

FICHE DE SYNTHÈSE DE PROJET

Mon pays c'est l'hiver : phénologie de glace, herbiers aquatiques et risques d'inondation au lac Saint-Pierre

Responsable : Andrea Bertolo (professeur, Université du Québec à Trois-Rivières, andrea.bertolo@uqtr.ca)

Cochercheurs et cochercheuses :

- François de Grandpré (professeur, Université du Québec à Trois-Rivières, Francois.de.Grandpre@uqtr.ca)
- Erwan Gloaguen (professeur, Institut national de la recherche scientifique, erwan.gloaguen@ete.inrs.ca)
- Christophe Kinnard (professeur, Université du Québec à Trois-Rivières, Christophe.Kinnard@uqtr.ca)
- Benoît Montpetit (chercheur scientifique, Environnement et Changement climatique Canada, benoit.montpetit2@canada.ca)
- Jean Morin (scientifique en chef, Environnement et Changement climatique Canada, Jean.morin@canada.ca)
- Alexandre Roy (professeur, Université du Québec à Trois-Rivières, Alexandre.Roy@uqtr.ca)
- Julie Ruiz (professeure, Université du Québec à Trois-Rivières, Julie.Ruiz@uqtr.ca)

Collaborateurs et collaboratrices :

- Philippe Brodeur (biologiste, MFFP, dir. de la gestion de la faune Mauricie Centre-du-Québec, Philippe.Brodeur@mffp.gouv.qc.ca)
- Rémy Pouliot (biologiste, MFFP, dir. de l'expertise sur la faune aquatique – Québec, remy.pouliot@mffp.gouv.qc.ca)
- Monique Bernier (professeure honoraire, Institut national de la recherche scientifique, Monique.Bernier@ete.inrs.ca)
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy (doctorant, Université du Québec à Trois-Rivières)

Axes de recherche du RIISQ : 1, 2, 4 et 5

Secteurs du FRQ : Société et culture, Nature et technologies

Partenaires du projet

- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)
- Environnement et Changement Climatique Canada, Division des sciences et technologies du paysage



Environment and
Climate Change Canada
Environnement et
Changement climatique Canada

***Forêts, Faune
et Parcs***

Québec



Sommaire

Résumé	4
Mise en contexte	5
Méthodologie	5
Objectifs et résultats attendus	6
Résultats obtenus	7
Conclusion	8
Recommandations	9
Transfert et valorisation des connaissances	
Publications	10
Couverture médiatique	11
Autres activités	12
Retombées et prolongements	
Formation de la relève	14
Suite et autres projets financés.....	15

Résumé

Le projet « Mon pays c'est l'hiver : phénologie de glace, herbiers aquatiques et risques d'inondation au lac Saint-Pierre » vise à **mieux comprendre comment la glace influence les dynamiques littorales et aquatiques du lac Saint-Pierre**, réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO, **et comment ces interactions peuvent influencer sur les risques d'inondation**. Bien que les relations entre la cryosphère (ensemble des eaux et des sols gelés) et les milieux aquatiques soient encore peu documentées, ce projet multidisciplinaire explore les liens entre la phénologie de la glace (cycle de formation et de disparition), la végétation aquatique submergée et les représentations sociales.

Pour répondre à ces objectifs, une **approche** combinant géomatique, écologie aquatique, sciences sociales, science citoyenne et recherche participative a été déployée. Des campagnes de terrain estivales et hivernales ont permis de mesurer la végétation, la neige et l'épaisseur de glace grâce à l'utilisation de sonar, de carottage, de radar au sol et de drone. En parallèle, des séries temporelles d'images satellitaires (LANDSAT) et de photos issues de caméras citoyennes ont été analysées pour reconstituer la phénologie de la glace et de la végétation aquatique submergée depuis les années 1980. Des entretiens qualitatifs menés auprès de personnes riveraines, usagères et gestionnaires ont permis d'explorer leurs savoirs, perceptions et pratiques en lien avec la glace, les inondations et les herbiers aquatiques.

Les **résultats** montrent une modification notable de la période d'englacement, corrélée aux hausses de température. L'épaisseur de glace, bien que secondaire à la bathymétrie (profondeur et relief du sol), améliore la prédiction du biovolume estival de la végétation aquatique submergée. Sur le plan social, sept types de rapports au lac ont été identifiés, révélant une diversité de représentations de la glace, parfois perçue positivement. Du côté institutionnel, les entretiens soulignent des défis de gouvernance et un besoin de dialogue intersectoriel.

Ces résultats ouvrent la voie à une gestion intégrée, sensible aux dynamiques écologiques et aux savoirs des personnes concernées, en contexte de changements climatiques.

Mise en contexte

Le lac Saint-Pierre, le plus grand lac du fleuve Saint-Laurent et désigné comme réserve de la biosphère par l'UNESCO, est un écosystème riche et complexe où se croisent des enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance. Pourtant, les interactions entre la glace, les herbiers aquatiques submergés et les dynamiques d'inondation y demeurent peu étudiées. Dans un contexte de réchauffement climatique, ces composantes évoluent rapidement, affectant potentiellement les habitats, la navigation, les activités humaines et la gestion des risques. Ce projet interdisciplinaire s'inscrit dans une volonté de mieux comprendre comment la glace façonne les paysages aquatiques littoraux du lac Saint-Pierre et comment les relations entre la glace et la végétation influencent les régimes d'inondation. En intégrant des approches issues des sciences naturelles, sociales et participatives, ce travail contribue à une meilleure connaissance des dynamiques littorales hivernales et à une réflexion sur une gestion concertée et intégrée de la glace dans les milieux d'eau douce en transformation.

Méthodologie

Le projet repose sur une approche interdisciplinaire alliant géomatique, écologie aquatique, représentations sociales et sciences citoyennes. La phénologie de la glace et de la végétation aquatique submergée a été reconstituée sur plusieurs décennies à l'aide d'imagerie satellitaire (LANDSAT), d'échosondage, de carottages, de radar pénétrant le sol (GPR) et de caméras citoyennes installées chez des personnes riveraines. Des campagnes de terrain ont été menées en été et en hiver pour mesurer la bathymétrie (profondeur), l'épaisseur de glace et les herbiers. Parallèlement, des entretiens ont été réalisés avec des personnes usagères, résidentes et gestionnaires afin d'explorer leurs perceptions et pratiques liées à la glace, aux inondations et aux herbiers. Un certificat d'éthique a été obtenu pour encadrer ces démarches. Les données récoltées sont analysées pour étudier les liens entre la glace et la végétation, mais aussi pour identifier les freins et leviers à une gouvernance intégrée et inclusive des écosystèmes littoraux du lac Saint-Pierre.

Objectifs et résultats attendus

Objectif 1 : Comprendre les interactions entre la glace et la végétation aquatique submergée dans les zones littorales du lac Saint-Pierre, dans un contexte de changements climatiques.

- Reconstruction spatiotemporelle de la phénologie de la glace et des herbiers à partir d'imagerie satellitaire (LANDSAT), de données de terrain (GPR, bathymétrie, carottes) et d'observations citoyennes.

Objectif 2 : Explorer les perceptions, savoirs et pratiques des personnes résidentes et usagères concernant la glace, les inondations et la végétation aquatique submergée.

- Production d'une typologie des rapports sociaux à la glace et aux herbiers, et identification des représentations dominantes ou divergentes influençant la gestion du territoire.

Objectif 3 : Identifier les leviers et freins à une gouvernance intégrée de la glace dans les milieux d'eau douce en transformation.

- Mise en évidence des enjeux institutionnels, écologiques et sociaux liés à la gestion de la glace, et formulation de pistes pour une gouvernance concertée des zones littorales du lac Saint-Pierre.

Résultats obtenus

- **Reconstitution spatiotemporelle de la glace et de la végétation aquatique submergée (1984-2023) :** L'analyse d'images LANDSAT, de données terrain et citoyennes a permis de suivre l'évolution de la glace et des herbiers sur 40 ans. On observe un décalage saisonnier de l'englacement lié au climat, suggérant des impacts croisés sur les inondations et la végétation.
- **Poids des variables cryosphériques sur le biovolume :** Les modèles montrent que l'épaisseur de glace hivernale améliore la prédiction du biovolume estival, en interaction avec la bathymétrie. Cela révèle l'influence méconnue de la glace sur la productivité végétale.
- **Sept communautés et types de relation au lac :** Les entretiens ont révélé sept profils de rapports au territoire (pêcheur·euses, riverain·es, etc.), avec des perceptions divergentes, souvent positives, sur les inondations et la glace, perçues comme naturelles et bénéfiques.
- **Défis de la gouvernance multi-acteur·rices :** Des tensions institutionnelles limitent la coordination entre les ministères, les organismes de bassin versant et les gestionnaires. L'absence de vision intégrée sur la glace et la végétation aquatique submergée souligne le besoin de dialogue entre science et gestion.
- **Données participatives inédites sur la glace :** Malgré une participation directe limitée, des caméras automatisées ont permis de capter des séries d'images validant les observations satellitaires et enrichissant le suivi de la banquise.

Conclusion

Ce projet a permis de poser un regard interdisciplinaire et inédit sur la relation entre glace, végétation aquatique submergée et inondations dans les milieux littoraux d'eau douce, en s'ancrant dans le cas emblématique du lac Saint-Pierre. En croisant des approches issues des sciences naturelles, sociales et participatives, il a été possible de documenter l'évolution spatiotemporelle de la glace et de la végétation aquatique submergée sur plusieurs décennies, d'explorer les perceptions locales de ces phénomènes et d'évaluer les conditions d'une gouvernance intégrée. Cette démarche a mis en évidence des dynamiques saisonnières sensibles au réchauffement climatique, des liens complexes entre glace et herbiers, ainsi que des représentations sociales riches et variées, souvent sous-estimées dans les processus décisionnels.

Malgré certaines limites (taux de participation citoyenne, contraintes logistiques en terrain hivernal), les résultats obtenus offrent une base précieuse pour orienter la gestion adaptative du littoral du lac Saint-Pierre. Ils montrent que la glace ne peut être pensée uniquement comme un aléa ou un obstacle, mais doit aussi être reconnue comme une composante écologique et sociale structurante des milieux fluviaux.

Recommandations

- Intégration des **savoirs locaux et des représentations sociales** dans les processus de planification et de gestion du territoire
- Renforcement des **collaborations inter-institutionnelles** autour de la gestion de la glace, des inondations et des herbiers
- Soutien des **initiatives de science citoyenne**, tout en diversifiant les modes d'engagement adaptés aux réalités locales
- Poursuite du développement d'**outils de télédétection et de modélisation** croisant variables physiques et écologiques dans une perspective de conservation dynamique

Ce projet souligne l'importance d'une approche inclusive et transversale pour mieux comprendre et gouverner les milieux aquatiques en transformation.

Transfert et valorisation des connaissances - Publications

Mémoires

- Dave Mongrain (2025). Investigation géophysique de la phénologie de la glace et de ses impacts sur la végétation aquatique submergée au lac Saint-Pierre. Mémoire de Maîtrise, UQTR. Dépôt prévu pour l'été 2025.
- Gabrielle Crête (2025). Représentations locales au lac Saint-Pierre. regard sur les glaces, les inondations et les plantes aquatiques. Mémoire de Maîtrise, UQTR. Dépôt prévu pour l'été 2025.

Articles

- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Dave Mongrain, Andrea Bertolo et Christophe Kinnard (à soumettre). Lake ice phenology in a large fluvial lake: spatio-temporal variability and back calculation of past trends. *Remote Sensing*.

Transfert et valorisation des connaissances – Couverture médiatique

- Publication dans la revue *Neo* de l'UQTR : Recherches hivernales sur le lac Saint-Pierre: étudier les liens entre glace, plantes aquatiques et inondations. <https://neo.uqtr.ca/2022/03/10/recherches-hivernales-sur-le-lac-saint-pierre-etudier-les-liens-entre-glace-plantes-aquatiques-et-inondations/>
- Émission à la Semaine verte (Radio-Canada) du 11 mars 2023 : Plantes et glace, un mariage réussi? <https://ici.radio-canada.ca/tele/la-semaine-verte/site/segments/reportage/435355/herbiers-glace-recherche>

Transfert et valorisation des connaissances – Autres activités

- Rencontre d'information et d'échange avec les citoyen.nes : « 5 à 7 de transfert de connaissances : Mon Pays c'est l'Hiver ». Base de plein-air Ville-Joie (Trois-Rivières, Qc), 20 avril 2023. Présentations par François de Granpré, Gabrielle Crête, Hugo Piquemal et Andrea Bertolo.
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2024) La phénologie de la glace au Lac Saint-Pierre. Présentation à la Section hydrodynamique et écohydraulique des Services hydrologiques nationaux d'Environnement et Changements Climatique Canada. Québec (QC), octobre 2024.

Présentations scientifiques

- Dave Mongrain, Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2023) Relation entre la phénologie de la glace et la végétation aquatique submergée du lac Saint-. Affiche. Forum 2023 de la Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre, 22-23 novembre 2023, Trois-Rivières (QC).
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2023) Relationship between lake ice phenology and submerged aquatic vegetation in the lake Saint-Pierre. Affiche. Symposium annuel du Gril, février 2023, Montréal (QC).
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2023) The challenges and potential of lake ice detection using Sentinel-2: applications to a fluvial lake. Affiche. Congrès 2023 de l'Association Québécoise de Télédétection, octobre 2023, Trois-Rivières (QC).
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Dave Mongrain, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2024) Combining Sentinel-2 and MODIS to classify lake ice: application to analyze the ice-aquatic vegetation relationship. Affiche. Society of Canadian Aquatic Sciences, février 2024, Fredericton (NB).

Transfert et valorisation des connaissances – Autres activités

- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Dave Mongrain, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2024) Is the ice phenology of lake Saint-Pierre changing over time? La phénologie de la glace du lac Saint-Pierre change t-elle dans le temps? Affiche. Symposium annuel du Gril, mars 2024, Orford (QC).
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Dave Mongrain, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2025) La phénologie de la glace comme indicateur des changements climatiques: le cas du lac Saint- Pierre – Affiche. Congrès du Centre d'études nordiques, février 2025, Trois-Rivières (QC).
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Dave Mongrain, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2025) La phénologie de la glace comme indicateur des changements climatiques: le cas du lac Saint- Pierre. Affiche. Symposium annuel du Gril, mars 2025, Orford (QC).
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Andrea Bertolo, Christophe Kinnard (2025). La phénologie de la glace au Lac Saint-Pierre: Est-ce qu'il subit les effets du changement climatique ? Présentation orale. Centre de Recherche RIVE (UQTR), février 2025, Trois-Rivières (QC).
- Rodrigo Felipe Bedim Godoy, Christophe Kinnard, Arthur de Grandpré, Martin Laporte, Rémy Pouliot, Jean Morin, Patrice Fortin, Andrea Bertolo (2025) Remote sensing of submerged aquatic vegetation in an optically complex fluvial lake using Sentinel-2 and Google Earth Engine. Affiche. 17th Conference of the International Aquatic Plants Group (IAPG), 15-19 septembre 2025, Lisbonne (Portugal).

Retombées et prolongements - Formation de la relève

- **Wendy Landay** (baccalauréat, UQTR) — Stage de recherche (12 mois) sous la supervision de François de Grandpré (UQTR).
- **Ugo Piquemal** (baccalauréat, UQTR) — Stage de recherche (4 mois) sous la supervision de François de Grandpré (UQTR).
- **Dave Mongrain** (maîtrise en sciences de l'environnement, UQTR) — Projet de recherche (24 mois) sous la direction de Christophe Kinnard (UQTR), Erwan Gloaguen (INRS) et Andrea Bertolo (UQTR). Diplôme obtenu en 2025.
- **Gabrielle Crête** (maîtrise en sciences de l'environnement, UQTR) — Projet de recherche (24 mois) sous la direction de Julie Ruiz (UQTR) et Laurie Guimond (UQAM). Diplôme attendu en 2025.
- **Rihab Brik** (maîtrise en génie hydraulique, INRS-ETE) — Projet de recherche en cours (13 mois) sous la direction de Saeid Homayouni (INRS) et Alexandre Roy (UQTR). *Titre du mémoire : Phénologie de la glace au lac Saint-Pierre par la télédétection radar.*
- **Rodrigo Felipe Bedim Godoy** (doctorat en sciences de l'environnement, UQTR) — Projet de recherche en cours (33 mois) sous la direction d'Andrea Bertolo (UQTR) et Christophe Kinnard (UQTR). *Titre de la thèse : Relationship between lake ice phenology and submerged aquatic vegetation in Lake Saint-Pierre.*
- **William Plante** (maîtrise en sciences de l'environnement, UQTR) — Projet abandonné après 8 mois.

Retombées et prolongements - Suite et autres projets financés

Ce projet a permis d'obtenir deux sources de financement supplémentaires :

- UQTR (2023): 5420 \$. Planification stratégique - Appel à projets 2023-2024
- MELCCFP (2024) : 39 000 \$. Complément pour bourse doctorale (Rodrigo Felipe Bedim Godoy)

Le volet en sciences sociales qui porte sur les représentations et les connaissances des gestionnaires qui gravitent autour du lac Saint-Pierre, ainsi que sur leurs rapports réciproques, est toujours en cours.

Trois volets en sciences naturelles sont également en cours et devraient faire l'objet de publications scientifiques :

- relations entre phénologie de la glace et la végétation aquatique submergée entre les années 1980 et 2020;
- relations entre variations dans le couvert glaciaire, la végétation aquatique submergée et le risque d'inondation;
- calibration d'un modèle prédictif de la phénologie de la glace basé sur l'imagerie radar.