restauration des cours d'eau est même couramment débattue, ce qui en fait selon Cottet et al. (2022) un « concept essentiellement contesté », bien que toujours largement employé dans les milieux pratiques comme scientifiques. Sa définition, ainsi que ses distinctions par rapport à l'aménagement ou l'entretien des cours d'eau entre autres, est donc plutôt élastique et en constante évolution.

À l'origine, la restauration de cours d'eau visait couramment un retour à un état « stable » associé à une référence historique pré-perturbations anthropiques. Cependant, il existe un consensus selon lequel il ne serait ni réaliste ni souhaitable de viser un état de référence historique (Brierley & Fryirs, 2016; Dufour & Piégay, 2009; Friberg et al., 2016; Wohl et al., 2015), dû notamment à l'absence d'images ou d'indices précédant les premières pressions anthropiques sur le cours d'eau. De plus, les conditions environnementales déterminant la morphologie des cours d'eau ont évolué à l'échelle des derniers siècles. La restauration de formes calquées sur le passé ne serait donc pas forcément toujours ajustée aux processus hydrogéomorphologiques actifs actuellement, à leur magnitude et à leur trajectoire. Des alternatives à cette approche proposent ainsi de s'attarder à la restauration de

la dynamique des processus fluviaux, dans le but de les laisser construire, entretenir et faire évoluer une morphologie cohérente aux conditions environnementales contemporaines (Beechie et al., 2010). La définition la plus récente de la restauration de cours d'eau comprend « l'ensemble des actions réalisées dans les – ou autour des – cours d'eau, et qui visent à diminuer leurs dégradations anthropiques, à améliorer leur qualité (morphologique, écologique, esthétique, etc.) ou à réhabiliter leurs fonctions considérées comme perdues » (Cottet et al., 2022). Ultimement, la finalité de la restauration, qui en est une anthropocentrée, serait d'obtenir – ou de retrouver – certains bénéfices sociaux (eau potable, transports, activités récréatives, pêche, sécurité publique, qualité du paysage, etc.) qui reposent sur ces fonctions (Cottet et al., 2022).

Les manières de définir et de pratiquer la restauration des cours d'eau varient selon les projets en fonction de limites contextuelles. Les actions de restauration mises en œuvre sont d'abord définies selon les échelles spatiales et temporelles des composantes du géosystème fluvial qui font l'objet de la restauration (figure 2, ellipses ombrés) et des processus qui leur correspondent (Friberg et al., 2016), puis par la portée (territoriale, légale, réglementaire, financière, etc.) des organismes et des contextes qui gravitent autour de la gestion des cours d'eau (figure 2, ellipses pointillés) (Likens et al., 2009). Les échelles (spatiales, mais avant tout temporelles) des champs d'action à ces différents paliers seraient toutefois généralement déconnectées de celles auxquelles les projets de restauration de cours d'eau sont concrètement réalisés (Likens et al., 2009). Les actions sont ensuite fonction de la dégradation du système et de son dynamisme (figure 3), qui déterminent la quantité et l'intensité des interventions réalisées (tableau 1) (Friberg et al., 2016). En d'autres termes, un cours d'eau hautement dégradé et peu résilient (dynamique) pourrait nécessiter des interventions plus intenses, consistant par exemple en la création de formes. À l'inverse, un système peu dégradé et très résilient pourrait plus efficacement faire l'objet d'initiatives de restauration passive, qui consiste plutôt à laisser les processus hydrogéomorphologiques construire et faire évoluer les formes fluviales (Beechie et al., 2010).

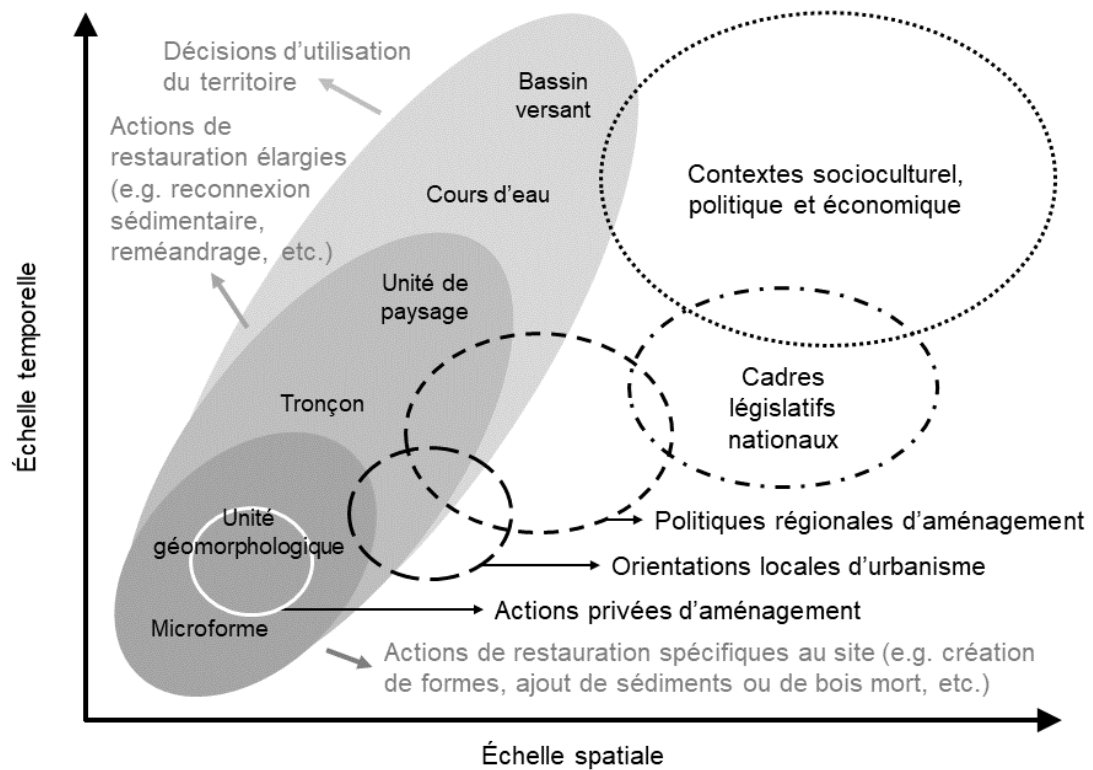


Figure 2. Représentation schématique des échelles spatiales et temporelles des composants du géosystème fluvial et des interventions possibles pour la restauration de cours d'eau (ellipses ombrées), qui montre une déconnexion des échelles spatiales, mais surtout temporelles, auxquelles la gestion des cours d'eau s'effectue via divers champs d'action (ellipses pointillées) (adapté de Friberg et al., 2016; Likens et al., 2009).

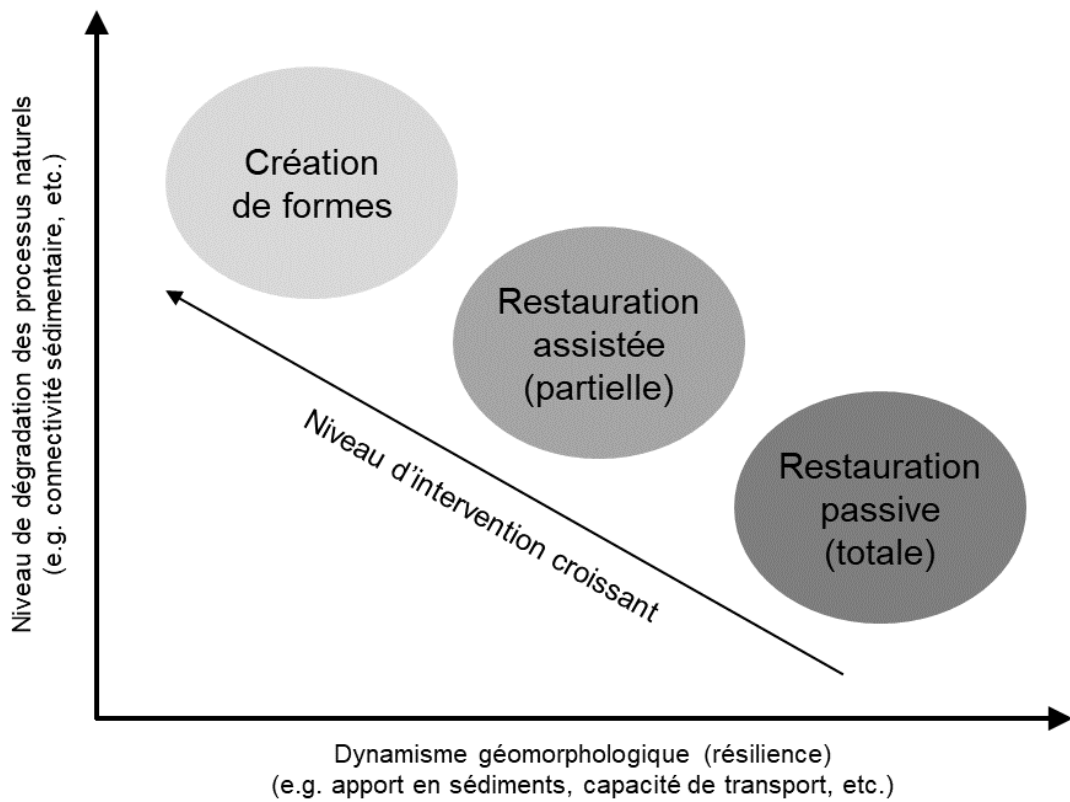


Figure 3. Représentation schématique du niveau (quantité et intensité) des interventions nécessaires pour la restauration de cours d'eau, en fonction du niveau de dégradation des processus fluviaux naturels et du dynamisme géomorphologique (adapté de Friberg et al., 2016).

Tableau 1. Définition des trois niveaux (types) de restauration selon la typologie de Beechie et al. (2010).

Niveau de restauration	Définition
Restauration totale (passive)	Restauration des processus qui créent et maintiennent les habitats, ramenant le système à son état naturel.
Restauration partielle (assistée)	Restauration ou amélioration de processus spécifiques, ramenant partiellement le système à son état naturel.
Création de formes	Amélioration de la qualité du système par le traitement de composantes spécifiques et/ou localisées. Normalement utilisée où les causes des dégradations ne peuvent être traitées.

1.3 Un domaine scientifique

La multiplication des projets de restauration mis en œuvre génère également une augmentation de la production scientifique sur le sujet dès les années 1970, puis de façon beaucoup plus marquée à partir de 1990 (figure 4, trait gris pointillé), ce qui suggère une relation assez étroite entre la recherche scientifique et la gestion des cours d'eau (Cottet et al., 2022). Ces interactions sont cristallisées dans l'émergence des domaines de la restauration écologique (milieux pratiques) et de l'écologie de la restauration (milieux de la recherche). La recherche scientifique contribue premièrement aux projets de restauration de cours d'eau par une meilleure compréhension fondamentale du fonctionnement (d'abord hydraulique et écologique, puis hydrogéomorphologique et socioculturel) des géosystèmes fluviaux. Deuxièmement, elle s'intéresse à l'évaluation des interventions réalisées en étudiant la réponse de cours d'eau à leur restauration. Finalement, elle permet d'améliorer les pratiques globales de restauration et de gestion des cours d'eau en s'intéressant plus largement aux dynamiques des projets qui sont mis en œuvre. Alors que les aspects sociaux étaient avant cela principalement considérés pour leurs effets « perturbateurs », ces intérêts

plus récents ont ainsi dirigé une proportion croissante de la publication scientifique vers des perspectives sociales, économiques et politiques associées à la restauration de cours d'eau, notamment à partir du tournant des années 2000 (figure 4, bandes grises et trait noir) (Cottet et al., 2022). C'est précisément dans cette mouvance que s'inscrit ce mémoire, en s'intéressant aux facteurs sociaux, en particulier économiques et politiques, qui limitent l'intégration des connaissances émanant de l'hydrogéomorphologie (HGM) dans la pratique de la restauration de cours d'eau.

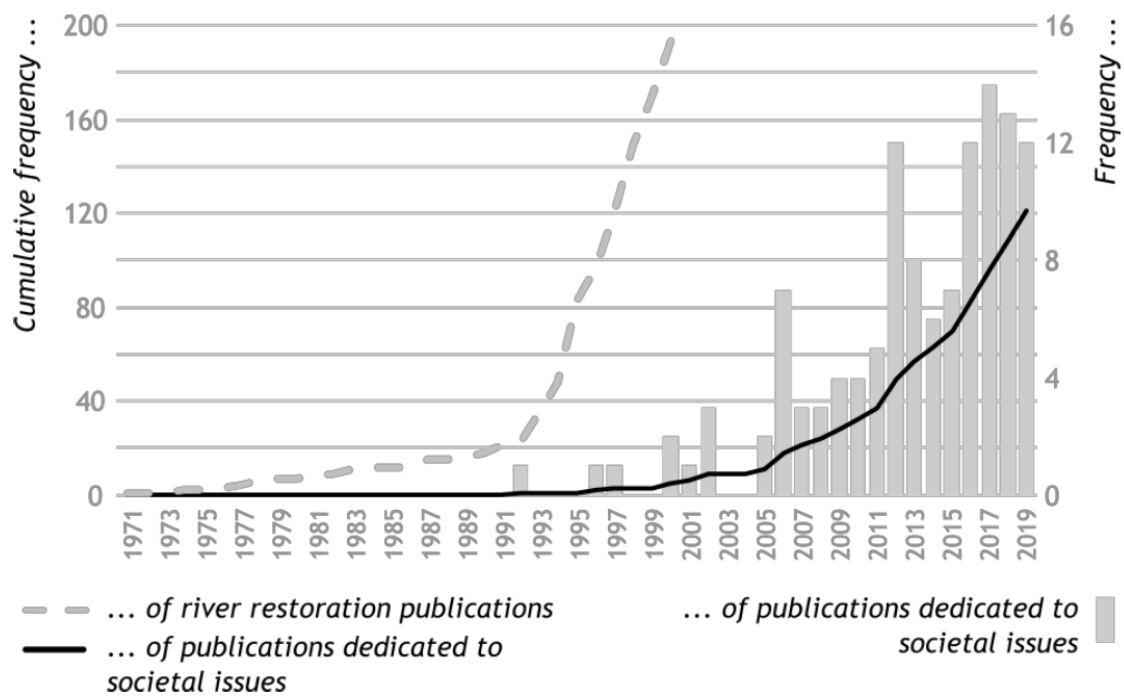


Figure 4. Chronologie des publications scientifiques internationales sur la restauration de cours d'eau (trait gris pointillé), et de celles s'intéressant à ses perspectives sociales, économiques et politiques (bandes grises et trait noir) (Cottet et al., 2022).

1.4 L'hydrogéomorphologie, pour une diversité de bénéfices humains

L'apport bénéfique d'une approche hydrogéomorphologique dans la restauration des cours d'eau est largement reconnu (Beechie et al., 2010; Biron et al., 2018; Brierley & Fryirs, 2022; García et al., 2021; Piégay et al., 2023), principalement parce qu'elle permet :

- de mieux comprendre le système fluvial, sa trajectoire et ses dégradations historiques (Brierley & Fryirs, 2016; Dufour & Piégay, 2009; Grabowski et al., 2014; Mould & Fryirs, 2018) ;
- d'assurer la cohérence des objectifs avec le fonctionnement potentiel et les usages du cours d'eau (Dufour & Piégay, 2009) ;
- de diversifier les objectifs des projets et les bénéfices que les sociétés tirent des fonctions fluviales que les projets peuvent procurer (Auerbach et al., 2014; Gilvear et al., 2013; Serra-Llobet et al., 2022) et ;
- d'atteindre des résultats plus durables.

Dans le contexte d'une attention croissante envers ces principes dans la pratique de la restauration de cours d'eau et dans le but de conceptualiser son processus, Dufour & Piégay (2009) ont proposé une structure pour la formulation des objectifs de restauration de cours d'eau, basée sur le fonctionnement potentiel du système ainsi que sur les souhaits de la société. Comme il est montré sur la figure 5, les souhaits d'une communauté devraient orienter les objectifs de restauration d'un cours d'eau selon un processus ascendant (*bottom-up*), tout en étant cadrés par une structure descendante (*top-down*) associée au fonctionnement potentiel du cours d'eau. Ce dernier peut être anticipé sur la base de l'analyse de la trajectoire historique du cours d'eau ainsi que de références régionales afin de circonscrire les scénarios auxquels il est réaliste de s'attendre en termes de processus et de morphologies à restaurer. Les souhaits de la société proviennent pour leur part de motivations communes ou individuelles et doivent être identifiés dans le contexte d'une participation soutenue. Ces principes sont mobilisés par plusieurs approches de gestion et de restauration

des cours d'eau, telles l'espace de liberté (Biron et al., 2014; Buffin-Bélanger et al., 2015a), la restauration centrée sur les processus (Beechie et al., 2010; Brierley & Fryirs, 2009, 2022; Kondolf et al., 2006), la restauration socio-écologique (Dufour & Piégay, 2009; Fernández-Manjarrés et al., 2018; Maniraho et al., 2023), la restauration relationnelle humains-cours d'eau (Brierley, 2020; Hikuroa et al., 2022; Mould et al., 2018; Wantzen, 2022), etc.

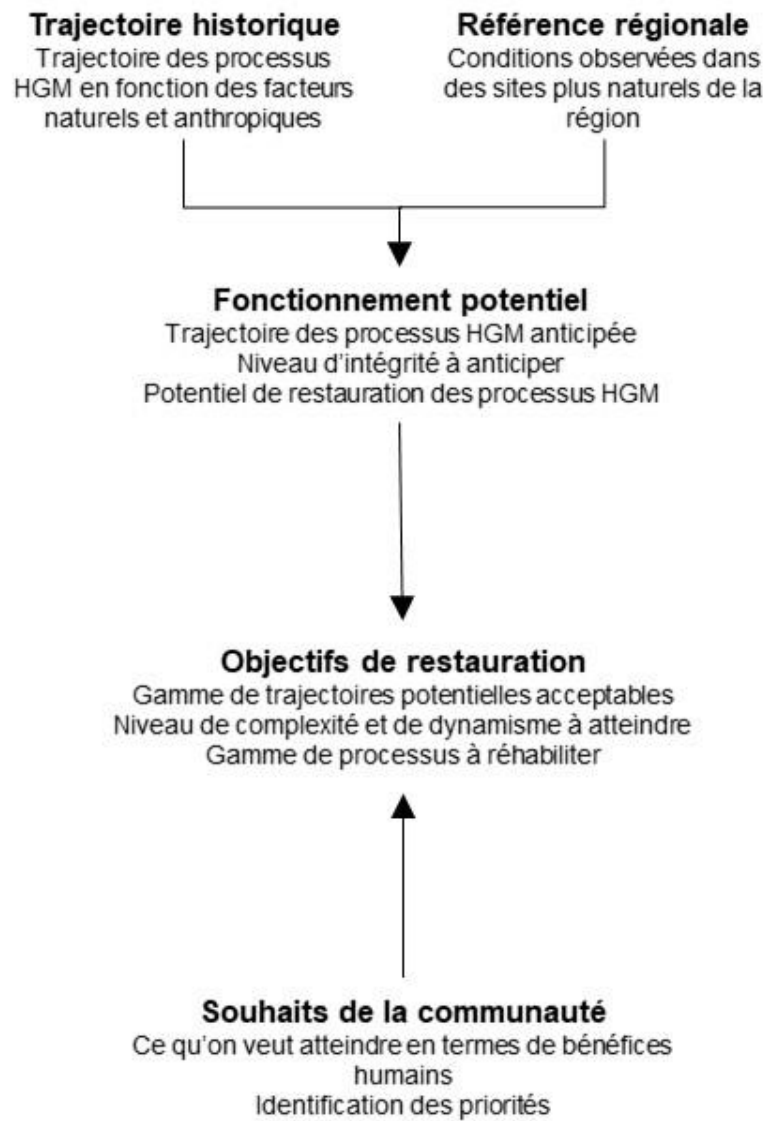


Figure 5. Cadre conceptuel pour identifier les objectifs des projets de restauration de cours d'eau (adapté de Dufour & Piégay, 2009).

2. PROBLEMATIQUE

Au Québec, les cadres réglementaires entourant la restauration des cours d'eau sont basés sur une approche de compensation visant « zéro perte nette à l'échelle territoriale »

(Jacob, 2022). Il n'existe également aucune obligation d'améliorer la qualité des géosystèmes fluviaux, comme c'est le cas par exemple en Europe (Bouleau & Pont, 2015). Les projets de restauration de cours d'eau sont ainsi habituellement pris en charge par des entités qui sont contraintes de compenser les dégradations qu'elles causent en restaurant d'autres sites dégradés (ministère des Transports, Hydro-Québec, compagnies minières ou d'extraction des ressources, etc.). Comme ces entités ont aussi l'alternative de compenser leurs impacts environnementaux monétairement, un fonds a été constitué à partir de 2017 afin de financer des initiatives de restauration via le Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH). Quoique leurs missions n'incluent pas fondamentalement la restauration de cours d'eau, certains organismes de gestion de l'environnement (organismes de bassins versants (OBV), comités de zone d'intervention prioritaire (ZIP), etc.) ou d'administration territoriale (municipalités régionales de comté (MRC), zones d'exploitation contrôlée (ZEC), etc.) prennent l'initiative d'en mettre en œuvre sur leur territoire.

Bien que l'apport de l'HGM pour la gestion des cours d'eau soit largement reconnu, elle est toutefois très rarement et très peu considérée dans le contexte des projets réalisés au Québec qui visent leur restauration. Par ailleurs, plusieurs lacunes sont observées dans les orientations des programmes de financement qui concernent la gestion et la restauration des cours d'eau, ainsi que dans les guides « étape par étape » dont ils font la promotion (Biron et al., 2018). En conséquence, la majorité des projets de restauration de cours d'eau réalisés au Québec présentent des objectifs uniques, spécifiques et homogènes. Ces derniers sont généralement centrés autour des habitats de quelques espèces de poissons à haut potentiel halieutique, notamment l'omble de fontaine (Biron et al., 2018). Les initiatives visant la restauration de cours d'eau procèdent souvent par le « nettoyage » des cours d'eau (dragage et entretien de la végétation), la maîtrise des processus fluviaux et la construction ou la stabilisation des unités géomorphologiques et des habitats aquatiques désirés, notamment pas des ouvrages d'ingénierie souvent lourds et coûteux (Biron et al., 2018). Ceux-ci mènent ainsi à une artificialisation et à une dégradation supplémentaire des géosystèmes fluviaux. Dû à des incohérences entre leur dynamique hydrogéomorphologique

et les morphologies qui ont été créées, plusieurs ouvrages sont même rapidement érodés et détruits (voir Chapitre 1).

Malgré tout, il importe de mentionner que certains cadres réglementaires québécois, notamment ceux entourant la gestion des risques inhérents à la mobilité des cours d'eau (e.g. Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE)), ont introduit récemment des principes de l'HGM. Le PRCMHH exige aussi des bases scientifiques plus solides pour la compréhension du géosystème fluvial qui fait l'objet de la restauration, une attention à la diversité des retombées socio-économiques et un suivi plus important à la suite de la réalisation du projet.

3. OBJECTIFS ET STRUCTURE DU MEMOIRE

Ce mémoire s'attarde à identifier les facteurs qui limitent l'intégration des principes de l'HGM et de la diversité des bénéfices humains dans les projets de restauration de cours d'eau réalisés au Québec. Le mémoire est constitué de deux articles. Le premier sert de mise en contexte ; il expose la problématique à partir de l'analyse approfondie d'un projet de restauration de cours d'eau déjà réalisé. Il présente d'abord la trajectoire historique anthropique et naturelle de ce cours d'eau hybride dans le but de montrer l'importance qu'elle revêt dans sa restauration. Plus largement, il illustre ensuite, par des scénarios et des recommandations concernant l'aménagement du cours d'eau, le potentiel et les apports de l'HGM pour améliorer les approches entourant la gestion et la restauration des cours d'eau.

Le second article aborde pour sa part la question de recherche principale du mémoire : pourquoi les projets de restauration de cours d'eau réalisés au Québec intègrent-ils peu les principes de l'HGM et la diversité des bénéfices humains ? Il y apporte des pistes de réponses en identifiant des facteurs clés qui sous-tendent les projets de restauration de cours d'eau et leurs objectifs. Dans le contexte du mémoire, ils représentent les facteurs qui limitent l'intégration des principes de l'HGM et d'une diversité de bénéfices humains. Cet article

analyse quatre projets de restauration de cours d'eau achevés, en cours de réalisation ou en cours de planification (dont celui qui fait l'objet du premier article) afin d'atteindre trois objectifs spécifiques, soit (1) analyser la structure opérationnelle et les processus décisionnels des projets de restauration de cours d'eau, (2) caractériser leur niveau d'intégration des principes de l'HGM et d'une diversité de bénéfices humains et (3) identifier les défis de les intégrer aux projets, du point de vue des organismes qui les réalisent. Les méthodes employées sont empreintes d'une approche de recherche à visée exploratoire et plutôt qualitative qui consistait en de l'accompagnement aux projets et des entretiens avec les organismes qui en ont la charge ainsi que des ministères impliqués dans le domaine de la restauration de cours d'eau au Québec.

CHAPITRE 1 :
**HISTOIRE DU CANAL SAINT-GEORGES (PORT-MENIER, ÎLE
D’ANTICOSTI) ET PERSPECTIVES : LA VALORISATION DU PATRIMOINE
CULTUREL PAR L’AMÉNAGEMENT FLUVIAL**

Cet article a été publié dans un numéro spécial de la revue *Le Naturaliste Canadien* en avril 2023, portant sur les enjeux de la recherche à Anticosti. En tant que premier auteur, j’ai mené l’essentiel de la recherche menant à la publication, incluant l’état de la littérature, le développement des méthodes, la collecte des données, leur analyse et leur interprétation, ainsi que la rédaction du manuscrit, sa soumission et sa révision. Le professeur Thomas Buffin-Bélanger et les professeures Manon Savard et Pascale Biron ont contribué à l’analyse de la littérature portant sur la question, aux réflexions entourant la recherche et ses méthodes, ainsi qu’à la révision du manuscrit. Le contenu de ce chapitre a également fait l’objet de présentations scientifiques, notamment au colloque *Les enjeux de la recherche à Anticosti : état des lieux et perspectives* dans le cadre du 89^e Congrès de l’Acfas à Québec en mai 2022 et à la Conférence annuelle de l’Association Canadienne des Géographes à Montréal en mai 2023, ainsi que d’une présentation de vulgarisation dans le cadre d’une séance publique dans la communauté de Port-Menier en juin 2022.

Le canal Saint-Georges est un cours d’eau d’origine anthropique construit en 1898 lors de l’installation d’Henri Menier sur l’île d’Anticosti. Depuis, il a été aménagé pour l’adapter à différents usages. À partir de la fin des années 1970, les processus fluviaux ont graduellement façonné le cours d’eau, entraînant une morphologie plus naturelle. Un projet d’aménagement du canal Saint-Georges et de ses habitats pour le poisson, réalisé de 2019 à 2022, a aussi mené au démantèlement d’un barrage, à la stabilisation de berges ainsi qu’à des aménagements fauniques. Cet article présente les trajectoires historiques anthropique et naturelle du canal dans le but de mettre en lumière leurs interactions. L’évolution des usages

du canal Saint-Georges comprend 3 périodes distinctes, qui ont chacune influencé les processus fluviaux ainsi que la morphologie résultante. Cette évolution à la fois anthropique et naturelle du canal Saint-Georges est caractéristique de plusieurs cours d'eau aménagés, ce qui représente à la fois des possibilités et des défis de gestion. Ce cas montre l'importance de considérer la particularité hybride de ces cours d'eau dans leur restauration et leur aménagement. À l'avenir, cela pourrait mener à mieux respecter leur fonctionnement potentiel ainsi qu'à mettre davantage en valeur leur patrimoine culturel.

Mots-clés : géographie historique, gestion de cours d'eau, patrimoine, sociogéomorphologie, trajectoire fluviale

HISTOIRE DU CANAL SAINT-GEORGES (PORT-MENIER, ILE D'ANTICOSTI) ET PERSPECTIVES : LA VALORISATION DU PATRIMOINE CULTUREL PAR L'AMENAGEMENT FLUVIAL

1.1 INTRODUCTION

Le canal Saint-Georges, situé au cœur du noyau villageois de Port-Menier (figure 6), est un cours d'eau d'origine anthropique lié à l'établissement d'Henri Menier sur l'île d'Anticosti. D'une longueur de 650 m, il est alimenté par les rivières Gamache et Trois Mille, en plus d'être l'exutoire du lac Saint-Georges vers la baie Gamache (figure 6b). Le lac et le canal auraient été nommés en l'honneur de Georges Menier, neveu d'Henri Menier (Commission de toponymie du Québec, 1994; Jobin, s.d.). Le canal Saint-Georges a fait l'objet de plusieurs phases d'aménagement, suivant l'évolution de ses usages. Plus récemment, l'abandon des activités économiques associées au canal a mené à une transition d'un ouvrage entièrement anthropique à un cours d'eau d'origine humaine présentant des processus dynamiques plus naturels. Ceci a causé une dégradation des ouvrages anthropiques originaux et une augmentation des risques pour la sécurité civile. Les préoccupations de la communauté quant à l'état du canal ont ainsi mené à des travaux d'aménagement, dont un réalisé par le Comité Zone d'intervention prioritaire Côte-Nord du Golfe (ZIPCNG) entre 2019 et 2022.

D'un point de vue sociogéomorphologique, cet article vise d'abord à mettre en lumière les liens étroits entre les activités socioéconomiques, les usages historiques du canal Saint-Georges et la dynamique hydrogéomorphologique du cours d'eau qui s'y écoule dans la production de sa morphologie et du paysage dans lequel il s'inscrit (Ashmore, 2015; Dournel & Sajaloli, 2012; Lespez & Dufour, 2021). Il expose ensuite les possibilités et les défis que ces particularités représentent pour son aménagement. Dans la foulée d'une nomination éventuelle de l'île d'Anticosti sur la Liste du patrimoine mondial de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), la mise en valeur du village de Port-Menier doit intégrer les éléments relevant à la fois de ses

patrimoines naturel et culturel (UNESCO, 1972, 2021). L'aménagement du canal Saint-Georges représente une occasion de concilier la valorisation de ces 2 composantes, par son caractère hybride, à la fois naturel et anthropique (Bartolini, 2020; Dournel & Sajaloli, 2012; Harrison, 2015, Lespez & Dufour, 2021).



Figure 6. a) Photographie aérienne oblique en 2021 et b) emplacement du canal Saint-Georges.

Trois concepts clés

Sociogéomorphologie	Approche de la géomorphologie qui reconnaît la coproduction des paysages terrestres par des interactions entre des processus naturels et sociaux cristallisés dans une trajectoire historique. (Ashmore, 2015)
Hybride	Concept de la géographie de l'environnement qui caractérise les objets et les systèmes hérités des interactions entre des processus naturels et anthropiques. (Lespez & Dufour, 2021)
Paysage géohistorique	Étendue spatiale composée d'un assemblage d'hybrides, dont les formes et les contenus relatent une trajectoire historique et leurs singularités culturelles et morphologiques. (Dournel & Sajaloli, 2012)

1.2 METHODES

La reconstitution de l'histoire du canal Saint-Georges repose d'abord sur des ouvrages historiques (journaux de Georges Martin-Zédé, directeur général de l'île de 1896 à 1926, littérature scientifique et archives administratives), utilisés pour retracer ses origines ainsi que l'historique de ses usages et des interventions humaines sur le cours d'eau (tableau 2).

La caractérisation de son évolution repose ensuite sur des photographies aériennes historiques géoréférencées et récentes acquises par drone (tableau 2), qui supportent 2 analyses. La première, la trajectoire géomorphologique, permet de documenter l'évolution temporelle souvent non-linéaire d'un système fluvial. Elle se base sur la mesure des paramètres morphométriques (e.g. largeur, position du talweg (tracé du cours d'eau à son point le plus profond), superficie des bancs d'accumulation, etc.) du tracé du cours d'eau, préalablement numérisé dans un système d'information géographique à partir des photographies aériennes. L'évolution de ces paramètres et leurs taux sont par la suite calculés (e.g. élargissement, mobilité du talweg, développement et déplacement des bancs d'accumulation, etc.) et peuvent être mis en relation avec certains facteurs de contrôle naturels et anthropiques. Ceci permet de décrire et de comprendre le comportement du cours

d'eau, d'orienter des projets d'aménagement ou de restauration plus durables et d'anticiper ses conditions futures en fonction des scénarios d'aménagement et des ajustements subséquents (Brierley & Fryirs, 2016; Buffin-Bélangier et al., 2015b; Dufour & Piégay, 2009; Grabowski et al., 2014).

Tableau 2. Résumé des sources de données utilisées et de leur étendue dans le temps.

Source de données	1898-1921	1922-1973	1974-2018	2019-2021
Journaux de Georges Martin-Zédé, 1895 à 1918 (Martin-Zédé, s.d.)	X			
Littérature scientifique historique (Hamelin, 1980; Jobin, s.d.; Pintal, 2018; Schmitt, 1904)	X	X	X	
Archives administratives (Commission de toponymie du Québec, 1994; Gouvernement du Québec, 1996; MELCC, s.d.; MIA, 2017)			X	X
Photographies aériennes historiques géoréférencées (Source pour 1973, 1974, 1975, 1987, 1997, 2005 et 2009 : Gouvernement du Québec. Source pour 1988 : Gouvernement du Canada)			X	
Photographies aériennes par drone (2019, 2021)				X
Relevés topobathymétriques (2019, 2021)	X			X

s.d. : sans date

La seconde analyse, l'Indice de Qualité Morphologique (IQM), permet pour sa part de quantifier la qualité d'un cours d'eau en se basant sur 24 à 28 indicateurs, selon son degré de

confinement et la disponibilité de données hydrologiques. Ces indicateurs représentent des conditions de référence théorique associées à la fonctionnalité (processus), l'artificialité (anthropisation) et les ajustements historiques (trajectoire géomorphologique) du cours d'eau et peuvent être caractérisés visuellement, sur des photographies aériennes, grâce à des relevés topobathymétriques, par des analyses hydrologiques, etc. L'indice mesure le niveau d'altération de ces conditions par rapport à celles qui seraient attendues dans un système totalement naturel et mène à un score allant de 0 à 1. Un score de 0 représente un cours d'eau de très faible qualité morphologique et un score de 1, un cours d'eau de très bonne qualité morphologique (Rinaldi et al., 2013). Cet indice représente un point de départ et une méthode de suivi pour toute action d'aménagement d'un cours d'eau. En effet, il offre une connaissance détaillée du système fluvial, il permet d'identifier les composantes qui présentent un potentiel de restauration (ou celles qui ne doivent pas être modifiées) et il permet d'évaluer les conséquences d'une intervention humaine sur le cours d'eau (Belletti et al., 2018; Rinaldi et al., 2013). En plus d'être calculé à partir des photographies aériennes historiques, l'IQM a également été calculé *in situ* durant les étés 2019 et 2021 afin de mesurer la portée des travaux d'aménagement réalisés en 2020 sur la qualité du cours d'eau.

Enfin, une caractérisation des répercussions à court terme de ces travaux sur la morphologie du cours d'eau a été rendue possible par des relevés topobathymétriques effectués durant les étés 2019 et 2021 (tableau 2) à l'aide d'un système GNSS Trimble et d'une station totale robotisée Trimble, selon un échantillonnage au jugé se concentrant sur les ruptures de pente. Les jeux de données comptent entre 3000 et 4000 points de mesure chacun et ils ont permis de produire des modèles numériques d'élévation à une résolution de 1 m. La différence entre les deux modèles permet de révéler les zones en érosion ou en accumulation. La position du talweg a également été relevée, ainsi que celle des limites latérales du canal original grâce aux vestiges des murets toujours en place.

1.3 RESULTATS : HISTOIRE DU CANAL SAINT-GEORGES

Le bassin versant des rivières Gamache et Trois Milles a une superficie de 64 km², dont 3 % sont anthropisés (notamment Port-Menier et l'aéroport), 60 % sont forestiers, 12 % sont des forêts exploitées et près de 25 % sont des milieux humides et aquatiques (figure 6b). Dans son contexte naturel, il semble que l'exutoire du bassin versant ainsi que du lac Saint-Georges était le cours d'eau s'écoulant vers le Nord-Ouest, alors nommé rivière Gamache (Commission de toponymie du Québec, 1994; Jobin, s.d.), puis renommé ruisseau du Château (figure 6b). Bien que ce dernier présente désormais des débits plus bas, il arrive en périodes de crue importante que le lac Saint-Georges s'écoule en partie par le ruisseau du Château. Les journaux de Georges Martin-Zédé rédigés lors de sa première exploration de l'île durant l'été 1895 mentionnent la présence de ce cours d'eau ainsi que l'aménagement qu'il en planifiait :

Arrivés dans la Baie, [...] nous nous rendîmes à la rivière Gamache [...]. Elle prenait sa course vers l'est [...]. Au bout d'environ deux milles, [...] après avoir traversé une mouillère marécageuse, nous arrivâmes au bord d'un beau lac d'environ une centaine d'hectares [le lac Saint-Georges] [...]. Je pensais qu'un canal qui ferait se déverser ce lac dans la mer pourrait être creusé à peu de frais. (Martin-Zédé, s.d.)

La figure 7 résume l'histoire des usages du canal Saint-Georges et la trajectoire géomorphologique du cours d'eau qui s'y écoule depuis sa construction. Cette histoire est divisée en 3 périodes, qui suivent globalement les 3 grandes époques historiques de l'île d'Anticosti depuis la fin du XIX^e siècle, soit l'époque Menier, la période du bois (entreprise *Consolidated Bathurst*, surnommée la *Consol*) et l'époque contemporaine. Elles sont marquées par différents usages socioéconomiques et aménagements du canal Saint-Georges, ainsi que par des interactions variables entre ces derniers et les processus fluviaux qui en découlent dans la construction de la morphologie cours d'eau.

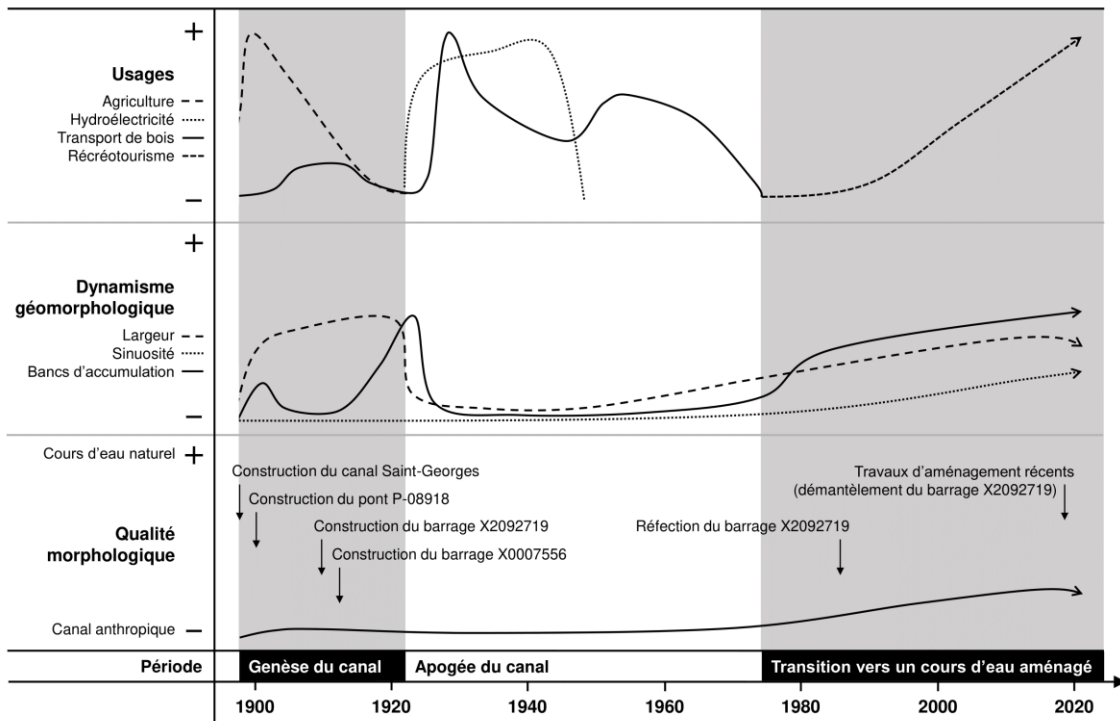


Figure 7. Résumé de l’histoire des usages du canal Saint-Georges et de son évolution géomorphologique. Les courbes représentent l’importance relative des usages et le dynamisme des formes fluviales, qui est quantifié par la trajectoire géomorphologique et l’indice de qualité morphologique après 1973 ; celui-ci est estimé pour les années précédentes par une interprétation des effets des usages sur le dynamisme géomorphologique.

1.3.1 La genèse (1898-1921)

Durant l’été et l’automne 1898, on procède au dragage du canal (figure 8a) et à l’assèchement du lac Saint-Georges afin de créer environ 500 m² de terres cultivables (Martin-Zédé, s.d.; Schmitt, 1904) :

Ce gigantesque travail [...] a parfaitement bien réussi et a permis l’installation de la Ferme Saint-Georges, dont dépend un magnifique potager établi dans un terrain qui, à notre arrivée sur l’île, n’était qu’un marécage couvert par l’eau pendant la plus grande partie de l’année. (Schmitt, 1904)

Dès le printemps suivant, les débits élevés érodent les berges et le lit du canal, jusqu'au roc par endroit (Jobin, s.d.; Martin-Zédé, s.d.; Schmitt, 1904). La morphologie du cours d'eau s'ajuste rapidement à ces nouvelles conditions hydrologiques. Comme le canal Saint-Georges servait simplement à garantir l'évacuation de l'eau, on se soucie peu de son état et de sa stabilité, à condition qu'il permette à l'eau de s'écouler.

Dans les années suivantes, on procède à plusieurs élargissements et dragages du canal pour éviter la sinuosité du cours d'eau et garantir le passage du bois que l'on commence à transporter par flottage en raison d'un essor de l'exploitation forestière (Martin-Zédé, s.d.; Pintal, 2018). La largeur moyenne du canal passe ainsi de 9 m en 1898 à 13 m en 1973. Les premiers murets de bois stabilisant les berges du canal Saint-Georges sont construits en 1904 (figure 8b). Avant 1911, on construit un barrage (X2092719, démantelé en 2020) au niveau de la chute, ainsi qu'une scierie et un moulin d'écorçage, dont la force motrice est en partie hydraulique (Hamelin, 1980; Jobin, s.d.; Martin-Zédé, s.d.; Pintal, 2018) (figure 8c). Le barrage X0007556 entre le lac et le canal Saint-Georges est construit en 1913 afin d'éviter les inondations autour du lac lors de la fonte des neiges (Martin-Zédé, s.d.). Cependant, le décès d'Henri Menier en 1913, les résultats mitigés de ses tentatives de développement et le début de la Première Guerre mondiale plongent Port-Menier dans une période de relative stagnation économique (Hamelin, 1980; Martin-Zédé, s.d.). Ce ralentissement cause un abandon des aménagements du canal Saint-Georges à des fins économiques.

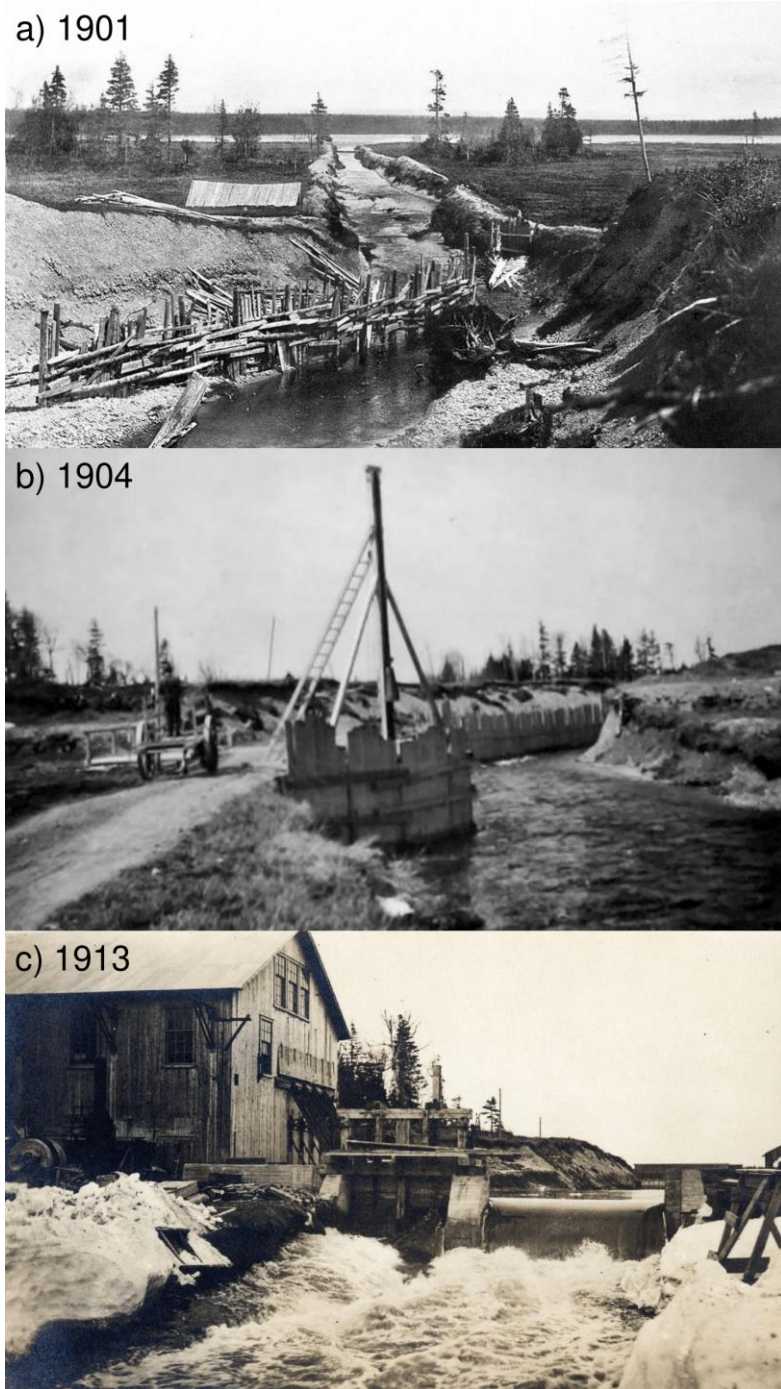


Figure 8. Photographies historiques du canal Saint-Georges a) vu vers l'amont, au niveau du coude (350 m), quelques années après sa construction ; b) vu vers l'aval, au niveau du coude (350 m), lors de la construction du muret de stabilisation des berges ; c) devant la scierie alimentée par le barrage X2092719 démantelé (475 m). © BAnQ P186. Reproduit avec permission.

1.3.2 L'apogée (1922-1973)

Le moulin d'écorçage est converti pour la production hydroélectrique en 1922 (Jobin, s.d.), ce qui amorce une seconde phase d'aménagement plus intense du canal Saint-Georges (Hamelin, 1980). On entretient le canal par la diminution de sa largeur et sa stabilisation, qui permettent une plus grande concentration de l'écoulement et une augmentation de la puissance de production. L'ouvrage hydroélectrique est cependant abandonné en 1946 à cause de sa faible capacité et de la croissance des besoins en électricité (Jobin, s.d.). L'île d'Anticosti est achetée en 1926 par la *Wayagamack Pulp and Paper Company*, qui prend le nom de *Consolidated Bathurst* en 1932. Après plus d'une décennie d'inutilisation du canal pour le transport de bois, l'économie de l'île d'Anticosti se concentre désormais presque exclusivement sur l'exploitation forestière (Hamelin, 1980; Jobin, s.d.), dont l'exportation du bois repose en partie sur le canal Saint-Georges, le transport par flottage étant alors pratique commune.

Cette utilisation demande des travaux d'entretien fréquents du canal, comprenant le dragage du lit et la stabilisation des berges par des murets de bois verticaux. Cependant, l'exploitation forestière est grandement réduite par la crise économique de 1929 jusqu'en 1945 (Hamelin, 1980; Pintal, 2018). La vitalité économique de l'après-guerre redonne un élan à l'industrie du bois, qui décline toutefois de nouveau dès 1953, et ce jusqu'à l'achat de l'île par le Gouvernement du Québec en 1974 (Hamelin, 1980).

1.3.3 La transition vers un cours d'eau aménagé (1974-2018)

L'administration de l'île par le ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche du Québec à partir de 1974 oriente l'activité économique vers les secteurs des services et du tourisme (Hamelin, 1980; Pintal, 2018). Ainsi, la dernière phase d'aménagement du canal Saint-Georges est caractérisée par une diminution de son entretien. Le barrage X2092719 est restauré pour une dernière fois en 1985 (MELCC, s.d.). La reprise de l'exploitation forestière

sur l'île d'Anticosti en 1995, visant une diversification des activités économiques (Pintal, 2018), n'a pas d'incidence sur les usages et l'aménagement du canal Saint-Georges ; le transport du bois se fait dorénavant par camion. La municipalité de l'Île-d'Anticosti devient propriétaire du canal et de ses 2 barrages en 1996 et assume alors la responsabilité de leur gestion, de leur entretien et de leur sécurité (Gouvernement du Québec, 1996). Un premier projet d'aménagement du cours d'eau est d'ailleurs réalisé par Hydro-Québec cette même année.

De manière générale, les contraintes latérales imposées par les vestiges du tracé original du canal semblent d'abord limiter la mobilité latérale du cours d'eau (figure 9a). Cependant, la variabilité croissante des largeurs du cours d'eau, surtout à partir de 1987 (figure 9b), témoigne d'un certain ajustement. C'est-à-dire que certaines zones restent stables alors que d'autres s'érodent ponctuellement de façon importante, notamment à l'aval du barrage X0007556 ainsi qu'au niveau du coude, du seuil de contrôle sédimentaire et du delta, menant à une dégradation des ouvrages originaux (figure 10a). Ces 4 zones subissent ensuite une déviation du talweg (figure 9c). La zone en amont du barrage X2092719 démantelé accumule une quantité croissante de sédiments sous la forme de bancs d'accumulation (figure 9d), qui construisent finalement une succession de seuils (rapides) et de mouilles (fosses) (figure 9e). Il semble donc que le contrôle moindre des processus fluviaux permet un ajustement graduel de la morphologie du cours d'eau à une dynamique plus naturelle, favorisé par sa pente globale assez élevée (0,60 %) (Gariépy-Girouard, 2020). L'apport sédimentaire étant limité en amont par le barrage X0007556, les sédiments en transit dans le cours d'eau proviennent des berges en érosion, qui présentent des talus abrupts très faiblement végétalisés. En effet, la végétation riveraine est entretenue par la tonte et sa croissance est limitée par le broutage des cervidés présents sur l'île.

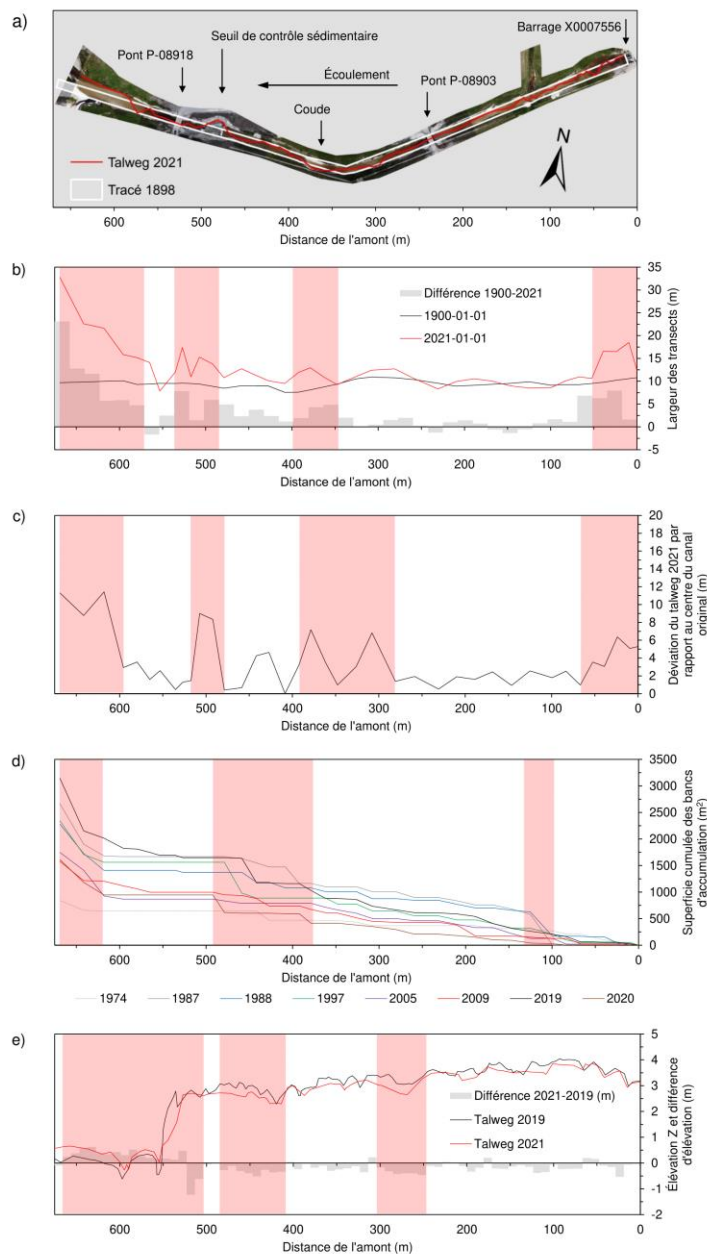


Figure 9. a) Photographie aérienne verticale du canal Saint-Georges montrant le tracé du canal original (encadré blanc) imposant des contraintes latérales et le talweg 2021 (ligne rouge). Analyse longitudinale de la trajectoire géomorphologique du canal Saint-Georges en fonction b) de la largeur des transects ; c) de la déviation du talweg par rapport au centre du canal original ; d) de la superficie des bancs d'accumulation cumulée de l'amont vers l'aval ; e) des profils longitudinaux et des différences d'élévation du talweg de 2019 à 2021. L'axe des abscisses est inversé pour qu'il soit aligné avec la direction de l'écoulement. Les zones en filigrane rose représentent les sections les plus dynamiques.

Cette dynamique plus naturelle représente désormais une dégradation esthétique du canal anthropique original et des risques pour la sécurité civile associés aux processus d'érosion et d'inondation. La crue survenue au printemps 2017 (17 m³/s) a d'ailleurs endommagé grandement le barrage X2092719, provoqué une érosion importante de la berge droite au niveau de ce barrage et inondé la rue du Vieux-Moulin (figure 10b). Cependant, en matérialisant les interactions entre des processus socioéconomiques et naturels, le cours d'eau se retrouve dorénavant au cœur du paysage géohistorique de Port-Menier.

1.3.4 Les travaux d'aménagement récents et leurs répercussions sur la trajectoire

La dégradation du canal Saint-Georges (figure 10 a et b) et la volonté locale de le mettre en valeur dans le paysage de Port-Menier (MIA, 2017) a mené à un projet de revitalisation, qui a été réalisé de 2019 à 2022 par le Comité ZIPCNG et financé par Pêches et Océans Canada. Une équipe multidisciplinaire formée de partenaires en aménagements fauniques, en ingénierie et en hydrogéomorphologie (expertise venant de deux des auteurs de cet article) était aussi impliquée dans le projet, qui visait principalement à assurer une connectivité avec le lac Saint-Georges et à améliorer l'habitat du poisson dans le cours d'eau. Dans une première phase, le projet a mené au démantèlement du barrage X2092719 endommagé et à son remplacement par un seuil de contrôle sédimentaire. Une passe migratoire a aussi été aménagée afin de contourner l'ouvrage ainsi qu'une chute naturelle. Enfin, les berges dans cette zone ont été stabilisées par des enrochements (figure 10c). La seconde phase a mené à l'aménagement d'une passe migratoire à l'intérieur du barrage X0007556, à une recharge sédimentaire à l'amont permettant de combler artificiellement le déficit sédimentaire, ainsi qu'à l'aménagement de formes propices à l'habitat du poisson (figure 11a). Ces ouvrages incluent des déflecteurs de déviation du courant, un monticule de sédiments en berge, qui avaient également pour objectif de ralentir son érosion, et le dragage d'un chenal préférentiel pour l'écoulement vers la rive droite.



Figure 10. Dégradations du canal Saint-Georges : a) en berge concave au niveau du coude (350 m) en 2019 ; et dans la zone du barrage X2092719 démantelé (475 m) b) le 23 juillet 2019 ; c) le 27 août 2021 (source photographique : Gaëtan Laprise).

L'évolution géomorphologique du cours d'eau post-travaux a peu dévié de sa trajectoire du dernier demi-siècle (Gariépy-Girouard & Buffin-Bélangier, 2022). Cependant, la largeur du tracé et la position du talweg ont réagi aux aménagements de manière ponctuelle, notamment au niveau du seuil de contrôle sédimentaire, dû au remblaiement et à l'enrochement de la rive droite ainsi qu'à la construction d'une passe migratoire concentrant l'écoulement. De plus, le démantèlement du barrage X2092719 a causé une incision du lit, évacuant près de 600 m³ des sédiments qu'il retenait. L'accumulation des sédiments à l'aval

a provoqué un comblement partiel des fosses au pied de la chute et une aggradation d'environ 0,50 m par endroits (figure 9e). Cependant, cette dynamique semble dorénavant maîtrisée par l'ouvrage de stabilisation assurant un contrôle du profil longitudinal. Enfin, les aménagements fauniques réalisés au niveau du coude semblent avoir exacerbé le processus d'érosion actif dans cette section, contrairement à leur objectif (Gariépy-Girouard & Buffin-Bélanger, 2022). En effet, l'orientation des déflecteurs crée un effet de chute vers la berge en érosion plutôt que de rediriger l'écoulement vers la rive droite. Le monticule de sédiments en berge concave, bien qu'il ait dû ralentir l'érosion, crée pour sa part de l'affouillement (incision du lit au pied de l'ouvrage) ainsi qu'un effet de bout (érosion à ses extrémités). L'événement de crue de récurrence annuelle du 18 octobre 2021 ($10,5 \text{ m}^3/\text{s}$) a d'ailleurs eu des conséquences morphologiques importantes dans cette zone, détruisant en grande partie les aménagements fauniques réalisés et causant un recul de la berge de près de 1 m en un seul événement (figure 11b). Le recul historique moyen de cette berge n'était pourtant que d'environ 0,05 m par année depuis la construction du canal. De plus, trois événements de crue équivalente ou supérieure à $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ont été enregistré entre juillet 2019 et juillet 2021, sans qu'aucun n'ait provoqué les conséquences observées en octobre 2021.

L'IQM du cours d'eau s'écoulant dans le canal Saint-Georges est passé de 27 % à 25 %, dû à la stabilisation de berges réalisée lors des travaux d'aménagement. Il s'agit d'une diminution marginale, sa qualité morphologique étant toujours considérée comme « très mauvaise ». Pourtant, on observait en 2019 une augmentation graduelle de l'IQM, associée à la reprise d'une dynamique naturelle dans le canal anthropique (Gariépy-Girouard & Buffin-Bélanger, 2022). On a toutefois tenté par les travaux réalisés en 2020 et en 2021 de maîtriser ces processus naturels, mais, en plus d'avoir échoué à ralentir le processus d'érosion d'une berge jugé problématique, ils ont artificialisé davantage le cours d'eau.

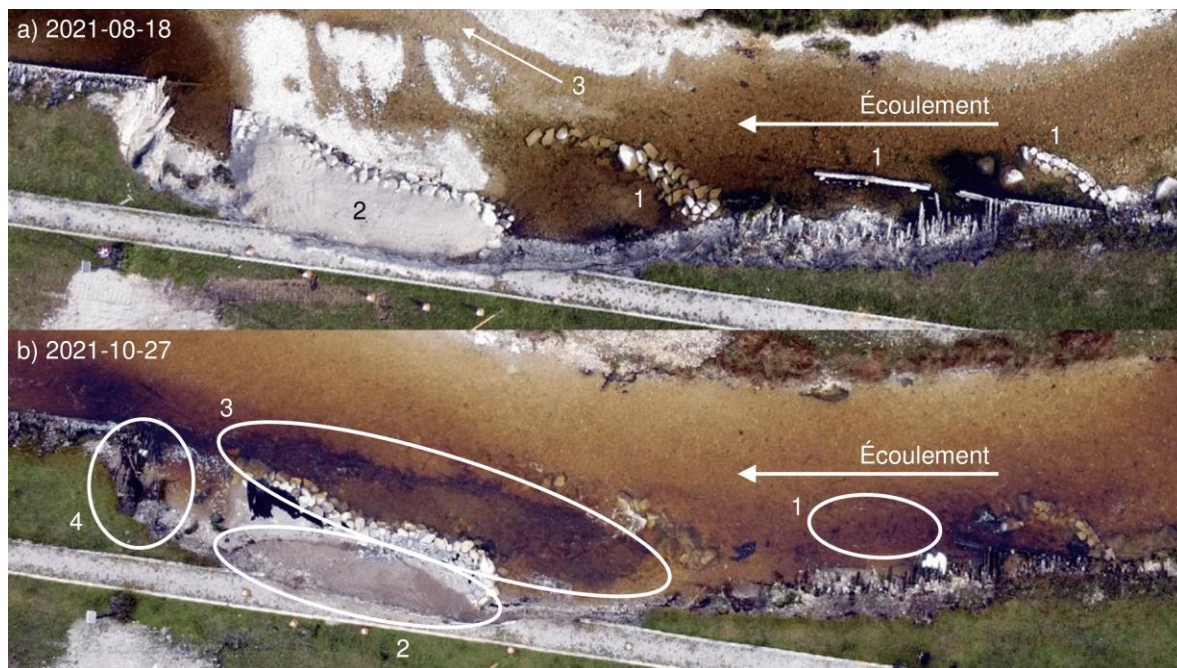


Figure 11. a) Photographie aérienne des aménagements fauniques réalisés au niveau du coude (350 m) dans le canal Saint-Georges, le 18 août 2021 où on voit (1) les déflecteurs de déviation du courant, (2) le monticule de sédiments en berge et (3) le chenal préférentiel dragué ; b) photographie aérienne prise au même endroit le 27 octobre 2021, montrant les conséquences morphologiques des travaux après un événement de crue de récurrence annuelle : (1) destruction d'un déflecteur de bois, (2) érosion majeure de l'ouvrage de protection, (3) incision du lit (affouillement) et (4) érosion de la berge à l'extrémité aval de l'ouvrage (effet de bout) (source photographique : Gaëtan Laprise).

1.4 DISCUSSION : ENSEIGNEMENTS DE L'EXPERIENCE DU CANAL SAINT-GEORGES

Le cas du canal Saint-Georges pose plusieurs défis quant à sa « restauration », notamment en raison de son origine anthropique. En effet, une approche radicale de la restauration viserait à retrouver les conditions du bassin versant antérieures à la construction du canal. Son exutoire naturel étant le ruisseau du Château, elle demanderait un abandon complet du cours d'eau s'écoulant dans le canal Saint-Georges. Il est en effet paradoxal d'aspirer à y « restaurer » des habitats pour le poisson, alors qu'ils n'existaient sous des conditions naturelles que dans le ruisseau du Château. La qualité de ces habitats semble

d'ailleurs avoir peu diminué lors du transfert de l'exutoire vers le canal Saint-Georges, bien que les débits soient moins élevés.

Toutefois, il fait dorénavant consensus qu'il n'est ni réaliste ni souhaitable de revenir à un état de référence historique et qu'il est préférable de baser la restauration sur des conditions de référence théorique (Beechie et al., 2010; Cottet et al., 2022; Dufour & Piégay, 2009; Friberg et al., 2016; Fryirs, 2015; Wohl et al., 2015). À partir du moment où il a été décidé de conserver un cours d'eau dans le canal, on considère donc que le projet vise plutôt la création d'habitats, ou la conversion d'un canal anthropique en cours d'eau présentant des processus et des fonctions aussi naturels que possible. Cependant, ces objectifs affichés ont permis le financement d'un projet qui était en réalité motivé par l'apparence inesthétique du canal Saint-Georges, les risques que cette détérioration posait pour la communauté et la volonté de revitaliser le canal. Cette volonté était d'ailleurs signifiée par la municipalité dans son Plan de développement stratégique (MIA, 2017). En raison de la place prépondérante de ces motivations dans les décisions d'interventions et notamment parce qu'elles étaient camouflées par des objectifs de création d'habitats, la stabilisation de la berge au niveau du coude a au contraire amplifié le processus d'érosion, qui menace dorénavant des infrastructures civiles (figure 11b).

Dans sa conception théorique la plus récente, la restauration d'un cours d'eau devrait comprendre l'ensemble des interventions visant à améliorer sa qualité morphologique, écologique, esthétique, etc., à inverser les dégradations historiques et à limiter les dégradations anticipées (Cottet et al., 2022; Friberg et al., 2016; Wohl et al., 2015). Tout en respectant le fonctionnement potentiel des cours d'eau, leurs bénéfices diversifiés (e.g. écosystémiques, transport, sécurité publique, récréotouristiques, esthétiques, patrimoniaux, etc.) devraient notamment prendre une plus grande importance dans les objectifs des projets visant leur aménagement (Cottet et al., 2022; Dufour & Piégay, 2009; Hikuroa et al., 2022). Cette intégration des services apportés par les cours d'eau peut notamment passer par une reconnaissance de leur caractère hybride, produit d'interactions entre des processus naturels et sociaux (Ashmore, 2015; Dournel & Sajaloli, 2012; Lespez & Dufour, 2021). Cette

particularité, relativement unique sur l'île d'Anticosti, a été démontrée dans le cas du canal Saint-Georges par l'analyse de sa trajectoire historique sur les plans géomorphologique et anthropique.

À la suite du dernier projet réalisé, qui a échoué à valoriser le caractère tant naturel que construit du canal Saint-Georges, la nécessité à court terme de régler les problèmes qu'il a engendrés représente une nouvelle occasion d'aménagement. En plus de mieux intégrer les connaissances sur la dynamique hydrogéomorphologique du cours d'eau qui s'y écoule, un nouveau projet pourrait également considérer davantage les origines du canal afin de les valoriser dans son aménagement, en particulier dans le contexte de l'éventuelle nomination de l'île d'Anticosti sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO. D'ailleurs, l'UNESCO définit un patrimoine mixte, si les objets « répondent à une partie ou à l'ensemble des définitions du patrimoine culturel et naturel » (UNESCO, 2021), et un paysage culturel, soit les « manifestations interactives entre l'humanité et l'environnement naturel » (UNESCO, 2021). De manière générale, le clivage traditionnel entre patrimoines naturel et culturel est critiqué et il est dorénavant bien établi que le patrimoine est un ensemble matériel et immatériel construit par les interactions entre la nature et la culture (Bartolini, 2020; Dournel & Sajaloli, 2012; Harrison, 2015).

C'est pourquoi nous proposons 2 avenues pour l'aménagement nécessaire du canal Saint-Georges. La première est l'excavation d'une plaine inondable, dans laquelle le cours d'eau serait libre de migrer naturellement (figure 12). Cette intervention permettrait la restauration des processus hydrogéomorphologiques, mais éloignerait l'infrastructure anthropique que représente le canal Saint-Georges de son état original. En plus de diminuer les risques pour la sécurité civile, elle représenterait également des avantages sur les plans esthétique et récréatif en créant un espace qui pourrait être utilisé pour des aménagements légers (e.g. sentiers, bancs, tables, etc.). Dans le but de valoriser le patrimoine associé au canal Saint-Georges, la seconde avenue est l'utilisation d'ouvrages de stabilisation de la berge en érosion inspirés de son aspect d'origine, c'est-à-dire formé de murets de bois (figure 8b). L'objectif serait d'éviter les enrochements, qui altéreraient à la fois le caractère naturel

et historique du cours d'eau. De plus, cette intervention permettrait l'aménagement d'un espace d'interprétation géohistorique du site (figure 12), dont l'objectif serait la mise en valeur du canal Saint-Georges en tant qu'objet hybride de l'environnement, hérité des interactions entre les activités socioéconomiques de l'île d'Anticosti, les aménagements du canal que ces activités ont nécessités et les processus fluviaux que ces aménagements ont permis. Évidemment, ces avenues ne sont ni exhaustives ni exclusives et les combiner permettrait d'améliorer leur efficacité en termes de sécurité civile, en plus de mieux affirmer le caractère hybride du cours d'eau. Elles permettraient ainsi d'optimiser une combinaison des services que le canal Saint-Georges peut apporter (services de sécurité publique, écosystémiques, récréotouristiques et esthétiques). En définitive, ce scénario pourrait également s'intégrer à un plan d'aménagement global, incluant une restauration des processus fluviaux pour l'ensemble du cours d'eau et une connexion du site central aux portions amont et aval par des sentiers, par exemple.



Figure 12. Avenues d'aménagement proposées pour le canal Saint-Georges.

1.5 CONCLUSION

Cet article visait à documenter l'histoire du cours d'eau d'origine anthropique s'écoulant dans le canal Saint-Georges. L'analyse de sa trajectoire expose l'étroite relation entre les activités socioéconomiques de l'île d'Anticosti, les usages du cours d'eau pour permettre ces activités et le niveau de dynamisme fluvial qu'ils permettent. C'est pourquoi on peut réellement qualifier le canal Saint-Georges d'objet hybride, construit par l'interaction de processus naturels et anthropiques. À l'échelle de l'île d'Anticosti, qui compte des rivières particulièrement naturelles, il s'agit d'un cas unique. Cette caractéristique pose des défis quant à son aménagement, notamment en ce qui concerne la conception que l'on a de la « restauration » des cours d'eau et l'intégration des principes de l'hydrogéomorphologie. Cependant, ce cas représente également une occasion de conjuguer la naturalisation d'un cours d'eau d'origine anthropique à une valorisation de son patrimoine fluvial, dans une perspective d'optimisation de ses bénéfices conjoints sur les plans esthétique, récréatif, touristique, écosystémiques et de la sécurité civile.

Dans le contexte de la nomination éventuelle de l'île d'Anticosti sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO, sa mise en valeur, en plus de reposer sur sa valeur naturelle, bénéficierait de mettre de l'avant un patrimoine mixte. Le canal Saint-Georges, considérant en outre sa position centrale dans Port-Menier et l'attachement de la communauté à son endroit, fait partie de ces objets patrimoniaux hybrides. Il représente ainsi un potentiel important de valorisation du patrimoine culturel et naturel qu'il exprime qui devrait se cristalliser dans les initiatives visant l'aménagement du cours d'eau.

CHAPITRE 2 :

QUELS SONT LES FACTEURS CLÉS DERRIÈRE LES PROJETS DE RESTAURATION DE COURS D'EAU ?

Cet article a été soumis et est en attente de révisions pour publication dans un numéro spécial de la revue *River Research and Applications* à la suite du congrès *Scientific Advances in River Restoration* tenu à Liverpool en septembre 2023 et organisé par le *River Restoration Centre*. Il approfondit le contenu d'une présentation réalisée lors de ce rassemblement scientifique. En tant que premier auteur, j'ai mené l'essentiel de la recherche menant à la soumission du manuscrit, incluant l'état de la littérature, le développement des méthodes, la collecte des données, leur analyse et leur interprétation, ainsi que la rédaction. Le professeur Thomas Buffin-Bélanger et la professeure Pascale Biron ont contribué à l'analyse de la littérature portant sur la question, aux réflexions entourant la recherche et ses méthodes, ainsi qu'à la révision du manuscrit.

L'intégration des principes de l'HGM dans la restauration des cours d'eau dégradés permet d'atteindre des résultats durables pour une variété d'objectifs et de bénéfices humains. Ils visent ultimement des conditions cohérentes avec le fonctionnement potentiel des rivières ainsi qu'avec les usages qui en sont faits. Malgré l'émergence récente d'approches de gestion inspirées par ces principes, la majorité des projets de restauration impliquent un contrôle des processus fluviaux et visent des objectifs uniques et spécifiques souvent associés aux habitats de quelques espèces de poisson à haute valeur halieutique, ou à la stabilité et à l'esthétique des cours d'eau. Bien qu'il y ait un manque général de suivi post-projet, plusieurs semblent avoir échoué ou avoir eu un succès mitigé. Cet article vise à répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs clés derrière les projets de restauration de cours d'eau ? Quatre projets de restauration réalisés au Québec (Canada) ont été caractérisés par une approche qualitative d'accompagnement et d'entretiens avec les organisations qui les mènent, ainsi qu'avec les

représentants de deux ministères impliqués dans la restauration et la gestion des cours d'eau. Les résultats identifient deux facteurs clés derrière les objectifs de restauration : le financement du projet et l'expertise des organismes qui le réalisent. Nous proposons un nouveau cadre conceptuel intégrant ces composantes, qui semblent agir à la fois comme des conditions et des motivations dans la formulation des objectifs des projets, ainsi que dans leur diversité. Les divers contextes socioculturels et législatifs qui façonnent ces facteurs peuvent faciliter ou restreindre l'intégration des principes de l'HGM dans les projets en vue d'atteindre des objectifs et des bénéfices diversifiés. Ces perspectives favorisent une réglementation mieux informée par les connaissances scientifiques sur la dynamique hydrogéomorphologique des cours d'eau et sur les dynamiques socioculturelles qui leur sont associées, le partage de connaissances entre la recherche universitaires et les organismes de gestion de l'environnement, ainsi que la collaboration entre ces derniers et les communautés qui cohabitent avec les cours d'eau.

Mots-clés : restauration de cours d'eau, gestion, planification, cadre conceptuel, hydrogéomorphologie, sociogéomorphologie, bénéfices humains

WHAT ARE THE KEY DRIVERS BEHIND RIVER RESTORATION PROJECTS?

2.1 INTRODUCTION

In the wake of the significant degradation observed in fluvial systems, river restoration has emerged and evolved since the 1970s to become a scientific discipline as well as an “essentially contested concept” (Cottet et al., 2022; Friberg et al., 2016; Wohl et al., 2015). Since it is largely accepted that returning to previous conditions based on a historic reference is both unrealistic nor desirable (Dufour & Piégay, 2009), restoration now embraces any human intervention on rivers aimed at “recovering a quality considered degraded or lost” (Cottet et al., 2022). This may involve improving hydrogeomorphological (HGM) dynamics, biodiversity, water quality, aesthetics, heritage enhancement, etc. as well as rehabilitating ecosystem functions and several human activities that depend on this ecosystem (Auerbach et al., 2014; Cottet et al., 2022; Friberg et al., 2016; Gilvear et al., 2013; Larocque & Biron, 2022; Wohl et al., 2015).

The use of evidence-based approaches in river restoration (Friberg et al., 2016) and in particular the integration of HGM principles (Beechie et al., 2010; Brierley & Fryirs, 2022; García et al., 2021; Piégay et al., 2023) are also recognized to enhance the sustainability of outcomes, for a variety of objectives and human benefits (HB) that are consistent with the potential functioning of rivers as well as their uses (Auerbach et al., 2014; Gilvear et al., 2013; Serra-Llobet et al., 2022). Firstly, it allows a better preliminary understanding of a river system, its trajectory, degradation, and restoration potential (Brierley & Fryirs, 2016; Fryirs, 2015; Fryirs & Brierley, 2016; Grabowski et al., 2014; Mould & Fryirs, 2018), and secondly, it is crucial for monitoring the results and repercussions of a project (Fryirs et al., 2018). These principles are well rooted in several frameworks for identifying restoration objectives (Angelopoulos et al., 2017; Harman et al., 2012; Hawley, 2018; McDonald et al., 2004). Dufour & Piégay (2009) conceptualized river restoration inputs combining wished state (what society wants in terms of HB and needs,

identified in relation to motivations in the context of sustained social participation) within potential functioning boundaries (what should be expected, based on historical trajectory and functional reference sites). Several management approaches inspired by these principles have recently appeared, namely freedom space for rivers (Biron et al., 2014; Buffin-Bélanger et al., 2015a), process-based restoration (Beechie et al., 2010; Brierley & Fryirs, 2022, 2009; Kondolf et al., 2006), social-ecological restoration (Dufour & Piégay, 2009; Fernández-Manjarrés et al., 2018; Maniraho et al., 2023), human-river relational restoration (Brierley, 2020; Hikuroa et al., 2022; Mould et al., 2018; Wantzen, 2022), etc.

In the province of Quebec (Canada), these approaches have yet to be adequately considered in river management directions and practices (Biron et al., 2018; Paradis & Biron, 2017), despite their global recognition. The province's river management regulation is based since 2017 on market-based approaches, offsetting degradation to reach zero net loss and to maintain river systems quality at the territorial scale (Jacob, 2022). This approach is similar to that of river management in the United States, but quite different from the European approach. Indeed, there is no obligation in Quebec to improve the ecological status and quality of aquatic systems, as is the case in Europe (Bouleau & Pont, 2015). Most of the projects target specific one-dimensional objectives that are often associated with the habitat of a few high-valued fish species or with rivers steadiness and aesthetics. Many of them explicitly exclude HGM principles and involve controlling river processes and morphology with “stream cleaning” and engineering works (Biron et al., 2018), generally leading to further artificialization and degradation. Because of the inconsistency between river dynamics and created or stabilized morphology, many of these restoration structures are also quickly eroded or swept away (Baril et al., 2019; Gariépy-Girouard et al., 2023).

Based on the above observations concerning river restoration in Quebec, it appears that projects and their objectives are largely driven by components that are extrinsic to river systems, which seem to be missing from current frameworks (Angelopoulos et al., 2017; Dufour & Piégay, 2009; Harman et al., 2012; Hawley, 2018; McDonald et al., 2004). This

research aims to answer the question: What are the key drivers behind river restoration projects? This question is answered through the analysis of four projects, with the aim to (1) characterize their structure and decision-making processes, (2) evaluate their level of integration of HGM principles and diverse HB and (3) identify challenges experienced by the organizations leading them. Based on this analysis an original analytical framework is proposed to shed light on the diversity of river restoration drivers and to promote comprehensive decision making in river restoration.

2.2 METHODOLOGY

2.2.1 Studied sites, projects, and participants

Four river restoration projects (figure 13) were selected according to criteria of diversity, information accessibility (since there is no national river restoration projects database), and stakeholders' interest to take part in the research. All sites except Canal Saint-Georges (CSG) are located in hydrographic regions that are overseen by *Watershed Agencies* (OBV), which carry out many river restoration projects in the province. The site selection was based primarily on case study and theoretical generalization approaches, in which sampling aims to include enough diversity so that empirical material contains all the components of the conceptual framework used for the research. That also ensures an easier transferability to other cases (Caggiano & Weber, 2023; Yin, 2017). The projects were initially monitored as part of a qualitative research process through participant observation. In two cases (CSG and Rivière Centrale (RC)), authors of this paper were directly involved in the projects as specialists in hydrogeomorphology. A hydrogeomorphology research team who did not contribute to this paper also supported the two other projects.



Figure 13. Water management areas overseen by OBVs in Quebec (dark gray areas delineated with white lines), location of the projects studied (black triangles) and pictures of the sites (b) RAM: Rivière à Mars; (c) RLE: Rivière Les Escoumins; (d) RC: Rivière Centrale; (e) CSG: Canal Saint-Georges.

The sites are located in contrasted geographical contexts (table 3). Three are in urban and suburban environments, with only RC in agricultural surroundings. This may represent a bias, as river restoration projects carried out in Quebec are mostly located in agricultural areas. RC is also the only one to be considered a small stream (watershed area < 50 km², Strahler order < 3). However, CSG is also fairly small (64 km², Strahler order 3) whereas Rivière à Mars (RAM) and Rivière Les Escoumins (RLE) are medium-sized. The selected projects originate mainly from observed or documented issues related to anthropogenic infrastructures' degradation, farmland erosion, fish population decrease, and sedimentary disconnection caused by emergency bank stabilization. Their objectives are systematically ecological, with a few side objectives (e.g. public safety, water quality, HGM processes and recreational uses). The resulting interventions vary and may consist in habitats and riparian buffers development, farming practices adaptation and different approaches to anthropogenic infrastructures management, from their restoration to their removal. The RAM project has been built entirely around the development of a *Living Lab* approach, with the aim of steering the objectives and actions arising from it. As the projects are at different levels of advancement, some do not have budgets yet. This may be a potential bias for this study, as stakeholders at the planning stage may not have faced challenges that stakeholders in completed projects have.

Table 3. General settings of the four study sites and information about the restoration projects carried out on each site.

	Canal Saint-Georges (CSG)	Rivière Centrale (RC)	Rivière Les Escoumins (RLE)	Rivière à Mars (RAM)
Location	Port-Menier, Anticosti Island	Saint-Simon-de-Rimouski	Les Escoumins	La Baie, Saguenay
Context and origins	<ul style="list-style-type: none"> • Suburban • Anthropogenic waterway 	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultural • Regressive erosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Suburban • Emergency infrastructure 	<ul style="list-style-type: none"> • Urban • Emergency bank

	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructures' degradation 	<ul style="list-style-type: none"> • Farming equipment crossing 	<ul style="list-style-type: none"> removal (2013) • Fish population decrease 	<ul style="list-style-type: none"> stabilization (1996) • Sedimentary disconnection
Watershed area (km²)	64	44	798	664
Strahler number	3	2	5	6
Level of advancement	<ul style="list-style-type: none"> • Completed • 2019 - 2022 	<ul style="list-style-type: none"> • In progress • 2013 - [...] 	<ul style="list-style-type: none"> • Planning • 2020 - [...] 	<ul style="list-style-type: none"> • Planning • 2018 - [...]
Budget ~ (CAD)	600 000 \$	500 000 \$	-	-
Objectives	<ul style="list-style-type: none"> • Ecological habitats • Public safety 	<ul style="list-style-type: none"> • Water quality • Ecological habitats • Public safety 	<ul style="list-style-type: none"> • Ecological habitats • HGM processes • Recreational uses 	<ul style="list-style-type: none"> • Ecological habitats • HGM processes
Interventions	<ul style="list-style-type: none"> • Weir restoration • Habitats development 	<ul style="list-style-type: none"> • Farming practices • Riparian buffer and vegetalization • Crossing structures development 	<ul style="list-style-type: none"> • HGM processes restoration • Bank stabilization removal • Meander reconnexion 	<ul style="list-style-type: none"> • HGM processes restoration • Bank stabilization removal • <i>Living Lab</i> development
Interviewed stakeholders (number of participants)	<ul style="list-style-type: none"> • Comité ZIP Côte-Nord du Golfe (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • MRC des Basques (2) • OBV du Nord-Est-du-Bas-St-Laurent (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • OBV de la Haute-Côte-Nord (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Contact Nature Rivière-à-Mars (1)

The stakeholders have different backgrounds and scopes, but they are all considered to be territorial and environmental management organizations. First, OBV and *Coastal Zones Agencies* (ZIP) are both non-profit organizations. Their mandates mainly involve promoting concerted action between the main users of the environment to resolve local and regional ecosystem problems, in delegated watersheds in the case of the former, and around specific areas of the St-Lawrence River in the case of the latter. Second, the *Regional County Municipalities* (MRC) are supra-local territorial administrative organizations that assume, among other things, legal responsibility for the management and maintenance of streams, excluding, however, their restoration. Third, *Contact Nature Rivière-à-Mars* (CN) is a non-profit organization responsible for managing a *Controlled Exploitation Zone* (ZEC), including hunting, fishing and wildlife management, fauna conservation, and facilitating access to outdoor activities on public land for users. Finally, an important similarity between the stakeholders is that all had at least the intention of integrating hydrogeomorphology into their project's team (mainly with ecology and engineering), by working with university research teams in this discipline. This could bias this study by overestimating the overall level of integration of HGM principles in river restoration projects in Quebec. However, this is not the main objective of this paper, which concentrates on identifying diverse drivers of river restoration objectives. In addition, the limited number of studied projects and participants gives the research a rather exploratory character whose conclusions should be treated with caution.

2.2.2 Interviews and analysis

Interviews were carried out with each project's stakeholder(s). All the interviews were moderated by the first author based on an open-ended interview guide (see supporting information, *annexe I*) and were carried out by videoconference during winter 2022. Since each organization had different numbers of participants and their projects had diverse levels of advancement, interview duration varied between one and two hours. The main topics

addressed during the interviews were (1) the projects' operational structures and decision-making processes for the formulation of their restoration objectives, (2) their integration of HGM principles and diverse HB and (3) the challenges and experienced by the organizations during the projects' implementation. In addition, two ministries' representatives involved in river restoration and management (*Environment, Fight Against Climate Change, Fauna, and Parks*, MELCCFP, and *Transportation and Sustainable Mobility*, MTQ) were interviewed to nuance the results obtained from the stakeholders with governmental directions. All seven interviews (with ten participants) were transcribed, and their content was analysed using *NVivo* software and an open-ended analysis grid accounting for the frequency of mention of each code by each project's stakeholder(s).

To facilitate the discussion around the second topic, a conceptual diagram (see figure 15a) was used to illustrate the level of integration of the different components (HGM principles, HB, stakeholder's expertise, and project's funding) of each project according to the participants. They could represent the structure and the level of integration of the three components into their projects by adapting the diagram themselves, the size and the relative position of each circle representing the importance of the corresponding component, and their layout representing their level of integration. Finally, *Gephi* software was used to achieve a social network analysis (Bastian et al., 2009; Chignell, 2023), visualize the structure of the projects, and characterize the various relation types between all the organizations involved (collaboration, funding, mandate, recommendation, information, planning), as stated by the participants. The *ForceAtlas2* spatialization algorithm was used to group the natural communities present in the data, based on the betweenness centrality degree of the nodes (frequency of a node cutting shortest paths between nodes in the network) and the density of the relationships (number of links out of the total potential number) (Jacomy et al., 2014).

2.3 RESULTS

2.3.1 Projects' structure

The social network analysis (figure 14) shows the individual entity of the four projects, as well as their interconnection. Most of the organizations are indeed involved in just one of the projects, particularly the territorial management bodies, which are rooted in local contexts, and consulting firms. Academic research teams and some funding agencies seem to be involved at a more global level. The ministries, which should be involved in most projects, seem to have very specific roles instead. For instance, *Fisheries and Oceans Canada* (MPO) only contributed financially to the CSG project, as did *Environment and Climate Change Canada* (ECCC) and the provincial ministries of the *Environment* (MELCCFP) and of *Agriculture, Fisheries and Food* (MAPAQ) for the RC project. MPO and MELCCFP also have information links (meaning the relationships between the latter and the central stakeholders are unilateral and have a low level of participation) with the RAM project, as MTQ does with the CSG project. It should also be mentioned that MRCs are involved in only two projects in their respective area, including one (RAM) in which it only has an information link with the central stakeholder.

At the project level, internal structure is highly variable, but it is systematically centred around a major stakeholder assuming the project's coordination. For instance, CSG and even more importantly RC show multiple links between the peripheral organizations, allowing information to flow without necessarily going through the central stakeholder. In contrast, the RLE and RAM projects are structured with multiple independent links between the central stakeholder and the other organizations, the latter having a greater number of relationships that are all disconnected from each other. The level of advancement of these projects could explain the lower density of relationships observed, given that the networking stage took place mainly between the coordinating stakeholder and the peripheral organizations rather than between the latter.

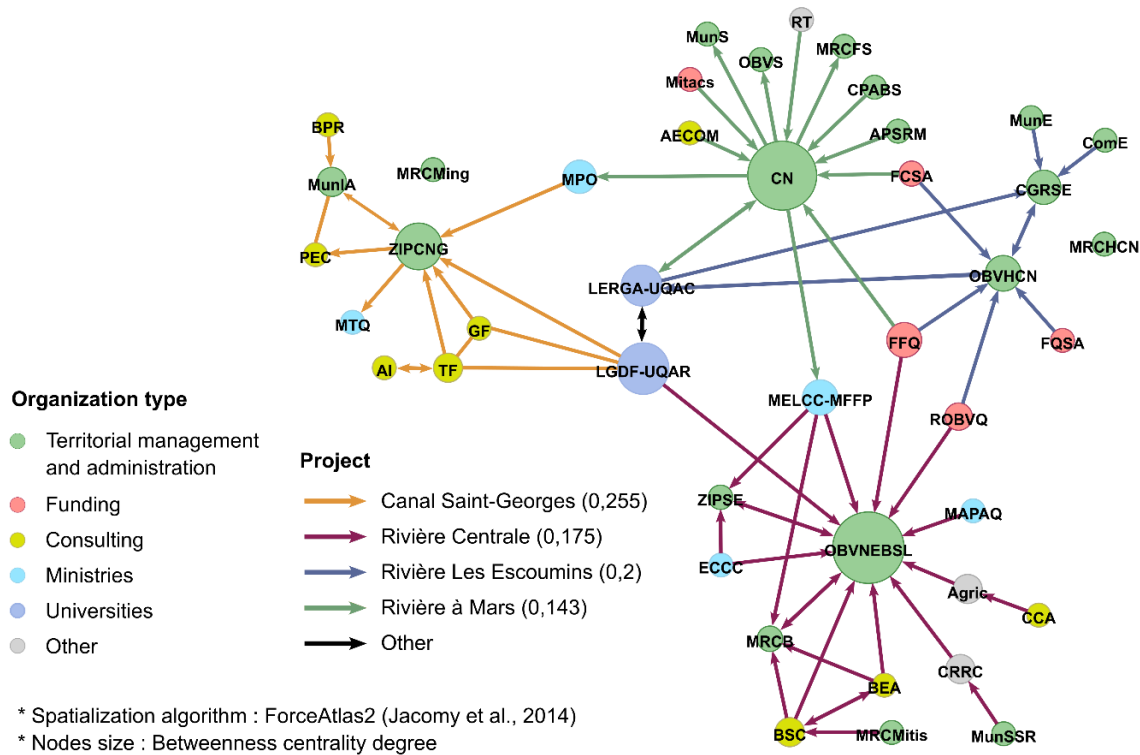


Figure 14. Sociogram of the organizations involved in the four studied projects, spatialized with ForceAtlas2 algorithm (Jacomy et al., 2014). Numbers in brackets are the relationships density for each project and nodes size are function of betweenness centrality degree. Direction of links depends on relation type (bilateral: collaboration; unilateral: funding, mandate, recommendation, information, and planning).

2.3.2 Integration of HGM principles and HB

Figure 15 shows each stakeholder’s representation of its own project based on the conceptual diagram around which the second part of the interviews were conducted. Systematically, project funding and the expertise of the organizations are said to have given greater direction to the objectives of the projects. In all cases, except for the RAM project, this component overlaps with the HB component, which also has an important relative contribution in the process of framing objectives. In the case of the RAM project, it seemed

tricky to combine the removal of bank stabilization structures with the wishes of the community, particularly as they are still imbued with vivid memories of a particularly devastating flood in 1996. In contrast, RAM is also the only project that seemingly places a major emphasis on HGM principles, suggesting a disparity between objectives arising from that component and community wishes. The development of a *Living Lab* was initiated as a tool to show how the planned interventions would benefit the local community, and to adjust the details of the project in line with their wishes. The other projects all attach little to no importance to HGM principles, although the stakeholders seem to be aware that failure to integrate them often leads to project deficiency:

It's the smallest, it's the one that's perhaps furthest behind, but it's the considerations that must be brought back by force, because we know that ultimately, it's this pole that can bring everything down, because natural processes will always end up getting the upper hand. (translated from P05)

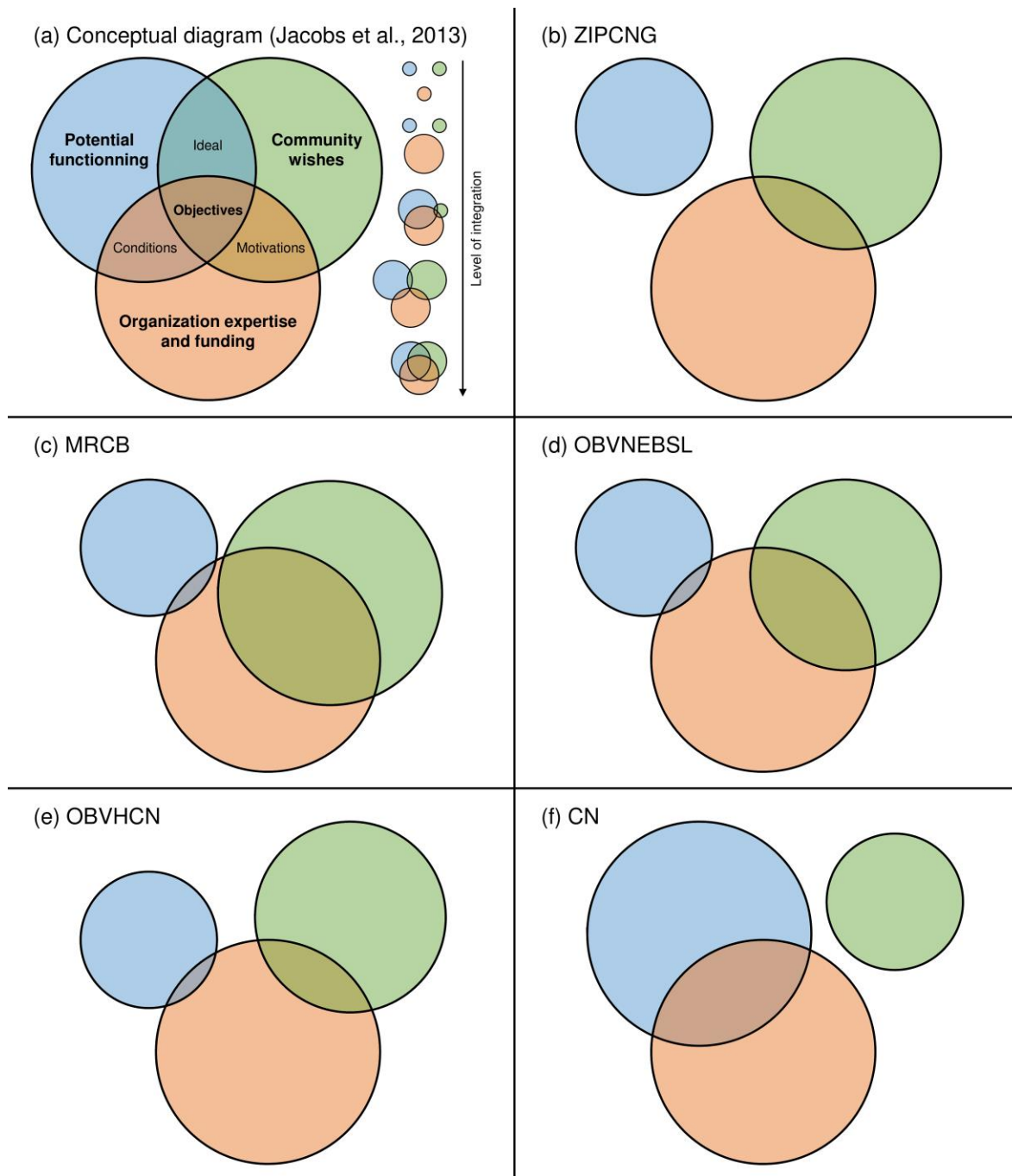


Figure 15. (a) The conceptual diagram (Jacobs et al., 2013) that was used to conduct the second part of the interviews, and diagrams produced by each stakeholder to represent their own project's level of integration of HGM principles (blue), HB (green), and expertise and funding (orange): (b) CSG; (c and d) RC; (e) RLE; (f) RAM.

Table 4 shows the frequency of mention of the codes related to the second part of the interviews. Each component of the conceptual diagram (thematic) is divided into a conditional effect and a motivational effect (code) to take account of the divergent considerations regarding their integration into the identification of restoration objectives. Firstly, HGM principles are rarely mentioned by the stakeholders. When they are, they are most often seen as means rather than functional limits within which restoration objectives can be achieved. In contrast, HB are considered as the basis of every river restoration project, but they largely represent conditions (acceptance) to the project rather than motivations (wishes). This leads either to identify the environmental payoffs that will eventually provide HB: “What are the priority issues for the people who live with it? Then we’re going to bring hydrogeomorphology to bear on these more specific issues.” (translated from P04) or, conversely, to focus on specific river functions in order to optimize the related HB: “We’ll direct it according to wishes, needs and intentions. But it’s still a little bit to the detriment of everything the stream has to offer.” (translated from P05). However, they seem to play an important role in raising community awareness and direct participation in projects. These two considerations are seen by all participants as major positive results of the projects.

Secondly, the expertise of the stakeholders, mainly centred on biology and ecology, sometimes seems to motivate their objectives:

We don't have that kind of expertise [hydrogeomorphology], apart from picking up little training courses left and right. I'm a biologist, so water quality and biodiversity speak to me. We've certainly invested a lot in that. (translated from P01)

But above all, their expertise seems to limit their abilities. Even though everything revolves around them, they often don’t feel qualified to integrate all the components required by the projects themselves. They therefore prefer to bring collaborators and consultants together in interdisciplinary teams in which they play the role of coordinators: “It’s all about us, but we don’t have the technical expertise. Our role was not to be an expert in every field, but to bring the necessary experts to the table.” (translated from P05)

Table 4. Matrix summarizing the frequency with which the codes were mentioned by the stakeholders involved in each project for the second part of the interviews.

Thematic	Code	CSG		RC		RLE	RAM	Total	N organizations
		ZIPCNG	MRCB	OBVNEBSL	OBVHCN	CN			
HGM principles	Condition (potential functioning)	5	1				2	8	3
	Motivation (means)	1	3	3	3	2		12	5
HB	Condition (public acceptance)	4	6	12	2	3		27	5
	Motivation (community wishes and needs)	2	11	6		1		20	4
	Other (sensibilization and participation)	5	6	20	4	8		43	5
Organization's expertise	Condition (abilities)	10	12	5	1			28	4
	Motivation (interests)	3	1	5		2		11	4
Project funding	Condition (capacities)	10	13	5		2		30	4
	Motivation (imperatives)	22	8	12	9	1		52	5

Finally, project funding seems almost systematically to direct restoration objectives, rather than financially restrict what can be targeted. Instead of applying for funding in line with pre-defined objectives, stakeholders first seek funding by stating objectives that correspond to the requirements of the programs – in order to ensure the sustainability of their organization – even if the basic motivations for the project were different:

Since the beginning of the project, we've been opportunistic. In other words, if there's an envelope [...] (translated from P03) [...] we think 'okay, there's this possibility of doing this type of project [...]', so we dictate our objectives in relation to the funding envelope. (translated from P01)

2.3.3 Challenges encountered

The third theme of the interviews was to identify the drivers that have contributed to levels of integration described above, on the basis that they are closely linked to the challenges faced by the stakeholders during their projects. Except for highly contextual challenges such as the COVID-19 pandemic, the main challenges related primarily to the level and structure of funding (table 5). As most programs do not fund complete projects, organizations must add up their sources of funding, and the multiple resulting requirements end up directing their objectives. It also represents “repeated work to always sustain, resubmit, re-justify, etc.” (translated from P01). This seems to require stakeholders to spend more time working on funding requests than on their actual projects. Program timescales also vary between one and three years, excluding in most cases preliminary studies which are “a project itself” (translated from P03) and which are crucial to science-based decision-making process. This precipitates interdisciplinary collaboration, leads to ill-informed actions, and avoids post-project monitoring: “Funding programs’ structure ultimately led to absurd decisions.” (translated from P05)

Stakeholders have also encountered difficulties related to the lack of expertise, human resources, and interdisciplinary work (table 5). The difficulty of getting different skills and

sectors to talk to each other and understand each other seemed to be a particular barrier to collaboration. Despite their intentions and the recent regulatory measures promoting hydrogeomorphology for river restoration, the availability of specialists from this discipline is still low, which often redirects “interdisciplinary” teams towards more established expertise, especially engineers:

The program requires an opinion from a hydrogeomorphologist. These are quite specialized skills, and they don't come along very often [...]. When you don't have this specialty, you turn to engineers who don't necessarily have the understanding of a geomorphologist. (translated from P03)

Table 5. Matrix summarizing the frequency with which the codes were mentioned by the stakeholders involved in each project for the third part of the interviews.

Thematic	Code	CSG		RC		RLE		RAM		N organizations
		ZIPCNG	MRCB	OBVNEBSL	OBVHCN	CN	Total			
COVID-19		1						1	2	2
Lack of expertise		5	19	5	5				34	4
Project funding	Quantity	18	6	3	6	1			34	5
	Structure and duration	2	12	7	3	1			25	5
Interdisciplinarity and intersectoriality		18	4	2				2	26	4
Legislation and regulation		2	9		12	7			30	4
Land use			2	17					19	2
Social representations			4	6				1	11	3
Human resources		2	7	1				1	11	4

The challenges of integrating HGM approaches is also exacerbated by the regulations governing the restoration and management of rivers, which require specific expertise, namely engineering, for the projects to be approved and to move forward: “Even if, in theory, we believe that every opinion has equal value, this is not so true in terms of the law. The engineer has the final say, based on other considerations.” (translated from P05). In addition, regulations seem to inhibit, at least partially, the restoration actions that are regularly promoted by hydrogeomorphology, including the legal obligation for MRCs to ensure adequate drainage of water. This is particularly true for the RLE et RAM projects (table 5), which were in the planning phase and for which stakeholders were in the process of assessing which interventions might be acceptable in terms of laws and regulations: “Currently, the law doesn't allow you to remove dams, because there's a reservoir [...] and if you remove it, the water level goes down, you reduce fish habitat, and then you're breaking the law.” (translated from P08).

Finally, land use and social representations were the major challenges according to the two RC project stakeholders (table 5). The highly agricultural context that characterizes this site alone would have imposed particular challenges on the project if it had proposed interventions more imbued with HGM principles. This probably explains the direction RC project's stakeholders took towards farming practices: “There's going to be a loss of acreage [...]. Farmers aren't really going to accept losing farmland.” (translated from P02). As many river restoration projects are carried out in agricultural contexts, particularly in southern Quebec, these challenges may be underestimated here and represent a major obstacle (Paradis & Biron, 2017). Therefore, public acceptance seems to play a particular role in this context. Despite the recent focus on maintaining river mobility, rivers are still largely considered as static rather than dynamic entities, and negative discourses on bank erosion are still very common, even in the restoration sectors. Social representations of both rivers and their restoration then seem to challenge stakeholders wanting to integrate more HGM principles in their projects: “We're also afraid of public perception, we're told everywhere that erosion is bad.” (translated from P08).

2.4 DISCUSSION

2.4.1 Conceptualization of the process for identifying river restoration objectives

Our results allow us to suggest a new framework to identify objectives for river restoration projects (figure 16), improving Dufour & Piégay (2009) proposal mainly by adding extrinsic inputs to the intrinsic inputs already included in the diagram. Indeed, even if expertise and funding are extrinsic to the sites that are being restored, this study suggests that they are key drivers framing river restoration objectives. Their weight in project planning is probably even greater than that of intrinsic inputs, which suggests that stakeholders have less power than expected in these decision-making processes, and that their projects are shaped according to local and pragmatic or organizational and strategic considerations. Sher et al. (2020) estimated that 60% of the variability in the success of vegetation restoration could be explained by stakeholder characteristics, but regulation, funding mechanisms and governance frameworks may be even more significant (Carré et al., 2022; Carter et al., 2022; Jacob, 2022; Linton, 2022). The “human variables” of projects, such as the number of collaborators, the number of sources of information used, the number of roles occupied by stakeholders, the level of education, etc. appear to be determined by wider societal drivers, such as the requirements of funding programs and the expertise put forward in river management in a specific political context (Lave, 2016; Skinner et al., 2023).

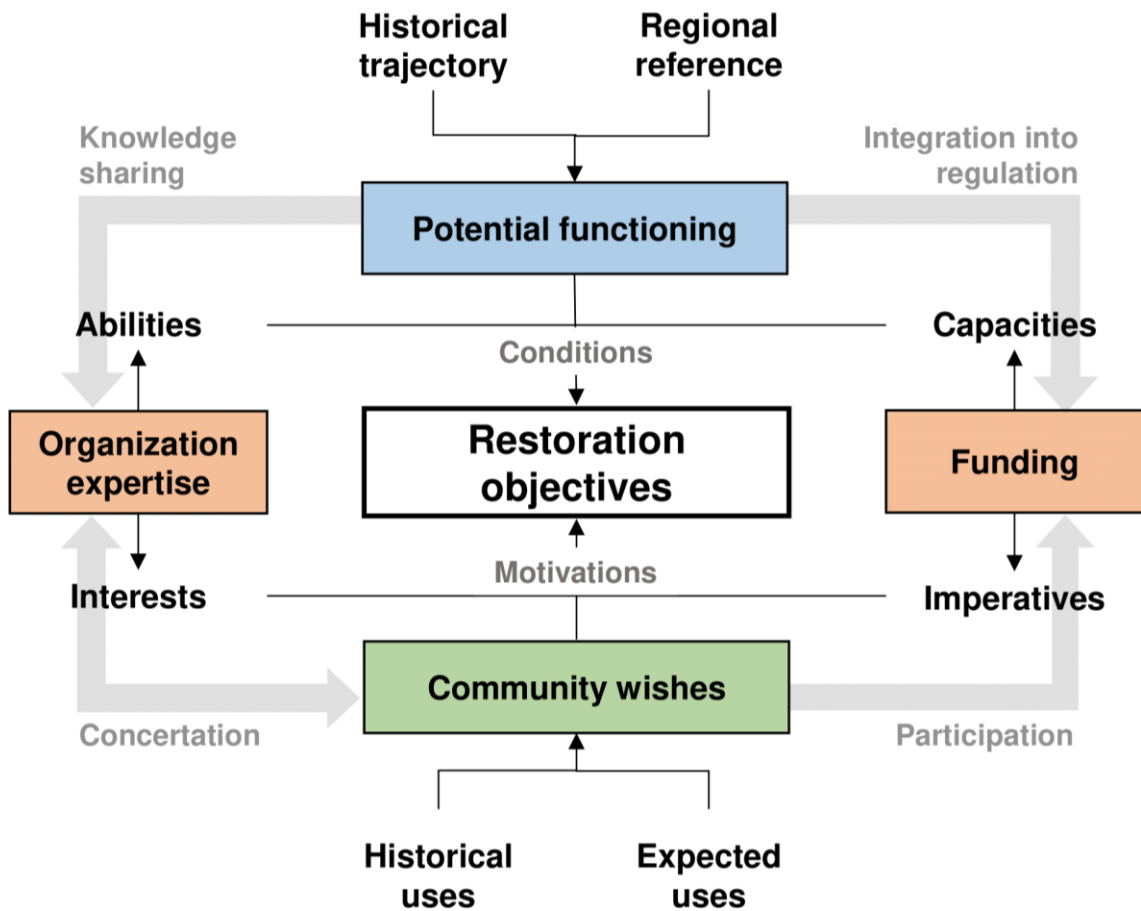


Figure 16. Framework to define objectives for river restoration projects, adapted from Dufour & Piégay (2009) and synthesizing drivers that are intrinsic (blue and green) and extrinsic (orange) to the sites that are being restored, the ways they drive the objectives, and the interactions among these drivers. Grey arrows represent potential opportunities to overcome the challenges they impose.

These two key drivers may frame projects as conditions and motivations simultaneously (figure 16). Indeed, expertise could both restrict stakeholders' abilities and direct objectives according to particular interests. In Quebec, environmental management has historically been related to biologists and engineers, which may still hamper the integration of emerging disciplines and innovative approaches (Biron et al., 2018). Tensions and power relations arising from different expertise or sectors, for instance academic researchers vs.

practitioners, are indeed much discussed in river restoration science (Germaine et al., 2022; Gillilan et al., 2005; Jacob, 2022; Lave, 2009, 2012, 2016; Linton, 2022; McDonald et al., 2004; Sneddon et al., 2017). In the same vein, funding could both limit financial capacity and determine the content of projects. Lack of funding is regularly cited as limiting innovative environmental management practices (Clark et al., 2019; Sauvé et al., 2020; Skinner et al., 2023), but we suggest that the major influence of funding has more to do with the outdated and overly specific requirements of funding programs. Indeed, market-based approaches and traditional river restoration practices within neoliberalism are known to shape both the structure of projects (Jacob, 2022; Lave et al., 2010; Palmer et al., 2014; Palmer & Filoso, 2009) and their outcomes (Doyle et al., 2015; Lave & Doyle, 2021). The same is true of certain governmental guidelines which target very specific objectives (mainly ecological habitats), and which are poorly based on scientific data (Biron et al., 2018; Skinner et al., 2023). Moreover, the positive environmental representation of “restoration” itself and the availability of funding for it can sometimes encourage stakeholders to use it to justify interventions, which nevertheless leads to more artificialization, particularly if we consider that the success of river restoration is largely based on perception (Jähnig et al., 2011; Skinner et al., 2023). We would add that discrepancies between the funding orientations and the fundamental motivations of a project (community wishes) can lead to unsustainable interventions and unsatisfactory HB.

The drivers inside Dufour & Piégay (2009) framework are also called into question by our findings. In theory, the community’s wishes should drive restoration objectives in a bottom-up process, but within a top-down framework related to potential functioning boundaries (Dufour & Piégay, 2009). Instead, this study suggests that decision-making is based on an entirely bottom-up approach dominated by public acceptance, consequently excluding HGM principles. On the contrary, HGM tools are involved as a mean to achieve objectives that have already been identified. This quote from an interviewed stakeholder illustrates how public acceptance and wishes are a lever for any river restoration project, funding, objective, and action: “If the wider community agrees, we’ll have the political

support to guarantee funding, and if the funding is there, we can go and get the expertise [hydrogeomorphology].” (translated from P04). As mentioned, this study may overestimate the level of integration of HGM principles in river restoration projects in Quebec. As the projects studied did little to incorporate them, the overall picture is probably worse, even excluding hydrogeomorphology completely from the projects, both as boundary conditions and as tools.

Ultimately, it all comes down to a general political and sociocultural context, which underlies the framework, simultaneously integrating and shaping its components, and which is grounded in a historical trajectory of territorial management (Castonguay & Fougères, 2013). Indeed, the whole framework could evolve in space and time according to interdependent societal and cultural values (Ashmore, 2015; Carré et al., 2022; Carter et al., 2022; Linton, 2022; Zingraff-Hamed et al., 2017, 2022) such as the human-river relationship and the representation of rivers, their quality, benefits, degradation, and restoration (Anquetil et al., 2018; Castonguay, 2015; Jähnig et al., 2011; Jørgensen, 2017; Nassauer, 1995). As a result, each varying component of the framework can shape river restoration activities and decision-making processes, either facilitating or constraining the integration of HGM principles to achieve a range of objectives, HB, and sustainable outcomes. For example, the introduction of the *Water Framework Directive* (WFD) in Europe, with its objective of improving the ecological status of aquatic systems, has led to the development of various types of expertise, including hydrogeomorphology, into organizations, the integration of this requirement into funding programs and the implementation of coherent projects (Bouleau & Pont, 2015). However, even in this context characterized by powerful macro-scale legislation, national policy and sociocultural contexts still determine the characteristics of urban river restoration projects (Zingraff-Hamed et al., 2017). Consequently, and despite the limited number of studied projects, we believe that the relevance of the proposed framework (figure 16) lies in its transferability to a variety of sociocultural contexts, which always form its backdrop. It conceptualizes how these contexts can influence the approaches, logistics and outcomes of river restoration in different ways to produce “hybrid” fluvial systems.

2.4.2 Integrating HGM principles and HB into stream restoration projects

Expertise and funding could eventually make it easier to incorporate HGM principles into river restoration projects, with a view to achieving more diverse HB. Based on an “interdependency” perspective (Carter et al., 2022), figure 16 also presents potential opportunities for overcoming the challenges imposed by these drivers. Firstly, effective sharing of knowledge between river scientists and practitioners should be encouraged. Clark et al. (2019) highlight, as drivers for effective communication, the need for boundary organizations (organizations that act as liaisons between science and management) to be consensual and central stakeholders, which was true for all projects studied, and river-wide collaboration, which is absent from most projects that are very local and specific. However, the lack of funding for longer-term, more elaborate projects was perceived as a brake on the effective exchange of knowledge and the integration of scientists’ recommendations. Bringing a wider range of experience and expertise into the teams of environmental organizations could also make it easier to implement sustainable projects. (Mould et al., 2018, 2020) stress the importance of establishing relationships and dialogue in river research and management to fully put sociogeomorphology into practice. Timeframe constraints are crucial to build a common understanding of rivers, particularly in advance of projects. Furthermore, the involvement of different people and organizations in these timeframes should be structured chronologically according to their role, mandate, and interests. For example, the role of academic researchers, which is to gain an understanding of river dynamics, is temporally incompatible with the technical planning and design of engineers, or with the monitoring of flora and fauna by ecological organizations (Skinner et al., 2023). The duration and timeframe of funding programs must therefore be adapted to this reality on the ground.

Secondly, the integration of HGM principles into the regulations is more than necessary. Indeed, as the WFD has shown, the development of national expertise and its integration into funding programs are based on regulation (Bouleau & Pont, 2015): “If there's no requirement, there'll never be anyone to do it. If it is required, expertise will build.”

(translated from P10). In Quebec, new regulations on river mobility are slowly being introduced, as recent floods have revealed the need to better integrate this process into land-use planning and infrastructure design. As a result, government bodies are gradually demanding that the mobility space of a river corridor be defined before any action is taken in or around it and are looking for professionals to take on this task. The government-funded *Program to restore and create wetlands and rivers* (PRCMHH) also encourages, on a provisional basis, the integration of HGM principles and various HB in the projects it funds. However, expertise is scarce and there is still much to discuss before HGM principles are integrated into wider and more powerful regulation, even more so into funding programs for river restoration.

Finally, continuous collaboration and the direct participation of local communities from the very beginning of the projects are essential to the effectiveness of river restoration (Buletti et al., 2022; Germaine et al., 2022; Maniraho et al., 2023; Mould et al., 2020; Reed et al., 2018) and to guarantee their effects of projects on sociocultural relationships with rivers (Hikuroa et al., 2022; Wantzen, 2022). In addition to the duration of projects and funding programs, approaches and tools are still needed to formally integrate the wishes of communities and local knowledge into projects, including at the pre-planning, design, implementation, and monitoring stages. *Living Labs* are recognized as innovative approaches to environmental management, particularly for collaborative planning and design (Lupp et al., 2021). However, the risk of such an approach, as we saw in the RAM project, is that it is used to justify planned interventions rather than starting from the wishes of the communities (Buletti et al., 2022): “Once you've done your job you leave, but they [community members] stay. How can they take ownership of your action, make it their own and not be subjected to it?” (translated from P05). As mentioned above, decision-making on river restoration in Quebec seems to be based solely on a bottom-up approach dominated by public acceptance. We do not advocate a top-down approach that is entirely driven by HGM principles to the detriment of local communities, which can lead to sociotechnical controversies, public contestation, and project failure (Carré et al., 2022; Flaminio, 2021; Fox et al., 2016; Germaine & Lespez, 2017; Magilligan et al., 2017). Following the view of

Dufour & Piégay (2009), in addition to acknowledging the major influence of funding and expertise, we propose a mixed framework rooted in community wishes and underpinned by HGM principles, which inform on potential river functions, capacities, HB, and unrealistic options, to prevent intervention failure and improve project sustainability.

2.5 CONCLUSION

In this study, we propose a novel framework for identifying river restoration objectives (figure 16), based on an in-depth analysis of the structure of four river restoration projects in Quebec, their level of integration of the main components of river restoration and the challenges faced by the stakeholders. We suggest expertise and funding are key drivers behind the objectives of river restoration projects, supporting the idea that river restoration is a fundamentally social phenomenon. Despite the limited number of studied projects, this framework should be transferable to other contexts around the world, as the influence of these drivers is constant, even though they can either promote or restrict the integration of HGM principles and HB. The Quebec examples on which this paper is based illustrate the latter case. Depending on different sociocultural and political contexts, the content of the framework may evolve in space and time, leading to different approaches to river restoration, project objectives and structures, and producing “hybrid” rivers.

Indeed, the framework we propose is rooted in an historical trajectory of territorial management and can shed light on its future. As a result, this paper argues firstly for regulation that is better informed by scientific knowledge of HGM river dynamics and related sociocultural dynamics, for funding programs that are better adapted to the reality of project implementation, particularly in terms of timeframes, and for the sharing of knowledge between academic research and stakeholders, including the integration of a greater diversity of expertise. Secondly, it fosters in-depth and continuous collaboration between stakeholders and communities, in addition to their direct participation in projects. Lastly, it stresses the

importance of framing restoration objectives according to the desired state of rivers, within their potential functioning boundaries.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire avait pour objectif d'identifier les facteurs qui limitent l'intégration des principes de l'hydrogéomorphologie et de la diversité des bénéfices humains dans les projets de restauration de cours d'eau réalisés au Québec. L'analyse approfondie d'un premier projet, et du cours d'eau auquel il s'attarde, a d'abord permis de montrer le potentiel de cette approche dans le contexte de la gestion des cours d'eau. Il a également mis en contexte les défis que cela implique, notamment pour des cours d'eau au caractère hybride qui questionnent la notion même de restauration. Ensuite, l'étude de quatre projets et les entretiens réalisés avec les organismes qui les portent ont premièrement mis en lumière le rôle central de coordination que ces organismes jouent dans les initiatives de restauration, ainsi que leurs interactions variables avec les organismes périphériques qui y sont impliqués. Et ce malgré leur perception de ne pas avoir l'expertise suffisante pour aborder l'ensemble des composantes interdisciplinaires associées aux projets. Cet élément peut par exemple introduire certaines luttes de pouvoir professionnelles dans la pratique de la restauration de cours d'eau, tel que discuté largement (Germaine et al., 2022; Gillilan et al., 2005; Jacob, 2022; Lave, 2009, 2012, 2016; Linton, 2022; McDonald et al., 2004; Sneddon et al., 2017). Deuxièmement, ils ont révélé un faible niveau d'intégration des principes de l'HGM dans les projets, notamment au profit des souhaits de la société qui font figure de critère d'identification des objectifs de restauration associé à l'acceptabilité sociale. L'expertise des organismes et le financement des projets sont aussi systématiquement prépondérants dans les processus décisionnels des projets. Les impératifs des programmes de financement semblent principalement orienter les projets vers des objectifs uniques et spécifiques qui excluent l'HGM, tel que suggéré dans la littérature (Carré et al., 2022; Carter et al., 2022; Doyle et al., 2015; Jacob, 2022; Lave et al., 2010; Palmer et al., 2014; Palmer & Filoso, 2009 ; Skinner et al., 2023). Troisièmement, ils ont identifié les principaux défis vécus par les organismes dans le contexte de la réalisation de leurs projets, soit le

manque d'expertises, la durée et la structure des programmes qui les financent et les cadres législatifs et réglementaires. Ces résultats suggèrent des considérations pragmatiques et locales, ainsi que stratégiques et organisationnelles, derrière l'identification des objectifs de restauration de cours d'eau, rappelant son caractère fondamentalement social.

Le biais principal de ce mémoire est associé à la sélection des projets documentés, qui était basée principalement sur l'intérêt des organismes qui en avaient la responsabilité et les partenariats déjà existants entre eux et des équipes de recherche universitaires. Comme ils avaient minimalement l'intention d'intégrer les principes de l'HGM, l'étude surestime probablement leur niveau d'intégration dans la restauration de cours d'eau à l'échelle du Québec. Considérant également la quantité limitée de projets analysés, le mémoire ne se veut effectivement pas un portrait global de la restauration de cours d'eau au Québec. Cette recherche à visée exploratoire a plutôt permis d'identifier et de conceptualiser des composantes déterminantes de la pratique de la restauration de cours d'eau (figure 16), qu'il serait encore nécessaire de questionner et d'approfondir dans le cadre de futures recherches, par exemple en rencontrant une plus grande diversité d'organismes faisant partie des systèmes fluviaux et contribuant à leur évolution ainsi qu'à leur gestion. Toutefois, de telles études pourraient également nécessiter, comme c'est le cas notamment aux États-Unis (Bernhardt et al., 2005) et dans une moindre mesure en Europe, d'inventorier les projets de restauration de cours d'eau réalisés dans la province ainsi que leurs résultats. Un tel inventaire est actuellement inexistant pour le Québec.

En définitive, ce sont les contextes socioculturel (usages et représentations des cours d'eau et de leur restauration, valeurs qui les sous-tendent et enjeux territoriaux qui les conditionnent), politique (approches de gestion des cours d'eau et relations de pouvoir professionnelles) et économique (priorisation des actions et des investissements) qui seraient prédominants dans l'opérationnalisation de la restauration de cours d'eau et les dynamiques de gestion des projets. Malgré une certaine hégémonie des approches néolibérales de la gestion de l'environnement et des cours d'eau, des spécificités nationales, régionales et locales peuvent tout de même entraîner des variantes contextuelles (Lave & Doyle, 2021;

Zingraff-Hamed et al., 2017). Selon Ashmore (2015) et les perspectives de la sociogéomorphologie, cette influence déterminerait même, en interaction avec les processus biophysiques, le comportement et les morphologies des cours d'eau, ainsi que leur évolution. Bien que ce mémoire n'ait pas démontré cet aspect, il permet d'enrichir la compréhension des mécanismes politiques et économiques qui y contribuent dans le contexte plus spécifique de la restauration des cours d'eau. Dans l'avenir, et dans le cas où les pratiques de restauration de cours d'eau québécoises évoluaient vers des approches empreintes de l'HGM et centrées vers la diversité des bénéfiques, il serait donc pertinent de s'attarder à comparer les résultats des différents projets afin de tester l'hypothèse selon laquelle les processus qu'ils permettent et les morphologies qu'ils construisent seraient variable en fonction du financement des projets, des expertises des organismes qui les mènent et de leur structure opérationnelle.

L'actualisation du modèle proposé par Dufour & Piégay (2009) (figure 16) permet de conceptualiser l'influence des composantes politiques et économiques sur les objectifs et la teneur des projets appliqués de restauration de cours d'eau, ainsi que les freins qu'ils imposent à l'intégration des principes de l'HGM et d'une diversité de bénéfiques humains. De plus, le modèle proposé introduit des moyens de contourner ces facteurs limitants en les mobilisant à l'avantage de cette intégration vers des approches innovantes de gestion des cours d'eau. Le premier moyen concerne le partage de connaissances scientifiques sur la dynamique hydrogéomorphologique des cours d'eau et sur les dynamiques socioculturelles qui leur sont associées vers les organismes responsables de la restauration. Ces échanges nécessiteraient notamment la prise en compte de temporalités adaptées aux rôles des différentes parties impliquées. Considérant la perception de dualité entre les processus fluviaux et les bénéfiques humains, le second moyen promeut une concertation accrue entre les organismes et les communautés qui côtoient et utilisent les cours d'eau, ainsi qu'une participation directe ou indirecte de ces dernières dans les projets. Enfin, ces changements dans les pratiques et l'opérationnalisation des projets seront rendus possibles – ou seront du moins facilités – par l'intégration des principes de l'HGM dans les cadres législatifs, qui percolent vers les cadres réglementaires et les programmes qui financent la restauration de cours d'eau, comme l'a démontré la Directive Cadre sur l'Eau en Europe (Bouleau & Pont,

2015). C'est pourquoi les facteurs limitants identifiés dans le mémoire peuvent en réalité être appréhendés comme des défis, qu'il est possible de relever afin d'arriver à de meilleures pratiques de gestion et de restauration des cours d'eau au Québec.

ANNEXE :
GUIDE UTILISÉ POUR LES ENTRETIENS

Guide d'entretien – Organismes responsables des projets de restauration de cours d'eau

Projet :	
Nom(s) :	
Fonction(s) :	
Organisme :	
Lieu :	Heure de début :
	<input type="checkbox"/> Débuter l'enregistrement

AVANT DE DÉBUTER L'ENTRETIEN

Mentionner les règles de confidentialité :

- *Les données seront confidentielles et leur accès sera limité au chercheur principal;*
- *Les données audiovisuelles seront détruites après la publication du mémoire de maîtrise;*
- *Aucun nom ne sera associé à vos propos, qui seront seulement référés à l'organisation que vous représentez;*
- *Votre participation est entièrement volontaire, vous pouvez vous retirer de l'entretien à tout moment et sans avoir à justifier votre décision.*
- *Acceptez-vous que l'entretien soit enregistré pour faciliter l'analyse des données ?*

Décrire brièvement la structure de l'entrevue :

Merci d'avoir accepté de participer à cet entretien, qui vise à :

- *Détailler la démarche et les processus décisionnels du projet de restauration du cours d'eau;*
- *Déterminer l'importance relative de chacune des composantes entrant en jeu dans la formulation des objectifs de restauration du cours d'eau;*
- *Identifier les défis perçus dans le cadre du projet.*

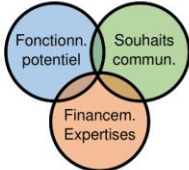
Au cours de l'entretien, vous serez amené.e à partager votre expérience personnelle et organisationnelle quant à la réalisation d'un projet de restauration d'un cours d'eau et à l'intégration des principes de l'hydrogéomorphologie et de la diversité des bénéfices humains à ce dernier. Il n'y pas de bonnes ou de mauvaises réponses!

La discussion devrait durer environ une heure, mais vous pouvez parler aussi longtemps ou aussi peu de temps que vous le souhaitez; ne vous limitez pas!

PARTIE 1 : La démarche de restauration du cours d'eau

<p>Description du projet de restauration du cours d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Origines du projet (motivations) <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Détériorations, problématiques <input type="checkbox"/> Souhaits de la communauté <input type="checkbox"/> Études préliminaires (conditions) <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fonctionnement du cours d'eau <input type="checkbox"/> Contribution au projet <input type="checkbox"/> Financement du projet <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Capacités d'intervention <input type="checkbox"/> Impératifs de financement <input type="checkbox"/> Réalisation du projet <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Habilités d'intervention <input type="checkbox"/> Apports externes <input type="checkbox"/> Suivi et évaluation du projet <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Résultats et succès <input type="checkbox"/> Méthodes et critères d'évaluation 	<p>Pour débuter, pouvez-vous me raconter l'histoire de ce projet de restauration du cours d'eau ?</p> <p><i>Pourquoi le projet a-t-il été mis en place ?</i></p> <p><i>Y avait-il des problématiques observées sur le cours d'eau ?</i></p> <p><i>Quel est l'historique (anthropique) du cours d'eau ?</i></p> <p><i>Le projet faisait-il partie d'un plan de restauration ou de gestion plus global ?</i></p> <p><i>La communauté indiquait-elle une volonté d'aménager le site ou de restaurer le cours d'eau ?</i></p> <p><i>Y a-t-il eu des études réalisées en amont de la planification du projet ? Lesquelles ?</i></p> <p><i>Quels ont été leurs résultats ?</i></p> <p><i>Qu'est-ce que ces études vous ont appris sur le cours d'eau, son historique, son fonctionnement, son contexte régional ?</i></p> <p><i>Comment ces études ont-elles contribué au projet ?</i></p> <p><i>D'où provient le financement du projet ? Pourquoi ?</i></p> <p><i>Quel était le budget alloué au projet ? Était-ce suffisant ?</i></p> <p><i>Comment vous a-t-il permis d'atteindre vos objectifs ?</i></p> <p><i>Le financement a-t-il orienté les objectifs de restauration sélectionnés dans le cadre du projet ? Comment ?</i></p> <p><i>Parmi les objectifs de restauration du projet, pourriez-vous les placer en ordre d'importance ou de priorité ?</i></p> <p><i>Comment avez-vous réussi à atteindre ces objectifs ?</i></p> <p><i>Quelles ont été les actions réalisées ?</i></p> <p><i>Avez-vous fait appel à des partenaires externes pour la réalisation du projet ? Lesquels ?</i></p> <p><i>Comment ont-ils contribué au projet ?</i></p> <p><i>Quels ont été les résultats du projet ?</i></p> <p><i>Considérez-vous que ce projet est un succès ? Pourquoi ?</i></p> <p><i>Comment ont été évalués les résultats du projet ?</i></p> <p><i>Quels étaient les critères d'évaluation du projet ?</i></p> <p><i>Sur quelle période de temps et à quelle fréquence les résultats ont-ils été évalués ?</i></p> <p>Si aucun suivi → <i>Pourquoi le projet n'a pas été évalué ?</i></p>
---	--

PARTIE 2 : La formulation des objectifs de restauration du cours d'eau

Description du processus décisionnel entourant les objectifs de restauration	Plus spécifiquement, comment s'est déroulée l'étape de formulation des objectifs du projet ?
<input type="checkbox"/> Potentiel de restauration <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Trajectoire et référence régionale <input type="checkbox"/> Conditions au projet 	<p><i>Quel(s) rôle(s) le fonctionnement du cours d'eau lui-même a-t-il joué dans la sélection des objectifs de restauration ?</i></p> <p><i>D'après-vous, le cours d'eau avait-il un bon potentiel d'être restauré ? Pourquoi ?</i></p> <p><i>Ce potentiel a-t-il limité les possibilités du projet ? Comment ?</i></p> <p><i>D'après-vous, le cours d'eau restauré s'intègre-t-il bien / mieux / moins bien dans le paysage régional ? Pourquoi ?</i></p>
<input type="checkbox"/> Souhaits de la communauté <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Usages historiques et attendus <input type="checkbox"/> Motivations du projet 	<p><i>Quel(s) rôle(s) la communauté à proximité du cours d'eau a-t-elle joué dans la sélection des objectifs de restauration ?</i></p> <p><i>Quels sont les usages qui étaient / sont faits du cours d'eau ?</i></p> <p><i>Quels étaient leurs souhaits et leurs priorités en termes de restauration du cours d'eau ? Ont-ils motivé le projet ?</i></p> <p><i>D'après vous, le projet a-t-il contribué à une valorisation des bénéfices humains associés au cours d'eau ? Comment ?</i></p>
<input type="checkbox"/> Financement du projet <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Capacités d'intervention (condition) <input type="checkbox"/> Impératifs de financement (motiv.) 	<p><i>Quel(s) rôle(s) le financement a-t-il joué dans la sélection des objectifs de restauration ?</i></p> <p><i>Le financement a-t-il orienté / limité les objectifs du projet ?</i></p> <p><i>Y avait-il des contraintes ou des éléments nécessaires à intégrer au projet pour obtenir le financement ?</i></p>
<input type="checkbox"/> Expertises de l'organisme <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Habilités d'intervention (condition) <input type="checkbox"/> Intérêts de l'organisme (motiv) 	<p><i>Quel(s) rôle(s) votre organisme a-t-il joué dans la sélection ou la priorisation des objectifs de restauration ?</i></p> <p><i>Quelles sont les expertises principales de l'organisme ?</i></p> <p><i>Considérez-vous qu'elles ont orienté / limité les objectifs ?</i></p> <p><i>Avez-vous fait appel à des collaborateurs pour le projet ? Si oui, pourquoi ? Comment on-t-il contribué au projet ?</i></p> <p><i>Quels étaient vos souhaits ou vos priorités en termes de restauration du cours d'eau ? Ont-ils motivé le projet ?</i></p>
<input type="checkbox"/> Importance relative des éléments <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	<p><i>Imaginons que chacune des composantes dont on vient de discuter (fonctionnement du cours d'eau, souhaits de la communauté, financement et organisme) est représentée par une bulle, dont la taille et la position peuvent varier selon leur importance et dont la convergence mène aux objectifs de restauration.</i></p> <p><i>Pourriez-vous me présenter l'importance de chacune des composantes dans le cadre du projet ?</i></p>

PARTIE 3 : Les défis de l'intégration de l'hydrogéomorphologie et des bénéfices humains

<p>Place accordée aux principes de l'hydrogéomorphologie et la diversité des bénéfices humains au projet</p> <p><input type="checkbox"/> Place de l'hydrogéomorphologie</p> <p><input type="checkbox"/> Apports, avantages</p> <p><input type="checkbox"/> Obstacles, défis</p> <p><input type="checkbox"/> Ouverture à l'intégration</p> <p><input type="checkbox"/> Place des dimensions sociales</p> <p><input type="checkbox"/> Apports, avantages</p> <p><input type="checkbox"/> Obstacles, défis</p> <p><input type="checkbox"/> Ouverture à l'intégration</p>	<p>Quelle place occupaient la géomorphologie et les dimensions sociales du cours d'eau dans le projet pour sa restauration ?</p> <p>Place importante → Quels ont été les principaux avantages d'intégrer des principes de la géomorphologie dans le cadre du projet de restauration du cours d'eau ?</p> <p>Comment ces principes ont-ils été intégrés au projet ?</p> <p>Peu de place → Pour quelle(s) raison(s) les principes de la géomorphologie ont-ils peu été intégrés au projet ?</p> <p>D'après vous, quel serait l'apport principal de la géomorphologie au projet de restauration du cours d'eau ?</p> <p>Si c'était à refaire, comment intégreriez-vous les principes de la géomorphologie au projet de restauration du cours d'eau ?</p> <p>Place importante → Quels ont été les principaux avantages d'intégrer des dimensions sociales du cours d'eau dans le cadre du projet pour sa restauration ?</p> <p>Comment ces dimensions ont-elles été intégrées au projet ?</p> <p>Peu de place → Pour quelle(s) raison(s) les dimensions sociales du cours d'eau ont-elles peu été intégrées au projet ?</p> <p>D'après vous, quel serait l'apport principal des dimensions sociales du cours d'eau au projet pour sa restauration ?</p> <p>Si c'était à refaire, comment intégreriez-vous les dimensions sociales du cours d'eau au projet pour sa restauration ?</p>
<p>Défis vécus et perçus durant la démarche de restauration</p> <p><input type="checkbox"/> Défis généraux</p> <p><input type="checkbox"/> Pistes de solutions</p> <p><input type="checkbox"/> Défis spécifiques à l'intégration HGM et des bénéfices humains</p> <p><input type="checkbox"/> Pistes de solutions</p>	<p>Quels sont les principaux obstacles et défis que vous avez rencontrés depuis le début du projet ?</p> <p>Comment ces obstacles ont-ils affecté le projet à chacune des ses étapes (planification, réalisation, évaluation) ?</p> <p>Comment êtes-vous arrivé.e à surmonter ces obstacles ou à relever ces défis ? Quels en ont été les résultats ?</p> <p>Pour l'avenir, y a-t-il des composantes de vos projets que vous conduiriez différemment ? Pourquoi ? Comment ?</p> <p>Dans le cas où une place importante avait été accordée :</p> <p>Plus spécifiquement, quels ont été les principaux défis à l'intégration des principes de l'hydrogéomorphologie et des dimensions sociales du cours d'eau ? Pourquoi ?</p> <p>Comment êtes-vous arrivé.e à surmonter ces obstacles ou à relever ces défis ? Quels en ont été les résultats ?</p> <p>Pour l'avenir, que feriez-vous différemment afin de mieux intégrer les principes de l'HGM et les dimensions sociales ?</p>

CONCLUSION ET DÉTAILS PERSONNELS

- L'entretien tire à sa fin, aimeriez-vous revenir sur certains points abordés plus tôt durant l'entretien ?
 - En terminant, aimeriez-vous aborder un sujet dont nous n'avons pas discuté et qui pourrait m'être utile dans le cadre de ma recherche ?
-
- Quelle est votre formation (collégiale ou universitaire, pratique en restauration, etc.) ?
 - Combien d'années d'expériences comptez-vous dans le domaine de la gestion ou de la restauration de cours d'eau ? Avez-vous observé des changements dans les pratiques ?
 - Depuis combien de temps occupez-vous cet emploi spécifiquement ?

FIN DE L'ENTRETIEN

Merci pour votre temps et votre contribution au projet. Nous utiliserons ces données compilées, ainsi que les données recueillies auprès d'autres organismes, afin d'identifier les défis de l'intégration des principes de l'hydrogéomorphologie et de la diversité des bénéfices humains dans la restauration des cours d'eau au Québec. Des recommandations pourront également être proposées afin de faciliter cette intégration et de contribuer à une approche innovante pour la gestion des cours d'eau au Québec. Vous pouvez nous contacter à tout moment si vous avez des idées supplémentaires à propos des sujets soulevés durant l'entretien.

Heure de fin : Mettre fin à l'enregistrement

NOTES ET OBSERVATIONS

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Angelopoulos, N. v., Cowx, I. G., & Buijse, A. D. (2017). Integrated planning framework for successful river restoration projects: Upscaling lessons learnt from European case studies. *Environmental Science and Policy*, 76, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.06.005>
- Anquetil, V., Koerner, E., & Boudes, P. (2018). La restauration hydromorphologique des cours d'eau ou la difficile articulation des référentiels environnementalistes et territoriaux. *Géocarrefour*, 92(1). <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.10540>
- Ashmore, P. (2015). Towards a sociogeomorphology of rivers. *Geomorphology*, 251, 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.02.020>
- Auerbach, D. A., Deisenroth, D. B., McShane, R. R., McCluney, K. E., & LeRoy Poff, N. (2014). Beyond the concrete: Accounting for ecosystem services from free-flowing rivers. *Ecosystem Services*, 10, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.07.005>
- Bartolini, N. (2020). Fixing naturecultures: Spatial and temporal strategies for managing heritage transformation and entanglement. Dans R. Harrison, C. DeSilvey, C. Holtorf, S. Macdonald, N. Bartolini, E. Breithoff, H. Fredheim, A. Lyons, S. F. May, J. Morgan, & S. Penrose (Éd.), *Heritage Futures: Comparative Approaches to Natural and Cultural Heritage Practices* (pp. 375–395). UCL Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv13xps9m.31>
- Auerbach, D. A., Deisenroth, D. B., McShane, R. R., McCluney, K. E., & LeRoy Poff, N. (2014). Beyond the concrete: Accounting for ecosystem services from free-flowing rivers. *Ecosystem Services*, 10, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.07.005>
- Baril, A.-M., Biron, P. M., & Grant, J. W. A. (2019). An Assessment of an Unsuccessful Restoration Project for Lake Sturgeon Using Three-Dimensional Numerical Modelling. *North American Journal of Fisheries Management*, 39(1), 69–81. <https://doi.org/10.1002/nafm.10250>
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks Visualization and Exploration of Large Graphs. *Proceedings of the Third International ICWSM Conference*, 361–362. <https://doi.org/10.1609/icwsm.v3i1.13937>

- Beechie, T., Sear, D. A., Olden, J. D., Pess, G. R., Buffington, J. M., Moir, H., Roni, P., & Pollock, M. M. (2010). Process-based Principles for Restoring River Ecosystems. *BioScience*, 60(3), 209–222. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.3.7>
- Belletti, B., Nardi, L., Rinaldi, M., Poppe, M., Brabec, K., Bussetini, M., Comiti, F., Gielczewski, M., Golfieri, B., Hellsten, S., Kail, J., Marchese, E., Marcinkowski, P., Okruszko, T., Paillex, A., Schirmer, M., Stelmaszczyk, M., & Surian, N. (2018). Assessing Restoration Effects on River Hydromorphology Using the Process-based Morphological Quality Index in Eight European River Reaches. *Environmental Management*, 61(1), 69–84. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0961-x>
- Bernhardt, E. S., Palmer, M. A., Allan, J. D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C. N., Follstad-Shah, J., Galat, D. L., Gloss, S., Goodwin, P., Hart, D. D., Hassett, B. A., Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, G. M., Lake, P. S., Lave, R., Meyer, J. L., O'Donnell, T. K., Pagano, L., Powell, B., & Sudduth, E. B. (2005). Synthesizing U.S. River Restoration Efforts. *Science*, 308(5722), 636–637. <https://doi.org/10.1126/science.1109769>
- Biron, P. M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Choné, G., Cloutier, C.-A., Ouellet, M.-A., Demers, S., Olsen, T., Desjarlais, C., & Eyquem, J. (2014). Freedom Space for Rivers: A Sustainable Management Approach to Enhance River Resilience. *Environmental Management*, 54(5), 1056–1073. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0366-z>
- Biron, P. M., Buffin-Bélanger, T., & Massé, S. (2018). The need for river management and stream restoration practices to integrate hydrogeomorphology. *The Canadian Geographer / Le Géographe Canadien*, 62(2), 288–295. <https://doi.org/10.1111/cag.12407>
- Bouleau, G., & Pont, D. (2015). Did you say reference conditions? Ecological and socio-economic perspectives on the European Water Framework Directive. *Environmental Science and Policy*, 47, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.10.012>
- Brierley, G. J. (2010). Landscape memory: The imprint of the past on contemporary landscape forms and processes. *Area*, 42(1), 76–85. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2009.00900.x>
- Brierley, G. J. (2020). *Finding the voice of the river: Beyond restoration and management*. Springer International Publishing, 179 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27068-1>
- Brierley, G. J., & Fryirs, K. (2009). Don't fight the site: Three geomorphic considerations in catchment-scale river rehabilitation planning. *Environmental Management*, 43(6), 1201–1218. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9266-4>

- Brierley, G. J., & Fryirs, K. A. (2016). The Use of Evolutionary Trajectories to Guide ‘Moving Targets’ in the Management of River Futures. *River Research and Applications*, 32(5), 823–835. <https://doi.org/10.1002/rra.2930>
- Brierley, G. J., & Fryirs, K. (2022). Truths of the Riverscape: Moving beyond command-and-control to geomorphologically informed nature-based river management. *Geoscience Letters*, 9(14). <https://doi.org/10.1186/s40562-022-00223-0>
- Buffin-Bélanger, T., Biron, P. M., Larocque, M., Demers, S., Olsen, T., Choné, G., Ouellet, M. A., Cloutier, C. A., Desjarlais, C., & Eyquem, J. (2015a). Freedom space for rivers: An economically viable river management concept in a changing climate. *Geomorphology*, 251, 137–148. <https://doi.org/10.1016/J.GEOMORPH.2015.05.013>
- Buffin-Bélanger, T., Demers, S., & Olsen, T. (2015b). Diagnostic hydrogéomorphologique pour mieux considérer les dynamiques hydrosédimentaires aux droits des traverses de cours d’eau : guide méthodologique. Rapport remis au Ministère du Transport du Québec, Québec, 57 p.
- Bulletti, N. S., Ruef, F. E., & Ejderyan, O. (2022). Letting the Political Dimension of Participation in River Restoration have its Space. Dans B. Morandi, M. Cottet, & H. Piégay (Éd.), *River Restoration: Political, Social, and Economic Perspectives* (pp. 169–188). John Wileys and Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119410010.ch8>
- Caggiano, H., & Weber, E. U. (2023). Advances in Qualitative Methods in Environmental Research. *Annual Review of Environment and Resources*, 48, 3.1-3.19. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112321-080106>
- Carré, C., Haghe, J., & Vall-Casas, P. (2022). From Public Policies to Projects: Factors of Success and Diversity Through a Comparative Approach. Dans B. Morandi, M. Cottet, & H. Piégay (Éd.), *River Restoration: Political, Social, and Economic Perspectives* (pp. 128–146). John Wileys and Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119410010.ch6>
- Carter, C., Bouleau, G., & le Floch, S. (2022). The Policy and Social Dimension of Restoration Thinking: Paying Greater Attention to “Interdependency” in Restoration Governing Practice. Dans B. Morandi, M. Cottet, & H. Piégay (Éd.), *River Restoration: Political, Social, and Economic Perspectives* (pp. 107–127). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119410010.ch5>
- Castonguay, S. (2015). La réhabilitation des rivières urbaines au Québec. *Recherches Sociographiques*, 56(2–3), 271–297. <https://doi.org/10.7202/1034208ar>

- Castonguay, S., & Fougères, D. (2013). Les rapports riverains de la ville : Sherbrooke et ses usages des rivières Magog et Saint-François, XIXe -XXe siècles. *Urban History Review / Revue d'histoire Urbaine*, 36(1), 3–15. <https://doi.org/10.7202/1015816ar>
- Chignell, S. M. (2023). A missing link? Network analysis as an empirical approach for critical physical geography. *The Canadian Geographer / Le Géographe Canadien*, 67(1), 52–73. <https://doi.org/10.1111/CAG.12767>
- Clark, L. B., Henry, A. L., Lave, R., Sayre, N. F., González, E., & Sher, A. A. (2019). Successful information exchange between restoration science and practice. *Restoration Ecology*, 27(6), 1241–1250. <https://doi.org/10.1111/rec.12979>
- Commission de toponymie du Québec (1994). *Noms et lieux du Québec : Dictionnaire illustré*. Publications du Québec, Québec, 890 p.
- Cottet, M., Morandi, B., & Piégay, H. (2022). What are the Political, Social, and Economic Issues in River Restoration? Genealogy and Current Research Issues. Dans B. Morandi, M. Cottet, & H. Piégay (Éd.), *River Restoration: Political, Social, and Economic Perspectives* (pp. 3–47). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119410010.ch1>
- Dournel, S., & Sajaloli, B. (2012). Les milieux fluviaux et humides en ville, du déni à la reconnaissance de paysages urbains historiques. *Revue d'histoire Urbaine*, 41(1), 4–21. <https://doi.org/10.7202/1013761ar>
- Doyle, M. W., Singh, J., Lave, R., & Robertson, M. M. (2015). The morphology of streams restored for market and nonmarket purposes: Insights from a mixed natural-social science approach. *Water Resources Research*, 51(7), 5603–5622. <https://doi.org/10.1002/2015WR017030>
- Dufour, S., & Piégay, H. (2009). From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits. *River Research and Applications*, 25(5), 568–581. <https://doi.org/10.1002/rra.1239>
- Fernández-Manjarrés, J. F., Roturier, S., & Bilhaut, A. G. (2018). The emergence of the social-ecological restoration concept. *Restoration Ecology*, 26(3), 404–410. <https://doi.org/10.1111/rec.12685>
- Flaminio, S. (2021). Modern and nonmodern waters: Sociotechnical controversies, successful anti-dam movements and water ontologies. *Water Alternatives*, 14(1), 204–227.
- Fox, C. A., Magilligan, F. J., & Sneddon, C. S. (2016). “You kill the dam, you are killing a part of me”: Dam removal and the environmental politics of river restoration. *Geoforum*, 70, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.02.013>

- Friberg, N., Angelopoulos, N. v., Buijse, A. D., Cowx, I. G., Kail, J., Moe, T. F., Moir, H., O'Hare, M. T., Verdonschot, P. F. M., & Wolter, C. (2016). Effective River Restoration in the 21st Century: From Trial and Error to Novel Evidence-Based Approaches. Dans A. J. Dumbrell, R. L. Kordas, & G. Woodward (Éd.), *Advances in Ecological Research* (Vol. 55, pp. 535–611). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.08.010>
- Fryirs, K. A. (2015). Developing and using geomorphic condition assessments for river rehabilitation planning, implementation and monitoring. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2(6), 649–667. <https://doi.org/10.1002/wat2.1100>
- Fryirs, K. A., & Brierley, G. J. (2016). Assessing the geomorphic recovery potential of rivers: forecasting future trajectories of adjustment for use in management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 3(5), 727–748. <https://doi.org/10.1002/wat2.1158>
- Fryirs, K. A., Brierley, G. J., Hancock, F., Cohen, T. J., Brooks, A. P., Reinfelds, I., Cook, N., & Raine, A. (2018). Tracking geomorphic recovery in process-based river management. *Land Degradation and Development*, 29(9), 3221–3244. <https://doi.org/10.1002/ldr.2984>
- García, J. H., Ollero, A., Ibisate, A., Fuller, I. C., Death, R. G., & Piégay, H. (2021). Promoting fluvial geomorphology to “live with rivers” in the Anthropocene era. *Geomorphology*, 107649. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107649>
- Gariépy-Girouard, É. (2020). La géomorphologie et l'aménagement d'habitats pour le poisson : le canal Saint-Georges, Port-Menier (Anticosti). Mémoire de baccalauréat, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 60 p.
- Gariépy-Girouard, É., et Buffin-Bélanger, T. (2022). Avis géomorphologique : Éclairage de la géomorphologie pour l'aménagement d'habitats pour le poisson dans le canal Saint-Georges à Port-Menier, Anticosti. Volets 3 et 4 : Suivi géomorphologique et recommandations. Rapport remis au Comité Zone d'intervention prioritaire Côte-Nord du Golfe, Sept-Îles, 32 p.
- Gariépy-Girouard, É., Buffin-Bélanger, T., Savard, M., & Biron, P. M. (2023). Histoire du canal Saint-Georges (Port-Menier, île d'Anticosti) et perspectives : la valorisation du patrimoine culturel par l'aménagement fluvial. *Le Naturaliste Canadien*, 147(1), 114–125. <https://doi.org/10.7202/1098178ar>
- Germaine, M., Drapier, L., Lespez, L., & Styler-Barry, B. (2022). How to Better Involve Stakeholders in River Restoration Projects: The Case of Small Dam Removals. Dans B. Morandi, M. Cottet, & H. Piégay (Éd.), *River Restoration: Political, Social, and Economic Perspectives* (pp. 147–168). John Wileys and Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119410010.ch7>

- Germaine, M.-A., & Lespez, L. (2017). The failure of the largest project to dismantle hydroelectric dams in Europe? (Sélune River, France, 2009-2017). *Water Alternatives*, 10(3), 655–676.
- Gillilan, S., Boyd, K., Hoitsma, T., & Kauffman, M. (2005). Challenges in developing and implementing ecological standards for geomorphic river restoration projects: A practitioner's response to Palmer et al. (2005). *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 223–227. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01021.x>
- Gilvear, D. J., Spray, C. J., & Casas-Mulet, R. (2013). River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. *Journal of Environmental Management*, 126, 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.026>
- Gouvernement du Québec (1996). Décret 449-96 (17 avril 1996) concernant l'acquisition du barrage Georges situé à l'issue du lac Georges (lac Gamache) par la Municipalité de L'Île-d'Anticosti. *Gazette officielle du Québec*, 128(19) : 2838–2839.
- Grabowski, R. C., Surian, N., & Gurnell, A. M. (2014). Characterizing geomorphological change to support sustainable river restoration and management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 1(5), 483–512. <https://doi.org/10.1002/wat2.1037>
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., Babu, S., Borrelli, P., Cheng, L., Crochetiere, H., Ehalt Macedo, H., Filgueiras, R., Goichot, M., Higgins, J., Hogan, Z., Lip, B., McClain, M. E., Meng, J., Mulligan, M., ... Zarfl, C. (2019). Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, 569, 215–221. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>
- Hamelin, L.-E. (1980). L'ère française Menier de 1895 à 1926 à l'île d'Anticosti (Canada). *Annales de Géographie*, 89(492), 157–177.
- Harrison, R. (2015). Beyond “natural” and “cultural” heritage: Toward an ontological politics of heritage in the age of anthropocene. *Heritage and Society*, 8(1), 24–42. <https://doi.org/10.1179/2159032X15Z.000000000036>
- Harman, W., Starr, R., Carter, M., Tweedy, K., Clemmons, M., Suggs, K., & Miller, C. (2012). *A Function-Based Framework for Stream Assessment & Restoration Projects*. US Environmental Protection Agency, Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Washington, DC, 340 p.
- Hawley, R. J. (2018). Making stream restoration more sustainable: a geomorphically, ecologically, and socioeconomically principled approach to bridge the practice with the science. *BioScience*, 68(7), 517–528. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy048>

- Hikuroa, D., Brierley, G. J., Tadaki, M., Blue, B., & Salmond, A. (2022). Restoring Sociocultural Relationships with Rivers: Experiments in Fluvial Pluralism. Dans B. Morandi, M. Cottet, & H. Piégay (Éd.), *River Restoration: Political, Social, and Economic Perspectives* (pp. 66–88). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119410010.ch3>
- Jacob, C. (2022). La compensation écologique, instrument de promotion du développement ou d’initiation à la transition écologique: le cas de l’introduction de la non-perte nette des milieux humides et hydriques au Québec. Dans A. Zaga-Mendez, J.-F. Bissonnette, & J. Dupras (Éd.), *Une économie écologique pour le Québec : Comment opérationnaliser une nécessaire transition* (pp. 269–288). Presses de l’Université du Québec.
- Jacobs, D. F., Dalglish, H. J., & Nelson, C. D. (2013). A conceptual framework for restoration of threatened plants: the effective model of American chestnut (*Castanea dentata*) reintroduction. *New Phytologist*, 197(2), 378–393. <https://doi.org/10.1111/nph.12020>
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S., & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software. *PLoS ONE*, 9(6), e98679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098679>
- Jähnig, S. C., Lorenz, A. W., Hering, D., Antons, C., Sundermann, A., Jedicke, E., & Haase, P. (2011). River restoration success: a question of perception. *Ecological Applications*, 21(6), 2007–2015. <https://doi.org/10.1890/10-0618.1>
- Jobin, L. (s.d.). *Toponymie*. Disponible en ligne à : <https://www.comettant.com/entretiens-anticostiens-jobin/4-toponymie-1/> [Visité le 2021-01-03].
- Jørgensen, D. (2017). Competing ideas of “natural” in a dam removal controversy. *Water Alternatives*, 10(3), 840–852.
- Kondolf, G. M., Boulton, A. J., O’Daniel, S., Poole, G. C., Rahel, F. J., Stanley, E. H., Wohl, E., Bång, A., Carlstrom, J., Cristoni, C., Huber, H., Koljonen, S., Louhi, P., & Nakamura, K. (2006). Process-based ecological river restoration: Visualizing three-dimensional connectivity and dynamic vectors to recover lost linkages. *Ecology and Society*, 11(2). <https://doi.org/10.5751/ES-01747-110205>
- Larocque, M., & Biron, P. M. (2022). Le rôle des milieux humides et hydriques dans la résilience des écosystèmes fluviaux. Dans A. Zaga-Mendez, J.-F. Bissonnette, & J. Dupras (Éd.), *Une économie écologique pour le Québec : Comment opérationnaliser une nécessaire transition* (pp. 251–268). Presses de l’Université du Québec.

- Lave, R. (2009). The controversy over natural channel design: Substantive explanations and potential avenues for resolution. *Journal of the American Water Resources Association*, 45(6), 1519–1532. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2009.00385.x>
- Lave, R. (2012). *Fields and Streams : Stream Restoration, Neoliberalism, and the Future of Environmental Science*. University of Georgia Press, 189 p.
- Lave, R. (2016). Stream restoration and the surprisingly social dynamics of science. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 3(1), 75–81. <https://doi.org/10.1002/wat2.1115>
- Lave, R., Doyle, M., & Robertson, M. (2010). Privatizing stream restoration in the US. *Social Studies of Science*, 40(5), 677–703. <https://doi.org/10.1177/0306312710379671>
- Lave, R., & Doyle, M. (2021). *Streams of Revenue: The Restoration Economy and the Ecosystems It creates*. The MIT Press, 192 p.
- Lespez, L., & Dufour, S. (2021). Les hybrides, la géographie de la nature et de l'environnement. *Annales de Géographie*, 737(1), 58–85. <https://doi.org/10.3917/ag.737.0058>
- Likens, G. E., Walker, K. F., Davies, P. E., Brookes, J., Olley, J., Young, W. J., Thoms, M. C., Lake, P. S., Gawne, B., Davis, J., Arthington, A. H., Thompson, R., & Oliver, R. L. (2009). Ecosystem science: Toward a new paradigm for managing Australia's inland aquatic ecosystems. *Marine and Freshwater Research*, 60(3), 271–279. <https://doi.org/10.1071/MF08188>
- Linton, J. (2022). Political Ecology and River Restoration. Dans B. Morandi, M. Cottet, & H. Piégay (Éd.), *River Restoration: Political, Social, and Economic Perspectives* (pp. 89–105). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119410010.ch4>
- Lupp, G., Zingraff-Hamed, A., Huang, J. J., Oen, A., & Pauleit, S. (2021). Living Labs—A Concept for Co-Designing Nature-Based Solutions. *Sustainability*, 13(1), 188. <https://doi.org/10.3390/su13010188>
- Magilligan, F. J., Sneddon, C. S., & Fox, C. A. (2017). The Social, Historical, and Institutional Contingencies of Dam Removal. *Environmental Management*, 59(6), 982–994. <https://doi.org/10.1007/S00267-017-0835-2>
- Maniraho, L., Frietsch, M., Sieber, S., & Löhr, K. (2023). A framework for drivers fostering social-ecological restoration within forest landscape based on people's participation. A systematic literature review. *Discover Sustainability*, 4, 26. <https://doi.org/10.1007/s43621-023-00141-x>

- Martin-Zédé, G. (s.d.). *L'Île ignorée*. Disponible en ligne à : <https://www.comettant.com/bibliothèque/ile-ignorée-vol-1/> [Visité le 2020-06-17].
- McDonald, A., Lane, S. N., Haycock, N. E., & Chalk, E. A. (2004). Rivers of dreams: On the gulf between theoretical and practical aspects of an upland river restoration. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 29(3), 257–281. <https://doi.org/10.1111/j.0020-2754.2004.00314.x>
- [MELCC] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (s.d.). X2092719 *Fiche technique*. Disponible en ligne à : https://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no_mef_lieu=X2092719 [Visité le 2022-07-04].
- [MIA] Municipalité de l'Île-d'Anticosti (2017). *Plan de développement stratégique 2017-2020*. Disponible en ligne à : <https://municipalite-anticosti.org/municipalite/plan-de-developpement/> [Visité le 2021-08-19].
- Mould, S., & Fryirs, K. (2018). Contextualising the trajectory of geomorphic river recovery with environmental history to support river management. *Applied Geography*, 94, 130–146. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.03.008>
- Mould, S., Fryirs, K., & Howitt, R. (2018). Practicing Sociogeomorphology: Relationships and Dialog in River Research and Management. *Society and Natural Resources*, 31(1), 106–120. <https://doi.org/10.1080/08941920.2017.1382627>
- Mould, S., Fryirs, K. A., & Howitt, R. (2020). The importance of relational values in river management: understanding enablers and barriers for effective participation. *Ecology and Society*, 25(2), 17. <https://doi.org/10.5751/ES-11505-250217>
- Nassauer, J. I. (1995). Culture and changing landscape structure. *Landscape Ecology*, 10(4), 229–237. <https://doi.org/10.1007/BF00129257>
- Palmer, M. A., & Filoso, S. (2009). Restoration of ecosystem services for environmental markets. *Science*, 325(5940), 575–576. <https://doi.org/10.1126/science.1172976>
- Palmer, M. A., Filoso, S., & Fanelli, R. M. (2014). From ecosystems to ecosystem services: Stream restoration as ecological engineering. *Ecological Engineering*, 65, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.059>
- Paradis, A., & Biron, P. M. (2017). Integrating hydrogeomorphological concepts in management approaches of lowland agricultural streams: Perspectives, problems and prospects based on case studies in Quebec. *Canadian Water Resources Journal*, 42(1), 54–69. <https://doi.org/10.1080/07011784.2016.1163241>

- Piégay, H., Arnaud, F., Belletti, B., Cassel, M., Marteau, B., Riquier, J., Rousson, C., & Vazquez-Tarrio, D. (2023). Why Consider Geomorphology in River Rehabilitation? *Land*, 12(8), 1491. <https://doi.org/10.3390/land12081491>
- Pintal, J.-Y. (2018). *Île d'Anticosti : étude de potentiel archéologique*. Rapport remis au Ministère de la Culture et des Communications du Québec, Québec, 139 p.
- Reed, M. S., Vella, S., Challies, E., de Vente, J., Frewer, L., Hohenwallner-Ries, D., Huber, T., Neumann, R. K., Oughton, E. A., Sidoli del Ceno, J., & van Delden, H. (2018). A theory of participation: what makes stakeholder and public engagement in environmental management work? *Restoration Ecology*, 26(S1), S7–S17. <https://doi.org/10.1111/rec.12541>
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussetini, M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180–181, 96–108. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.09.009>
- Sauvé, P., Bernatchez, P., & Glaus, M. (2020). The role of the decision-making process on shoreline armoring: A case study in Quebec, Canada. *Ocean and Coastal Management*, 198, 105358. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105358>
- Schmitt, J. (1904). *Monographie de l'île d'Anticosti (Golfe Saint-Laurent)*. Librairie scientifique A. Hermann, Paris, 370 p.
- Sher, A. A., Clark, L., Henry, A. L., Goetz, A. R. B., González, E., Tyagi, A., Simpson, I., & Bourgeois, B. (2020). The Human Element of Restoration Success: Manager Characteristics Affect Vegetation Recovery Following Invasive Tamarix Control. *Wetlands*, 40(6), 1877–1895. <https://doi.org/10.1007/s13157-020-01370-w>
- Skinner, S. W., Addai, A., Decker, S. E., & van Zyll de Jong, M. (2023). The ecological success of river restoration in Newfoundland and Labrador, Canada: lessons learned. *Ecology and Society*, 28(3). <https://doi.org/10.5751/ES-14379-280320>
- Sneddon, C. S., Magilligan, F. J., & Fox, C. A. (2017). Science of the dammed: Expertise and knowledge claims in contested dam removals. *Water Alternatives*, 10(3), 677–696.
- Serra-Llobet, A., Jähnig, S. C., Geist, J., Kondolf, G. M., Damm, C., Scholz, M., Lund, J., Opperman, J. J., Yarnell, S. M., Pawley, A., Shader, E., Cain, J., Zingraff-Hamed, A., Grantham, T. E., Eisenstein, W., & Schmitt, R. (2022). Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction: Experiences in Multi-Benefit Floodplain Management From California and Germany. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 778568. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568>

- UNESCO (1972). *Convention concernant la protection du patrimoine mondial culturel et naturel*. Disponible en ligne à : <https://whc.unesco.org/fr/conventiontexte/> [Visité le 2021-08-19].
- UNESCO (2021). *Orientations devant guider la mise en œuvre de la Convention du patrimoine mondial*. Disponible en ligne à : <https://whc.unesco.org/fr/orientations> [Visité le 2021-08-19].
- Wantzen, K. M. (2022). River culture: How socio-ecological linkages to the rhythm of the waters develop, how they are lost, and how they can be regained. *The Geographical Journal*. <https://doi.org/10.1111/geoj.12476>
- Wohl, E. (2019). Forgotten Legacies: Understanding and Mitigating Historical Human Alterations of River Corridors. *Water Resources Research*, 55(7), 5181–5201. <https://doi.org/10.1029/2018WR024433>
- Wohl, E., Lane, S. N., & Wilcox, A. C. (2015). The science and practice of river restoration. *Water Resources Research*, 51(8), 5974–5997. <https://doi.org/10.1002/2014WR016874>
- Yin, R. K. (2017). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th ed.). SAGE Publications, 352 p.
- Zingraff-Hamed, A., Greulich, S., Wantzen, K. M., & Pauleit, S. (2017). Societal Drivers of European Water Governance: A Comparison of Urban River Restoration Practices in France and Germany. *Water*, 9(3), 206. <https://doi.org/10.3390/w9030206>
- Zingraff-Hamed, A., Serra-Llobet, A., & Kondolf, G. M. (2022). The Social, Economic, and Ecological Drivers of Planning and Management of Urban River Parks. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 907044. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.907044>

