AVIS DE NON-RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été modifié par rapport à son format web original.

Évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent et la rivière Saguenay – Projet pilote

David Beauchesne, Cindy Grant, Philippe Archambault

2023-04-06

Université Laval

David Beauchesne, Ph.D.

Chercheur postdoctoral

david.beauchesne@hotmail.com

Cindy Grant

Professionnelle de recherche

cindy.grant@bio.ulaval.ca

Philippe Archambault
Professeur
philippe.archambault@bio.ulaval.ca

Transports Canada

Catherine Guillemette
Conseillère principale en environnement
catherine.guillemette@tc.gc.ca

Citation

Beauchesne D, Grant C, Archambault P (2022) Évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent et la rivière Saguenay – Projet pilote. Réalisé pour Transports Canada.

Sommaire

Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent (PASL), le Gouvernement du Canada et le Gouvernement du Québec collaborent depuis 2018 à la conception d'un cadre commun d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent et le Saguenay de concert avec les Premières Nations, divers acteurs du milieu maritime et les collectivités côtières. Une équipe de l'Université Laval a été mandatée afin d'entreprendre

une évaluation pilote des effets cumulatifs. L'objectif du projet pilote était de proposer et de mettre à l'essai un cadre méthodologique d'évaluation des effets cumulatifs au sein d'une zone d'étude qui couvre le Saint-Laurent (tronçon fluvial et estuaire) et la rivière Saguenay (partie en eau profonde). Ce projet pilote se concentre sur l'évaluation des effets cumulatifs de 7 stresseurs environnementaux issus des activités maritimes sur 5 composantes valorisées identifiées au préalable lors d'activités de concertation et d'ateliers de travail avec des experts du milieu et les collaborateurs identifiés précédemment.

La méthode sélectionnée afin d'évaluer les effets cumulatifs des activités maritimes au sein de la zone d'étude provient de Halpern et al. (2008) et requiert trois types de données : 1) la présence ou l'absence cartographiée des composantes valorisées, 2) la distribution spatiale et l'intensité relative des stresseurs environnementaux et 3) la vulnérabilité relative de chaque composante valorisée à chaque stresseur. La méthode proposée combine ces trois éléments afin d'obtenir des prédictions d'effets cumulatifs relatifs et spatialement explicites.

Dans le cadre de la présente évaluation, le rassemblement des données nécessaires à l'application de la méthode d'évaluation des effets cumulatifs correspond au portrait de la zone d'étude. La caractérisation des stresseurs environnementaux a été obtenue à partir de l'intégration de 21 bases de données et résulté en la description de 7 stresseurs divisés en 26 sous-catégories : ancrage (1); dragage (3); déversements accidentels (3); naufrage (1); navigation (11); pollution maritime (1); pêche commerciale (6). La caractérisation des composantes valorisées a quant à elle été effectuée à partir de l'intégration de 43 bases de données et résulté en la description de 4 composantes valorisées divisées en 83 sous-catégories : habitats (26); intégrité des berges (4); mammifères marins (9); sites d'intérêt (44). Enfin, une approche combinant divers métriques d'exposition et de sensibilité – *e.g.* fréquence des stresseurs, impacts trophiques, résistance, résilience, statut légaux – a été utilisée afin de caractériser la vulnérabilité relative de l'ensemble des catégories de composantes valorisées à l'ensemble des catégories des stresseurs environnementaux.

Nous présentons ici les constats généraux issus de l'évaluation des effets cumulatifs en points de forme. Des constats additionnels sont présentés au sein du rapport et pourraient également être faits en explorant davantage les résultats obtenus; nous invitons le lecteur à s'attarder à la section 5 du rapport pour davantage d'informations et à explorer les figures qui y sont présentées plus en détails. L'ensemble des données consultées et utilisées pour l'évaluation des effets cumulatifs peuvent également être consultées à l'annexe 1 et les mises à jour à l'évaluation qui ont été effectuées sont détaillées à l'annexe 10.

- **Distribution des stresseurs environnementaux issus des activités maritimes**
  - L'ensemble de la zone d'étude est exposé aux stresseurs environnementaux;
  - Les grandes villes portuaires et la voie navigable sont particulièrement exposées aux stresseurs cumulés;
  - La navigation et la pollution maritime sont les stresseurs les plus répandus dans la zone d'étude.

- **Distribution des composantes valorisées**
  - L'ensemble de la zone d'étude est couverte par une ou plusieurs composantes valorisées;
  - Les milieux côtiers présentent une diversité plus importante de composantes valorisées;
  - La région du lac Saint-Pierre est particulièrement riche en composantes valorisées;
  - Dans le secteur maritime, l'embouchure de la Rivière Saguenay présente la plus grande diversité de composantes valorisées.

- **Distribution des effets cumulatifs**
    - L’entièreté de la zone d’étude est affectée par les effets cumulatifs des activités maritimes à divers niveaux d’intensité;
    - Les effets cumulatifs sont particulièrement intenses et concentrés au sein du secteur fluvial; les effets y sont plus intenses dans les régions de Québec et du sud de l’Île d’Orléans, du lac Saint-Pierre et du chenal de navigation entre Trois-Rivières et Montréal;
    - Les effets cumulatifs sont plus diffus au sein du secteur maritime; les effets les plus intenses sont situés à l’embouchure de la Rivière Saguenay.
-

- **Stresseurs environnementaux les plus importants**
    - La navigation et la pollution maritime ont les effets prédits les plus importants à l’échelle régionale puisqu’ils sont les stresseurs les plus répandus au sein de la zone d’étude;
    - Les pêches commerciales affectent certaines catégories de composantes valorisées plus intensément, comme plusieurs sites d’intérêt et des habitats du milieu fluvial et les gisements coquilliers du milieu maritime. La pêche commerciale en milieu fluvial semble avoir un effet global supérieur aux activités de pêche en milieu maritime, sans doute dû à l’étendue spatiale restreinte du secteur fluvial comparativement à celui du secteur maritime;
    - Les sites d’ancrage, les déversements accidentels et les activités de dragage ont des effets localisés sur certaines composantes valorisées. Ces stresseurs, bien que moins répandus, ajoutent leurs effets à ceux de la navigation et de la pollution maritime et sont généralement présents au sein des milieux qui sont les plus affectés par les effets cumulatifs (*e.g.* lac Saint-Pierre).
-

- **Composantes valorisées les plus affectées**
    - Les sites d’intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques sont particulièrement exposés aux effets des activités maritimes. Bien que ce résultat soit attendu considérant leur vulnérabilité élevée, ce constat demeure important et témoigne du chevauchement important entre les sites

d’intérêt pour les Premières Nations et les activités maritimes dans la zone d’étude;

- Les sites d’intérêt des Premières Nations situés au sein du secteur fluvial sont davantage exposés aux effets cumulatifs des activités maritimes dû à la concentration des effets au sein de ce milieu;
- L’intégrité des berges au sein du secteur fluvial est particulièrement affectée par la navigation, et ce particulièrement au sein du lac Saint-Pierre;
- Les habitats considérés sont affectés par une diversité importante de stresseurs environnementaux et il y a une diversité importante au niveau des effets totaux prédits entre les différents types d’habitats;
- Bien que les mammifères marins semblent moins affectés que les autres composantes valorisées par les effets cumulatifs des activités maritimes, il est important de considérer la large répartition spatiale de ces espèces au sein du secteur maritime de la zone d’étude. Les effets cumulatifs sur les mammifères marins sont plutôt localisés au niveau de l’embouchure de la Rivière Saguenay.

- **Régions administratives les plus affectées**
  - Les régions administratives du secteur fluvial sont les plus affectées par les effets cumulatifs des activités maritimes, un constat particulièrement important pour la Montérégie et le Centre-du-Québec. Ces effets sont influencés majoritairement par la navigation marchande (e.g. pétrolier, cargaison sèche, cargo et porte-conteneurs), la pêche commerciale et la pollution maritime;
  - La Côte Nord est la région administrative la plus affectée au sein du secteur maritime, principalement dû aux effets de la navigation sur les mammifères marins.

1 Contexte

Dans le cadre du Plan d’action Saint-Laurent (PASL), le Gouvernement du Canada et le Gouvernement du Québec collaborent depuis 2018 à la conception d’un cadre commun

d’évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent et le Saguenay de concert avec les Premières Nations, divers acteurs du milieu maritime et les collectivités côtières.

À titre de co-responsable du projet, Transports Canada a mandaté une équipe de l’Université Laval afin de proposer et de mettre à l’essai un cadre méthodologique d’évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent (tronçon fluvial et estuaire) et la rivière Saguenay (partie en eau profonde), appliqué sur une première série de données. Dans le contexte de ce projet pilote et collaboratif, les activités maritimes considérées incluent les navires commerciaux, les bateaux de croisières, les traversiers, les bateaux de pêche et les embarcations de plaisance; la localisation, l’intensité et/ou le mouvement de ces diverses activités pouvant être des sources de stress environnementaux. L’analyse a permis de caractériser et cartographier certaines composantes valorisées ciblées par l’étude, d’évaluer la vulnérabilité de ces composantes à de multiples facteurs de stress liés aux activités maritimes, et finalement d’évaluer les effets cumulatifs à partir de la cartographie produite.

Cette étude a été réalisée à partir de données actuellement disponibles sur les activités maritimes du secteur à l’étude ainsi que de données environnementales, culturelles et traditionnelles collectées auprès des divers participants. De plus, elle implique la mise en commun d’expertise, des discussions sur la méthodologie et son application au cas du Saint-Laurent/Saguenay ainsi que la diffusion des résultats.

Ce projet permettra le développement de nouvelles connaissances sur les effets cumulatifs potentiels des activités maritimes et une compréhension commune de ceux-ci. Il favorisera une cohérence dans l’élaboration et la mise en oeuvre de stratégies d’atténuation des effets cumulatifs de la navigation et permettra d’enrichir la réflexion pour la prise de décision.

2 Portée et objectifs de l'évaluation

Une évaluation des effets cumulatifs vise à établir les effets de multiples stresseurs environnementaux sur la viabilité de récepteurs environnementaux d'intérêt, communément appelés composantes valorisées (Beanlands and Duinker, 1983; Sinclair et al., 2017). En plus de l'importance des processus de concertation et de mobilisation des divers collaborateurs, une évaluation d'effets cumulés inclut généralement les étapes suivantes, sans toutefois s'y limiter:

1. Identifier, impliquer et communiquer avec les parties prenantes de l'évaluation, et ce à toutes les étapes de la démarche
2. Définir la portée de l'évaluation
    - Établir les objectifs de l'évaluation
    - Définir les limites spatiales et temporelles de la zone à l'étude
    - Identifier les activités préoccupantes et les stresseurs environnementaux qui en découlent
    - Identifier et prioriser les composantes valorisées sur lesquelles l'évaluation doit être effectuée
3. Établir un portrait de la zone à l'étude
    - Caractériser l'intensité, l'étendue et la fréquence des activités et stresseurs environnementaux.
    - Caractériser les composantes valorisées
    - Évaluer la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux
4. Analyse des effets cumulés
5. Diagnostic de l'analyse
    - Répartition spatiale des effets cumulatifs
    - Exploration détaillée de l'effet des stresseurs environnementaux sur les composantes valorisées
    - Identifier les sources d'incertitude et les lacunes en connaissances
6. Mise en place de processus décisionnels
    - Identifier et mettre en place des mesures de gestion
    - Identifier des mesures d'atténuation

7. Suivi et gestion adaptative

L'identification et l'implication des parties prenantes (1) et la définition de la portée de l'évaluation (2) ont été définies en amont du déclenchement des travaux présentés au sein de ce rapport à travers divers processus de concertation, de mobilisation et d'ateliers de travail organisés par Transports Canada et les membres du comité du Plan d'Action Saint-Laurent (PASL). Ces processus ont permi de considérer les préoccupations des Premières Nations, des communautés côtières et de diverses parties prenantes du projet en vue d'établir la portée de l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d'étude, *i.e.* d'identifier les stresseurs environnementaux et les composantes valorisées à considérer pour l'évaluation. À la lumière de ces processus, le projet pilote présenté par ce rapport se concentre sur le portrait de la zone à l'étude (3), l'analyse des effets cumulatifs (4) et l'évaluation critique de l'analyse (5). Les étapes 6 et 7 ne font pas partie de cette évaluation. Les prochaines sections du rapport présentent les étapes couvertes par le contrat.

2.1 Objectifs

L'objectif général du projet pilote est de développer une méthodologie d'analyse et d'effectuer une évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent (tronçon fluvial et estuaire) et la rivière Saguenay (partie en eau profonde) au Québec. Plus spécifiquement, les objectifs du projet pilote sont de :

- Caractériser l'intensité et la distribution spatiale d'activités maritimes et des stresseurs environnementaux résultants ciblés du Saint-Laurent et du Saguenay;
- Caractériser la structure spatiale de certaines composantes valorisées ciblées du Saint-Laurent et du Saguenay;
- Évaluer la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux;
- Évaluer les effets cumulatifs des stresseurs environnementaux sur les composantes valorisées dans le Saint-Laurent et le Saguenay

2.2 Portée spatiale et temporelle

La région visée par l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes couvre le Saint-Laurent fluvial et l'estuaire du Saint-Laurent entre l'ouest de Montréal – *i.e.* près de Châteauguay et Dorval – et Pointe-des-Monts sur la côte nord et Cap-Chat sur la rive sud, et la partie en eau profonde du Saguenay de son embouchure sur le Saint-Laurent jusqu'à Saint-Fulgence (Figure 2.1). La zone d'étude a été délimitée en combinant la classification des rivages du Québec et du Fleuve Saint-Laurent (Sergy, 2008) et les bases de données topographiques du Québec (BDTQ) à l'échelle 1/20 000 (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2021a). Une grille d'étude constituée de cellules de 1 km^2 a été construite à partir de la délimitation de la zone d'étude en y ajoutant une zone de tampon de 2.6 km (Figure 2.1). Cette zone tampon a été ajoutée afin de s'assurer que tous les milieux aquatiques et marins étaient couverts par la grille résultante. Le code et les données décrivant la zone d'étude sont disponibles par le dépôt GitHub dédié à la délimitation de la zone d'étude (https://github.com/EffetsCumulatifsNavigation/ZoneEtude).

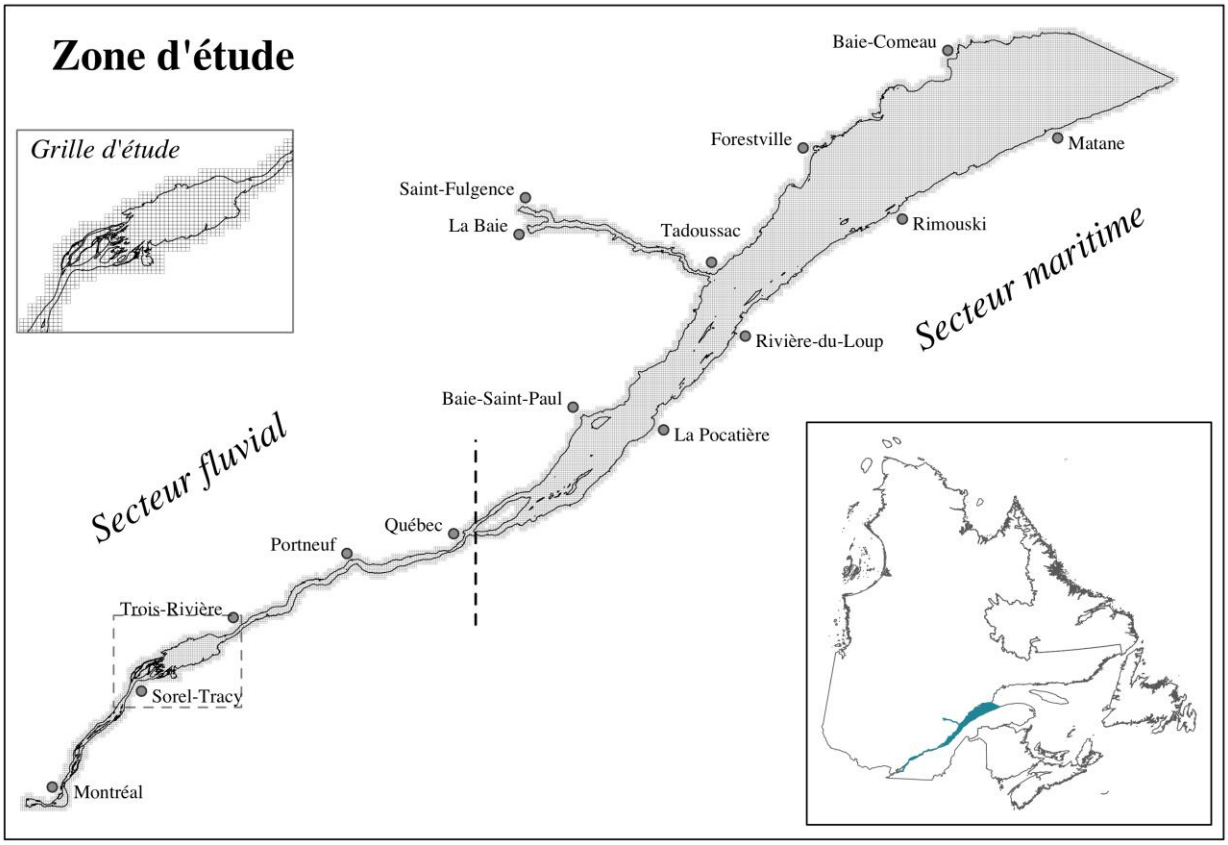


Figure 2.1: Délimitation de la zone d'étude pour le projet pilote d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay

Les limites temporelles de l'étude sont définies par la disponibilité des données permettant d'effectuer l'évaluation des effets cumulatifs. Dans la majorité des cas, des données historiques demeurent indisponibles, limitant ainsi l'identification d'états de référence. Pour cette étude pilote, la recherche de données a ainsi été orientée vers une évaluation contemporaine des effets cumulatifs, c.-à-d. au cours des 5 à 10 dernières années selon les données disponibles; les données historiques permettant l'identification d'états de référence n'ont ainsi pas été utilisées. Il est toutefois important de noter que, lorsque disponibles, des données couvrant une période plus longue ont été utilisées (*e.g.* les activités de dragage; voir section 4.2.3).

2.3 Activités maritimes et stresseurs environnementaux

Les activités maritimes peuvent résulter en une variété de stresseurs environnementaux ayant le potentiel d'affecter l'intégrité des écosystèmes sociaux-écologiques exposés. Un stresseur environnemental est un processus d'origine naturelle ou anthropique pouvant perturber un milieu au-delà de ses limites de tolérance (Kappel et al., 2012). Dans le cadre de ce projet pilote, les stresseurs environnementaux correspondent plus particulièrement à tout processus issus des activités maritimes pouvant perturber divers composantes valorisées (voir section 2.4) au sein de la zone d'étude. Les activités maritimes incluent toute activité liée au transport maritime et effectué en milieu aquatique ou marin. Les activités maritimes incluent non seulement les navires commerciaux, mais aussi les bateaux de croisières, traversiers, bateaux de pêche, plaisanciers.

Il est important de noter que les stresseurs environnementaux affectant la zone d'étude et issus d'autres vecteurs comme les changements climatiques et la pollution d'origine terrestre ne sont pas considérés par la présente évaluation. Les infrastructures portuaires ne sont ainsi pas incluses au projet pilote. Toute mention de stresseurs environnementaux au sein de ce rapport cible ainsi spécifiquement les stresseurs environnementaux issus des activités maritimes, à moins d'indication contraire.

Il doit également être mentionné que bien que le terme stresseur suggère que les activités et processus décrits ont des effets négatifs, il n'en est rien; en effet, certaines activités peuvent n'avoir aucun effet sur les composantes valorisées considérées, ou même avoir des effets positifs. Considérer des activités en tant que stresseurs environnementaux ne constitue ainsi pas une supposition inhérente quant à leurs effets négatifs sur les composantes valorisées considérées.

Des ateliers de travail pré-datant le projet pilote ont permis d'identifier une série d'activités maritimes et divers stresseurs qui leur sont associés (Tableau 2.1). Cette liste a guidé le travail effectué afin de caractériser les stresseurs environnementaux dans la zone d'étude pour l'évaluation des effets cumulatifs.

Tableau 2.1: Activités maritimes et stresseurs environnementaux issus des activités maritimes identifiés lors d'ateliers de travail en amont du projet pilote et considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d'étude.

Activités maritimes	Stresseurs environnementaux
Dragage	Hydrologie, érosion, accumulation sédimentaire, contamination
Ancrages	Perturbation du substrat, lumière, bruit, espèces aquatiques envahissantes, emmêlement, agents pathogènes, vibrations
Échouements / Naufrages	Perturbation du substrat, débris, lumière, bruit, espèces aquatiques envahissantes, largage de cargaison
Rejets opérationnels	Espèces aquatiques envahissantes, hydrocarbures, produits chimiques, contaminants, émissions atmosphériques, eaux usées, agents pathogènes, salinité
Déversements accidentels	Déversement d'hydrocarbures/contaminants, largage de cargaison, émissions atmosphériques, bioaccumulation, perturbation du substrat
Déplacements (eau libre de glace)	Lumière, bruit, sillages/remous, espèces aquatiques envahissantes, agents pathogènes, vibrations, perturbation du substrat, érosion, collisions, déglaçage, emmêlement
Engins de pêche	Sillages/remous, perte de matériel

2.4 Composantes valorisées

Les composantes valorisées correspondent essentiellement aux éléments sociaux ou écologiques sur lesquels l'analyse des effets cumulatifs est effectuée. Dans le cadre du projet pilote, les composantes valorisées ont été identifiées au préalable lors d'activités de concertation et d'ateliers de travail avec des experts du milieu, des représentants autochtones et de multiples parties prenantes. Les composantes valorisées ont été sélectionnées séparément pour les secteurs fluvial (Montréal à Québec) et maritime (rivière Saguenay et l'estuaire) du Saint-Laurent (Tableau 2.2). Cette liste a guidé le travail effectué afin de caractériser les composantes valorisées identifiées dans la zone d'étude pour l'évaluation des effets cumulatifs.

Tableau 2.2: Composantes valorisées identifiées lors d'ateliers de travail en amont du projet pilote et considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d'étude.

Composantes valorisées	Secteur fluvial	Secteur maritime
Intégrité des berges	X	
Habitats	X	X
Mammifères marins		X
Qualité de l'eau	X	X
Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques	X	X

2.5 Limites et considérations particulières

La portée de l'évaluation impose certaines limites à la présente étude; nous présentons certaines de ces limites en amont du portrait et de l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes afin qu'un lecteur puisse faire une lecture éclairée des prochaines sections du rapport. Des limites supplémentaires relatives à la méthode utilisée, aux éléments du portrait de la zone d'étude et aux résultats de l'évaluation des effets cumulatifs sont également présentés à la section 6 du rapport.

Il est crucial de considérer que la portée de l'étude balise entièrement l'interprétation possible du portrait de la zone d'étude et des résultats de l'évaluation : *l'évaluation est entièrement contrainte par les limites spatiales et temporelles, par les stresseurs environnementaux et par les composantes valorisées considérés pour l'étude. Aucune interprétation débordant de cette portée ne peut être effectuée*. L'interprétation des résultats doit ainsi être faite en considérant la résolution, l'étendue, et la quantité d'éléments inclus à l'évaluation; toute interprétation qui déborde de ces paramètres est nécessairement erronnée.

La présente étude est une évaluation sectorielle des effets cumulatifs concentrée sur les activités maritimes liées à la navigation. En plus des activités maritimes, la zone d'étude est soumise à une variété de stresseurs environnementaux tels les changements climatiques et les stresseurs d'origine terrestre (*e.g.* Beauchesne et al., 2020). La présente évaluation ne peut ainsi être considérée comme représentative de l'ensemble des stresseurs environnementaux exerçant des pressions environnementales au sein de la zone d'étude.

Similairement, les composantes valorisées sélectionnées représentent une série de préoccupations identifiées par des experts et des communautés locales et diverses parties prenantes lors d'activités de concertation et de co-développements à l'origine de ce projet pilote. Ces préoccupations sont valides et importantes, mais elles ne peuvent être considérées représentatives de l'entièreté des composantes environnementales, sociales, culturelles, patrimoniales et archéologiques d'importance au sein de la zone d'étude. Il est donc important d'interpréter les résultats de l'évaluation uniquement dans le contexte des composantes valorisées identifiées. Par exemple, une intensité inférieure des activités maritimes sur les composantes valorisées au sein du secteur maritime ne peut être interprétée comme une absence d'effets environnementaux ou sociaux. Les résultats de l'évaluation seraient différents si des composantes valorisées différentes étaient considérées. Par exemple, une évaluation ne considérant que les mammifères marins aurait prédit des effets uniquement au sein du secteur maritime de la zone d'étude; ceci n'aurait pu être interprété comme une absence de pression environnementale au sein du secteur fluvial.

Il est également important de mentionner que l'étude est contrainte par la disponibilité et l'accessibilité aux données nécessaires à l'évaluation des effets cumulatifs. Puisqu'aucune nouvelle donnée n'était collectée dans le cadre de ce projet, le portrait de la zone d'étude représente une veille des connaissances de données disponibles et accessibles pour décrire les stresseurs et les composantes valorisées considérées. Dans certains cas, des données étaient indisponibles (*e.g.* rejets opérationnels de la flotte internationale, voir section 4.2.7), alors que dans certains cas elles étaient inaccessibles même si elles existent (*e.g.* pêche commerciale dans le secteur fluvial et bruit maritime; voir section 4.2.6). Certaines données sont également en cours d'acquisition à travers d'autres projets de caractérisation du milieu (voir section 6). Ces données, lorsque disponibles, pourront être ajoutées à l'évaluation des effets cumulatifs.

Enfin, la zone d'étude contraint le portrait présenté; le portrait est ainsi représentatif de la zone d'étude, et non des éléments qui y sont caractérisés. Par exemple, les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques identifiés par les Premières Nations s'étendent

bien au-delà des limites spatiales de la zone d'étude. Il serait donc faux de considérer que l'évaluation des effets cumulatifs capture l'ensemble des effets pressentis sur les sites d'intérêts pour les Premières Nations.

De plus, l'évaluation proposée est régionale et explicitement spatiale; elle a ainsi nécessité des données spatialisées à une échelle régionale ou qui pouvaient être rattachées à des éléments de la zone d'étude afin d'être incluses à l'évaluation. L'utilisation de données ponctuelles ne couvrant qu'une portion du territoire était ainsi difficile, tout comme l'ajout de considérations d'ordre sociales et culturelles comme l'attachement territorial. Ces considérations demeurent toutefois importantes et ont été considérées dans le cadre d'une autre étude parallèle effectuée par l'équipe de Roxane Lavoie de l'Université Laval intitulée Projet Cultures et Nations Saint-Laurent (voir section 6).

3 Évaluation des effets cumulatifs

3.1 Effets cumulatifs

L'évaluation des effets cumulatifs a pour racines la gestion des ressources naturelles et les processus d'évaluation d'impacts environnementaux (Halpern and Fujita, 2013) et fait partie de la législation de certains pays depuis déjà plusieurs décennies, dont les États-Unis (National Environmental Policy Act 40 CFR 1508.7, 1969), le Canada (Loi canadienne sur l'évaluation environnementale L.C. 1992, ch. 37, maintenant la Loi sur l'évaluation d'impact 2019 22 (1)a)(ii)), l'Australie, et divers pays européens (Halpern and Fujita, 2013). La littérature scientifique et la littérature grise[1] regorgent ainsi de publications fournissant des définitions, des cadres d'application, des guides de bonnes pratiques et des principes directeurs pour l'évaluation des effets cumulatifs dans le cadre d'évaluations d'impacts environnementaux (Hegmann et al., 1999; Krausman and Harris, 2011; *e.g.* Peterson et al., 1987). Il existe ainsi une variété importante de définitions et d'approches (Duinker et al., 2013; voir Therivel and Ross, 2007).

En son sens large, les effets cumulatifs sont définis par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2014) comme un *"changement dans l'environnement causé par les multiples interactions des activités humaines et des processus naturels qui s'accumulent dans le temps et l'espace"*. L'évaluation des effets cumulatifs est quant à elle définie comme une *"procédure systématique qui vise à identifier, à analyser et à évaluer les effets cumulatifs"*.

Ces définitions montrent bien la nature systématique des effets cumulatifs et de leur évaluation, c.-à-d. une gestion des écosystèmes et des interactions qui les structurent dans leur ensemble, incluant les aspects humains, connexe à la gestion écosystémique. (Christensen et al., 1996; Leslie and McLeod, 2007; Rosenberg and McLeod, 2005). Les effets cumulatifs sont toutefois définis en termes plus restrictifs dans les textes de politiques, de lois et de régulations (Jones, 2016). La loi canadienne sur l'évaluation environnementale de 1992 définit ainsi les effets cumulatifs comme suit:

"[…] les effets cumulatifs que [la] réalisation [d'un projet], combinée à l'existence d'autres ouvrages ou à la réalisation d'autres projets ou activités, est susceptible de causer à l'environnement".

Les processus d'évaluation des effets cumulatifs sont ainsi typiquement effectués avec une perspective par projet plutôt qu'avec une perspective systémique. Plusieurs scientifiques réclament ainsi l'utilisation d'approches régionales pour l'évaluation des effets cumulatifs (*e.g.* Dubé, 2003; Duinker and Greig, 2006; Jones, 2016; Sinclair et al., 2017). Le ministre de l'Environnement et du Changement climatique du Canada a d'ailleurs récemment autorisé, le 15 juillet 2021, une évaluation régionale de la région du fleuve Saint-Laurent à la suite d'une demande présentée par la Nation Mohawk de Kahnawà:ke en vertu de la *Loi sur l'évaluation d'impact*. Selon Sinclair et al. (2017), une évaluation régionale des effets cumulatifs peut être définie comme suit :

*"[Une évaluation régionale des effets] est une [évaluation environnementale] dont la principale et unique caractéristique distinctive est sa portée régionale et son accent sur

une compréhension des interactions entre les activités humaines et le monde naturel (*traduction libre*)."

À l'instar d'une approche par projet dans le cadre d'évaluation d'impacts environnementaux, l'approche régionale s'intéresse plutôt aux effets (*effect-based*) totaux et à la viabilité de récepteurs environnementaux d'intérêt, communément appelés composantes valorisées (Beanlands and Duinker, 1983; Sinclair et al., 2017). Plusieurs contraintes limitent son application en pratique, notamment la nécessité d'utiliser des mesures environnementales – *e.g.* variation du taux de mortalité d'une espèce en fonction d'un stresseur environnemental – afin d'établir les effets d'un ou de plusieurs stresseurs sur une composante valorisée. Ces types de mesures sont particulièrement difficiles à obtenir dans le cadre d'évaluation d'effets cumulatifs; elles rendent également forcément les évaluations réactives puisque les effets doivent être observés afin d'établir un lien significatif entre la présence d'un stresseurs et la dégradation d'une composante valorisée (Dubé, 2003). Une approche idéale permettrait plutôt de combiner les approches d'évaluations des effets cumulatifs basées sur les effets et sur les stresseurs (Dubé, 2003; Sinclair et al., 2017).

3.2 Méthode

Une étude menée par Halpern et al. (2008) a enclenché un pas majeur vers une évaluation systémique et spatialement explicite des effets cumulatifs des activités humaines sur les océans mondiaux en évaluant les effets cumulatifs de 17 stresseurs environnementaux sur 20 types d'écosystèmes marins. Cette étude a démontré que peu de milieux demeurent libres de l'empreinte des activités humaines et que la majorité des écosystèmes sont affectés par de multiples stresseurs environnementaux. Les mises à jour publiées par le même groupe en 2015 (Halpern et al., 2015) et en 2019 (Halpern et al., 2019) indiquent également un accroissement généralisé des effets cumulatifs sur les océans. En plus d'être utilisée à l'échelle globale, cette méthode a été utilisée à de mainte reprises dans différentes régions du globe afin de caractériser les effets cumulatifs, dont la Californie (Halpern et al., 2009), l'Arctique (Afflerbach et al., 2017; Andersen et al., 2015),

l'Océan Pacifique Canadien (Ban et al., 2010; Clarke Murray et al., 2015b, 2015a; Singh et al., 2020). Au moment d'écrire ces lignes, une évaluation appliquant une approche similaire est en cours pour la région pilote de Placentia Bay (Terre-Neuve-et-Labrador) dans le cadre de l'initiative nationale sur les effets cumulatifs du transport maritime de Transports Canada. Pêches et Océans Canada mène également une évaluation pour la région des maritimes et étudie l'applicabilité générale de l'approche en vue de caractériser les effets cumulatifs sur les océans canadiens.

3.2.1 Modèle général

La méthode développée par Halpern et al. (2008) permet de combiner la diversité des composantes valorisées, des stresseurs et des vulnérabilité de chaque composante valorisée à chaque stresseur. La méthode requiert trois types de données : 1) la présence ou l'absence cartographiée des composantes valorisées (CV_i), 2) la distribution spatiale et l'intensité relative (*i.e.* normalisée entre 0 et 1) des stresseurs environnementaux considérés (S_j) et 3) la vulnérabilité relative de chaque composante valorisée à chaque stresseur ($\mu_{i,j}$). Ces données sont ensuite incorporées au sein d'une grille constituée de cellules de tailles homogènes caractérisant la zone d'étude visée. Les prédictions d'effets cumulatifs (E_C) sont calculées pour chaque cellule (x) de la grille par la sommation de l'ensemble des effets individuels des stresseurs sur l'ensemble des composantes valorisées :

$$E_{C_x} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} C\,V_{i,x} * S_{j,x} * \mu_{i,j}$$

Cette méthode propose le calcul d'un indicateur relatif des effets cumulatifs afin de prédire les risques associés aux effets de plusieurs stresseurs environnementaux sur des composantes valorisées. Le terme relatif est central à la compréhension de la méthode d'évaluation proposée. Un indicateur **absolu** relèverait une variation de l'état des composantes valorisées face au cumul des stresseurs environnementaux, telle une diminution de la population de bélugas dans l'estuaire du Saint-Laurent en réponse au

cumul des stresseurs environnementaux. Un indicateur relatif permet plutôt de comparer les différents stresseurs environnementaux selon leur intensité au sein de la région étudiée et de leurs effets sur les composantes valorisées. Les résultats doivent ainsi être interprétés comme une probabilité de risque des activités maritimes sur les composantes valorisées considérées. Les résultats de l'évaluation des effets cumulatifs utilisant cette approche sont présentés à la section 5.4 du rapport.

Les prédictions d'effets cumulatifs calculés peuvent être déclinés afin d'évaluer la part relative des effets d'un seul ou de plusieurs stresseurs sur une ou plusieurs composantes valorisées (Figure 3.1). Par exemple, les prédictions d'effets cumulatifs pourraient être décomposées afin d'explorer les effets cumulatifs sur l'ensemble des mammifères marins, sur une seule espèce, ou encore afin d'identifier les régions où les mammifères marins sont le plus à risque dans la zone d'étude. Une exploration complète de l'ensemble des combinaisons stresseurs-composantes valorisées est possible (Figure 3.1); ceci offre la capacité d'analyser différents scénarios de gestion et de mener à des recommandations claires et ciblées afin d'optimiser et de prioriser des actions de gestion prises dans une région d'intérêt (Halpern et al., 2015). Elle offre également une approche flexible et quantitative pouvant intégrer différents types de données parfois difficilement comparables, comme des données biophysiques avec des connaissances qualitatives (Halpern et al., 2008, 2015; Halpern and Fujita, 2013).

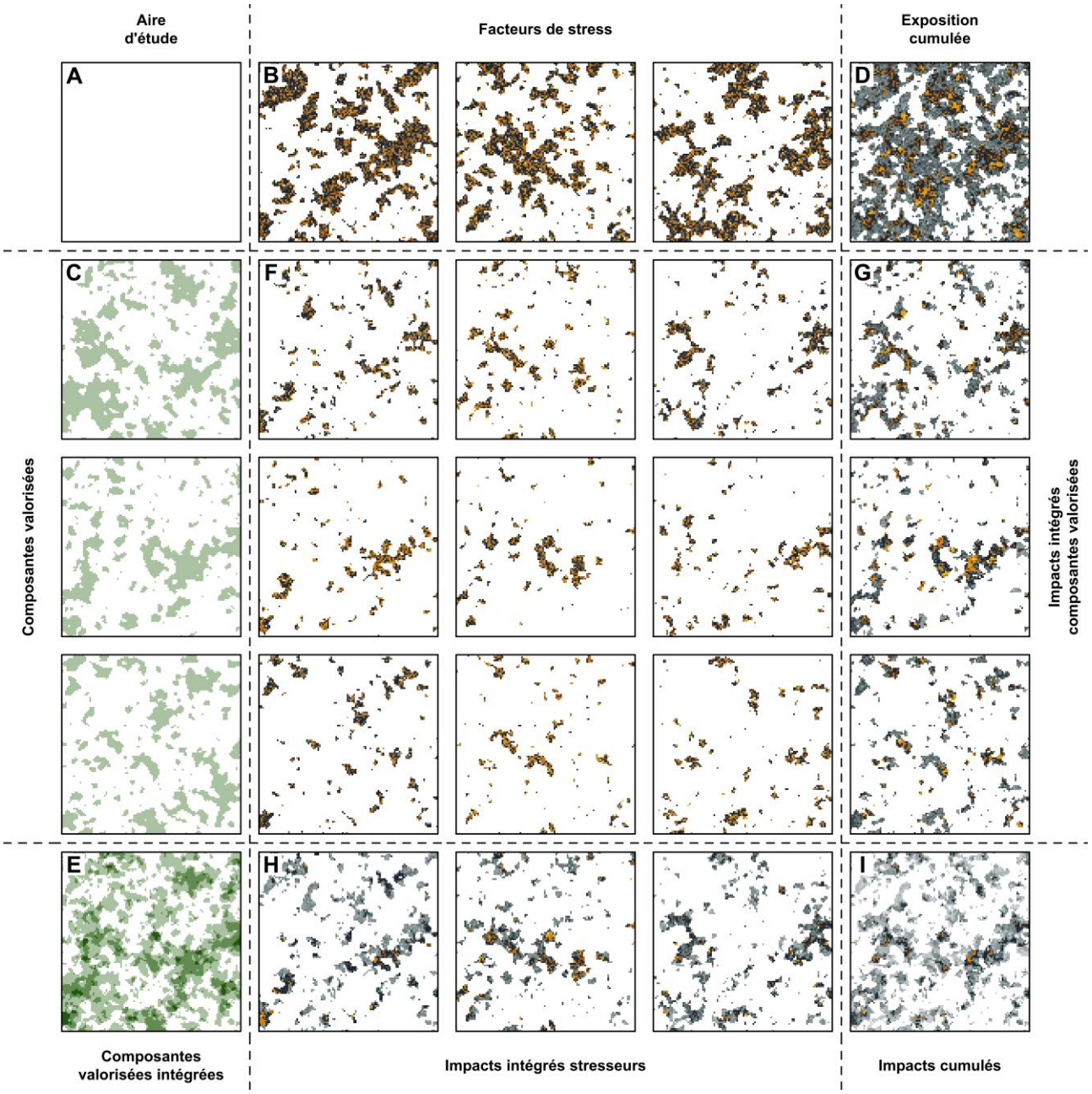


Figure 3.1: Exemple fictif d'évaluation spatiale des effets cumulatifs selon la méthodologie proposée par (Halpern et al., 2008). L'évaluation débute par la délimitation d'une zone d'étude d'intérêt (**A**). Un portrait de la zone d'étude est ensuite effectué en caractérisant la répartition des stresseurs environnementaux (**B**) et les composantes valorisées (**C**) permettant d'atteindre les objectifs de l'évaluation. La sommation de l'ensemble des stresseurs environnementaux permet d'identifier les milieux qui sont les plus exposés au cumul de stress, *i.e.* l'exposition cumulée (**D**). La somme des composantes valorisées, quant à elle, permet d'identifier les milieux de la zone d'étude où un plus grand nombre de

composantes valorisées se chevauchent (**E**). En combinant la répartition des stresseurs environnementaux et composantes valorisées ainsi que la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux, une évaluation relative d'effets individuels est obtenue (**F**). Il est possible d'évaluer l'impact de l'ensemble des stresseurs environnementaux sur une seule composante valorisée (**G**); similairement, il est possible d'évaluer l'impact d'un seul stresseur environnemental sur l'ensemble des composantes valorisées (**H**). La sommation de l'ensemble des impacts individuels fournit l'évaluation relative des effets cumulatifs intégrant l'ensemble des combinaisons entre stresseurs environnementaux et composantes valorisées (**I**).

3.2.2 Modèles partiels

Le modèle général d'évaluation des effets cumulatifs peut aisément être déconstruit en modèles partiels afin d'explorer des portions simplifiées de l'évaluation. Nous présentons ainsi trois indicateurs supplémentaires qui permettent d'explorer les résultats de l'évaluation.

3.2.2.1 Stresseurs et hotspots cumulés

Considérer uniquement la distribution spatiale et l'intensité relative des stresseurs environnementaux considérés (S_j) fournit une évaluation des stresseurs cumulés $E_{S,x}$ (Beauchesne et al., 2020), qui correspond au cumul de l'ensemble des stresseurs environnementaux S au sein de chaque cellule x considérés pour l'évaluation :

$$E_{S_x} = \sum_{j=1}^{m} S_{j,x}$$

L'évaluation des stresseurs cumulés des stresseurs environnementaux permet d'identifier les sites qui sont le plus exposés aux effets potentiels des stresseurs environnementaux considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs. Elle ne fournit pas d'évaluation des effets, puisqu'elle ne considère que les stresseurs, leur intensité et leur distribution. Elle

permet toutefois d'obtenir une évaluation des milieux qui sont le plus propices d'être affectés par les stresseurs dans notre zone d'étude.

Afin de limiter une surreprésentation de stresseurs composés de plusieurs sous-catégories, il est également possible de normaliser les valeurs d'intensité d'une catégorie de stresseur par le nombre de sous-catégories qui la compose. Par exemple, un stresseur composé de 10 catégories aurait un poids supérieur à un stresseur composé d'une seule catégorie. Afin de normaliser les valeurs d'intensité, il suffit de diviser l'intensité de ces sous-catégories par le nombre de sous-catégories, *e.g.* par 10 pour une catégorie composée de 10 sous-catégories.

À partir de l'évaluation des stresseurs cumulés, il est également possible d'obtenir une évaluation des hotspots de stresseurs cumulés, qui correspond à l'identification des milieux où les stresseurs environnementaux co-occurrent à haute intensité relative (Beauchesne et al., 2020). Les hotspots cumulés E_{H_x} est calculé au sein de chaque cellule de la grille d'étude et correspond à la somme des stresseurs dont l'intensité est contenue au sein de leur $80e$ percentile respectifs :

$$E_{H_x} = \sum_{j=1}^{m} \mathbb{1}\left(S_{j,x} \in P_{80,S_j}\right)$$

où P_{80,S_j} est le $80e$ percentile du stresseur j. Les résultats de stresseurs cumulés normalisés et non-normalisés et de hotspots cumulés sont présentés à la section 5.1.

3.2.2.2 Composantes valorisées cumulées

Considérer uniquement la présence ou l'absence cartographiée des composantes valorisées (CV_i) fournit une évaluation des composantes valorisées cumulées $E_{S,x}$, qui correspond au cumul de l'ensemble des composantes valorisées CV au sein de chaque cellule x :

$$E_{CV_x} = \sum_{i=1}^{n} C\,V_{i,x}$$

L'évaluation de l'empreinte cumulée permet d'identifier les milieux qui sont les plus riches en composantes valorisées. Tout comme l'évaluation des stresseurs cumulés, elle ne fournit pas d'évaluation des effets, puisqu'elle ne considère que les composantes valorisées. Elle permet toutefois d'obtenir une évaluation des milieux qui sont les plus importants pour les composantes valorisées dans la zone d'étude. La présence des composantes valorisées peut également être normalisée par le nombre de catégories de composantes valorisées afin d'éviter une surreprésentation de composantes valorisées composées de plusieurs catégories (voir section 3.2.2.1 précédente). Les résultats de composantes valorisées cumulées normalisées et non-normalisées sont présentés à la section 5.2.

3.2.2.3 Exposition cumulée

Le croisement de l'évaluation des stresseurs et des composantes valorisées cumulés fournit le troisième modèle partiel que nous présentons en complément du modèle global, *i.e.* l'exposition cumulée. L'exposition cumulée $E_{E,x}$ correspond au produit de l'intensité des stresseurs environnementaux $S_{j,x}$ et de la présence des composantes valorisées $CV_{i,x}$ au sein de chaque cellule x :

$$E_{E_x} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} C\,V_{i,x} * S_{j,x}$$

L'exposition cumulée fournit une évaluation des milieux où il y a un chevauchement plus important entre les composantes valorisées et les stresseurs environnementaux. Bien que cette métrique n'établit pas une prédiction de l'effet des stresseurs sur les composantes valorisées, elle permet d'identifier les milieux où les composantes valorisées sont le plus susceptibles d'être soumises aux effets des stresseurs environnementaux considérés. L'exposition cumulés permet également de délimiter l'ensemble des milieux où des effets cumulatifs pourraient survenir, puisqu'un chevauchement entre stresseurs et composantes

valorisées est nécessaire pour détecter un effet; en tant que tel, cette métrique capture une part importante des effets cumulatifs même si elle n'intègre pas la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs. Tout comme pour les stresseurs et composantes valorisées cumulés, l'exposition cumulée peut être normalisée par le nombre de catégories de stresseurs et de composantes valorisées afin d'éviter une surreprésentation de composantes valorisées composées de plusieurs catégories (voir section 3.2.2.1 précédente). Les résultats d'exposition cumulée normalisée et non-normalisée sont présentés à la section 5.3.

3.2.3 Stresseurs environnementaux

Dans le cadre d'évaluation d'effets cumulatifs, les stresseurs environnementaux issus d'activités humaines sont typiquement caractérisés en utilisant l'empreinte des activités elles-mêmes comme indice d'intensité des stresseurs (Beauchesne et al., 2020; *e.g.* Halpern et al., 2019). En tant que tel, le travail de caractérisation des stresseurs environnementaux vise une caractérisation directe des activités maritimes. De plus, chaque activité maritime est caractérisée par une empreinte unique et nécessite une approche appropriée afin de convenablement en capturer l'intensité et la distribution. Par exemple, une méthode pour caractériser la navigation ne serait pas appropriée pour caractériser les activités de dragage. Des approches individuelles ont ainsi été utilisées afin de caractériser les différents stresseurs environnementaux convenablement. De plus, certains stresseurs environnementaux peuvent être divisés en sous-catégories ayant une empreinte spatiale différente ou des effets différents sur les composantes valorisées. Par exemple, les traversiers n'utilisent pas les mêmes routes de navigation que les pétroliers, et la pêche au chalut n'affecte pas les écosystèmes de la même façon que la pêche au filet maillant. Nous avons ainsi divisé certains stresseurs en sous-catégories. La caractérisation des stresseurs environnementaux fait partie du portrait de la zone d'étude et est présentée à la section 4.2 du rapport; cette section présente les données et les approches utilisées pour caractériser les stresseurs environnementaux au sein de la zone d'étude.

La diversité des stresseurs environnementaux considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs nécessite également une transformation des données; en effet, une intensité de trafic maritime en nombre de transits de navigation ne peut être comparée directement à une intensité d'activité de dragage en m^3 de sédiments dragués. Tous les stresseurs sont ainsi normalisés entre 0 et 1 pour obtenir une valeur relative d'intensité et ainsi permettre une comparaison entre différents types de stresseurs. Le 99e quantile de la distribution d'intensité des stresseurs a été utilisé comme limite supérieure pour la normalisation des valeurs extrêmes (Halpern et al., 2019). Les catégories de navigation sont normalisées conjointement afin d'éviter d'attribuer des valeurs d'intensité relative supérieures à des types de navires pour lesquels le trafic est inférieur. Par exemple, une normalisation individuelle résulterait en une intensité maximale similaire pour une catégorie de navigation dont le trafic maximal est de 100 navires par km^2 et une autre dont le trafic maximal est de 1000 navires par km^2. Une normalisation jointe permet ainsi de conserver ces différences entre types de navires. Une transformation logarithmique est également appliquée aux données de stresseurs environnementaux afin d'éviter une sous-estimation de l'intensité des stresseurs à valeurs intermédiaires (Halpern et al., 2019).

3.2.4 Composantes valorisées

Les composantes valorisées sont typiquement caractérisées en présence-absence au sein de la grille d'étude, bien que certaines peuvent être caractérisées par une variable continue. Par exemple, les mammifères marins sont caractérisés afin de représenter la vraisemblance d'observer un mammifère marin plutôt que par une présence-absence. Ceci permet d'attribuer davantage d'importance aux milieux où les mammifères marins sont fréquemment observés. Tout comme les stresseurs environnementaux, les composantes valorisées peuvent également être divisées en sous-catégories afin de mieux capturer la diversité des composantes valorisées identifiées. La caractérisation des composantes valorisées fait partie du portrait de la zone d'étude et est présentée à la section 4.3 du rapport; cette section présente les données et les approches utilisées pour caractériser les composantes valorisées au sein de la zone d'étude.

3.2.5 Vulnérabilité

L'évaluation des effets cumulatifs nécessite une évaluation de la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux considérés (Kappel et al., 2012; Teck et al., 2010). D'ordre général, la vulnérabilité d'une composante valorisée est définie en fonction de son exposition (c.-à-d. la probabilité qu'un habitat sera soumis à un stresseur), de sa sensibilité (c.-à-d. le degré auquel un habitat sera affecté par un stresseur) et de sa capacité d'adaptation ou de sa résilience (c.-à-d. la capacité d'un habitat ou des éléments le composant à se rétablir suite à une perturbation) aux sources de stress (Halpern and Fujita, 2013; e.g. Metzger et al., 2005; Teck et al., 2010).

Plusieurs méthodes sont décrites dans la littérature scientifique afin d'évaluer la vulnérabilité d'attributs naturels à des perturbations naturelles ou anthropiques (Wilson et al., 2005). Par exemple, Foden et al. (2011) ont utilisé des valeurs empiriques de temps de rétablissement provenant de la littérature comme marqueur de vulnérabilité des habitats benthiques au Royaume-Uni afin d'appliquer la méthode de Halpern et al. (2008). Des lacunes majeures au niveau des données empiriques disponibles permettant de caractériser l'ensemble des combinaisons composantes valorisées-stresseurs sont toutefois notables et entravent l'utilisation d'une telle approche (Halpern et al., 2007; Teck et al., 2010). Ce type de connaissance peut être particulièrement difficile à obtenir et des équipes de recherche entières s'intéressent typiquement à la vulnérabilité d'une seule composante valorisée à une seule source de stress; pensons à la vulnérabilité des mammifères marins au bruit sous-marin. De plus, bien que la vulnérabilité de certaines composantes valorisées à certains stresseurs environnementaux soit bien documentée et permettrait une évaluation robuste des impacts environnementaux individuels, ce type de connaissance est rarement – voire jamais – disponible pour l'ensemble des combinaisons "composantes valorisées-stresseurs"; c'est pourtant une nécessité pour effectuer une évaluation d'effets cumulatifs.

Une approche qualitative faisant appel à l'opinion d'experts et/ou à la recherche bibliographique est ainsi généralement utilisée afin de générer une matrice de scores de

vulnérabilité relative pour toutes les composantes valorisées et les stresseurs inclus à l'évaluation d'effets cumulatifs (Halpern et al., 2007; Kappel et al., 2012; Teck et al., 2010). L'utilisation d'une méthode par consultation d'experts permet également de valoriser les expertises et les connaissances qui ne seraient autrement pas disponibles pour appuyer la gestion et la prise de décision (Teck et al., 2010; Wilson et al., 2005). Des critères visant à évaluer l'exposition, la sensibilité et les capacités adaptatives des composantes valorisées sont ainsi généralement sélectionnés et évalués qualitativement. Par exemple, l'exposition peut dépendre de l'étendue spatiale et de la fréquence d'une source de stress; la sensibilité d'une espèce peut être définie par les effets d'une source de stress sur sa reproduction; les capacités adaptatives peuvent être influencées par le statut vulnérable d'une certaine population animale. Ces critères peuvent varier selon les composantes valorisées sélectionnées puisque des critères applicables à une espèce (e.g. Maxwell et al., 2013) ne le seront pas nécessairement à un habitat (e.g. Teck et al., 2010). Les critères peuvent ainsi varier d'un groupe de composantes valorisées à l'autre; c'est d'ailleurs le cas pour les différentes composantes valorisées considérées pour l'évaluation de ce projet pilote.

Une évaluation qualitative de la vulnérabilité vise à évaluer chaque critère sélectionné afin d'obtenir une évaluation numérique par critère. Ces évaluations individuelles sont ensuite combinées et normalisées afin d'obtenir un score de vulnérabilité relative variant entre 0 – insensible – et 1 – très sensible – pour l'ensemble des combinaisons "composantes valorisées-stresseurs." Les prochaines sections décrivent comment la vulnérabilité des composantes valorisées aux sources de stress a été évaluée dans le cadre de la présente évaluation. La section 4.4 présente les données, les approches et les résultats de l'évaluation de la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d'étude.

---

1. La littérature grise correspond à des documents produits par des par diverses instances publiques, commerciales ou industrielles, soumis aux règles de la

propriété intellectuelle, et non contrôlés par le processus de révision par les pairs scientifiques.↩

4 Portrait de la zone d'étude

Les sections suivantes présentent le coeur du travail effectué en vue d'évaluer les effets cumulatifs des activités maritimes sur les composantes valorisées du Saint-Laurent et du Saguenay sélectionnées pour ce projet pilote, *i.e.* établir le portrait de la zone d'étude. Plus particulièrement, les prochaines sections détaillent l'approche préconisée pour la collecte et la gestion des données, présente la caractérisation des stresseurs environnementaux et des composantes valorisées au sein de la zone d'étude, et détaille l'évaluation de la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux.

4.1 Collecte et gestion des données

4.1.1 Collecte des données

Puisque ce projet pilote ne visait aucune collecte de nouvelles données, le portrait présenté représente une veille des connaissances actuelles permettant de caractériser les activités maritimes et les composantes valorisées au sein de la zone d'étude. La disponibilité et l'accessibilité des données a ainsi guidé le travail accompli. La collecte des données a été effectuée en collaboration avec les différentes parties impliquées aux projet ainsi qu'avec la collaboration et le soutien de Transports Canada et les membres du projet porté par le Plan d'action Saint-Laurent.

La collecte des données a débuté par l'envoie d'une liste à annoter à divers experts et parties impliquées au projet. Cette liste était constituée de sous-catégories stresseurs environnementaux et de composantes valorisées. Les participants étaient invités à identifier toutes bases de données connues permettant d'effectuer une caractérisation des

stresseurs et des composantes valorisées au sein de la zone d'étude, et d'identifier toutes autres sous-catégories ou bases de données jugées pertinentes au projet. Nous avons ensuite colligé les commentaires et suggestions et avons commencé les démarches en vue de collecter les données pertinentes à l'évaluation des effets cumulatifs.

Lorsque possible, les données ouvertement accessibles à partir de portails de données tels les plateformes de partage fédérale *Gouvernement ouvert* et provinciale *Données Québec*, ainsi que les ressources disponibles par l'*Observatoire Global du Saint-Laurent* (OGSL) ont été priorisées. À cet égard, des recherches ont été effectuées sur ces plateformes afin d'identifier des données pertinentes n'ayant pas été signalées par la liste partagée précédemment. En priorisant les données ouvertes, il sera plus aisé de reproduire et mettre à jour l'évaluation effectuée par ce projet pilote. L'annexe 1 présente l'ensemble des données qui ont été considérées pour l'évaluation. Les données y sont décrites et les données retenues pour l'évaluation y sont identifiées. Les données qui n'ont pas été retenues ont été conservées afin de documenter l'ensemble des données qui ont été explorées pour l'évaluation. Les données non incluses ont été laissées de côté parce qu'elles étaient couvertes par d'autres bases de données sélectionnées ou parce qu'elles ne répondaient pas un objectif spécifique de l'évaluation.

Une attention particulière a également été attribuée aux connaissances détenues par des experts disciplinaires, ainsi que par les divers collaborateurs participants. Nous avons ainsi échangé directement avec des personnes ressources afin de réviser les différentes sections du portrait de la zone d'étude caractérisant les stresseurs environnementaux et les composantes valorisées. Les personnes ressources ayant contribué à la révision de ces sections sont d'ailleurs remerciées spécifiquement au début des sections auxquelles elles ont contribué. Une liste des personnes ou organismes ressources pour ce projet est disponible à l'annexe 2.

La collaboration avec les Premières Nations a également été un élément important du projet afin d'assurer la valorisation des savoirs autochtones et des préoccupations des Premières Nations présentes au sein de la zone d'étude. Nous avons ainsi échangé avec des représentants des Premières Nations participantes en vue d'obtenir une

caractérisation spatiale de sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques. Davantage de détails sont disponibles à la section présentant les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques.

4.1.2 Gestion des données et reproductibilité

La gestion des bases de données visait à assurer la transparence et la reproductibilité de l'évaluation des effets cumulatifs. Nous basons notre approche sur les principes *FAIR* (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), qui visent à s'assurer que les données utilisées soient découvrables, accessibles, interopérables et réutilisables. Nous utilisons ainsi des outils de programmation, notamment le langage *R*[2]. L'utilisation d'outils de programmation, à l'instar de logiciels comme *ArcGIS*[3], offre plusieurs avantages. Ils offrent une grande souplesse permettant l'intégration de changements ou de nouvelles considérations très rapidement sans devoir refaire plusieurs étapes d'un processus complexe. Cette souplesse ne se limite pas aux analyses, puisque l'ensemble des étapes d'un projet, de l'intégration des données brutes à la production de rapports, peuvent être intégrées et ainsi facilement modifiées. Il devient alors aisé d'intégrer des commentaires ou de nouvelles recommandations suite à des processus de mobilisation, par exemple.

Nous avons également utilisé *GitHub*[4], un outil de contrôle de version qui permet la documentation, le contrôle de la qualité et l'historique du développement et des modifications des éléments de programmation pertinents à l'ensemble du projet. Nous avons créé une organisation nommée *EffetsCumulatifsNavigation*. L'ensemble des rapports rédigés et des séminaires offerts pendant le projet pilote y sont disponibles. Un dépôt public intitulé *ceanav* fait office de *compendium de recherche* et constitue le coeur de l'évaluation; un *compendium de recherche* est une collection de l'ensemble des parties d'un projet de recherche incluant le texte, les figures, les données et le code assurant la reproductibilité de l'étude. Une description détaillée de la structure du *compendium de recherche* de l'évaluation est disponible à l'annexe 3 et sur la page web du dépôt GitHub *ceanav*.

Sans inclure les données directement, le *compendium de recherche* de l'évaluation contient l'ensemble des ressources permettant d'accéder aux données brutes et de les transformer. Il contient également le code permettant de caractériser les stresseurs environnementaux et les composantes valorisées, d'effectuer les analyses, les figures, les tableaux et le rapport final. Seules les données à nature sensibles pour lesquelles des ententes de confidentialité ont été signées demeurent inaccessibles; ces dernières sont toutefois cataloguées au sein du rapport et des documents accompagnateurs afin qu'un utilisateur ou un lecteur puisse connaître le type et la provenance des données utilisées au sein des analyses, ainsi que les personnes ressources à contacter en vue d'obtenir davantage d'informations sur les données utilisées. Les données intégrées au sein de la grille d'étude et permettant d'effectuer l'évaluation des effets cumulatifs sont quant à elles ouvertement disponibles à travers le dépôt principal du projet pilote *ceanav*; nous travaillons également avec l'OGSL afin de les rendre disponibles sur leur portail.

Les bases de données qui ont été considérées pour l'évaluation sont identifiées par un identifiant unique de la forme ####; ces données sont décrites à l'annexe 1. Par exemple, la base de données 0001 correspond à un inventaire de la zostère marine (*Zostera marina*) pour la Baie James, la Baie des Chaleurs, l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (Pêches et Océans Canada, 2009). Ces identifiants uniques sont utilisés afin d'identifier, directement sur les figures, les bases de données qui ont été utilisées pour caractériser les catégories de stresseurs environnementaux et de composantes valorisées présentées aux sections 4.2 et 4.3; la liste des identifiants uniques peut être visualisée dans la marge inférieure droite de chaque figure. De plus, toutes les données et métadonnées incluses au *compendium de recherche* de l'évaluation utilisent ces identifiants uniques afin de faire référence aux bases de données considérées. Au total, 88 bases de données ont été considérées pour l'évaluation et sont accessibles à travers le *compendium de recherche*; de ce nombre, 64 ont été utilisées pour effectuer l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur les composantes valorisées sélectionnées. Consultez l'annexe 1 pour plus de détails sur ces bases de données. Tout comme pour les données, les différents organismes et experts consultés pour ce projet, ou dépositaires de bases de

données ouvertes utilisées, sont identifiés par un identifiant unique de la forme #### qui est disponible à l'annexe 2.

4.2 Stresseurs environnementaux

La caractérisation des stresseurs environnementaux dans la zone d'étude a résulté en la description de 7 stresseurs divisés en 26 sous-catégories qui sont considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes (Tableau 4.1). Les sections suivantes présentent les données, les méthodes et les résultats de l'intégration des données ayant permis la caractérisation des stresseurs environnementaux dans la zone d'étude.

Tableau 4.1: Liste des sous-catégories de stresseurs environnementaux considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay. Consultez l'annexe 1 pour plus de détails sur les sources de données.

Stresseurs environnementaux	Sous-catégories	Description	Source
Ancrage	Sites d'ancrage commerciaux	Distribution des sites d'ancrage pour la navigation commerciale	0070, 0071
Déversements accidentels	Hydrocarbures	Déversement d'hydrocarbures, e.g. carburant, diésel, pétrole, propane, huile hydraulique, etc.	0016
	Autres	Déversements autres que des hydrocarbures, e.g. des eaux de ballast, des déchets, de l'eau de cale, du charbon, de la matière organique, etc.	0016
	Contenu inconnu	Déversements dont le contenu est inconnu	0016
Dragage	Sites de dragage	Sites de dragage d'entretien, i.e. dragage plus ou moins régulier de la voie navigable afin de maintenir des conditions sécuritaires pour la navigation.	0018, 0019, 0046, 0048, 0052, 0069
	Sites de dépôts	Sites de dépôt en milieu aquatique ou marin des sédiments dragués lors	0018, 0019, 0046, 0048, 0069

Stresseurs environnementaux	Sous-catégories	Description	Source
		d'opération de dragage d'entretien ou de capitalisation.	
	Dragages de capitalisation prévus	Sites de dragage de capitalisation prévus, i.e. dragage visant à approfondir et élargir la voie de navigation.	0049, 0050
Naufrage	Sites de naufrages répertoriés	Épaves échouées ou submergées de navires commerciaux et récréatifs.	0062
Navigation	Cargo	Trafic maritime de navires de commerce transportant des marchandises sous diverses formes.	0020, 0021
	Porte-conteneurs	Trafic maritime de navires de commerce transportant des marchandises exclusivement dans des conteneurs de transport.	0020, 0021
	Cargaison sèche	Trafic maritime de navires de commerce transportant des marchandises en vrac, e.g. du grain et du charbon.	0020, 0021
	Gouvernement / recherche	Trafic maritime de navires gouvernementaux et de navires de recherche, tels des embarcations militaires, des navires de patrouille de la Garde côtière et des navires de recherche scientifique.	0020, 0021
	Observation mammifères marins	Activités d'observation en mer des mammifères marins sur des embarcations avec permis de classe 1.	0028
	Passager / traversier / roulier	Trafic maritime de navires dédiés au transport de passagers, et de traversiers transportant des passagers et/ou des véhicules.	0020, 0021
	Navires de plaisance	Trafic maritime de navires récréatifs.	0020, 0021
	Navires spéciaux	Trafic maritime de navires divers tels des dragueurs, des poseurs de câbles, des plateformes, des navires de forage, etc.	0020, 0021

Stresseurs environnementaux	Sous-catégories	Description	Source
	Pétrolier	Trafic maritime de navires transportant des produits pétroliers en vrac.	0020, 0021
	Remorqueur / port	Trafic maritime de navires remorqueurs.	0020, 0021
	Navigation portuaire	Activités de navigation qui ont lieu près des installations portuaires telles les ports et les marinas.	0041, 0047
Pêche commerciale	Démersale destructive, prises accessoires élevées	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche démersaux pouvant causer des dommages aux habitats ou au substrat, e.g. chalut et drague.	0033, 0034, 0035
	Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche démersaux avec peu ou en l'absence de prises accessoires et ne causant aucune modification des habitats, e.g. la pêche en plongée sous-marine.	0033, 0034, 0035
	Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche démersaux avec d'importantes prises accessoires et ne causant aucune modification des habitats, e.g. casier et senne.	0033, 0034, 0035
	Pélagique prises accessoires faibles	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche pélagiques avec peu ou en l'absence de prises accessoires et ne causant aucune modification des habitats, e.g. pêche à la ligne, senne bourse.	0033, 0034, 0035
	Pélagique prises accessoires élevées	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche pélagiques avec d'importantes prises accessoires et ne causant aucune modification des habitats, e.g. filet maillant et palangre.	0033, 0034, 0035
	Pêches commerciales au	Activités de pêches commerciales à l'aide de	0083

Stresseurs environnementaux	Sous-catégories	Description	Source
	sein du secteur fluvial	verveux au printemps, à l'été et à l'automne, caclculé en nombre moyen de verveux déployés par jour au sein de segments divisant la section fluviale de l'aire d'étude.	
Pollution maritime	Pollution maritime	Pollution reliée aux activités de navigation telles que la navigation commerciale et la pêche. Les stresseurs associés peuvent être des rejets opérationnels, des déchets, des débris, de l'eau de ballast, etc.	0018, 0019, 0020, 0021, 0028, 0033, 0034, 0035, 0041, 0046, 0047, 0048, 0049, 0050, 0052, 0069, 0070, 0071, 0083

4.2.1 Ancrages

Nous remercions la Garde côtière canadienne et Corinne Berthold pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0070, 0071****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les sites d'ancrage ont été caractérisés grâce à l'intégration de deux bases de données provenant de la Garde côtière canadienne (Garde côtière canadienne, 2022) et du Service Hydrographique du Canada (Service Hydrographique du Canada, 2020). La base de données de la Garde côtière canadienne fournit la localisation des sites d'ancrage commerciaux provenant des fiches techniques de mouillage entre Les Escoumins et Montréal (Garde côtière canadienne, 2022). Puisque cette base de données ne couvre

pas l'entièreté de la zone d'étude, nous avons complété la caractérisation des sites d'ancrage à l'aide de la base de données du Service Hydrographique du Canada; cette dernière fournit la localisation des mouillages et des zones de mouillages dans les eaux navigables canadiennes (Service Hydrographique du Canada, 2020). Nous y avons sélectionné les mouillages et zones de mouillage à l'est des Escoumins afin de compléter le portrait de la zone d'étude. Il est important de mentionner que la couche de données résultante ne considère que la navigation commerciale et que les sites d'ancrage pour la navigation de plaisance n'y sont pas représentés.

Un total de 101 sites ont été répertoriés au sein de la zone d'étude. Pour caractériser l'intensité de ce stresseur environnemental, une zone tampon de 2 km a été tracée autour de chaque site d'ancrage. Le nombre de sites d'ancrage qui intersecte chaque cellule de la grille d'étude a ensuite été évalué afin d'obtenir une évaluation du nombre de sites (n) par km^2 ayant le potentiel d'influencer une cellule (n sites * km^{-2}). Cette caractérisation permet d'obtenir une évaluation du risque environnemental associé aux sites d'ancrage au sein de chaque cellule de la grille d'étude en assumant que les risques sont supérieurs lorsque plusieurs sites d'ancrage sont situés à proximité les uns des autres. Il est important de noter que nous ne caractérisons pas ici l'intensité d'utilisation de ces sites par les navires, mais bien la présence de sites d'ancrages. Une version mise à jour de ce stresseur pourrait viser à caractériser l'achalandage des sites d'ancrage; ce travail n'a toutefois pu être effectué dans le cadre de ce rapport.

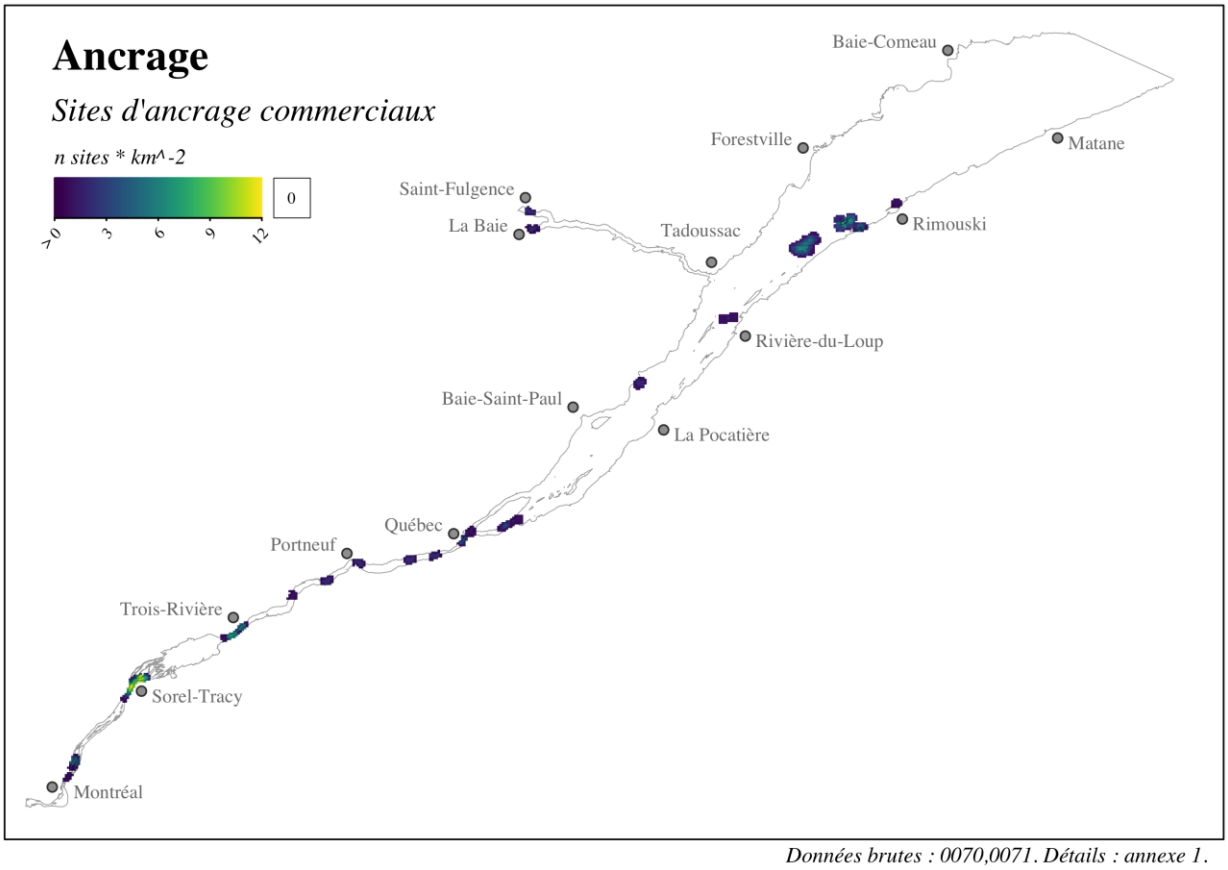


Figure 4.1: Distribution des sites d'ancrage pour la navigation commerciale dans le Saint-Laurent et le Saguenay

4.2.2 Déversements accidentels

Nous remercions Pierre Nellis de la Garde côtière canadienne pour les échanges et le soutien.

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0016****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les déversements accidentels ont été caractérisés à l'aide d'un inventaire des incidents de déversements maritimes provenant de la Garde côtière canadienne (Garde côtière canadienne, 2020). Cet inventaire fournit la localisation de déversements accidentels en milieu maritime pour la période de 2016 à 2020. Un total de 185 déversements accidentels y sont répertoriés pour la zone d'étude.

Chaque déversement est caractérisé selon son contenu et regroupé en trois groupes distincts : hydrocarbures (*e.g.* essence, diésel, propane), autres (*e.g.* eau de ballast, eaux usées, matière organique) et les déversements dont le contenu est inconnu (Tableau 4.2). Les déversements sont également catégorisés selon le volume de contaminant déversé en litres (Tableau 4.3).

Tableau 4.2: Catégories et nombre de déversements accidentels répertoriés dans le Saint-Laurent et le Saguenay entre 2016 et 2020 (Garde côtière canadienne, 2020).

Catégorie de contaminants	Sous-catégorie	Nombre de déversements
Hydrocarbures	Bunker C, Carburant diésel, Essence,Gasoline, Hydrocarbure inconnu, Petcoke, Pétrole brut, Propane, Tar, Huile de graissage, Huile Hydraulique, Huile moteur, Bilge, BioSpec Hyd 32, Hydrox Bio 100, Lub oil, Huile hydraulique biodégradable, Asphalte liquide	74
Autres	Acide d'hypochlorite, Ballast, Débris, Déchet, Eau de cale, Eau huileuse, Eau usée, Lait, Matière organique, Minerai de fer, Oxyde de calcium (chaux), Phosphate d'ammonium, Pollution, Sludge, Suie, Soude caustique, Huile lapio, Huile hydraulique végétale, Huile végétale, Mélange huileux, Charbon	20
Contenu inconnu	Contenu inconnu	34

Tableau 4.3: Catégories de volumes déversés et nombre de déversements accidentels répertoriés dans le Saint-Laurent et le Saguenay entre 2016 et 2020 (Garde côtière canadienne, 2020).

Catégories de volumes déversés	Nombre de déversements
1 : 0 - 100 litres	108
2 : 100 - 1000 litres	14
3 : 1000 - 7000 litres	0
4 : 100000 - 1000000 litres	0
NA : Volume inconnu	63

Puisque les déversements accidentels ont un effet qui va au-delà de la localisation immédiate des incidents dû à la diffusion du déversement dans l'environnement, la première étape de caractérisation de l'intensité des déversements accidentels était d'établir une zone d'influence potentielle pour chaque incident. Nous avons opté pour un modèle diffusif passif pour établir la zone d'influence et l'intensité relative des déversements accidentels dans la zone d'étude (voir Halpern et al., 2008).

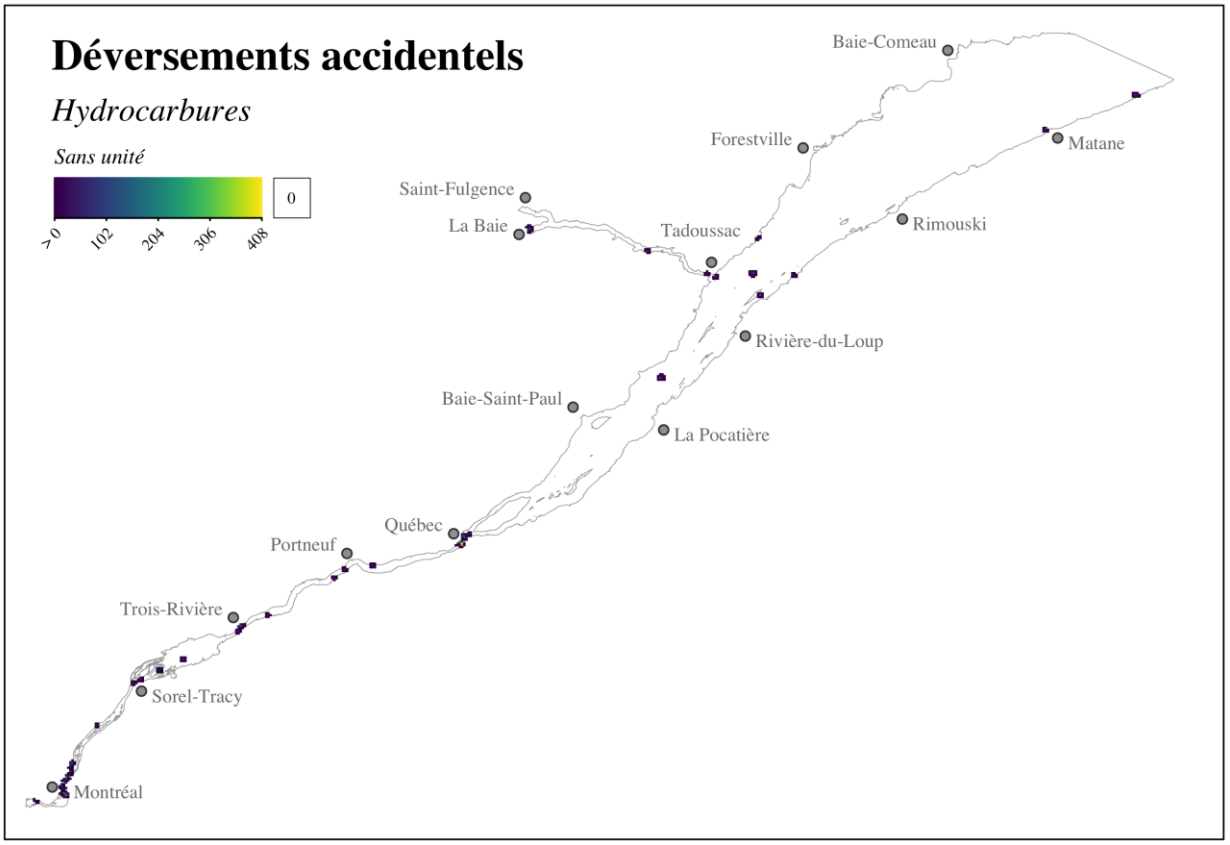
Le modèle de diffusion établie la zone d'influence des déversements en construisant des anneaux concentriques d'un rayon de 10 m centrés sur le site de l'incident. Une valeur initiale égale à la catégorie du volume rapporté de l'incident est assignée à l'anneau central et représente l'intensité relative de l'incident sur le milieu. Par exemple, une valeur initiale de 2 était assignée à un déversement de 0 à 100 litres (Tableau 4.3). Par principe de précaution, une valeur initiale de 2 a également été attribuée aux 63 incidents dont le volume était inconnu. Une valeur est ensuite assignée successivement aux anneaux adjacents selon une fonction de décroissance de 2% de la valeur de l'anneau précédent, jusqu'à ce qu'un seuil minimal de 0.05% du maximum global – 3 dans notre cas – soit atteint. Cette approche assume ainsi une diminution linéaire de l'influence des incidents sur le milieu jusqu'à un rayon maximal d'influence d'environ 3 km selon la sévérité du déversement.

L'intensité et la distribution spatiale des déversements accidentels dans la zone d'étude a été évaluée en distribuant les valeurs d'intensité relative modélisées par le modèle diffusif

au sein de la grille d'étude de 1 km^2. Pour chaque anneau concentrique modélisé, nous avons multiplié la valeur d'intensité au sein de chaque cellule j de la grille d'étude par la proportion de la superficie de l'anneau qui intersectent une cellule j:

$$I_{déversement,j} = \sum_{k=1}^{n_j} I_{tot,k} * \frac{A_{j,k}}{A_{tot,k}}$$

où j est une cellule de la grille d'étude, k est un anneau concentrique modélisé, I_{tot} est l'intensité relative prédite au sein de l'anneau k, A est la superficie de l'anneau concentrique k qui intersecte une cellule j et A_{tot} est la superficie totale de l'anneau concentrique k. Puisque les valeurs d'intensité correspondent à des catégories de volumes plutôt qu'à une quantité continue, les résultats de ce modèle diffusif sont relatifs et sans unité.



Données brutes : 0016. Détails : annexe 1.

Figure 4.2: Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Hydrocarbures

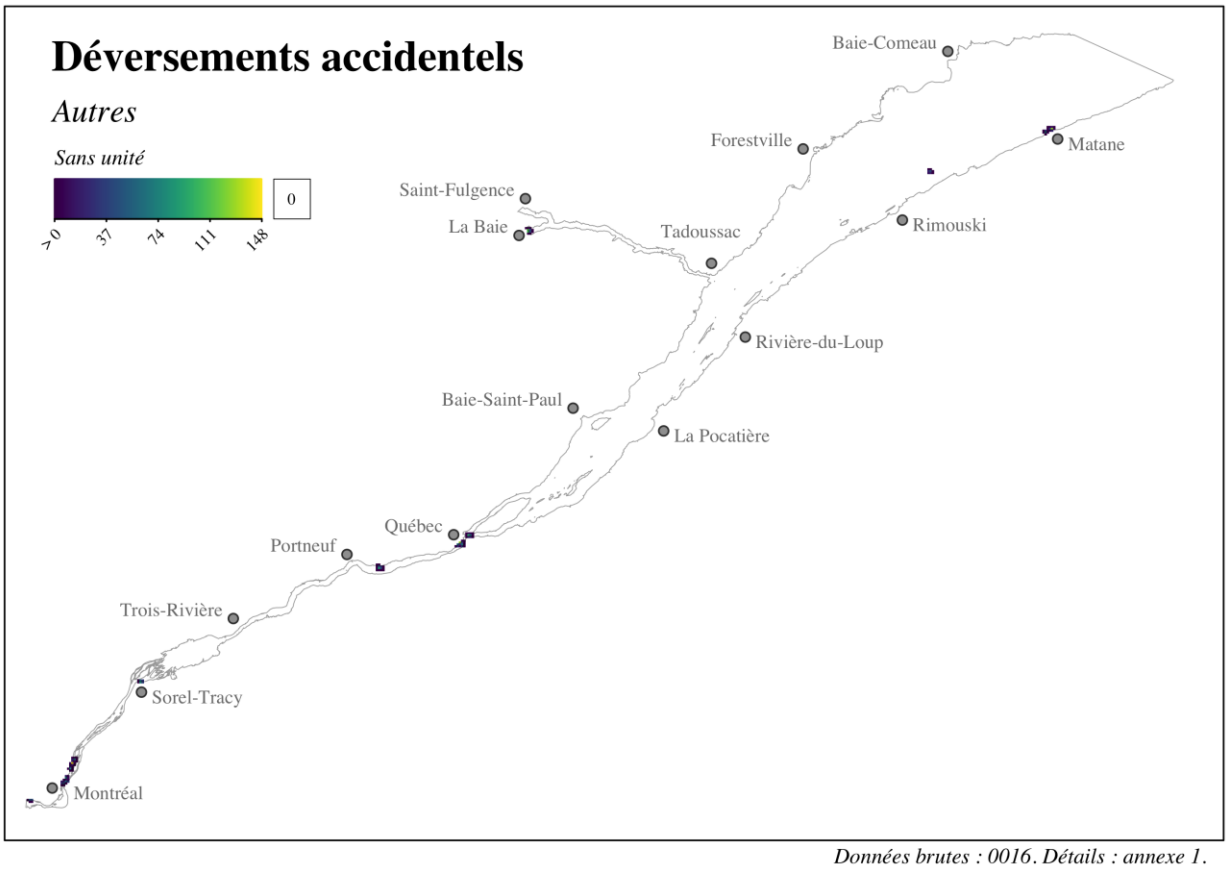


Figure 4.3: Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Autres

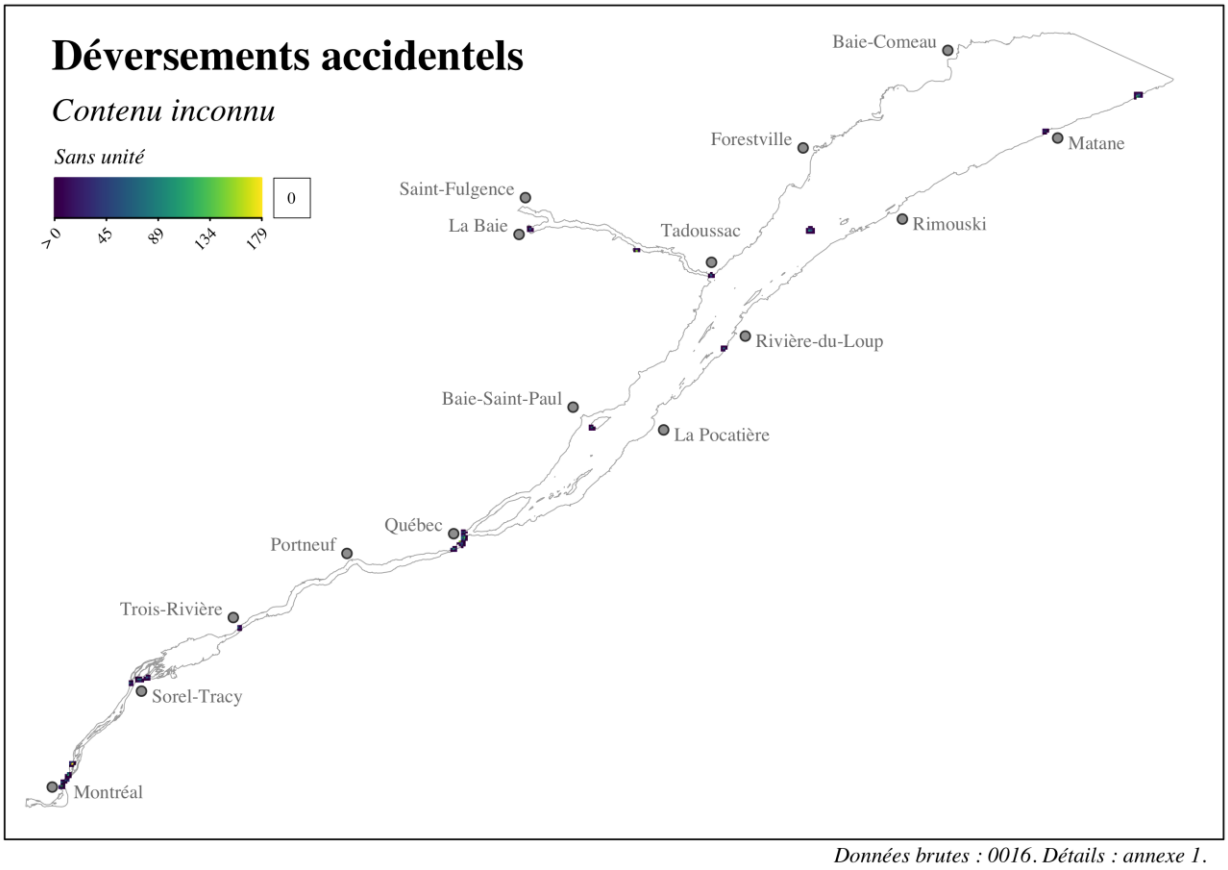


Figure 4.4: Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Contenu inconnu

4.2.3 Dragage

Nous remercions Simon Blais d'Environnement et Changement climatique Canada et Pierre Michon du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0018, 0019, 0046, 0048, 0049, 0050, 0052, 0069****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

La voie navigable du Saint-Laurent a historiquement été draguée partout où la profondeur naturelle ne permettrait pas le passage sécuritaire des bateaux. Entre Montréal et Cap Gribane, qui situé en aval du Cap Tourmente à environ 30 km de l'Îles d'Orléans, la voie navigable est d'une longueur totale d'environ 340 km et elle a été artificialisée sur une longueur d'environ 210 km afin d'y assurer une navigation sécuritaire (GHD, 2019). La voie navigable a été approfondie et élargie à travers le temps, principalement en raison de l'accroissement de la taille des navires et de l'augmentation du trafic maritime. Une caractérisation historique des activités de dragage de capitalisation – *i.e.* dragage visant à approfondir et élargir la voie de navigation – de la voie navigable du Saint-Laurent est décrite par Côté and Morin (2007a) et Côté and Morin (2007b). Certaines portions de la voie navigable doivent également être draguées à intervalles réguliers – *i.e.* dragages d'entretien – dû à la dynamique sédimentaire des milieux. Il en est de même pour certaines installations portuaires bordant le Saint-Laurent et le Saguenay, qui doivent s'assurer de la sécurité de leurs installations pour les navires.

Dans le cadre de cette étude, les activités de dragage contemporaines pour la période de 2001 à 2020 ont été caractérisées. La majorité des données de volumes dragués et déposés provient d'un exercice de compilation des activités de dragage dans l'ensemble du Saint-Laurent (Environnement et Changement Climatique Canada, 2020; Ministère des Transports du Québec, 2016, 2017). Ces données ont été complémentées par des données de dragage disponibles au sein d'un rapport d'évaluation des effets environnementaux du dragage pour la voie navigable du Saint-Laurent (GHD, 2019). Les activités de dragage pour le Port de Québec ont quant à elles été caractérisées grâce à des échanges avec une représentante du Port de Québec (Marie-Ève Lemieux, communications personnelles). Divers rapports ont été utilisés afin de caractériser les activités de dragages d'entretien du Port Alfred (Englobe, 2016, 2017; Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2019c), et les activités de dragages de capitalisation prévues pour le Port de Montréal à Contrecoeur (Agence d'évaluation d'impact du Canada, 2021; Lavalin, 2017a, 2017b) et pour le Port de Trois-Rivière (Stantec, 2015). Finalement, des sites de dragage et de dépôt nous ont été transmis par la Première Nation des Innus d'Essipit (Bouchard, 2022).

Les volumes relevés ont ensuite été rapportés sur les sites de dragage et de dépôt. Lorsque fournies au sein des rapports, les coordonnées délimitant les sites visés ont été utilisées. Lorsqu'une coordonnée unique représentant le centroïde des sites visés était disponible sans information supplémentaire sur la localisation exacte de l'activité, une zone d'un rayon de 100 m a été tracée afin de représenter la zone de dragage ou de dépôt. Lorsque la localisation était décrite, ou qu'une figure était disponible au sein de rapports détaillés, les zones de dragage et de dépôt ont été géoréférencées manuellement. La localisation des sites de dragages et de dépôts utilisés pour le dragage de la voie navigable du Saint-Laurent proviennent d'une base de données fournie par la Garde côtière canadienne (Garde côtière canadienne, 2021b).

Les sites de dragage et les sites de dépôts de sédiments dragués ont été caractérisés en fonction du volume total dragué en m^3 pendant la période visée (Tableau 4.4). Un total de 37 sites de dragage (Tableau 4.5) et 29 sites de dépôt (Tableau 4.6) ont été caractérisés au sein de la zone d'étude. Il faut noter que les volumes totaux dragués ne correspondent pas aux volumes totaux déposés puisque certains sites de dépôt se retrouvent en milieu terrestres; ces derniers n'ont ainsi pas été comptabilisés pour la présente étude.

Des projets d'expansions portuaire pour le Port de Montréal à Contrecoeur (Agence d'évaluation d'impact du Canada, 2021; Lavalin, 2017a, 2017b) et pour le Port de Trois-Rivière (Stantec, 2015) fournissent des plans de dragages de capitalisation prévus dans les prochaines années. Ces derniers ont donc été répertoriés (Tableau 4.4; Tableau 4.7).

Tableau 4.4: Catégories et description des activités de dragage répertoriées entre 2001 et 2020 dans le Saint-Laurent et le Saguenay. Les volumes sont présentés en m^3.

Catégorie	Nombre de sites	Volumes totaux	Volumes totaux moyens	Écart-type
Sites de dragage	37	3793607	102529.9	193264.0
Sites de dépôts	29	3429662	118264.2	181596.1

Catégorie	Nombre de sites	Volumes totaux	Volumes totaux moyens	Écart-type
Dragages de capitalisation prévus	2	1009000	504500.0	NA

Tableau 4.5: Sites de dragage et volumes totaux dragués en m^3 entre 2001 et 2020 dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

Région	Nom du site	Volumes totaux
Baie-Comeau	Havre de Baie-comeau	8428
Baie-Comeau	Quai Société Alcoa	56000
Baie-Comeau	Quai de Cargill	2240
Baie-Trinité	Havre de Baie-Trinité	3000
Berthier-sur-Mer	Havre de Berthier-sur-Mer	45000
Bécancour	Port de Bécancour	83624
Cacouna	Port de Gros-Cacouna	69250
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Bécancour à Batiscan	137728
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Champlain à Deschaillons	53284
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Lac Saint-Pierre	171439
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Sorel	880
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Traverse Cap Santé	41122
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Traverse Nord I.O.	1041219
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Trois-Rivière à Bécancour	284820
Godbout	Quai de Godbout	4932
Ile-aux-Coudres	Desserte	338885
Ile-aux-Grues	Desserte	78628
Les Bergeronnes	Première Nation des Innus d'Essipit	7725
Les Méchins	Quai de Les Méchins	4000
Matane	Marina de Matane	21000
Matane	Port de Matane	25393
Québec	Port de Québec - Secteur Anse au Foulon	500

Région	Nom du site	Volumes totaux
Québec	Port de Québec - Secteur Beauport	500
Rimouski	Marina de Rimouski	3500
Rimouski	Port de Rimouski - Bassin est	269483
Rivière-du-Loup	Desserte	488843
Rivière-du-Loup	Parc maritime de Rivière-du-Loup	175834
Saguenay	Port Alfred	5086
Saint-Jean-Port-Joli	Parc nautique de Saint-Jean-Port-Joli	138000
Saint-Joseph-de-Sorel	zone portuaire QIT-Fer et Titane inc.	4930
Saint-Joseph-de-la-Rive	Desserte	18552
Saint-Laurent-de-L'Île-D'Orléans	Port de refuge de St-Laurent-de-L'Île-D'Orléans	26675
Saint-Michel-de-Bellechasse	Halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse	40000
Sorel-Tracy	Marina de Sorel	30000
Sorel-Tracy	Port de Sorel-Tracy	104815
Tadoussac	Desserte est	2292
Tadoussac	Marina de Tadoussac	6000

Tableau 4.6: Sites de dépôt et volumes totaux déposés en m^3 entre 2001 et 2020 dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

Région	Nom du site	Volumes totaux
Baie-Comeau	Havre de Baie-comeau	8428
Berthier-sur-Mer	Havre de Berthier-sur-Mer	45000
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	M-27	880
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	S-17	171439
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	T-02	142410
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	T-06	142410
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	T-11	164370
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	T-16	26642

Région	Nom du site	Volumes totaux
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	X-02	180000
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	X-03	861219
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	X-04	41122
Godbout	Quai de Godbout	4932
Ile-aux-Coudres	Desserte	338885
Ile-aux-Grues	Desserte	78628
Les Bergeronnes	Première Nation des Innus d'Essipit	700
Les Bergeronnes	Première Nation des Innus d'Essipit	7025
Matane	Marina de Matane	21000
Matane	Port de Matane	25393
Rimouski	Marina de Rimouski	3500
Rimouski	Port de Rimouski - Bassin est	269483
Rivière-du-Loup	Desserte	36528
Rivière-du-Loup	Desserte	452315
Rivière-du-Loup	Parc maritime de Rivière-du-Loup	175834
Saint-Jean-Port-Joli	Parc nautique de Saint-Jean-Port-Joli	138000
Saint-Joseph-de-la-Rive	Desserte	18552
Saint-Laurent-de-L'Île-D'Orléans	Port de refuge de St-Laurent-de-L'Île-D'Orléans	26675
Saint-Michel-de-Bellechasse	Halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse	40000
Tadoussac	Desserte est	2292
Tadoussac	Marina de Tadoussac	6000

Tableau 4.7: Sites de dragage de capitalisation et volumes totaux prévus en m^3 dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

Région	Nom du site	Volumes totaux
Montréal	Port de Montréal à Contrecoeur	839000
Trois-Rivières	Port de Trois-Rivières	170000

L'intensité des activités de dragage (Figure 4.5), de dépôts de sédiments (Figure 4.6) et de dragages prévus (Figure 4.7) a été caractérisé en distribuant les volumes totaux dragués au sein de notre grille de 1 km^2. Par exemple, imaginons une activité de dragage ayant résulté en l'extraction de 100 m^3 de sédiments sur une superficie totale de 2 km^2 et que ce site couvre exactement 2 cellules de notre grille d'étude. Les valeurs attribuées aux cellules de 1 km^2 seraient ainsi de 50 m^3 chacune.

Pour ce faire, nous avons multiplié les volumes totaux au sein de chaque cellule j de la grille d'étude par la proportion de la zone visée par l'activité de dragage couvrant la cellule j:

$$I_{dragage,j} = \sum_{k=1}^{n_j} V_{tot,k} * \frac{A_{j,k}}{A_{tot,k}}$$

où j est une cellule de la grille d'étude, k est une activité de dragage ou de dépôt, V_{tot} est le volume total dragué ou déposé lors de l'activité de dragage ou de dépôt k, A est la superficie du site visé k qui intersecte une cellule j et A_{tot} est la superficie totale de l'activité de dragage ou de dépôt k. Cette formule calcule une évaluation de l'intensité du dragage en m^3. Puisque nous avons calculé l'intensité au sein de cellules de 1 km^2, les unités de cette formule sont en $m^3 * km^{-2}$.



Figure 4.5: Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites de dragage



Figure 4.6: Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites de dépôts

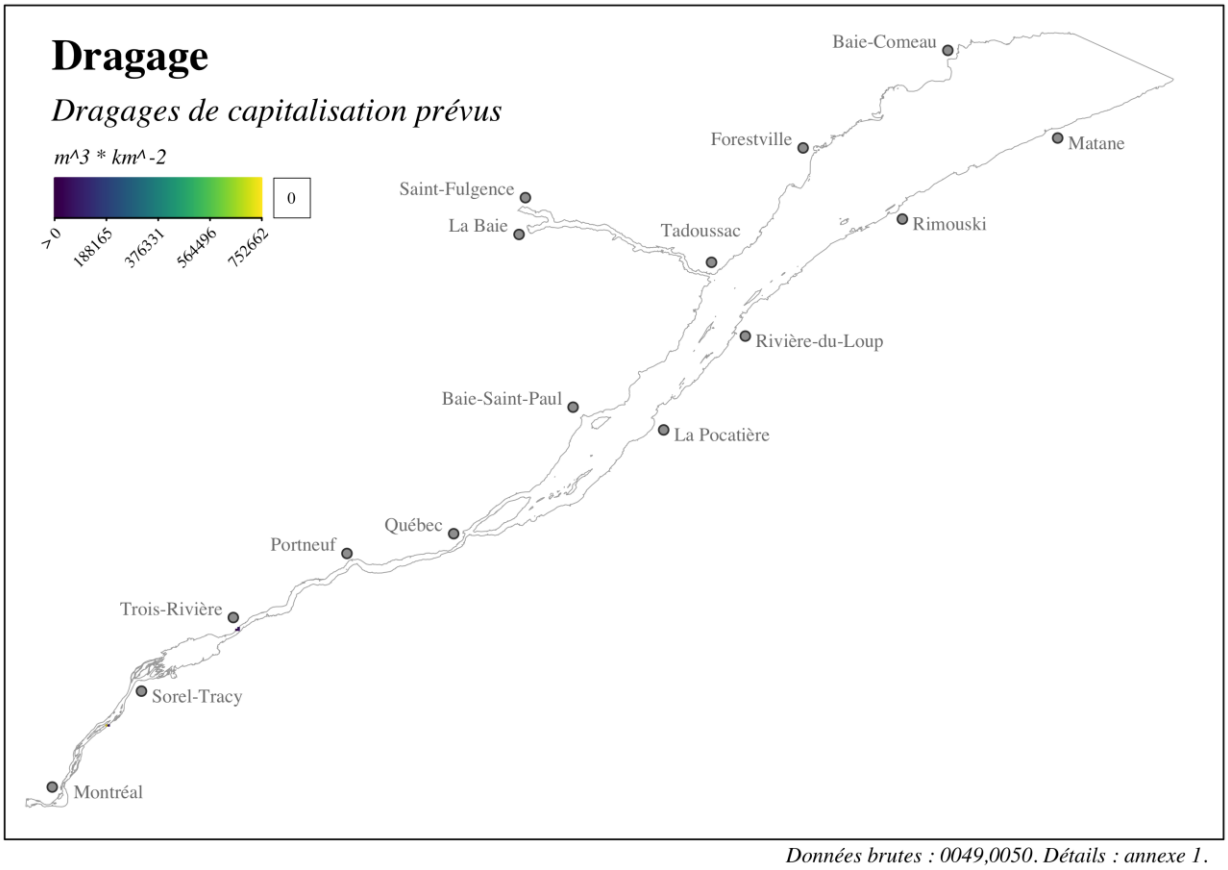


Figure 4.7: Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Dragages de capitalisation prévus

4.2.4 Naufrages

Nous remercions Sohaib Gabsis de Pêches et Océans Canada pour les échanges et le soutien.

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0062****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Le stress environnemental relié aux épaves a été caractérisé grâce à une base de données de la Garde côtière canadienne sur la distribution de navires préoccupants (Garde côtière canadienne, 2021a). La majorité des navires doivent toujours être validés par la Garde côtière canadienne et la précision des coordonnées ne peut être garantie; cette base de données correspond toutefois à la meilleure source d'information disponible, et en tant que telle est utilisée pour l'évaluation des effets cumulatifs. Il sera possible de mettre à jour l'évaluation lorsque les données seront validées par la Garde côtière canadienne. Cette base de données identifie 104 épaves au sein de la zone d'étude. L'intensité de ce stresseur environnemental a été caractérisée à l'aide d'un lissage gaussien – *i.e.* méthode d'interpolation basée sur une distribution normale – de 3 km afin d'identifier les zones potentiellement soumises aux effets des épaves et pour considérer l'incertitude des coordonnées des épaves relevées par la Garde côtière canadienne.

Il est important de noter que les épaves peuvent également faire l'objet d'une protection lorsqu'elles sont considérées en tant que sites archéologiques; dans ce contexte, les épaves ne présentant aucun risque pour l'environnement devraient plutôt être considérées en tant que sites d'intérêts archéologiques au sein de la composante valorisées de sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques. Une caractérisation des sites archéologiques d'intérêt existe à travers la l'Inventaire des sites archéologiques du Québec du Ministère de la Culture et des Communications. Nous n'avons toutefois pu accéder à cet inventaire dans le cadre de notre évaluation.

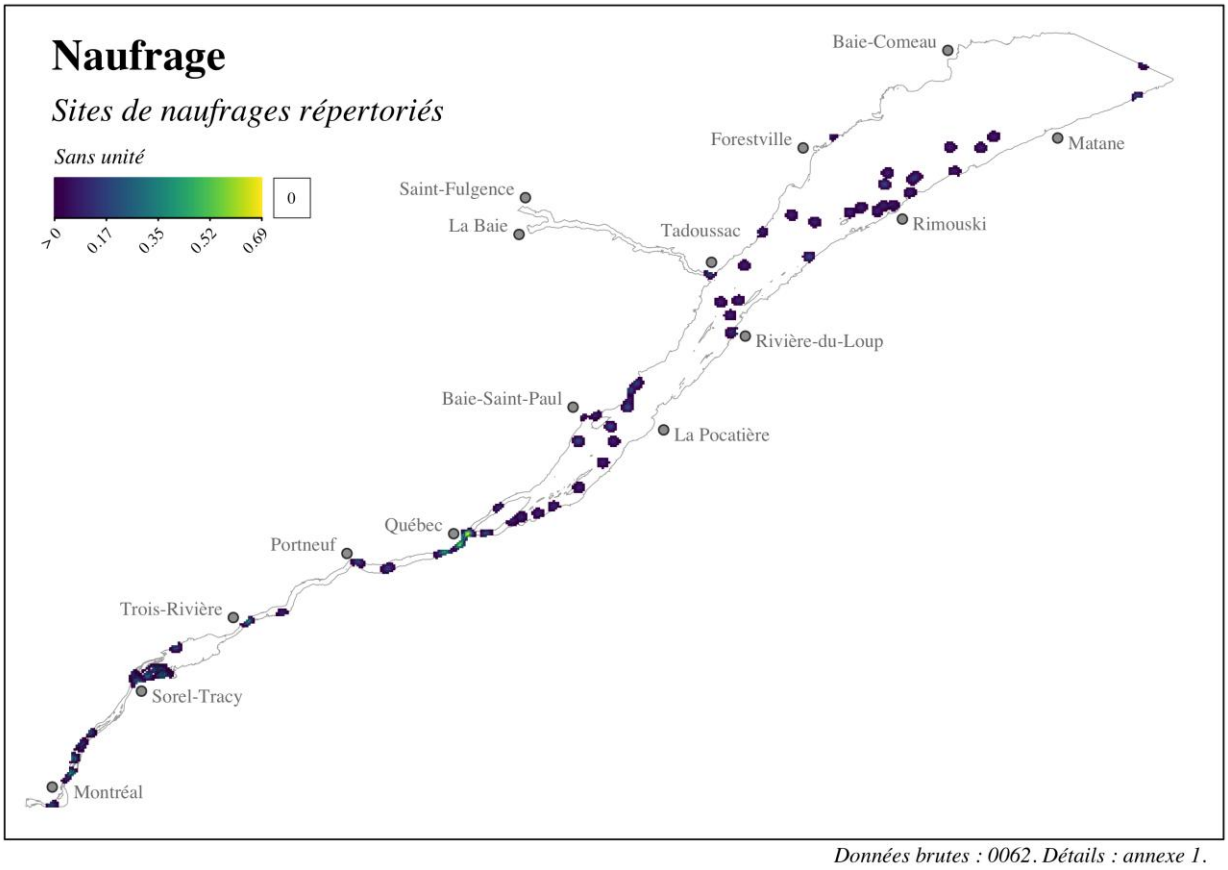


Figure 4.8: Distribution des sites de naufrages de navires répertoriés dans le Saint-Laurent et le Saguenay

4.2.5 Navigation

Nous remercions Clément Chion et Jean-François Sénécal de l'Université du Québec en Outaouais, Jeff Campagnola de Transports Canada et Samuel Turgeon du Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0020, 0021, 0028, 0041, 0047****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

L'intensité de la navigation au sein de la zone d'étude a été évaluée à l'aide de données provenant de Système d'Identification Automatique (SIA) – ou *Automatic Identification Système* (AIS) en anglais – satellitaire mises en forme par Maerospace Corporation et acquises pour l'Agence Spatiale Canadienne (Canada, 2020b, 2020a). Cette base de données contient 10729683 localisations de navire (3576561 $\pm$ 1379216 observations par année) pour 3347 navires entre 2017 et 2019. Il est important de noter que ce nombre n'indique pas le nombre de transit, mais bien le nombre de localisations géographiques relevées par le SIA.

Les données de localisations individuelles ont été transformées en segments linéaires de navigation représentant des transits de navires individuels et continus, en supposant un transit en ligne droite entre localisations successives. Les navires ont été identifiés grâce à leur numéro d'identité dans le service mobile maritime (ISSM). Pour chaque navire, l'ensemble des localisations disponibles ont été utilisées afin de tracer leurs déplacements au sein de la zone d'étude. Puisque les bateaux peuvent entrer et sortir de la zone d'étude, ou encore demeurer à quai pour des périodes plus longues, les déplacements des navires ont été segmentés en plusieurs segments linéaires individuels. Une segmentation a été effectuée lorsque deux localisations consécutives étaient espacées de plus de 5 heures ou distantes de plus de 80,5 km. Les segments linéaires chevauchant le milieu terrestre à une distance de plus de 2 km ont été retirés de la base de données. Cette distance arbitraire de 2 km a été utilisée afin de retirer les segments aberrants de la base de données, tout en conservant les segments décrivant de la navigation côtière ou des navires fréquentant des installations portuaires. Cette segmentation a résulté en 93056 segments linéaires de navigation. Puisque plusieurs types de navires naviguent sur les eaux du Saint-Laurent et du Saguenay, nous avons considéré 9 catégories de navires différents pour compléter le portrait de l'intensité de la navigation au sein de la zone d'étude (Tableau 4.8). Parmi les catégories disponibles, nous avons retiré la catégorie *Autres* dû à son manque de spécificité et la catégorie *Pêche* puisque peu de transits étaient disponibles au sein de la base de données.

Pour caractériser la navigation, nous avons utilisé un indice d'intensité caractérisant la navigation en termes d'utilisation – ou passages – unique. Pour chaque catégorie de navire, nous avons évalué l'intensité de la navigation au sein de la zone d'étude par le nombre de segments de navigation qui intersectent chaque cellule de 1 km^2 de la grille d'étude entre 2017 et 2019. Cet indice résulte en une évaluation de l'intensité de la navigation en nombre de navires (n) par km^2 ($n\ navires * km^{-2}$)

Malgré l'effort de segmentation et de retrait des transits impossibles, il demeure toutefois possible que certains transits impossibles demeurent. Par exemple, un nombre très faible de transits est observé au nord de l'Île d'Orléans pour la navigation par cargo (Figure 4.10); ces transits n'ont pu être retirés par la segmentation automatique effectuée et le nombre total de transit rend un retrait manuel peu pratique. Ces transits impossibles demeurent toutefois très peu présents dans la base de données et n'affectent ainsi pas les résultats finaux de l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d'étude.

Tableau 4.8: Description des types de navires considérés pour l'analyse d'évaluation des effets cumulatifs et leur représentation au sein des données du Système d'Identification Automatique utilisées (Canada, 2020b, 2020a).

Types de navire	Navires	Localisations	Segments
Cargaison sèche	1424	2169379	22143
Cargo	385	588245	7729
Gouvernement / recherche	91	770295	10766
Navires de plaisance	67	86338	613
Navires spéciaux	17	73796	941
Passager / traversier / roulier	178	2675841	27223
Porte-conteneurs	156	583621	4087
Pétrolier	880	1188739	11793
Remorqueur / port	149	3331817	14445

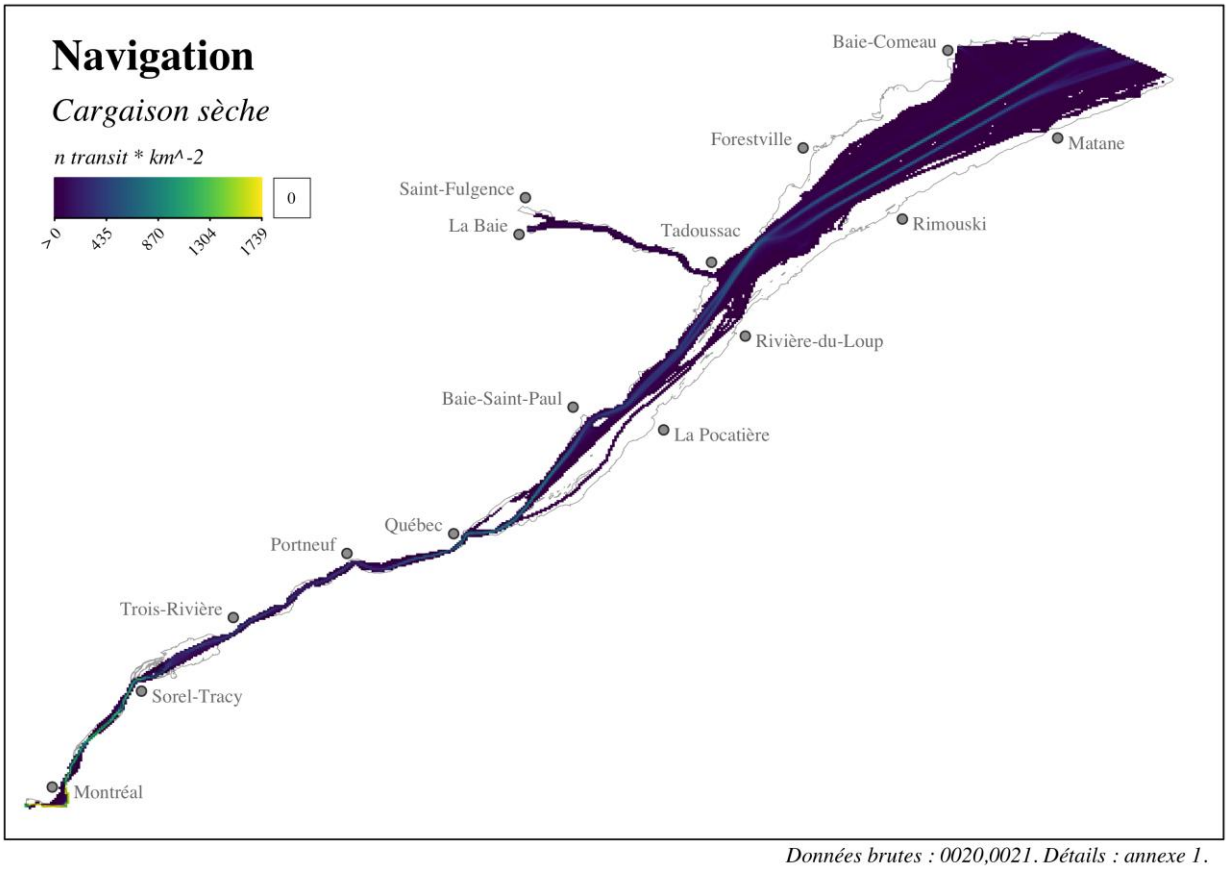


Figure 4.9: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Cargaison sèche

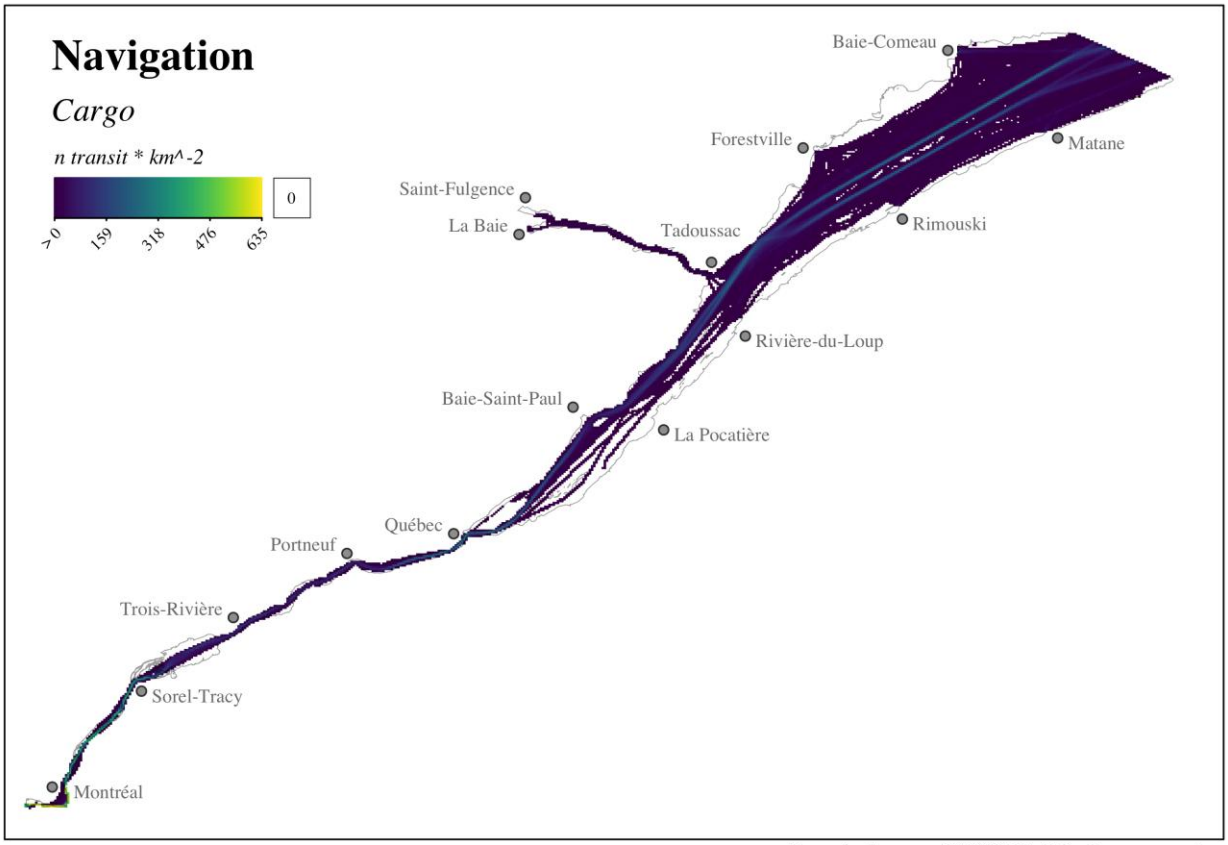


Figure 4.10: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Cargo

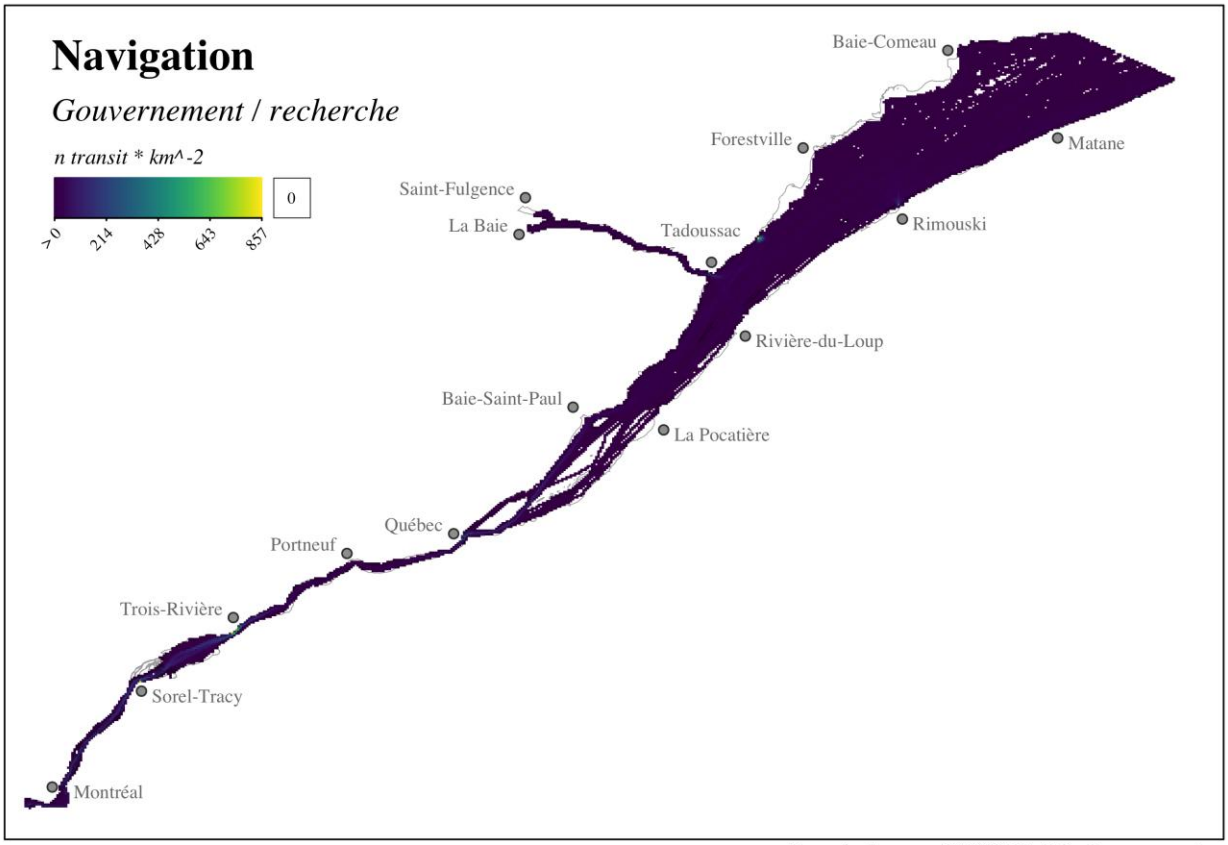


Figure 4.11: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Gouvernement / recherche

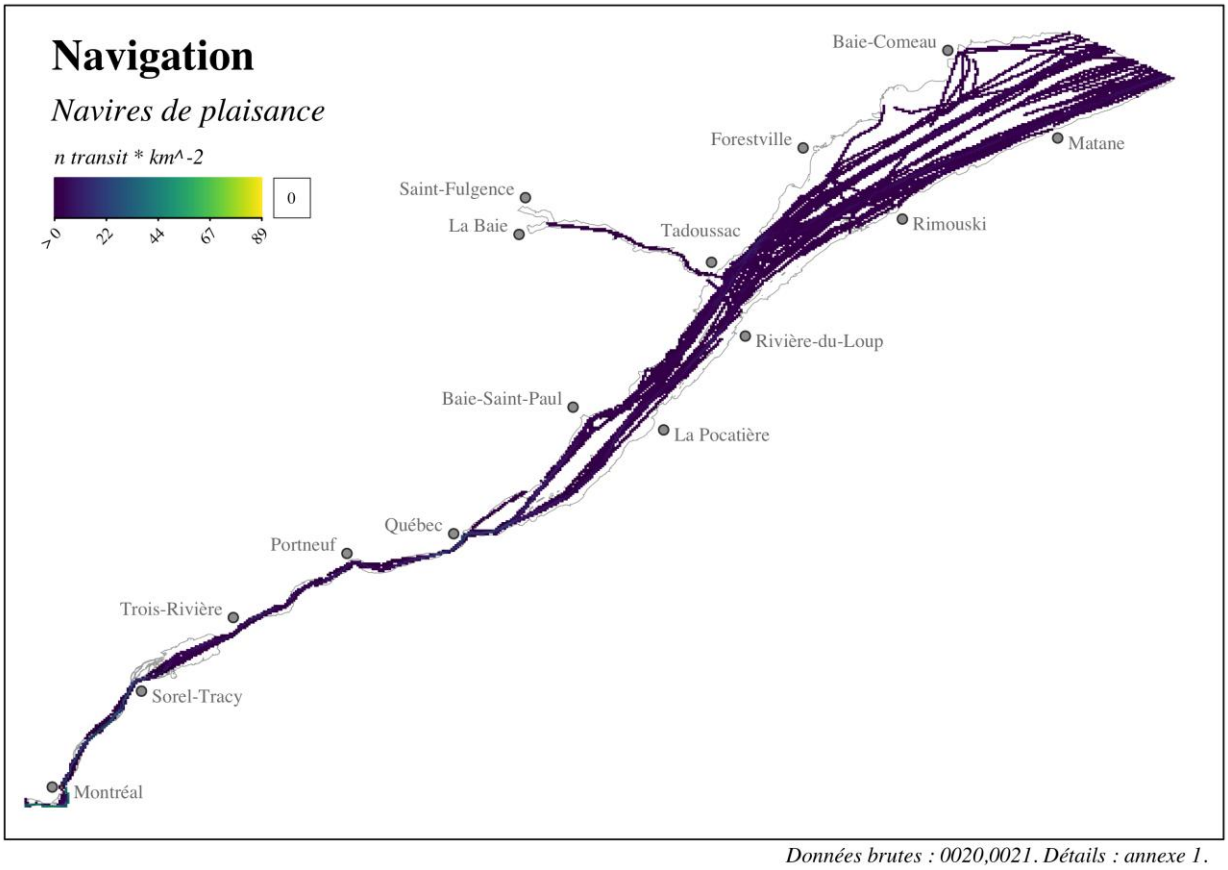


Figure 4.12: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navires de plaisance

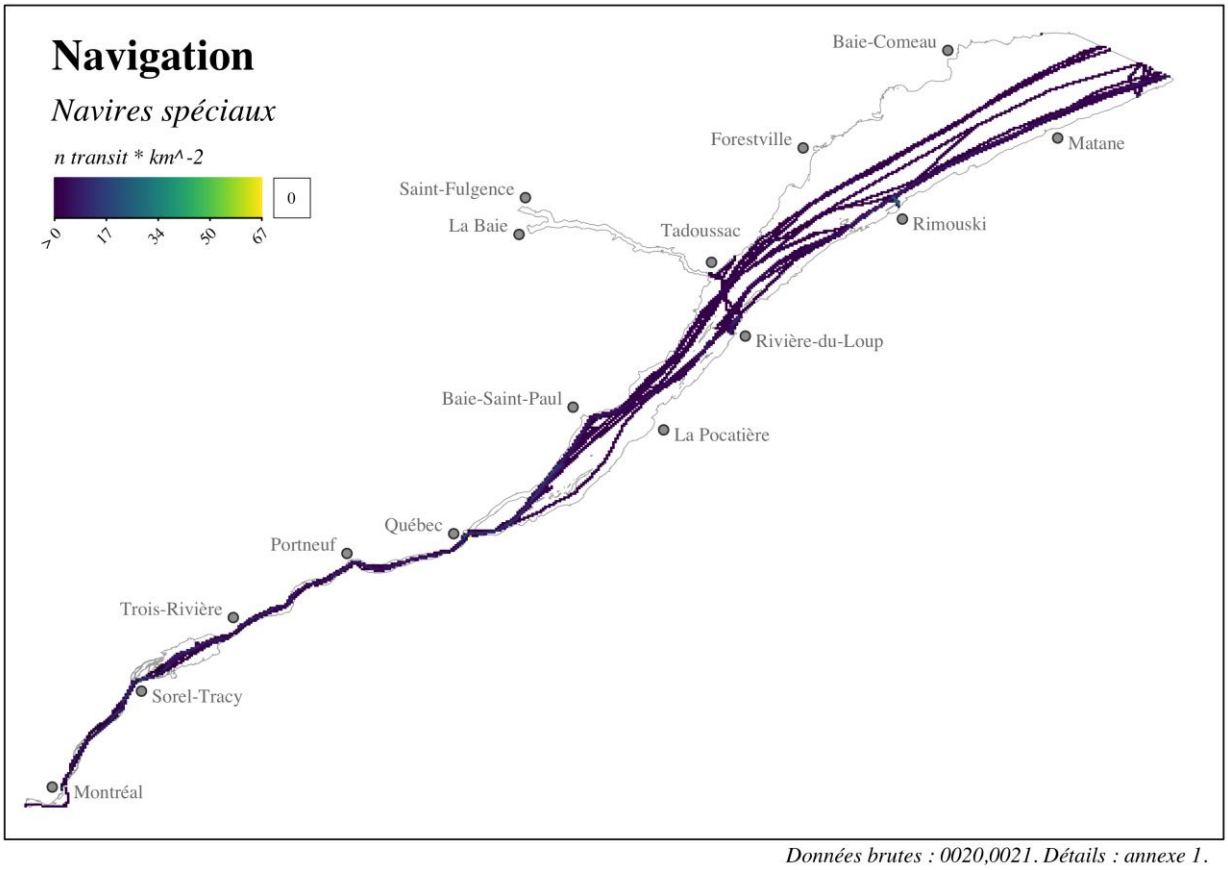


Figure 4.13: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navires spéciaux

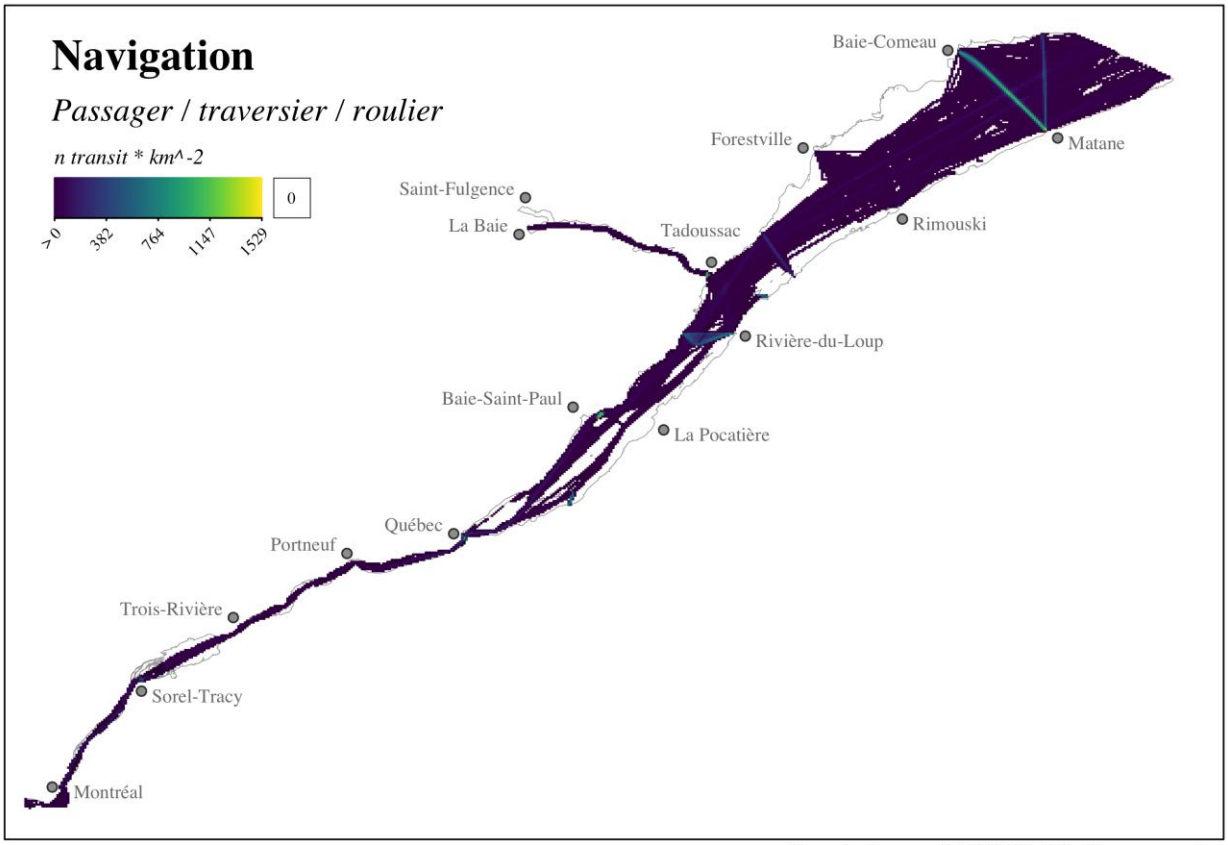


Figure 4.14: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Passager

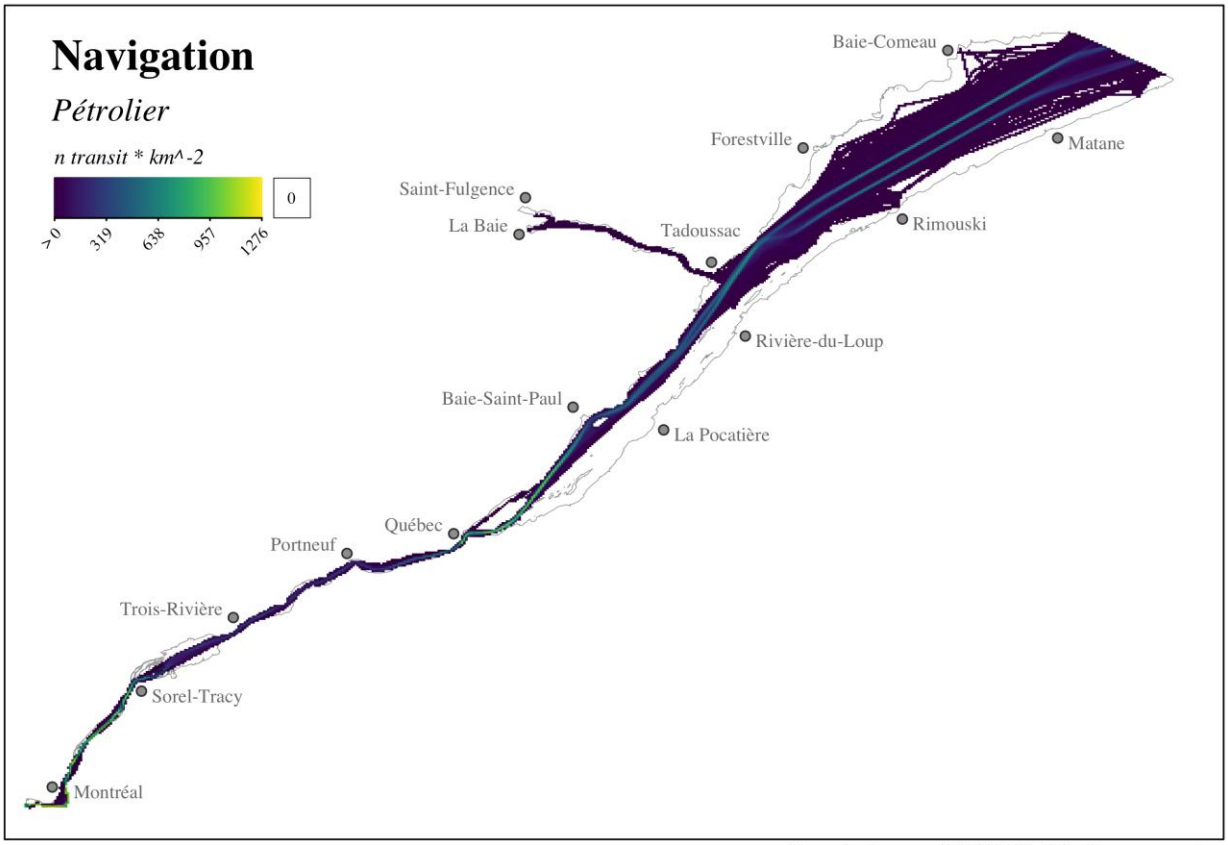


Figure 4.15: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Pétrolier

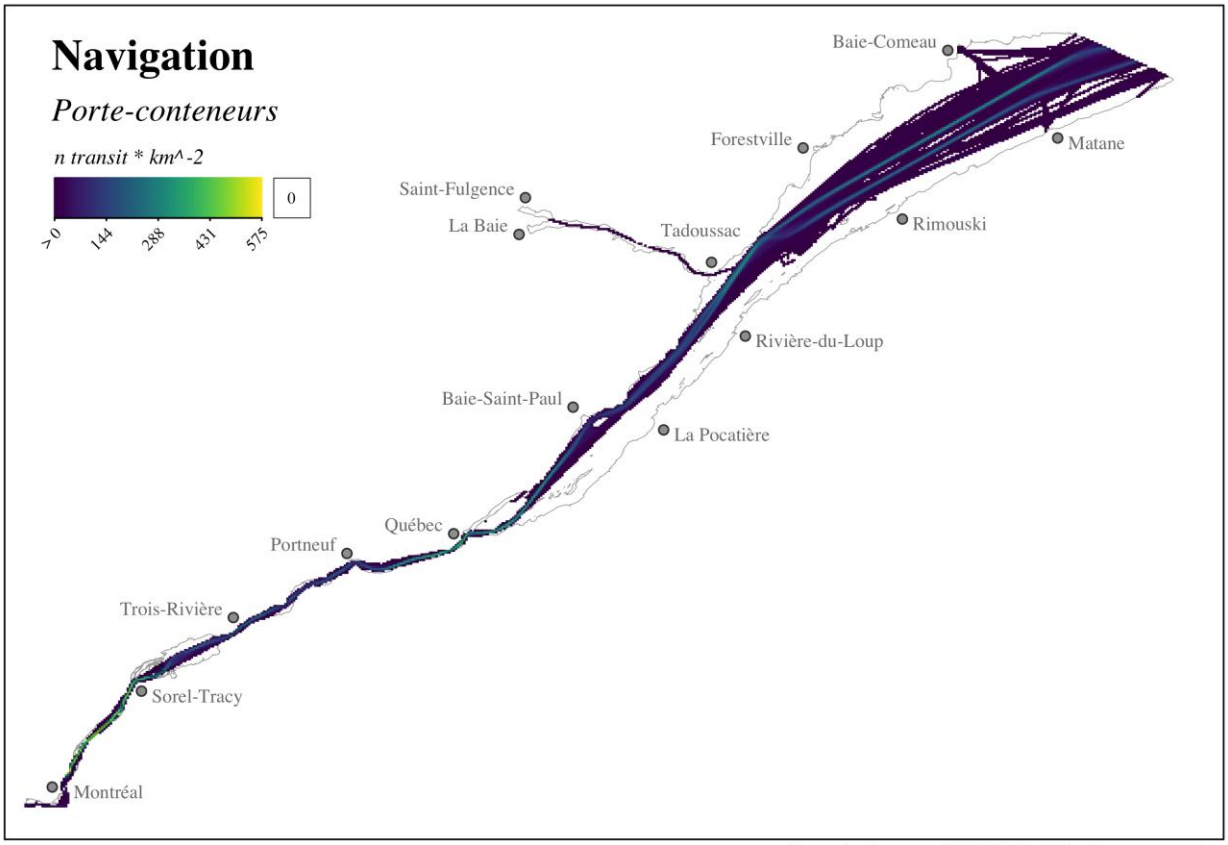


Figure 4.16: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Porte-conteneurs

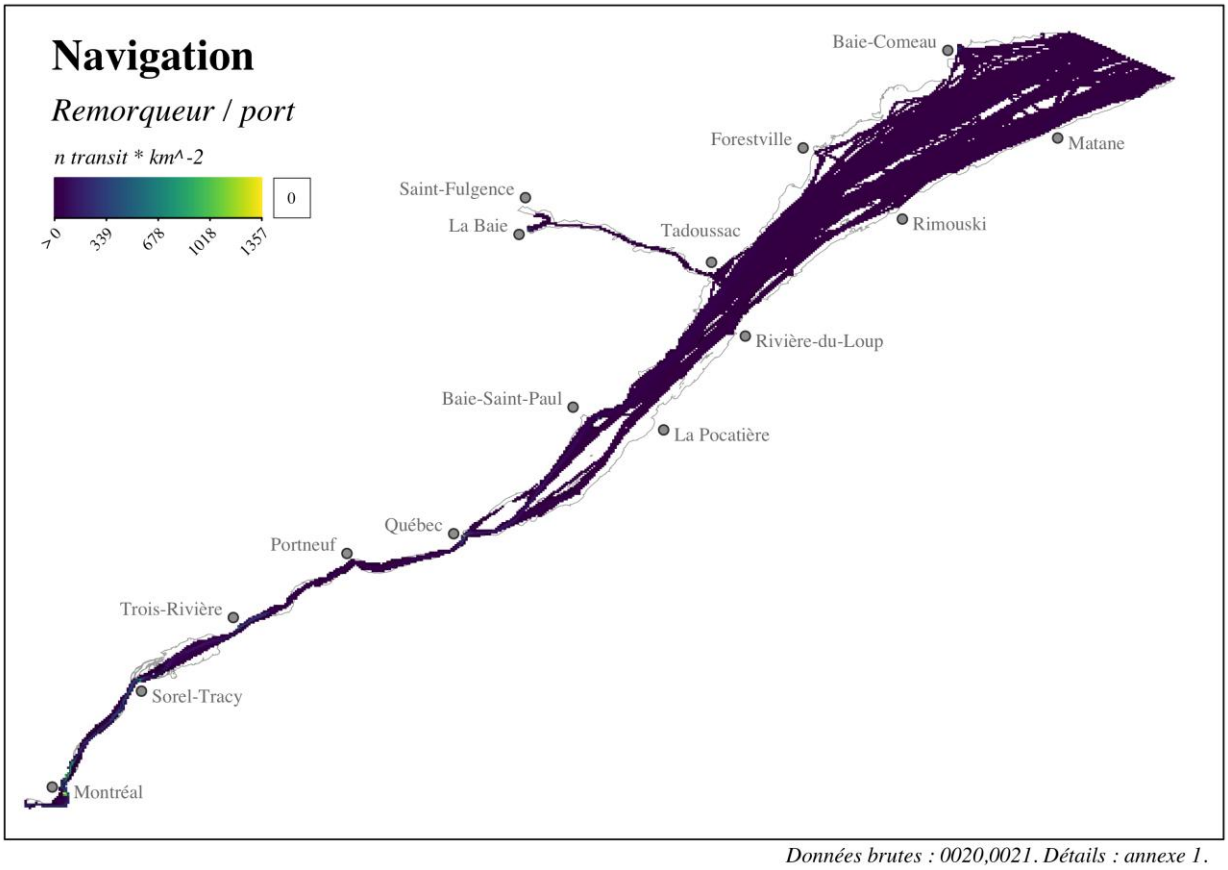


Figure 4.17: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Remorqueur / port

Nous avons complété le portrait de l'intensité de la navigation avec deux catégories de navigation supplémentaires. La première touche l'intensité des activités d'observation en mer des mammifères marins sur des embarcations avec permis de classe 1 en 2017 (Turgeon, 2019). Les données disponibles par Turgeon (2019) fournissent une caractérisation du nombre de navires d'observation ayant traversé une grille régulière de 500m x 500m. Nous avons rééchantillonné cette grille afin de distribuer le nombre de transit qui y sont relevés au sein de notre grille d'étude de 1 km^2. Bien que cet exercice soit limité au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, il s'agit de l'endroit où se déroule la majorité des excursions d'observation de mammifères marins au sein de la zone d'étude.

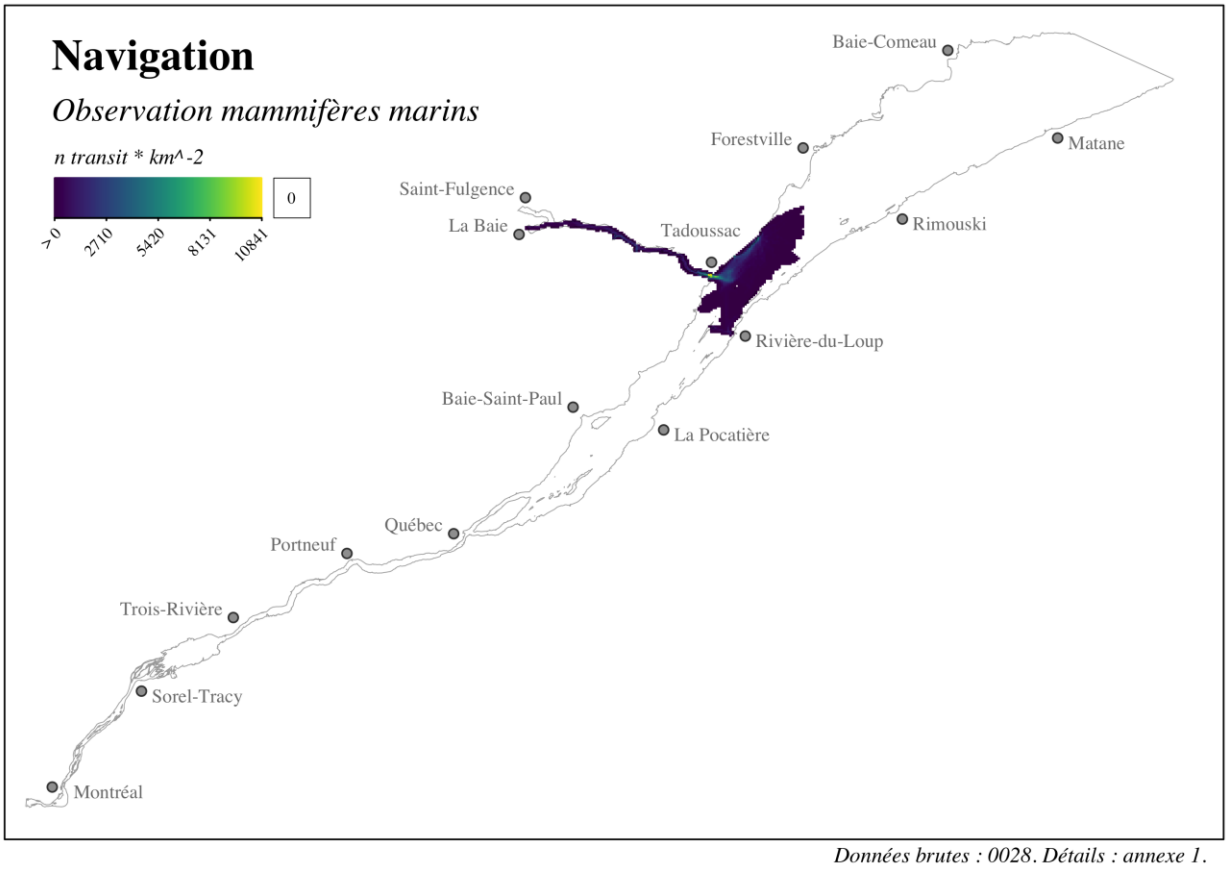


Figure 4.18: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Observation mammifères marins

La deuxième catégorie ajoutée touche la navigation en zone portuaire, *i.e.* les activités de navigation qui ont lieu près des installations portuaires telles les ports et les marinas. Sous l'hypothèse que les activités de navigation sont plus prépondérantes dans les zones portuaires, les données SIA ont été utilisées pour quantifier le nombre de transit à travers les zones portuaires de la zone d'étude. Les zones portuaires ont été caractérisées à partir de données sur la localisation des installations portuaires (Ministère des Transports du Québec, 2021) et des zones industrialo-portuaires (Ministère de l'Économie et de l'Innovation, 2021) au Québec. Une zone d'influence des zones portuaires a été tracée en appliquant une zone tampon de 200 m. Cette zone est délibérément étroite afin de capturer principalement les navires qui fréquentent les zones portuaires plutôt que ceux qui transitent par la voie de navigation du Saint-Laurent, surtout pour les installations en milieu fluvial. Le nombre de transit à travers ces zones portuaires a ensuite été calculé à

partir des données SIA. Selon cette approche, un total de 53386 transits sont répertoriés en zones portuaires entre 2017 et 2019. Ces transits ont ensuite été rapportés à la grille d'étude de 1 km^2 en attribuant pour chaque cellule le nombre de transits de la zone portuaire la chevauchant qui était la plus fréquentée. Par exemple, si une cellule de la grille était touchée par une première zone portuaire ayant 100 transits et une deuxième zone ayant 200 transits, une valeur de 200 était attribuée à cette cellule.

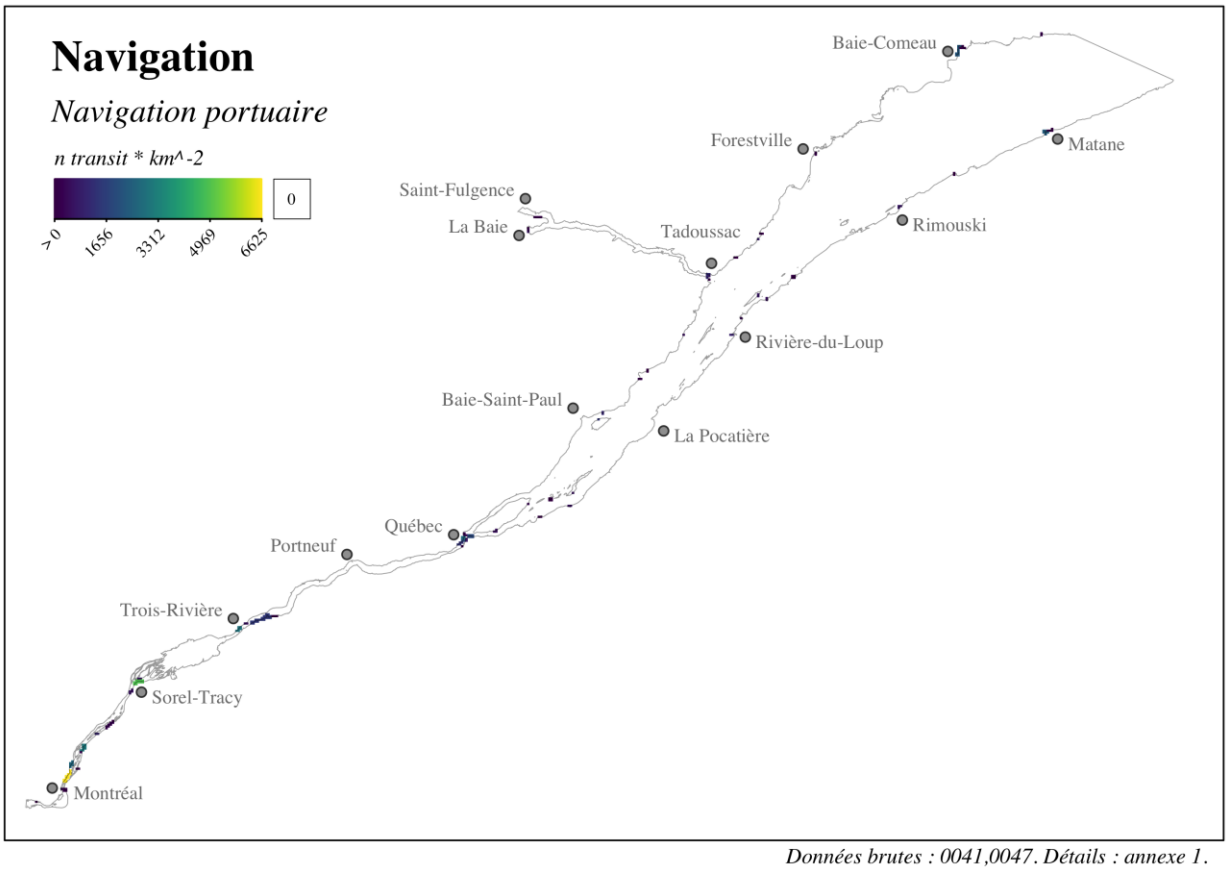


Figure 4.19: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navigation portuaire

4.2.6 Pêche commerciale

Nous remercions Marc Mingelbier, Paschale Noël Bégin et Marie-Josée Gagnon du Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la

Faune et des Parcs pour les échanges et le soutien pour la caractérisation des pêches au sein du secteur fluvial de la zone d'étude.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0033, 0034, 0035, 0083****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

4.2.6.1 Secteur maritime

L'intensité des activités de pêche commerciale au sein de la zone d'étude a été évaluée à l'aide de données provenant du programme de journaux de bord de Pêches et Océans Canada (Pêches et Océans Canada, 2021a, 2021b, 2021c). Bien que les journaux de bord ne soient pas obligatoires pour toutes les pêches, ils fournissent tout de même une évaluation suffisamment exhaustive de la distribution et de l'intensité des activités de pêche commerciale dans la zone d'étude. Bien qu'une pêche commerciale existe dans le secteur fluvial et dans la rivière Saguenay, nous n'avons pu obtenir de données permettant d'en caractériser leur distribution et leur intensité. L'absence de données dans ces secteurs ne devrait ainsi pas être interprétée comme une absence de pêche commerciale; cette lacune devrait être adressée pour une évaluation future.

Nous avons utilisé des données entre 2010 et 2020 pour caractériser la distribution et l'intensité de la pêche commerciale dans la zone d'étude. Cette période est caractérisée par 27489 activités de pêche (2499 $\pm$ 336 observations par année). Pendant cette période, un total de 14 espèces étaient ciblées pour la pêche commerciale et un total de 20 espèces différentes ont été capturées (Tableau 4.9).

Tableau 4.9: Espèces capturées par la pêche commerciale dans la zone d'étude (Pêches et Océans Canada, 2021a). Les espèces identifiées en gras sont les espèces ciblées par les activités de pêche. Les identifiants uniques proviennent d'une base de données fournissant un index des espèces pour la pêche commerciale conjointe à la base de données des journaux de bord (Pêches et Océans Canada, 2021c)

Nom scientifique	Nom français	Nom anglais	Fréquence
Chionoecetes opilio	**Crabe des neiges**	**Snow crab**	**13699**
Strongylocentrotus sp	**Oursin**	**Sea urchins**	**6399**
Buccinum sp	**Buccin**	**Whelk**	**4879**
Reinhardtius hippoglossoides	**Flétan du Groenland**	**Greenland halibut**	**3206**
Pandalus sp	**Crevette**	**Shrimp**	**2662**
Hippoglossoides platessoides	Plie canadienne	American plaice	2310
Hippoglossus hippoglossus	**Flétan Atlantique**	**Atlantic halibut**	**1621**
Urophycis tenuis	Merluche blanche	White hake	464
Clupea harengus	**Hareng**	**Herring**	**393**
Mactromeris polynyma	**Mactre de Stimpson**	**Stimpson's Surf clam**	**212**
Homarus americanus	**Homard**	**Lobster**	**186**
Gadus morhua	Morue	Cod	169
Lophius americanus	Baudroie	Monkfish	122
Sebastes sp	Sébaste	Redfish	98
Pectinidae	**Pétoncle**	**Scallop**	**62**
Holothuroidea	**Concombre de mer**	**Sea cucumber**	**54**
Scomber scombrus	**Maquereau**	**Mackerel**	**40**
Raja sp	Raie	Skate	25
Cancer irroratus	**Crabe commun**	**Rock crab**	**13**
Glyptocephalus cynoglossus	Plie grise	Greysole (Witch)	3

Les activités de pêche commerciale sont effectuées à l'aide d'une grande variété d'engins de pêche comme des casiers, des chaluts, des dragues, des filets maillants et des palangres. Chaque engin de pêche peut engendrer des effets différents sur les écosystèmes où les activités de pêche se déroulent. Par exemple, la pêche à l'aide de casiers a des effets très différents que la pêche au chalut. Nous avons ainsi divisé les activités de pêche en fonction de leurs effets environnementaux selon les catégories proposées par Halpern et al. (2008) et reprises par Beauchesne et al. (2020) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (Tableaux 4.10 et 4.11): démersales, destructives, prises accessoires élevées (DD), démersales, non-destructives, prises accessoires élevées (DNH), démersales, non-destructives, prises accessoires faibles (DNL), pélagiques, prises accessoires élevées (PHB), pélagiques, prises accessoires faibles (PLB).

Les engins peuvent également être catégorisés selon leur mobilité. Des engins fixes tels les casiers sont laissés sur place et ont un effet plus localisé. Les engins mobiles comme les chaluts peuvent quant à eux être tractés sur plusieurs kilomètres lors des activités de pêche. Nous avons utilisé le type de mobilité pour générer une zone d'effets des activités de pêche. Cette approche permet de considérer l'incertitude potentielle associée aux coordonnées des activités de pêche, la mobilité des engins et l'absence des coordonnées de début et de fin des activités de pêche pour les engins mobiles. Nous avons utilisé une zone ayant un rayon de 200 et 2000 mètres pour les activités de pêche avec engins fixes et mobiles, respectivement (Beauchesne et al., 2020). Les engins ont été caractérisés grâce à une base de données fournissant un index des engins de pêche pour la pêche commerciale conjointe à la base de données des journaux de bord (Pêches et Océans Canada, 2021b)

Tableau 4.10: Description des catégories de types d'engins avec la fréquence des activités de pêche commerciale répertoriées dans les journaux de bords entre 2010 et 2020 (Pêches et Océans Canada, 2021a, 2021b, 2021c).

Catégorie	Description	Fréquence
Démersale destructive, prises accessoires élevées	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche démersaux pouvant causer des dommages aux habitats ou au substrat, e.g. chalut et drague.	2954
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche démersaux avec peu ou en l'absence de prises accessoires et ne causant aucune modification des habitats, e.g. la pêche en plongée sous-marine.	6452
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche démersaux avec d'importantes prises accessoires et ne causant aucune modification des habitats, e.g. casier et senne.	18793
Pélagique prises accessoires faibles	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche pélagiques avec peu ou en l'absence de prises accessoires et ne causant aucune modification des habitats, e.g. pêche à la ligne, senne bourse.	8
Pélagique prises accessoires élevées	Activités de pêches commerciales à l'aide d'engins de pêche pélagiques avec d'importantes prises accessoires et ne causant aucune modification des habitats, e.g. filet maillant et palangre.	8429

Tableau 4.11: Classification des types d'engins selon leur effets environnementaux et leur mobilité. DD: démersales, destructives, prises accessoires élevées; DNH: démersales, non-destructives, prises accessoires élevées; DNL: démersales, non-destructives, prises accessoires faibles; PHB: pélagiques, prises accessoires élevées; PLB: pélagiques, prises accessoires faibles. Adapté de (Beauchesne et al., 2020)

Type d'engin	Catégorie	Mobilité
Casier	DNH	Fixes
Chalut de fond	DD	Mobile
Drague	DD	Mobile
Filet maillant	PHB	Fixes
Pêche à la ligne	PLB	Fixes
Palangre	PHB	Fixes
Plongée	DNL	Fixes
Senne bourse	PLB	Fixes
Senne Danoise ou Écossaise	DNH	Fixes
Senne de rivage	DNH	Fixes
Trappe	DNH	Fixes
Turlutte	PLB	Fixes

Pour caractériser l'intensité des activités de pêche (I_{peche}), nous avons évalué la fréquence totale des activités de pêche pendant la période visée (2010 - 2020) chevauchant chaque cellule de la grille d'étude:

$$I_{peche,j} = \sum_{k=1}^{n_j} P_{j,k}$$

où j est une cellule de la grille d'étude, k est une activité de pêche et P_k est la zone tampon entourant chaque activité de pêche k. Cette formule calcule l'intensité de pêche en nombre d'activités de pêche répertoriées. Puisque nous avons calculé l'intensité au sein de cellules de 1 km^2, les unités de cette formule sont en nombre d'activités (n) par km^2, soit $n * km^{-2}$. Puisque des zones tampons ont été utilisées autour de chaque activité, il est possible qu'une seule activité de pêche soit répertoriée pour plus d'une

cellule de la grille d'étude. La somme totale des activités dans la grille d'étude ne sera ainsi pas égale à la somme totale réelle des activités de pêche répertoriées dans la zone d'étude.

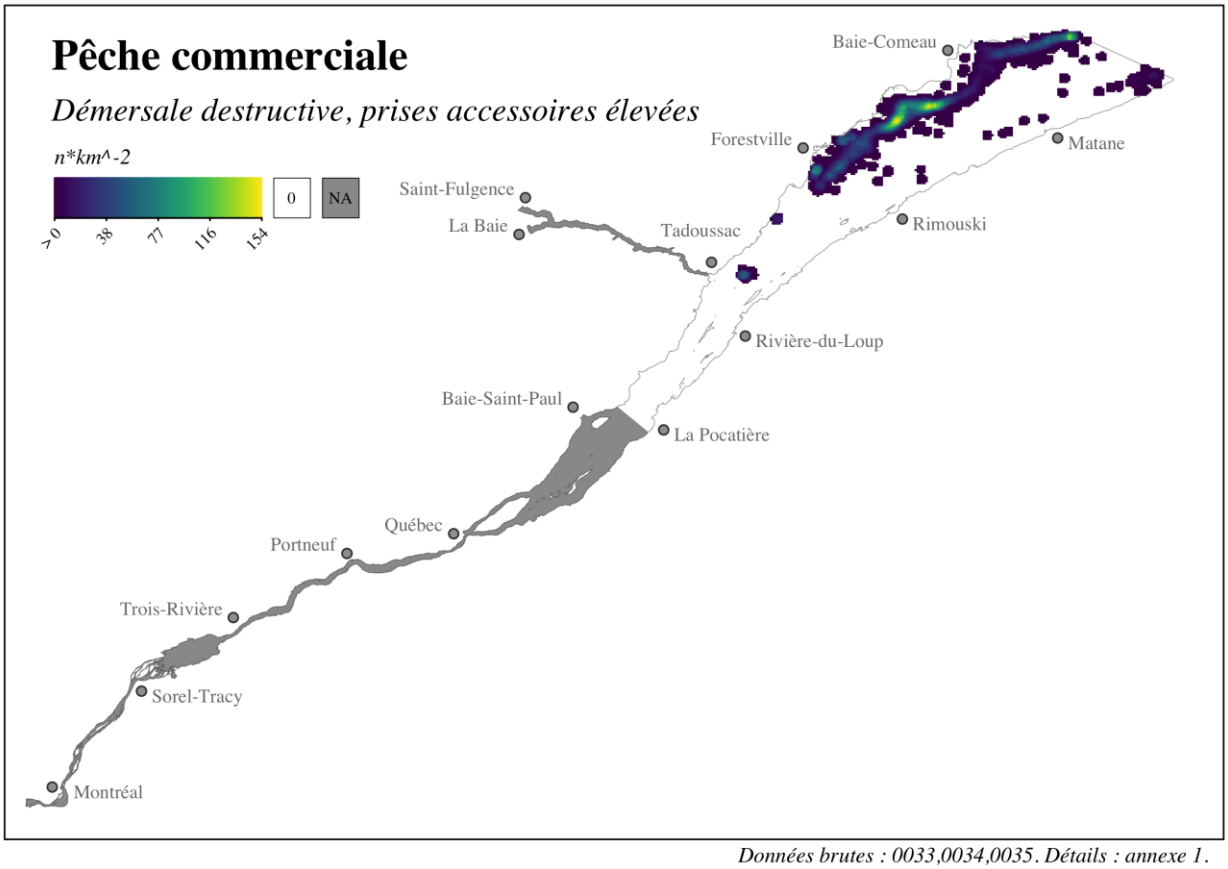


Figure 4.20: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale destructive, prises accessoires élevées

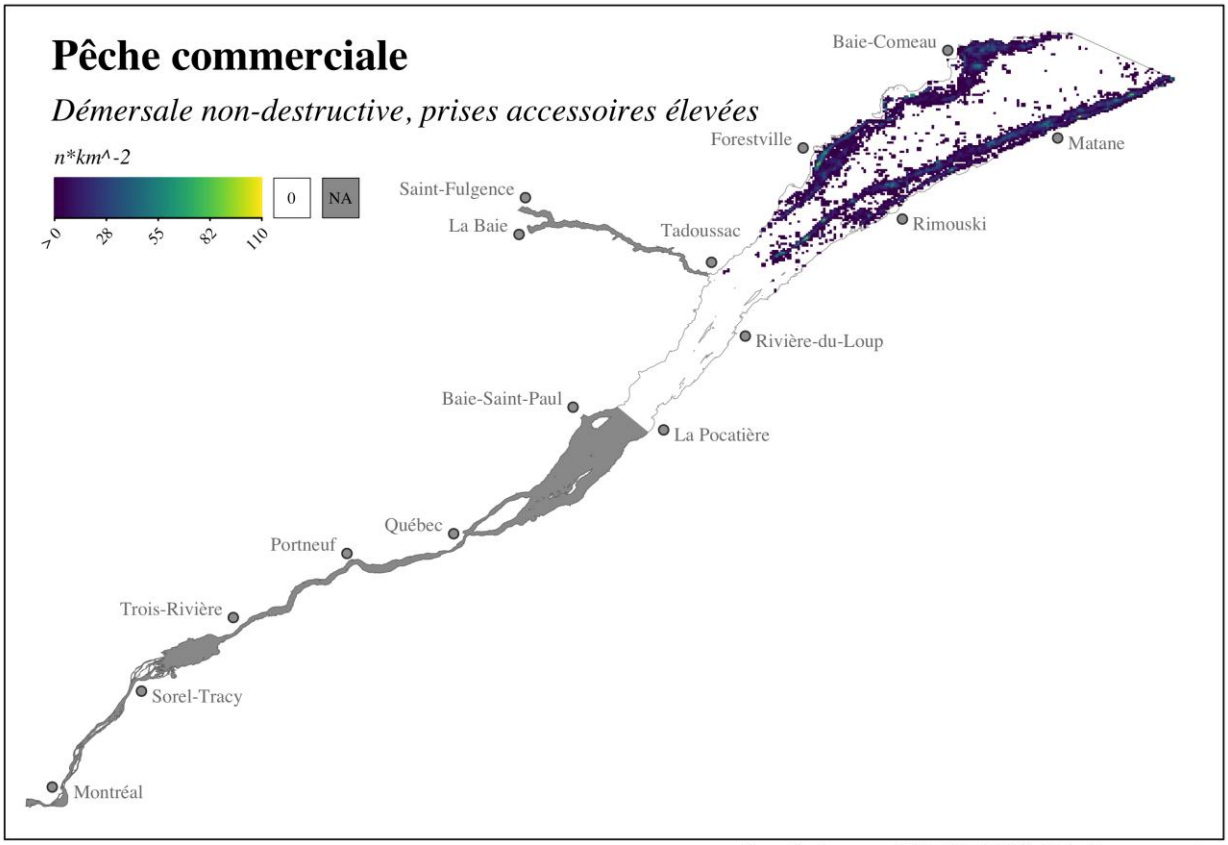


Figure 4.21: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale non-destructive, prises accessoires élevées

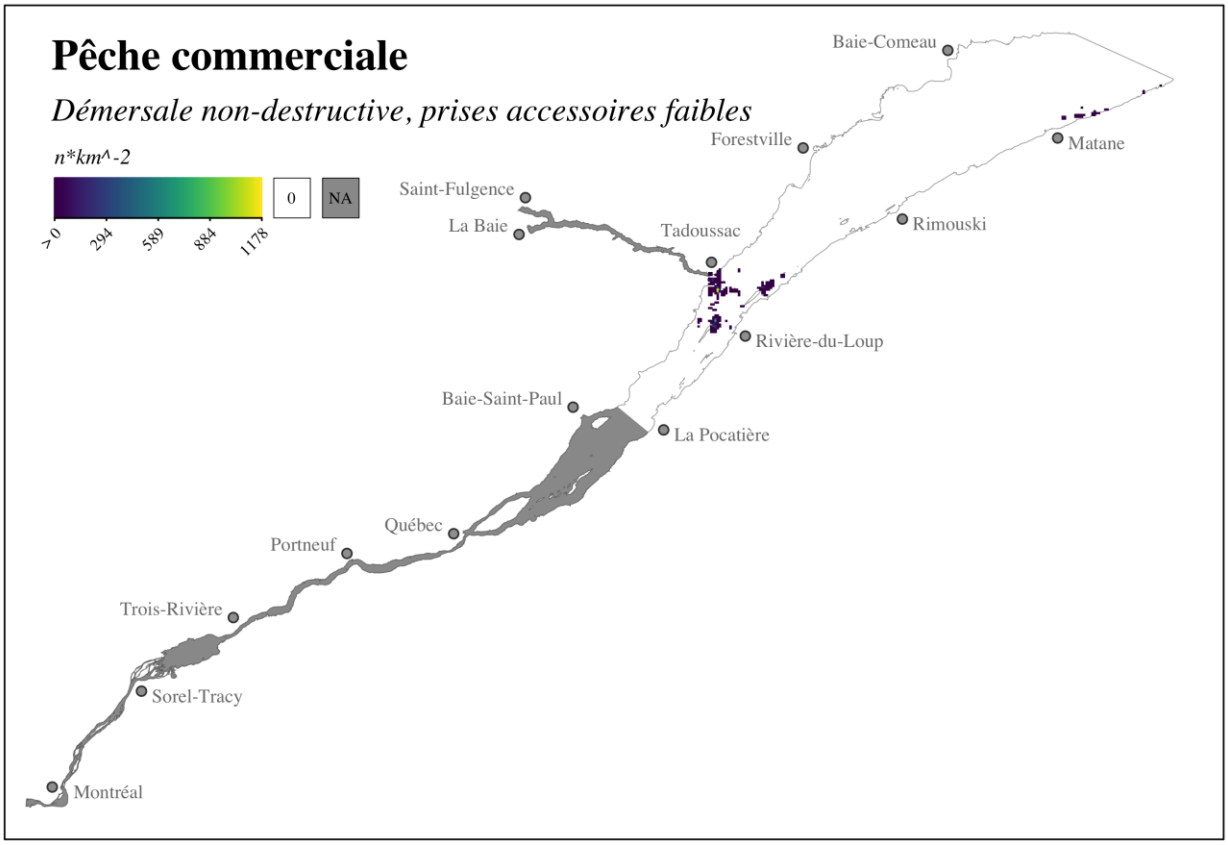


Figure 4.22: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale non-destructive, prises accessoires faibles

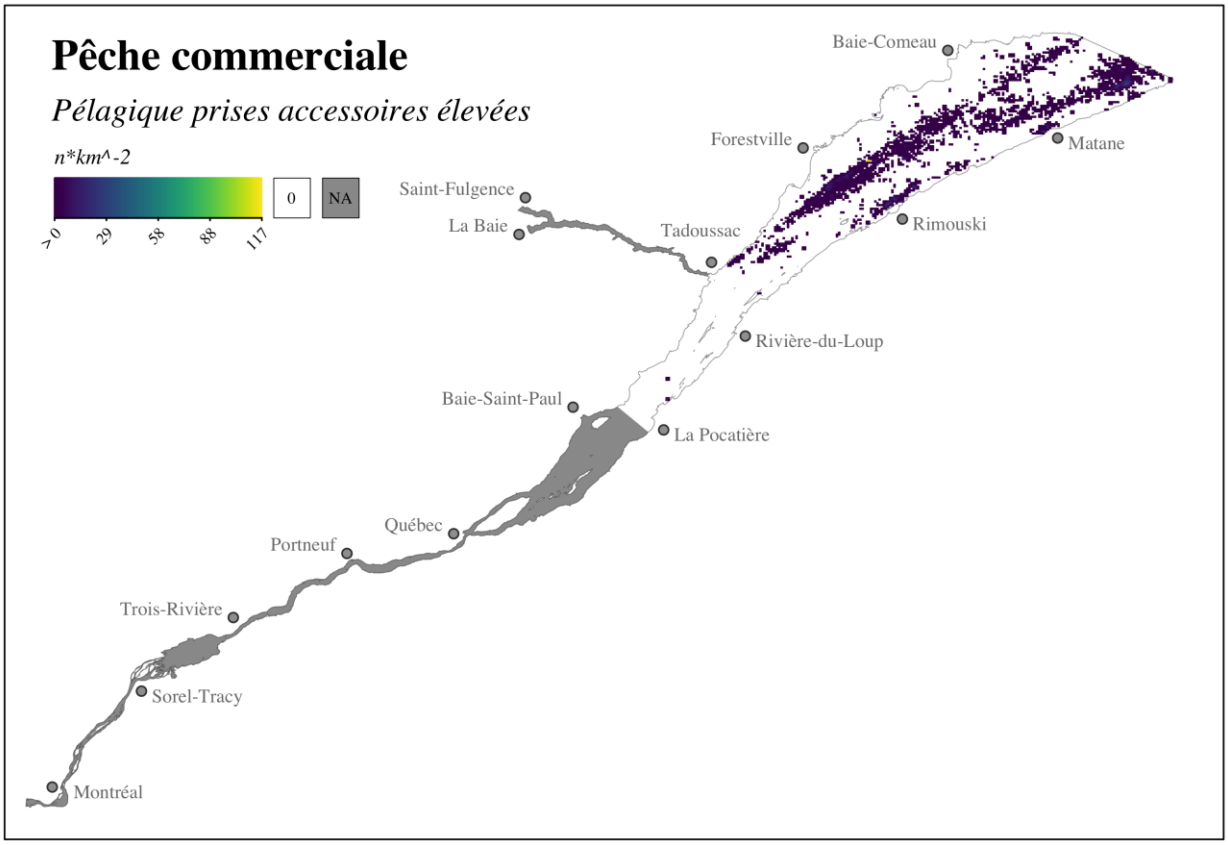


Figure 4.23: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Pélagique prises accessoires élevées

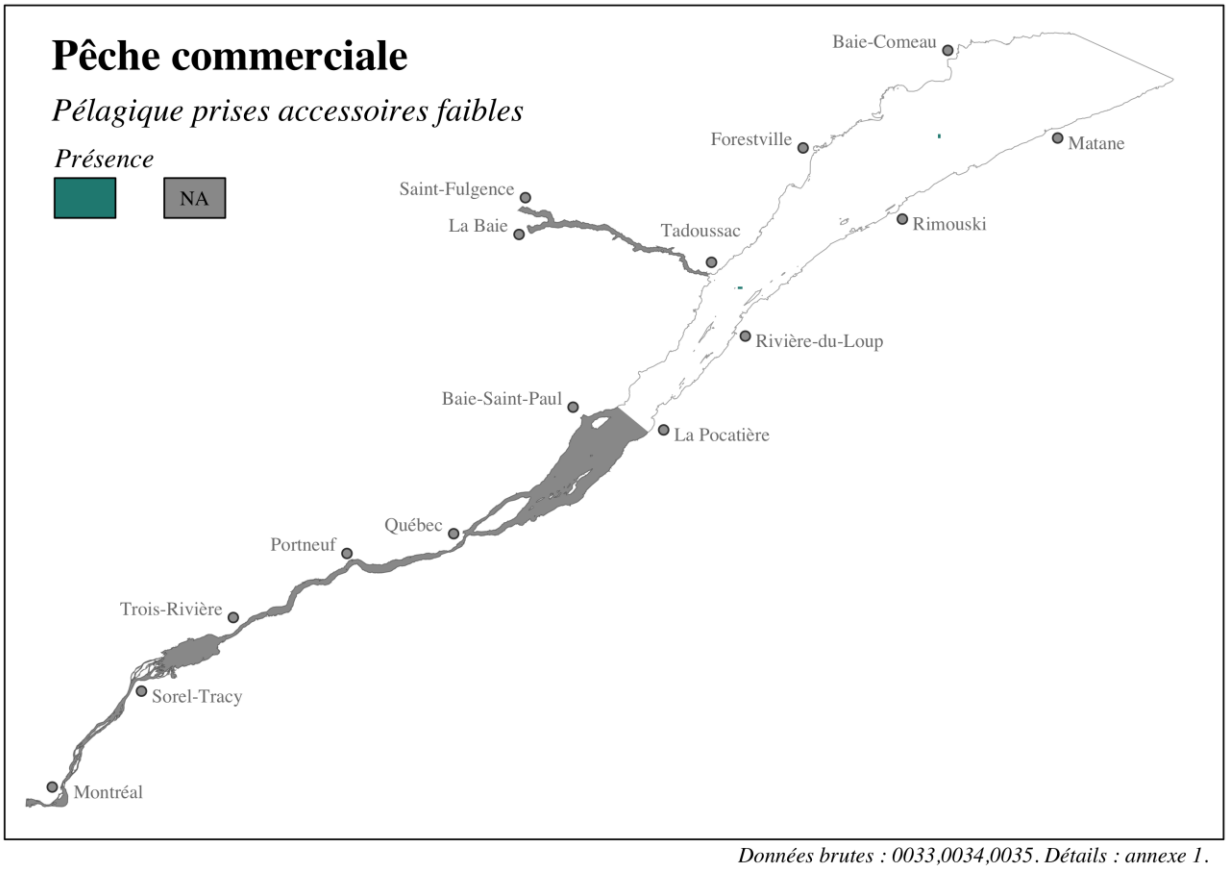


Figure 4.24: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Pélagique prises accessoires faibles

4.2.6.2 Secteur fluvial

Lors de la mise à jour de mars 2023, des données caractérisant les pêches commerciales au sein du secteur fluvial de la zone d'étude ont été ajoutées à l'évaluation des effets cumulatifs. Ces données proviennent d'une caractérisation des principales pressions exercées sur le Saint-Laurent (Mingelbier et al., 2012). Des données de pêches commerciales à l'aide de verveux au printemps, à l'été et à l'automne avant 2011 ont été caractérisées au sein de segments du fleuve corresponsant à des unités de 5 km et divisant le Saint-Laurent entre les rives nord et sud de la rive jusqu'à la voie navigable. La pêche commerciale a été calculée en nombre moyen de verveux déployés par jour au sein de chaque segment; les données ont ensuite été transformées en un indice d'une valeur de 1, 3 ou 5, correspondant à des intensités faibles, moyennes ou fortes, respectivement.

Ces valeurs ont directement été intégrées au sein de la grille d'étude pour l'évaluation des effets cumulatifs. Il est toutefois important de mentionner que ces données ne sont pas exhaustive de l'ensemble des activités de pêches commerciales en milieu fluvial, bien qu'elles correspondent aux informations les plus à jour qui étaient à notre disposition.

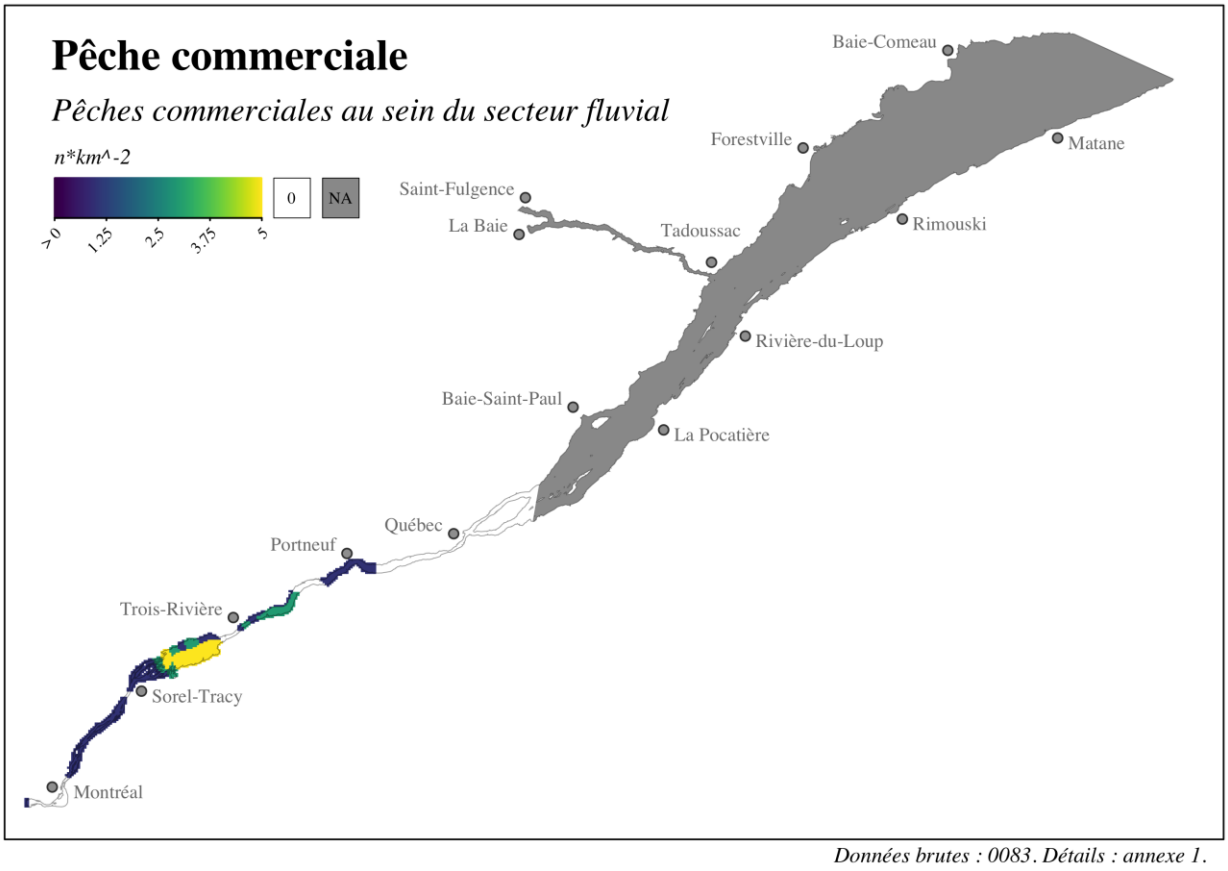


Figure 4.25: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Pêches commerciales secteur fluvial

4.2.7 Pollution maritime

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0018, 0019, 0020, 0021, 0028, 0033, 0034, 0035, 0041, 0046, 0047, 0048, 0049, 0050, 0052, 0069, 0070, 0071, 0083****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Nous introduisons un stresseur environnemental afin de remplacer les rejets opérationnels du côté des stresseurs environnementaux, et la qualité de l'eau du côté des composantes valorisées. Ce nouveau stresseur est utilisé afin de pallier aux difficultés de caractériser ces deux éléments initialement identifiés comme préoccupants par les parties impliquées au projet.

Du côté des rejets opérationnels, cette décision a été prise dû à l'absence de données couvrant l'entièreté de la zone d'étude. D'un point de vue législatif, les navires qui transitent en eaux canadiennes sont tenus d'effectuer tout échange d'eaux de ballast au sein de régions pré-établies appelées *Zones désignées de renouvellement d'eaux de ballast du Canada* (Canada, 2021c, 2021d). Or, la zone la plus près de la zone d'étude est située à l'entrée du Golfe du Saint-Laurent et ne touche ainsi pas la zone d'étude couverte par notre évaluation (Figure 4.26). Les données touchant spécifiquement les rejets opérationnels des navires auraient, quant à elles, été disponibles uniquement pour une faible proportion de la flotte canadienne naviguant les eaux de la zone d'étude et auraient nécessité un effort de saisie de données considérable. En tant que tel, ces données n'ont pas été considérées pour l'évaluation.

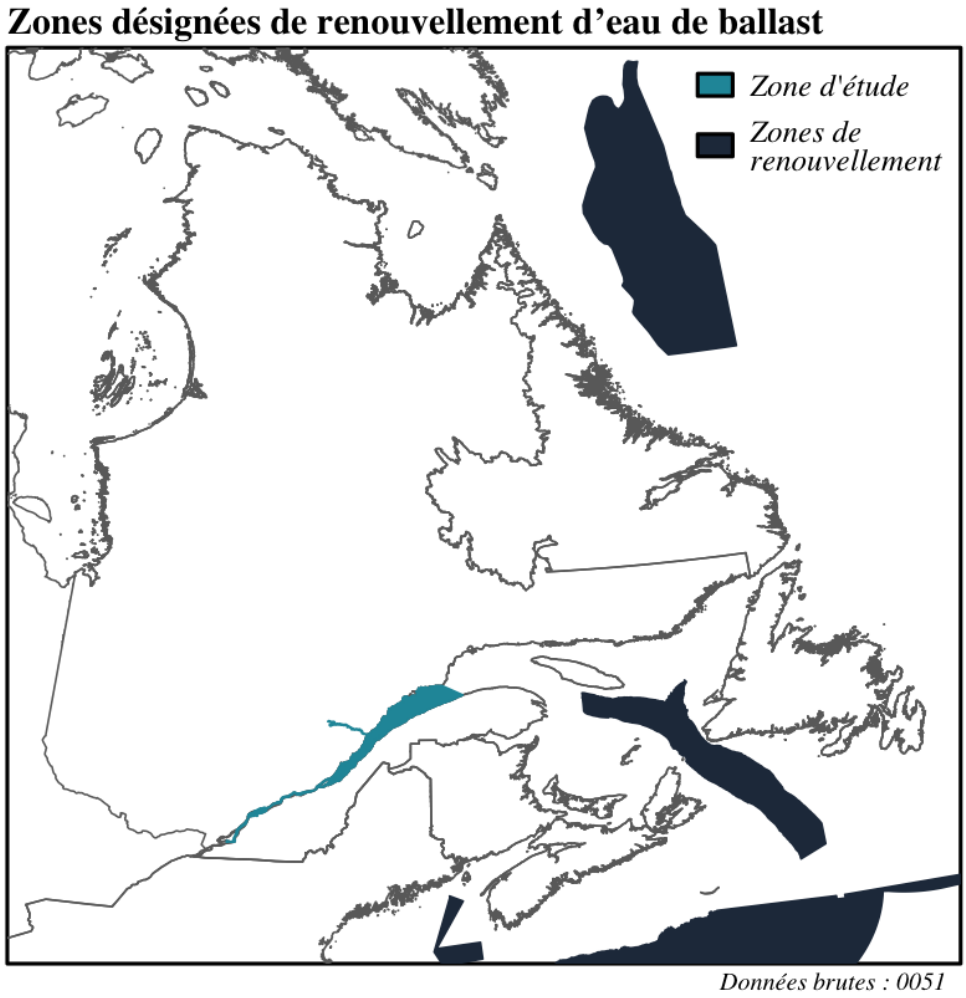


Figure 4.26: Emplacement des zones désignées de renouvellement d'eaux de ballast relativement à la position de la zone d'étude pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

Du côté de la qualité de l'eau, cette décision a été prise dû à la difficulté d'attribuer des variations en qualité de l'eau spécifiquement aux activités maritimes. En effet, de nombreux autres facteurs influencent la qualité de l'eau en milieux côtier, aquatique et marin, et départager ces effets était hors de portée dans le cadre de ce projet pilote. Plus de détails à ce sujet sont disponibles à la section sur la qualité de l'eau.

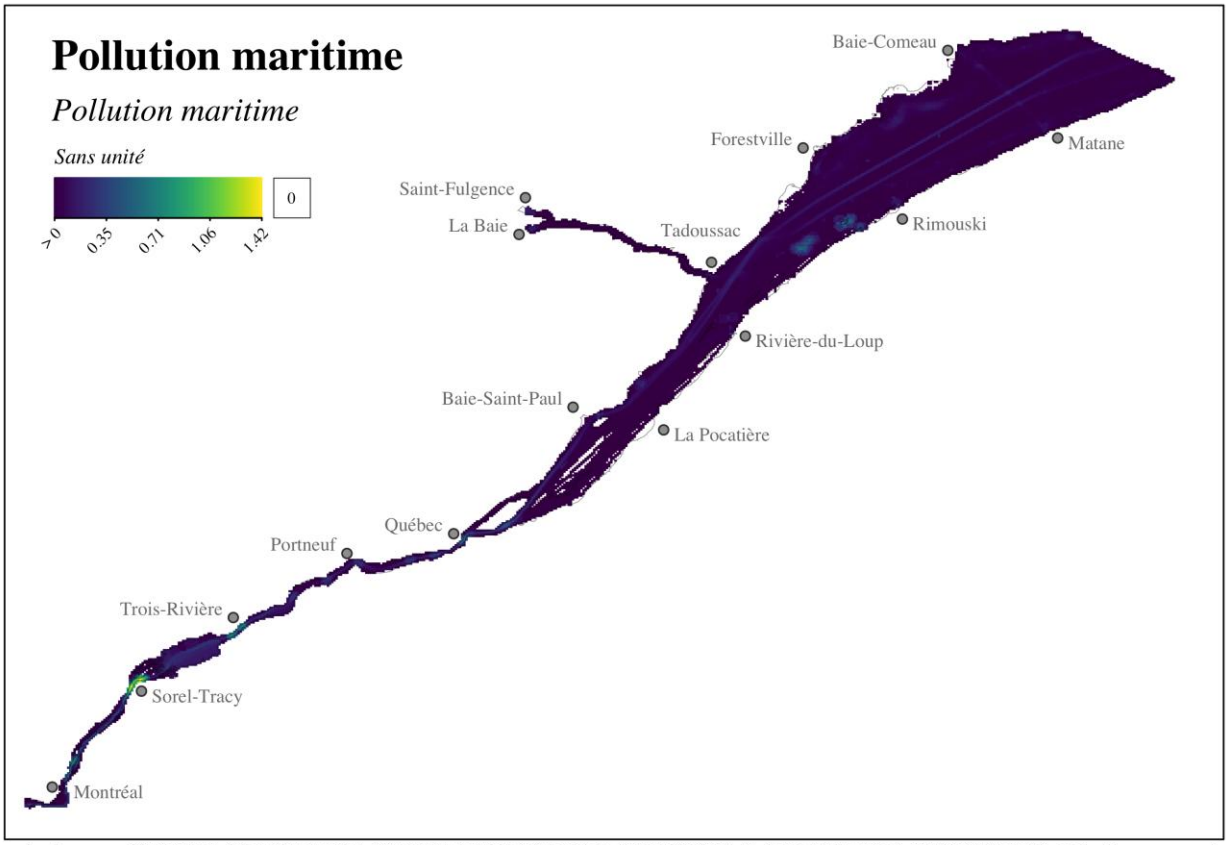
À l'instar de Halpern et al. (2019), la pollution maritime a été caractérisée en combinant les stresseurs environnementaux reliés aux activités maritimes. Ce choix suppose que la qualité de l'eau est plus à risque face aux activités de navigation et de la pollution qui en résulte via des rejets opérationnels, des fuites de gaz, des décharges de déchets, etc. En

l'absence de données exhaustives sur les rejets opérationnels et de la difficulté d'établir un lien direct entre la qualité de l'eau et les activités maritimes cumulées, l'indice de pollution maritime nous sert de proxy visant à identifier les milieux les plus à risque de pollution issues des activités maritimes.

L'indice de pollution maritime est obtenu en combinant l'intensité relative de tous les stresseurs associés directement aux activités de navigation, *i.e.* les sites d'ancrage, les activités de dragage, la navigation et la pêche commerciale. La caractérisation des déversements accidentels n'y est pas incluse puisqu'elle décrit déjà explicitement des problématiques de déversements toxiques dans l'environnement plutôt qu'un stresseur relié aux opérations régulières d'activité de navigation. L'intensité de la pollution maritime ($I_{pollution}$) au sein d'une cellule j correspond à la somme de l'intensité des stresseurs environnementaux sélectionnés normalisés entre 0 et 1 :

$$I_{pollution,j} = \frac{1}{|S|} \sum_{s \in S} I_{s,j}$$

où $|S|$ est le nombre de stresseurs environnementaux considérés, s sont les stresseurs environnementaux individuels et $I_{s,j}$ est l'intensité relative du stresseurs s au sein de la cellule j.



Données brutes : 0018,0019,0020,0021,0028,0033,0034,0035,0041,0046,0047,0048,0049,0050,0052,0069,0070,0071,0083. Détails : annexe 1.

Figure 4.27: Intensité de la pollution maritime dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Pollution maritime

4.3 Composantes valorisées

La caractérisation des composantes valorisées dans la zone d'étude a résulté en la description de 4 composantes valorisées divisées en 83 sous-catégories qui sont considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes (Tableau 4.12). Les sous-catégories ont été identifiées principalement par la disponibilité et l'accessibilité des données pour les composantes valorisées biophysiques (*i.e.* intégrité des berges, habitats et mammifères marins); elles ne devraient ainsi pas être considérées comme une représentation exhaustive de la diversité des sous-catégories de composantes valorisées. Dans le cas des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques, les catégories identifiées correspondent aux données rapportées par les différentes Premières Nations,

mais ne devraient pas être interprétées comme une représentation exhaustive de l'utilisation du territoire des Premières Nations (voir section 4.3.5.1 pour plus de détails)

La majorité des données ont été intégrées à la grille d'étude en présence-absence; une caractérisation quantitative continue a été effectuée pour les mammifères marins uniquement. L'approche utilisée est décrite à la section spécifique pour les mammifères marins. Les sections suivantes présentent les données et les résultats de l'intégration des données ayant permis la caractérisation des composantes valorisées dans la zone d'étude.

Tableau 4.12: Liste des sous-catégories de composantes valorisées considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay. Consultez l'annexe 1 pour plus de détails sur les sources de données.

Composantes valorisées	Type	Sous-catégories	Source
Habitats	Cycles de vie	Frayères	0087, 0073, 0074, 0075, 0076
		Oiseaux	0043, 0058
		Sites d'alevinage	0086
	Espèces à statut	Espèces en voie de disparition	0077
		Espèces fauniques menacées	0059
		Espèces fauniques susceptibles	0059
		Espèces fauniques vulnérables	0059
		Espèces floristiques menacées	0060
		Espèces floristiques susceptibles	0060
		Espèces floristiques vulnérables	0060
		Espèces menacées	0077
	Milieux naturels	Biovolume herbiers aquatique - faible	0084

Composantes valorisées	Type	Sous-catégories	Source
		Biovolume herbiers aquatique - modéré	0084
		Biovolume herbiers aquatique - élevé	0084
		Eau peu profonde	0053
		Gisements coquilliers	0057, 0078, 0079, 0081
		Marais	0053
		Marécage	0053
		Meuble sans falaise	0017
		Milieu humide	0053
		Rocheux sans escarpement	0017
		Rocheux sans falaise	0017
		Terrasse de plage	0017
		Terrasse fluviale	0017
		Zones inondables	0013, 0014
		Zostères	0001, 0002, 0003
Intégrité des berges	Artificielle	Artificielle - Semi-végétalisée	0017
		Artificielle - Vive	0017
	Naturelle	Naturelle - Semi-végétalisée	0017
		Naturelle - Vive	0017
Mammifères marins	Baleine	Béluga	0027
		Marsouin commun	0054
		Petit rorqual	0085
		Rorqual bleu	0085
		Rorqual commun	0085
		Rorqual à bosse	0085
	Phoque	Phoque commun	0054
		Phoque du Groenland	0054
		Phoque gris	0054
Sites d’intérêt	Association de gestion halieutique Mi’kmaq et Malécite	Pêche commerciale	0022
		Pêche traditionnelle	0023
	Nation Huronne-Wendat	Activités rituelles ou sociales	0055
		Archéologie	0055

Composantes valorisées	Type	Sous-catégories	Source
		Chasse	0055
		Espèce en péril	0055
		Histoire	0055
		Occupation du territoire	0055
		Pêche	0055
		Récolte de végétaux	0055
		Toponymie	0055
	Nation Mohawk de Kahnawà:ke	Chasse à la sauvagine	0032
		Culture et patrimoine	0032
		Navigation	0032
		Pêche de rivage	0032
		Pêche en eau libre	0032
		Récolte de végétation	0032
		Seigneurie du Sault-Saint-Louis	0032
	Nation W8banaki	Chasse au gibier	0066
		Chasse aux oiseaux migrateurs	0066
		Cueillette et collecte de végétaux	0066
		Navigation	0066
		Problèmes liés à l’accès au territoire	0066
		Pêche	0066
		Sites archéologiques	0067
		Sites culturels	0066
		Sites de coucher	0066
		Sites essentiels	0066
		Sites à potentiel archéologique	0068
		Trappe d’animaux à fourrure	0066
		Zones d’activités	0066
	Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk	Développement portuaire	0072
		Observation du béluga	0072
		Pêche commerciale	0022, 0025
	Nation des Innus d’Essipit	Accès au plan d’eau	0024
		Activités touristiques	0024
		Chasse aux oiseaux migrateurs	0024

Composantes valorisées	Type	Sous-catégories	Source
		Chasse aux phoques	0024
		Culture et patrimoine	0024
		Pêche commerciale	0024
		Pêche traditionnelle	0024
	Public	Milieux protégés	0030, 0038, 0039, 0082
		Sites patrimoniaux	0044, 0045
		Épaves	0088

4.3.1 Habitats floristiques et fauniques

Une recherche de données a été effectuée afin de caractériser différents types d'habitats caractéristiques du Saint-Laurent et du Saguenay et pouvant être affectés par les activités maritimes. Les habitats considérés sont ceux pour lesquels des données ont été accessibles ouvertement sur des plateformes comme la plateforme fédérale Gouvernement ouvert, la plateforme provinciale Données Québec et l'Observatoire Global du Saint-Laurent, ou partagées par divers ministères et collaborateurs. Cette recherche de données nous a permis de caractériser 26 types d'habitats au sein de la zone d'étude (Tableau 4.13). Les habitats ont été caractérisés en présence-absence au sein de la grille d'étude. Les sections suivantes fournissent davantage d'informations sur la caractérisation des différents types d'habitats.

Tableau 4.13: Catégories d'habitats considérés pour l'analyse des effets cumulatifs de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay et leur superficie totale dans la zone d'étude. *Consultez l'annexe 1 pour plus de détails sur les sources de données.

Catégories d'habitats	Sous-catégories	Description	Superficie km^2	Données utilisées*
Cycles de vie	Oiseaux	Sites connus d'importance pour les oiseaux, tels des sites de nidification et des colonies d'oiseaux marins	1228.08	0043,0058
Cycles de vie	Sites d'alevinage	Sites d'alimentation et de protection pour les stades de vie initiaux des poissons (*e.g.* larves, alevins, juvéniles)	991.47	0086
Cycles de vie	Frayères	Sites de reproduction où des poissons femelles pondent des oeufs pour fécondation par les mâles	1199.08	0087,0073,0074,0075,0076
Espèces à statut	Espèces fauniques menacées	Espèces fauniques désignées menacées	573.51	0059
Espèces à statut	Espèces fauniques susceptibles	Espèces fauniques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables	104.79	0059
Espèces à statut	Espèces fauniques vulnérables	Espèces fauniques désignées vulnérables	621.30	0059
Espèces à statut	Espèces floristiques menacées	Espèces floristiques désignées menacées	2.04	0060
Espèces à statut	Espèces floristiques susceptibles	Espèces floristiques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables	0.95	0060
Espèces à statut	Espèces floristiques vulnérables	Espèces floristiques désignées vulnérables	0.13	0060
Espèces à statut	Espèces en voie de disparition	Espèces désignées en voie de disparition en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP)	0.04	0077

Catégories d'habitats	Sous-catégories	Description	Superficie km^2	Données utilisées*
Espèces à statut	Espèces menacées	Espèces désignées menacées en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP)	1362.77	0077
Milieux naturels	Zostères	Distribution de la zostère marine (*Zostera marina*)	25.76	0001,0002,0003
Milieux naturels	Zones inondables	Territoires ayant une probabilité élevée d'être inondés selon une récurrence des crues sur 2 ans, 20 ans ou sur 100 ans	508.00	0013,0014
Milieux naturels	Meuble sans falaise	Dépôt non consolidé sans falaise	6.08	0017
Milieux naturels	Rocheux sans escarpement	Berge de roc sans escarpement	1.71	0017
Milieux naturels	Rocheux sans falaise	Roche consolidée sans falaise	6.18	0017
Milieux naturels	Terrasse de plage	Zone d'accumulation de dépôts non consolidés (sable et/ou de gravier littoral) formée d'un replat colonisé par de la végétation herbacée parfois inondée que lors de surcote pendant la pleine mer supérieure de grande marée. Le replat est parfois bordé sur sa partie inférieure par un talus d'érosion (microfalaise) de moins de 2 m de hauteur et sur sa partie supérieure par une falaise morte ou d'un terrain plat	26.48	0017
Milieux naturels	Terrasse fluviale	Banc d'accumulation situé	0.94	0017

Catégories d'habitats	Sous-catégories	Description	Superficie km^2	Données utilisées*
		à l'embouchure d'une rivière composé de dépôts non consolidés colonisé par de la végétation		
Milieux naturels	Eau peu profonde	Milieu humide dont le niveau d'eau est inférieur à 2 m et présentant des plantes aquatiques flottantes ou submergées ainsi que des plantes émergentes dont le couvert fait moins de 25 % de la superficie du milieu.	279.91	0053
Milieux naturels	Marais	Milieu humide sur dépôt minéral, dominé par une végétation herbacée couvrant plus de 25 % de la superficie. Les arbustes et les arbres, lorsque présents, couvrent moins de 25 % de la superficie du milieu.	169.42	0053
Milieux naturels	Marécage	Milieu humide sur dépôt minéral, dominé par une végétation ligneuse arbustive ou arborescente, avec plus de 25 % de couvert.	38.46	0053
Milieux naturels	Milieu humide	Regroupe les milieux humides dont le type est inconnu.	28.55	0053
Milieux naturels	Gisements coquilliers	Gisements connus et exploités de mactre de Stimpson, de clovisse arctique, de couteau de l'Atlantique et de	87.81	0057,0078,0079,0081

Catégories d'habitats	Sous-catégories	Description	Superficie km^2	Données utilisées*
		mye commune des eaux côtières du Québec		
Milieux naturels	Biovolume herbiers aquatique - faible	Milieux à faible biovolume d'herbiers aquatiques	19.27	0084
Milieux naturels	Biovolume herbiers aquatique - modéré	Milieux à modéré biovolume d'herbiers aquatiques	9.57	0084
Milieux naturels	Biovolume herbiers aquatique - élevé	Milieux à élevé biovolume d'herbiers aquatiques	13.98	0084

4.3.1.1 Habitats d'importance pour les cycles de vie

4.3.1.1.1 Frayères et sites d'alevinage

Nous remercions Marc Mingelbier et Marie-Josée Gagnon du Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0073, 0074, 0075, 0076, 0086, 0087****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les frayères sont des milieux essentiels au maintien de populations de poissons; en effet, des perturbations à ces sites, ou au comportement des espèces pendant la période de fraie, peuvent avoir des impacts majeurs sur la dynamique des populations de poissons. Similairement, les sites d'alimentation et de protection pour les stades de vie initiaux des

poissons (*e.g.* larves, alevins, juvéniles) sont beaucoup plus susceptibles aux effets de perturbations à leur habitat. Ces sites, nommés aires d'alevinage, sont ainsi essentiels à leur survie. La protection des frayères et des aires d'alevinage est ainsi d'une importance majeure puisqu'elles constituent un goulot d'étranglement pour la dynamique des populations de poissons.

Les données utilisées pour caractériser les frayères et les aires d'alevinage au sein de la zone d'étude proviennent d'un exercice d'intégration de données d'observation *in situ* couvrant la période de 1974 à 2019 (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2020). Ces données ont été mises à jour en mars 2023 à l'aide de données plus récentes et bonifiées [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023c); Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023a); Tableau 4.14]. Les données regroupent des frayères et des aires d'alevinage confirmées ou potentielles lorsque les habitats étaient jugés propices à la fraie ou l'alevinage des poissons. Il est donc probable que ces données soient partielles et ne devraient pas être considérées comme un portrait exhaustif des frayères et des aires d'alevinage dans la zone d'étude. Les données sont composées de points et de polygones. Nous avons ajouté une zone tampon de 100 m autour des points, puis avons intégré la présence de frayères au sein de notre grille d'étude de 1 km^2.

Les données utilisées pour caractériser les frayères dans le secteur maritime de la zone d'étude proviennent de l'intégration de 4 jeux de données différents provenant de Pêches et Océans Canada, décrivant les aires de reproduction de l'alose savoureuse [*Alosa sapidissima*; Pêches et Océans Canada (2019c)], de l'esturgeon jaune [*Acipenser fulvescens*; Pêches et Océans Canada (2019a)], de l'esturgeon noir [*Acipenser oxyrhynchus*; Pêches et Océans Canada (2019b)] et de l'éperlan arc-en-ciel [*Osmerus mordax*; Pêches et Océans Canada (2019d)]. Ces données ont été intégrées à la grille d'étude conjointement aux données du secteur fluvial.

Tableau 4.14: Sources utilisées pour caractériser les frayères et les aires d'alevinage dans la zone d'étude.

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
	18639	738.96	NA	NA
ARGUS. 2001. Mise en valeur du littoral de l'agglomération de la Capitale nationale du Québec: élaboration d'un cadre d'analyse régional. Commission de la Capitale nationale. 54 p. + annexes.	NA	NA	15	67.21
Alliance Environnement GDG Conseil-Daniel Arbour & Associés (n.d.) Frayère PLIO adapté de Lavoie et Talbot 1984 [document cartographique]. 1 : 340 000, Alliance Environnement GDG Conseil-Daniel Arbour & Associés, Trois-Rivières, Québec.	23	75.26	NA	NA
Argus inc. (Les consultants en environnement). 1995b. Barachois de Malbaie: étude d'avant-projet de conservation et de mise en valeur. Rapport présenté au Club des ornithologues de la Gaspésie dans le cadre du programme Saint-Laurent Vision 2000. 71	1	0.80	NA	NA
Benoit, J., J.-C. Bourgeois, S. Desjardins et J. Picard. 1988. Plan de conservation et de mise en valeur des habitats et de la faune de la région du lac Saint-Pierre. Ministère des Loisirs, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Directions régio	4	0.91	NA	NA
Benoit, J., J.-C. Bourgeois, S. Desjardins et J. Picard. 1988. Plan de conservation et de mise en valeur des habitats et de la faune de la région du lac Saint-Pierre. Ministère des Loisirs, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Directions régionale*	NA	NA	76	51.17
Bernatchez, S., Valiquette, E., Vachon, N., Brodeur, P., Côté, C., Hatin, D., L'Italien, L. et Y. Paradis. 2019. Lake Sturgeon (Acipenserfulvescens) spawning sites in the St. Lawrence river system,	127	1.04	NA	NA

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
Québec, Canada. Ministère des Forêts, de la F				
Blais, J.-P. et V. Legendre. 1976.	3	0.14	NA	NA
Bouchard, D. 1976. Localisation des frayères des principales espèces de poissons d'intérêt sportif et commercial, dans le fleuve Saint-Laurent. (Phase 1). Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de la recherche biolog	35	3.56	NA	NA
Boulet, M., J. Leclerc et P. Dumont. 1995; Boulet, M., Y. Chagnon et J. Leclerc. 1996; Dumont, P., J. Leclerc et L. Bouthillier. 1989a.	1	0.11	NA	NA
Bourque, M. et J.Malouin (2009). Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des littoraux de la MRC de Sept-Rivières. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, 153 p. + 1 annexe.	10	0.31	NA	NA
Bourque, M., V. Provost et G. Mazo (2009). Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt en Basse-Côte-Nord. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, vi + 166 p.	28	0.88	NA	NA
Bouthillier, L., P. Dumont et G. Roy. 1993.	1	0.24	NA	NA
Bouthillier, L., P. Dumont et G. Roy. 1993. Répertoire des habitats du poisson de la région de Montréal, Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale de Montréal. ii + 6 p. + fiches et cartes	2	0.28	NA	NA
COMITÉ ZIP DES SEIGNEURIES, 2010. Atlas des habitats du chevalier cuivré (Moxostoma hubbsi). 2e édition. Joliette. vii + 67 pages.	NA	NA	69	0.78
Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire (2001). Plan de protection et de mise en valeur du banc de Portneuf. Rédigé par Naturam Environnement Inc. et déposé au	5	1.96	NA	NA

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire, 70 p.				
Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire (2008). Guide d'intervention en matière de protection et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt de la rive nord de l'estuaire maritime (fiches 14 à 20), 8 p. + 7 fiches + annexe.	3	0.10	2	0.03
Comité Zone d'intervention Prioritaire Côte-Nord du Golfe (2008). Une histoire de pêche…Le savoir des aînés au service de la communauté! Rapport final remis au programme Nouveaux horizons pour les ainés, 18 p.	38	0.00	NA	NA
Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1975). Études biologiques, Annexe cartographique au vol. 1, Dimension environnement Ltée, Montréal, 1413 p.	124	33.57	NA	NA
DGFa 04-17 (2019a) Base de données Poisson Fleuve [shp]. V.26 mars 2019, 1 : 20 000, DGFa 04-17, Trois-Rivières.	NA	NA	3014	30.37
DGFa 04-17 (2019b) Base de données Historique partielle [shp]. V.11 décembre 2019, 1 : 20 000, DGFa 04-17, Trois-Rivières.	NA	NA	54	0.31
DGFa 05-06-13-16 (2020) Base de données frayères [FGDB]. V.2020, 1 : 20 000, DGFa 05-06-13-16, Longueuil.	NA	NA	10	2.54
Dimension Environnement SNC. 1990; LaHaye, M. et R. Fortin. 1990; Desjardins, S. et P. Dumont. 1990; Dumont, P. et R. Fortin. 1977.	1	0.07	NA	NA
Dubé, J., M. Letendre, M. Beaudoin et B. Dumas. 1992. Marina l'Escale inc. Relevés sur l'habitat du poisson au printemps 1992. Lots 6-P, 7-P et littoral de la rivière Richelieu, Notre-Dame-du-Mont-Carmel, MRC du Haut-Richelieu. Québec, MLCP, 13 p.	1	0.42	NA	NA

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
Dumont, P., J. Leclerc et Y. Chagnon. 1990. Pêche électrique sur la rivière Yamaska le 18 avril 1990. Québec, Ministère du Loisir de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal. [Données non pub	1	0.11	NA	NA
Dumont, P. et R. Fortin. 1977.	34	15.25	NA	NA
Dumont, P., J. Leclerc et L. Bouthillier. 1989b.	4	37.29	NA	NA
Dumont, P., J. Leclerc et Y. Chagnon. 1990.	1	0.11	NA	NA
Enquête auprès des agents des pêches du MPO. 1994.	1	0.18	NA	NA
Enquête auprès des pêcheurs et agents du MEF et du MPO. 1995.	2	31.34	NA	NA
Fournier, P. et L.-M. Soyez. 1988.	2	0.06	NA	NA
Fréchet, A., Dodson J.J., Powles, H. 1983; Enquête auprès des agents des pêches du MPO. 1994.	2	0.18	NA	NA
Gagnon, M., Y. Ménard et J.-F. La Rue. 1993.	3	394.85	NA	NA
Gagnon, M., Y. Ménard et J.-F. La Rue. 1993. Caractérisation et évaluation des habitats du poisson dans la zone de transition saline du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1920: viii + 104 p.	1	336.39	NA	NA
Gendron, M. 1986; Gendron, M. 1987; Gendron, M. 1988; Fournier, P. et L.-M. Soyez. 1988.	2	0.04	NA	NA
Guay G. et M. Couillard. 1985. Étude de l'utilisation printanière et automnale des rapides de Lachine par les poissons. Projet d'archipel de Montréal (1984). Environnement illimité Inc., 1976 p.	356	1.74	NA	NA
Guay, G. et M. Couillard. 1985; Laramée, P. 1983; Dumont, P. et S. Desjardins. 1989.	1	0.38	NA	NA
HEPPELL, M., I. PICARD, F. BÉLISLE et C. THÉBERGE (2000). Guide d'intervention en matière de protection et de mise en valeur des	29	23.38	2	3.52

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
habitats littoraux d'intérêt de la rive nord de l'estuaire maritime. Version finale.				
Hatin, D. et F. Caron. 2002.	2	67.41	NA	NA
Hatin, D. et F. Caron. 2002; Hatin. D. 2003.	1	0.92	NA	NA
Hatin. D., F. Caron et R. Fortin. 1999.	1	1.17	NA	NA
Jacquaz et coll. 1990. Étude biophysique de l'habitat du poisson de quatre barachois de la baie des Chaleurs.	3	0.30	NA	NA
Lemieux, C. 1995.Acquisition de connaissances des habitats côtiers dans la région de Rimouski (1995). Rapport du Groupe-Conseil GENIVAR présenté au Ministère des Pêches et des Océans du Canada, Division de la Gestion de l'Habitat du Poisson, 52	1	15.10	NA	NA
Lemieux, C. 1996. Acquisition de connaissances des habitats côtiers de l'Anse Saint-Jean et de la baie Sainte- Marguerite dans la région du Saguenay. Rap. du Groupe conseil Genivar inc. pour la DGHP, ministère des Pêches et Océans, 79 p. + annexes.	6	3.13	NA	NA
Lemieux, C. et R. Lalumière. 1995. Acquisition de connaissances des habitats côtiers du barachois de Saint-Omer. Rap. du Groupe conseil Genivar inc. pour la DGHP, MPO, 44 pages + 3 ann.	1	0.68	NA	NA
Lesueur, C. 1995. Acquisition de connaissances du milieu côtier dans la batture de Saint-Fulgence. Rapport du Comité ZIP-Saguenay au ministère des Pêches et des Océans du Canada et au Ministère de l'Environnement et de la Faune. 38 p. + annexes.	5	6.25	NA	NA
Lesueur, C. 1998. Acquisition de connaissances sur les poissons migrateurs et dulcicoles du Saguenay. Rapport du projet triennal :	3	12.14	NA	NA

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
résultats obtenus de 1995 à 1998. Rapport du Comité ZIP-Saguenay au MPO et EC. 74 p. + annexe.				
Letendre, M., B. Dumas et M. Beaudoin. 1990. Inventaire de la rivière des Prairies, au niveau de l'île de Pierre. Québec, Ministère du Loisir de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal.	1	0.65	NA	NA
Letendre, M., B. Dumas et M. Beaudoin. 1990; Dumont, P. et R. Fortin. 1977.	2	0.65	NA	NA
L'ITALIEN, L., J. MAINGUY et E. VALIQUETTE (2020). Dynamique et habitats de reproduction de la population réintroduite de bars rayés (Morone saxatilis) dans le fleuve Saint-Laurent, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, XVI +	2	1.47	NA	NA
L'italien, L. (2017) Frayère d'esturgeon noir [shp]. V.2017, 1 : 50 000, DGFa 03-12, Québec.	1	6.27	NA	NA
Mailhot, Y. et R. Morrissette (20 juin 2012) Atlas des frayères potentielles ou confirmées et de certains autres sites d'intérêt dans les rivières de la plaine du Saint-Laurent. V.2012, 1 : 400 000, MFFP – DGFa 04-17, Trois-Rivières.	26	2.07	NA	NA
Mailhot, Y. et R. Morrissette (20 juin 2012) Atlas des habitats fauniques critiques et des exploitations halieutiques d'importance dans le fleuve Saint-Laurent et l'aval des tributaires à privilégier pour les interventions en cas d'urgence ma	11	103.05	NA	NA
Mailhot, Y. et R. Morrissette (20 juin 2012) Atlas des habitats fauniques critiques et des exploitations halieutiques d'importance dans le fleuve Saint-Laurent et l'aval des tributaires à privilégier pour les interventions en cas d'urgence maritime *	NA	NA	10	105.59

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
Massé, G. 1974. Frayères à poissons d'eau chaude du couloir fluvial, entre Montréal et el lac Saint-Pierre. Service de l'Aménagement de la Faune, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche. 20 p.	142	39.27	NA	NA
Mingelbier, M. et J., Leclerc. 2001. Preliminary atlas of fish habitat in the fluvial St. Lawrence River. 8th Annual International Conference on the St Lawrence River Ecosystem, Cornwall, Ontario.	2803	125.68	116	24.23
Ministère de l'Environnement et de la Faune. 1994. Cartographie des sites d'intérêt et des sites protégés et fiches synthèses descriptives des sites d'intérêt faunique. Direction régionale de la Montérégie, Service de l'aménagemen	60	271.67	NA	NA
Ministère de l'Environnement et de la Faune. 1994. Cartographie des sites d'intérêt et des sites protégés et fiches synthèses descriptives des sites d'intérêt faunique. Direction régionale de la Montérégie, Service de l'aménagement et de l'exploitat*	NA	NA	55	243.65
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2023) Géobase-Faune - SFI_p [FGDB]. V2023-01-17, MFFP, Québec, Qc.	990	28.76	NA	NA
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2023) Géobase-Faune - SFI_s [FGDB]. V2023-01-17, MFFP, Québec, Qc.	4100	122.82	NA	NA
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (25 mars 2013) Frayère de Shooner [shp]. V.2013, 1 : 400 000, DGFa 04-17, Trois-Rivières.	372	105.56	NA	NA
Ministère des Ressources naturelles (2013) Habitats essentiels [shp]. 2e trimestre, 1 : 170 000, Direction de l'expertise Énergie -Faune -Forêt-Mines-Territoire de la Mauricie et du Centre -du-Québec, Québec.	154	108.80	60	105.59
Naturam Environnement. 1995.	2	0.39	NA	NA

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
Naturam Environnement. 1997. Acquisition de connaissances et mise en valeur des habitats du poisson du complexe Baie Verte/Baie Laval, phase 3 : rapport final.	1	20.93	NA	NA
Non disponible	6	70.92	NA	NA
Pesca. 1997. Étude de conservation et de mise en valeur de la Pointe Verte, Maria. Rapport préliminaire présenté au ministère des Pêches et des Océans. 86p.	2	0.01	NA	NA
Provost, J., L. Verret et P. Dumont. 1984; Leclerc, J. 1983; Environnement Illimité inc. 1994.	1	0.07	NA	NA
PÉROT, A. et V. PROVOST (2008). Guide d'intervention en matière de protection et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt dans la MRC de la Minganie. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, vii p. + 127 p.	6	0.36	NA	NA
Société de la Faune et des Parcs du Québec. 2000.	12	146.64	NA	NA
Société de la Faune et des Parcs du Québec. 2000. Atlas des habitats critiques connus ou d'intérêt particulier pour les poissons du fleuve Saint-Laurent entre le port de Montréal et l'Île aux Coudres. Direction du développement de la faune.	5	800.85	NA	NA
Société de la Faune et des Parcs du Québec. 2000; Bouthillier, L., P. Dumont et G. Roy. 1993.	1	22.55	NA	NA
Société de la Faune et des Parcs du Québec. 2000; Hatin, D. et F. Caron. 2002.	2	58.23	NA	NA
Société de la Faune et des Parcs du Québec. 2000; Hatin, D. et F. Caron. 2002; Hatin. D. 2003.	1	0.85	NA	NA
Société de la faune et des parcs du Québec. 2000. Atlas des habitats critiques connus ou d'intérêt particulier pour les poissons du fleuve Saint-Laurent entre le port de Montréal et l'Île aux Coudres.	56	85.45	NA	NA

Source	Nombre de frayères	Superficie des frayères km^2	Nombre d'aires d'alevinage	Superficie des aires d'alevinage km^2
Direction du développement de la faun				
Société de la faune et des parcs du Québec. 2000. Atlas des habitats critiques connus ou d'intérêt particulier pour les poissons du fleuve Saint-Laurent entre le port de Montréal et l'Île aux Coudres. Direction du développement de la faune.	NA	NA	17	817.96
Therrien, J. 1998.	11	676.75	NA	NA
Therrien, J., H. Marquis, G. Shooner et P. Bérubé. (1991). Caractérisation des habitats recherchés pour la fraie des principales espèces de poissons du fleuve Saint-Laurent (Cornwall-Montmagny). Étude réalisée par le Groupe Environnement Shoo	1356	320.60	NA	NA
Therrien, J., Marquis, H., Shooner, G. et Bérubé, P. 1991.	10	1.25	NA	NA
Thérrien, J., H. Marquis, G Shooner et P. Bérubé.1991.	2	0.27	NA	NA
Tremblay, S. 1996; Trencia, G. 2002.	4	535.07	NA	NA
Trencia	13	71.69	NA	NA
VALIQUETTE,LEGAULT, HARVEY. 2016. État référence de la faune aquatique et de ses habitats dans le secteur du pont de l'île d'Orléans : rapport final. Première partie — Description physique et inventaires biologiques, MFFP, DGGFH, DEFA, Qc	14	0.63	NA	NA

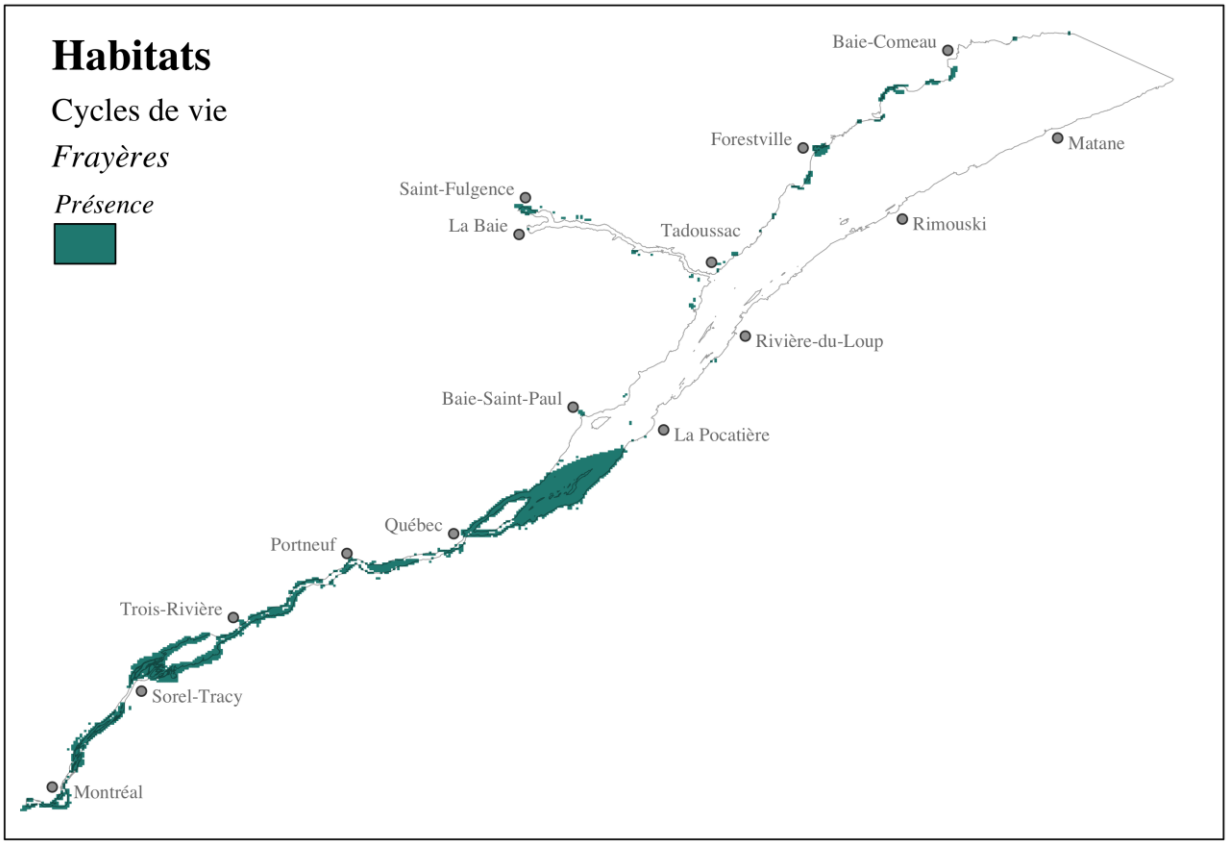


Figure 4.28: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Frayères

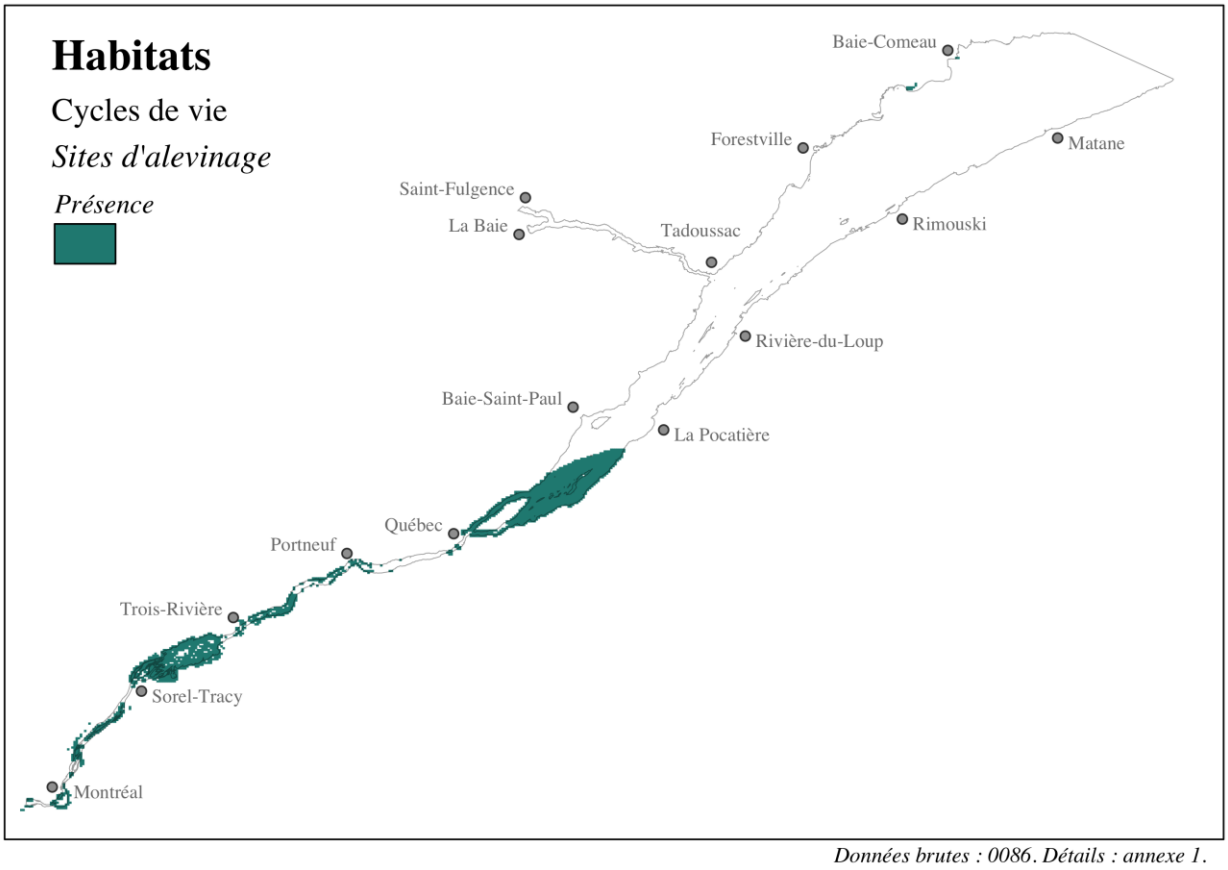


Figure 4.29: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites d'alevinage

4.3.1.1.2 Oiseaux

Nous remercions Jean-François Rail d'Environnement et Changement climatique Canada pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0043, 0058****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les données utilisées pour caractériser les sites d'importance pour les oiseaux proviennent de deux sources distinctes qui ont été insérées en présence-absence au sein de la grille d'étude. La première base de données décrit la localisation de colonies d'oiseaux nommée la Banque Informatisée des Oiseaux Marins du Québec [BIOMQ; Rail and Chapdelaine (2002); Environnement et Changement Climatique Canada (2021)]. Cette dernière a été compilée et est mise à jour par le Service Canadien de la Faune (SCF) pour la région du Québec. La BIOMQ contient des informations sur la localisation de colonies d'oiseaux marins et de leurs sites de nidification pour les familles suivantes : Gaviidés (*i.e.* plongeons), Hydrobatidés (*i.e.* océanites), Sulidés (*i.e.* fous), Phalacrocoracidés (*i.e.* cormorans), Laridés (*i.e.* goélands, mouettes, sternes), Alcidés (*i.e.* guillemots, pingouins, macareux) et l'eider à duvet (*i.e.* Anatidés). Pour notre analyse, nous avons uniquement considéré la localisation des différentes colonies disponibles à travers la BIOMQ sans considérer les espèces individuelles afin d'identifier les lieux abritants des colonies d'oiseaux marins. Nous avons également utilisé les données à partir de l'année 2000 uniquement. Notre zone d'étude comprend 113 sites ayant une superficie totale de 198.65 km^2.

La deuxième base de données identifie les Zones importantes pour la conservation des oiseaux [ZICO; Canada (2015); Études d'oiseaux Canada (2015)]. Les ZICO sont identifiées à partir d'informations sur les espèces d'oiseaux menacées, les sites abritant d'importantes populations d'oiseaux ou d'espèces à aires de répartitions réduites. Des critères d'évaluation acceptés internationalement sont utilisés afin d'identifier les ZICO. Notre zone d'étude couvre 41 ZICO ayant une superficie totale de 1701.26 km^2.

Il est important de noter que ces sites correspondent à des milieux terrestres et ne capturent ainsi pas convenablement l'utilisation des milieux aquatiques et marins associés à ces sites d'importance. L'extrapolation d'une zone d'utilisation marine basée sur des variables comme le rayon d'action des espèces et le nombre d'individus permettrait de pallier à cette lacune (*e.g.* Lieske et al., 2020). Il n'a toutefois pas été possible d'effectuer ce type d'analyse dans le cadre de ce projet pilote.



Figure 4.30: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Oiseaux

4.3.1.2 Espèces fauniques et floristiques à statut

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0059, 0060, 0077****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Plusieurs espèces ayant un statut précaire fréquentent et bordent les eaux du Saint-Laurent et du Saguenay. Afin de capturer la nature sensible de ces espèces et de les intégrer à notre analyse, nous avons considéré les lieux où ces espèces ont été observées historiquement dans la zone d'étude. Les données utilisées pour caractériser les habitats

pour les espèces à statut ont été préparées par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec [CDPNQ; Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2021a); Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2021b)]. Ces données contiennent des occurrences qui désignent un territoire abritant ou ayant déjà abrité des espèces à statut. Nous avons retiré de la base de données les observations historiques ainsi que les espèces extirpées ou celles n'ayant aucune observation récente, c'est-à-dire depuis l'année 2000. Finalement, nous avons considéré les espèces susceptibles, vulnérables et menacées. Il en résulte un total de 37 espèces et 423 sites pour les espèces fauniques, et 64 espèces et 224 sites pour les espèces floristiques (Tableau 4.15). Référez à l'annexe 4 et à l'annexe 5 pour les listes d'espèces fauniques et floristiques à statut, respectivement.

Tableau 4.15: Nombre d'espèces et superficie totale des sites d'importance pour les espèces fauniques et floristiques à statut dans la zone d'étude (Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec, 2021a, 2021b).

Type	Statut	Nombre d'espèces	Superficie km^2
Faune	Menacée	6	921.07
Faune	Susceptible	20	325.99
Faune	Vulnérable	11	1459.75
Flore	Menacée	10	4.45
Flore	Susceptible	49	8.73
Flore	Vulnérable	5	1.59

Ces sites d'importances pour les espèces à statut ont été intégrés à la grille d'étude en présence-absence par statut afin d'identifier les sites qui abritent des espèces fauniques ou floristiques susceptibles, vulnérables ou menacées. Les données intégrées ne discriminent ainsi par les différentes espèces considérées; elles fournissent plutôt une délimitation spatiale des zones fréquentées par des espèces à statut. Il en résulte 6 catégories distinctes de sites.

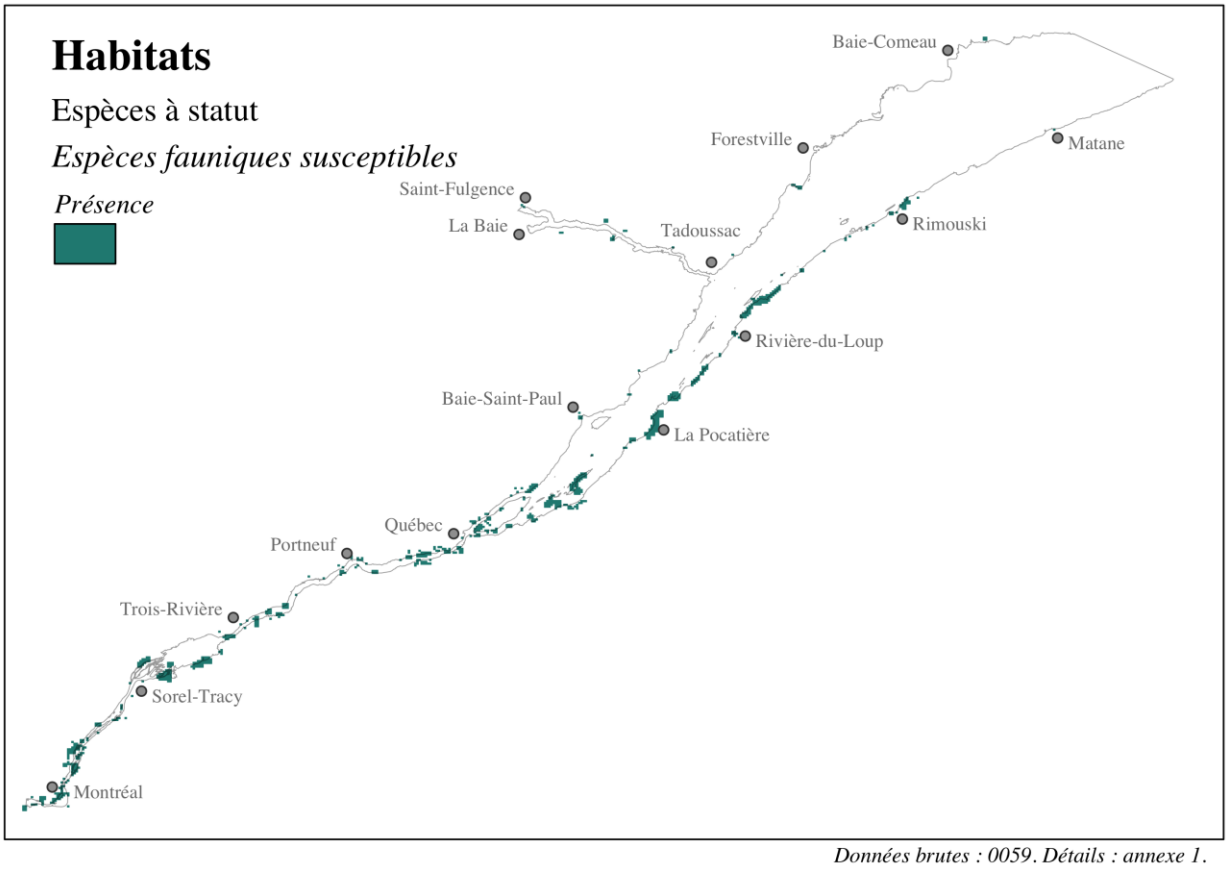


Figure 4.31: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques susceptibles

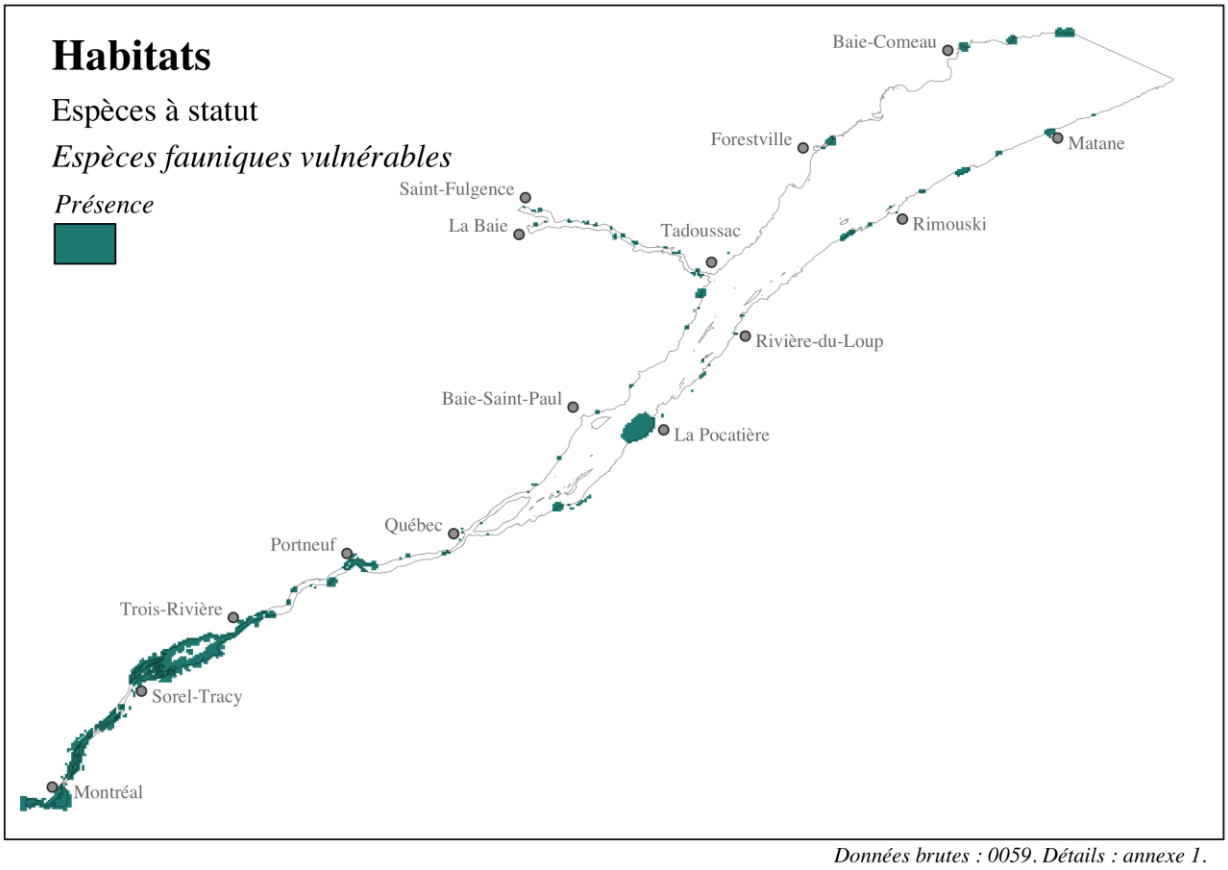


Figure 4.32: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques vulnérables

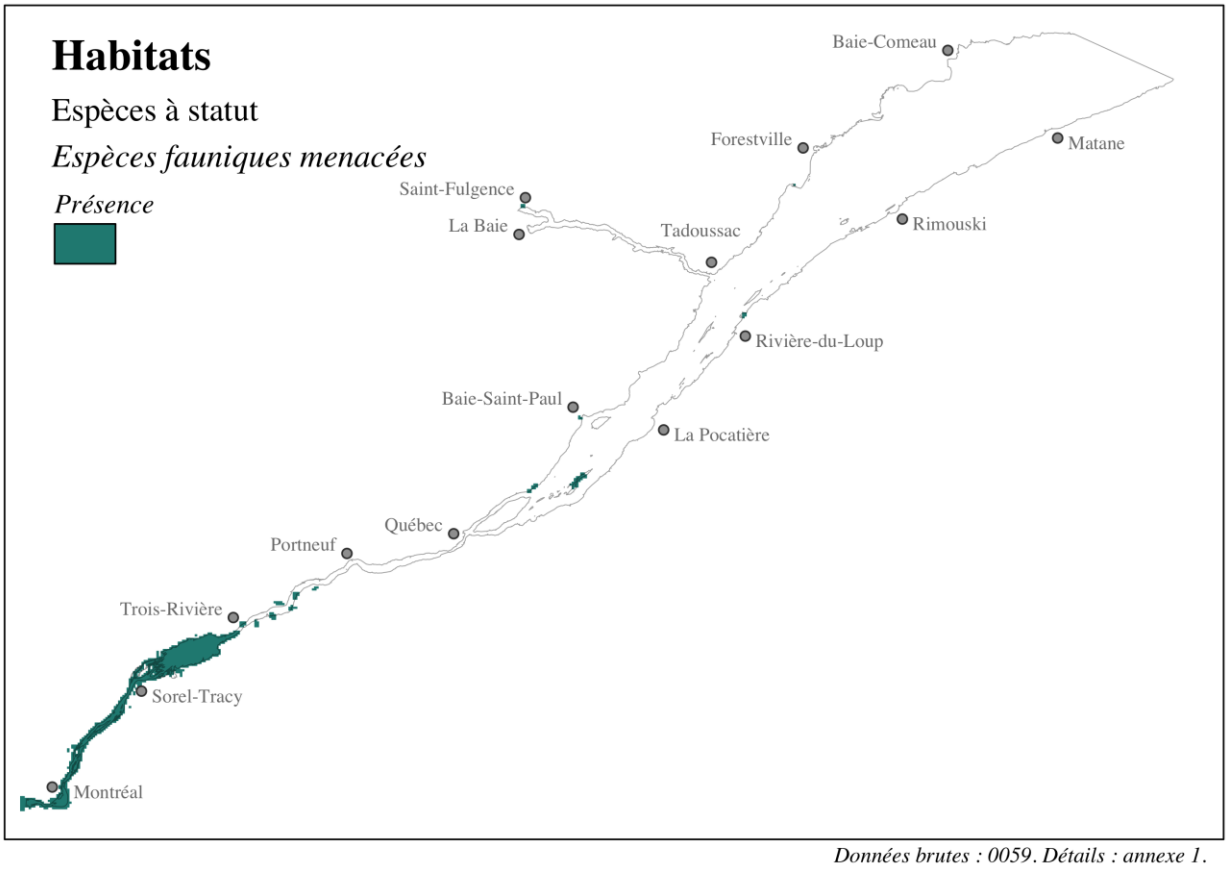


Figure 4.33: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques menacées

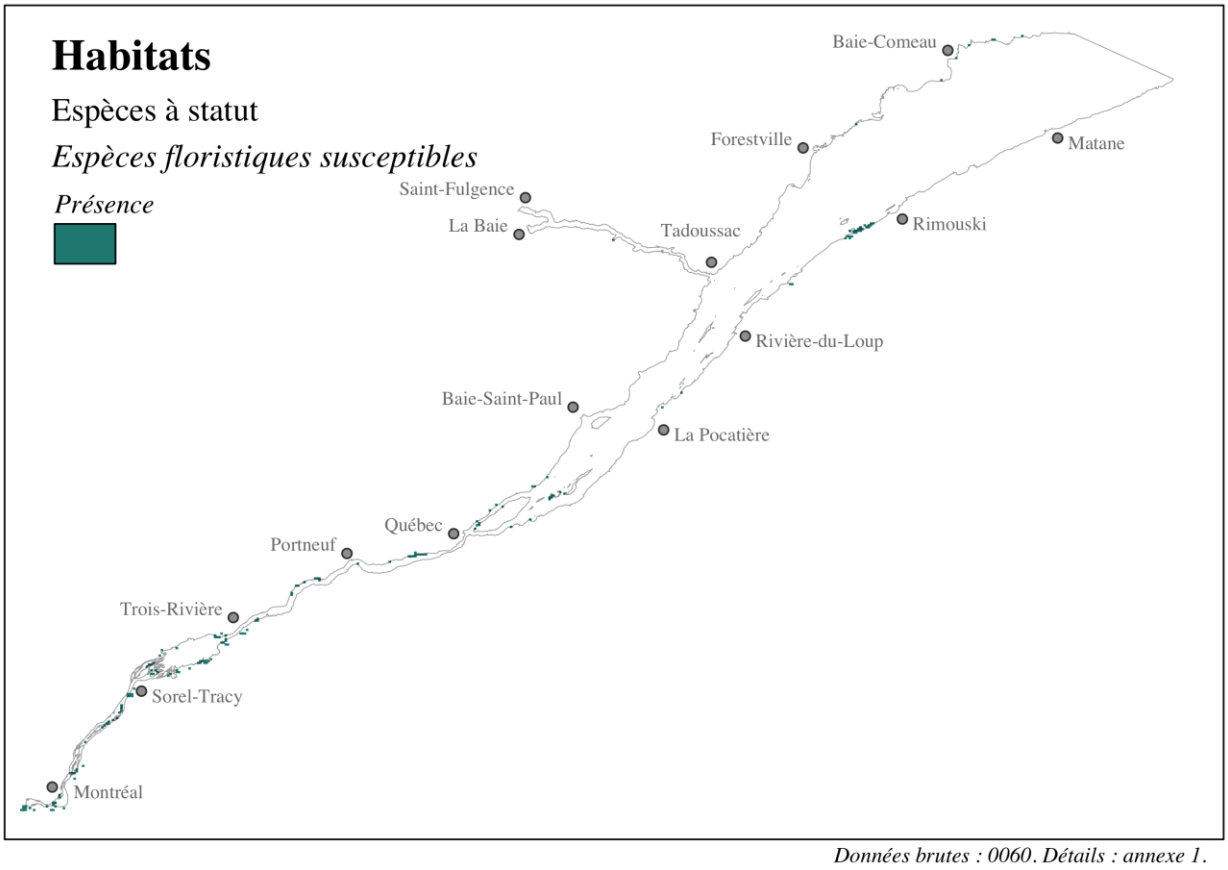


Figure 4.34: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques susceptibles

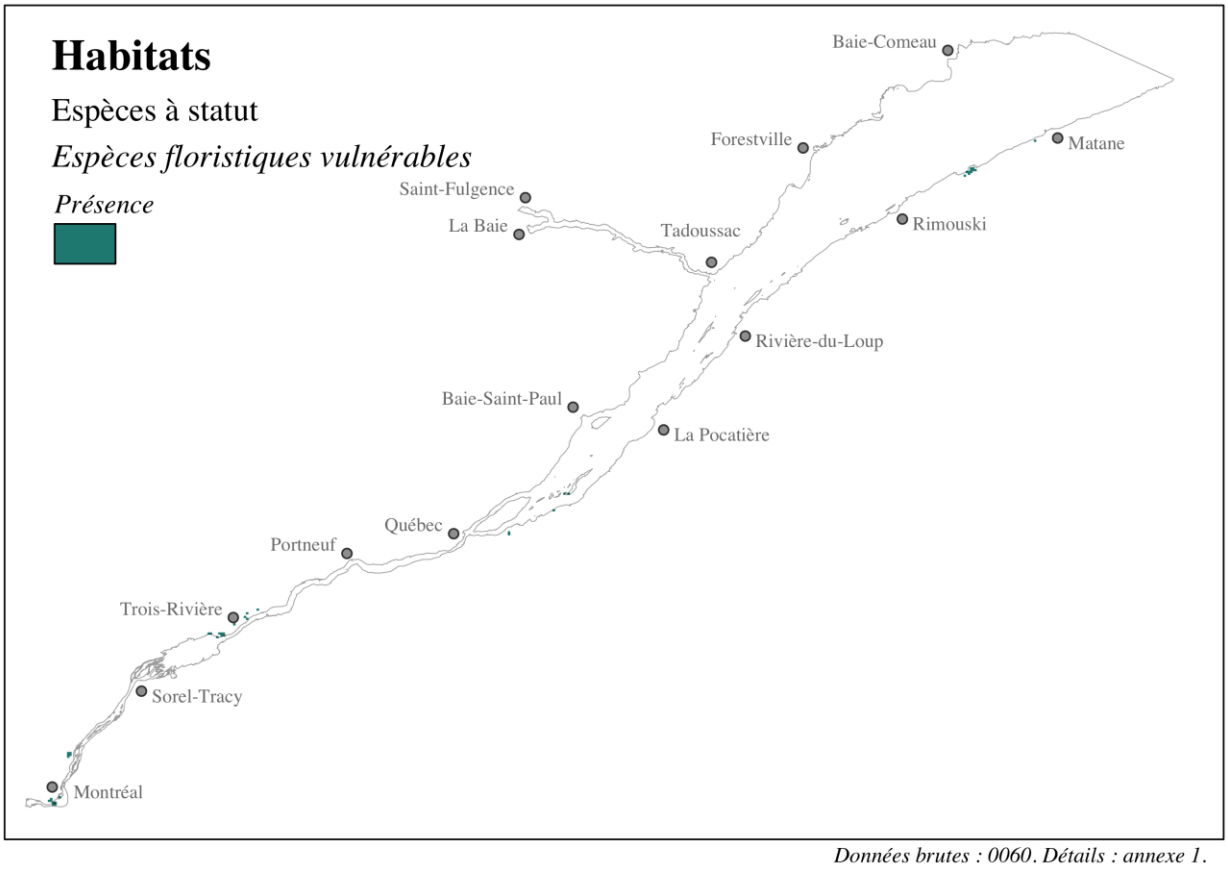


Figure 4.35: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques vulnérables

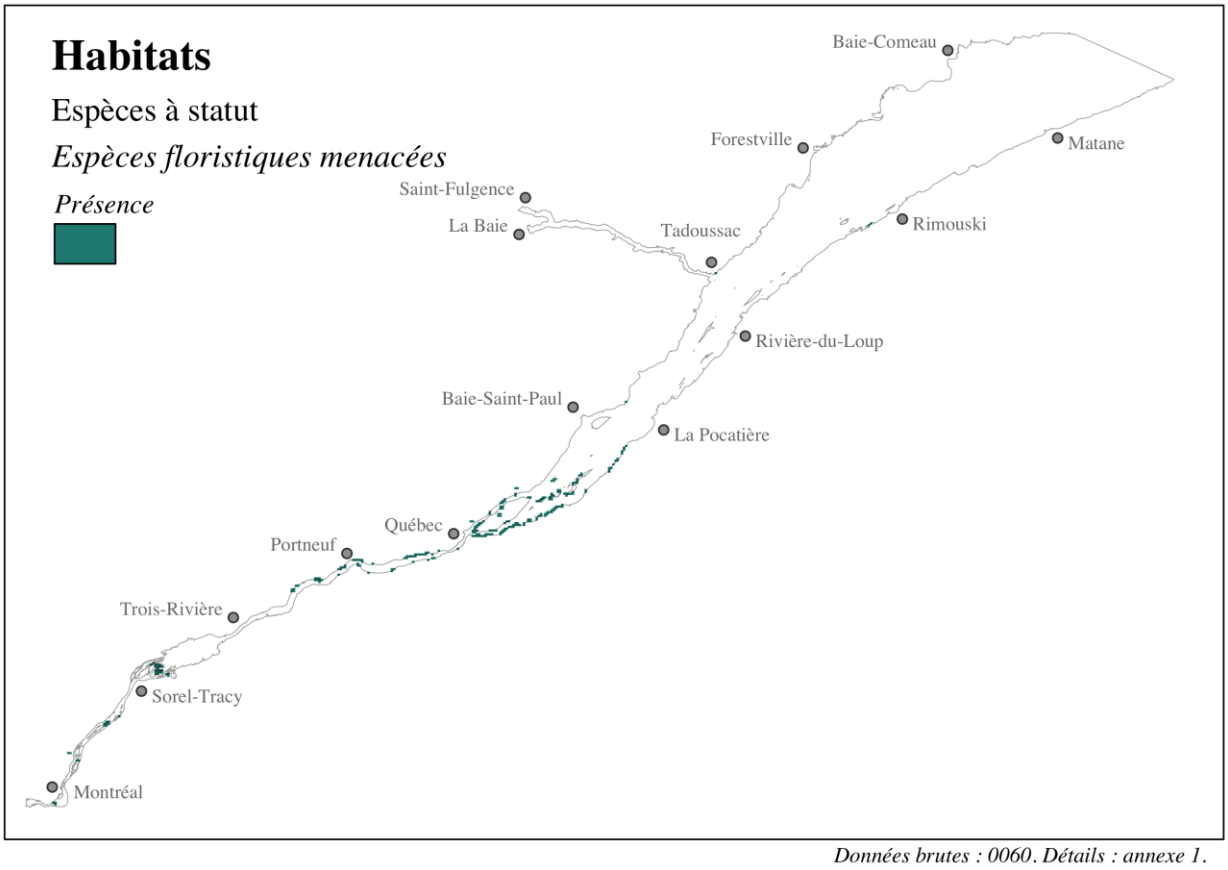


Figure 4.36: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques menacées

Les données du CDPNQ ont été bonifiées par les données par des données d'espèces aquatiques du Programme des espèces en péril en vertu de la Loi sur les espèces en péril [LEP; Pêches et Océans Canada (2022e)]. Tout comme les données du CDPNQ, ces données identifient des sites connus où des espèces aquatiques à statut ont été observées. Au sein de la zone d'étude, cette base de données compte 7 sites pour 4 espèces aquatiques (Tableau 4.16). Nous avons toutefois retiré le béluga de cette liste, puisque ce dernier est considéré au sein de la composante valorisée mammifères marins.

Tableau 4.16: Espèces aquatiques désignées en vertu de la Loi sur les espèces en péril et leur statut (Pêches et Océans Canada, 2022e).

Statut	Nom scientifique	Nom commun
Menacée	Moxostoma hubbsi	Chevalier cuivré
Menacée	Morone saxatilis	Bar rayé
En voie de disparition	Ammocrypta pellucida	Dard de sable

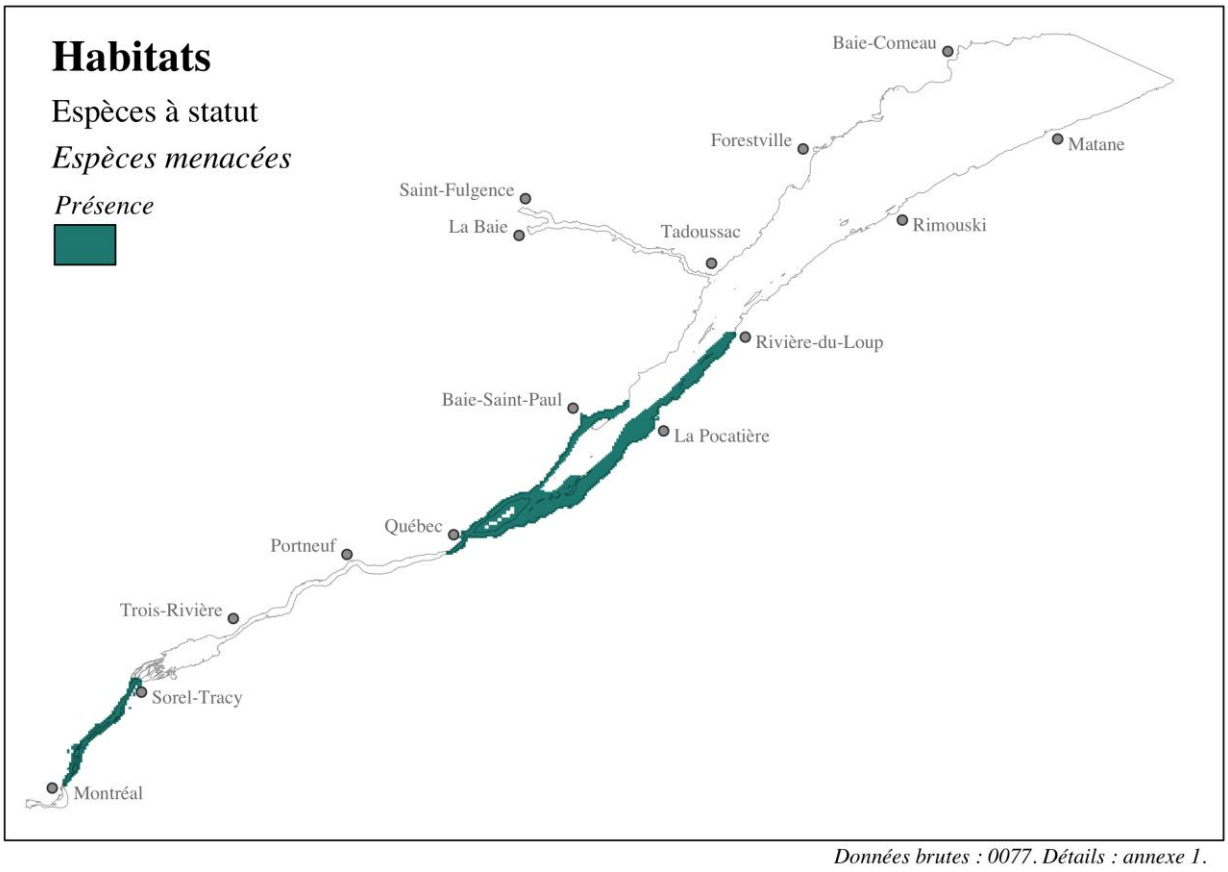


Figure 4.37: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces menacées

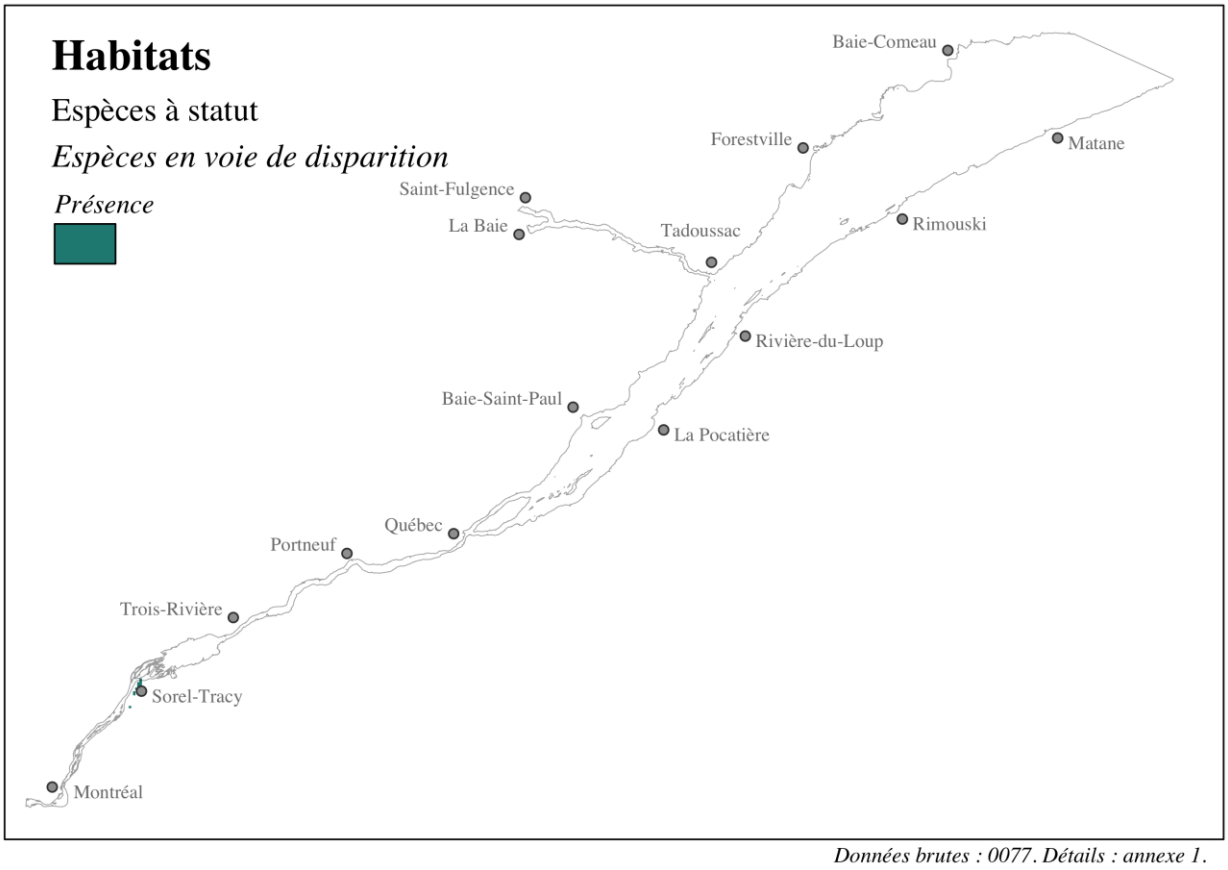


Figure 4.38: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces en voie de disparition

4.3.1.3 Milieux naturels

4.3.1.3.1 Zostères

*Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : **0001, 0002, 0003**. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

La zostère marine (*Zostera marina*) forme des habitats complexes et importants qui peuvent réduire les courants, réduire la prédation et l'érosion, en plus de contribuer à la

production primaire (Cimon et al., 2021; Hemminga and Duarte, 2000). La distribution spatiale de la zostère marine au sein de la zone d'étude a été décrite en intégrant trois bases de données différentes. La première base de données est la plus complète et provient d'une revue de littérature documentaire du MPO dans la Baie James, la Baie des Chaleurs, l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent couvrant la période allant de 1987 à 2009 (Pêches et Océans Canada, 2009). Cette revue de littérature regroupe des données sur la distribution de la zostères marine provenant de 24 ressources différentes; elle comprend 226 sites sur une superficie de 28.58 km^2 dans la zone d'étude.

Cette base de données a été complémentée par deux bases de données localisées fournissant des informations supplémentaires sur les zostères dans la zone d'étude. La première provient d'un projet de restauration de la zostère marine dans l'Anse de Pointe-au-Père à Rimouski qui fournit des informations sur 7 sites couvrant une superficie de < 1 km^2 (Bois et al., 2018); la deuxième provient d'un exercice similaire dans la Baie de Mitis et fournit des informations sur 3 site couvrant une superficie de < 1 km^2 (Bachand and Joubert, 2014; Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, 2012). Ces trois bases de données ont été intégrées en présence-absence au sein de la grille d'étude.

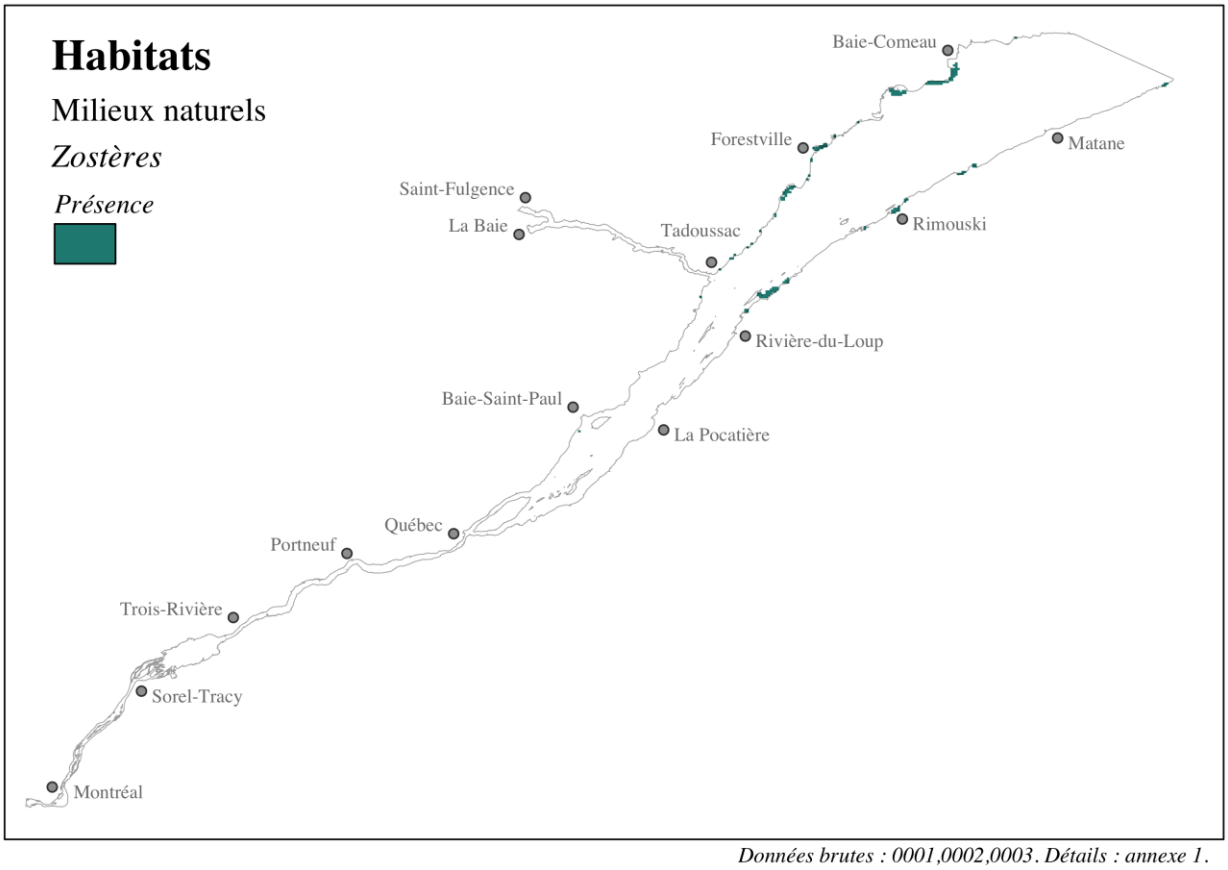


Figure 4.39: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Zostères

4.3.1.3.2 Zones inondables

*Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : **0013, 0014**. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

La caractérisation des zones inondables dans la zone d'étude a été faite en combinant les données de la base de données des zones à risque d'inondation [BDZI; Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2020)] et de données sur la présence de zones inondables préparées par les MRC (Ministère des Affaires

municipales et de l'Habitation, 2020). Ces bases de données fournissent la délimitation de territoires côtiers à risque d'inondation sur le territoire québécois selon une récurrence des crues sur 2 ans, 20 ans ou sur 100 ans. Nous avons utilisé l'ensemble de ces zones pour caractériser les zones inondables au sein de la zone d'étude.

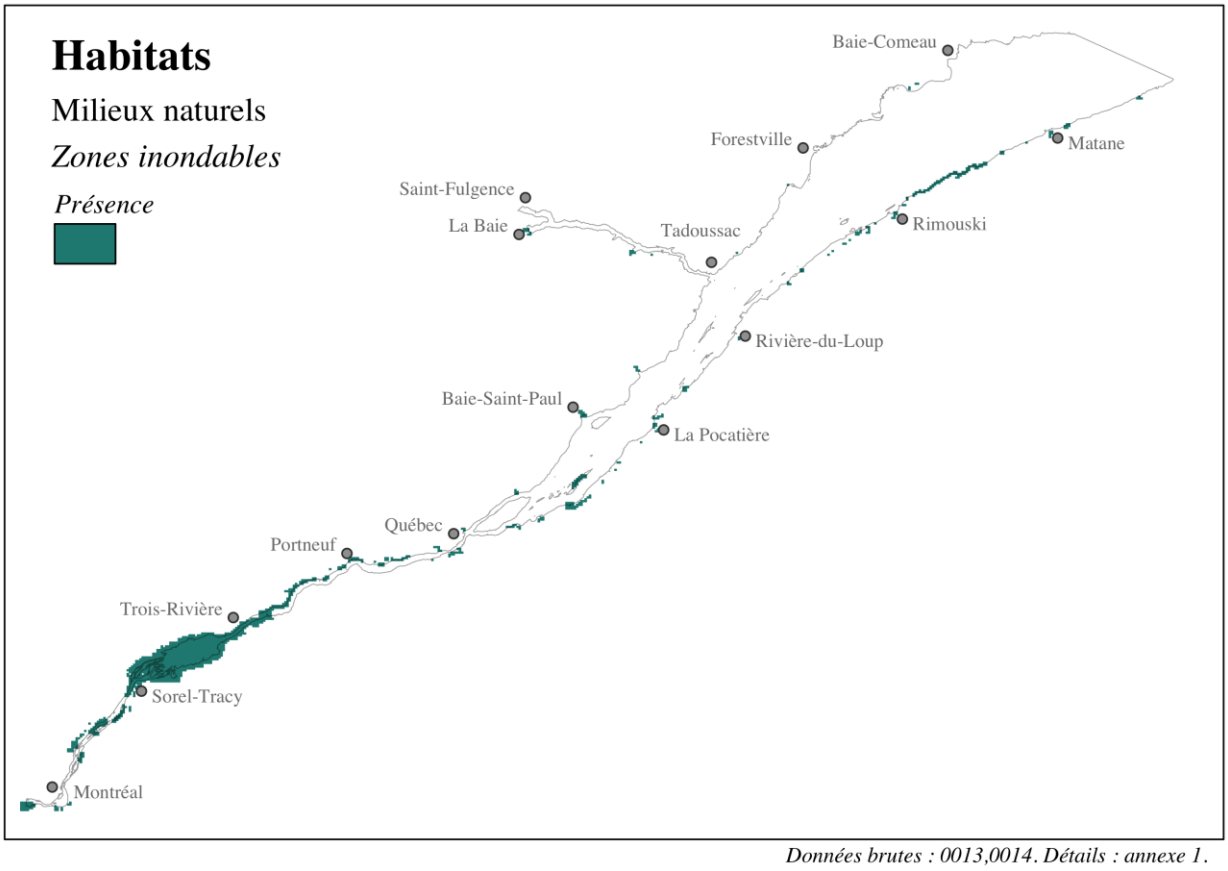


Figure 4.40: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Zones inondables

4.3.1.3.3 Milieux côtiers

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0017****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

La caractérisation des milieux côtiers provient de l'exercice de caractérisation des berges dans la partie fluviale du Saint-Laurent provenant de l'équipe de Patrick Lajeunesse de l'Université Laval qui a été utilisé pour caractériser la composante valorisée d'intégrité des berges (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021); cette caractérisation est ainsi disponible strictement pour la portion fluviale du Saint-Laurent. Cette base de données fournit une caractérisation des types de côtes que nous utilisons au sein de notre évaluation en tant qu'habitats. Un total de 5 milieux côtiers ont été considérés pour l'évaluation (Tableau 4.13):

- Meuble sans falaise
- Rocheux sans escarpement
- Rocheux sans falaise
- Terrasse de plage
- Terrasse fluviale

Ces milieux ont été cartographiés à l'aide d'approches cartographiques à haute résolution combinant des données de relevés terrain, de télédétection et dérivées de connaissances des communautés locales (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021).

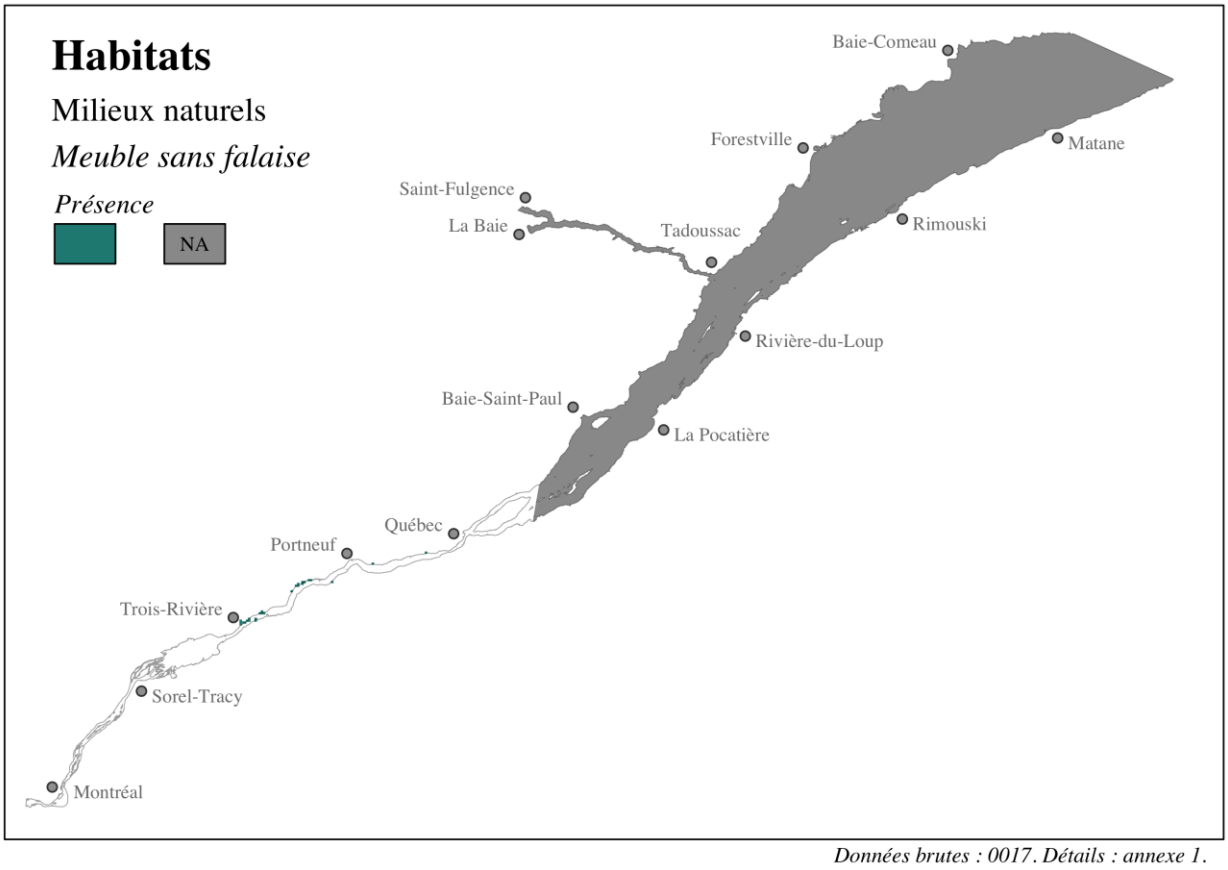


Figure 4.41: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Meuble sans falaise

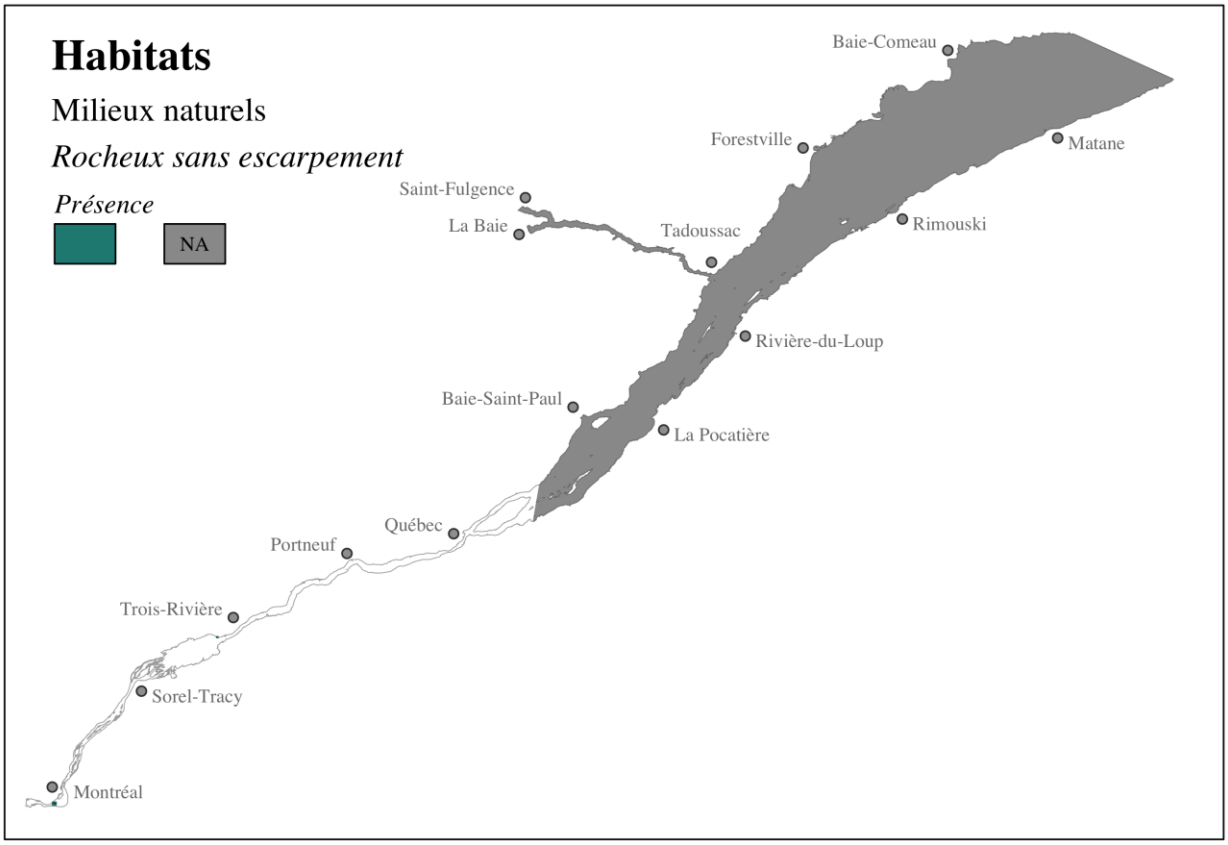


Figure 4.42: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rocheux sans escarpement

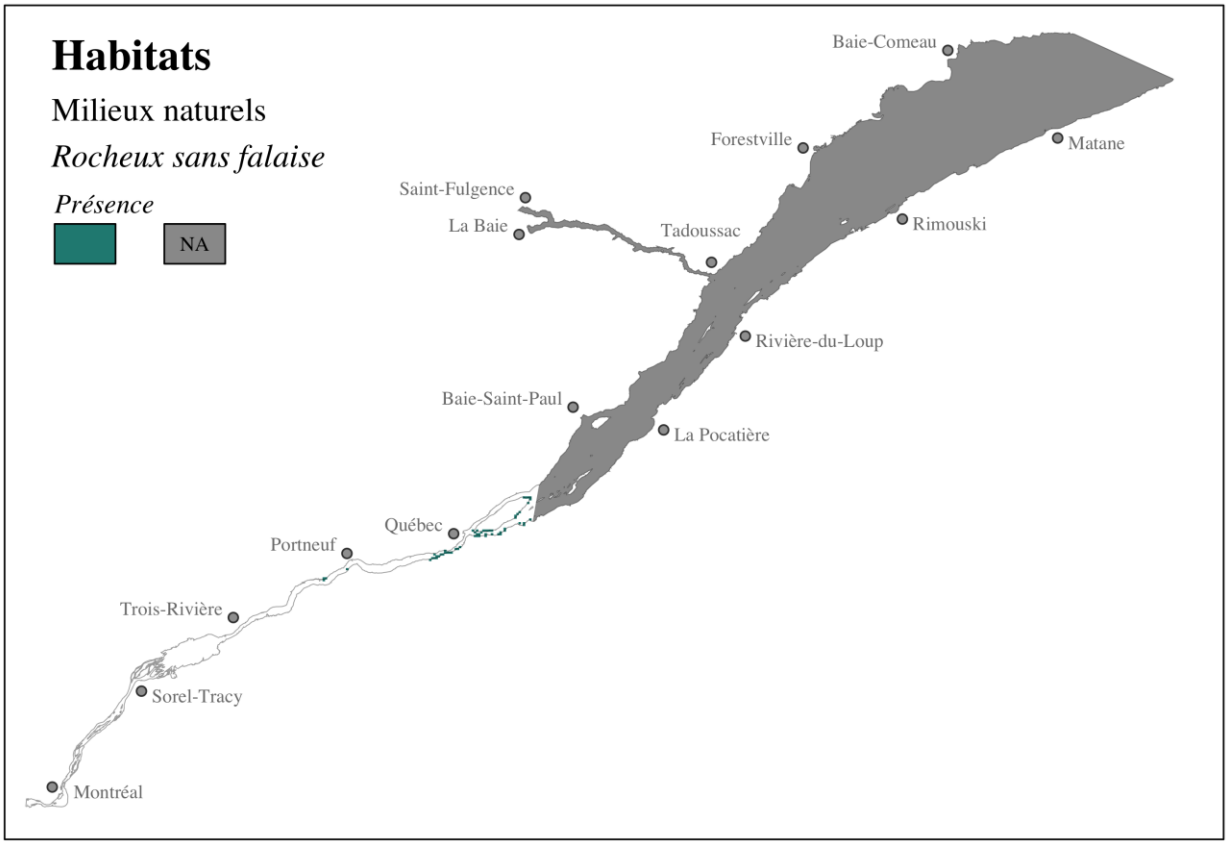


Figure 4.43: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rocheux sans falaise

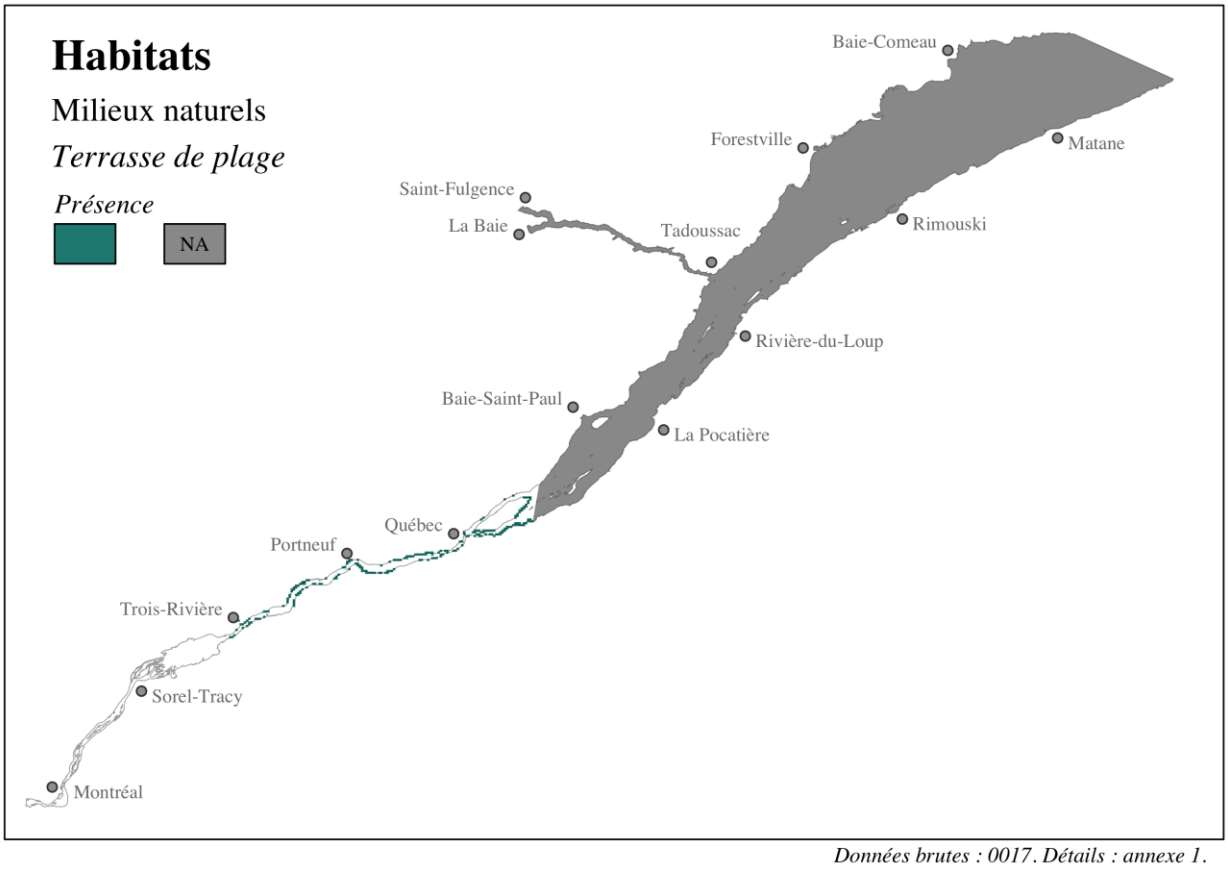


Figure 4.44: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Terrasse de plage

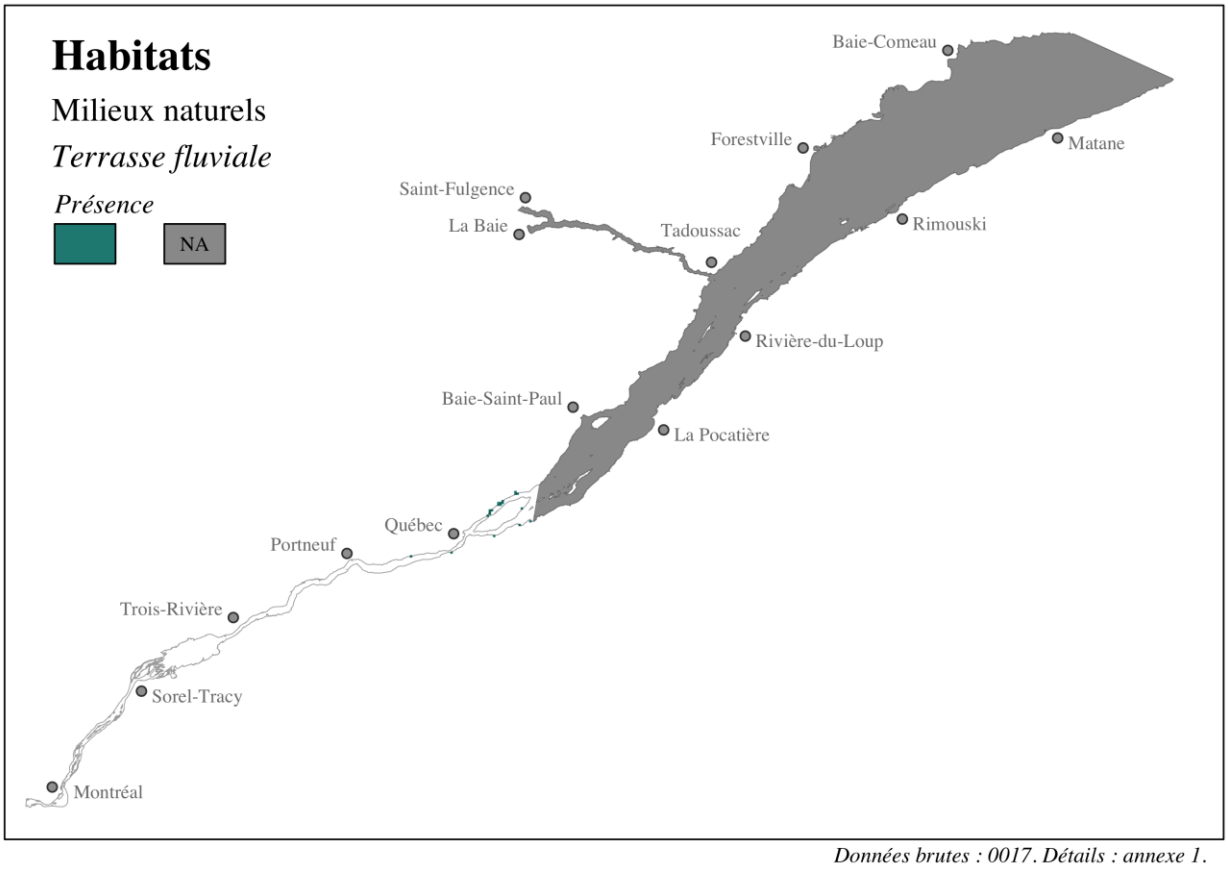


Figure 4.45: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Terrasse fluviale

4.3.1.3.4 Milieux humides

*L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : **0053**. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les milieux humides constituent un lien entre les milieux aquatiques et terrestres; ils abritent une forte richesse faunique et floristique, fournissent un habitat crucial au cours du cycle de vie de multiples espèces, et sont des habitats essentiels pour plusieurs espèces en péril. Les milieux humides fournissent des services écosystémiques essentiels tels la

protection du rivage contre l'érosion, l'amélioration de la qualité de l'eau, et le stockage de carbone; ils sont également largement utilisés pour des activités culturelles et récréatives tel la chasse et le tourisme (Clarkson et al., 2013). Les milieux humides regroupent une diversité importante de types d'habitats qui se succèdent, allant des eaux peu profondes aux marécages, affichant une proportion croissante de plantes arbustives.

Les milieux humides ont été caractérisés grâce à une cartographie des milieux humides potentiels du Québec (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2019b, 2019a). Cette base de données fournit une cartographie des milieux humides pour l'ensemble du Québec, classés en grands types : eau peu profonde, marais, marécage et tourbière (Tableau 4.13). Une catégorie générale pour les milieux humides non catégorisés est également disponible. Les milieux humides occupent une superficie totale de 516.34 km^2 au sein de la zone d'étude (Tableau 4.13).

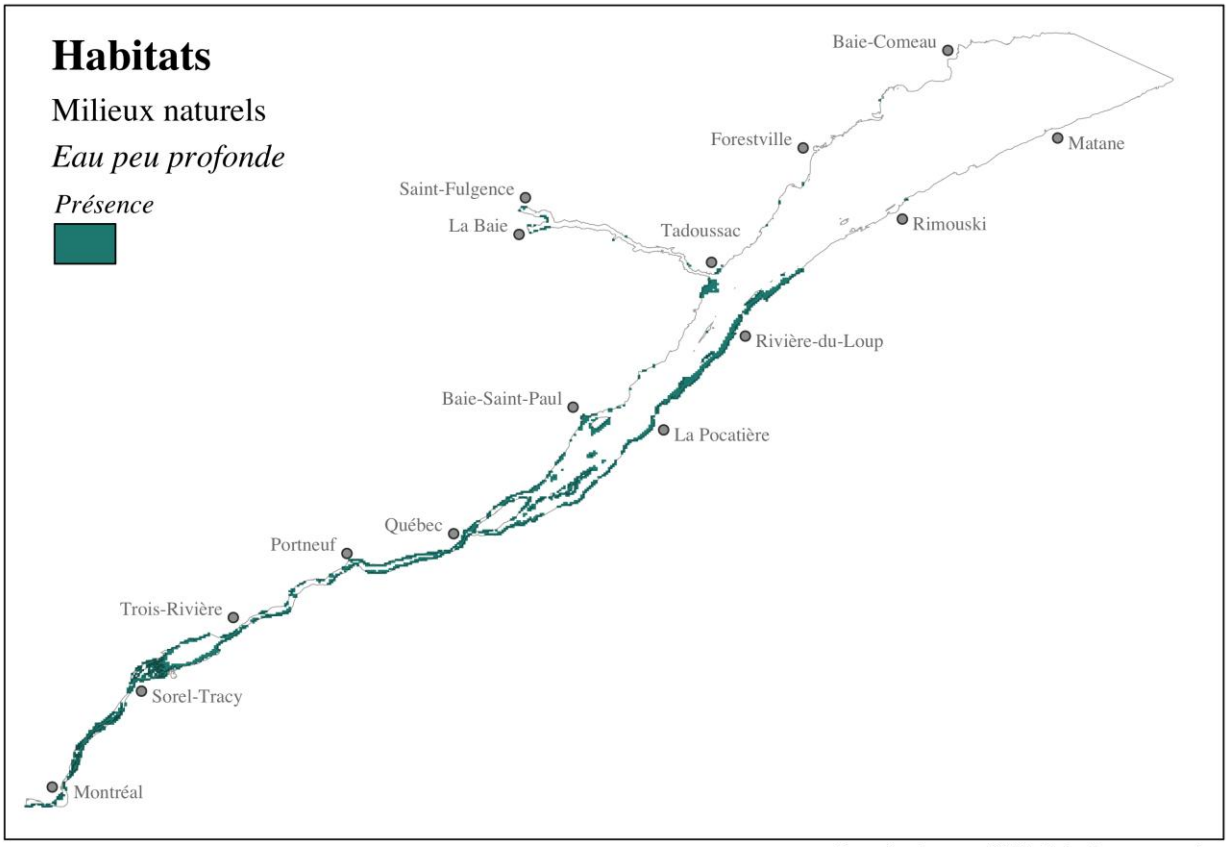


Figure 4.46: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Eau peu profonde

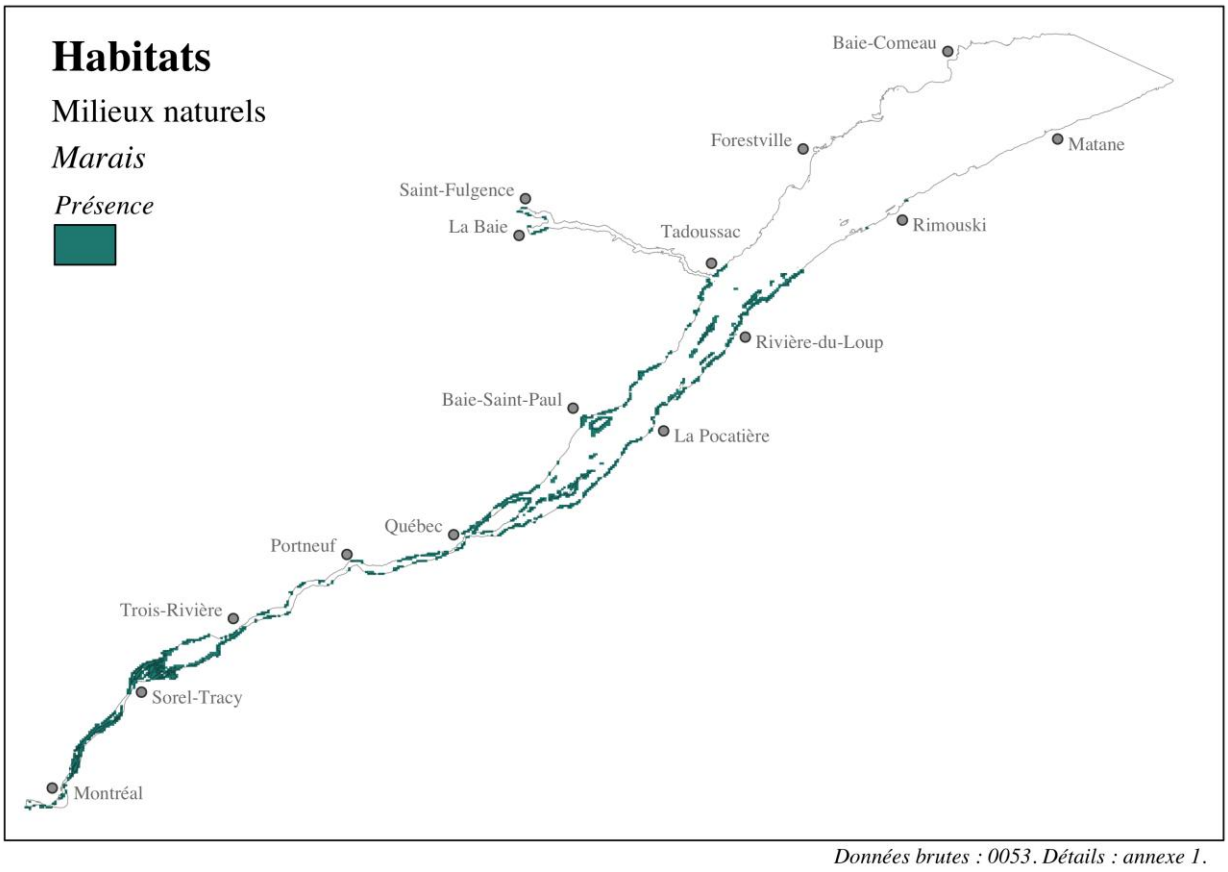


Figure 4.47: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Marais

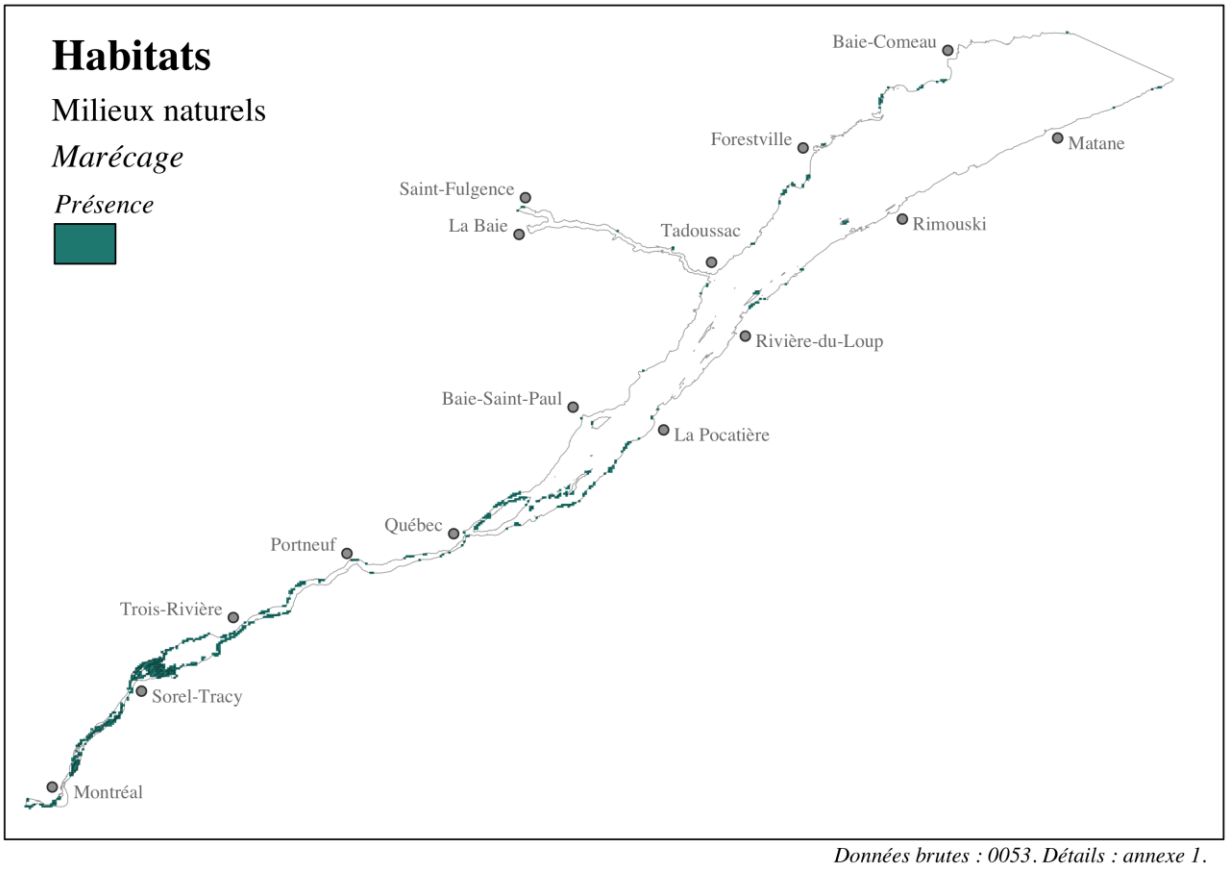


Figure 4.48: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Marécage

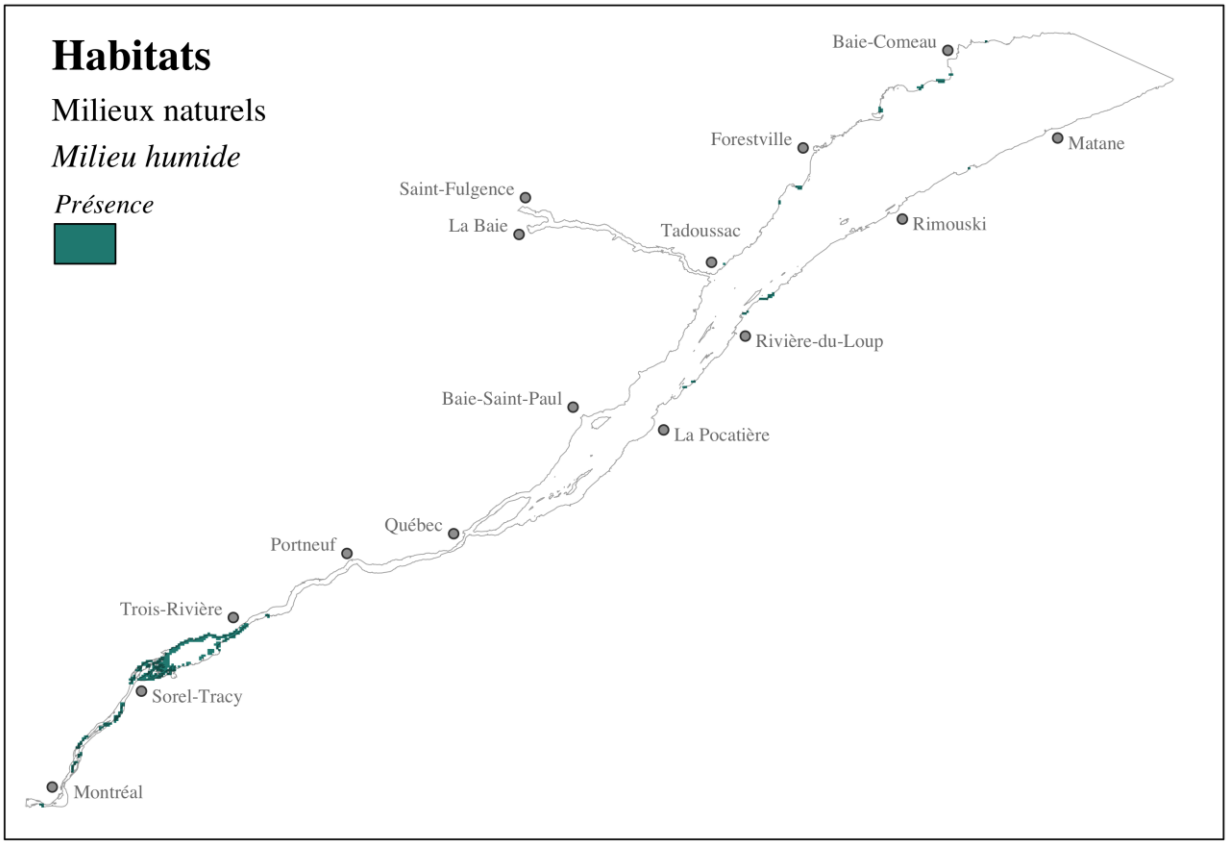


Figure 4.49: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Milieu humide

4.3.1.3.5 Gisements coquilliers

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0057, 0078, 0079, 0081****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les données utilisées pour caractériser les gisements coquilliers dans la zone d'étude proviennent d'une description des stocks de mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*) en milieux côtiers au Québec (Pêches et Océans Canada, 2019e; Trottier and Goudreau, 2015). Les données fournissent la délimitation de gisements connus et commercialement

exploités historiquement ou actuellement pour toute la région québécoise de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.

Ces données ont été bonifiées à l'aide de données sur les aires de concentration connues exploitées ou non exploitées de la Clovisse arctique [*Mesodesma arctatum*; Pêches et Océans Canada (2022a)], de le Couteau de l'Atlantique [*Ensis leei*; Pêches et Océans Canada (2022d)] et de la Mye commune [*Mya arenaria*; Pêches et Océans Canada (2022c)]. Ces données ont été conçues pour le Centre national des urgences environnementales (CNUE) et proviennent de divers inventaires et projets de recherche de Pêches et Océans Canada.

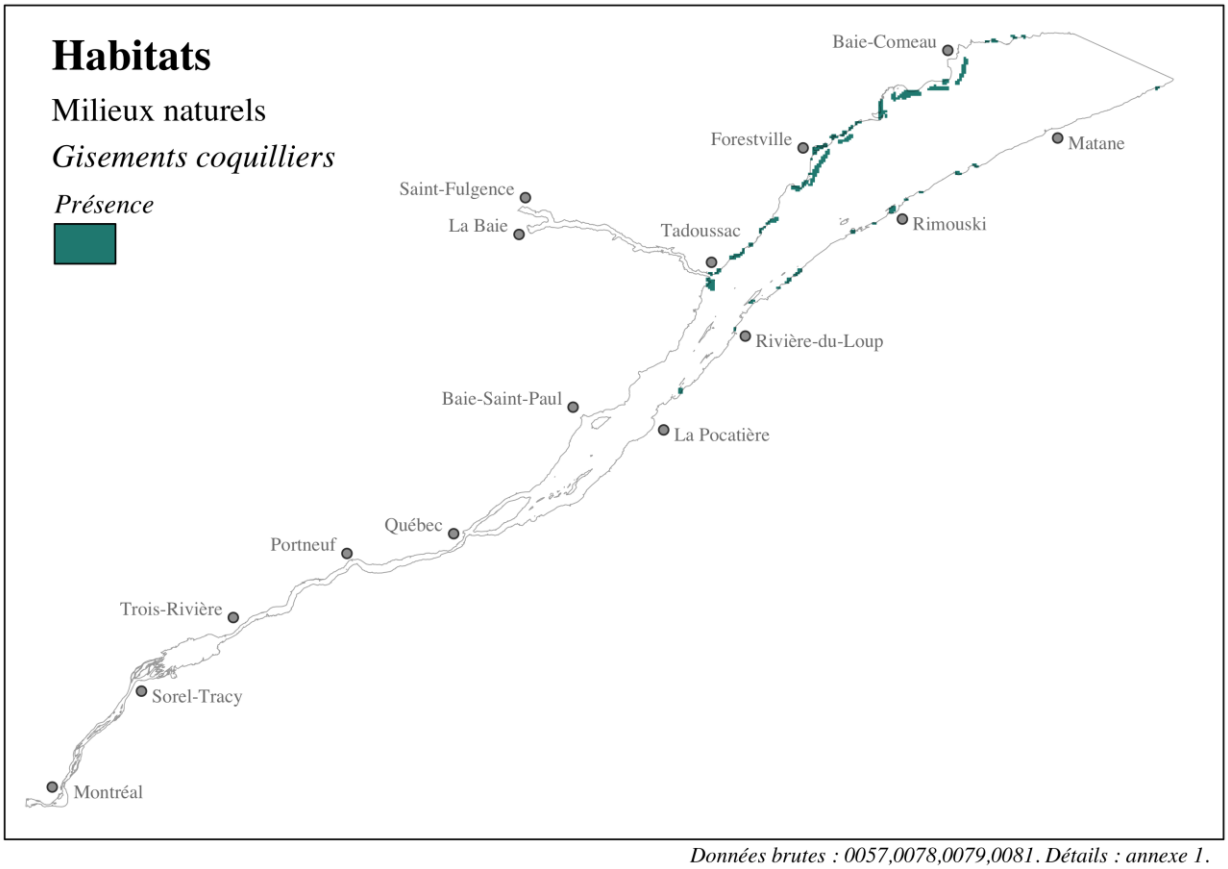


Figure 4.50: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Gisements coquilliers

4.3.1.3.6 Herbiers aquatiques

Nous remercions Marc Mingelbier et Marie-Josée Gagnon du Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs pour les échanges et le soutien.

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0084****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les biovolumes d'herbiers aquatiques ont été obtenus à partir de données sonar effectués en 2021 dans la portion fluviale de la zone d'étude (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2022). Seules les localisations ayant affichant un biovolume supérieur à 0.1 ont été conservées pour représenter les herbiers au sein de l'évaluation. De plus, nous avons divisé les hebiers en trois catégories de biovolumes, soit faible (19.27 km^2), modéré (9.57 km^2) et élevé (13.98 km^2), en utilisant les 33e et 66e quantiles de la distribution des biovolumes observés au sein de la base de données complète. Les catégories de biovolumes d'herbiers aquatiques ont ensuite été intégrés à la grille d'étude en s'assurant que chaque cellule ne puisse inclure qu'une seule catégorie. Lorsque plusieurs catégories chevauchaient une même cellule, la catégorie la plus élevée a été utilisée. Il est à noter que ce travail est en cours et qu'il est prévu de caractériser d'autres zones au cours des prochaines années.

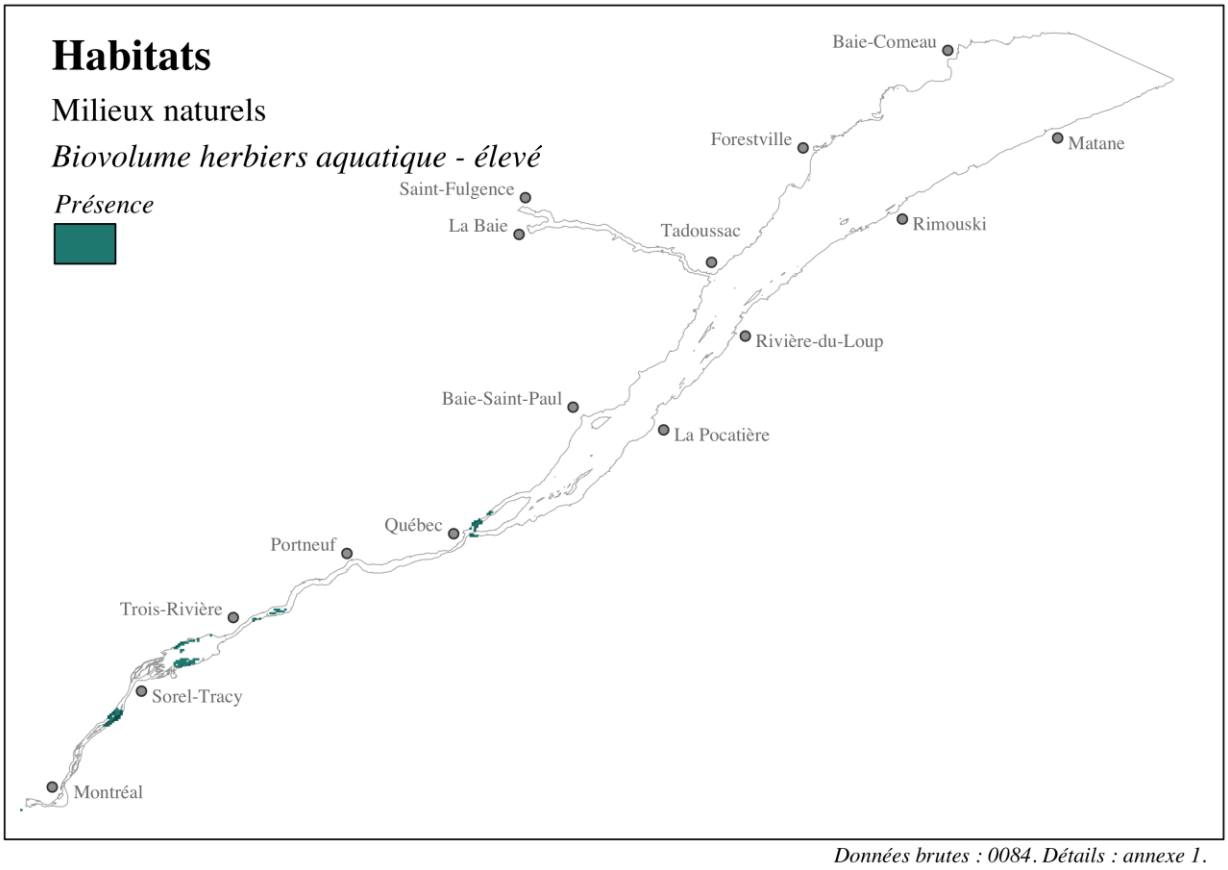


Figure 4.51: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Biovolume herbiers aquatique - élevé

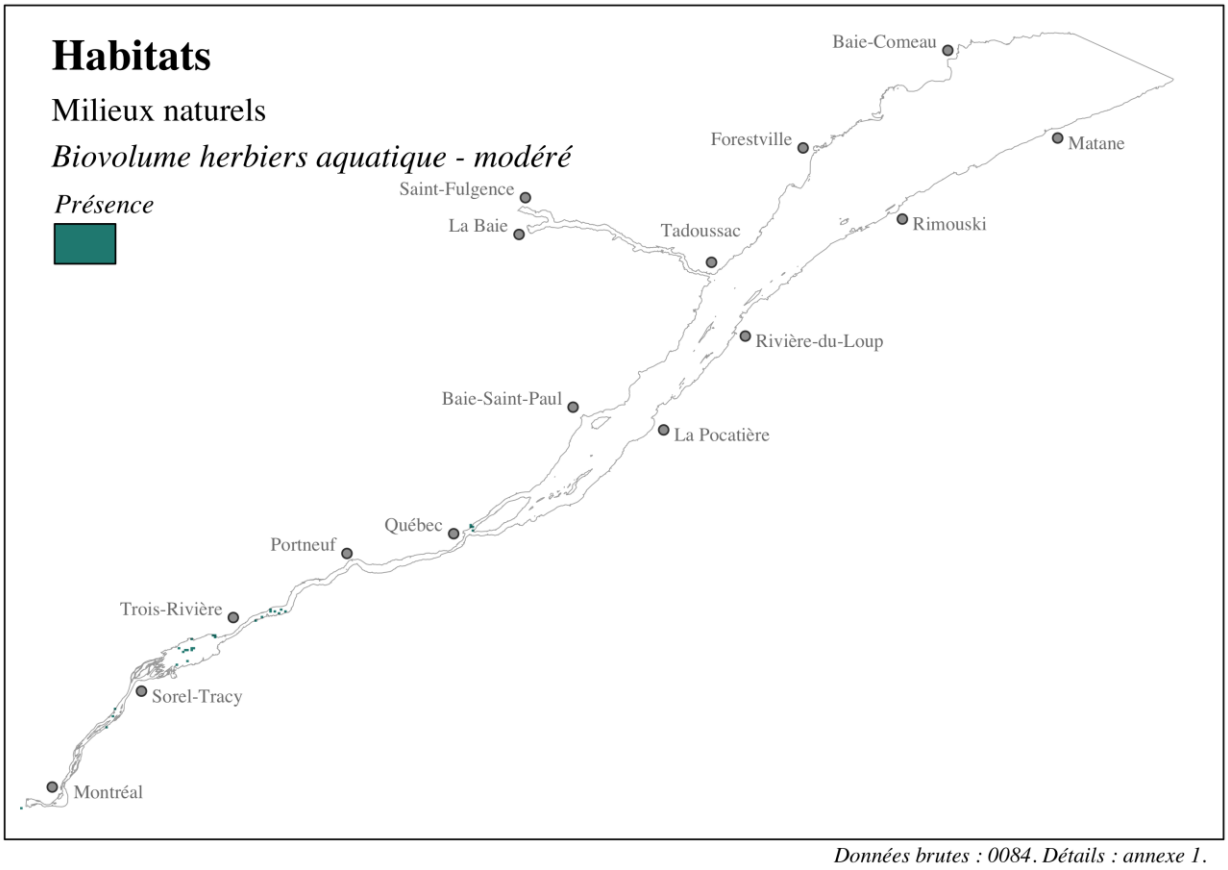


Figure 4.52: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Biovolume herbiers aquatique - modéré

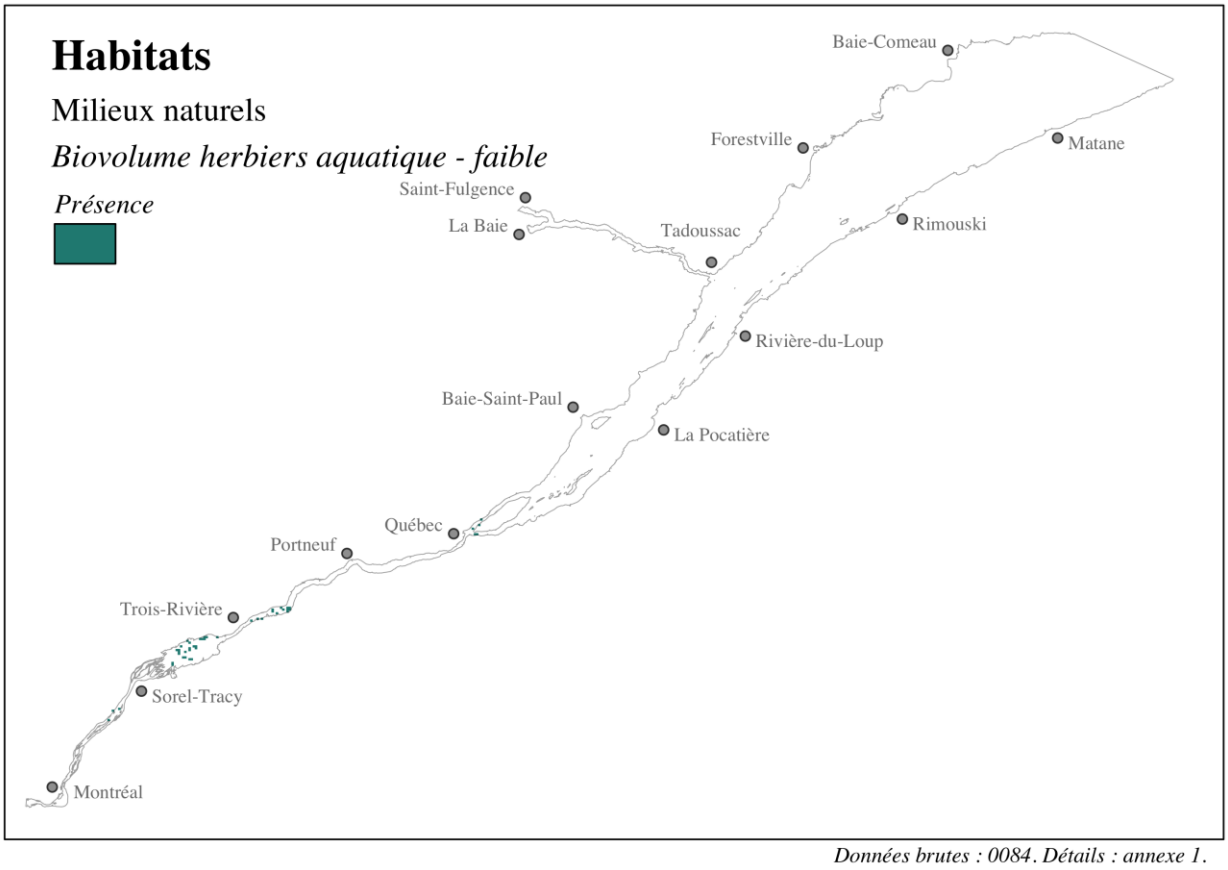


Figure 4.53: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Biovolume herbiers aquatique - faible

4.3.2 Intégrité des berges

Nous remercions Patrick Lajeunesse et Jean-François Bernier de l'Université Laval pour les échanges et le soutien.

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0017****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

La composante valorisée d'intégrité des berges a été caractérisée à partir de données géospatiales d'un exercice récent de caractérisation des berges dans la partie fluviale du Saint-Laurent de l'équipe de Patrick Lajeunesse de l'Université Laval (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021). Cette caractérisation a été faite à l'aide d'une approche cartographique à haute résolution visant entre autres à positionner spatialement, caractériser et évaluer la susceptibilité à l'érosion de berges naturelles et artificialisées, et ce, en combinant des données de relevés terrain, de télédétection et dérivées de connaissances des communautés locales (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021). Les données géospatiales issues de ce projet offrent une caractérisation de la susceptibilité des berges à l'érosion en divisant leur état en trois niveaux d'indice d'érosion (IE; Figure 2 dans Bernier et al., 2021) :

- Active ou vive (IE = 2) : Érosion apparente ou couvert végétal < 25%
- Semi-végétalisée (IE = 1) : Érosion apparente ou couvert végétal de 25 à 75%
- Stable ou végétalisé (IE = 0) : Aucun signe d'érosion apparent, et couvert végétal > 75% ou présence d'une structure de protection

Pour notre étude, nous considérons uniquement les berges qui ont des signes apparents d'érosion, soit les berges avec un IE > 0. Nous distinguons également les berges naturelles des berges artificielles; cette séparation est faite afin de distinguer les effets de la navigation sur des berges naturelles ayant une valeur écologique supérieure aux berges artificialisées. La combinaison de l'état des berges telle que décrite dans Bernier et al. (2020) et Bernier et al. (2021) et de l'état de dégradation des artificialités résulte ainsi en quatre catégories de berges susceptibles aux effets de l'érosion (Tableau 4.17).

Tableau 4.17: Catégories de segments de berge sensibles à l'érosion selon leur artificialité et leur indice d'érosion (IE) considérés pour l'analyse d'évaluation des effets cumulatifs et leur longueur totale en km au sein des données de caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021)

Catégories	Longueur (km)
Artificielle - Semi-végétalisée (IE = 1)	239.77
Artificielle - Vive (IE = 2)	55.57
Naturelle - Semi-végétalisée (IE = 1)	390.91
Naturelle - Vive (IE = 2)	257.64

Ces quatre catégories ont ensuite été intégrées à la grille afin d'obtenir une évaluation de la présence des différentes catégories de berges sensibles à l'érosion au sein de la zone d'étude. Il est important de noter que puisque cette composante valorisée n'a été identifiée que pour la portion fluviale du Saint-Laurent, aucune caractérisation n'a été faite pour l'estuaire et le Saguenay. Une caractérisation similaire a toutefois été récemment publiée à travers le Projet Résilience côtière de l'équipe de Pascal Bernatchez à l'Université du Québec à Rimouski.

4.3.2.1 Berges artificielles

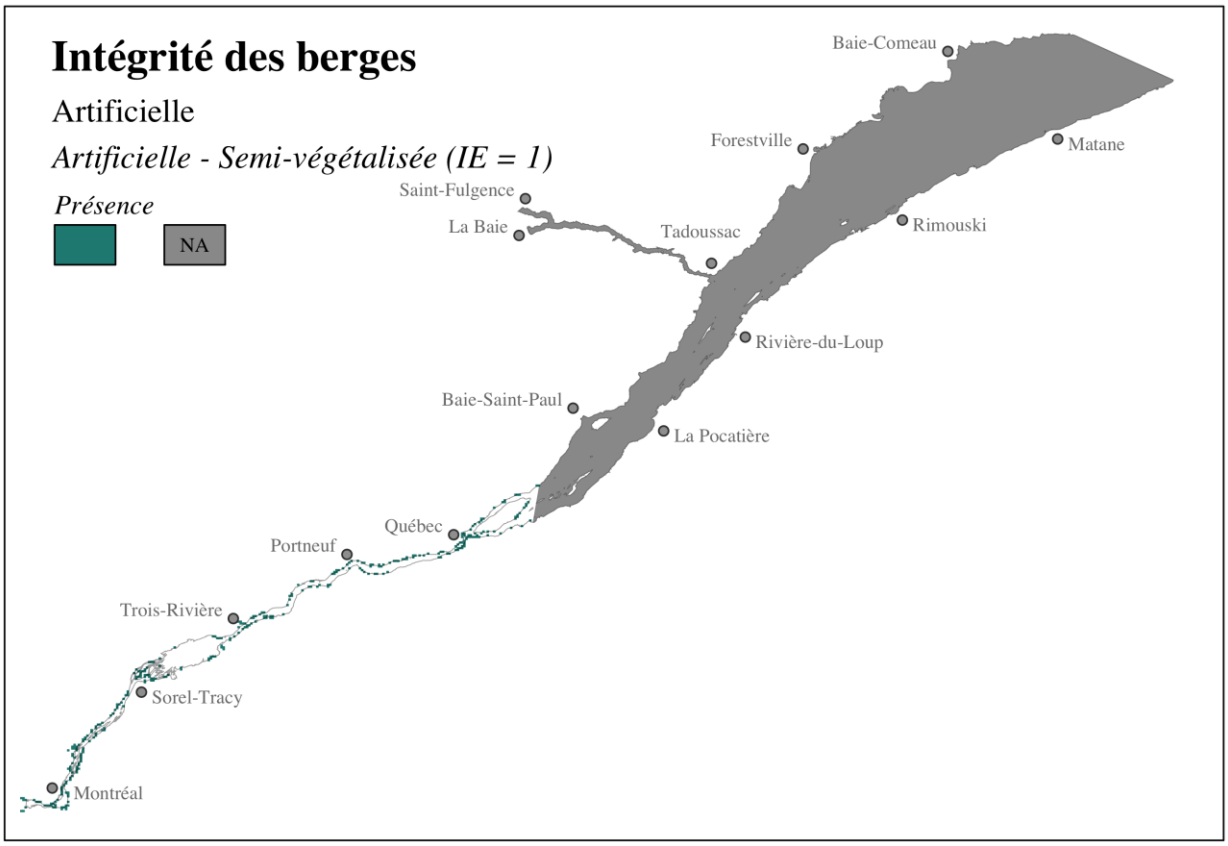


Figure 4.54: Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Artificielle - Semi-végétalisée (IE = 1)

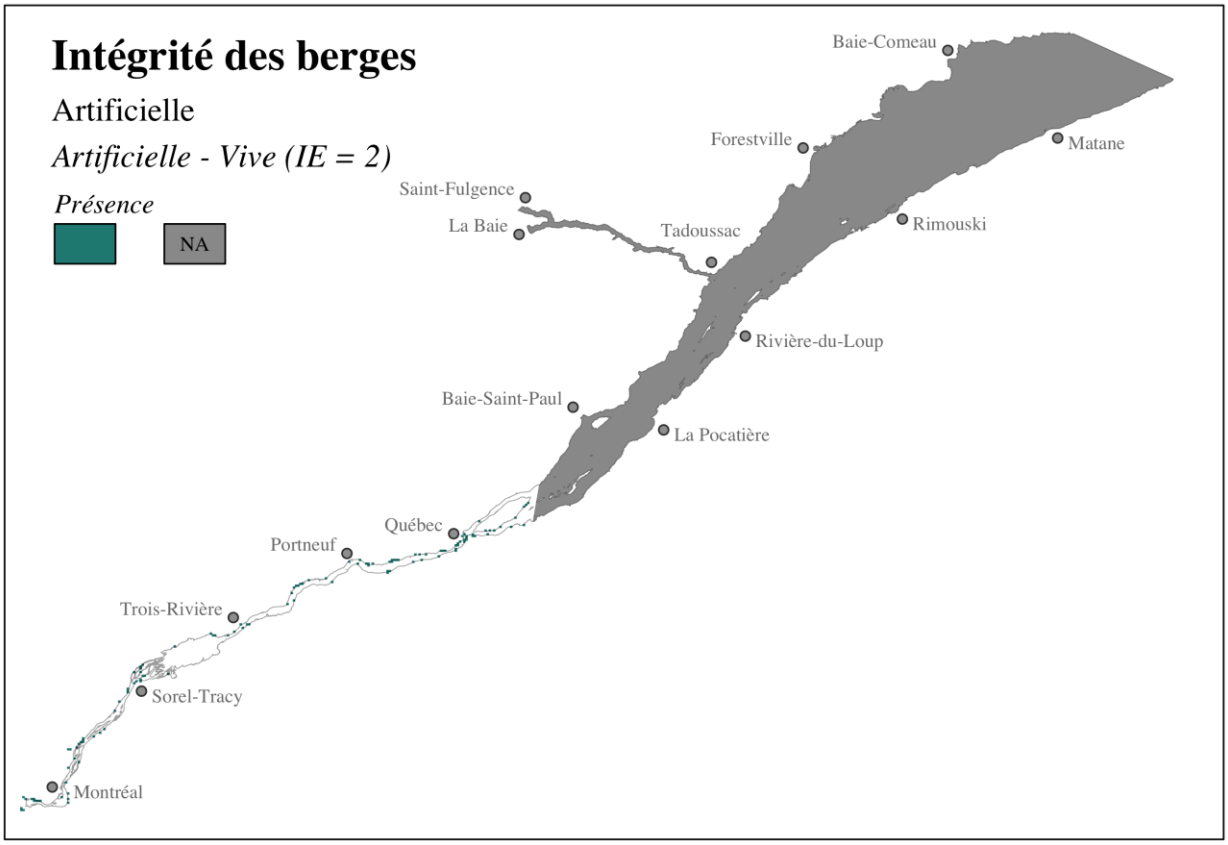


Figure 4.55: Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Artificielle - Vive (IE = 2)

4.3.2.2 Berges naturelles

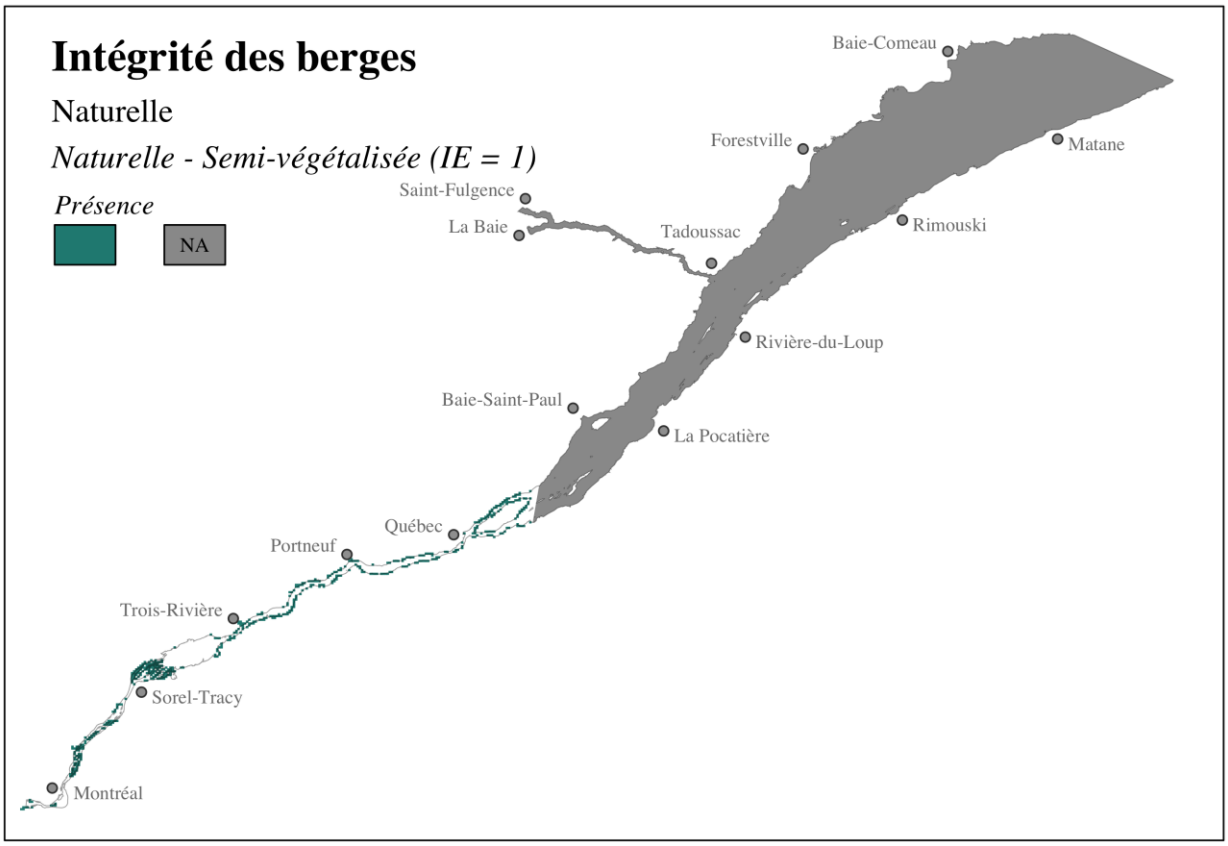


Figure 4.56: Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Naturelle - Semi-végétalisée (IE = 1)

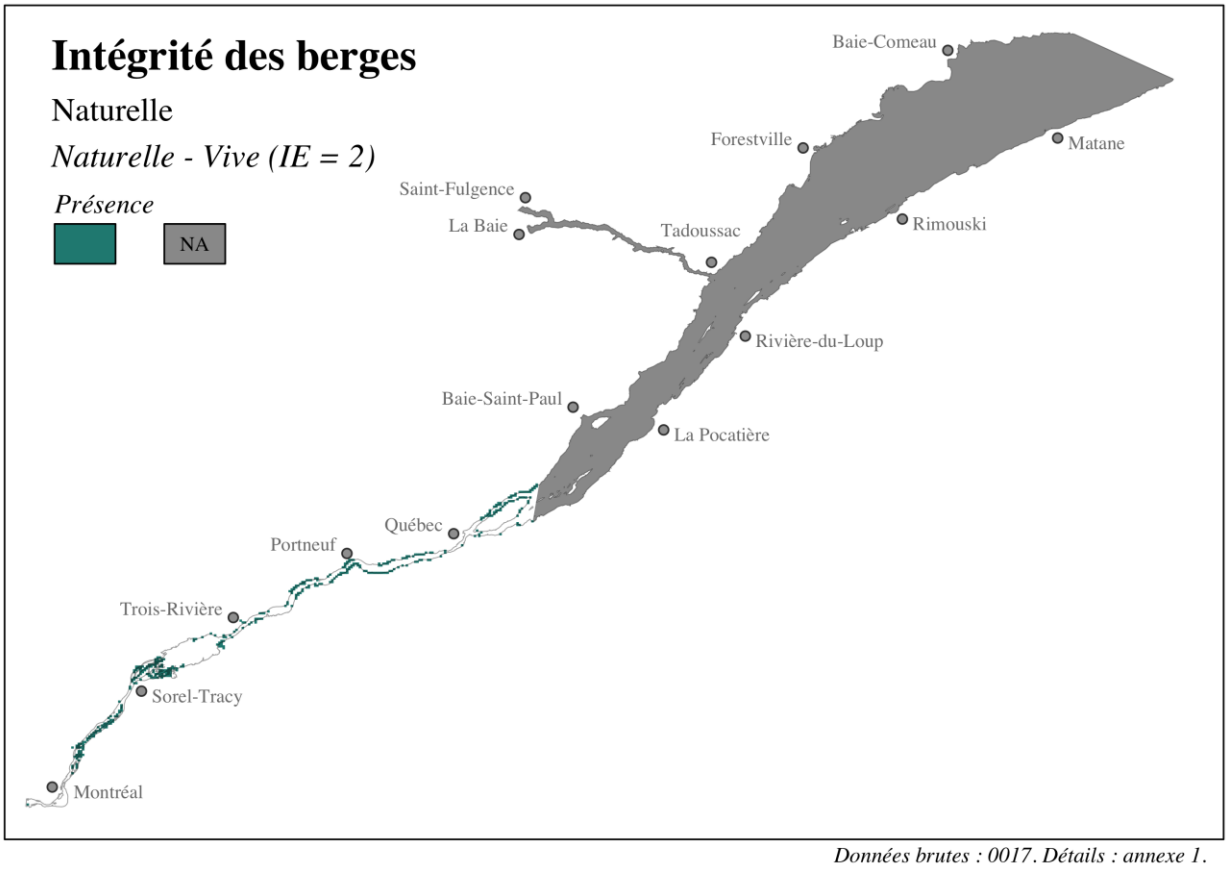


Figure 4.57: Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Naturelle - Vive (IE = 2)

4.3.3 Mammifères marins

Nous remercions Sonia Giroux du Réseau d'observation de mammifères marins et Aurélie Cosandey-Godin de WWF-Canada pour les échanges et le soutien.

Nous remercions également Arnaud Mosnier de Pêches et Océans Canada pour les données et les échanges pour la mise à jour des données des grands mammifères de l'estuaire du Saint-Laurent effectuée en mars 2023.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0027, 0054, 0085****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

La caractérisation originale de la distribution des mammifères marins dans la zone d'étude provient de la deuxième édition d'un guide publié à l'intention des navigateurs qui fréquentent l'Atlantique Nord-Ouest (Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins, 2021a). Ce guide vise à informer les navigateurs sur la problématique de collisions entre navires et baleines, sur les mesures permettant de minimiser les incidents, sur les différentes espèces de baleines et de la tortue luth sur le territoire et de leur présence potentielle, et sur des zones où une vigilance accrue est de mise. Ce guide présente des cartes de distribution pour neuf espèces de mammifères marins qui fréquentent l'Atlantique Nord-Ouest (Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins, 2021a, 2021b). Ces espèces ont été sélectionnées dû à leur statut de conservation et à leur risque connu de collision avec des navires.

Les cartes de distributions ont été évaluées grâce à l'intégration de 14 ensembles de données distincts provenant d'observations scientifiques et opportunistes (Tableau 4.18; Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021c)). Les données d'observations couvrant la période de 2010 à 2015 et les limites géographiques de 40^{o} à 55^{o} N et de -72^{o} à -48^{o} O ont été sélectionnées pour créer les cartes partagées dans le guide. L'aire d'étude a été divisée en une grille régulière de 0.05^{o} x 0.05^{o}. Pour chaque espèce, le nombre d'observations relevées au sein de 14 bases de données disponibles a été évalué pour chaque cellule de la grille d'étude. Un lissage gaussien – *i.e.* méthode d'interpolation basée sur une distribution normale – de 0.2^{o} a ensuite été appliqué sur la grille. Les valeurs obtenues dans chaque cellule ont été normalisées par le nombre total d'observations pour une espèce; la valeur d'une cellule représente ainsi la proportion du nombre total d'observations par espèce au sein de l'aire d'étude. Finalement, une transformation logarithmique a ensuite été appliquée afin de minimiser l'effet des valeurs extrêmes sur les cartes résultantes.

Des mises en gardes accompagnent ces cartes et sont rapportées *verbatim* à ce rapport:

- L'effort d'observation n'a pas été quantifié et varie considérablement dans le temps et l'espace. Les données représentent l'occurrence relative des données d'observation signalées plutôt que la densité ou l'abondance réelle de l'espèce.
- La qualité de certaines des données d'observation est inconnue. Les observations proviennent de personnes ayant des niveaux variés d'expertise dans l'identification des mammifères marins.

Tableau 4.18: Liste des ensembles de données scientifiques et opportunistes utilisés pour créer les cartes, y compris des renseignements sur la période couverte par l'ensemble de données, le nombre d'espèces et le nombre d'observations d'un ou de plusieurs individus disponibles pour l'analyse, et le propriétaire de l'ensemble de données. Tableau tiré de : Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021c).

Nom de l'ensemble de données	Série temporelle	Propriétaire	No d'espèces	No d'observations	Scientifique (S) ou Opportuniste (O)
Whitehead, Université Dalhousie	1988-2019	Université Dalhousie	27	2464	S/O
WWAM	2015-2019	Parcs Canada	7	1353	S
WWAM_C	2015-2019	Parcs Canada	7	1774	S
Predator pelagic prey	2015-2018	Parcs Canada	7	816	S
NAISS	2016	Pêches et Océans Canada	39	2508	S
NARW	2017	Pêches et Océans Canada	31	2910	S
NARW	2018	Pêches et Océans Canada	39	7312	S
WSDB	1963-2019	Base de données des observations de mammifères marins et d'animaux pélagiques, Pêches et	67	24538	O

Nom de l'ensemble de données	Série temporelle	Propriétaire	No d'espèces	No d'observations	Scientifique (S) ou Opportuniste (O)
		Océans Canada, Dartmouth, N.-É. [2020/02/13]			
TC	2018	Transports Canada	19	3517	S
MICS	2014-2018	Station de recherche des îles Mingan	11	4808	S
NOAA	2018-2020	National Oceanic and Atmospheric Administration	5	2699	S
NARWC	2015-2019	North Atlantic Right Whale Consortium	16	18190	S
AOM_MMON	2014-2019	Réseau d'observation de mammifères marins	8	4705	S
Shipping_MMON	2015-2019	Réseau d'observation de mammifères marins	35	5891	O

Sur les neuf espèces dont une cartographie est disponible, cinq fréquentent l'estuaire du Saint-Laurent et le Saguenay : le béluga du Saint-Laurent (*Delphinapterus leucas*), le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*), le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*), le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) et le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*; Tableau 4.19). Pour notre étude, nous avons rééchantillonné les cartes de distribution produites (Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins, 2021b) afin de les intégrer à notre grille d'étude de 1 km^2 en utilisant la valeur moyenne des cellules de la grille du guide qui intersecte chaque cellule de notre grille. Les valeurs ont ensuite été normalisées entre 0 et 1 en divisant chaque valeur par la valeur maximale

observée au sein de la grille pour chaque espèce. Les valeurs résultantes peuvent être interprétées en tant que densité relative des observations de mammifères marins, avec des valeurs de 0 représentant une densité relative faible et une valeur de 1 une densité relative élevée.

Les données décrivant la distribution du petit rorqual, du rorqual à bosse, du rorqual bleu et du rorqual commun ont été remplacées par des données provenant de Pêches et Océans Canada décrivant la distribution de ces quatre espèces de baleines au sein de l'estuaire du Saint-Laurent lors de la mise à jour de l'évaluation effectuée en mars 2023 (Mosnier et al., 2022). Les données sont le résultat d'un exercice de modélisation utilisant des données d'observations en mer et aériennes entre 1995 et 2017. Les cartes utilisées présentent des probabilités relatives d'occurrence obtenues à partir de modèles additifs généralisés (GAM) considérant explicitement les biais associés à l'effort d'échantillonnage; les données résultantes sont considérées comme la meilleure représentation actuellement disponible de la distribution de ces quatres espèces de baleines à fanon au sein de l'estuaire. Les données extrêmes ont été identifiées en utilisant l'écart interquartile supérieur multiplié par 3 (Tukey, 1977); la valeur du 95e percentile a ensuite été attribuée à ces valeurs extrêmes. Les probabilités relatives d'occurrence ont ensuite été normalisées entre 0 et 1. Cette normalisation est effectuée afin de ne pas minimiser les effets cumulatifs sur ces espèces comparativement aux autres espèces de mammifères marins dont les valeurs utilisées varient entre 0 et 1.

Afin de complémenter ce portrait des mammifères marins, nous avons utilisé des données provenant du Réseau d'observation de mammifères marins [ROMM; Réseau d'observation de mammifères marins (2021)] et disponibles sur le site de l'Observation Global du Saint-Laurent (https://ogsl.ca/bio/?lg=fr). Cette base de données est constituée d'observations de mammifères marins relevées par des observateurs membres ayant suivi une formation offerte par le ROMM, récoltées systématiquement par l'équipe du ROMM, et rapportées par des citoyens puis validées par l'équipe du ROMM. Plus d'informations sur le programme sont disponibles sur une page dédiée sur le site de l'OGSL.

Cette base de données contient près de 50000 observations de mammifères marins entre 1996 et 2021 sur 21 espèces différentes (Réseau d'observation de mammifères marins, 2021). De ce nombre, nous avons sélectionné les données pour la période allant de 2000 à 2021 pour les espèces non décrites au sein du guide et ayant plus de 50 observations uniques. Nous avons appliquer la même méthodologie décrite pour le guide afin de caractériser la distribution de quatre espèces supplémentaires fréquentant le Saint-Laurent et le Saguenay : le marsouin commun (*Phocoena phocoena*), le phoque commun (*Phoca vitulina*), le phoque du Groenland (*Phoca groenlandica*) et le phoque gris (*Halichoerus grypus*; Tableau 4.19).

Il est important de noter que les cartes de distribution issues pour ces espèces ne sont pas informées par un processus et une quantité de données semblables à ce qui a été utilisé pour créer le guide à l'intention de l'industrie maritime (Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins, 2021a). Tout comme pour les cartes issues des données du Guide, les valeurs résultantes peuvent être interprétées en tant que densité relative des observations de mammifères marins, avec des valeurs de 0 représentant une densité relative faible et une valeur de 1 une densité relative élevée. Une mise en garde supplémentaire doit également accompagner ces données :

- Une absence de données dans un secteur ne doit pas être interprétée comme une absence de mammifères marins. Pour certains secteurs et certaines périodes de l'année, il n'existe actuellement aucune donnée disponible quant à la fréquentation des mammifères marins.

Tableau 4.19: Espèces de mammifères marins dont la distribution dans l'estuaire du Saint-Laurent et le Saguenay est disponible dans Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021a) et Réseau d'observation de mammifères marins (2021).

Espèces	Noms scientifiques
Béluga	*Delphinapterus leucas*
Marsouin commun	*Phocoena phocoena*
Petit rorqual	*Balaenoptera acutorostrata*
Rorqual bleu	*Balaenoptera musculus*

Espèces	Noms scientifiques
Rorqual commun	*Balaenoptera physalus*
Rorqual à bosse	*Megaptera novaeangliae*
Phoque commun	*Phoca vitulina*
Phoque du Groenland	*Phoca groenlandica*
Phoque gris	*Halichoerus grypus*

4.3.3.1 Baleines

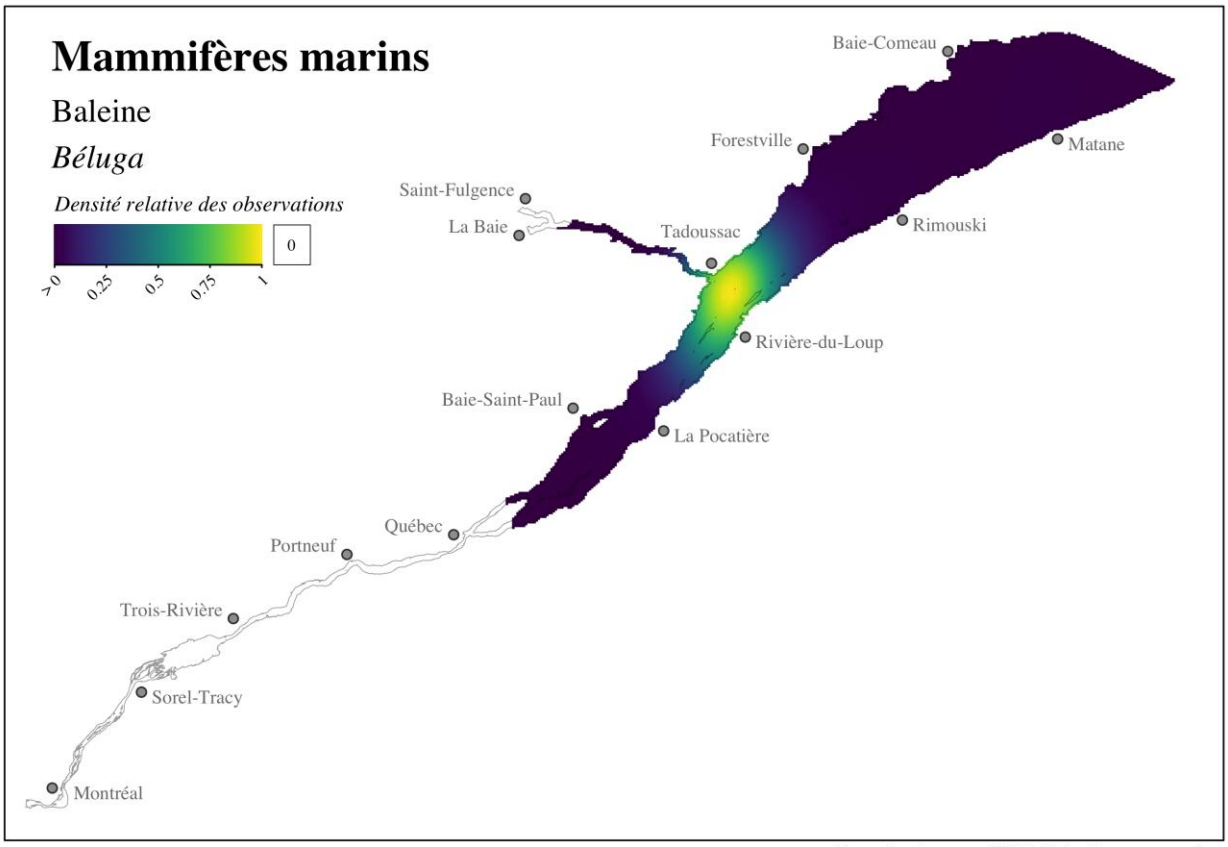


Figure 4.58: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Béluga

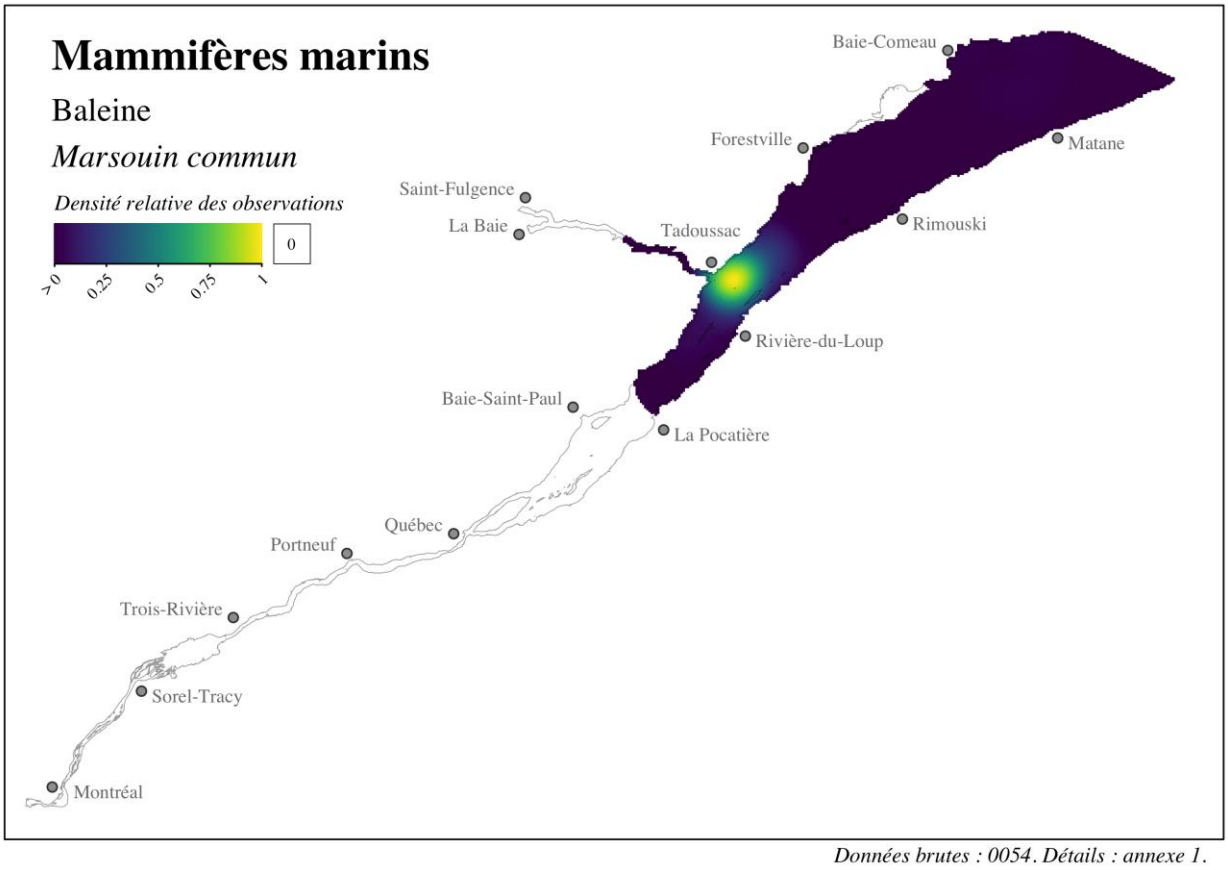


Figure 4.59: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Marsouin commun

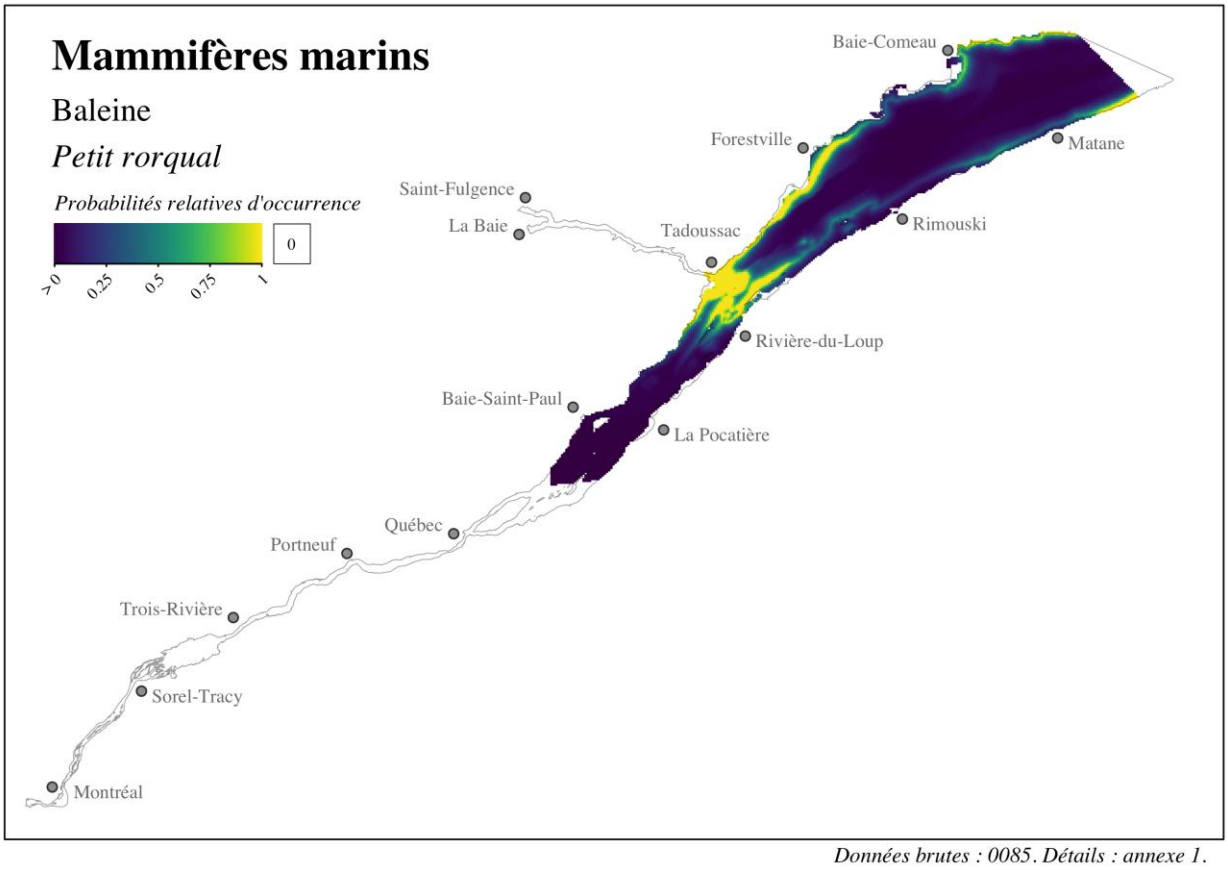


Figure 4.60: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Petit rorqual

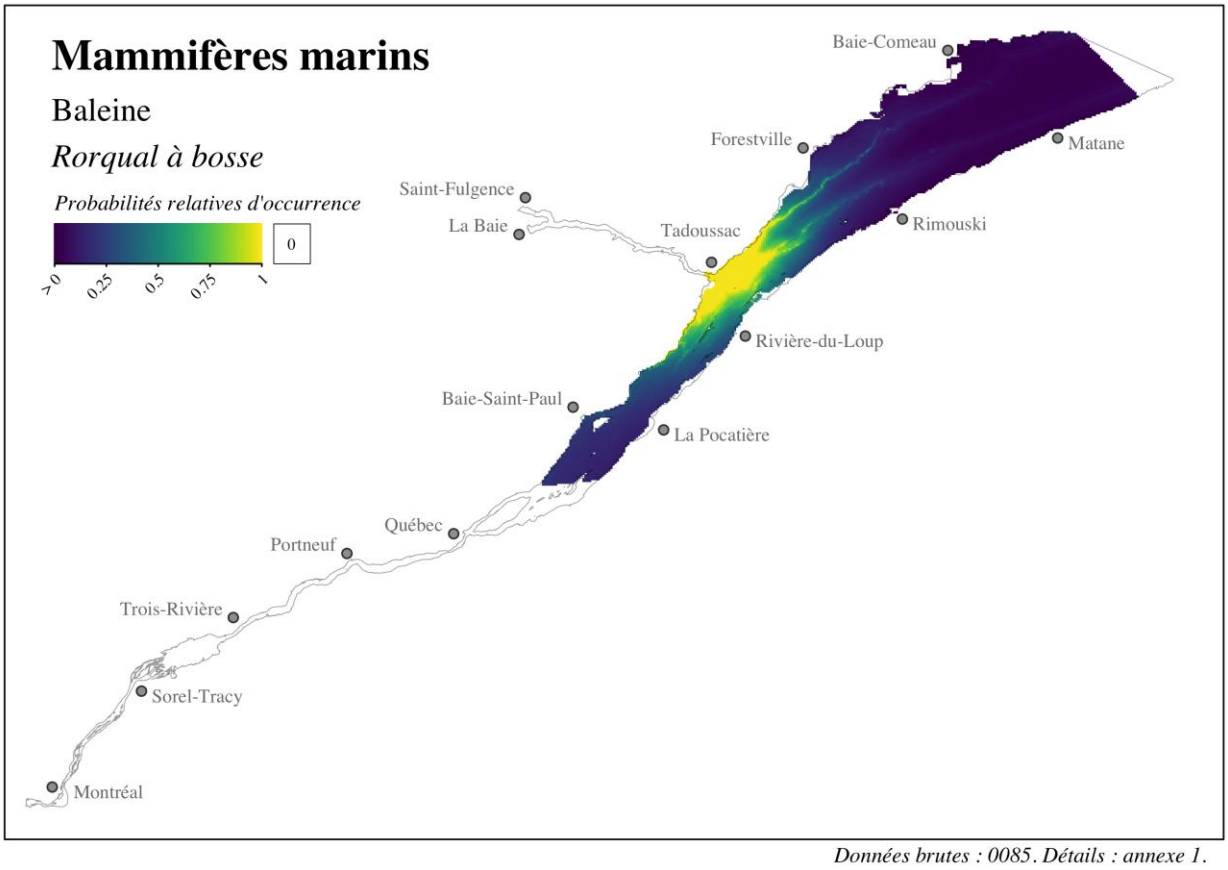


Figure 4.61: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rorqual à bosse

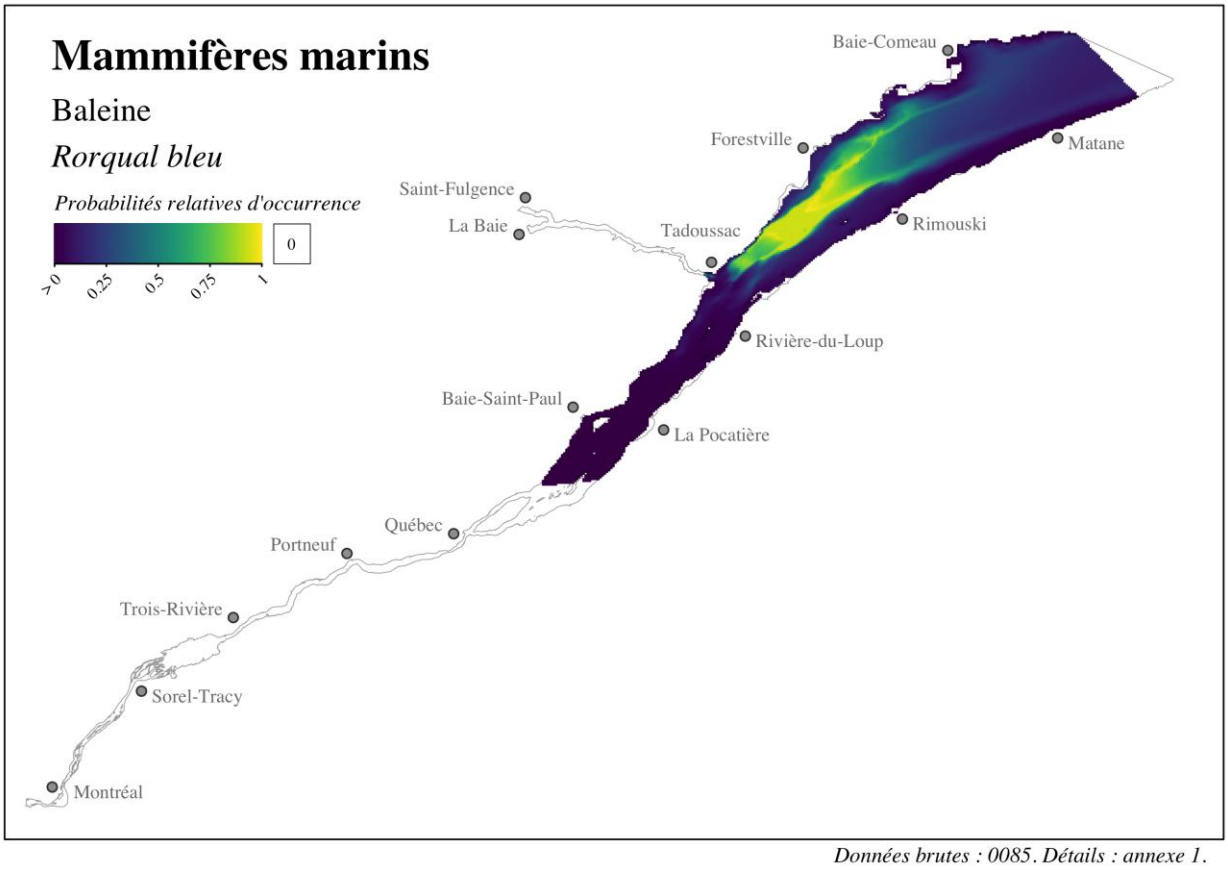


Figure 4.62: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rorqual bleu

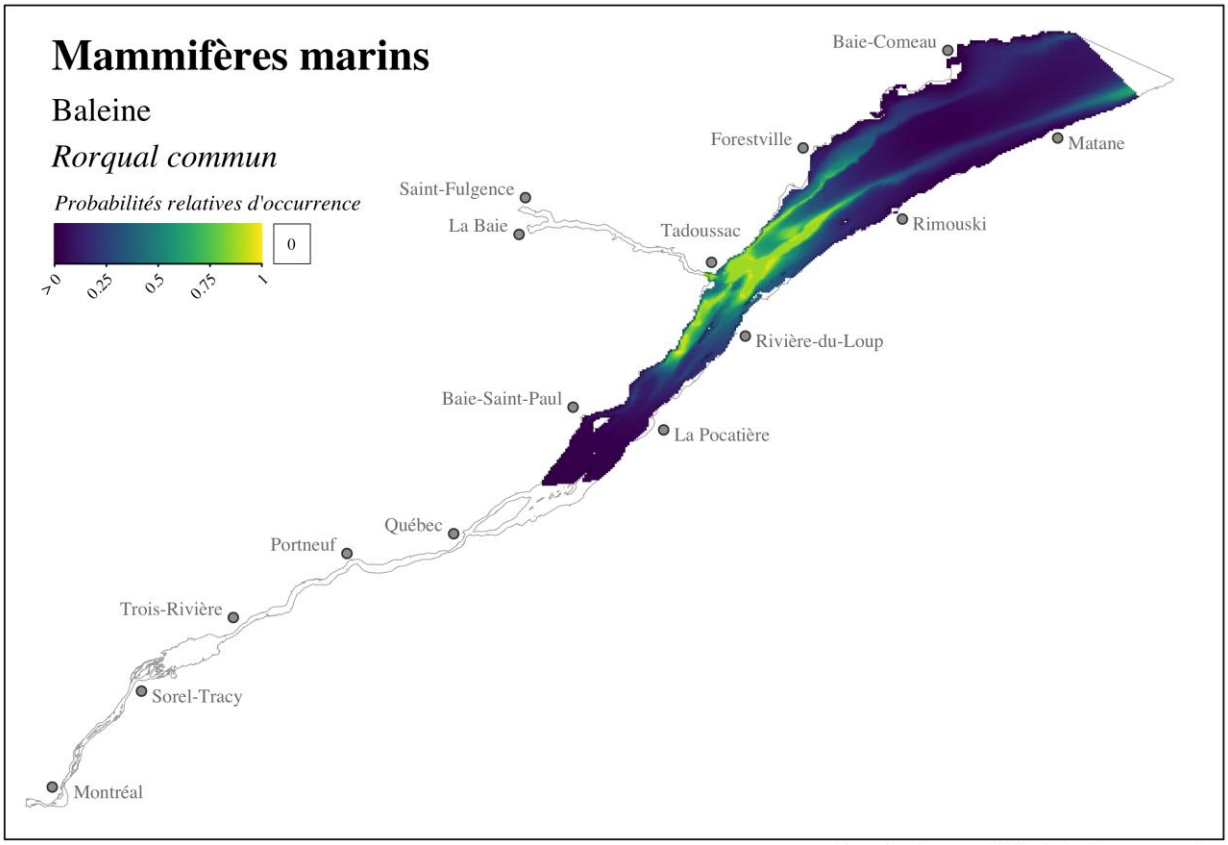


Figure 4.63: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rorqual commun

4.3.3.2 Phoques

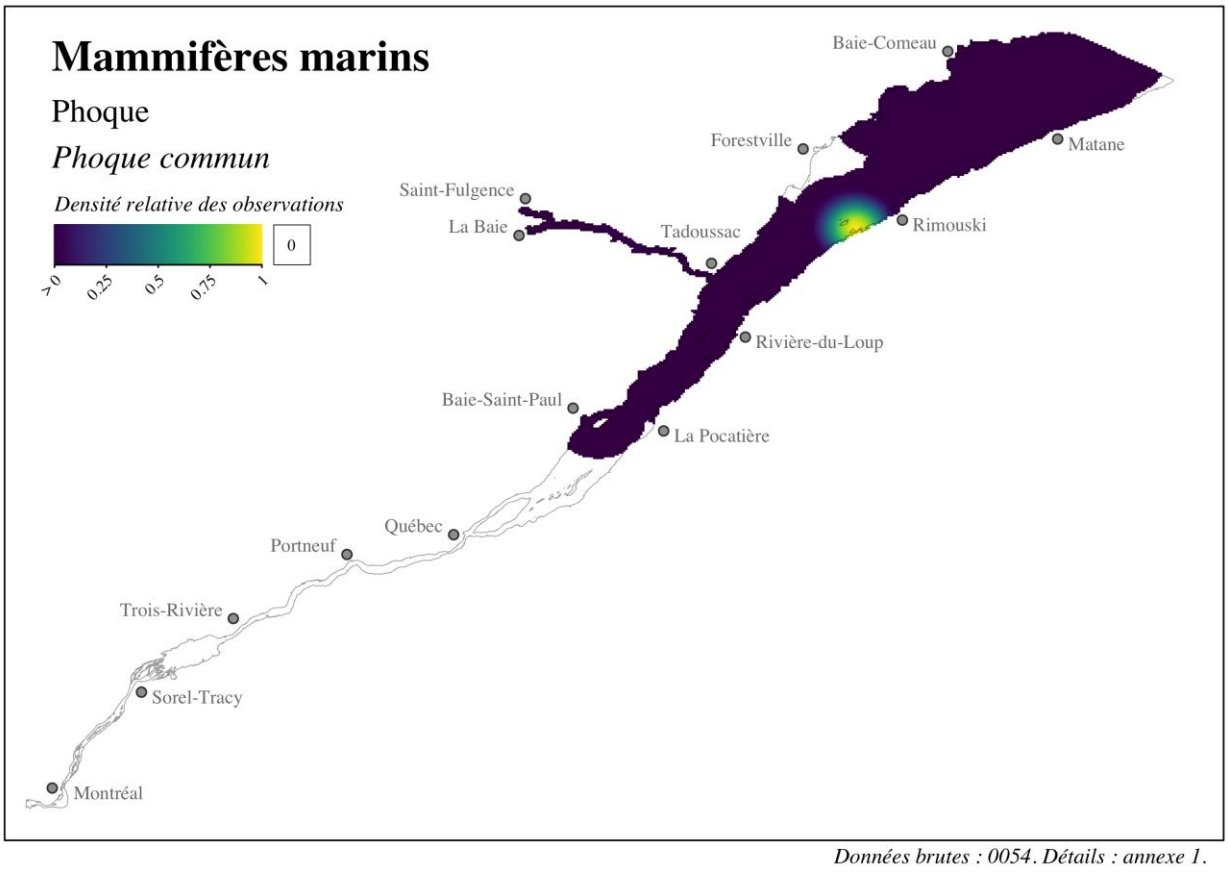


Figure 4.64: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Phoque commun

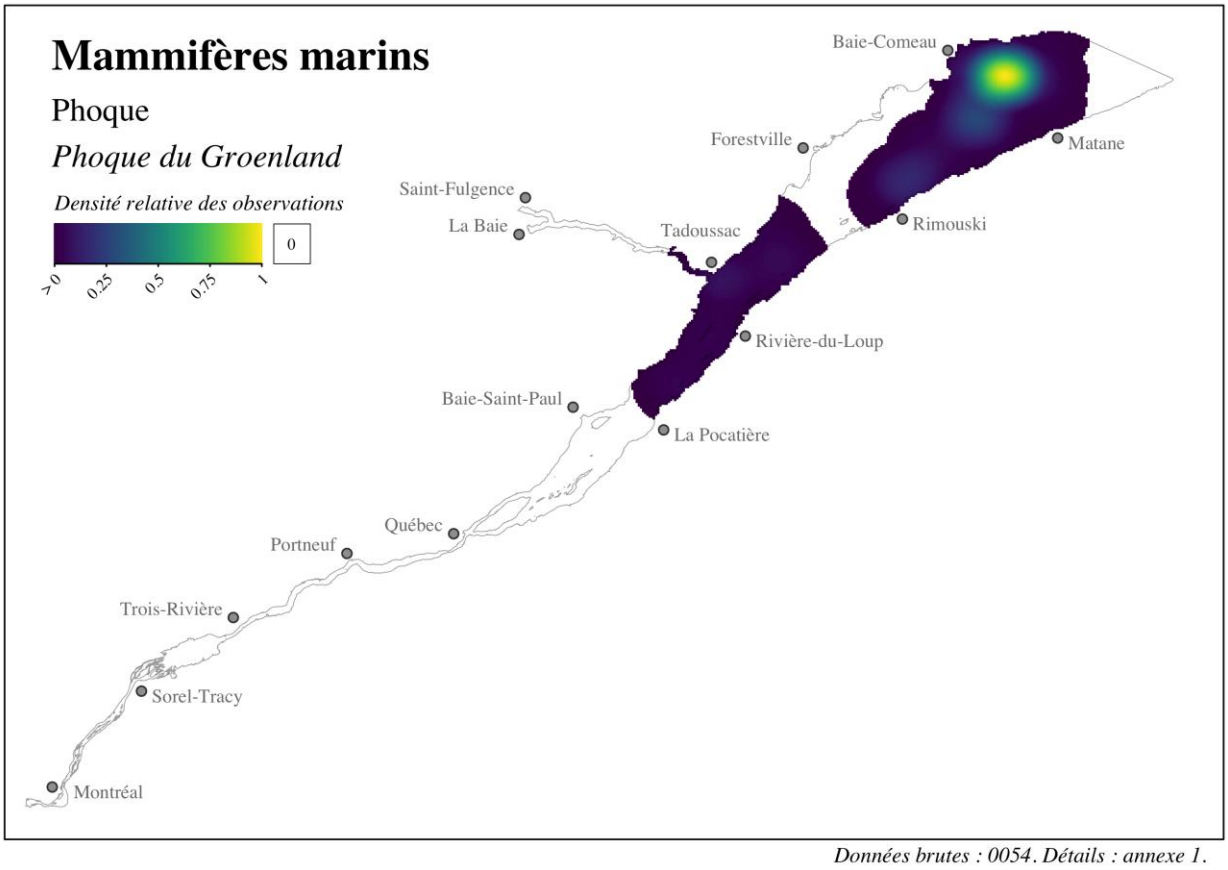


Figure 4.65: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Phoque du Groenland

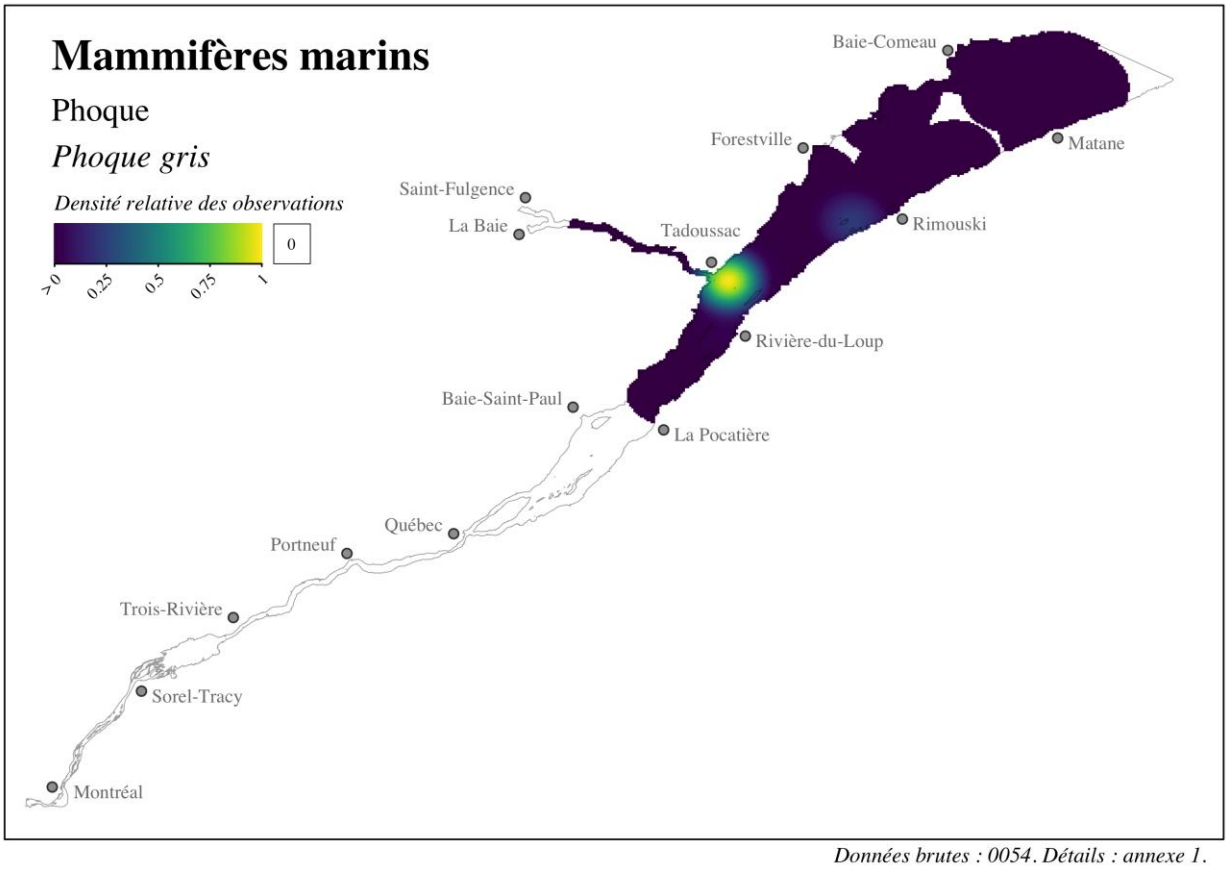


Figure 4.66: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Phoque gris

4.3.4 Qualité de l'eau

La qualité de l'eau a été identifiée en tant que composante valorisée lors des différents ateliers de mobilisation visant leur identification. La qualité de l'eau est toutefois affectée par une suite de facteurs multiples incluant l'agriculture, la pollution atmosphérique, les rejets d'égouts (Sasakova et al., 2018). Au sein du secteur fluvial, la qualité de l'eau semble influencée principalement par l'occupation terrestre; la proximité d'une grande ville ou les activités agricoles affectent directement la qualité de l'eau (Vigil, 2003). La qualité de l'eau est également grandement affectée par les terres agricoles très présentes dans le lac Saint-Pierre (Goyette et al., 2016; Hudon and Carignan, 2008). Les activités maritimes ne sont généralement pas citées comme une source potentielle significative de pollution ayant un effet sur la qualité de l'eau (Butts and Shackleford, 1992).

Bien que la qualité de l'eau demeure une préoccupation valide, il est difficile de relier des mesures de qualité de l'eau spécifiquement aux activités maritimes. En tant que tel, nous considérons qu'une caractérisation de la qualité de l'eau dans le cadre d'une évaluation sectorielle des effets cumulatifs centrée sur les activités maritimes risquerait d'attribuer une responsabilité à un secteur d'activités qui ne lui revient sans doute pas. Afin d'adresser cette problématique, nous avons plutôt décidé d'adopter une approche alternative afin de considérer les risques pour la qualité de l'eau associés aux activités maritimes. Dans leurs travaux, Halpern et al. (2019) ont plutôt considéré la qualité de l'eau en tant que stresseurs de pollution maritime. Ce stresseur était décrit en combinant les différents stresseurs individuels reliés aux activités maritimes, soit la navigation et les activités portuaires dans leur cas. Nous avons ainsi opté pour une approche similaire et considérons la pollution maritime en tant que stresseur environnemental en remplacement de la composante valorisée de qualité de l'eau. Veuillez vous référer à la section sur les stresseurs environnementaux pour la description du stresseur pollution maritime.

4.3.5 Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques

Le Saint-Laurent et le Saguenay constituent un système d'une importance culturelle, patrimoniale et archéologique majeure pour les Premières Nations et pour les communautés côtières. Les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques ont ainsi été identifiés en tant que composante valorisée à considérer pour le projet pilote d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes. Les sites d'intérêt caractérisés proviennent principalement des Premières Nations, de sites patrimoniaux inscrits aux registres publics et d'aires protégées sur le territoire. Il en résulte un total de 44 catégories distinctes de sites d'intérêt (Tableau 4.20). Les données caractérisant les sites d'intérêt ont été intégrées directement à la grille d'étude en présence-absence. Les sections suivantes décrivent les données utilisées pour dresser le portrait des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans la zone d'étude.

Tableau 4.20: Catégories de sites d’intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques identifiés pour le Saint-Laurent et le Saguenay.

Sites d’intérêt	Catégories
Association de gestion halieutique Mi’kmaq et Malécite	Pêche commerciale
	Pêche traditionnelle
Nation Huronne-Wendat	Activités rituelles ou sociales
	Archéologie
	Chasse
	Espèce en péril
	Histoire
	Occupation du territoire
	Pêche
	Récolte de végétaux
	Toponymie
Nation Mohawk de Kahnawà:ke	Chasse à la sauvagine
	Culture et patrimoine
	Navigation
	Pêche de rivage
	Pêche en eau libre
	Récolte de végétation
	Seigneurie du Sault-Saint-Louis
Nation W8banaki	Chasse au gibier
	Chasse aux oiseaux migrateurs
	Cueillette et collecte de végétaux
	Navigation
	Problèmes liés à l’accès au territoire
	Pêche
	Sites archéologiques
	Sites culturels
	Sites de coucher
	Sites essentiels
	Sites à potentiel archéologique
	Trappe d’animaux à fourrure
	Zones d’activités
Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk	Développement portuaire
	Observation du béluga

Sites d'intérêt	Catégories
	Pêche commerciale
Nation des Innus d'Essipit	Accès au plan d'eau
	Activités touristiques
	Chasse aux oiseaux migrateurs
	Chasse aux phoques
	Culture et patrimoine
	Pêche commerciale
	Pêche traditionnelle
Public	Milieux protégés
	Sites patrimoniaux
	Épaves

4.3.5.1 Sites d'intérêt pour les Premières Nations

Dans le cadre de ce projet pilote, une importance particulière a été attribuée aux sites d'intérêt pour les Premières Nations. Les activités maritimes peuvent affecter les conditions qui sous-tendent l'exercice des droits ancestraux des Premières Nations, notamment l'accès aux ressources et au territoire. Un processus collaboratif a ainsi été enclenché avec des Nations autochtones ayant des activités historiques et contemporaines au sein de la zone d'étude. Les Nations autochtones participantes ayant fourni des données sont les suivantes :

- Nation Huronne-Wendat
- Nation des Innus d'Essipit
- Nation Mohawk de Kahnawà:ke
- Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk
- Nation W8banaki

Un protocole de partage d'informations a été élaboré en collaboration avec les Premières Nations participantes. Ce protocole offre un cadre pour l'utilisation des données qui soutient les principes des Premières Nations de PCAP^{MD} (propriété, contrôle, accès, possession) dans le domaine de la recherche. L'application de ces principes sert de mécanisme de protection du patrimoine informationnel et des connaissances des

Premières Nations. Ces principes évoquent la propriété collective de l'information par une communauté, une nation, un groupe. Ces principes s'appliquent à tous types de recherche et à tous les domaines de recherche qui se déroulent sur les territoires des Premières Nations et/ou qui concernent les Premières Nations.

Des rencontres individuelles ont été organisées avec des représentants des Premières Nations participantes afin de présenter le projet et de discuter des besoins en informations en vue d'intégrer les sites d'intérêt au sein de l'évaluation des effets cumulatifs. Les Premières Nations participantes ont subséquemment procédé au rassemblement d'informations cartographiques et non-cartographiques représentant des sites d'intérêt pour leur Nation respective. Notre équipe de recherche n'a ainsi effectué aucune collecte de données; ce travail a été effectué par les Premières Nations participantes, qui nous ont subséquemment fait parvenir les données désignant des sites d'intérêt à considérer pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes.

Un atlas cartographique en accès libre développé par l'Association de gestion halieutique Mi'kmaq et Malécite [AGHAMM; Arsenault et al. (2017)] a également permis d'obtenir des données d'utilisation du territoire pour les Nations Mi'kmaq de Gespeg, Mi'kmaq de Gesgapegiag et Wolastoqiyik Wahsipekuk.

Les sites d'intérêt proviennent généralement d'un exercice d'intégration de connaissances issues d'autres études effectuées avec les membres des Premières Nations. Les sites d'intérêt identifiés par les Premières Nations participantes peuvent globalement être classés en 9 grandes catégories :

- Activités rituelles ou sociales
- Chasse
- Culture et patrimoine
- Occupation du territoire
- Pêche commerciale
- Pêche traditionnelle
- Récolte de végétaux
- Sites archéologiques

- Tourisme

Les sites d'intérêt identifiés par les Nations ont été conservés distincts plutôt qu'intégrés en une couche unique par grandes catégories de sites d'intérêt, et ce malgré l'identification de catégories de sites d'intérêt similaires entre Nations. Par exemple, bien que la majorité des Nations aient identifié des sites d'intérêt pour la chasse, les sites identifiés demeurent distincts entre Nations pour l'évaluation des effets cumulatifs. Cette approche a pour but de respecter l'indépendance de chaque Nation et d'attribuer une importance supérieure à un milieu si ce dernier est identifié par plus d'une Nation. C'est le cas, entre autres, du Lac Saint-Pierre, qui est identifié en tant que site d'intérêt par plus d'une Nation participante.

Chaque Nation a organisé et catégorisé ses propres sites d'intérêt; ces catégories ont été conservées telles que rapportées bien que des catégories similaires ont été identifiées entre les Premières Nations participantes. Aucune tentative d'harmonisation des catégories entre Premières Nations n'a été effectuée. Cette absence d'harmonisation a été adoptée afin d'éviter de dénaturer les informations transmises par les Nations. De plus, puisque les sites provenant des différentes Nations demeurent distincts pour l'évaluation, l'harmonisation des catégories de sites d'intérêt n'aurait pas affecté l'évaluation. Nous avons ainsi décidé de conserver les libellés utilisés dans les données transmises.

Il est important de noter quelques mises en garde quant aux sites d'intérêt pour les Premières Nations. Premièrement, les informations rapportées ne peuvent être considérées comme un portrait exhaustif des sites d'intérêt pour l'ensemble des membres des Nations autochtones; en effet, les informations résultent d'un processus de consultation limité des membres de chaque Nation et intégrées uniquement dans le contexte du projet d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes. Les sites d'intérêt identifiés proviennent d'autres d'études dont les données ont été intégrées afin de répondre aux objectifs de la présente étude. De plus, toutes les Premières Nations ayant un intérêt au sein de la zone d'étude n'ont pu être impliquées au projet. Par exemple, malgré l'inclusion de sites d'intérêt pour la Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk, un processus collaboratif semble à celui effectué avec les autres Nations n'a pu être mis en place; les

données socio-culturelles de la Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk n'ont ainsi pu être incluses au sein de notre évaluation. La caractérisation des sites d'intérêt ne peut ainsi être considérée exhaustive pour l'ensemble des Premières Nations sur le territoire à l'étude.

Deuxièmement, le lien et l'appartenance des Premières Nations au territoire va au-delà d'une vision strictement utilitaire et fonctionnelle; cette vision est difficile à capturer à travers une cartographie des sites d'intérêt, qui a pour effet de les objectiver. Il est ainsi important de considérer que les sites d'intérêts qui ont été identifiés s'insèrent dans un contexte culturel et écologique plus large qu'une simple localisation géographique.

Troisièmement, la notion d'utilisation du territoire des Premières Nations va au-delà d'une simple utilisation. En effet, les activités coutumières autochtones constituent des droits ancestraux protégés par l'article 35(1) de la Constitution canadienne. La Loi constitutionnelle de 1982 affirme les droits existants ancestraux ou issus de traités. Cependant, la plupart de ces droits demeurent indéfinis et la Proclamation royale de 1763 stipule que les peuples autochtones continuent à détenir toutes terres qu'ils n'ont pas cédées ou vendues. Il importe donc de bien distinguer ces activités alimentaires, rituelles et sociales faisant l'objet de droits protégés par la Constitution et liés à la subsistance de la Nation, des activités de pêche, de chasse et de piégeage sportives et de loisir pratiquées par la population allochtone.

Quatrièmement, les limites spatio-temporelles de la présente étude a été évoquée comme une limite importante dans un contexte autochtone puisqu'elle ne capture pas adéquatement le caractère évolutif de l'occupation et de l'utilisation du territoire qu'ils en font. Le portrait des sites d'intérêt présenté ne devrait ainsi pas être interprété comme représentatif du passé ou garant du futur.

Finalement, la participation des Premières Nations à cette étude est faite sans préjudice à l'exercice de leurs droits juridiques sur leur territoire traditionnel respectif pour lesquels s'appliquent leurs droits et responsabilités d'intendance et qui se basent sur l'application

d'une approche écosystémique plus large. Les sites d'intérêt identifiés doivent ainsi être interprétés dans le contexte élargi de ces droits et responsabilités.

Les sections suivantes décrivent brièvement les données partagées par les Premières Nations participantes et les données qui ont été accessibles à travers des plateformes ouvertes.

4.3.5.1.1 Association de gestion halieutique Mi'kmaq et Malécite

Nous remercions Lisa M. Arsenault pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0022, 0023****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

L'Association de gestion halieutique Mi'kmaq et Malécite (AGHAMM) a développé un atlas cartographique décrivant divers sites et usages reliés aux activités de pêche commerciale et traditionnelle d'importance pour les Nations de Gesgapegiag, Gespeg et Wolastoqiyik Wahsipekuk (Arsenault et al., 2017). L'Atlas décrit des activités de pêches commerciales ciblant neuf espèces différentes : le buccin (*Buccinum* sp.), le concombre de mer (*Holothurie* sp.), le crabe commun (*Cancer irroratus*), le crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*), la crevette nordique (*Pandalus* sp.), le flétan Atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*), le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*), le homard (*Homarus americanus*) et l'oursin (*Strongylocentrotus* sp.) dans l'estuaire du Saint-Laurent (Arsenault et al., 2017; Racine and Arsenault, 2017). Puisque la majorité de ces pêches sont effectuées par la Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk, ces données sont utilisées afin de décrire les activités de pêches commerciales de cette dernière (voir section 4.3.5.1.6). Puisque la Nation Mi'kmaq de Gespeg effectue également une pêche commerciale à la

crevette nordique dans l'estuaire du Saint-Laurent, nous avons sélectionné cette pêche parmi les données de l'Atlas.

L'atlas identifie également les rivières Rimouski, Métis et Matane en tant que sites d'importance pour la pêche au Saumon Atlantique [*Salmo salar*; Arsenault et al. (2017)]. Nous avons ainsi ajouter une zone tampon de 3 km à l'embouchure de ces trois rivièrs afin de capturer leur présence en tant que site d'intérêt pour l'évaluation.

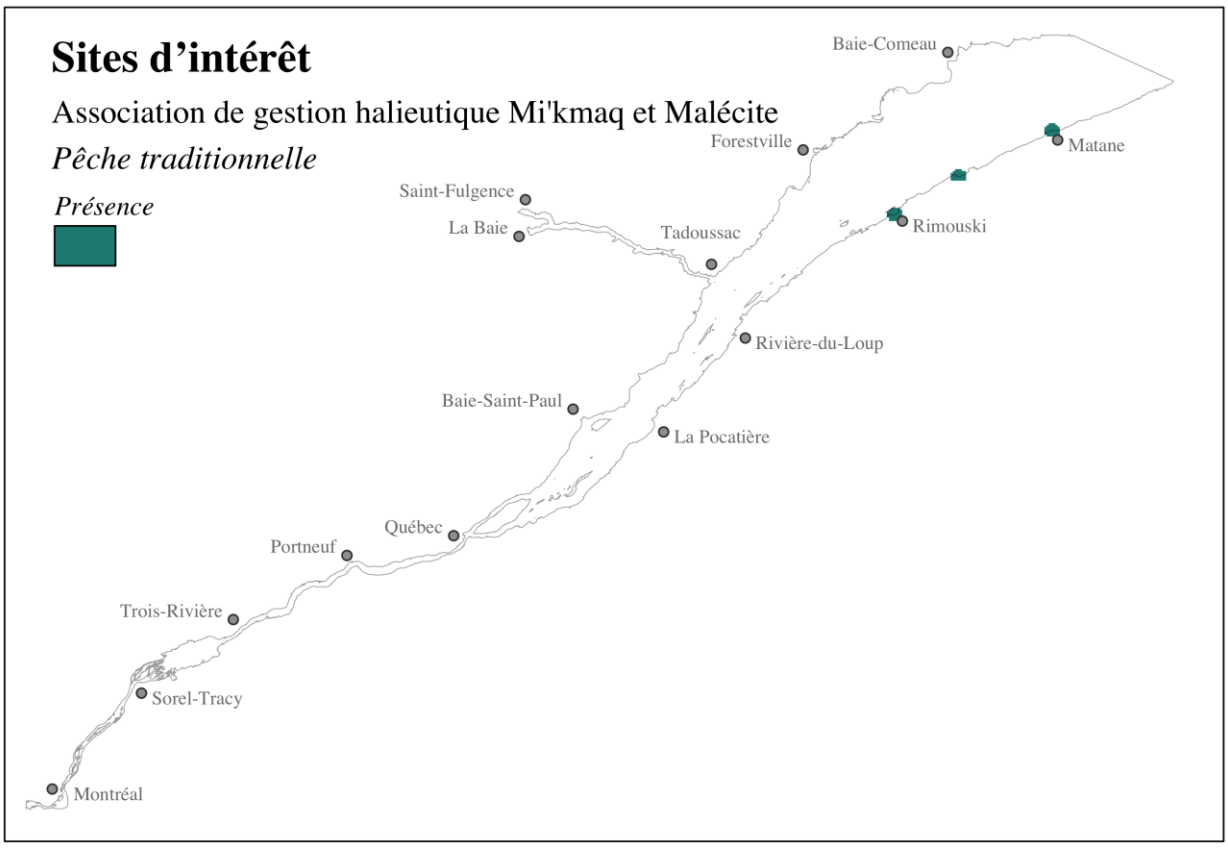


Figure 4.67: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - AGHAMM - Pêche traditionnelle

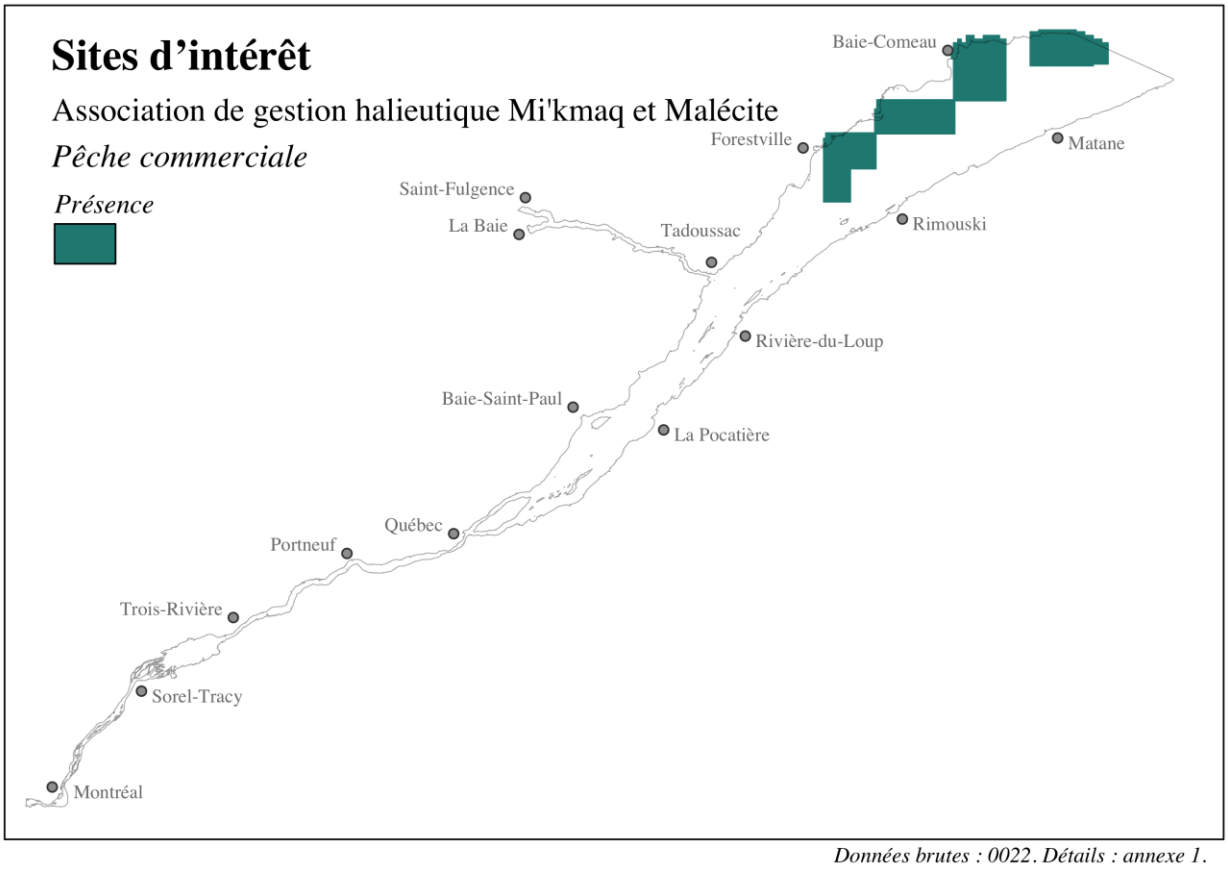


Figure 4.68: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - AGHAMM - Pêche commerciale

4.3.5.1.2 Nation des Innus d'Essipit

Nous remercions la Nation des Innus d'Essipit pour leur participation, ainsi que Donald Bouchard et Pierre Tremblay pour les échanges et le soutien.

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0024****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les données transmises par la Nation des Innus d'Essipit sont une intégration de données provenant de divers sources d'informations (Bouchard and Tremblay, 2021) :

- Inventaire des sites archéologiques du Québec.
- Suivi Innu-Aitun, 2004 à 2018, Essipit.
- Historique des pêches commerciales (crabe des neiges, oursin) et alimentaire (flétan atlantique), 1996 à 2020, Essipit.
- Atlas des usages côtiers et marins du Saint-Laurent par les Innus de la Côte-Nord, Agence Mamu Innu Kaikusseht, 2019.
- Collecte de données sur la récolte d'oiseaux migrateurs dans sept communautés innues de la Côte-Nord, Agence Mamu Innu Kaihusseht, 2014

Le résultat de l'intégration de ces données fournit la localisation de sites d'intérêts localisés dans l'estuaire du Saint-Laurent et la rivière Saguenay. Ces sites sont divisés en sept catégories :

- Chasse aux oiseaux migrateurs
- Chasse au phoque
- Pêche commerciale
- Pêche traditionnelle
- Activités touristiques
- Accès au plan d'eau
- Culture et patrimoine

Ces catégories de sites d'intérêts sont utilisées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d'étude. Il est important de noter que les données originales utilisées couvrent un territoire plus large que la zone d'étude de la présente évaluation, mais que ces dernières ont été intersectées et limitées à notre zone d'étude.

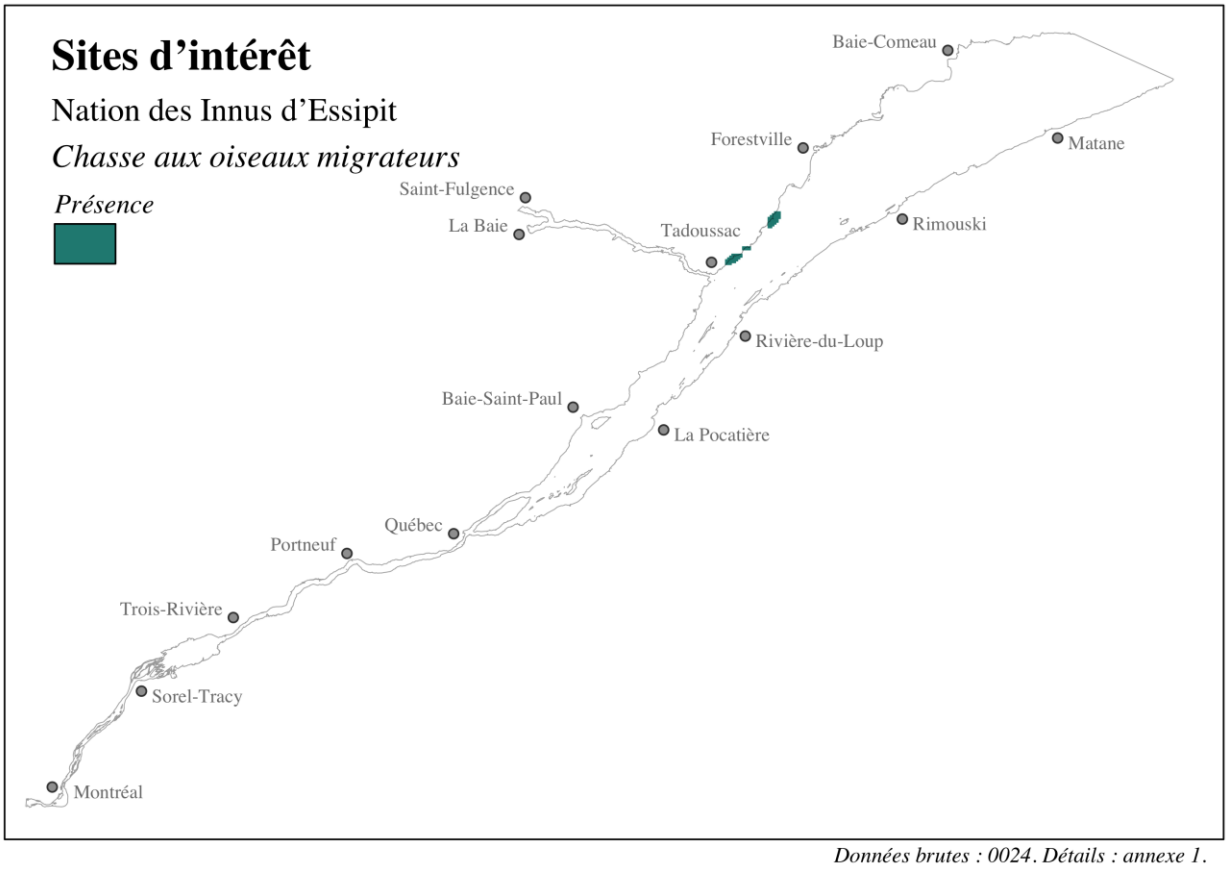


Figure 4.69: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation des Innus d'Essipit - Chasse aux oiseaux migrateurs

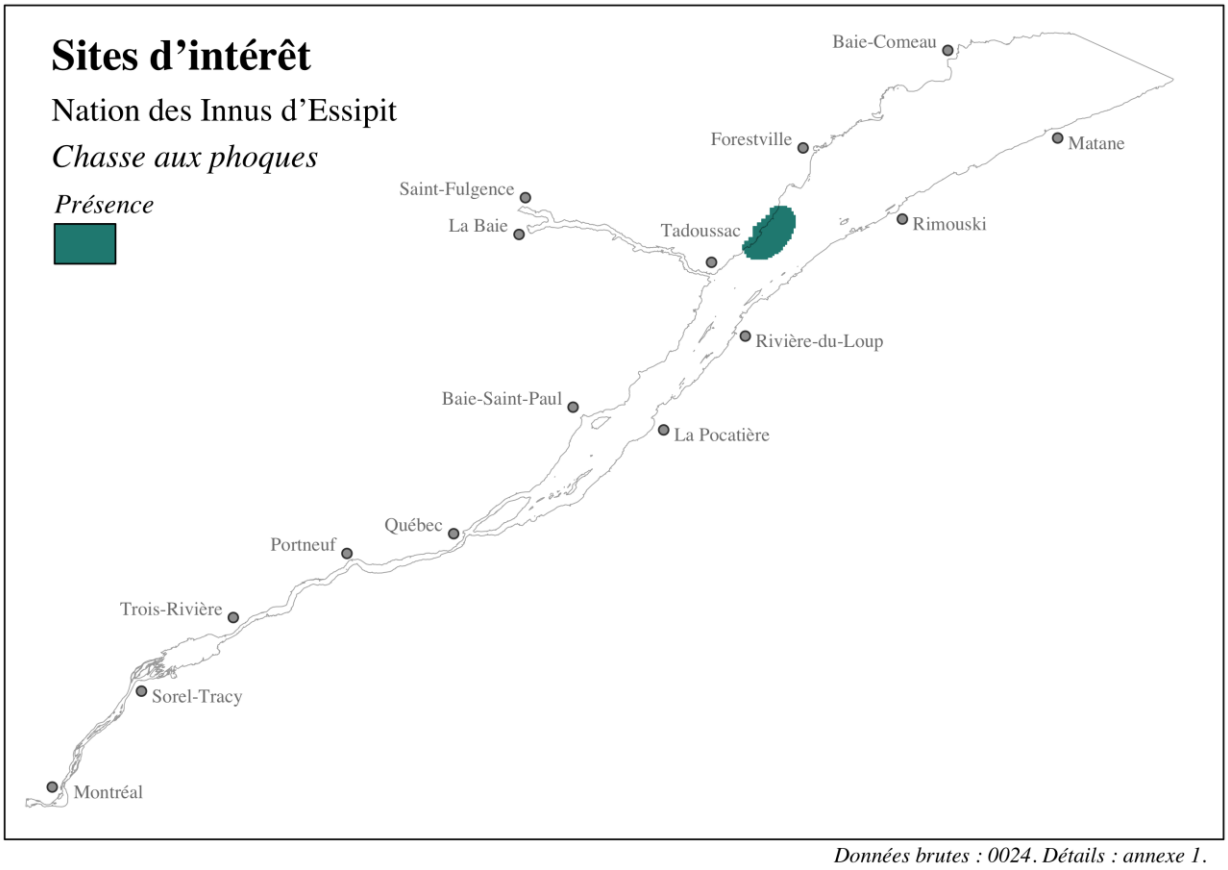


Figure 4.70: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation des Innus d'Essipit - Chasse aux phoques

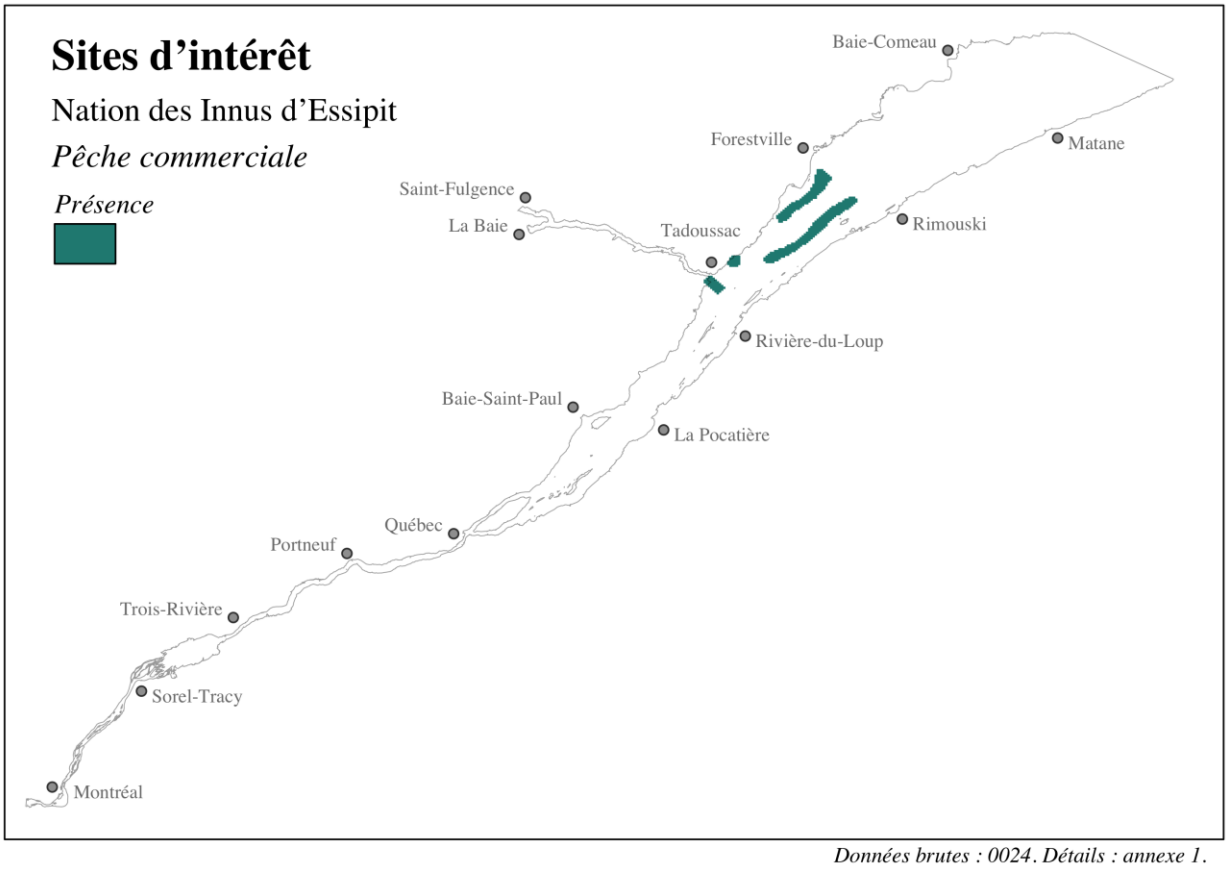


Figure 4.71: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation des Innus d'Essipit - Pêche commerciale

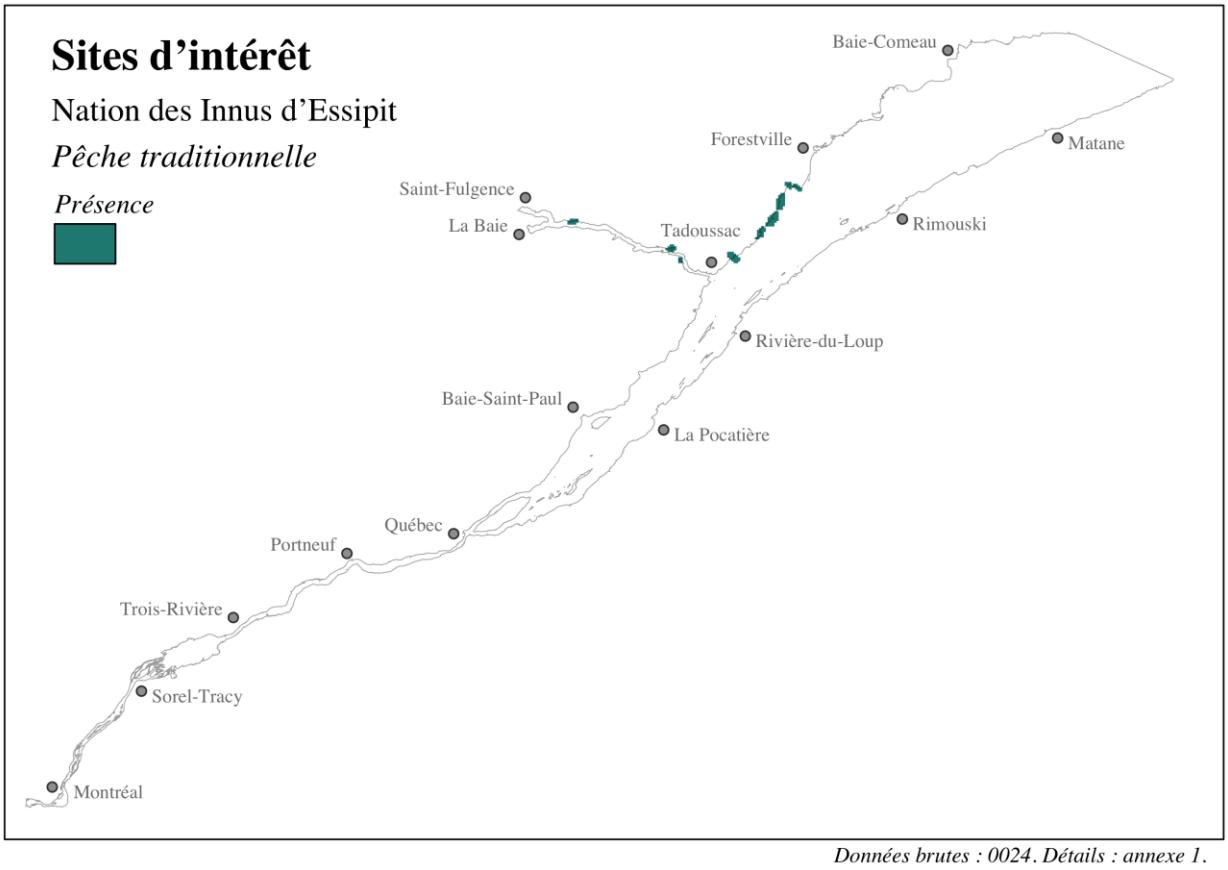


Figure 4.72: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation des Innus d'Essipit - Pêche traditionnelle

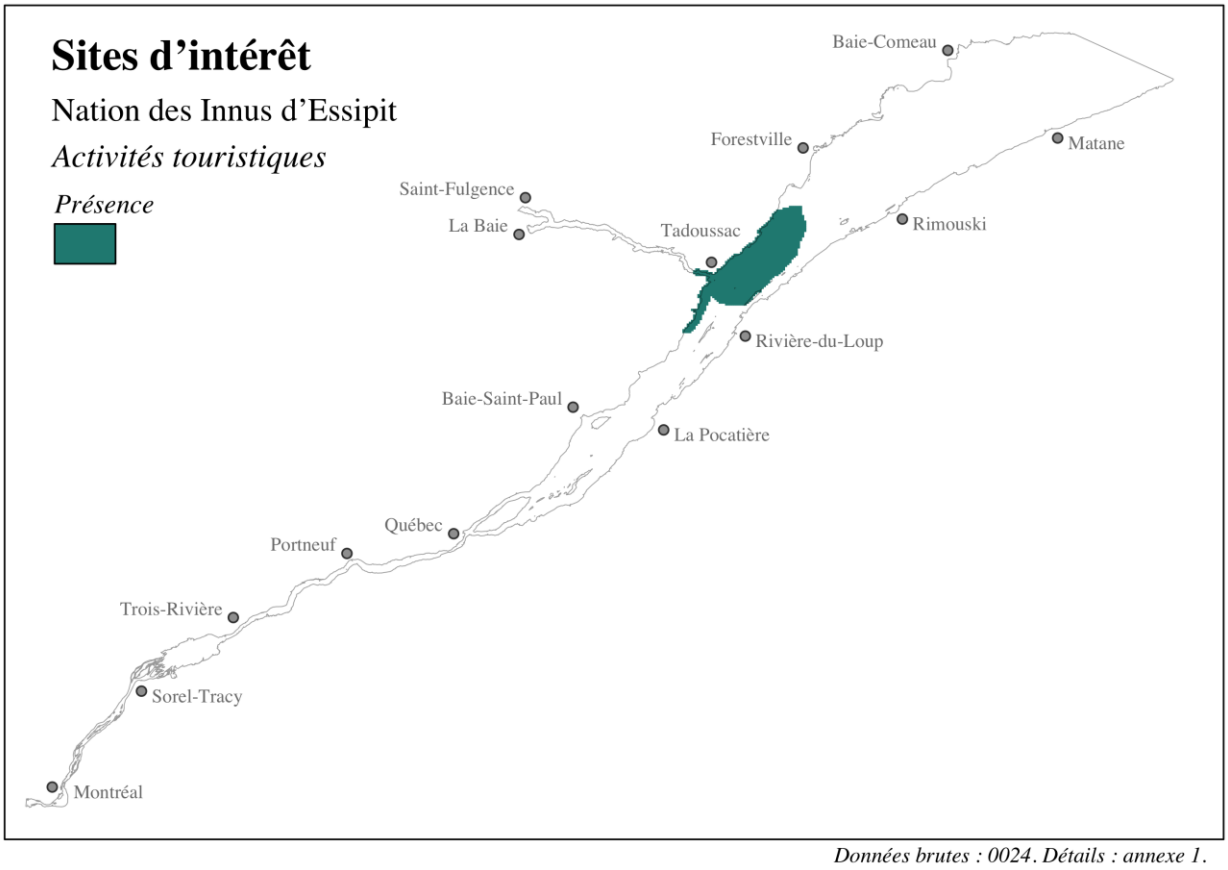


Figure 4.73: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation des Innus d'Essipit - Activités touristiques

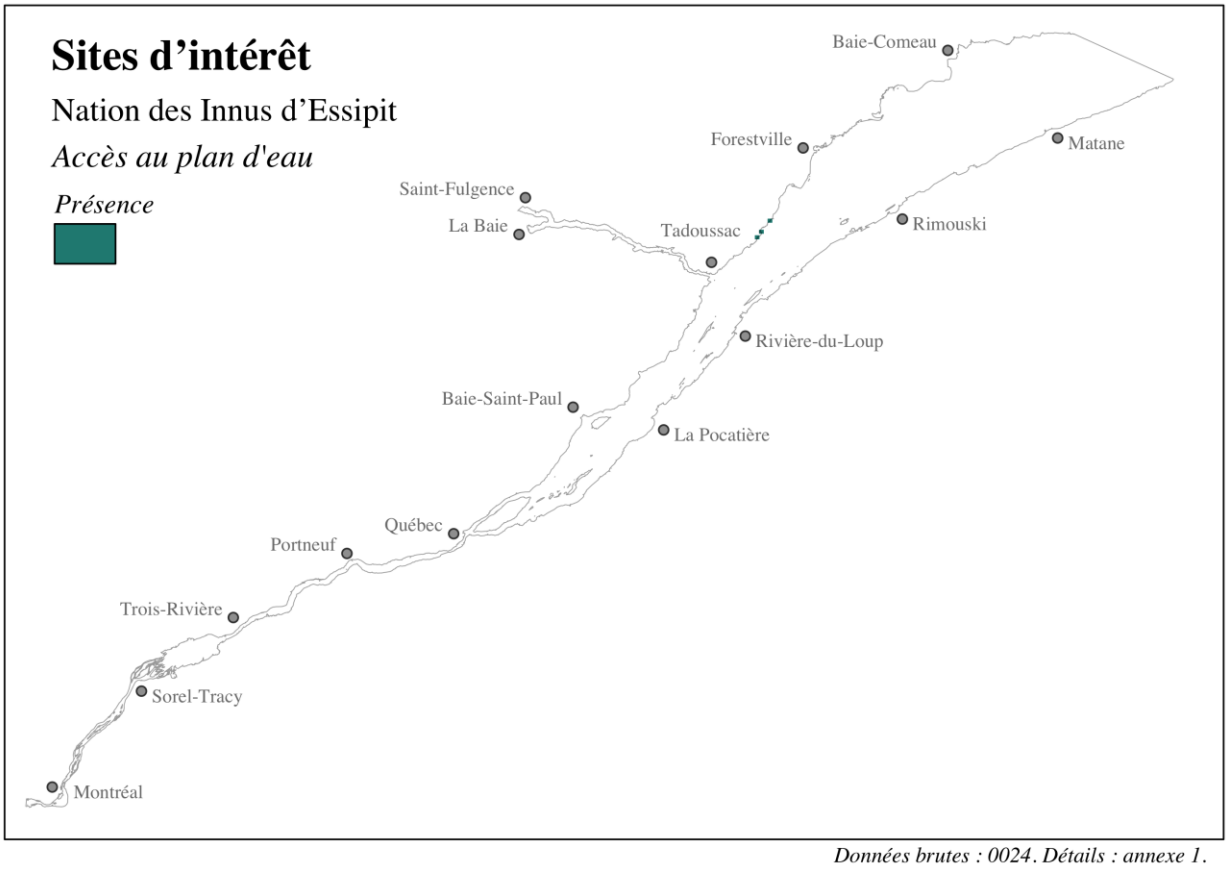


Figure 4.74: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation des Innus d'Essipit - Accès au plan d'eau

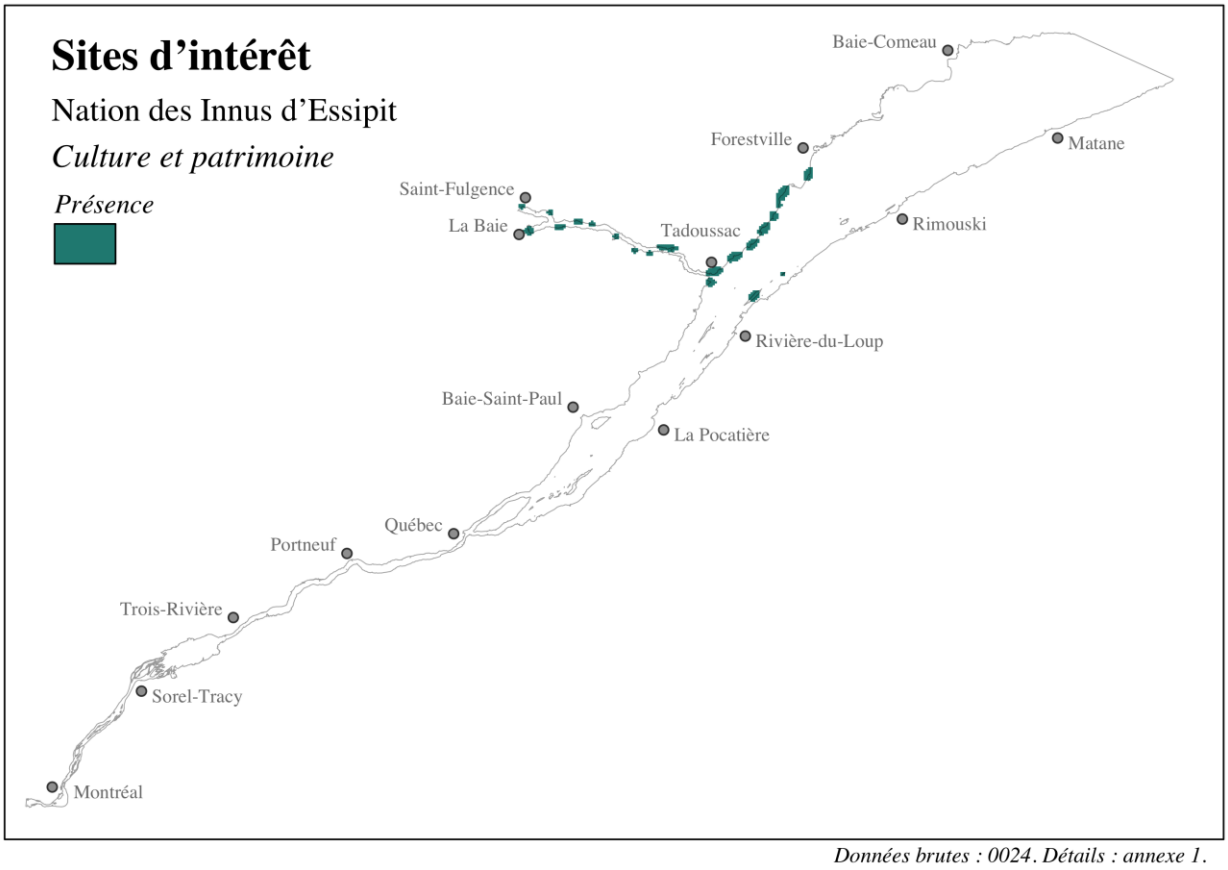


Figure 4.75: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation des Innus d'Essipit - Culture et patrimoine

4.3.5.1.3 Nation Huronne-Wendat

Nous remercions la Nation Huronne-Wendat pour leur participation, ainsi que Maria Rodriguez, Stéphanie B. Nadeau et Mario Gros-Louis pour les échanges et le soutien.

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0055****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les données transmises par la Nation Huronne-Wendat fournissent la localisation de sites d'intérêt principalement dans la portion fluviale du Saint-Laurent et dans une moindre mesure dans l'estuaire du Saint-Laurent (Nation Huronne-Wendat, 2021). Les sites sont composées de neuf thèmes divisées en trois catégories uniques :

- Sites contemporains
    - Activités rituelles ou sociales
    - Chasse
    - Pêche
    - Récolte de végétaux
    - Occupation du territoire
- Sites écologiques
    - Espèces en péril
- Sites patrimoniaux
    - Archéologie
    - Histoire
    - Toponymie

La catégorie d'occupation du territoire regroupe divers types de sites d'intérêt pour la Nation Huronne-Wendat. Une formule générale pour désigner ces sites a été conservée en raison de la sensibilité des données qui y sont incluses. Les thèmes ont été considérés en tant que catégories uniques de composantes valorisées pour l'évaluation des effets cumulatifs. Il est important de noter que les données originales utilisées couvrent un territoire plus large que la zone d'étude de la présente évaluation, mais que ces dernières ont été intersectées et limitées à notre zone d'étude.

4.3.5.1.3.1 Sites contemporains

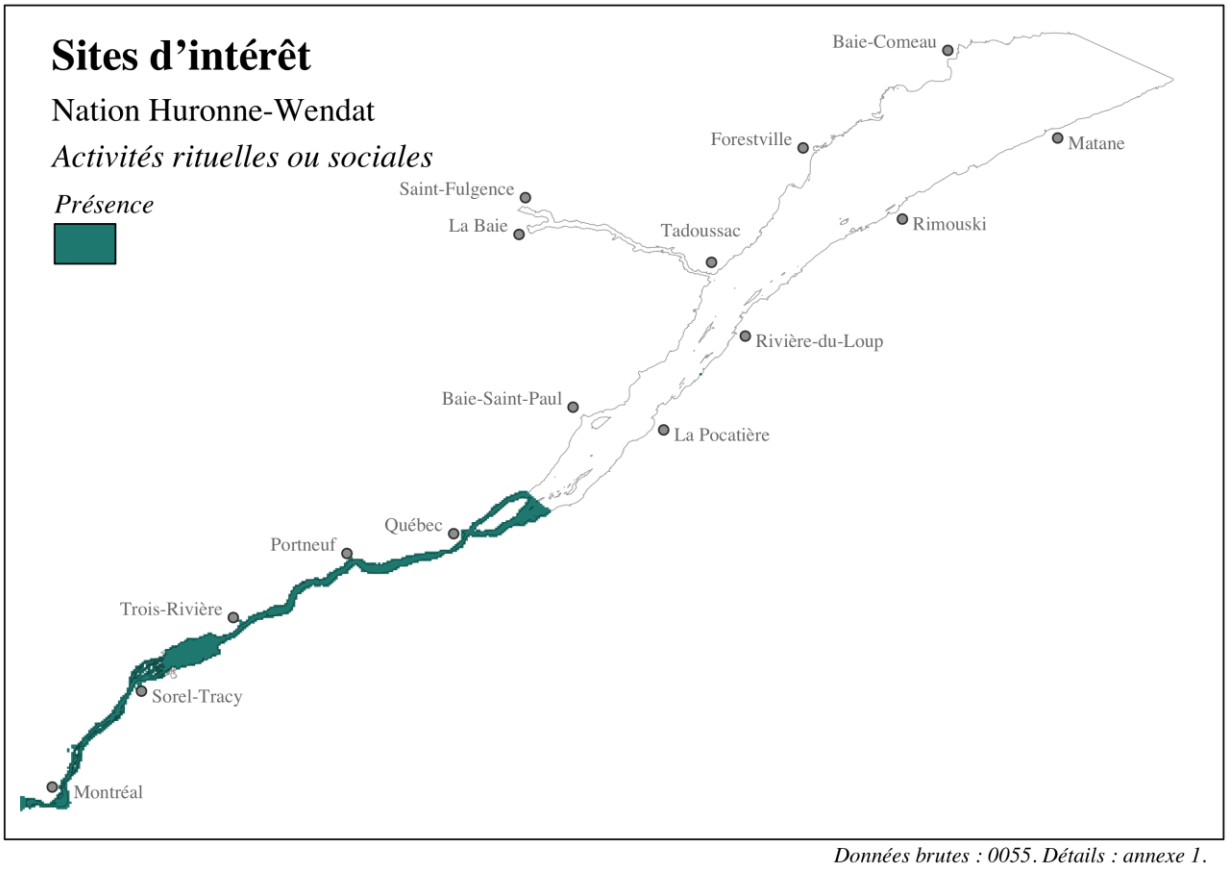


Figure 4.76: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Activités rituelles ou sociales

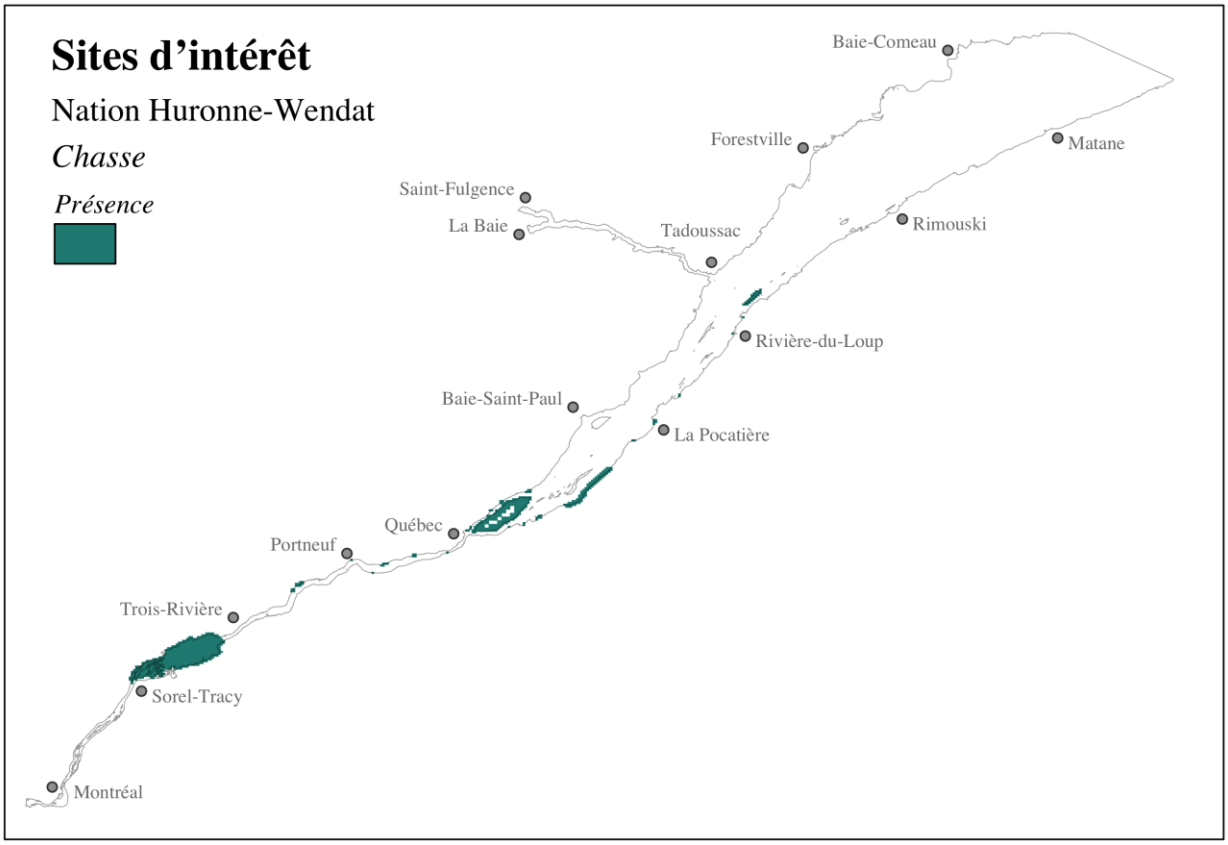


Figure 4.77: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Chasse

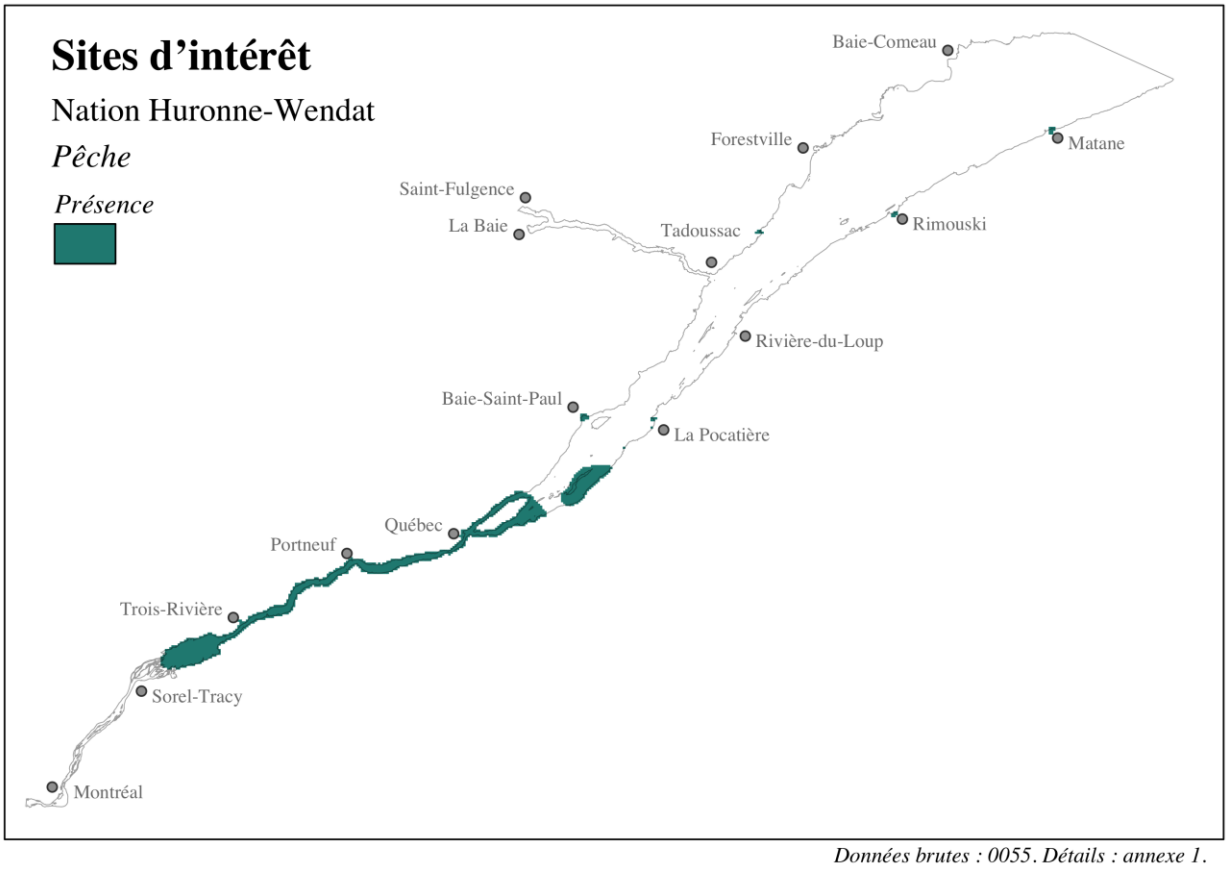


Figure 4.78: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Pêche

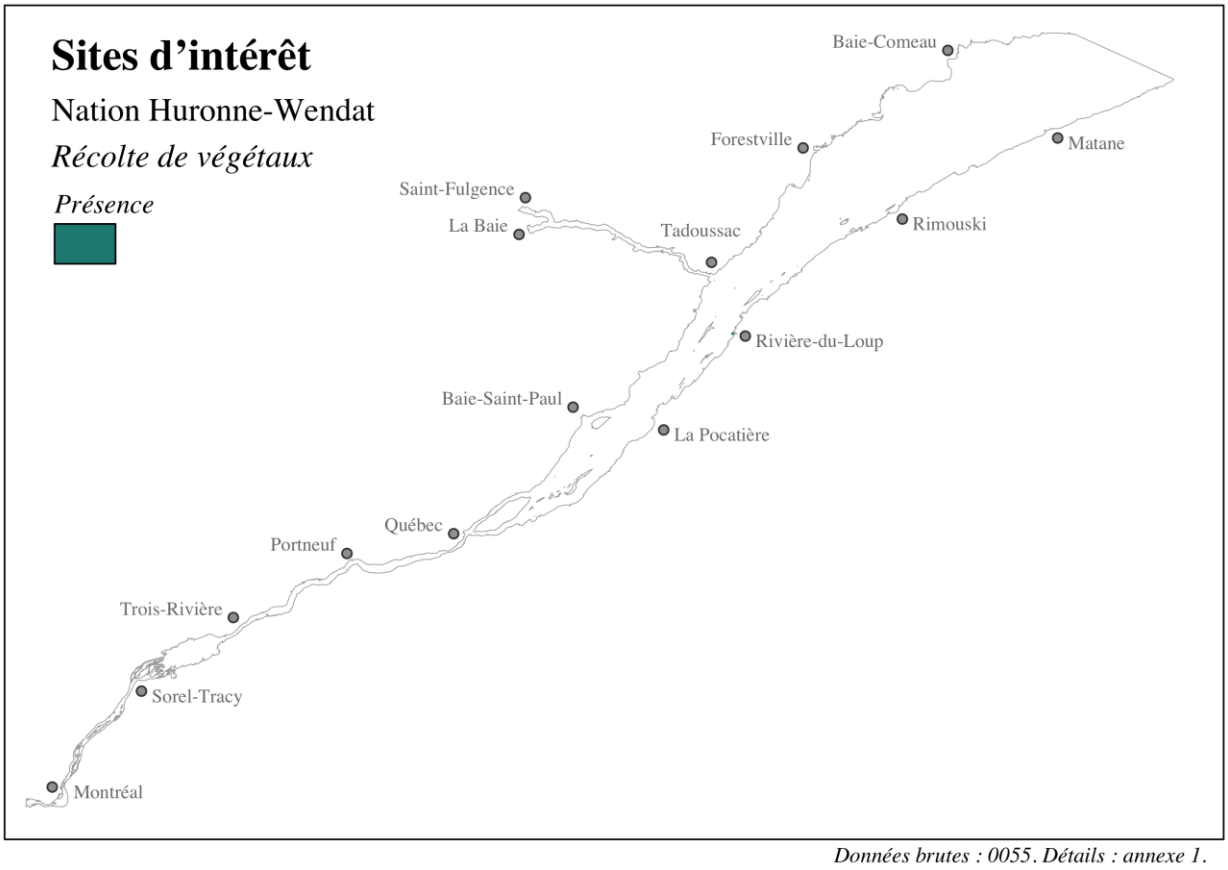


Figure 4.79: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Récolte de végétaux

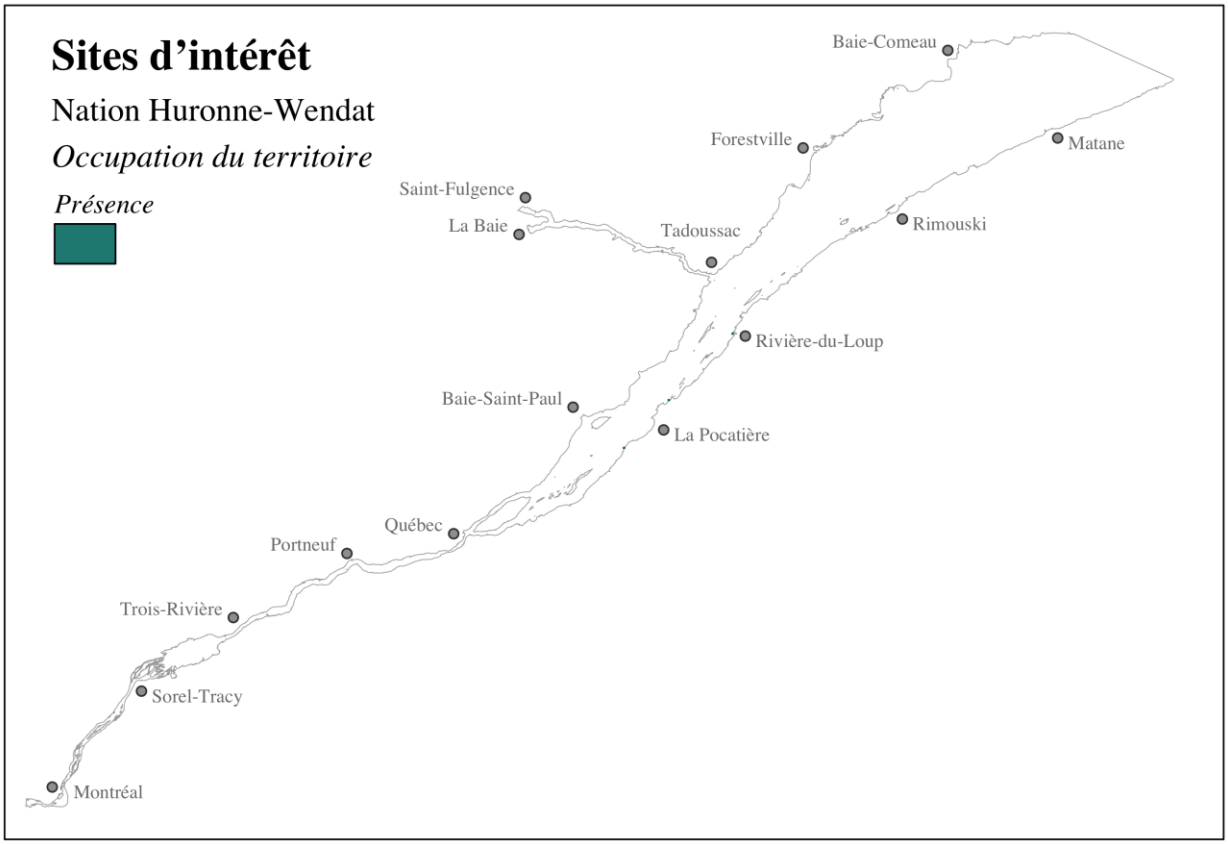


Figure 4.80: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Occupation du territoire

4.3.5.1.3.2 Sites écologiques

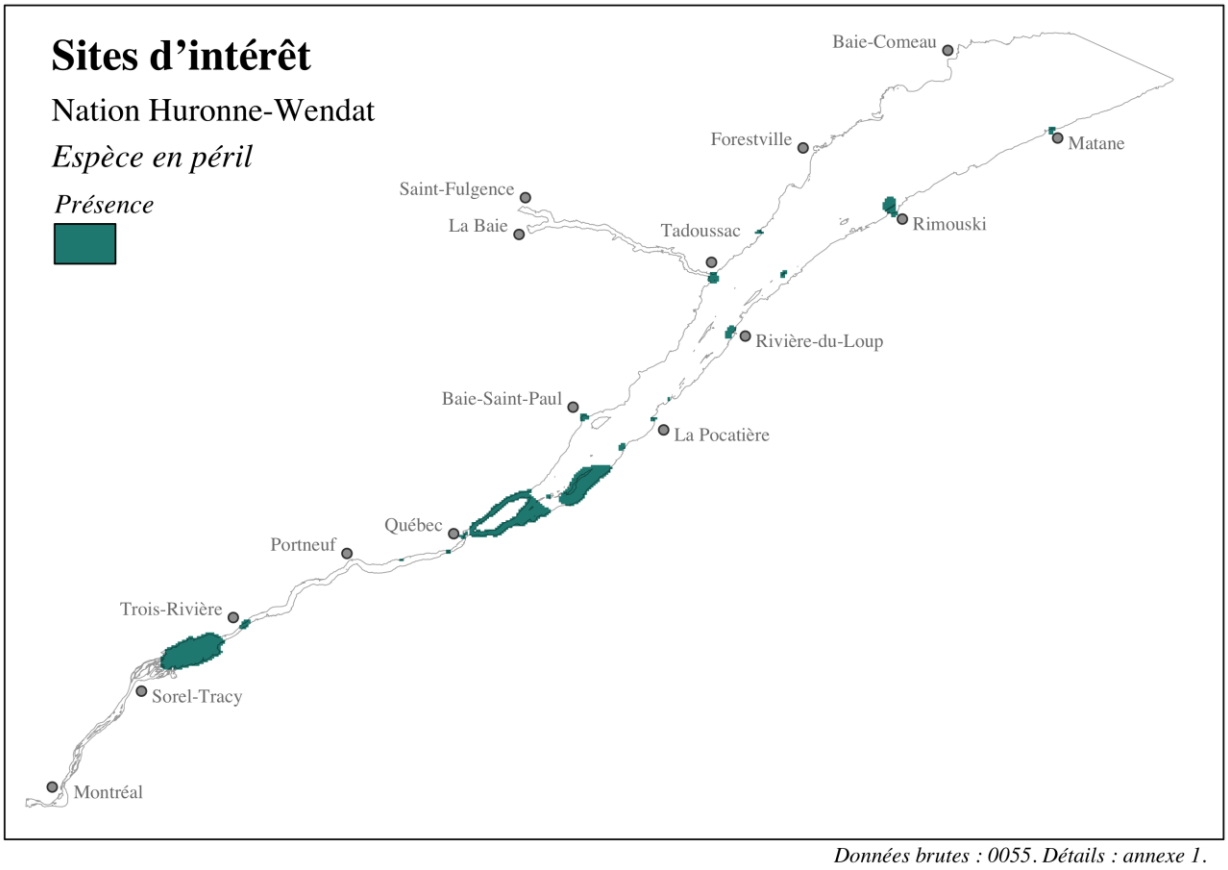


Figure 4.81: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Espèce en péril

4.3.5.1.3.3 Sites patrimoniaux

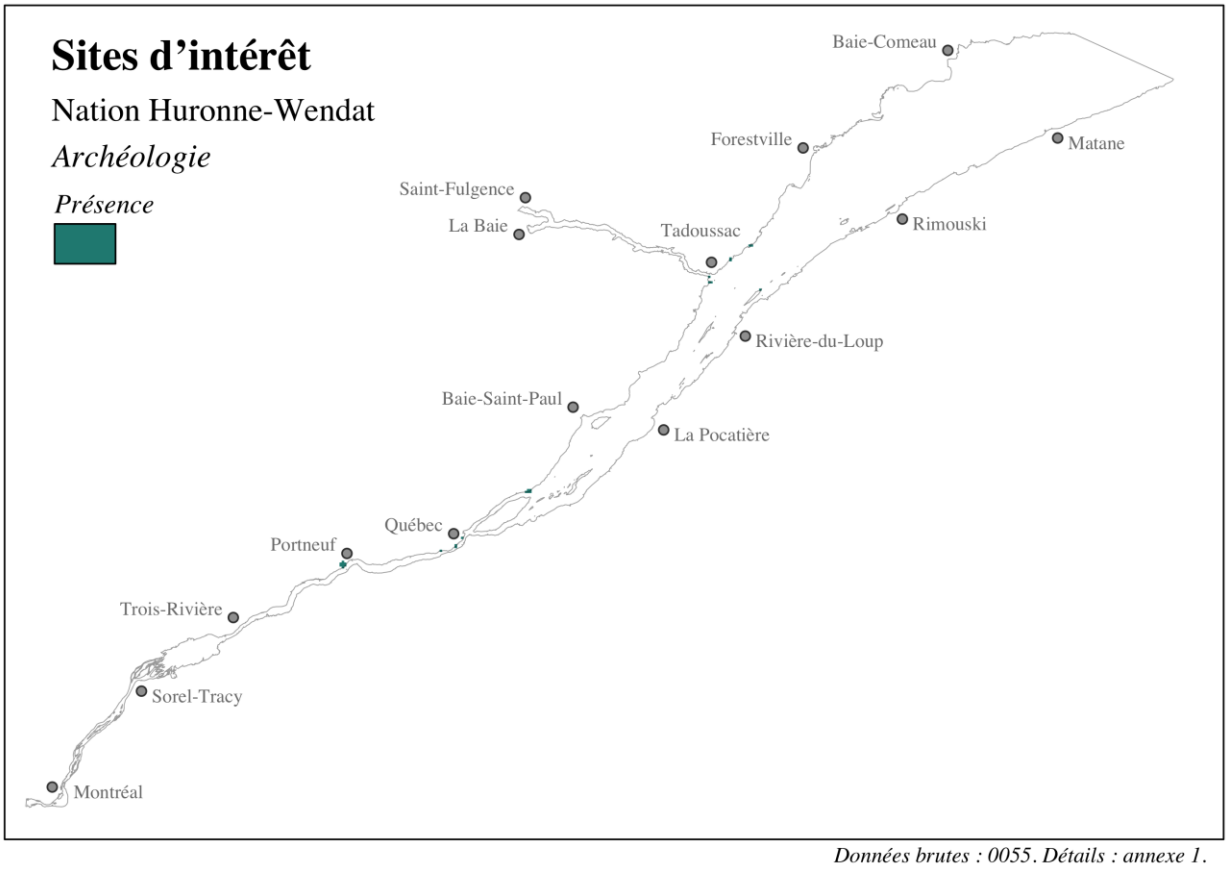


Figure 4.82: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Archéologie

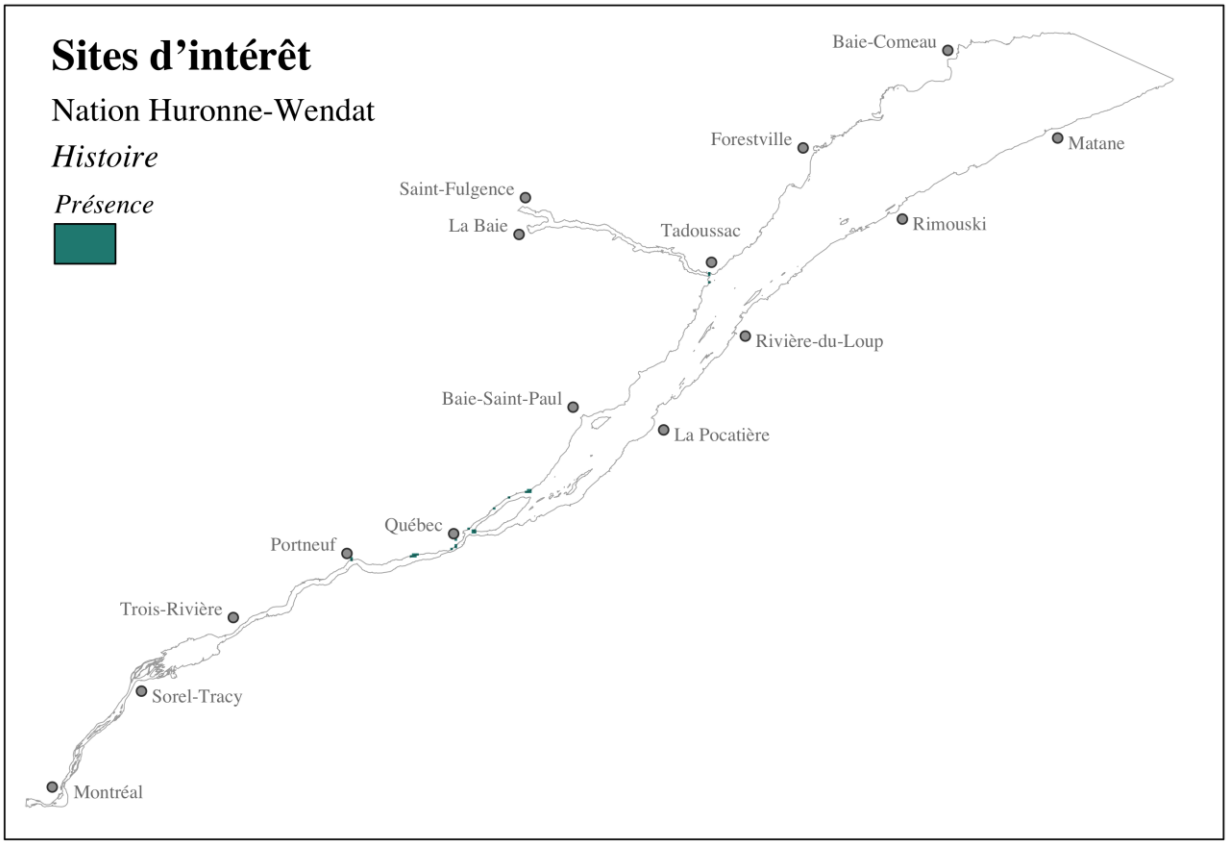


Figure 4.83: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Histoire

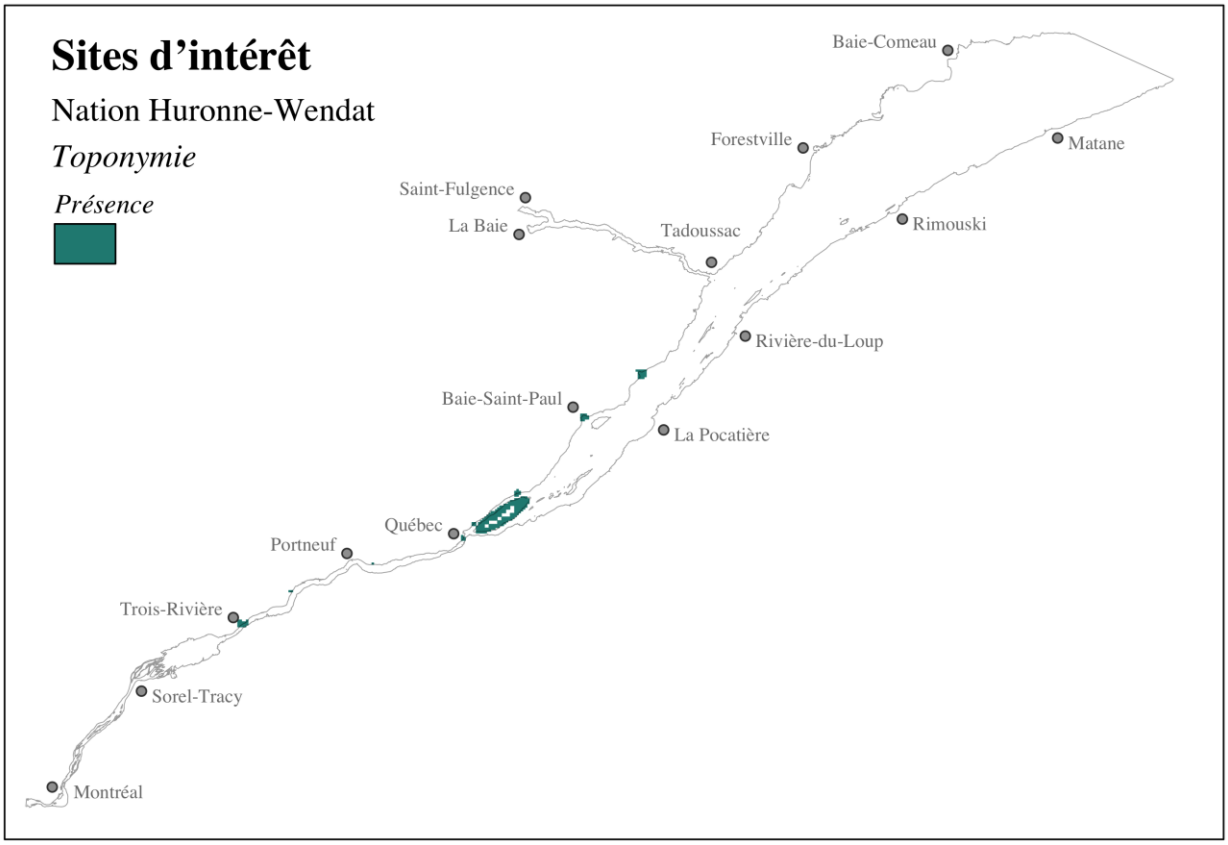


Figure 4.84: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Toponymie

4.3.5.1.4 Nation Mohawk de Kahnawà:ke

Nous remercions la Nation Mohawk de Kahnawà:ke pour leur participation, ainsi que le Comité Consultatif du Conseil Mohawk de Kahnawà:ke pour les échanges et le soutien.

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0032****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les données transmises par la Nation Mohawk de Kahnawà:ke fournissent la localisation de sites d'intérêt dans la portion fluviale du Saint-Laurent dans la région de Montréal et du lac St-Pierre (Mohawk Council of Kahnawà:ke, 2021). Les sites identifiés ciblent principalement les activités de chasse, de pêche et de récolte de végétaux visant une variété d'espèces importantes, des sites culturels, et l'utilisation de certaines portions du territoire par la Nation. Ces derniers peuvent être divisés en sept catégories :

- Activités
    - Chasse à la sauvagine
    - Pêche en eau libre
    - Pêche de rivage
    - Récolte de végétation
- Sites d'importance
    - Culture et patrimoine
- Utilisation du territoire
    - Seigneurie du Sault-Saint-Louis
    - Navigation

Les sites composant ces huit catégories ont été utilisés pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes. Il est important de noter que les données originales utilisées couvrent un territoire plus large que la zone d'étude de la présente évaluation, mais que ces dernières ont été intersectées et limitées à notre zone d'étude.

Un clause accompagne les données partagées, que nous nous permettons de retranscrire en son intégralité en anglais :

The Mohawk Council of Kahnawà:ke (MCK) has gathered some information from community members concerning the value and use of the St. Lawrence River in the vicinity of Kahnawà:ke. These comments have been organized according to the valued components identified for the fluvial section of the river through the Cumulative Effects of Marine Shipping by the Transport Canada team in collaboration with project partners. Therefore, the information provided is based on a limited consultation of community members, with the intent of responding to the specific parameters of this Transport Canada study only and should not be interpreted as a comprehensive study of Mohawk

traditional land use or rights throughout the study area. The information provided should also not be used to replace engagement, including the gathering of traditional land use information within the context of any other future study or project. In addition, our participation in this study is without prejudice to the exercise of our jurisdictional rights to our traditional territory to which our stewardship rights and responsibilities apply and that are based on the application of a broader ecosystem-based approach. Therefore, the identification of specific areas of concern or value, including the identification of specific fish species or archaeological sites of interest is to be understood within the context of these broader rights and responsibilities.

Bien que des données aient été fournies par la Nation Mohawk de Kahnawà:ke et qu'elles ont été intégrées à l'évaluation des effets cumulatifs, il a été demandé de ne pas présenter de cartes des sites identifiés. Pour de plus amples informations, veuillez contacter le *Mohawk Council of Kahnawà:ke*. La requête originale pour le retrait des figures est la suivante:

The Mohawk Council of Kahnawà:ke provided information concerning some known sites of interest related to the activities mentioned above. These data were incorporated into the cumulative effects assessment however it was requested that the delineation of these areas not be shown within this report. For further information on this data, please contact the Mohawk Council of Kahnawà:ke

4.3.5.1.5 Nation W8banaki

Nous remercions la Nation W8banaki pour leur participation, ainsi que le Grand Conseil de la Nation Waban-Aki, Edgar Blanchet, Hadrien Bois et David Bernard pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0066, 0067, 0068****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Dans le cadre de ce projet pilote, le Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (GCNWA) a procédé à l'intégration d'informations spatialisée et non-spatialisées provenant d'entretiens semi-dirigés individuels ou en petits groupes sur l'utilisation du territoire précédemment effectuées auprès de membres de la Nation. Ces études regroupent un échantillon de 33 répondant pour 74 entretiens. La cartographie est accompagnée d'informations qualitatives provenant principalement de 1) deux ateliers de type "groupe d'expression" tenus en 2016, des entretiens d'ateliers tenus entre 2019 et 2020 avec des femmes de la Nation, et 3) des analyses d'évaluation des effets de projets d'agrandissements portuaires sur les droits ancestraux de la Nation. Ce travail d'intégration a mené à la production d'un rapport présentant les préoccupations connues de certains membres de la Nation quant aux pressions environnementales exercées au sein de leur territoire et touchant les composantes valorisées couvertes par notre évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes (Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (GCNWA), 2021).

Les données transmises par le GCNWA fournissent la localisation de sites d'intérêt principalement dans la dans la portion fluviale du Saint-Laurent (Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (GCNWA), 2021). Les sites identifiés sont divisée en 13 catégories distinctes :

- Utilisation et occupation contemporaine du territoire
    - Pêche (*e.g.* perchaude, dorés, esturgeons)
    - Chasse aux oiseaux migrateurs (*e.g.* oie blanche, bernache du Canada)
    - Chasse au gibier (*e.g.* cerf de Virginie, gélinotte huppée)
    - Trappe d'animaux à fourrure (*e.g.* rat musqué, lièvre d'Amérique)
    - Cueillette et collecte de végétaux (*e.g.* quenouille, tête de violon)
    - Navigation

    - Site de coucher (*e.g.* campements)
    - Sites essentiels (*e.g.* sites d'appâtage, site d'appel)
    - Zones d'activités (*e.g.* zone de chasse, zone de trappe)
    - Problèmes liés au territoire (*e.g.* site dont l'accès a été perdu)
- Sites patrimoniaux, culturels et archéologiques
    - Sites culturels (*e.g.* site de rassemblement, lieu sacré ou rituel)
    - Sites archéologiques
    - Sites à potentiel archéologique

Ces catégories de sites d'intérêts sont utilisées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d'étude. Il est important de noter que les données originales utilisées couvrent un territoire plus large que la zone d'étude de la présente évaluation, mais que ces dernières ont été intersectées et limitées à notre zone d'étude.

4.3.5.1.5.1 Utilisation et occupation contemporaine du territoire

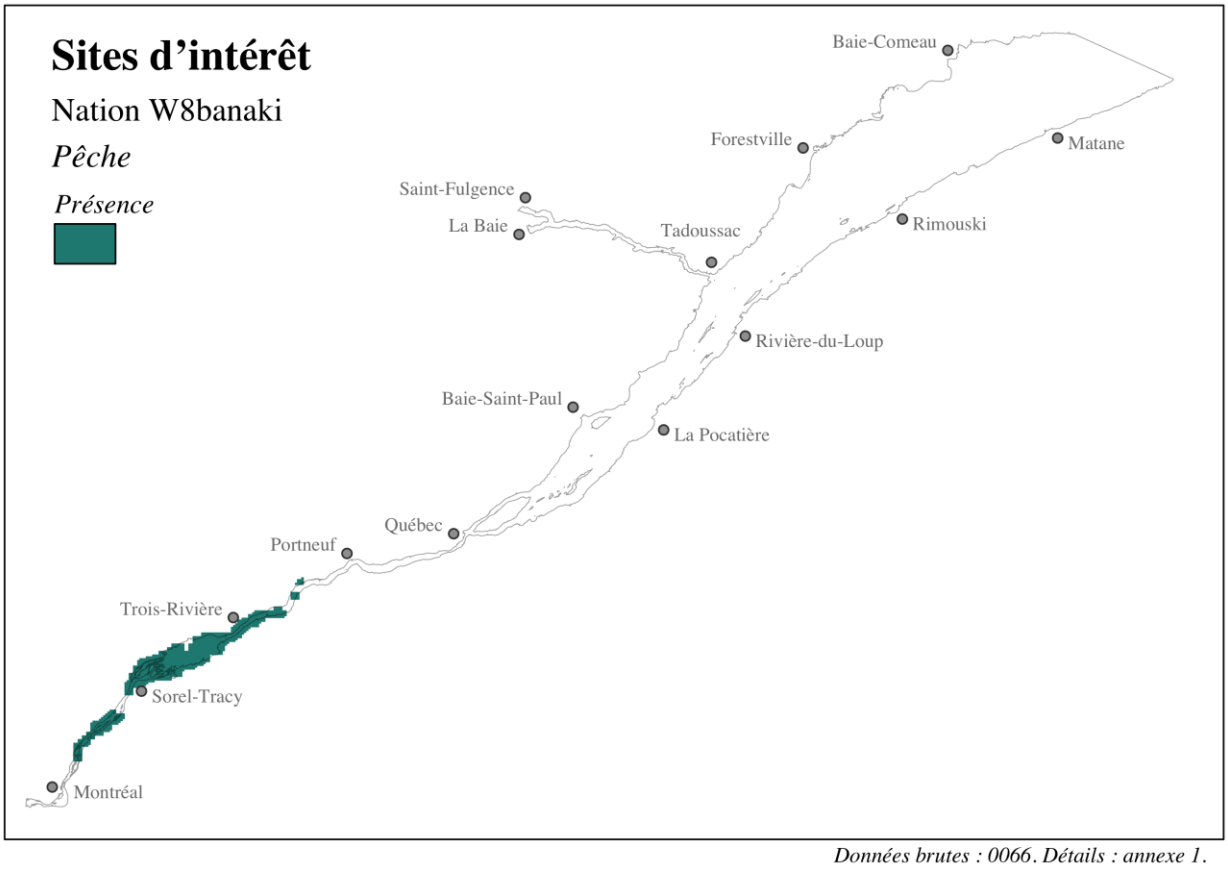


Figure 4.85: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Pêche

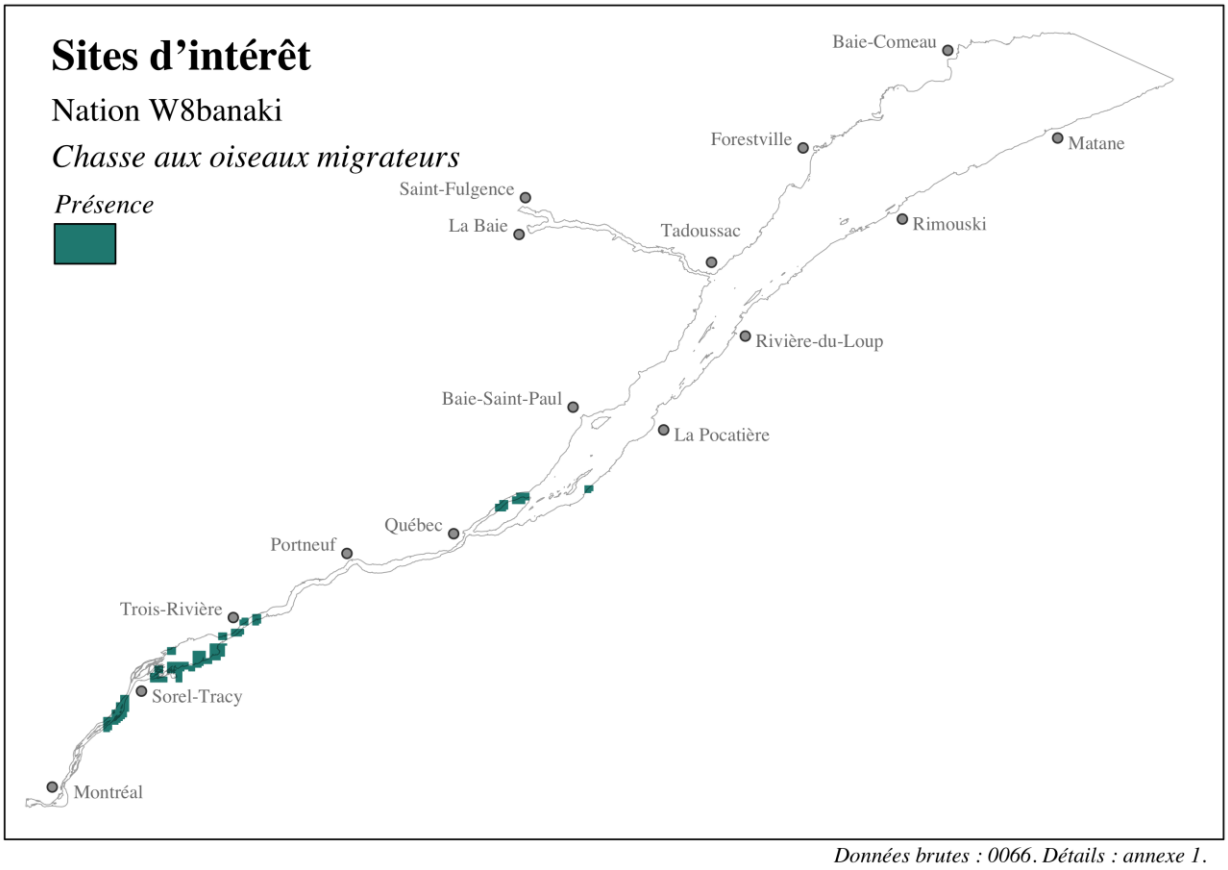


Figure 4.86: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Chasse aux oiseaux migrateurs

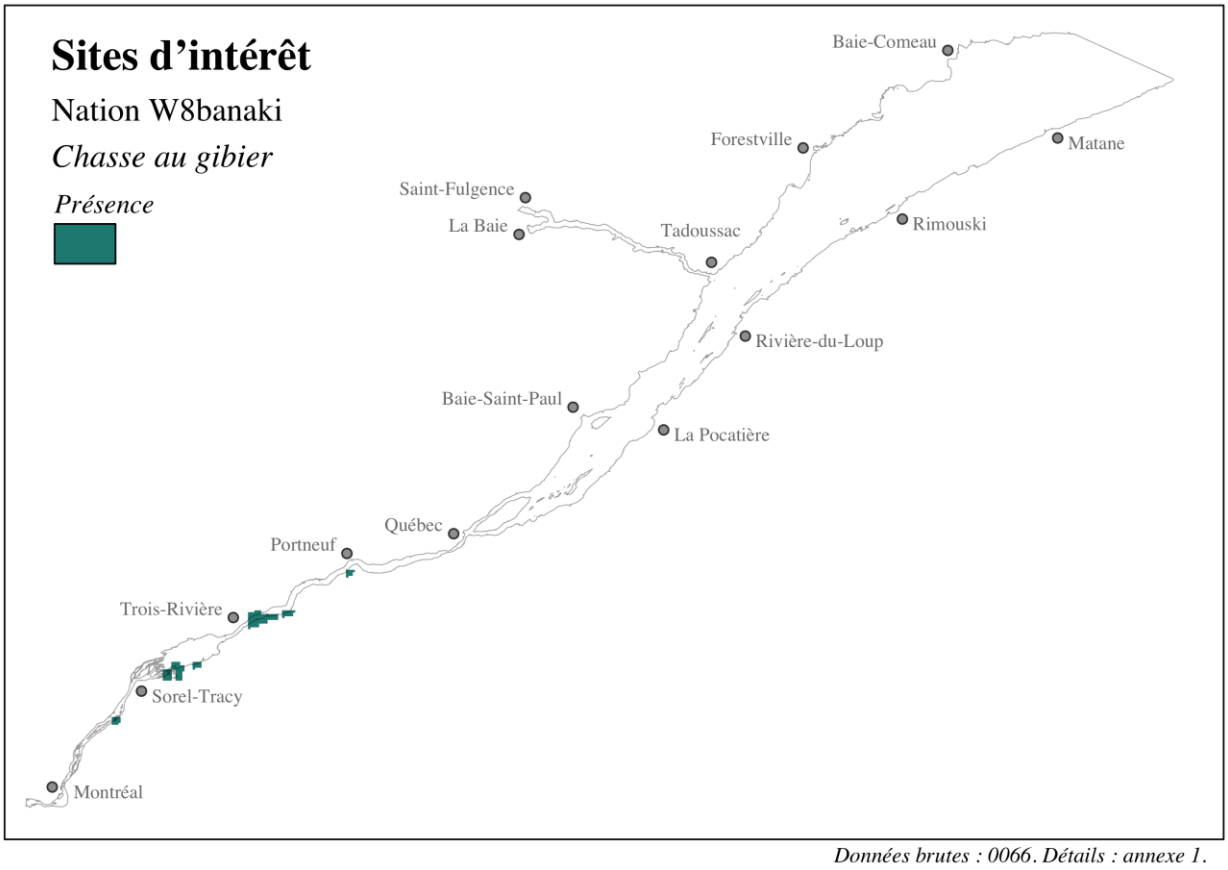


Figure 4.87: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Chasse au gibier

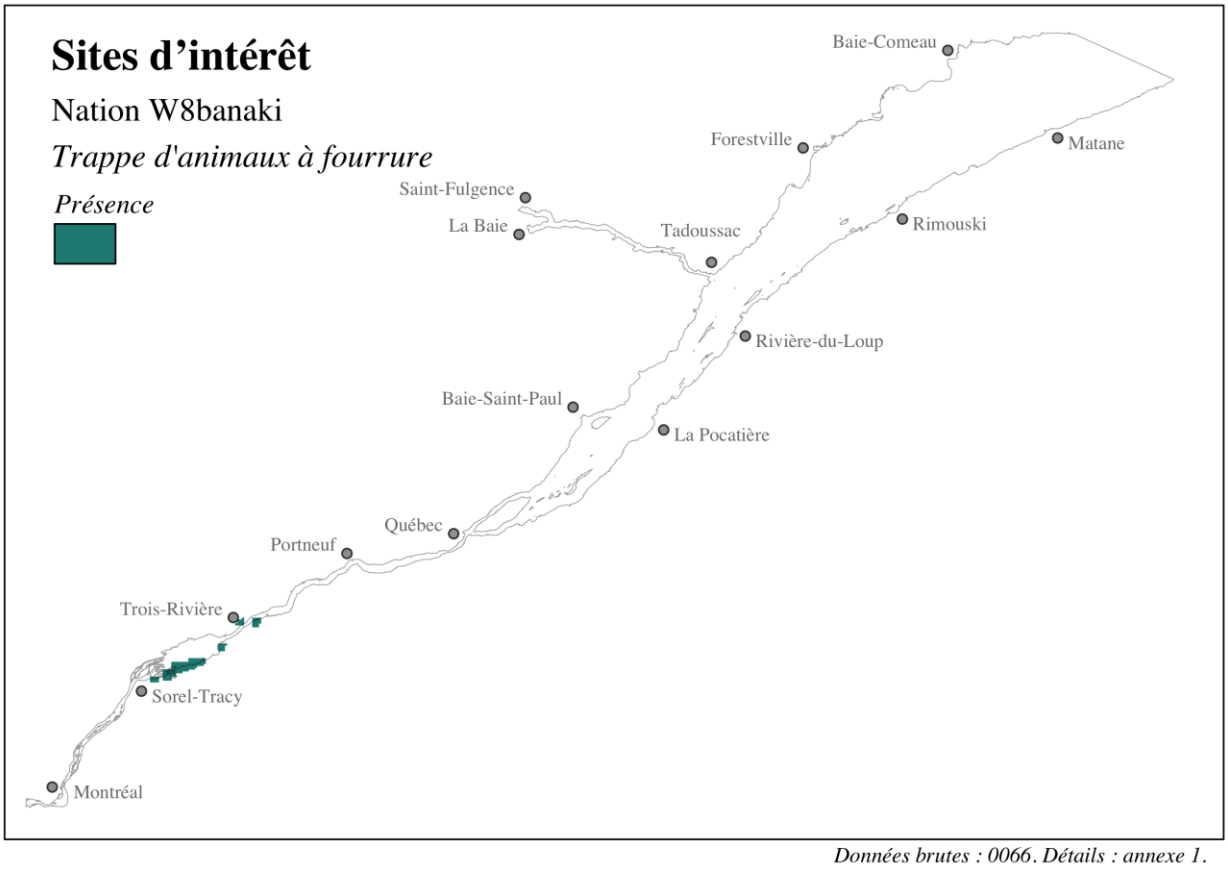


Figure 4.88: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Trappe d'animaux à fourrure

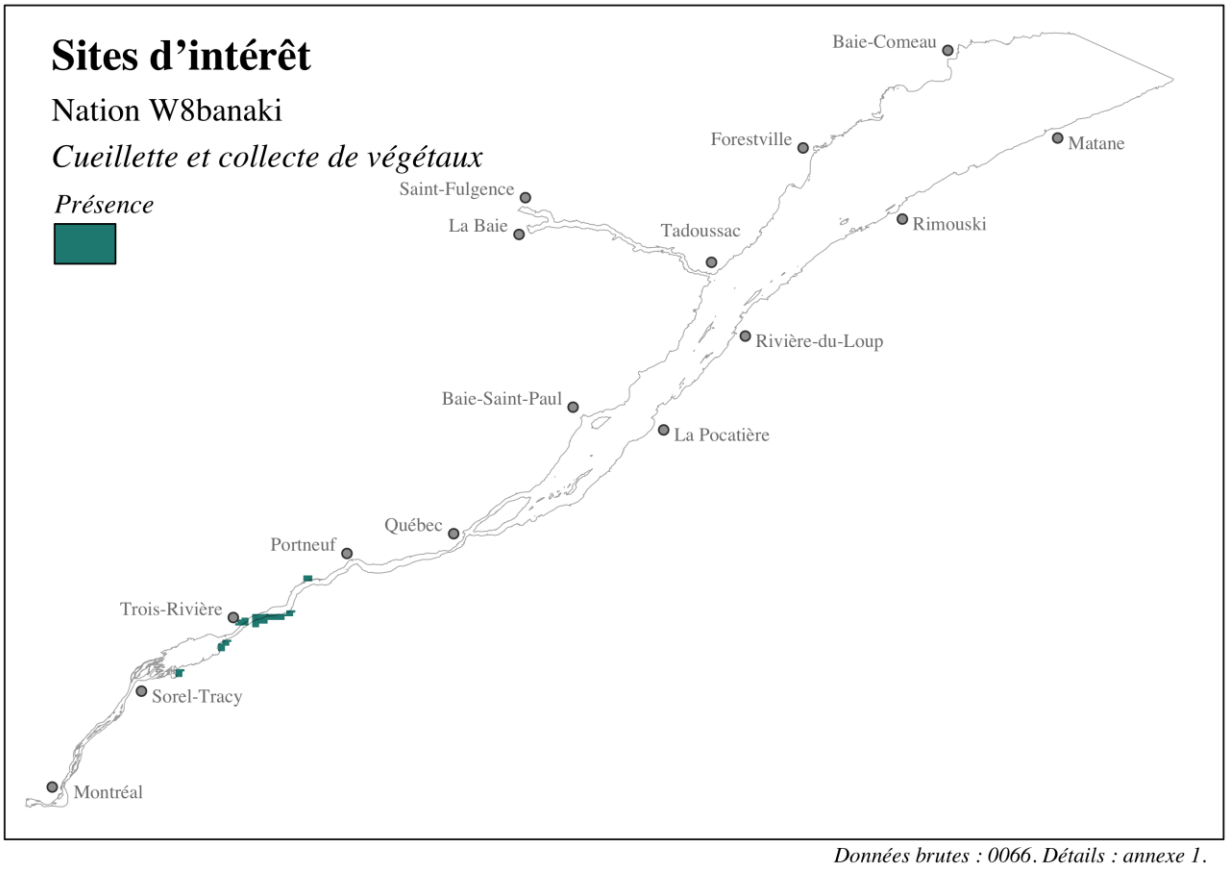


Figure 4.89: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Cueillette et collecte de végétaux

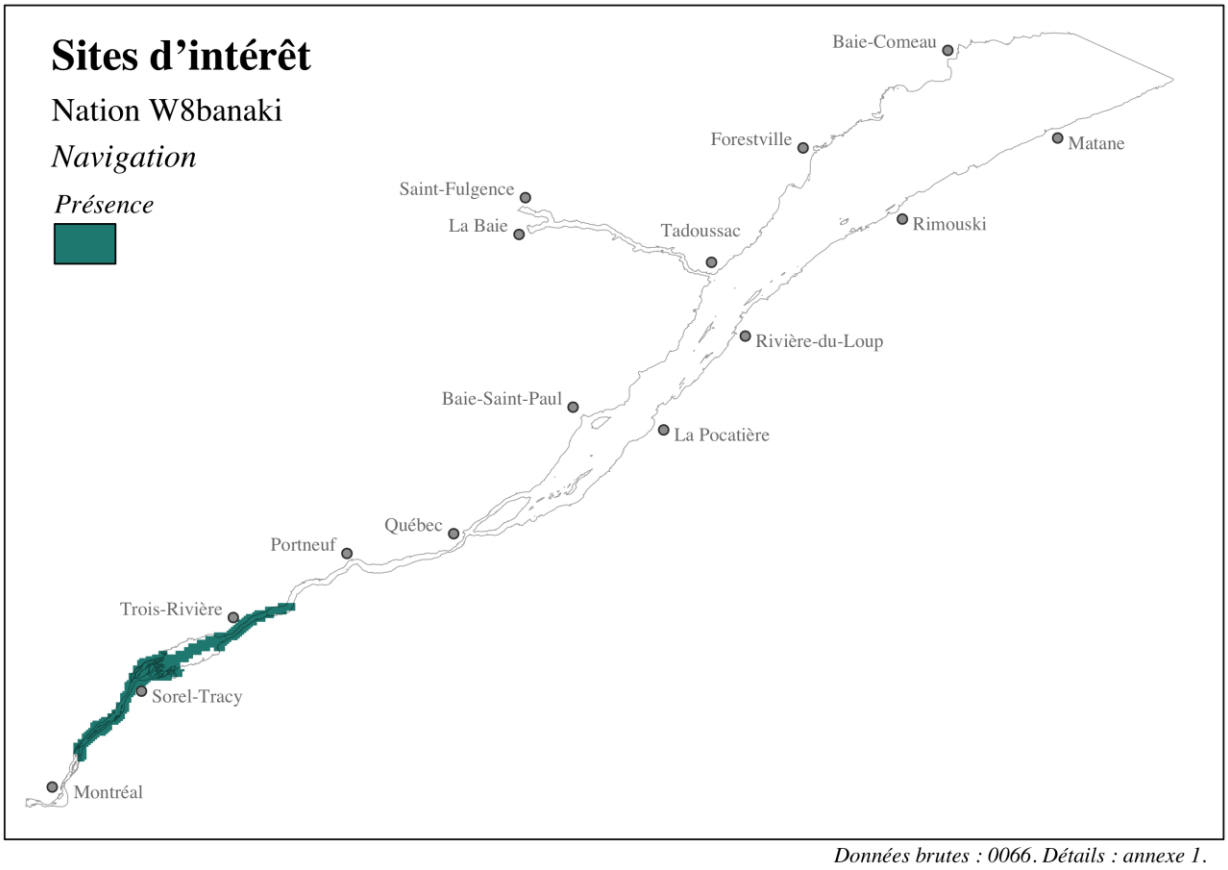


Figure 4.90: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Navigation

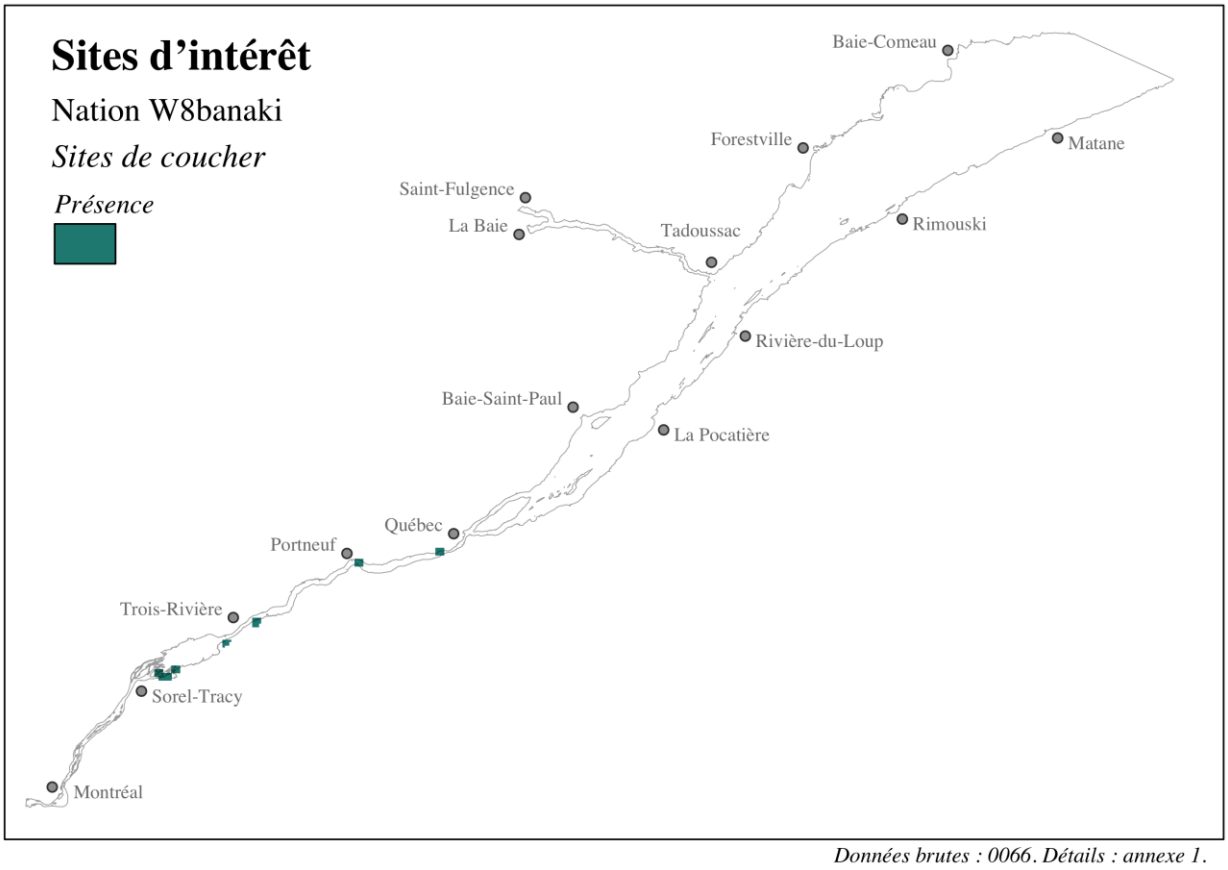


Figure 4.91: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Sites de coucher

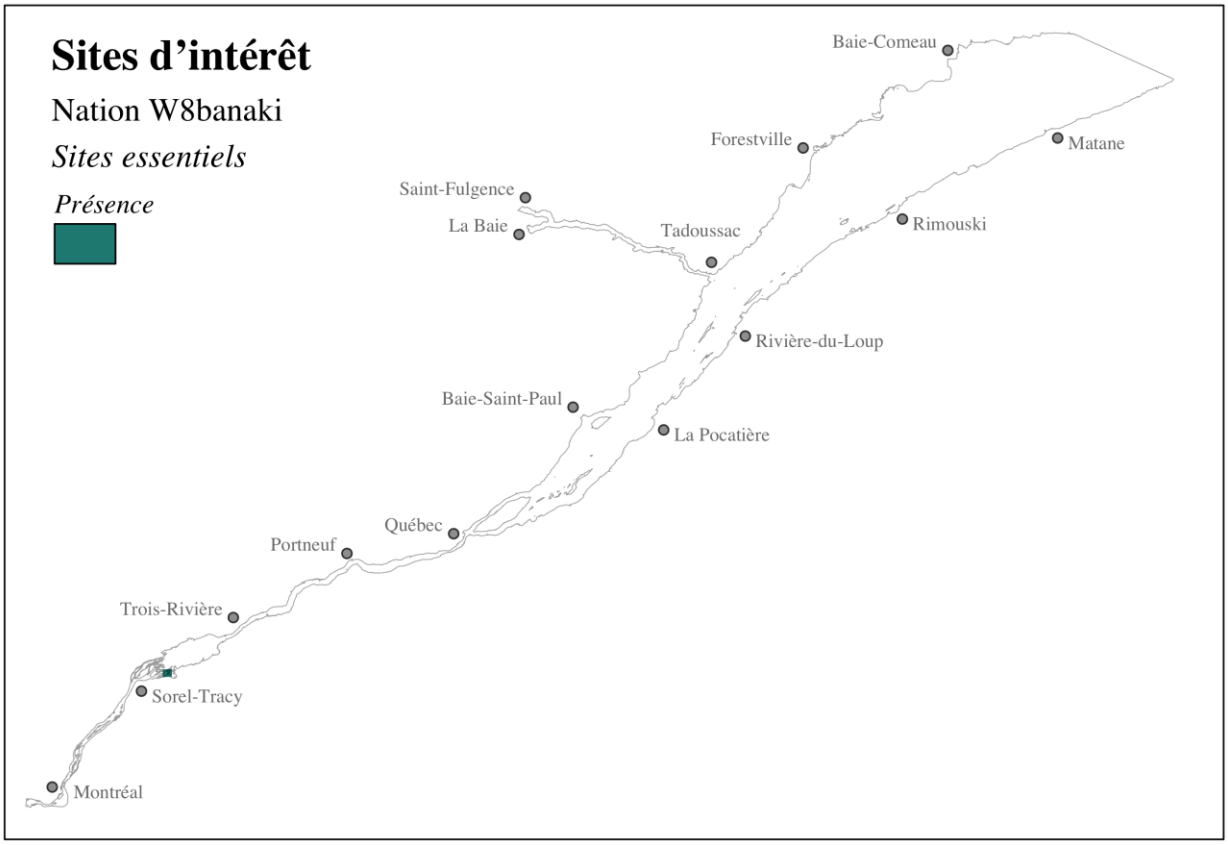


Figure 4.92: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Sites essentiels

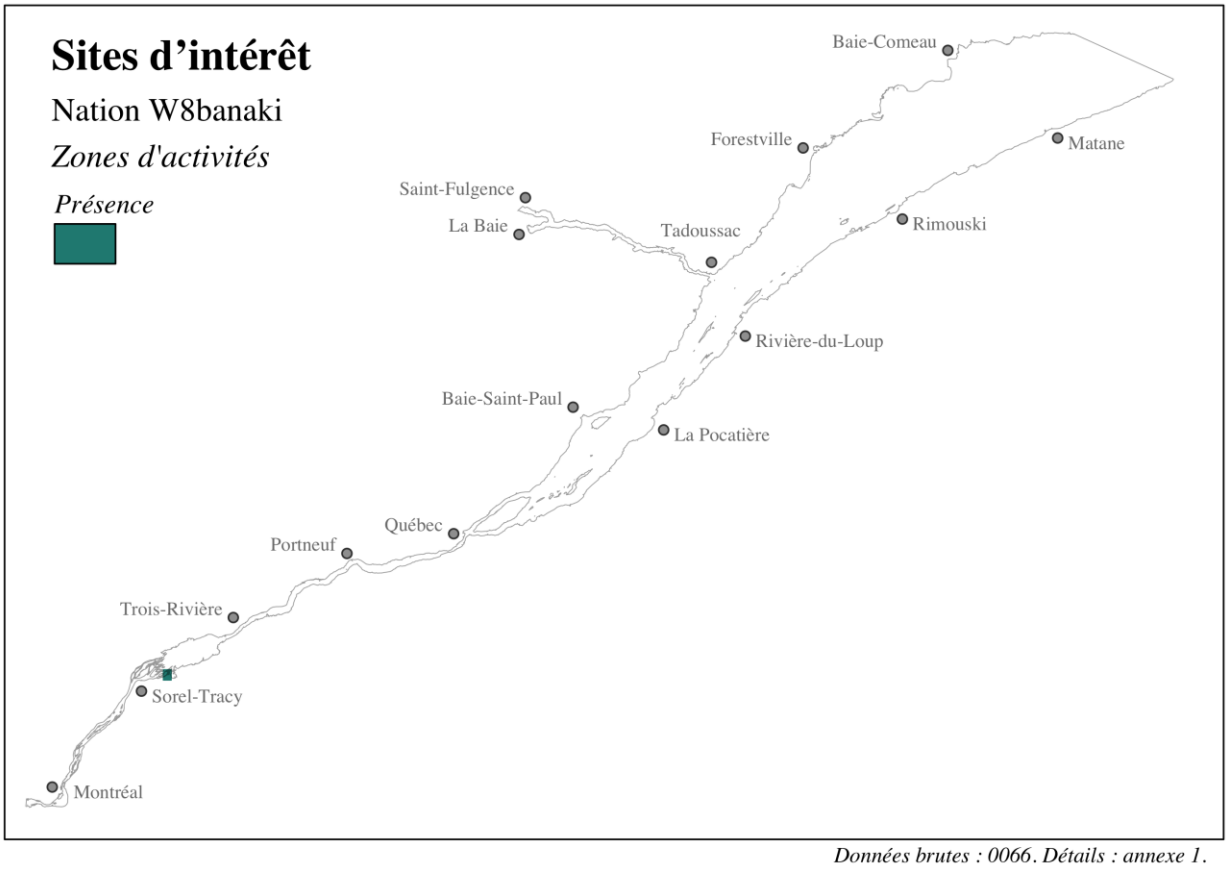


Figure 4.93: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Zones d'activités

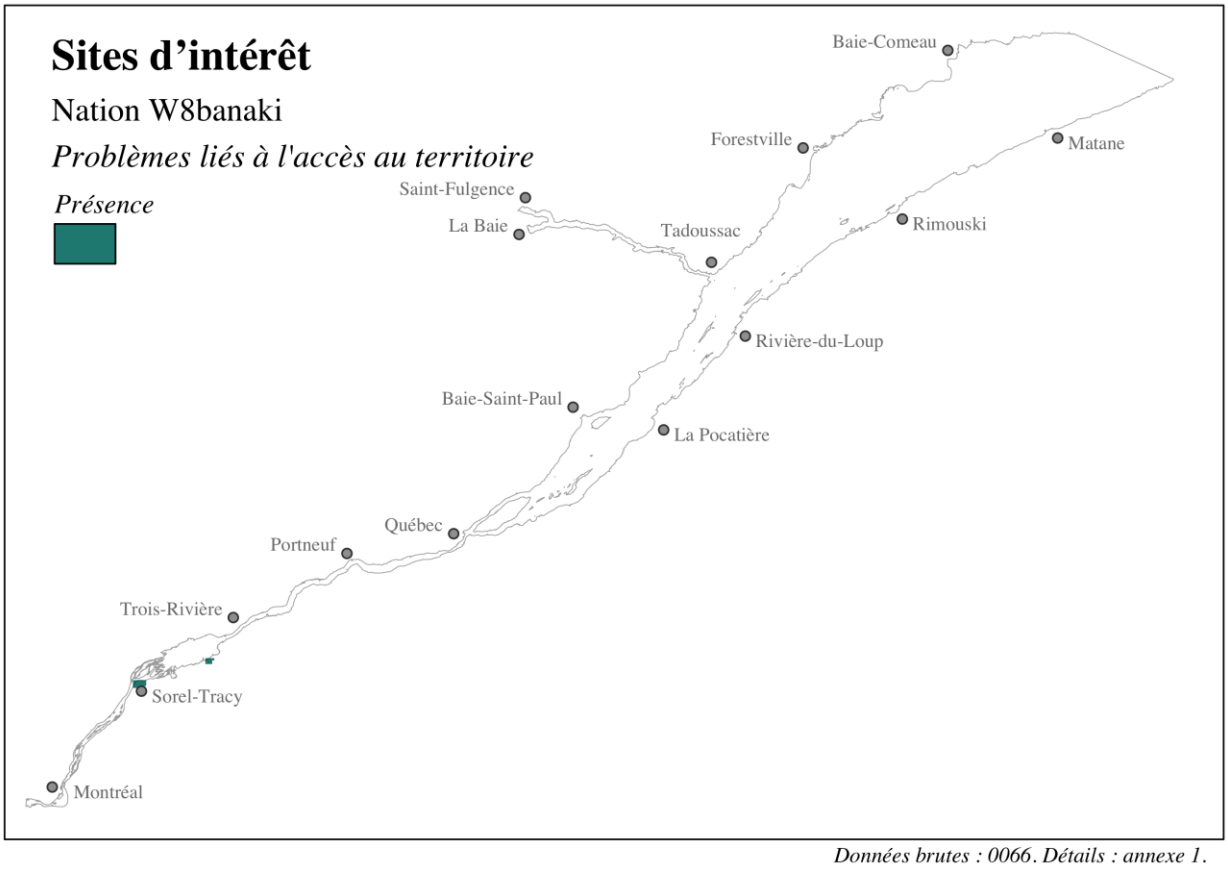


Figure 4.94: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Problèmes liés à l'accès au territoire

4.3.5.1.5.2 Sites patrimoniaux, culturels et archéologiques

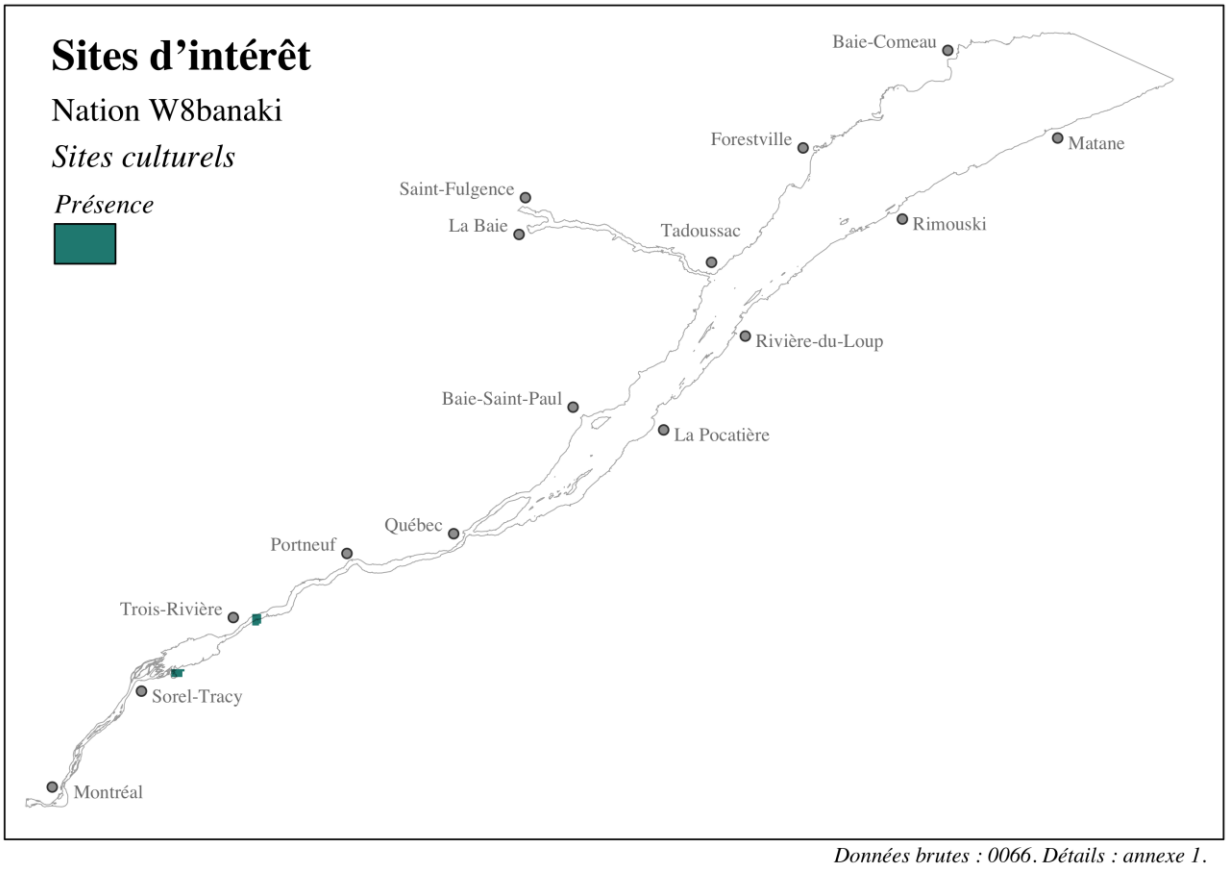


Figure 4.95: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Sites culturels

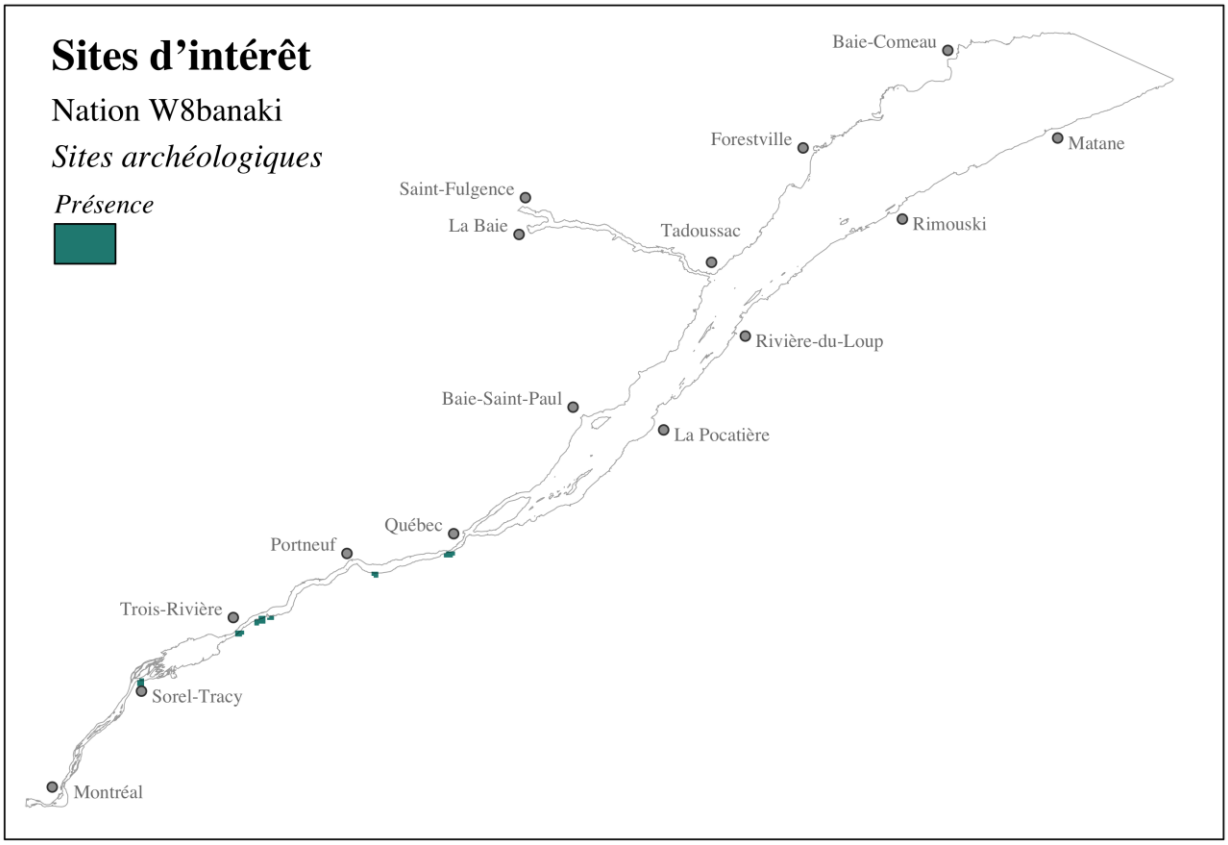


Figure 4.96: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Sites archéologiques

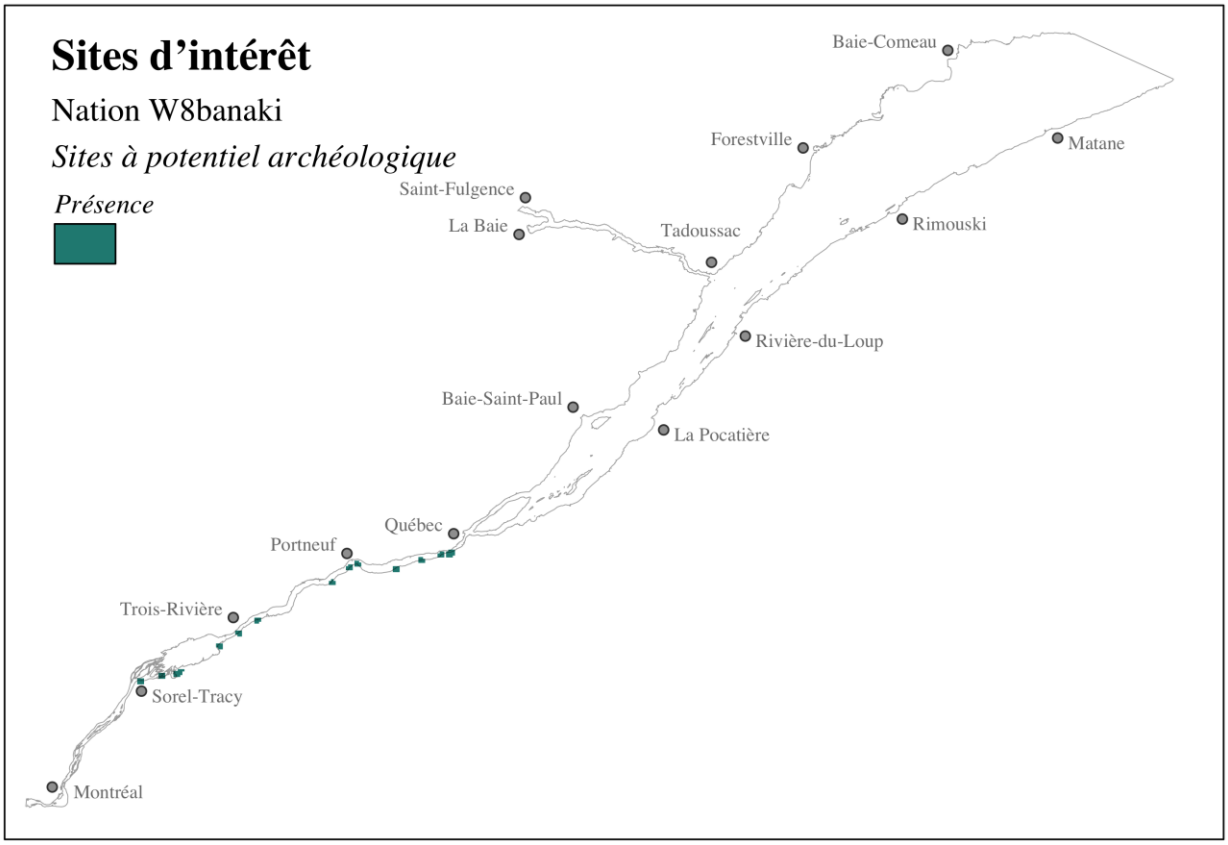


Figure 4.97: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation W8banaki - Sites à potentiel archéologique

4.3.5.1.6 Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk

Nous remercions la Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk pour leur participation, ainsi que David Poissant pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0022, 0025, 0072****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Nous utilisons des données qui nous ont été transmises par des représentants de la Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk pour caractériser des sites d'importances pour la pêche commerciale au homard [*Homarus americanus*; Wahsipekuk (2021a)]. Ces données identifient des milieux jugés importants pour la pêche sur la rive sud du Saint-Laurent. Ces données ont été complétées avec les données de de l'AGHAMM (voir section 4.3.5.1.1) sur les pêche commerciales au buccin (*Buccinum* sp.), le concombre de mer (*Holothurie* sp.), le crabe commun (*Cancer irroratus*), le crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*), la crevette nordique (*Pandalus* sp.), le flétan Atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*), le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*), le homard (*Homarus americanus*) et l'oursin (*Strongylocentrotus* sp.) dans l'estuaire du Saint-Laurent (Arsenault et al., 2017; Racine and Arsenault, 2017).

Deux sites d'intérêt pour l'observation du béluga et pour le développement portuaire sont également considérés en tant que sites d'intérêt pour la Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk (Wahsipekuk, 2022). Il est toutefois important de noter que malgré l'inclusion de sites d'intérêt pour la Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk, un processus collaboratif semblable à celui effectué avec les autres Nations n'a pu être mis en place. Les données socio-culturelles de la Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk n'ont ainsi pu être incluses au sein de notre évaluation.

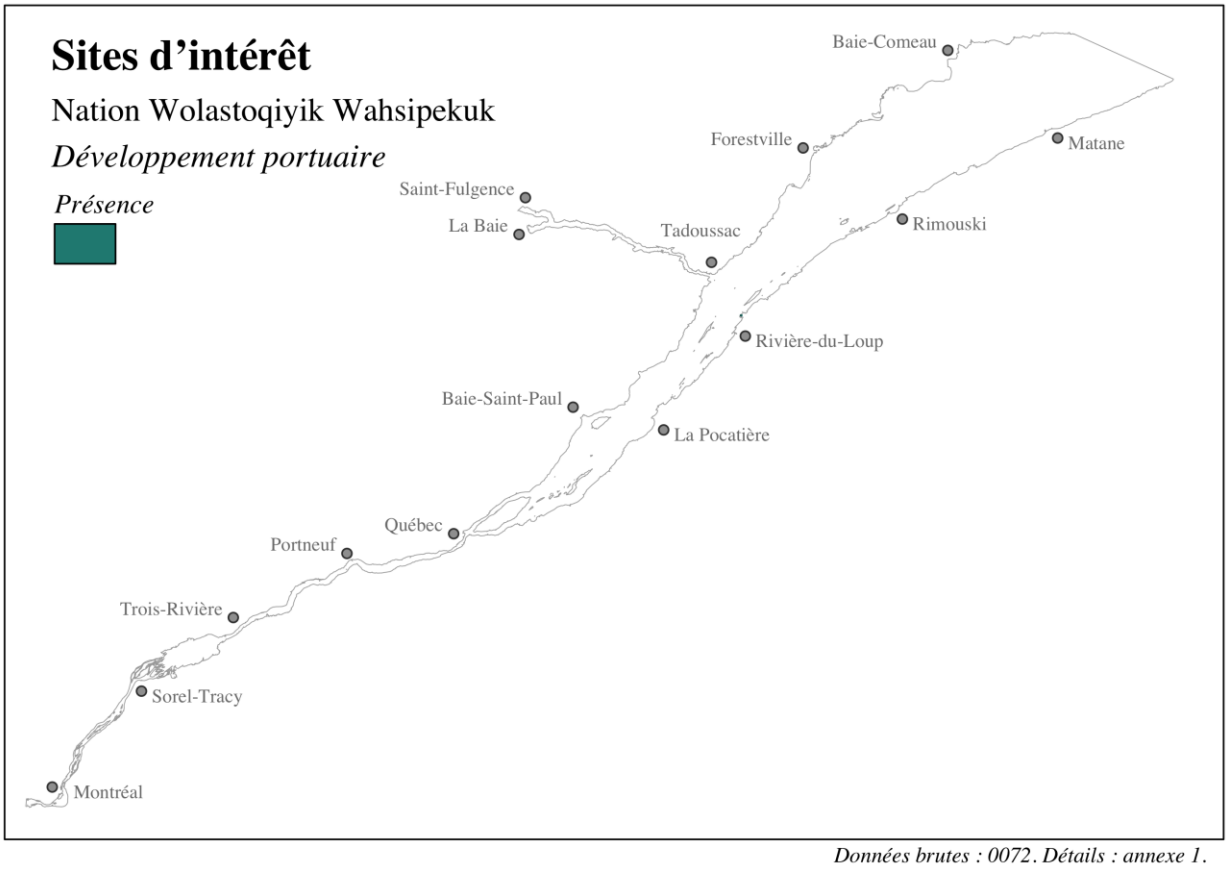


Figure 4.98: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk - Développement portuaire

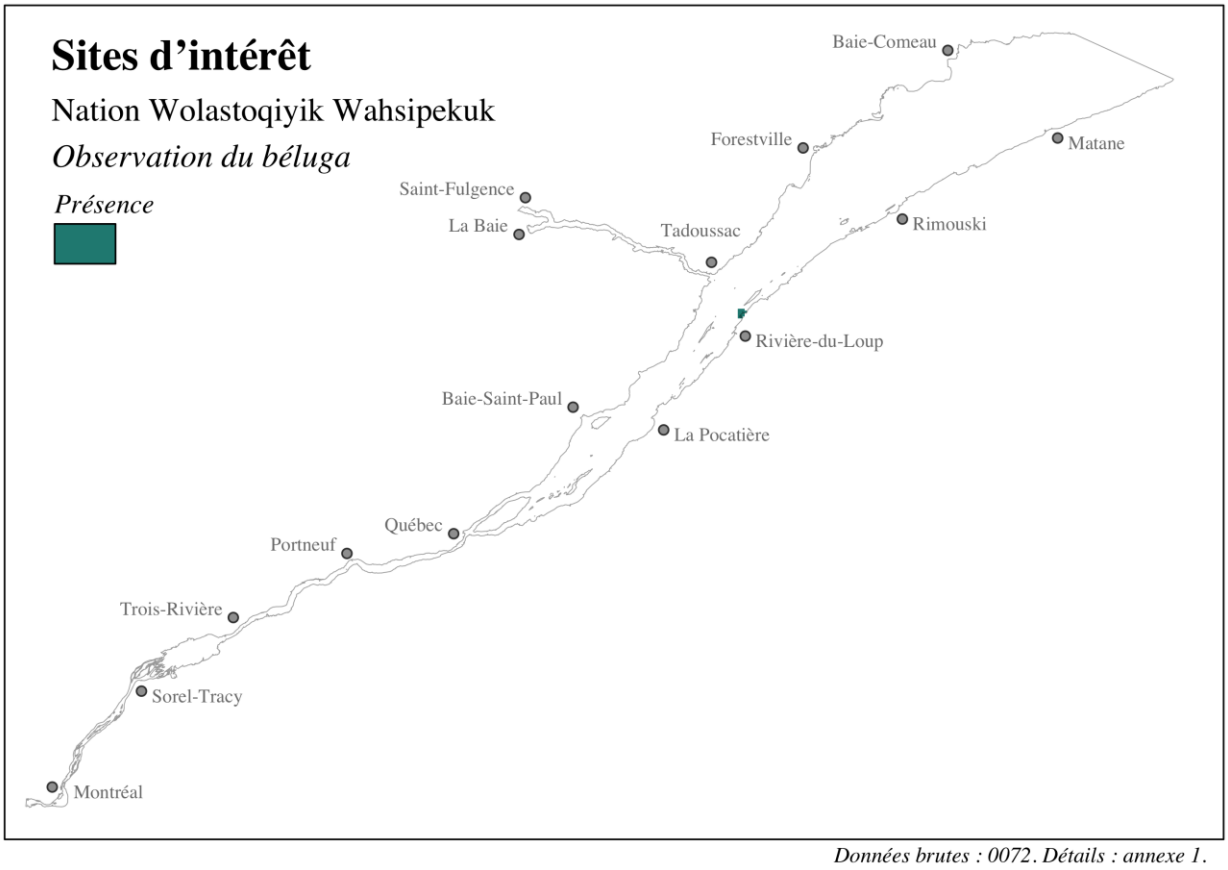


Figure 4.99: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk - Observation du béluga

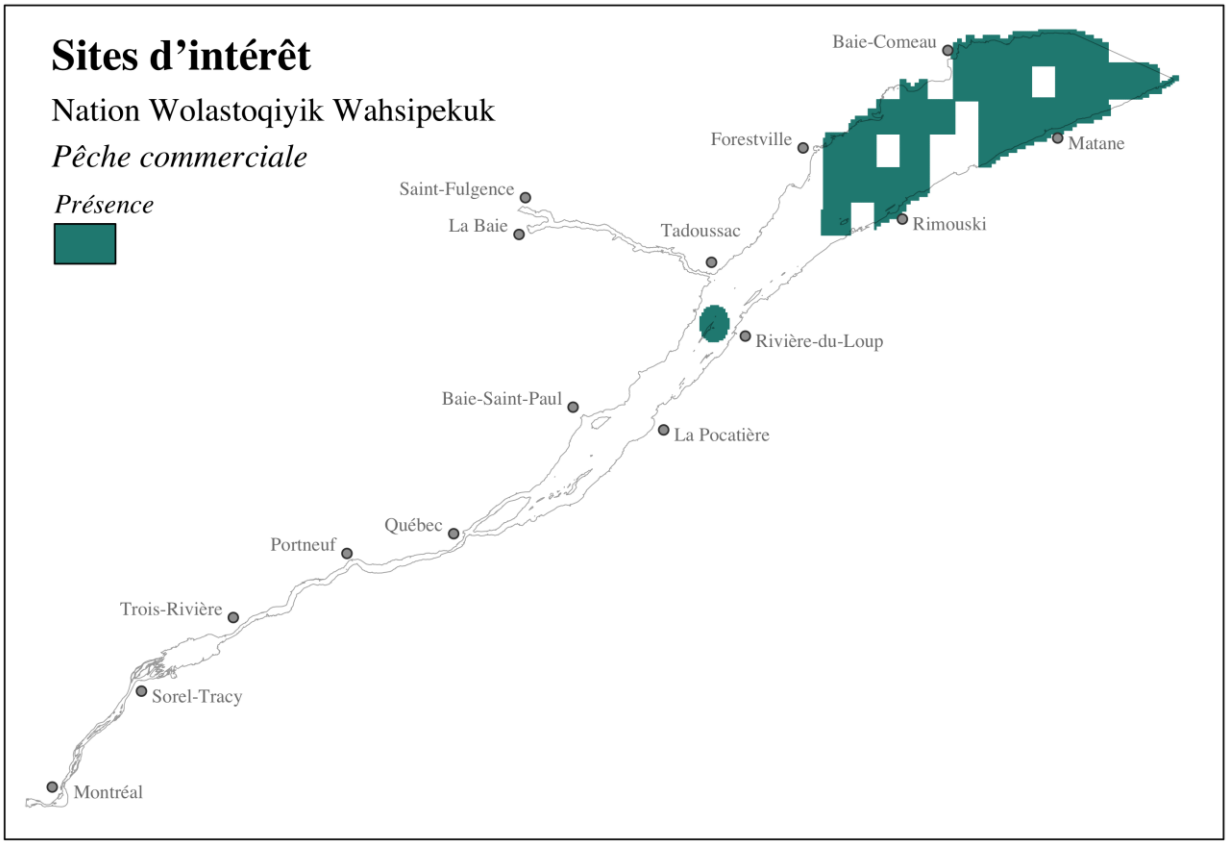


Figure 4.100: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk - Pêche commerciale

4.3.5.2 Sites d'intérêt publics

4.3.5.2.1 Milieux protégés

Nous remercions Joannie Ferland du Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs pour les échanges et le soutien.

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0030, 0038, 0039, 0082****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les milieux protégés ont été caractérisés par l'intégration de quatre bases de données. La première base de données correspond à la délimitation des différentes mesures de gestion spatiale mises en place dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Canada, 2021b). Cette base de données regroupe la délimitation de mesures spatiales réglementaires (*e.g.* zones d'interdiction de navigation et zones de ralentissement) ainsi que des mesures spatiales volontaires (*e.g.* zones de ralentissement et zones à éviter). La deuxième base de données provient du Gouvernement du Canada et délimite des milieux où des mesures de gestion reconnues comme *autres mesures efficaces de conservation par zone* [EMCEZ; Pêches et Océans Canada (2021e)]. Au sein de notre zone d'étude, cette base de données présente une seule zone protégée en amont de la Rivière Saguenay qui limite les activités de pêche pour protéger l'habitat du béluga et pour éviter la remise en suspension de sédiments contaminés.

Finalement, les données du Registre des aires protégées au Québec (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2021b) ont été utilisées afin de compléter le portrait. Ce registre offre une compilation des aires protégées au Québec – identifiés selon les définitions de la Loi sur la conservation du patrimoine naturel (LCPN; RLRQ, chapitre C-61.01) ou de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) – et des territoires d'importance pour la conservation – identifiés par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) ou une instance du gouvernement du Québec. Lors de la mise à jour de mars 2023, ces données ont été bonifiées par un travail d'intégration de données effectué par la direction de la connaissance écologique du MELCCFP intégrant une mise à jour du Registre des aires protégées aux Québec ainsi que ses territoires d'importance sur le territoire [(Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2022)], du Répertoire des sites de conservation volontaire du Québec (Réseau de milieux naturels protégés, 2022), des habitats fauniques (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2021b) et des écosystèmes forestiers exceptionnels

ne figurant pas au Registre (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2022). Nous avons retiré de ces bases de données les habitats fauniques et les réserves de territoire aux fins d'aire protégée parce que ces catégories couvraient l'entièreté de la zone d'étude, ainsi que les habitats d'une espèce floristique menacée ou vulnérable parce qu'elles étaient couvertes par d'autres composantes valorisées.

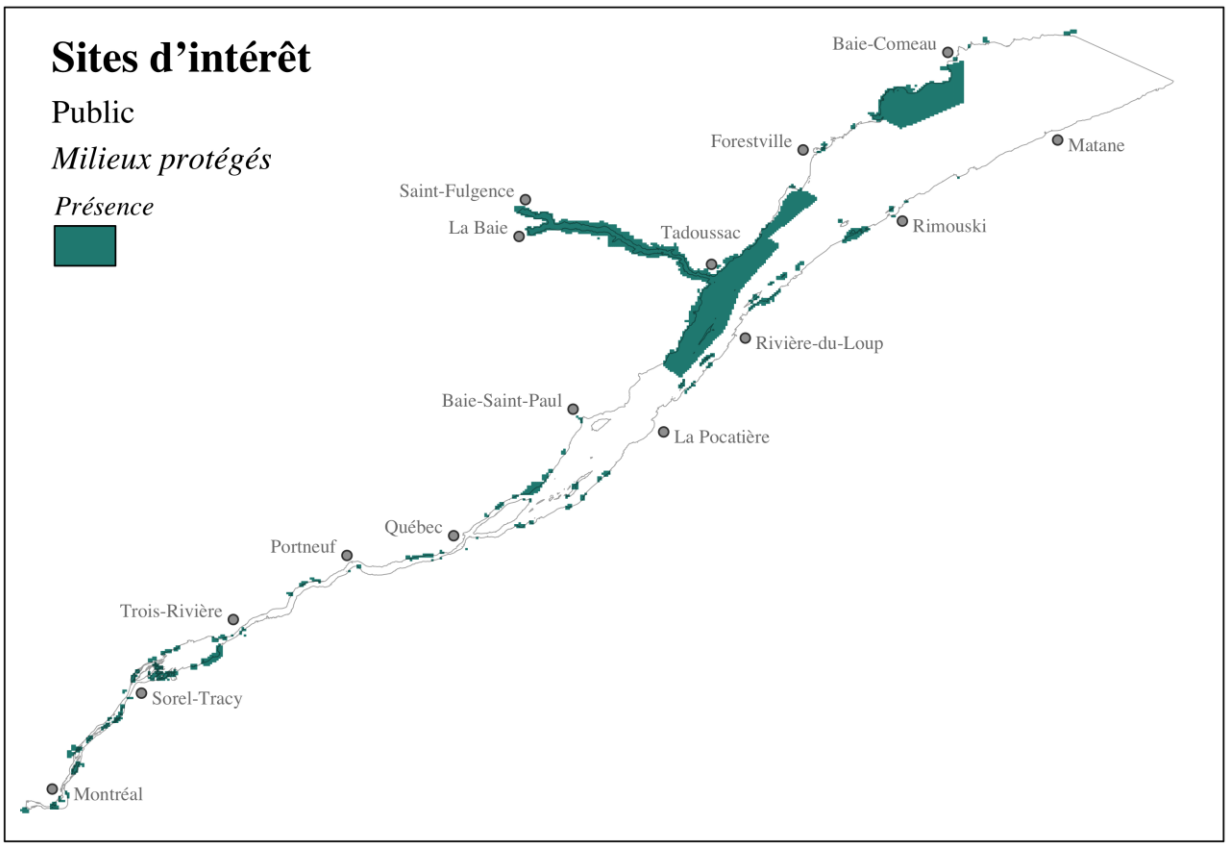


Figure 4.101: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Public - Milieux protégés

4.3.5.2.2 Sites patrimoniaux

Les identifiants uniques attribués aux données présentées au sein de cette section sont : ***0044, 0045****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

La caractérisation des sites patrimoniaux publics provient de l'intégration de deux bases de données provenant du Ministère de la Culture et des Communications. La première base de données présente des données sur les sites patrimoniaux classés par la ministre et qui font partie du patrimoine protégé en vertu de la Loi sur le patrimoine culturel [L.R.Q., c. 21; Ministère de la Culture et des Communications (2021b)]. La deuxième base de données correspond à des sites patrimoniaux cités par les municipalités et les communautés autochtones (Ministère de la Culture et des Communications, 2021a); ces sites font également partie du patrimoine protégé en vertu de la Loi sur le patrimoine culturel.

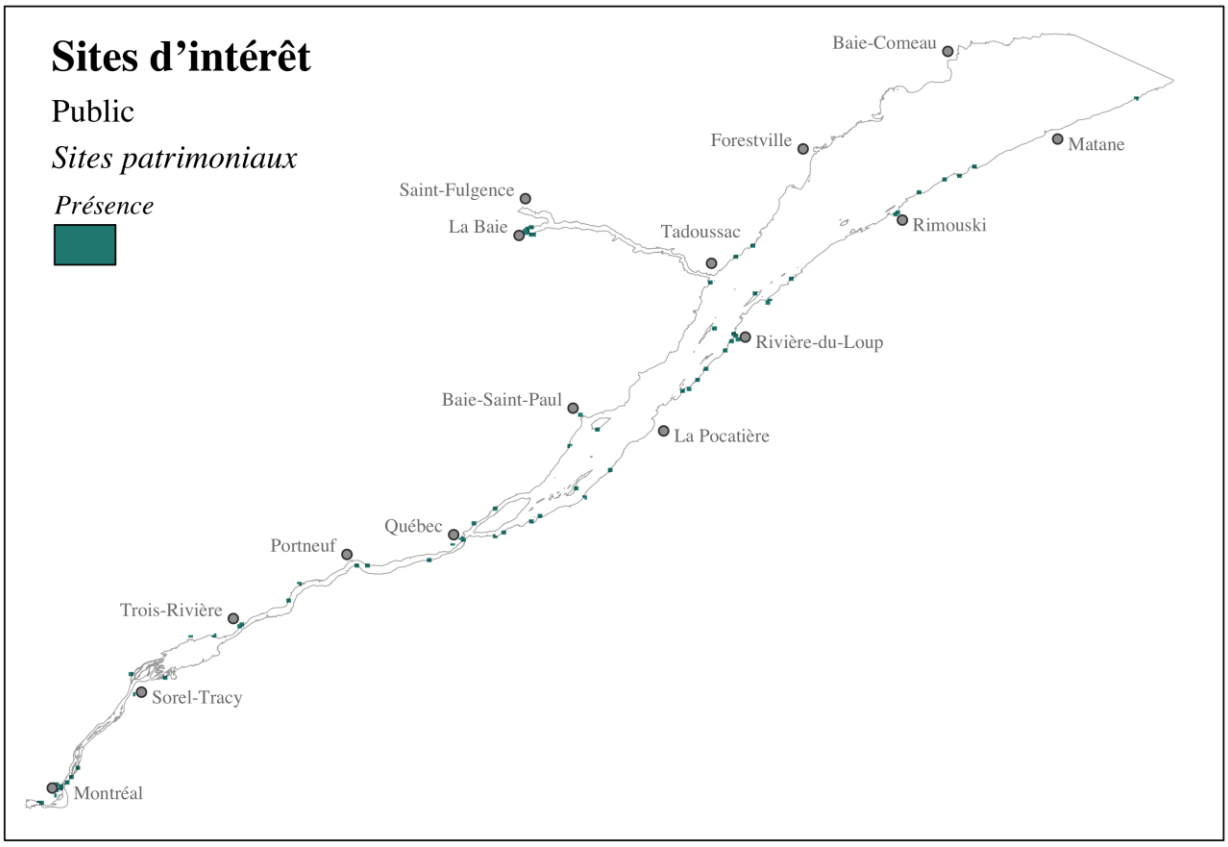


Figure 4.102: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Public - Sites patrimoniaux

4.3.5.2.3 Épaves

Nous remercions Francis Bouchard et Virginie Galindo du Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs pour les échanges et le soutien.

L'identifiant unique attribué aux données présentées au sein de cette section est : ***0088****. Consultez la section suivante et l'annexe 1 pour plus de détails sur ces données.*

Les épaves faisant partie du patrimoine archéologique au sein de la zone d'étude ont été caractérisées grâce à des données du Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs [MELCCFP; Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023b)]. Les données proviennent d'une revue de littérature sur le potentiel archéologique subaquatique au sein des réserves de territoires aux fins d'aires protégées du secteur de L'Isle-aux-Grues, du secteur de Kamouraska, du secteur des Basques, de l'aire marine protégée du Banc-des-Américains ainsi que de la réserve aquatique projetée de Manicouagan effectué par AECOM (AECOM, 2021). Les données fournies contiennent la potentielle localisation des épaves au sein du Saint-Laurent et un total de 428 épaves sont répertoriées entre Québec et la limite est de la zone d'étude. Puisque ces données sont de nature sensible, une zone tampon de 1km a été utilisée autour de chaque site; les zones résultantes ont ensuite été combinées en une seule couche. Cette couche a été intégrée au sein de notre grille d'étude de 1 km^2 afin d'identifier les cellules ayant un potentiel archéologique subaquatique. Cette approche a été utilisée afin d'éviter que les sites précis puissent être localisés précisément.

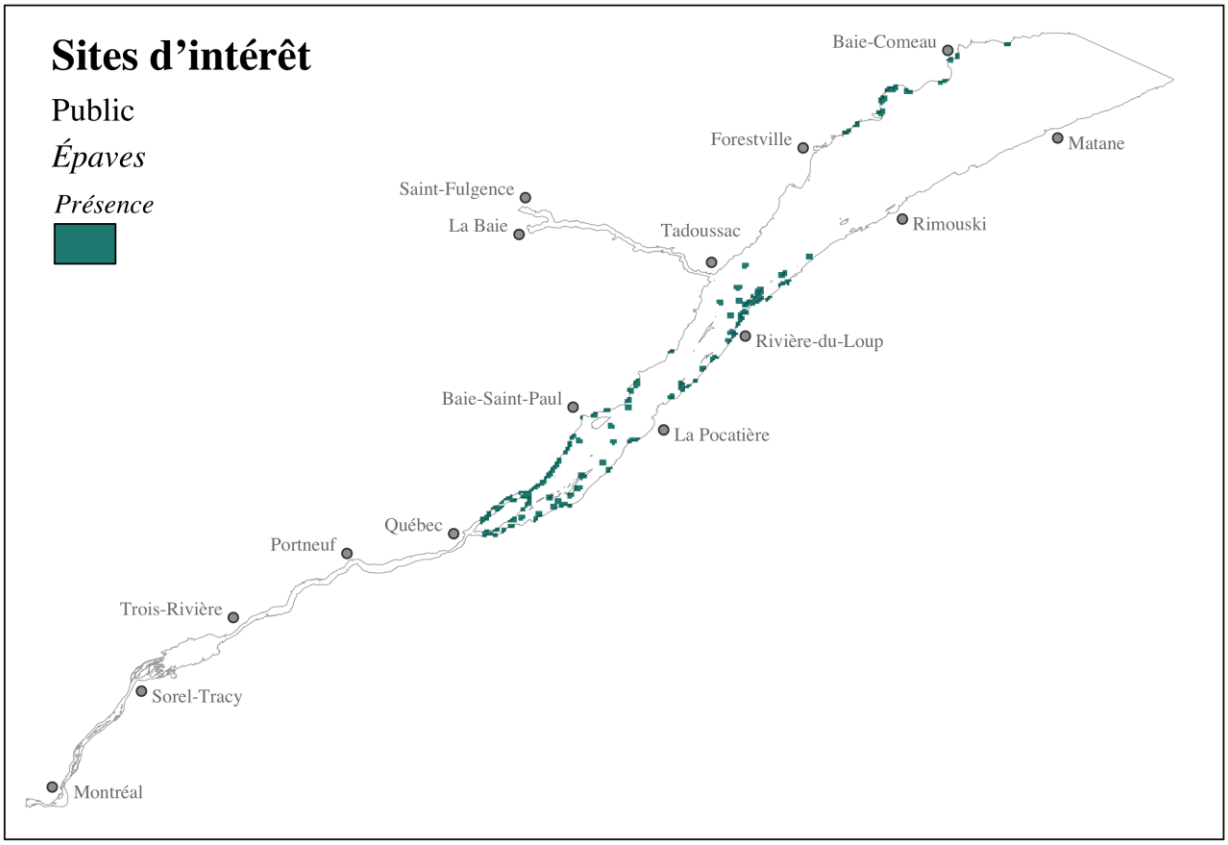


Figure 4.103: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Public - Épaves

4.4 Vulnérabilité

Les sections suivantes présentent les données, les approches et les résultats de l'évaluation de la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d'étude. Une description générale de l'évaluation de la vulnérabilité dans une contexte d'évaluation des effets cumulatifs est présentée à la section 3.2.5 du rapport.

4.4.1 Habitats floristiques et fauniques

4.4.1.1 Milieux naturels

Plusieurs exercices d'évaluation de la vulnérabilité de différents types d'habitats à diverses sources de stress environnementales ont été publiés au Canada (e.g. Ban et al., 2010; Clarke Murray et al., 2015b, 2015a) et ailleurs dans le monde (Kappel et al., 2012; Teck et al., 2010). Un processus similaire mené par Pêches et Océans Canada est actuellement en cours afin de caractériser la vulnérabilité des habitats de l'Atlantique Ouest à une cinquantaine de sources de stress. Originellement développée par Halpern et al. (2007) afin de caractériser la vulnérabilité des habitats à l'échelle globale, cette approche utilise des métriques d'exposition et de sensibilité afin d'évaluer cinq critères de vulnérabilité des écosystèmes (*i.e.* des habitats dans le cadre de notre étude) : l'échelle spatiale, la fréquence, l'impact trophique, la résistance et la résilience (Tableau 4.21).

Tableau 4.21: Description des cinq critères de vulnérabilité utilisés pour évaluer la vulnérabilité relative des habitats à chaque stresseur (adapté de Teck et al., 2010)

Critère de vulnérabilité	Description
Échelle spatiale	L'échelle spatiale (km^2) à laquelle un stresseur affecte un habitat directement et indirectement
Fréquence	La fréquence annuelle (nombre / année) moyenne d'un stresseur à une localisation particulière au sein d'une région
Impact trophique	L'étendue de la vie marine affectée par un stresseur au sein d'un écosystème et d'une région donnée (c.-à-d. une ou plusieurs espèces, un ou plusieurs niveaux trophiques, ou un écosystème entier)
Résistance	Le degré (en %) auquel les espèces, les niveaux trophiques, ou l'état naturel d'un écosystème entier est affecté par le stresseur
Résilience	Le temps moyen (années) requis pour que l'espèce, le niveau trophique, ou la communauté entière affecté retourne à son état naturel suite à la perturbation causée par le stresseur

Ces derniers permettent l'utilisation de facteurs quantitatifs conférant une transparence supérieure à l'approche qualitative (Kappel et al., 2012; Teck et al., 2010). Les scores de vulnérabilité μ correspondent à la somme pondérée des cinq critères de vulnérabilité :

$$\mu_{D_i,E_j} = \sum_{k=1,\dots,5} W_k * D_{i,k}^j$$

où $D_{i,k}^j$ est la valeur du stresseur i pour le critère k au sein de l'écosystème j et W_k est le poids associé au critère k, avec la somme de tous les poids égal à 1. Le poids W_k permet ainsi de pondérer la valeur attribuée aux critères individuels selon leur importance individuelle. Ce modèle additif et linéaire suppose que la vulnérabilité est monotone pour l'ensemble des critères de vulnérabilité, c.-à-d. que la vulnérabilité augmente avec une augmentation de la valeur de chaque critère. Une transformation des valeurs de W_k est nécessaire afin d'assurer que l'étendue des valeurs est comparable pour les différents critères. Cette équation permet ultimement de générer une matrice de scores de vulnérabilité pour l'ensemble des combinaisons stresseur-écosystème.

Teck et al. (2010) et Kappel et al. (2012) ont fait appel à des sondages d'experts afin d'évaluer, pour chaque combinaison stresseurs-habitats, les valeurs et le poids associé à chaque critère de vulnérabilité. Au total, 107 experts ont évalué la vulnérabilité relative de 19 types d'habitats à 53 stresseurs environnementaux. Les matrices de vulnérabilité résultantes ont été utilisée et adaptée à de maintes reprises depuis (e.g. Ban et al., 2010; Clarke Murray et al., 2015b). Ces matrices de vulnérabilité offrent également un point de départ à notre évaluation; en effet, l'entièreté des stresseurs environnementaux, et une portion importante des habitats considérés pour notre évaluation se retrouvent dans la liste présentée par Teck et al. (2010), Kappel et al. (2012) et Clarke Murray et al. (2015b). Plus particulièrement, nous avons utilisé la matrice de vulnérabilité issue de Kappel et al. (2012) afin d'informer l'évaluation de la vulnérabilité des habitats pour lesquels une correspondance claire pouvait être établie, c.-à-d. les milieux naturels. Référez à l'annexe 6 et à l'annexe 7 pour les correspondances utilisées entre notre étude et celle de Kappel et al. (2012) pour les stresseurs et les composantes valorisées, respectivement.

Certains habitats considérés pour notre évaluation n'avaient cependant pas de correspondance claire avec la matrice de Kappel et al. (2012). Dans ces cas, nous avons adopté l'approche utilisée par Clarke Murray et al. (2015b) et nous avons sélectionné le ou les habitats présentés par Kappel et al. (2012) qui étaient les plus similaires à ceux pour lesquels une correspondance claire était indisponible. Par exemple, les scores des habitats peu profonds à sédiments meubles et de marais salés de Kappel et al. (2012) ont été utilisés pour les gisements coquilliers et les terrasses fluviales, respectivement. Si un habitat considéré pouvait regrouper plusieurs habitats de Kappel et al. (2012), nous avons plutôt utilisé le score moyen de ces habitats afin d'obtenir un score de vulnérabilité. Les scores de vulnérabilité attribués aux zones inondables ont ainsi été obtenus à partir de la moyenne des scores de vulnérabilité attribués aux milieux intertidaux rocheux, aux milieux intertidaux et aux marais salés dans la matrice de Kappel et al. (2012). Similairement, la catégorie de navigation gouvernementale et de recherche inclut une diversité importante de types de navires comme des embarcations militaires, des navires de patrouille et des navires de recherche scientifique. La vulnérabilité des habitats à ce type de navigation a ainsi été évaluée à partir de la moyenne des scores attribués à la navigation, aux activités militaires, à la recherche et à l'échantillonnage scientifique de Kappel et al. (2012). Finalement, pour la mise à jour de mars 2023, les valeurs de vulnérabilité des habitats de zostères et des zones algales ont été utilisées afin de caractériser la vulnérabilité des herbiers aquatiques.

Certaines modifications ont également été apportées aux scores de vulnérabilité rapportées par Kappel et al. (2012). Premièrement, les valeurs de vulnérabilité attribuées aux milieux humides ont été modifiées afin de capturer convenablement la finesse du jeu de données disponible pour notre étude. En effet, les milieux humides caractérisés témoignent de la nature étagée des milieux humides, avec les milieux humides en eau peu profonde, suivie des marais, puis des marécages, diminuant ainsi progressivement l'exposition potentielle de ces milieux aux sources de stress d'origine marine. Nous avons ainsi diminué la vulnérabilité des milieux humides proportionnellement par un facteur de 5% pour les marais et de 10% pour les marécages face à l'ensemble des sources de stress. Nous avons conservé l'évaluation de Kappel et al. (2012) pour la catégorie

d'habitat *milieu humide* contenant des milieux humides dont le type est inconnu par principe de précaution. Deuxièmement, les déversements accidentels ont été catégorisés afin de différencier les déversements d'hydrocarbures des autres types de déversements. Nous diminuons ainsi les valeurs de vulnérabilité aux déversements par un facteur de 10% pour les déversements de type *autres*. Troisièmement, les valeurs de vulnérabilité des herbiers aquatiques a été diminuée de 10% par catégorie de biovolume en assumant que les biovolumes élevés ont une importance supérieure et donc une vulnérabilité supérieure : biovolumes élevés (100%), modérés (90%) et faibles (80%). Tout comme pour les milieux humides, nous avons conservé la valeur de vulnérabilité intacte pour les déversements dont le contenu est inconnu par principe de précaution. Finalement, un score relatif a été évalué en normalisant les scores totaux par la valeur maximale de vulnérabilité observée parmis les habitats considérés (*i.e.* 3.6) afin d'obtenir un score variant entre 0 et 1. La matrice de vulnérabilité résultante peut être consultée au Tableau 4.104.

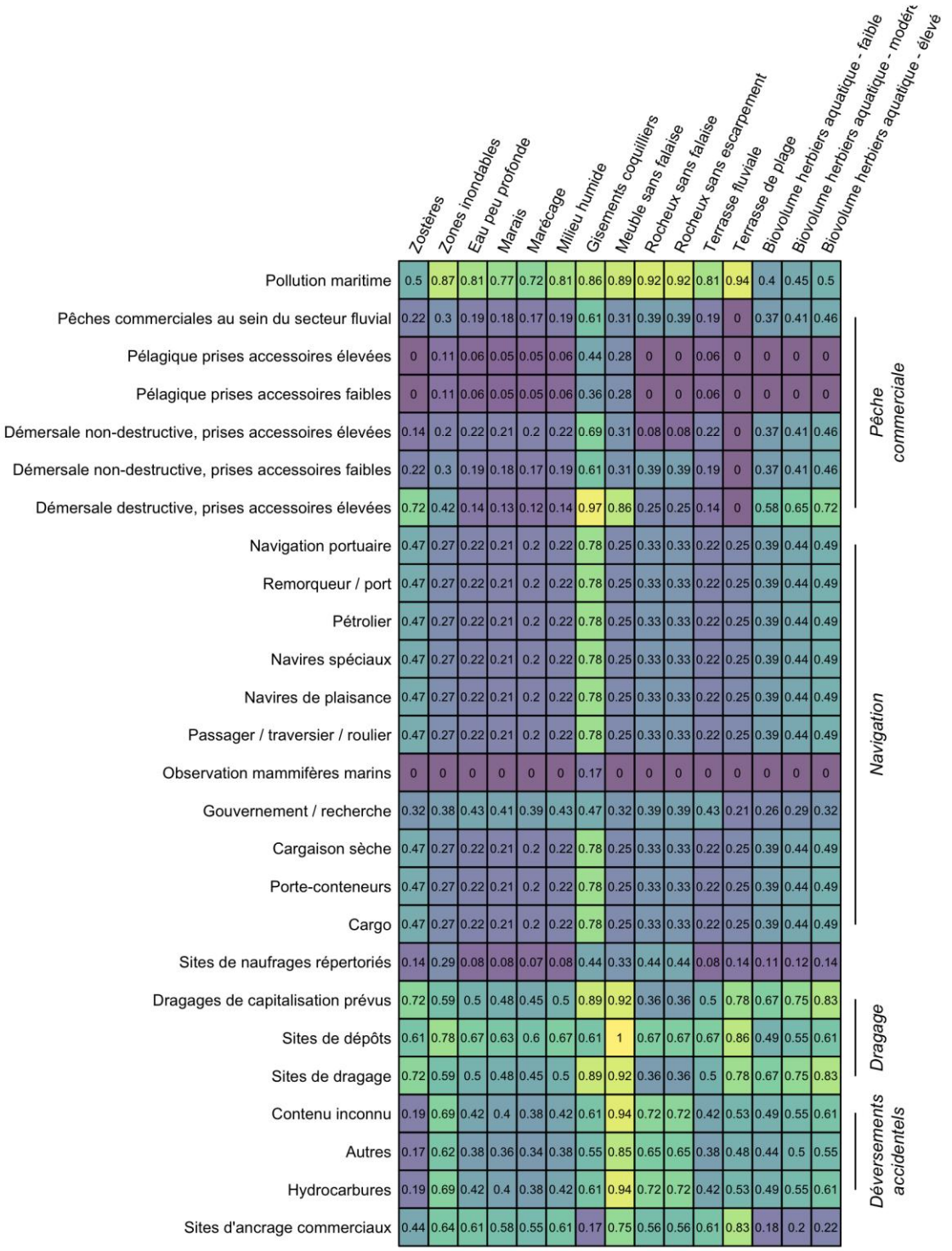


Figure 4.104: Scores de vulnérabilité relative des habitats face aux stresseurs environnementaux. Les scores sont obtenus à partir des scores de vulnérabilités établis par (Kappel et al., 2012) et normalisés entre 0 et 1 à partir de la valeur maximale de vulnérabilité observée parmis les habitats considérés (i.e. 3.6). Les scores originaux

dérivés de la matrice de Kappel et al. (2012) peuvent être obtenus en multipliant les valeurs de la matrice par 3.6.

4.4.1.2 Habitats d'importance pour les espèces fauniques et floristiques

La vulnérabilité des habitats identifiés pour leur importance pour les cycles vitaux et les espèces à statut ne peuvent être évalués à partir de la même approche que celle utilisée pour les milieux naturels. Ces sites diffèrent des habitats présentés précédemment puisqu'ils représentent des milieux dont les caractéristiques peuvent varier, mais qui remplissent des fonctions essentielles pour le maintien de certaines espèces, ou qui sont jugés importants pour la conservation de certaines espèces à statut. En tant que tel, la vulnérabilité de ces sites ne peut être évaluée de façon analogue à l'évaluation présentée à la section précédente. Une approche alternative a été utilisée afin d'obtenir une évaluation de leur vulnérabilité relative aux effets des sources de stress considérées en s'appuyant sur des critères relatifs aux espèces plutôt qu'aux habitats.

Les exercices d'évaluation de la vulnérabilité d'espèces aux effets de stresseurs se font plus rares dans le cadre d'évaluation d'effets cumulatifs, bien que certains processus d'évaluation existent tout de même (e.g. Maxwell et al., 2013; O'Hara et al., 2021; Trew et al., 2019). Ces évaluation touchaient principalement des espèces de mégafaune marine (e.g. baleines et requins) et des espèces en péril. Ces publications ne couvrent toutefois pas l'entièreté des espèces et des stresseurs visés par la présente évaluation. Elles fournissent tout de même une série de critères visant à évaluer la vulnérabilité des espèces aux stresseurs. Nous avons ainsi utilisé un processus similaire afin de déterminer la vulnérabilité des milieux d'importance pour les espèces dans le Saint-Laurent et le Saguenay aux activités maritimes.

Les critères utilisés afin d'évaluer la vulnérabilité des espèces aux effets des activités maritimes proviennent de Maxwell et al. (2013): 1) la fréquence des sources de stress, 2) si l'effet de la source de stress est directe ou indirecte, 3) la résistance de l'espèce aux effets de la source de stress, 4) le temps de rétablissement de l'espèce, 5) l'effet relatif sur la reproduction, et 6) l'effet relatif sur la population (Tableau 4.22). Nous avons ajouté

deux critères à cette liste afin de considérer des particularités régionales propres au Saint-Laurent et au Saguenay, soit 7) le statut de l'espèce et 8) si l'espèce est résidente de la zone d'étude (Tableau 4.22).

Tableau 4.22: Critères considérés pour évaluer la vulnérabilité des composantes valorisées relatives au espèces – *i.e.* milieux d'importance pour les cycles de vie, les espèces à statut et les mammifères marins – aux sources de stress considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay. Les critères ont été adaptés de Maxwell et al. (2013), auxquels ont été ajoutés les critères de statut et de résidence des espèces afin de des particularités régionales propres au Saint-Laurent et au Saguenay.

Critères de vulnérabilité	Rang	Catégories	Description	Exemples
Fréquence	0	Jamais		
Quelle est la fréquence des effets de la source de stress?	1	Rare	Peu fréquent, mais suffisamment pour affecter la dynamique à long terme ou les populations	Déversement d'hydrocarbures
	2	Occasionnel	Fréquent, mais irrégulier	Prolifération d'algues toxiques
	3	Annuel ou régulier	Fréquent et souvent saisonnier ou périodique	Lessivage dû aux précipitations saisonnières
	4	Persistent	Plus ou moins constant annuellement sur plusieurs années ou décennies	Zones hypoxiques persistantes ou transport de marchandise
Effet direct ou indirect	0	Aucun effet		
Par quel mécanisme la source de stress affecte-t-elle les individus?	1	Effet indirect distant	Les effets sont à plus d'un degré de distance	Cascade trophique distante, dégradation de l'écosystème
	2	Effet indirect	La source de stress affecte l'individu via un lien indirect	Proie, ressource alimentaire, lien trophique direct
	3	Effet direct mineur	Un effet direct qui affecte des mécanismes autres autre que la mortalité, comme le métabolisme, la physiologie, le comportement	Modification du comportement des mammifères marins dû au trafic maritime

Critères de vulnérabilité	Rang	Catégories	Description	Exemples
	4	Effet direct majeur	Mortalité	Prises accessoires dans des engins de pêche ou collision avec un navire
Résistance (probabilité de mortalité)	0	Aucun effet		
Quelle est la vraisemblance que la source de stress affecte la mortalité d'un individu?	1	Faible	Peu probable de causer la mortalité (0-33%)	Bruit anthropique
	2	Modéré	Probabilité modérée de causer la mortalité (33-66%)	Acide domoïque
	3	Élevée	Forte probabilité de causer la mortalité (66-100%)	Réduction massive des ressources alimentaires
Temps de rétablissement (années)	1	<1		
Combien de temps est nécessaire à un individu pour se rétablir de l'exposition à la source de stress?	2	1-10		
	3	10-100		
	4	>100		
Effet sur la reproduction	0	Aucun effet		
Quel est le niveau des effets sur la reproduction des individus?	1	Faible	Affecte certains aspects (e.g. comportement) sans affecter les capacités reproductives	Déplacement temporaire des sites d'alimentation
	2	Modéré	Diminution des capacités reproductives	Réduction globale de la disponibilité en ressource résultant en une diminution de la reproduction
	3	Élevé	Mortalité directe	Mortalité résultant en aucune reproduction
Effet sur la population	0	Aucun effet		
Comment les effets sont-ils distribués sur la population?	1	Faible	Affecte un seul individu à la fois	Collision avec un navire
	2	Modéré	Affecte une portion spécifique ou une forte proportion de la population	Effets ciblés sur les femelles de la population
	3	Élevé	Affecte la population entière	Anomalies de température liées aux changements climatiques

Critères de vulnérabilité	Rang	Catégories	Description	Exemples
Statut de l'espèce	0	Aucun statut		
L'espèce a-t-elle un statut de conservation?	1	Susceptible / Préoccupante		
Statut provincial / statut fédéral	2	Vulnérable / Menacée		
	3	Menacée / En voie de disparition		
Espèce résidente	1	>0 - 6 mois		
L'espèce est-elle présente annuellement ou pendant une période de l'année?	2	6 - <12 mois		
	3	Résidente		

Les critères utilisés varient selon les types d'habitats évalués. La fréquence des stresseurs environnementaux a été utilisée pour l'ensemble des habitats d'importance pour les espèces. La vulnérabilité des frayères et des sites d'alevinage a considéré les critères de fréquence des stresseurs environnementaux et d'effets sur la reproduction et sur la population. La vulnérabilité des habitats d'importance pour les oiseaux marins a quant à elle été évaluée en considérant les critères de fréquence des stresseurs et des effets sur les populations. Finalement, l'évaluation de la vulnérabilité des habitats d'importance pour les espèces à statut a été effectuée à partir des critères de fréquence des stresseurs environnementaux, des effets sur les populations et du statut des espèces. Il est à noter que la vulnérabilité des sites d'importance pour les espèces fauniques et floristiques à statut a été considérée de façon analogue. Bien que les espèces fauniques et floristiques répondent différemment aux stresseurs environnementaux, notre évaluation utilisant les occurrences d'espèces en péril en tant que proxy de milieux vulnérables plutôt que pour effectuer une évaluation par espèce. Le caractérisation générale utilisée ne nous permettait ainsi pas de différencier entre les différentes espèces; nous avons ainsi focusé sur des critères spécifiques aux statuts des espèces.

Pour chaque combinaison de composante valorisée CV_i et de stresseur S_j, le score de vulnérabilité μ_{CV_i,S_j} final est obtenu à partir de la somme des scores de chaque critère :

$$\mu_{CV_i,S_j} = \sum_{k \in K} C_{j,k}^{i}$$

où $C_{j,k}^{i}$ est la valeur de la composante valorisée i pour le stresseur j et le critère k, et K sont l'ensemble des critères considérés pour évaluer la vulnérabilité de la composante valorisée i.

Finalement, un score relatif a été évalué en normalisant les scores totaux par la valeur maximale de vulnérabilité observée par groupe d'habitat évaluée à partir de critères similaires. Les frayères et les sites d'alevinage constituaient le premier groupe, les oiseaux marins le second, et les espèces à statut le troisième. Les scores de vulnérabilité finaux sont disponibles au tableau 4.105 et les tableaux d'évaluation des critères individuels par catégorie d'habitat sont disponibles à l'annexe 8.

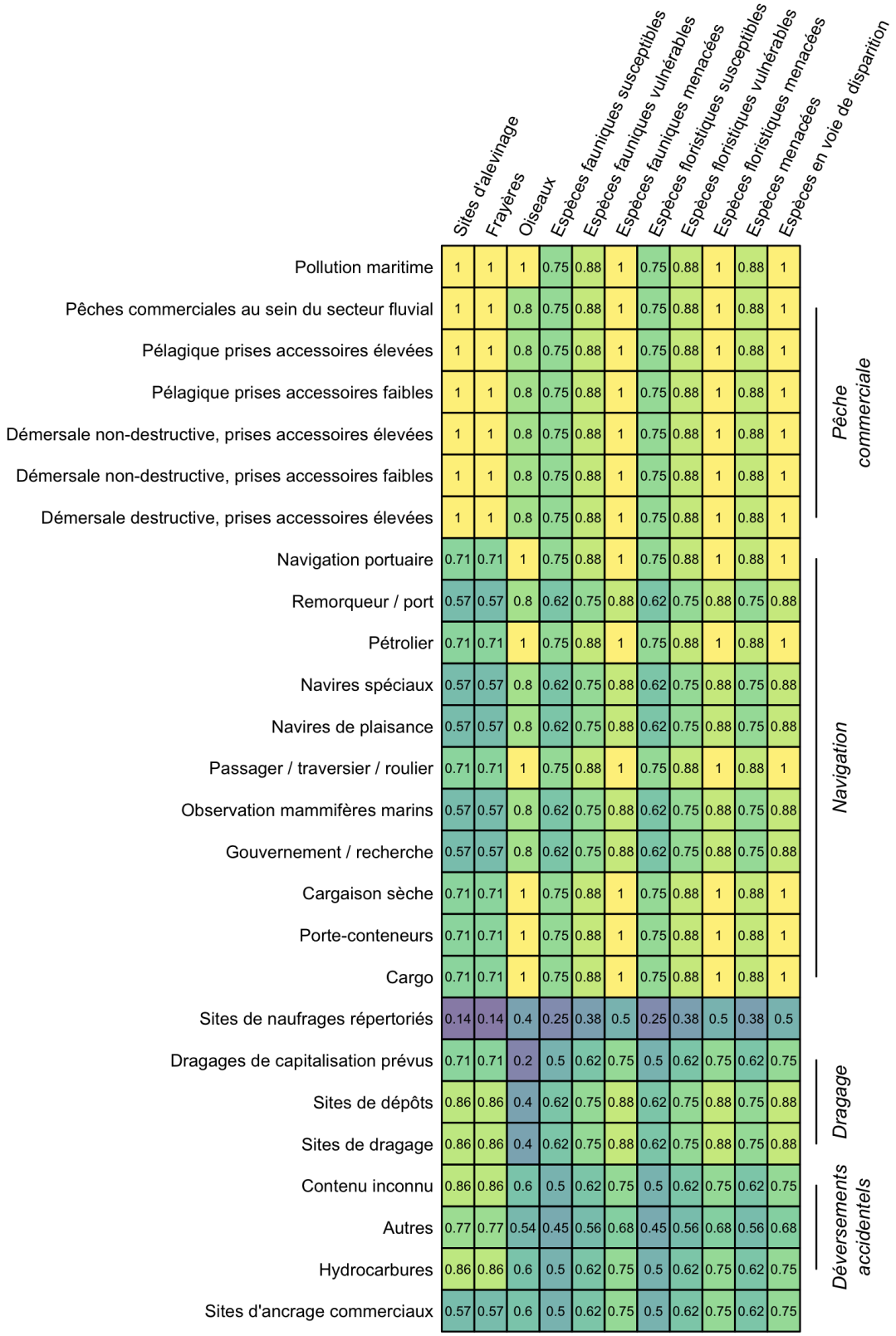

Sites d'alevinage
Frayères
Oiseaux
Espèces fauniques susceptibles
Espèces fauniques vulnérables
Espèces fauniques menacées
Espèces floristiques susceptibles
Espèces floristiques vulnérables
Espèces floristiques menacées
Espèces menacées
Espèces en voie de disparition
Pollution maritime 1 1 1 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial 1 1 0.8 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Pélagique prises accessoires élevées 1 1 0.8 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Pélagique prises accessoires faibles 1 1 0.8 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées 1 1 0.8 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles 1 1 0.8 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Démersale destructive, prises accessoires élevées 1 1 0.8 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Pêche commerciale
Navigation portuaire 0.71 0.71 1 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Remorqueur / port 0.57 0.57 0.8 0.62 0.75 0.88 0.62 0.75 0.88 0.75 0.88
Pétrolier 0.71 0.71 1 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Navires spéciaux 0.57 0.57 0.8 0.62 0.75 0.88 0.62 0.75 0.88 0.75 0.88
Navires de plaisance 0.57 0.57 0.8 0.62 0.75 0.88 0.62 0.75 0.88 0.75 0.88
Passager / traversier / roulier 0.71 0.71 1 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Observation mammifères marins 0.57 0.57 0.8 0.62 0.75 0.88 0.62 0.75 0.88 0.75 0.88
Gouvernement / recherche 0.57 0.57 0.8 0.62 0.75 0.88 0.62 0.75 0.88 0.75 0.88
Cargaison sèche 0.71 0.71 1 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Porte-conteneurs 0.71 0.71 1 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Cargo 0.71 0.71 1 0.75 0.88 1 0.75 0.88 1 0.88 1
Navigation
Sites de naufrages répertoriés 0.14 0.14 0.4 0.25 0.38 0.5 0.25 0.38 0.5 0.38 0.5
Dragages de capitalisation prévus 0.71 0.71 0.2 0.5 0.62 0.75 0.5 0.62 0.75 0.62 0.75
Sites de dépôts 0.86 0.86 0.4 0.62 0.75 0.88 0.62 0.75 0.88 0.75 0.88
Sites de dragage 0.86 0.86 0.4 0.62 0.75 0.88 0.62 0.75 0.88 0.75 0.88
Dragage
Contenu inconnu 0.86 0.86 0.6 0.5 0.62 0.75 0.5 0.62 0.75 0.62 0.75
Autres 0.77 0.77 0.54 0.45 0.56 0.68 0.45 0.56 0.68 0.56 0.68
Hydrocarbures 0.86 0.86 0.6 0.5 0.62 0.75 0.5 0.62 0.75 0.62 0.75
Sites d'ancrage commerciaux 0.57 0.57 0.6 0.5 0.62 0.75 0.5 0.62 0.75 0.62 0.75
Déversements accidentels

Figure 4.105: Scores de vulnérabilité relative des habitats d'importance pour les espèces face aux stresseurs environnementaux.

4.4.2 Intégrité des berges

Plusieurs stresseurs environnementaux d'origines anthropiques et naturelles s'ajoutent aux mécanismes naturels géomorphologiques qui régissent la dynamique d'érosion des berges. Du côté des pressions anthropiques, les facteurs exerçant une influence particulières sur l'érosion des berges sont le batillage causé par le trafic maritime, la gestion des débits, le dragage, l'artificialisation des berges et les infrastructures et activités côtières (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021). Les changements climatiques peuvent également influencer l'érosion des berges en modifiant la dynamique d'inondation et les débits d'eau (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021). Dans le cadre de notre évaluation, la navigation et le dragage sont ainsi les sources de stress reliées aux activités maritimes ayant un lien établi avec l'érosion des berges. Nous avons ainsi considéré que la vulnérabilité des berges à l'érosion face aux autres stresseurs environnementaux identifiés dans le cadre de notre étude était nulle.

Les scores de vulnérabilité attribués à la navigation et au dragage ont été informés directement par les données utilisées pour caractériser l'intégrité des berges dans la zone d'étude; en effet, ces dernières offrent une caractérisation de la susceptibilité des berges à l'érosion en divisant leur état en trois niveaux d'indice d'érosion, le troisième niveau identifiant des berges qui ne sont pas vulnérables à l'érosion (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021). Nous avons également distingué les berges naturelles des berges artificielles afin d'attribuer une valeur supérieure aux berges naturelles (voir Portrait de la zone d'étude).

Nous pouvons ainsi classer les catégories de berges selon l'importance de leur vulnérabilité, pour lesquelles nous avons assigné un score de vulnérabilité relative diminuant par saut de 10%:

1. Naturelle - Vive (IE = 2): 1

2. Artificielle - Vive (IE = 2): 0.9
3. Naturelle - Semi-Végétalisée (IE = 1): 0.8
4. Artificielle - Semi-Végétalisée (IE = 1): 0.7

Aucune comparaison n’a été effectuée afin de distinguer la vulnérabilité relative des berges à la navigation et au dragage, optant plutôt de leur attribuer des valeurs similaires de vulnérabilité (Tableau 4.106).

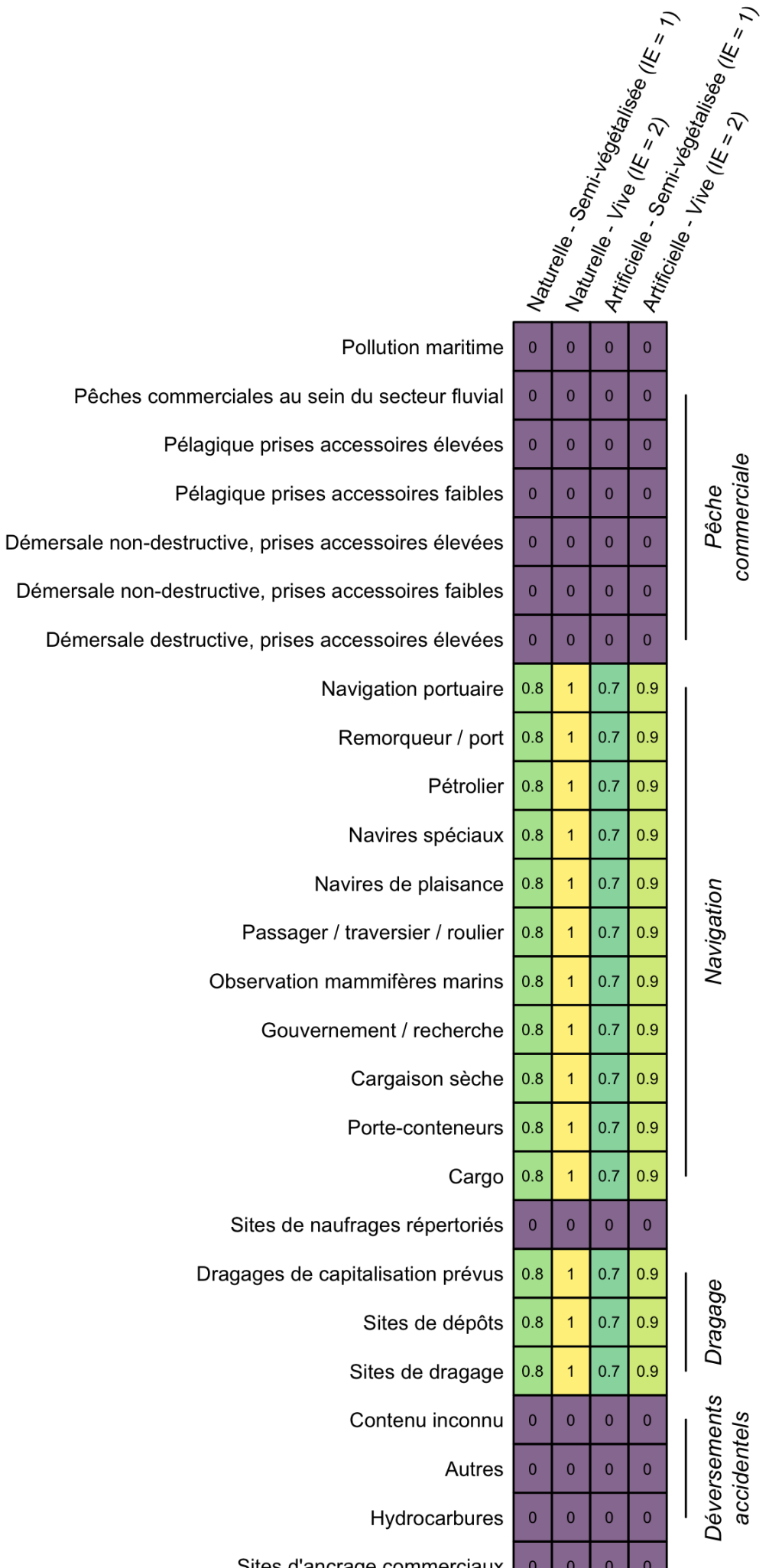

Naturelle - Semi-végétalisée (IE = 1)
Naturelle - Vive (IE = 2)
Artificielle - Semi-végétalisée (IE = 1)
Artificielle - Vive (IE = 2)
Pollution maritime 0 0 0 0
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial 0 0 0 0
Pélagique prises accessoires élevées 0 0 0 0
Pélagique prises accessoires faibles 0 0 0 0
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées 0 0 0 0
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles 0 0 0 0
Démersale destructive, prises accessoires élevées 0 0 0 0
Navigation portuaire 0.8 1 0.7 0.9
Remorqueur / port 0.8 1 0.7 0.9
Pétrolier 0.8 1 0.7 0.9
Navires spéciaux 0.8 1 0.7 0.9
Navires de plaisance 0.8 1 0.7 0.9
Passager / traversier / roulier 0.8 1 0.7 0.9
Observation mammifères marins 0.8 1 0.7 0.9
Gouvernement / recherche 0.8 1 0.7 0.9
Cargaison sèche 0.8 1 0.7 0.9
Porte-conteneurs 0.8 1 0.7 0.9
Cargo 0.8 1 0.7 0.9
Sites de naufrages répertoriés 0 0 0 0
Dragages de capitalisation prévus 0.8 1 0.7 0.9
Sites de dépôts 0.8 1 0.7 0.9
Sites de dragage 0.8 1 0.7 0.9
Contenu inconnu 0 0 0 0
Autres 0 0 0 0
Hydrocarbures 0 0 0 0
Sites d'ancrage commerciaux 0 0 0 0
Pêche commerciale
Navigation
Dragage
Déversements accidentels

Figure 4.106: Scores de vulnérabilité relative des berges à l'érosion face aux stresseurs environnementaux.

4.4.3 Mammifères marins

Nous remercions Sonia Giroux du Réseau d'observation de mammifères marins et Marie Guilpin du Royal Netherlands Institute for Sea Research les échanges et le soutien.

La section précédente présente les différents critères utilisés afin de caractériser la vulnérabilité des espèces aux stresseurs environnementaux. La vulnérabilité des mammifères marins a été évaluée en utilisant l'ensemble des critères présentés au tableau 4.22 et l'équation présentée à la section précédente.

Les statuts fédéraux du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) ont été utilisés afin de déterminer le statut des espèces de mammifères marins.

Les scores de vulnérabilité finaux sont disponibles au tableau 4.107 et les tableaux d'évaluation des critères individuels par espèce de mammifère marin sont disponibles à l'annexe 9.

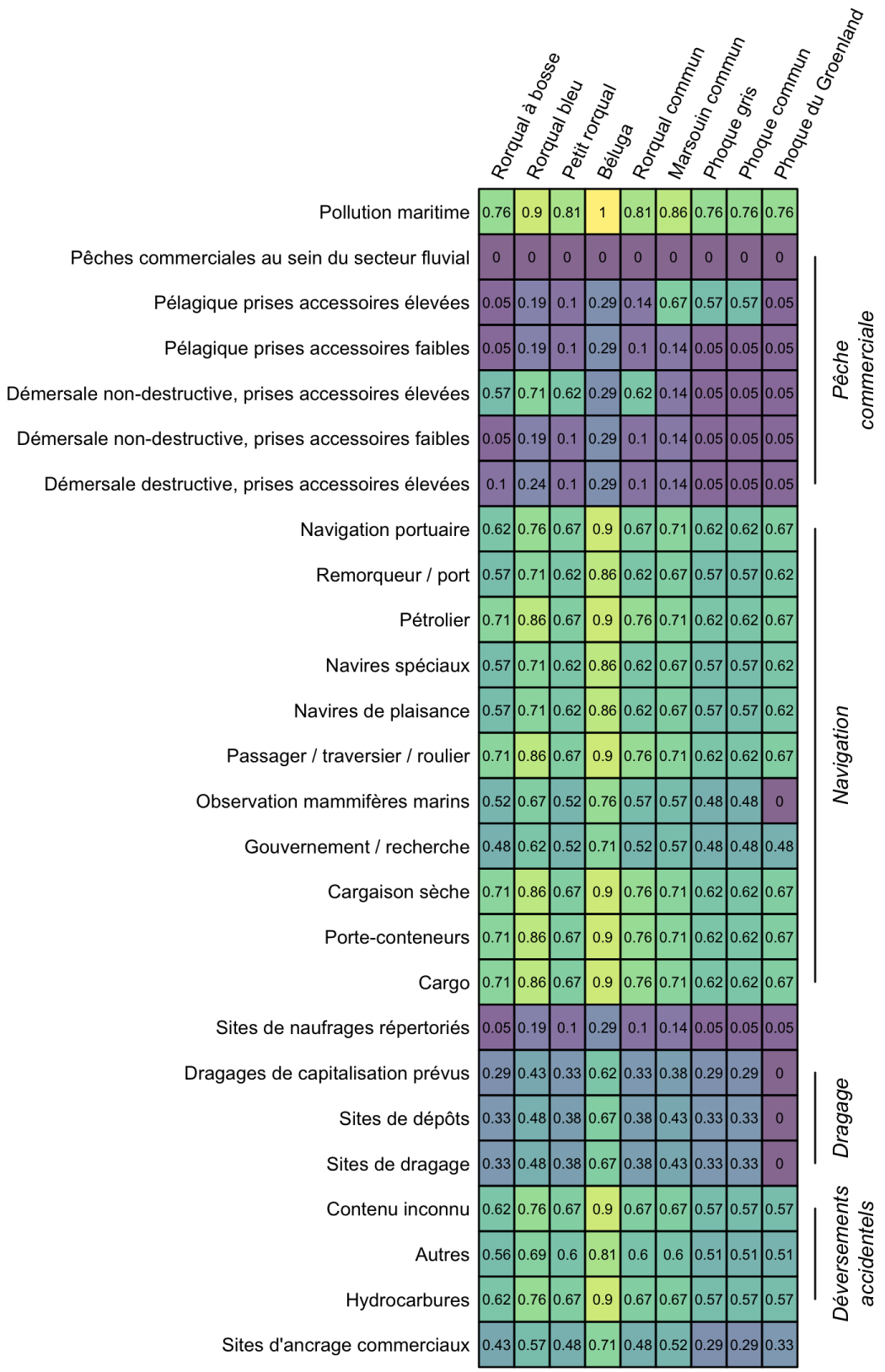

Rorqual à bosse
Rorqual bleu
Petit rorqual
Béluga
Rorqual commun
Marsouin commun
Phoque gris
Phoque commun
Phoque du Groenland
Pollution maritime 0.76 0.9 0.81 1 0.81 0.86 0.76 0.76 0.76
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Pélagique prises accessoires élevées 0.05 0.19 0.1 0.29 0.14 0.67 0.57 0.57 0.05
Pélagique prises accessoires faibles 0.05 0.19 0.1 0.29 0.1 0.14 0.05 0.05 0.05
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées 0.57 0.71 0.62 0.29 0.62 0.14 0.05 0.05 0.05
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles 0.05 0.19 0.1 0.29 0.1 0.14 0.05 0.05 0.05
Démersale destructive, prises accessoires élevées 0.1 0.24 0.1 0.29 0.1 0.14 0.05 0.05 0.05
Pêche commerciale
Navigation portuaire 0.62 0.76 0.67 0.9 0.67 0.71 0.62 0.62 0.67
Remorqueur / port 0.57 0.71 0.62 0.86 0.62 0.67 0.57 0.57 0.62
Pétrolier 0.71 0.86 0.67 0.9 0.76 0.71 0.62 0.62 0.67
Navires spéciaux 0.57 0.71 0.62 0.86 0.62 0.67 0.57 0.57 0.62
Navires de plaisance 0.57 0.71 0.62 0.86 0.62 0.67 0.57 0.57 0.62
Passager / traversier / roulier 0.71 0.86 0.67 0.9 0.76 0.71 0.62 0.62 0.67
Observation mammifères marins 0.52 0.67 0.52 0.76 0.57 0.57 0.48 0.48 0
Gouvernement / recherche 0.48 0.62 0.52 0.71 0.52 0.57 0.48 0.48 0.48
Cargaison sèche 0.71 0.86 0.67 0.9 0.76 0.71 0.62 0.62 0.67
Porte-conteneurs 0.71 0.86 0.67 0.9 0.76 0.71 0.62 0.62 0.67
Cargo 0.71 0.86 0.67 0.9 0.76 0.71 0.62 0.62 0.67
Navigation
Sites de naufrages répertoriés 0.05 0.19 0.1 0.29 0.1 0.14 0.05 0.05 0.05
Dragages de capitalisation prévus 0.29 0.43 0.33 0.62 0.33 0.38 0.29 0.29 0
Sites de dépôts 0.33 0.48 0.38 0.67 0.38 0.43 0.33 0.33 0
Sites de dragage 0.33 0.48 0.38 0.67 0.38 0.43 0.33 0.33 0
Dragage
Contenu inconnu 0.62 0.76 0.67 0.9 0.67 0.67 0.57 0.57 0.57
Autres 0.56 0.69 0.6 0.81 0.6 0.6 0.51 0.51 0.51
Hydrocarbures 0.62 0.76 0.67 0.9 0.67 0.67 0.57 0.57 0.57
Déversements accidentels
Sites d'ancrage commerciaux 0.43 0.57 0.48 0.71 0.48 0.52 0.29 0.29 0.33

Figure 4.107: Scores de vulnérabilité relative des habitats d'importance pour les espèces face aux stresseurs environnementaux.

4.4.4 Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques

Les sites d'intérêt sont principalement constitués de sites identifiés par les Premières Nations. Ces sites représentent l'utilisation et l'occupation du territoire par les différentes Nations participantes et ont déjà été jugées importantes pour le projet sur la base que les activités maritimes peuvent affecter les conditions qui sous-tendent l'exercice des droits ancestraux des Premières Nations. Déterminer la vulnérabilité relative d'un site d'intérêt pour une Nation autochtone telle qu'effectuée pour les autres composantes valorisées (voir sections précédentes) serait un exercice similaire à attribuer une valeur supérieure ou inférieure aux sites entre eux. Or, attribuer une valeur à un site d'intérêt est un exercice particulièrement complexe, voire impossible. Par exemple, un site de chasse a-t-il plus de valeur qu'un site archéologique? Comme noté par le Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (GCNWA), 2021) :

[…] il est impossible de cartographier adéquatement les valeurs accordées à certains sites ou activités. L'importance d'un site dépend d'une multitude de facteurs. Par exemple, sans être fréquentés sur une base régulière, des lieux sont associés à des récits ou légendes, à l'histoire ou l'imaginaire collectif de la Nation, à des sites archéologiques ou sacrés, etc.

À cet égard, et après discussions avec plusieurs représentants des Premières Nations participantes, nous avons jugé qu'il serait inadéquat d'attribuer un score de vulnérabilité aux sites identifiés dans le cadre de ce projet pilote. Nous avons plutôt attribué une valeur de vulnérabilité égale à 1 pour l'ensemble des sites d'intérêt identifiés. Ceci ne veut pas dire que tous les sites sont automatiquement considérés comme affectés par les activités maritimes pour l'évaluation des effets cumulatifs. L'évaluation des effets cumulatifs devient plutôt le résultat du croisement entre la distribution et l'intensité des stresseurs environnementaux et la distribution des sites d'intérêt, *i.e.* l'exposition des sites d'intérêt aux stresseurs environnementaux. Un site d'intérêt exposés à plusieurs stresseurs à haute

intensité serait ainsi plus affecté qu'un site d'intérêt qui n'est pas exposé aux stresseurs environnementaux considérés.

L'utilisation d'une valeur de vulnérabilité égale à 1 pour l'ensemble des sites d'intérêt a toutefois un effet sur l'évaluation globale des effets cumulatifs incluant l'ensemble des composantes valorisées; en effet, les sites d'intérêt reçoivent un score de vulnérabilité maximal, ce qui n'est pas le cas pour les autres composantes valorisées considérées au sein de cette évaluation (voir sections précédentes). En termes relatifs, la vulnérabilité des sites d'intérêt est ainsi considérée supérieure à la majorité des autres composantes valorisées incluses à l'évaluation. Ceci impose nécessairement un biais "en faveur" des sites d'intérêt pour l'évaluation globale. Les résultats de l'évaluation sont toutefois présentés et discutés par composantes valorisées individuelles afin de pallier à ce biais.

Afin d'assurer une continuité pour la vulnérabilité des sites d'intérêt, une valeur de vulnérabilité égale à 1 a également été attribuée aux sites d'intérêt publics, *i.e.* les aires protégées et les sites patrimoniaux.

---

2. R est un logiciel libre destiné aux statistiques, la science des données et les graphiques (https://www.r-project.org/)↩
3. ArcGIS est une suite de logiciels d'information géographique (SIG) développés par la société américaine Esri (https://www.arcgis.com/index.html)↩
4. GitHub est un service web d'hébergement et de gestion de développement de logiciels utilisé par plus de 40 millions d'utilisateurs partout à travers le monde (https://github.com/).↩

5 Résultats de l'évaluation

Les sections suivantes présentent les principaux résultats de l'évaluation des effets cumulatifs. Nous commençons par présenter et discuter de résultats issus des modèles partiels, *i.e.* les stresseurs cumulés, les composantes valorisées cumulées et l'exposition

cumulée; ces résultats permettent d'amorcer l'interprétation des résultats de l'évaluation des effets cumulatifs en explorant des portions plus restreintes de l'évaluation complète. Nous présentons ensuite les résultats de l'évaluation des effets cumulatifs complets à partir du modèle général d'évaluation.

5.1 Stresseurs et hotspots cumulés

La méthode utilisée pour obtenir les résultats suivants est présentée à la section 3.2.2.1 du rapport.

L'évaluation des stresseurs cumulés dans la zone d'étude permet de constater que l'ensemble de la zone d'étude est exposée au moins à faible intensité aux stresseurs environnementaux reliés aux activités maritimes (Figures 5.1 et 5.2). Les grandes villes portuaires et la voie navigable sont particulièrement exposées aux stresseurs. Dans le secteur fluvial, les régions de Québec, Trois-Rivières, Sorel-Tracy et Montréal sont des milieux qui sont à risque des effets des stresseurs; dans le secteur maritime, les régions plus à risque sont le sud de l'Île d'Orléans, l'embouchure de la rivière Saguenay, Rivière-du-Loup, Rimouski, Matane et Baie-Comeau. Puisque le secteur fluvial est beaucoup plus étroit que le secteur maritime, les stresseurs environnementaux y sont plus concentrés qu'au sein du secteur maritime, où les stresseurs sont largement répandus, mais diffus spatialement. L'ensemble de ces observations sont renforcées par les résultats de hotspots cumulés, qui permettent de délimiter plus précisément les milieux les plus exposés au cumul des stresseurs à haute intensité (Figure 5.3).

Les stresseurs environnementaux les plus répandus sont la navigation dans l'ensemble de la zone d'étude et la pêche commerciale (Figure 5.4). La pollution maritime est également largement répandue au sein de la zone d'étude (Figure 5.4), une observation attendue puisqu'elle a été évaluée en utilisant, entre autres, la distribution de la navigation et de la pêche (voir section 4.2.7). La distribution des ancrages, des déversements accidentels, des activités de dragage et des sites de naufrages sont quant à eux distribués de façon ponctuelle au sein de la zone d'étude (Figure 5.4). Plusieurs de ces stresseurs se

superposent néanmoins à haute intensité au sein de milieux également exposés à la navigation, la pêche et la pollution; ces stresseurs contribuent ainsi à l'exposition totale des milieux les plus exposés aux stresseurs cumulés dans la zone d'étude.

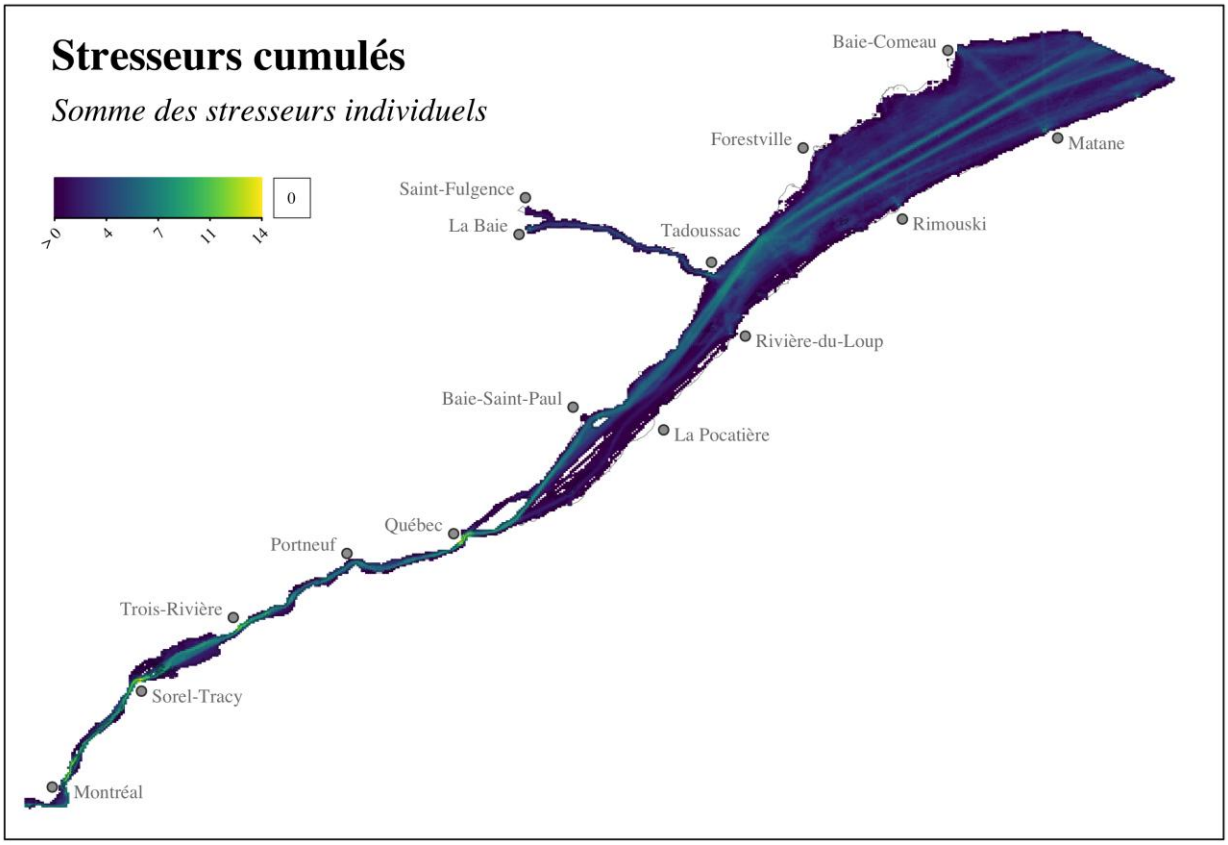


Figure 5.1: Distribution des stresseurs cumulés au sein de la zone d'étude

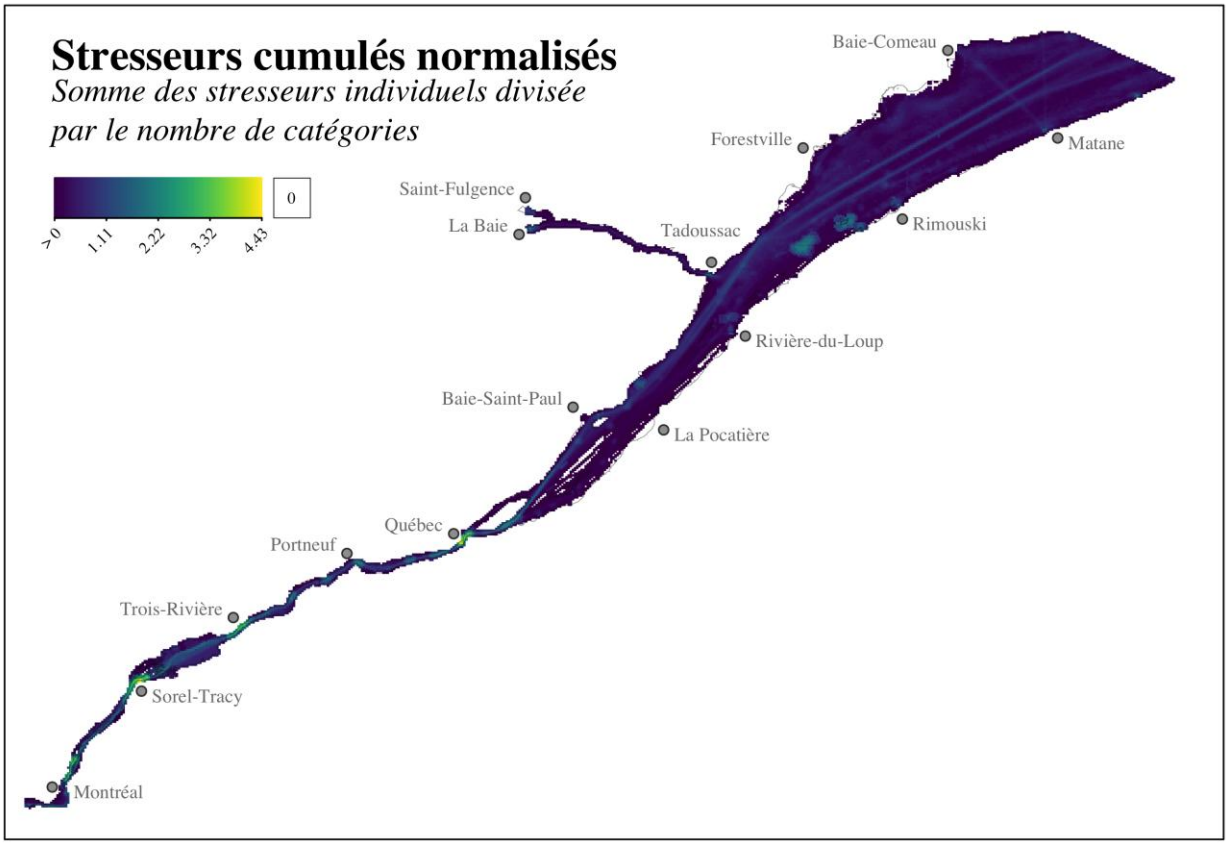


Figure 5.2: Distribution des stresseurs cumulés normalisés au sein de la zone d'étude

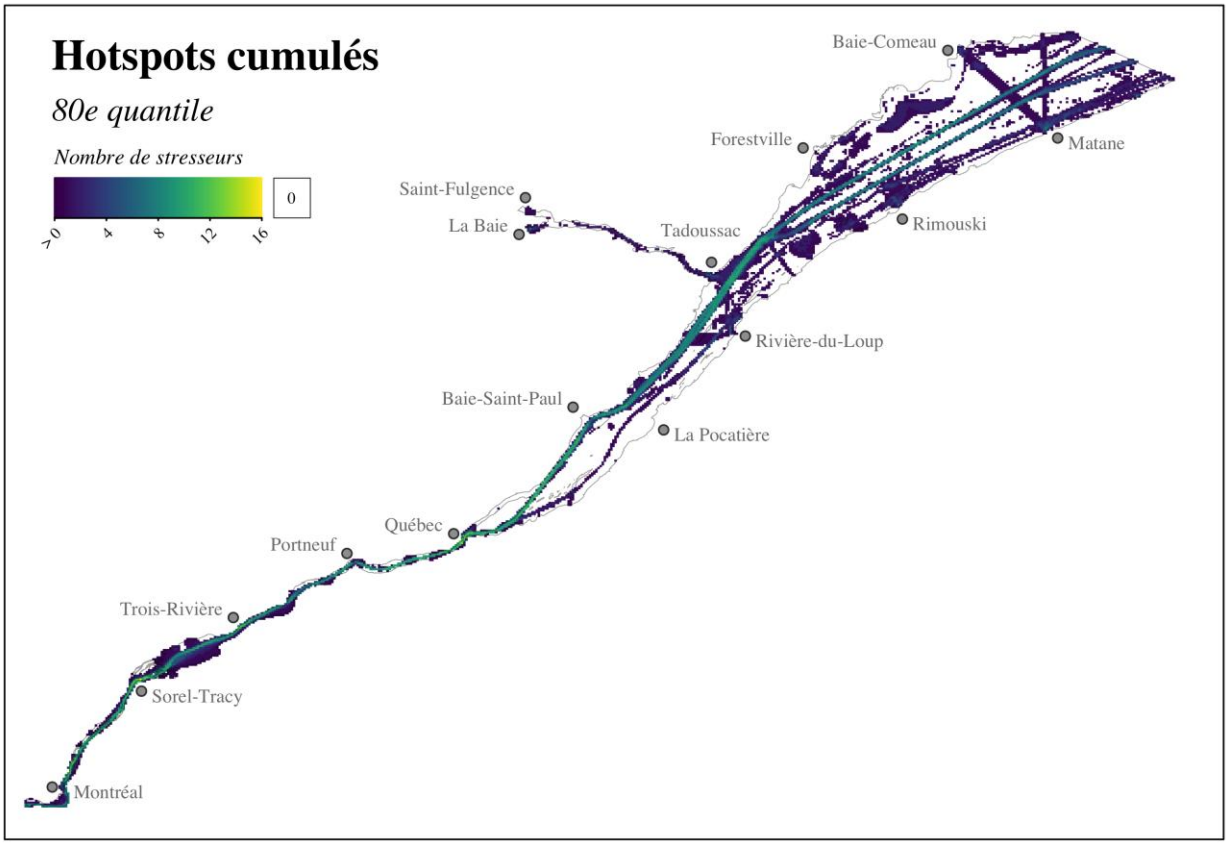
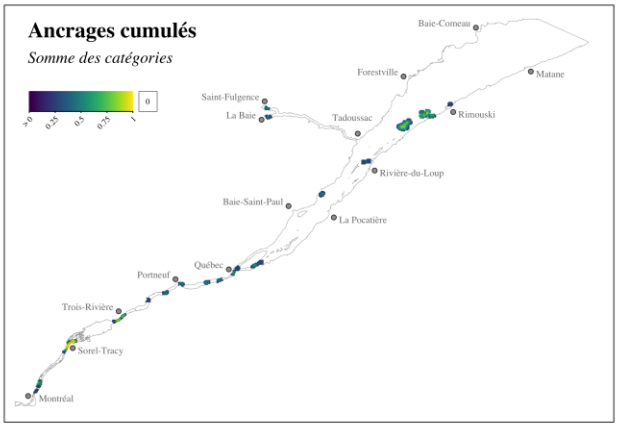
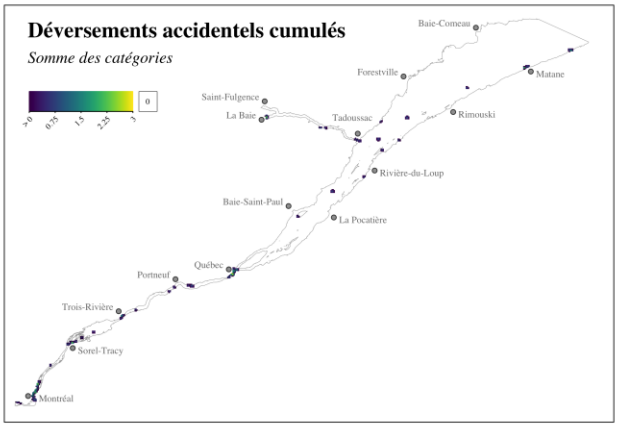
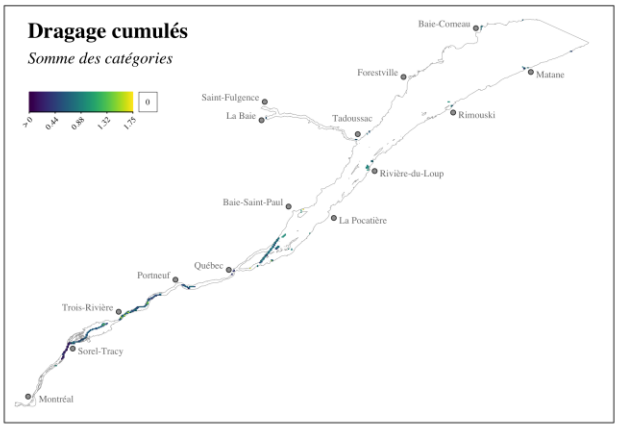
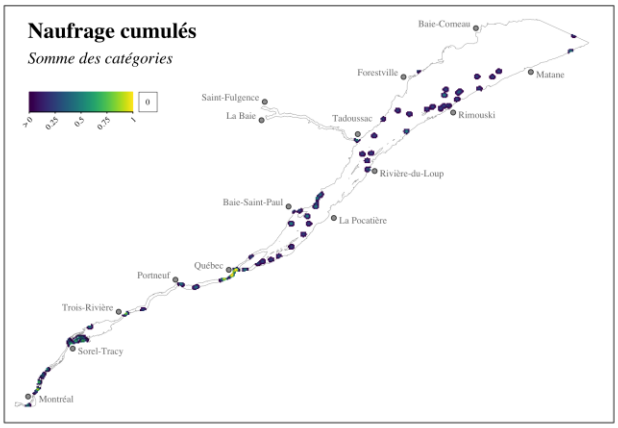


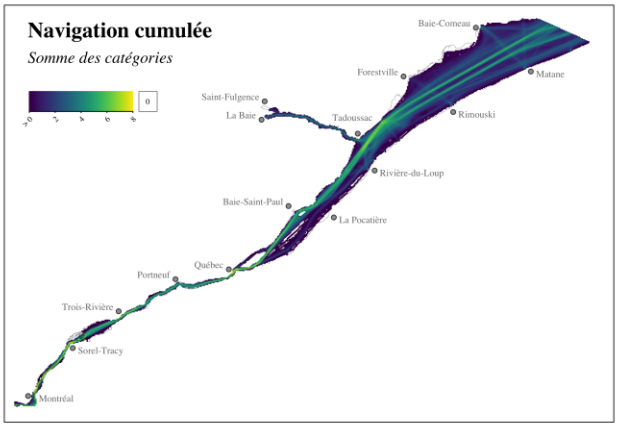
Figure 5.3: Distribution des hotspots cumulés au sein de la zone d’étude

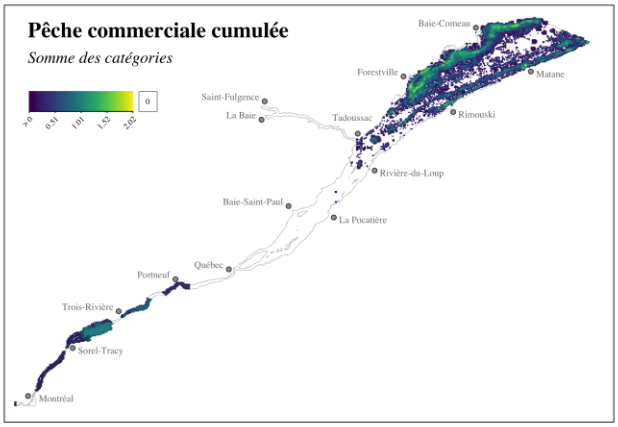

Ancrages cumulés
Somme des catégories
>0
0.25
0.5
0.75
1
0
Baie-Comeau
Forestville
Matane
Saint-Fulgence
La Baie
Tadoussac
Rimouski
Rivière-du-Loup
Baie-Saint-Paul
La Pocatière
Québec
Portneuf
Trois-Rivière
Sorel-Tracy
Montréal


Déversements accidentels cumulés
Somme des catégories
>0
0.75
1.5
2.25
3
0
Baie-Comeau
Forestville
Matane
Saint-Fulgence
La Baie
Tadoussac
Rimouski
Rivière-du-Loup
Baie-Saint-Paul
La Pocatière
Québec
Portneuf
Trois-Rivière
Sorel-Tracy
Montréal


Dragage cumulés
Somme des catégories
>0
0.44
0.88
1.32
1.75
0
Baie-Comeau
Forestville
Matane
Saint-Fulgence
La Baie
Tadoussac
Rimouski
Rivière-du-Loup
Baie-Saint-Paul
La Pocatière
Québec
Portneuf
Trois-Rivière
Sorel-Tracy
Montréal


Naufrage cumulés
Somme des catégories
>0
0.25
0.5
0.75
1
0
Baie-Comeau
Forestville
Matane
Saint-Fulgence
La Baie
Tadoussac
Rimouski
Rivière-du-Loup
Baie-Saint-Paul
La Pocatière
Québec
Portneuf
Trois-Rivière
Sorel-Tracy
Montréal


Navigation cumulée
Somme des catégories
>0
2
4
6
8
0
Baie-Comeau
Forestville
Matane
Saint-Fulgence
La Baie
Tadoussac
Rimouski
Rivière-du-Loup
Baie-Saint-Paul
La Pocatière
Québec
Portneuf
Trois-Rivière
Sorel-Tracy
Montréal


Pêche commerciale cumulée
Somme des catégories
>0
0.51
1.01
1.52
2.02
0
Baie-Comeau
Forestville
Matane
Saint-Fulgence
La Baie
Tadoussac
Rimouski
Rivière-du-Loup
Baie-Saint-Paul
La Pocatière
Québec
Portneuf
Trois-Rivière
Sorel-Tracy
Montréal

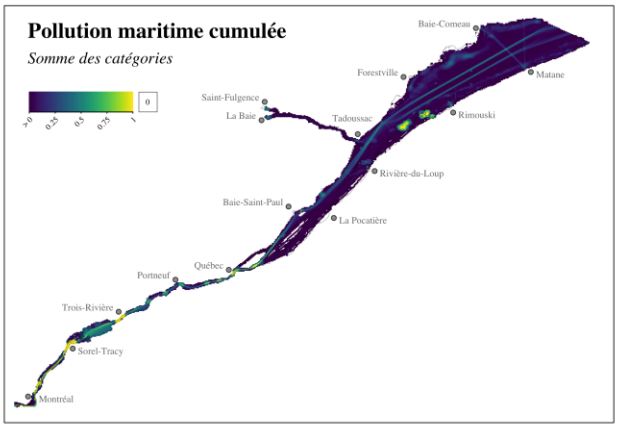

Pollution maritime cumulée
Somme des catégories
>0
0.25
0.5
0.75
1
0
Baie-Comeau
Forestville
Matane
Saint-Fulgence
La Baie
Tadoussac
Rimouski
Rivière-du-Loup
Baie-Saint-Paul
La Pocatière
Québec
Portneuf
Trois-Rivière
Sorel-Tracy
Montréal

Figure 5.4: Cumul des catégories des différents types de stresseurs au sein de la zone d'étude. Le cumul des stresseurs environnementaux composés d'une seule catégorie, *i.e.* les sites d'ancrage et de naufrage, correspondent à la distribution de cette catégorie unique.

5.2 Composantes valorisées cumulées

La méthode utilisée pour obtenir les résultats suivants est présentée à la section 3.2.2.2 du rapport.

L'évaluation des composantes valorisées cumulées montre que l'entièreté de la zone d'étude est couverte par au moins une composante valorisée (Figures 5.5 et 5.6). Les milieux côtiers sont toutefois généralement couverts par un plus grand nombre de composantes valorisées. Ce constat est principalement influencé par les composantes valorisées d'intégrité des berges et d'habitats, dont la description est principalement côtière, et par un nombre importants de sites d'intérêt en milieux côtiers (Figure 5.7). L'ensemble des milieux côtiers du secteur fluvial est caractérisé par plusieurs composantes valorisées, mais la région du lac Saint-Pierre, incluant les secteurs en amont et en aval, semble particulièrement importante (Figures 5.5 et 5.6). Un examen plus détaillé permet d'observer que cette région est caractérisée par une diversité importante d'habitats et de sites d'intérêt, en plus de présenter plusieurs catégories de berges sensibles à l'érosion (Figure 5.7).

D'ordre général, le secteur fluvial est caractérisé par davantage de composantes valorisées que le secteur maritime. La région du secteur maritime présentant le plus grand nombre de composantes valorisées est l'embouchure de la rivière Saguenay, qui couvre essentiellement le Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent (Figures 5.5 et 5.6). Cette observation est reliée à la diversité importante de mammifères marins qui fréquentent cette région et à une quantité importante de sites d'intérêt (Figure 5.7). Il est également important de rappeler que la caractérisation de la composante valorisée d'intégrité des berges s'est limitée au secteur fluvial uniquement.

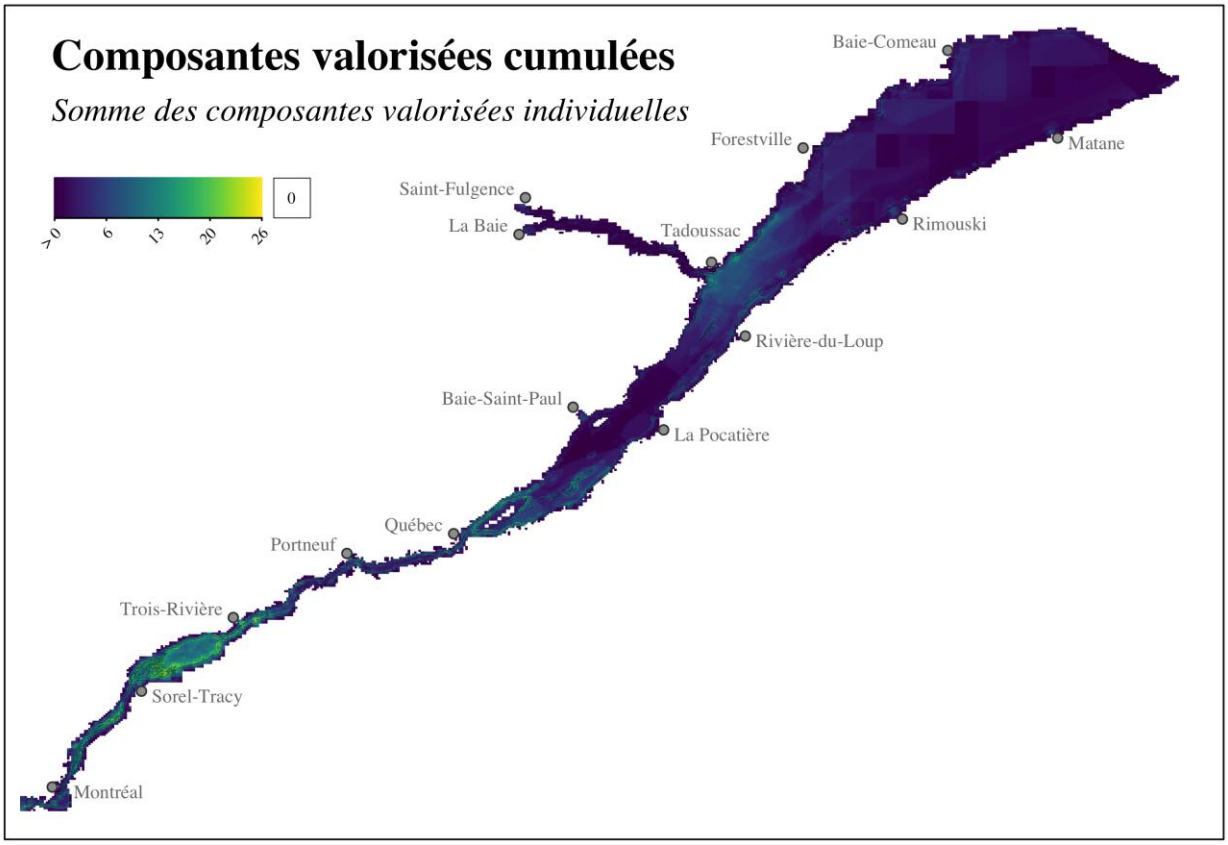


Figure 5.5: Distribution des composantes valorisées cumulées au sein de la zone d'étude

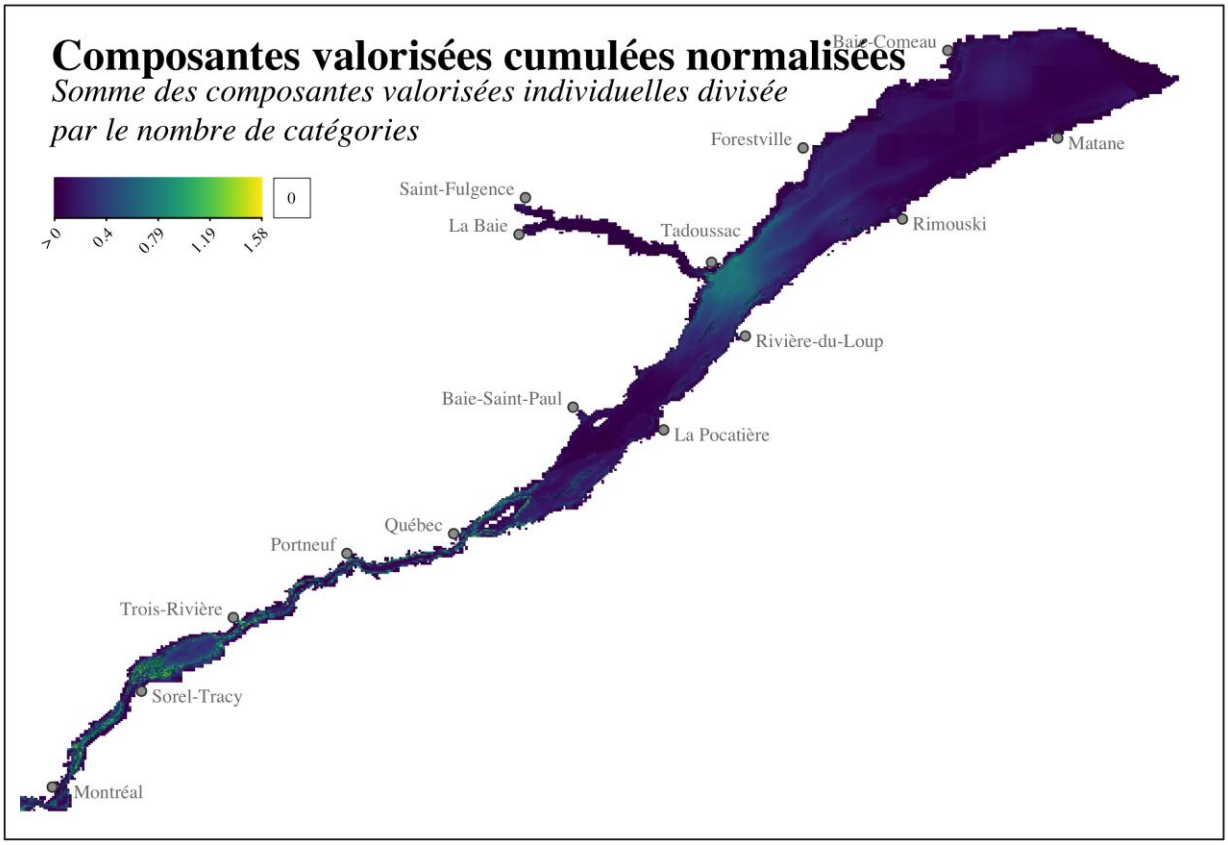


Figure 5.6: Distribution des composantes valorisées cumulées normalisés au sein de la zone d'étude

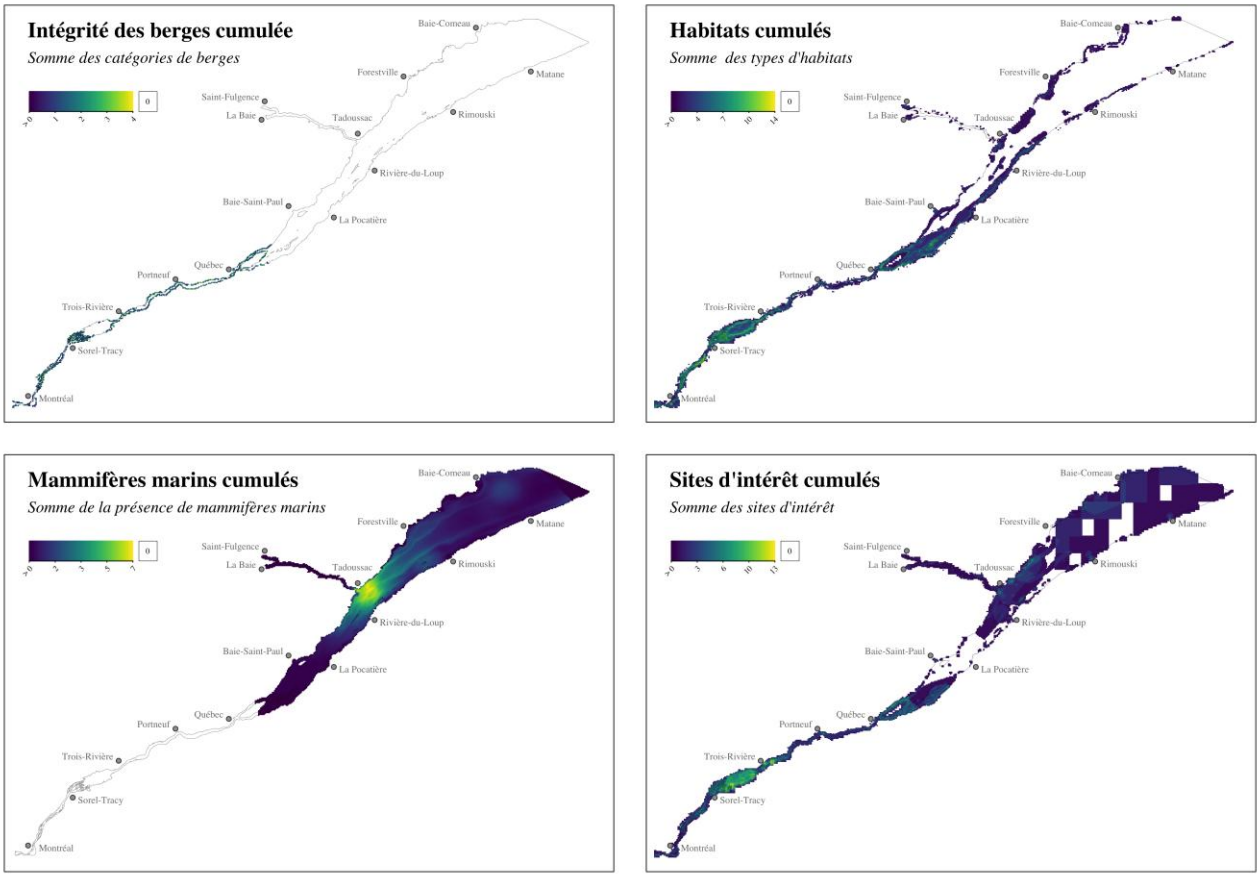


Figure 5.7: Cumul des catégories de composantes valorisées au sein de la zone d'étude

5.3 Exposition cumulée

La méthode utilisée pour obtenir les résultats suivants est présentée à la section 3.2.2.3 du rapport.

À titre de rappel, la distribution spatiale de l'exposition cumulée est entièrement contrainte par les zones de chevauchement entre les stresseurs environnementaux et les composantes valorisées, *i.e.* les stresseurs et les composantes valorisées doivent se retrouver au sein des mêmes milieux pour obtenir une valeur d'exposition cumulée. L'évaluation de l'exposition cumulée montre que les composantes valorisées sont exposées aux stresseurs dans l'ensemble de la zone d'étude (Figures 5.8 et 5.9). Certains milieux semblent toutefois particulièrement exposés aux stresseurs. Dans le secteur fluvial, la région de Québec et le sud de l'Île d'Orléans, ainsi que le chenal de navigation

entre Trois-Rivières et Montréal, incluant le lac Saint-Pierre, sont particulièrement exposés aux stresseurs. Dans le secteur maritime, la région la plus exposée aux stresseurs est l'embouchure du Saguenay au sein du Parc Marin du Saguenay-Saint-Laurent, et ce particulièrement sur la rive nord du Saint-Laurent jusqu'à la portion du Saguenay qui couvre la traverse entre Tadoussac et Baie-Sainte-Catherine.

Les milieux où l'exposition est importante sont caractérisés par une diversité importante de composantes valorisées (Figure 5.5) et de stresseurs environnementaux (Figure 5.1). Par exemple, la région de Sorel-Tracy, qui s'étend dans le lac Saint-Pierre, présente plusieurs types d'habitats, de sites d'intérêt et de milieux sensibles à l'érosion (Figure 5.7); cette même région est caractérisée par une importante présence de la navigation commerciale, de pêche commerciale, des sites d'ancrage, des déversements accidentels, des sites de naufrage, des opérations annuelles de dragage, et conséquemment d'un risque plus important de pollution maritime (Figure 5.7). Similairement, l'embouchure du Saguenay est quant à elle caractérisée principalement par une forte pression de la navigation (Figure 5.4) qui chevauche la présence d'une diversité importante de mammifères marins (Figure 5.7); s'ajoute à ces derniers plusieurs habitats et sites d'importances, ainsi que des stresseurs plus ponctuels comme des déversements, des sites d'ancrage et de la pêche commerciale (Figures 5.4 et 5.7).

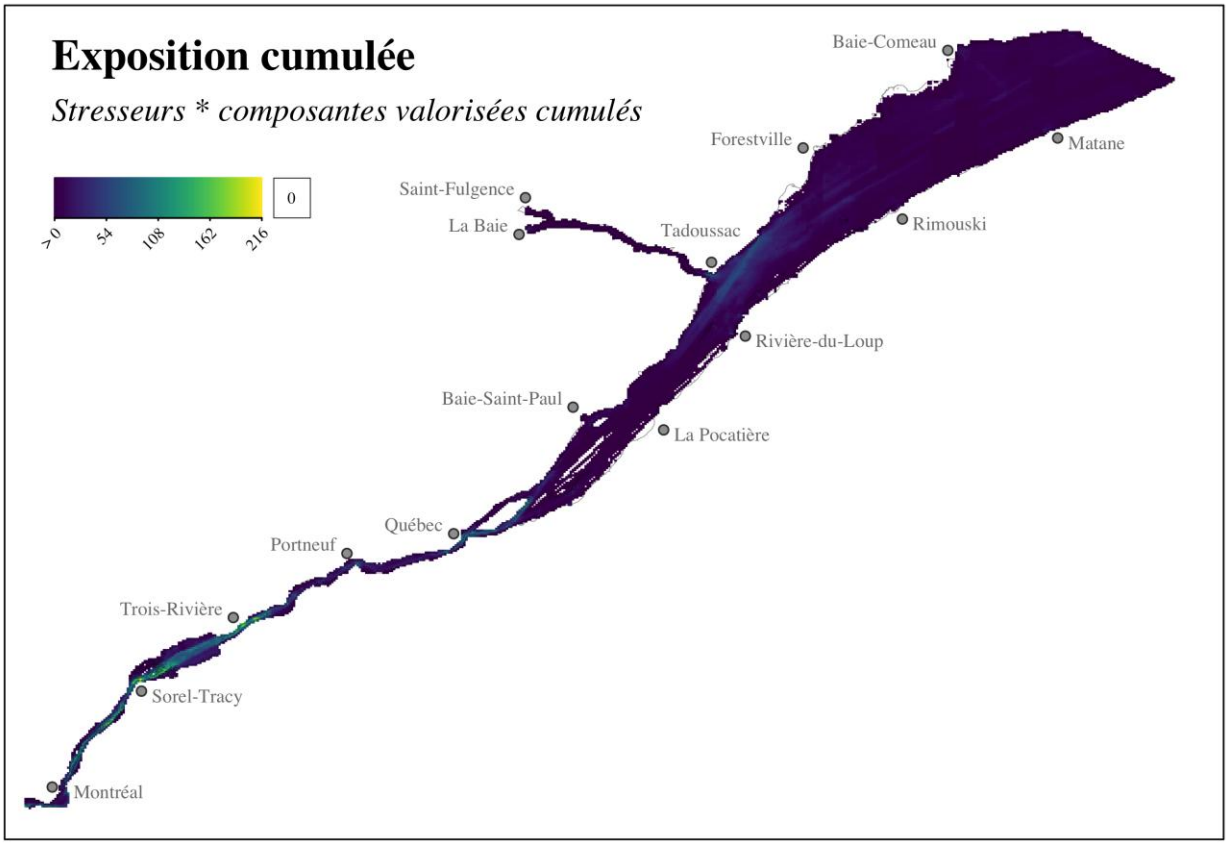


Figure 5.8: Distribution de l'exposition cumulée des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux au sein de la zone d'étude

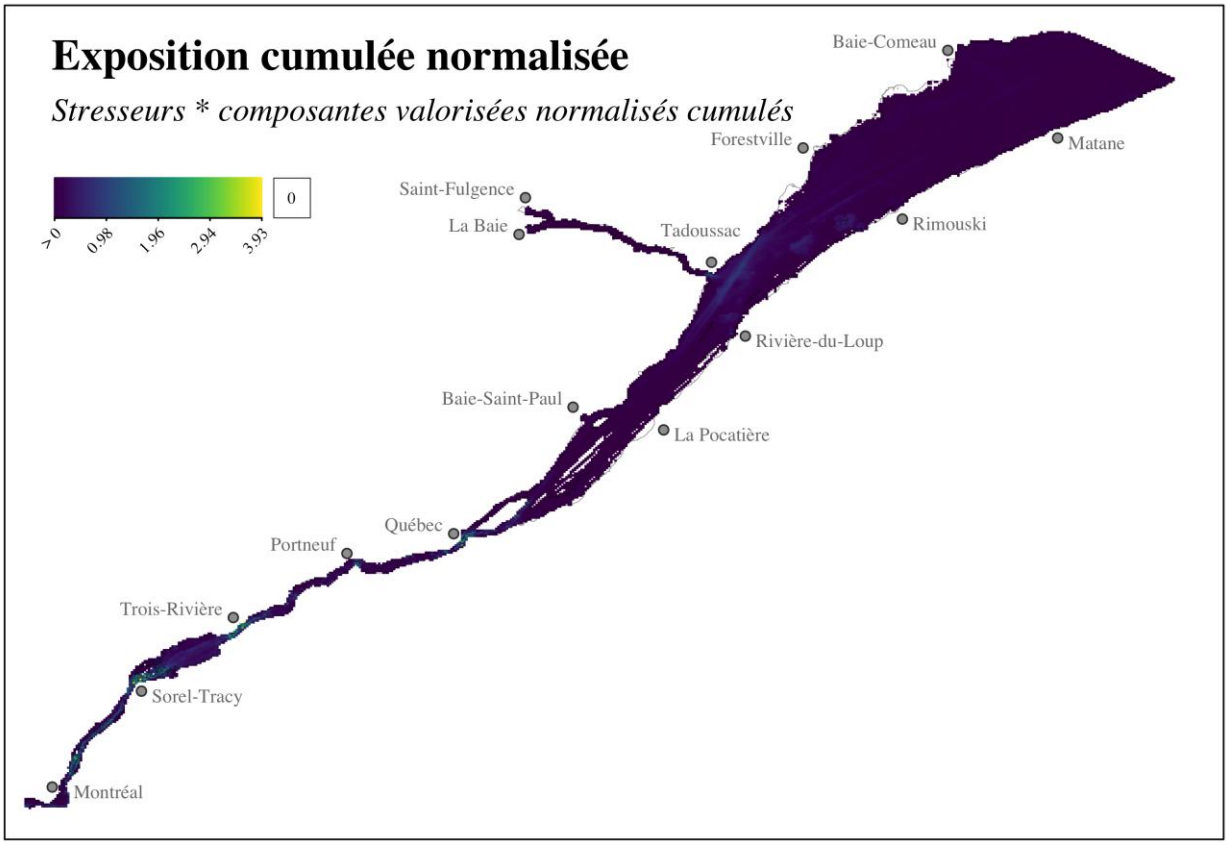


Figure 5.9: Distribution de l'exposition cumulée des composantes valorisées normalisées aux stresseurs environnementaux normalisés au sein de la zone d'étude

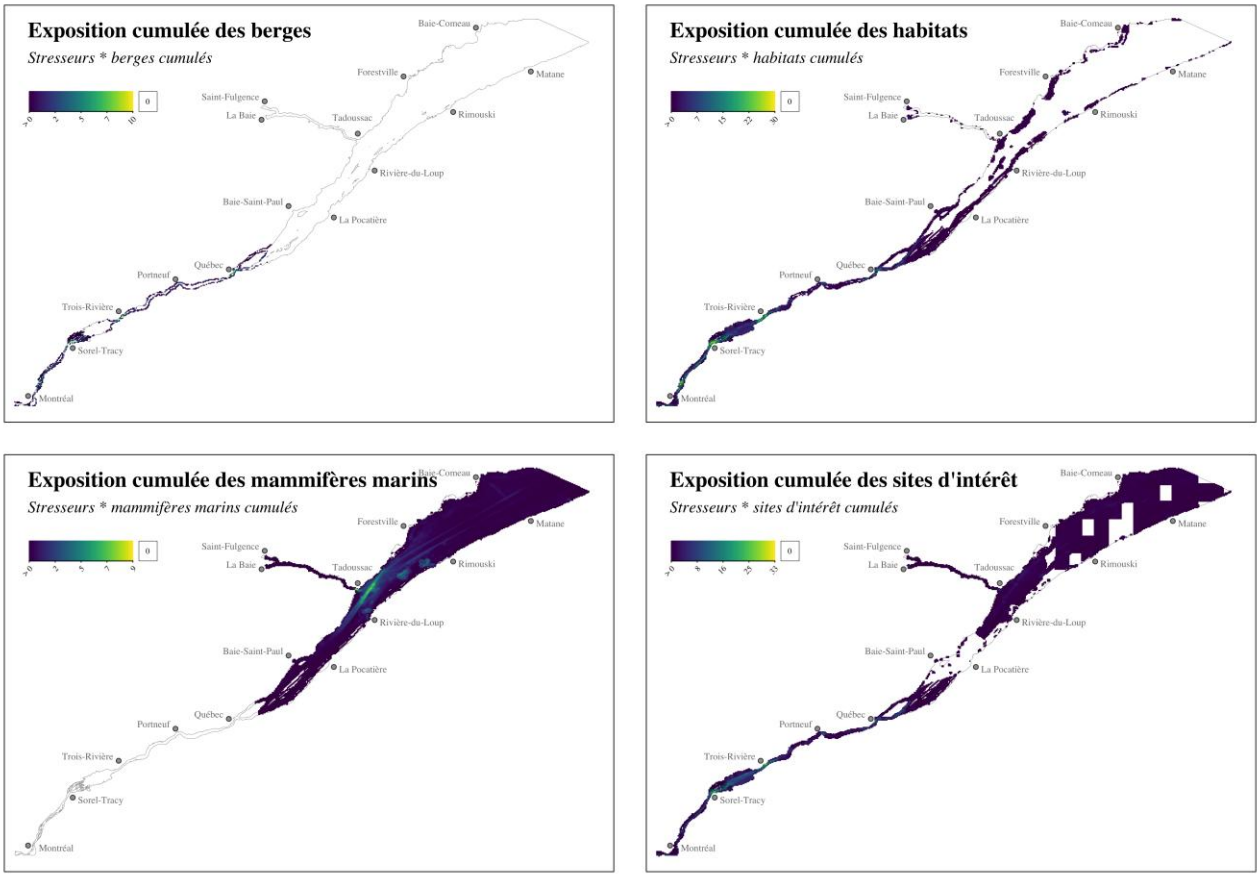


Figure 5.10: Distribution de l’exposition cumulée des différentes catégories de composantes valorisées aux stresseurs environnementaux au sein de la zone d’étude

5.4 Effets cumulatifs

La méthode utilisée pour obtenir les résultats suivants est présentée à la section 3.2.1 du rapport.

Le résultat principal de l’évaluation applique le modèle global d’évaluation des effets cumulatifs en incluant la distribution et l’intensité des stresseurs environnementaux, la distribution des composantes valorisées, et la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux. La présentation des résultats du modèle global a ainsi déjà été amorcée par l’exploration des résultats des modèles partiels (voir sections 5.1, 5.2 et 5.3). En incluant la vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux, le modèle global permet de moduler l’intensité des effets cumulatifs

prédits; la distribution des effets cumulatifs peut ainsi être similaire à celle de l'exposition cumulée, mais l'intensité relative des effets prédits peut être supérieure ou inférieure en fonction de la vulnérabilité des composantes valorisées (voir section 3.2 pour plus de détails).

Les résultats de l'évaluation des effets cumulatifs révèlent que les milieux les plus affectés par les stresseurs environnementaux sont similaires à ceux identifiés par l'évaluation de l'exposition cumulée (Figures 5.8 et 5.11); une interprétation similaire peut ainsi être faite quant à la distribution spatiale des effets cumulatifs. Les composantes valorisées sont à risque des effets cumulatifs des stresseurs environnementaux issus des activités maritimes dans l'ensemble de la zone d'étude. Les milieux les plus à risque des effets cumulatifs des activités maritimes sont ceux où se chevauchent une plus grande diversité de composantes valorisées (Figure 5.5) et de stresseurs environnementaux (Figure 5.1).

Au sein du secteur fluvial, ce sont les régions de Québec et le sud de l'Île d'Orléans, ainsi que l'entièreté du chenal de navigation entre Trois-Rivières et Montréal, incluant le lac Saint-Pierre, qui sont particulièrement à risque; l'embouchure de la rivière Saguenay est la région du secteur maritime la plus affectée par les stresseurs reliés aux activités maritimes (Figure 5.11 et 5.12). En terme de composantes valorisées, ces milieux affichent une diversité importante d'habitats et de sites d'intérêt, en plus d'afficher des zones où l'intégrité des berges est à risque des activités maritime un peu partout (Figure 5.12 et 5.7). Ces milieux sont également soumis à une diversité importantes de stresseurs environnementaux à haute intensité (Figure 5.4)

Au sein du secteur maritime, les effets cumulatifs prédits sont largement répandus à faible intensité (Figure 5.11). Seule l'embouchure de la Rivière Saguenay affiche des effets cumulatifs plus intenses (Figure 5.11) qui sont largement dictés par les effets de la navigation sur les mammifères marins qui fréquentent cette région de la zone d'étude (Figure 5.12). En plus des mammifères marins, plusieurs sites d'intérêt ont également été identifiés dans cette région (Figure 5.12).

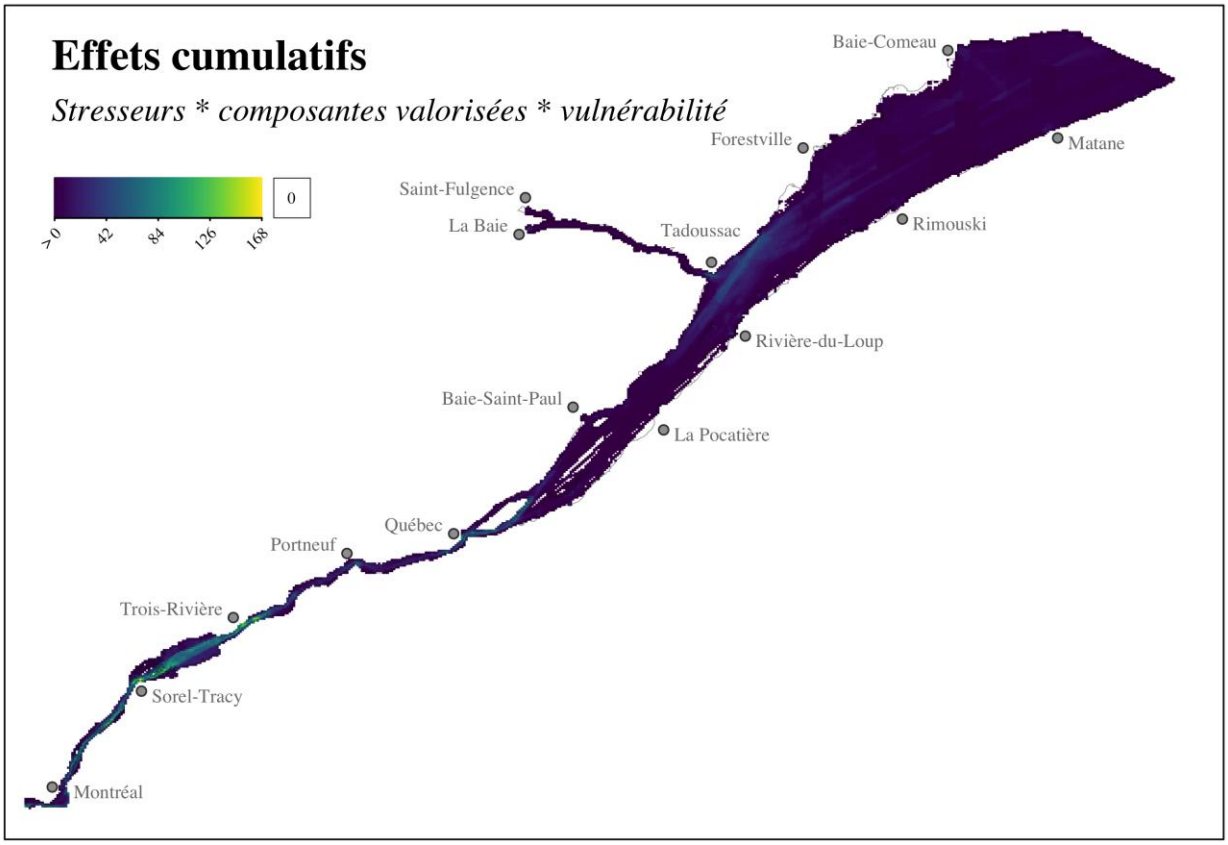


Figure 5.11: Distribution des effets cumulatifs des sources de stress reliés aux activités maritimes sur les composantes valorisée

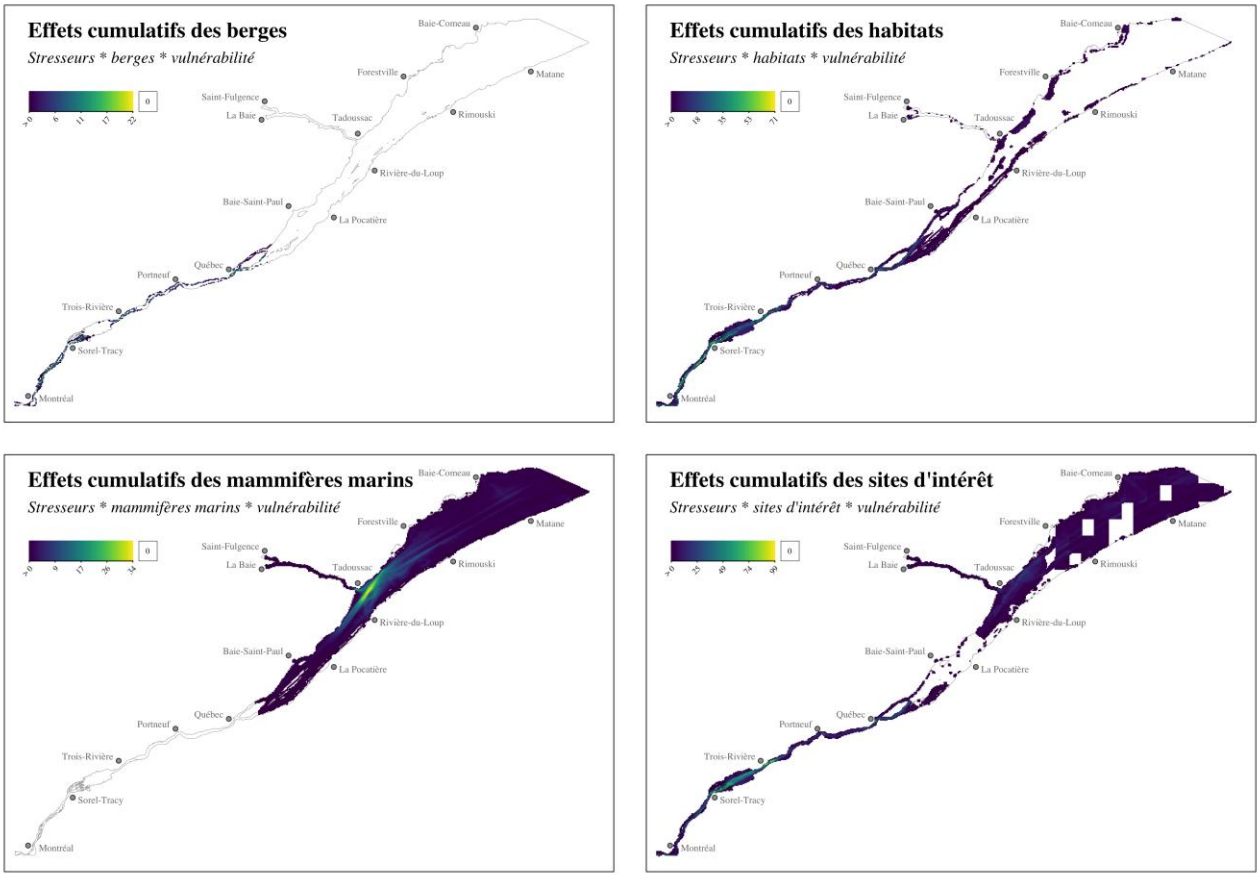


Figure 5.12: Distribution des effets cumulatifs des sources de stress reliés aux activités maritimes sur l'intégrité des berges, les habitats, les mammifères marins et les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques

5.5 Chemins d'effet

L'évaluation des effets cumulatifs proposée permet en théorie d'explorer l'ensemble des combinaisons de stresseurs et de composantes valorisées incluses à l'évaluation. Considérant les 26 catégories de stresseurs et les 83 catégories de composantes valorisées, il s'agit de près de 2 000 paires possibles; ces paires forment l'ensemble des chemins d'effets directs que peuvent emprunter les stresseurs environnementaux pour affecter les composantes valorisées. Un chemin d'effet établit les liens entre les activités et leurs incidences potentielles sur divers aspects de l'écosystème (DFO, 2020).

Bien que nous ne pouvons explorer l'ensemble de ces chemins d'effet au sein de ce rapport, les figures 5.13 et 5.14 fournissent une représentation visuelle de l'ensemble de ces combinaisons et de la contribution des stresseurs aux effets cumulatifs totaux prédits pour chaque composante valorisée considérée. Les effets totaux des stresseurs environnementaux sur les composantes valorisées ont été évalués par la somme des effets divisée par la superficie totale de la composante valorisée sur laquelle un effet est prédit. Par exemple, si un habitat d'une superficie de 2 km^2 est affecté par deux stresseurs ayant des effets prédits de 0.25 et 0.75, respectivement, l'effet total sur la composante valorisée est de 0.5 km^{-2}. Plus un stresseur a une répartition spatiale importante, plus son effet total risque d'être élevé; similairement, les effets totaux risquent d'être plus élevés plus une composante valorisée dont la répartition est moins répandue.

La figure 5.13 permet de visualiser l'ensemble des chemins d'effets directs prédits au sein de l'évaluation des effets cumulatifs. Les liens représentent la présence d'un effet prédit d'un stresseur sur une composante valorisée. La taille des points représente les effets totaux prédits sur les composantes valorisées ou en provenance des stresseurs environnementaux. Il est important de noter que cette figure ne devrait pas être interprétée dans les détails; elle permet plutôt de visualiser en un coup d'oeil la quantité d'information disponible au sein de l'évaluation des effets cumulatifs effectuée. On y dénombre 1531 chemins d'effet directs exerçant un effet relatif moyen de 0.11 $\pm$ 0.15, considérant que l'effet relatif maximal possible est de 1 selon notre méthode d'évaluation.

La figure 5.14 est complémentaire à la figure 5.13 et permet d'explorer les chemins d'effets plus en détails en présentant la contribution relative de chaque stresseur aux effets prédits pour chaque composante valorisée. On y note des effets importants de la navigation et de la pollution maritime sur l'ensemble des composantes valorisées considérées. Ces résultats sont attendus puisque ces stresseurs sont les plus répandus parmi ceux considérés pour l'évaluation. Les pêches commerciales affectent quant à elles certaines catégories de composantes valorisées plus intensément, comme plusieurs sites d'intérêt et des habitats du milieu fluvial et les gisements coquilliers du milieu maritime. La pêche commerciale en milieu fluvial semble avoir un effet global supérieur aux activités de

pêche en milieu maritime, sans doute dû à l'étendue spatiale restreint du secteur fluvial comparativement à celui du secteur maritime. En général, les autres stresseurs environnementaux ont des effets totaux plus faibles; ces effets totaux plus faibles peuvent être expliqués par la distribution davantage ponctuelle des autres stresseurs environnementaux au sein de la zone d'étude.

Les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques sont les plus exposés aux effets des stresseurs issus des activités maritimes. Il faut toutefois noter que l'ensemble des sites d'intérêt ont été considérés vulnérables à l'ensemble des stresseurs environnementaux; en tant que tel, un chevauchement spatial entre un stresseur et un site d'intérêt était suffisant à l'identification d'un chemin d'effet. Une comparaison entre les effets totaux sur les sites d'intérêt et les autres composantes valorisées devrait ainsi être évitée, ou minimalement prendre en considération la vulnérabilité maximale attribuée aux sites d'intérêt. Il s'agit néanmoins d'un résultat important qui est informatif quant à l'exposition des sites d'intérêt aux activités maritimes dans la zone d'étude.

Outre les sites d'intérêt, l'intégrité des berges est la composante valorisée qui est la plus affectée, et ce principalement par la navigation et en moindre mesure par les activités de dragage. Les effets totaux sur les habitats varient quant à eux selon les types d'habitats, bien que ces derniers soient affectés par une diversité importante de stresseurs environnementaux.

Finalement, la composante valorisée la moins affectée est celle des mammifères marins. Par contre, il est important de rappeler que ces espèces couvrent un territoire très important et que par conséquent l'évaluation par km^2 sous-évalue les scores d'effets cumulatifs prédits. Une analyse visant spécifiquement les milieux essentiels de ces espèces augmenterait sans doute les effets totaux prédits sur les mammifères marins. Il est également important de ne pas minimiser les effets cumulatifs sur les mammifères marins puisqu'une des zones les plus à risque des effets cumulatifs des activités maritimes se trouve à l'embouchure de la Rivière Saguenay dû à la présence importante de mammifères marins (Figures 5.11 et 5.12).

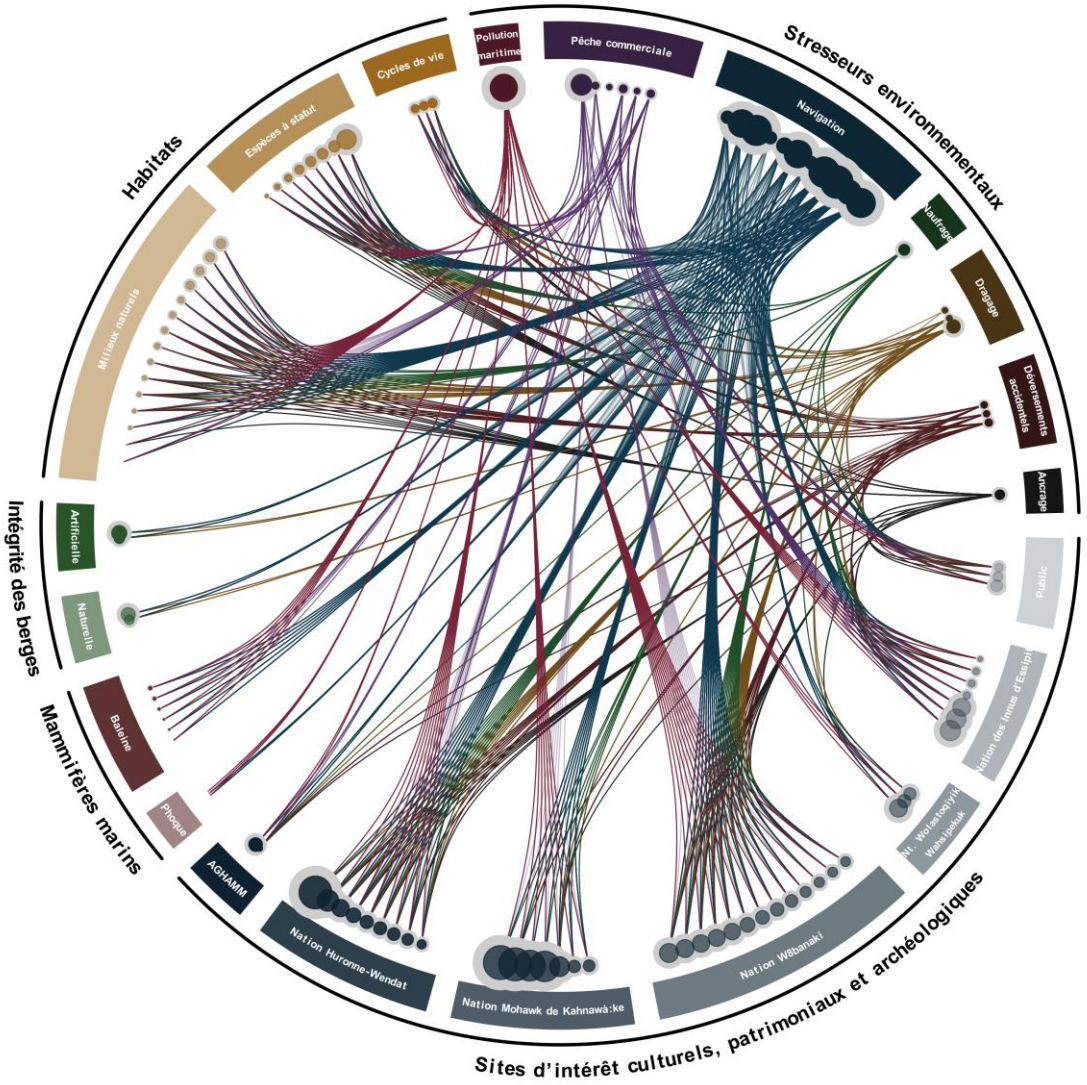


Figure 5.13: Réseau multiplex présentant la présence d'un effet des stresseurs individuels sur chaque composante valorisée considérées à l'évaluation des effets cumulatifs (*i.e.* liens colorés), les effets cumulatifs totaux sur chaque composante valorisée (*i.e.* taille des points des composantes valorisées) et l'effet moyen des stresseurs (*i.e.* taille des points des stresseurs). Cette visualisation permet de représenter la quantité d'information disponible au sein de la base de données générée par l'évaluation des effets cumulatifs.

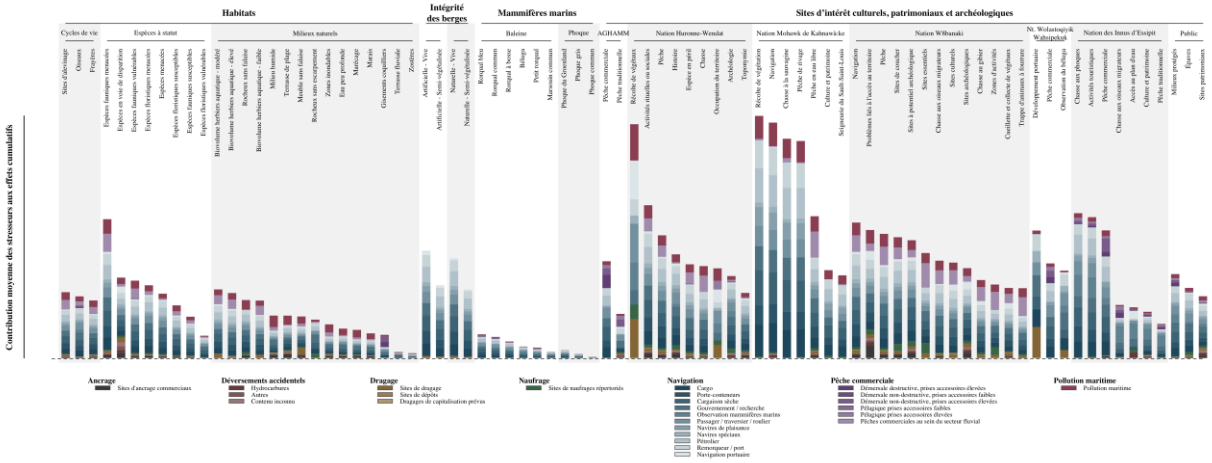


Figure 5.14: Contribution moyenne par km^2 des stresseurs aux effets cumulatifs des activités maritimes sur les composantes valorisées dans la zone d'étude

5.6 Régions administratives

Une évaluation des effets cumulatifs par km^2 au sein des 11 régions administratives (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2021b) qui se séparent la zone d'étude a également été effectuée afin d'explorer les différences régionales au niveau de l'intensité des effets cumulatifs (Figures 5.15 et 5.16). L'évaluation globale combinant l'ensemble des composantes valorisées révèle que les régions administratives du secteur fluvial sont beaucoup plus à risque des effets cumulatifs des activités maritimes, alors que le secteur maritime semble moins à risque. La Montérégie en particulier semble être la région la plus affectée par les effets des activités maritimes. Ces observations sont dues à la concentration des activités maritimes au sein d'un corridor beaucoup plus étroit au sein du secteur fluvial comparativement au secteur maritime. Bien que cette observation ne soit pas étonnante, elle suggère qu'une augmentation du trafic maritime au sein du secteur maritime risque d'avoir des conséquences disproportionnées au sein du secteur fluvial si ce trafic se dirige vers les Grands Lacs. Le passage d'un navire supplémentaire à Québec ne peut ainsi être interprété de la même façon qu'un navire supplémentaire à Montréal. La pêche commerciale affiche également un effet important au sein du secteur fluvial, et ce particulièrement pour les régions du Centre-du-Québec, de Lanaudière et de la Mauricie.

Par extension à la navigation et à la pêche commerciale, la pollution maritime est également un stresseur important au sein des régions administratives du secteur fluvial. Les types de navires ayant les effets les plus importants sont d'ailleurs ceux reliés au transport de marchandise (*e.g.* pétrolier, cargaison sèche, cargo et porte-conteneurs). Les navires gouvernementaux semblent également pouvoir affecter négativement les composantes valorisées de la zone d'étude, sans doute dû à des routes de navigations moins contraintes par la voie navigable et ainsi des activités plus répandues à moindre intensité sur l'ensemble de la zone d'étude. La catégorie de navigation gouvernementale et de recherche est toutefois composée d'une diversité importante de types de navires, dont des embarcations militaires, des navires de patrouille et des navires de recherche scientifique. Cette diversité accroît l'incertitude quant à la vulnérabilité des composantes valorisées à ce type de navigation, et par conséquent aux effets prédits.

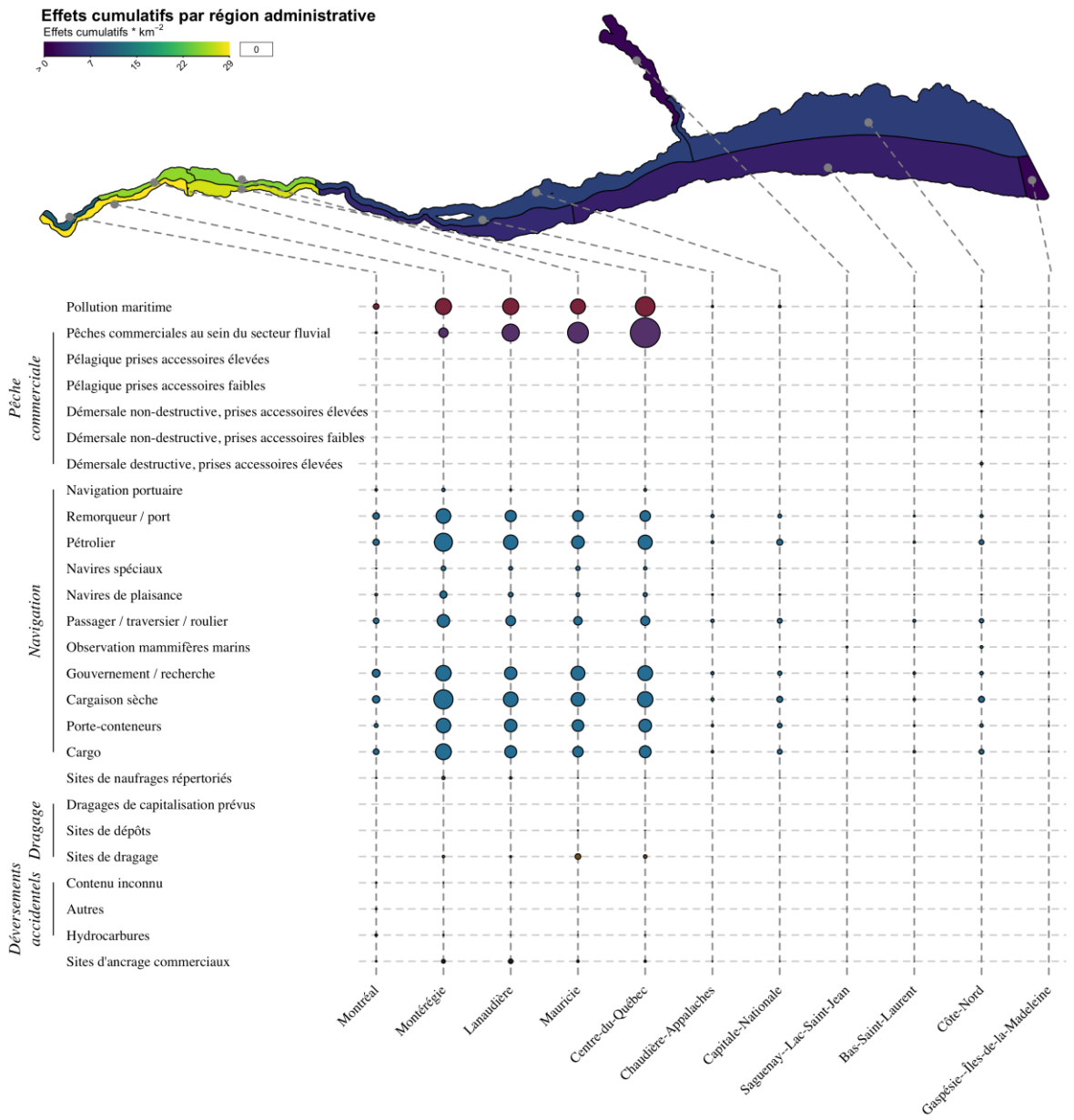


Figure 5.15: Contribution moyenne par km^2 des stresseurs aux effets cumulatifs des activités maritimes sur les composantes valorisées dans les régions administratives du Québec couvrant la zone d'étude

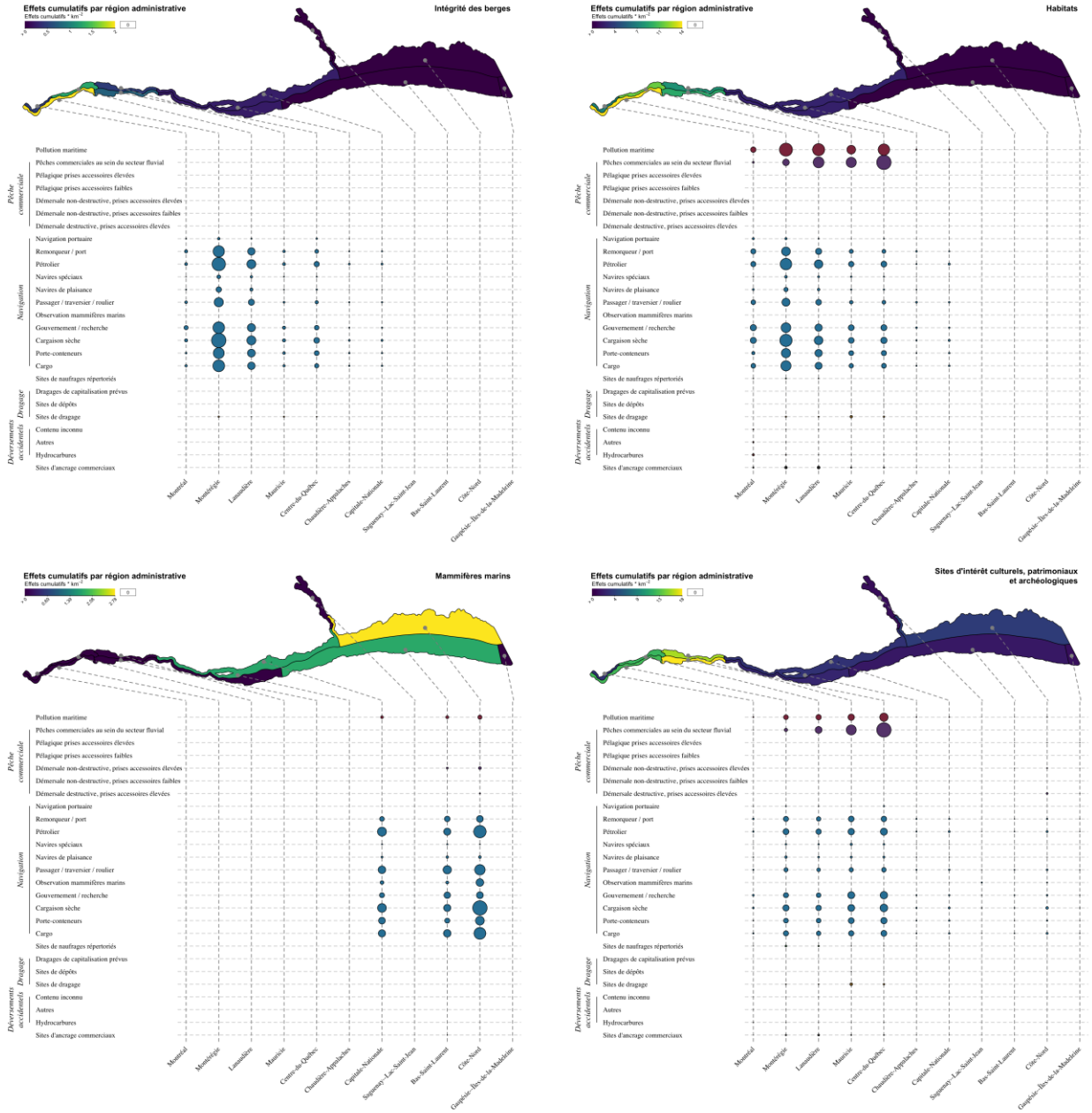


Figure 5.16: Contribution moyenne par km^2 des stresseurs aux effets cumulatifs des activités maritimes sur l'intégrité des berges, les habitats, les mammifères marins et les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans les régions administratives du Québec couvrant la zone d'étude

6 Limites et perspectives

Ce projet pilote visait à fournir une première évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes au sein de la zone d'étude. En tant que tel, il est attendu que cette évaluation constitue une première étape de l'établissement d'un processus d'évaluation durable et cyclique. Cette section présente ainsi certaines des limites et perspectives relatives à la méthode utilisée, aux éléments du portrait de la zone d'étude et aux résultats de l'évaluation. Des limites relatives à la portée de l'étude sont également présentées à la section 2.5 du rapport, bien que certaines soient réitérées au sein de cette section.

Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques

La caractérisation des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques des Premières Nations est accompagnée d'une série de limites et considérations à l'interprétation des résultats qui devrait être consultée par tout lecteur qui désire convenablement interpréter les résultats de l'évaluation des effets cumulatifs relatifs aux sites d'intérêt. Ces limites sont présentées à la section 4.3.5.1 du rapport. L'intégration de dimensions d'ordre sociales et culturelles représente néanmoins une lacune majeure pour l'évaluation des effets cumulatifs en général. Il n'a pu être possible, par exemple, d'attribuer des valeurs de vulnérabilité aux sites d'intérêt identifiés par les Premières Nations participantes; bien que difficile, certains représentants des Premières Nations nous ont indiqué qu'une évaluation de la vulnérabilité des sites pourrait permettre d'identifier certains sites plus à risque que d'autres aux activités maritimes. Ce travail débordait à la fois de notre mandat et de notre expertise; les résultats présentés se limitent ainsi essentiellement à l'évaluation de l'exposition cumulée des sites d'intérêt aux stresseurs environnementaux issus des activités maritimes.

Face à ce constat, une étude connexe a été enclenchée avec l'équipe de Roxane Lavoie, professeure à l'École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional de l'Université Laval, afin de s'intéresser spécifiquement aux dimensions

socioculturelles de l'évaluation des effets cumulatifs. Le projet, intitulé *Cultures et Nations Saint-Laurent*, a pour but de comprendre comment les communautés autochtones ont vécu l'intensification des activités maritimes sur le fleuve et de quelle façon leur attachement au territoire en a été affecté. Ce projet se déroule en étroite collaboration avec des représentant.e.s des Nations W8ban-Aki, Huronne-Wendat, Innue, Kanien'kehá:ka (Mohawk) et Wolastoqiyik. Il est financé par Transports Canada et le Réseau Québec maritime (RQM).

Perspective : les résultats de l'évaluation des effets cumulatifs présentés au sein de ce rapport pourraient être utilisés pour informer le projet *Cultures et Nations Saint-Laurent*. Similairement, le projet *Cultures et Nations Saint-Laurent* pourrait apporter des pistes d'interprétation des résultats de la présente étude afin d'explorer davantage les conséquences potentielles des effets cumulatifs des activités maritimes au sein de milieux d'importance pour les Premières Nations qui sont particulièrement à risque.

Évaluation régionale

Tel que mentionné en introduction du rapport, une limite imposée à la présente évaluation est sa portée sectorielle concentrée sur les activités maritimes liées à la navigation; elle ne peut ainsi être considérée comme une évaluation exhaustive des effets cumulatifs permettant d'adresser l'ensemble des préoccupations énoncées par les communautés locales. Pour une évaluation régionale des effets cumulatifs plus intégrative, il serait nécessaire de considérer l'ensemble des stresseurs environnementaux affectant la zone d'étude comme les changements climatiques et les stresseurs d'origine terrestre (*e.g.* Beauchesne et al., 2020). L'ajout de ces autres stresseurs pourrait permettre de couvrir la composante valorisée visant la qualité de l'eau, qui demeure une préoccupation justifiée des communautés locales.

Perspective : l'évaluation régionale de la région du fleuve Saint-Laurent récemment autorisée par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique du Canada suite à une demande présentée par la Nation Mohawk de Kahnawà:ke pourrait également

permettre de couvrir d'autres sources de stress importantes. Nous croyons que l'évaluation effectuée dans le cadre de ce projet pilote devrait supporter et informer cette évaluation régionale.

Rivière Saguenay

La Rivière Saguenay n'est pas un milieu identifié à risque des effets cumulatifs de la navigation au terme de notre évaluation des effets cumulatifs. Ce résultat doit cependant être contextualisé. En effet, une manque de connaissance généralisé caractérise cette région de la zone d'étude, de telle sorte qu'il est n'est pas possible, à la lumière de notre évaluation, de déteminer les risques réels posés par les activités maritimes au sein de cette région.

Perspective : prioriser une caractérisation écologique, sociale et culturelle de la Rivière Saguenay et refaire une évaluation des effets cumulatifs.

Caractérisation des habitats

La caractérisation des habitats utilisés pour l'évaluation des effets cumulatifs présentée dans ce projet pilote présente deux types d'habitats : 1) des habitats représentant des écosystèmes uniques et 2) des habitats représentant des milieux d'importance pour des espèces. Les milieux d'importance pour les espèces ne représentent pas un écosystème, mais plutôt des lieux connus pour leur importance pour certaines espèces ou groupes d'espèces. Ces sites se retrouvent évidemment au sein d'habitats tels des milieux humides et des herbiers aquatiques. En tant que tel, l'identification de ces sites uniques, précaires ou vulnérables pourraient être utilisée afin d'attribuer une vulnérabilité supérieure aux différents types d'habitats dans lesquels ils se retrouvent. Ainsi, un milieu humide abritant des espèces en péril pourrait voir sa vulnérabilité aux effets des sources de stress augmenter comparativement à un milieu humide qui n'abrite aucune espèce en péril connue. Une description exhaustive des habitats n'a toutefois pu être obtenue pour l'entièreté la zone d'étude. Par conséquent, les habitats d'importance pour les espèces ont

été retenus en tant qu'habitats distincts plutôt que comme critère permettant de moduler la vulnérabilité des habitats.

Perspective : réaliser une caractérisation exhaustive des habitats et définir/ajouter des critères pour évaluer leur vulnérabilité et refaire une évaluation des effets cumulatifs.

Vulnérabilité des habitats

L'évaluation de la vulnérabilité des habitats a été effectuée à partir d'études antérieures ayant fait appel à des 107 experts afin d'évaluer des scores de vulnérabilité de 19 types d'habitats à 53 stresseurs environnementaux (Kappel et al., 2012; Teck et al., 2010) et ces travaux ont déjà été repris, révisés et adaptés à de mainte reprises depuis (Clarke Murray et al., 2015b, 2015a; *e.g.* Maxwell et al., 2013; Trew et al., 2019). Cependant, aucune de ces études est spécifique à notre zone d'étude ou effectuée au sein de milieux d'eau douce.

Perspective : effectuer une révision des scores utilisés pour évaluer la vulnérabilité des habitats aux stresseurs environnementaux avec des experts de la zone d'étude et refaire une évaluation des effets cumulatifs. Par exemple, il serait pertinent de valider si la vulnérabilité utilisée pour la navigation gouvernementale et de recherche est adéquate dans le contexte de notre zone d'étude comparativement à l'étude originale de Kappel et al. (2012)

Variations intra-annuelles et saisonnières

L'exposition des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux peut afficher des variations intra-annuelles ou saisonnières. Par exemple, l'intensité de la navigation est moindre en hiver qu'en été; les effets d'un déversement accidentel ne seront pas les mêmes lorsqu'il y a un couvert de glace. Dans le cas d'un décalage temporel complet entre une composante valorisée et un stresseur, il est possible d'utiliser l'évaluation de la vulnérabilité pour pallier à cette lacune; c'est ce que nous avons fait pour la vulnérabilité

du phoque du Groenland aux activités d'observation de mammifères marins (voir section 4.4.3). La vulnérabilité à elle seule n'est cependant pas suffisante pour considérer une dynamique temporelle plus complexe. L'évaluation des effets cumulatifs proposée assume ainsi globalement une dynamique annuelle constante. L'étude de la dynamique temporelle des effets cumulatifs est cependant un sujet peu mentionné dans la littérature sur l'évaluation des effets cumulatifs similaires à celle effectuée dans le cadre du présent projet. Il serait ainsi pertinent d'approfondir ces évaluations afin de considérer l'exposition temporelle en plus de l'exposition spatiale.

Perspective : caractériser la dynamique saisonnière et développer une approche permettant de considérer les variations en exposition temporelle des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux au sein de l'évaluation des effets cumulatifs. Par exemple, les analyses pourraient être séparées en saisons et des résultats d'évaluation des effets cumulatifs pourraient être présentés par saison.

Résolution de la grille d'étude

L'évaluation des effets cumulatifs a été effectuée grâce à l'intégration des catégories de stresseurs environnementaux et de composantes valorisées au sein d'une grille de 1 km^2. Il s'agit d'une résolution spatiale fine pour une évaluation régionale couvrant un territoire aussi vaste. La zone d'étude est toutefois composée de deux secteurs bien distincts, soit le secteur fluvial et le secteur maritime. Le secteur maritime est vaste spatialement; le secteur fluvial, par contre, est sinueux et beaucoup plus étroit. Par conséquent, les effets cumulatifs des activités maritimes y sont beaucoup plus concentrés que dans le secteur maritime.

Perspective : diviser le secteur fluvial par une grille à une résolution plus fine que 1 km^2, refaire l'intégration des catégories de stresseurs environnementaux et de composantes valorisées, et refaire une évaluation des effets cumulatifs.

Bonifier le portrait

L'accès et la disponibilité des données constitue une limite de l'étude déjà citée; les données sont également une perspective majeure puisque de nouvelles données peuvent être intégrées à la méthode d'évaluation des effets cumulatifs proposée. Certaines perspectives relatives à la caractérisation des stresseurs environnementaux et des composantes valorisées sont parfois discutées au sein du portrait de la zone d'étude. En cours de projet, certaines données pertinentes n'ont toutefois pu être intégrées pour une variété de raisons. Nous présentons ici quelques exemples de données qui devraient, à notre avis, être incluses à une seconde phase de ce projet pilote. Cette liste ne devrait toutefois pas être considérée comme exhaustive puisque l'ensemble du portrait pourrait être bonifié.

Projet résilience côtière

Un exercice de caractérisation des berges du secteur maritime similaire à celui utilisé pour le secteur fluvial (Bernier et al., 2020; Bernier et al., 2021) a récemment été complété par l'équipe de Pascal Bernatchez à l'Université du Québec à Rimouski. Ce projet de grande envergure, intitulé Projet Résilience Côtière, présente une caractérisation de l'intégrité des berges, une caractérisation des habitats côtiers et de différents types d'écosystèmes côtiers, et des sites d'importance pour les usages côtiers tels les activités récréatives, des sites à haute valeur socioculturelle, des sites d'intérêt écologique et des sites patrimoniaux reconnus. Lorsque rendues disponibles, ces données pourraient être utilisées afin de bonifier la caractérisation de l'intégrité des berges, des habitats et des sites d'intérêts culturels, patrimoniaux et archéologiques.

Bruit maritime

Le bruit maritime est reconnu comme un stresseur issu de la navigation à considérer pour convenablement évaluer les effets des activités maritimes sur les mammifères marins. Une caractérisation du bruit maritime est disponible à travers l'Atlas du paysage sonore marin. Ces données sont toutefois inaccessibles à travers l'outil interactif et nous n'avons pu obtenir ces données pour l'évaluation. Si ces données sont rendues accessibles, elles devraient être incluses à une mise à jour de l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes.

Herbiers aquatiques

Les herbiers aquatiques sont des milieux importants pour plusieurs espèces et le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et le Ministère de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), dans le cadre des projets d'acquisition des connaissances pour le Centre d'expertise en gestion des risques d'incidents maritimes (CEGRIM), travaillent sur une mise à jour de la caractérisation des herbiers aquatiques dans divers secteurs de la zone d'étude. La mise à jour de 2023 a permis l'intérgration de biovolumes d'herbiers aquatiques au sein de divers secteurs de la zone d'étude (voir section 4.3.1.3.6). Des travaux supplémentaires de caractérisation pourront être intégrés à l'évaluation afin d'obtenir un portrait plus exhaustifs des herbiers aquatiques au sein de la zone d'étude.

Pêches commerciales dans le secteur fluvial

Une pêche commerciale est effectuée au sein du secteur fluvial de la zone d'étude. Les données disponibles n'ont toutefois pu être obtenues puisque le Ministère de l'Agriculture,

des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) travaillent actuellement à la production d'un atlas cartographique des zones de pêches qui devrait être publié en 2022. Lorsque disponible, les données de cet atlas devraient être intégrées à l'évaluation des effets cumulatifs afin de bonifier la caractérisation des activités de pêches commerciales dans la zone d'étude. Dans l'intérim, une caractérisation de la pêche commerciale à l'aide de verveux au sein du secteur fluvial a été effectuée à l'aide d'un exercice datant de 2012 caractérisant les pressions au sein du Saint-Laurent [voir section 4.2.6.2; Mingelbier et al. (2012)]. Cette caractérisation correspond à la meilleure information qui était à notre disposition afin d'obtenir une caractérisation sommaire des activités de pêches commerciales dans secteur fluvial. Il serait toutefois important que cette caractérisation soit remplacée par une caractérisation plus fines et à jour des activités de pêche.

Hotspots d'effets cumulatifs

Perspective : l'évaluation des effets cumulatifs a permis d'identifier des milieux de la zone d'étude qui sont particulièrement à risque des activités maritimes. Citons notamment les régions de Québec et du sud de l'Île d'Orléans, du lac Saint-Pierre et du chenal de navigation entre Trois-Rivières et Montréal au sein du secteur fluvial et l'embouchure de la Rivière Saguenay au sein du secteur maritime. Des évaluations subséquentes pourraient approfondir l'évaluation des effets cumulatifs en effectuant une analyse à fine échelle qui pourrait complémenter l'analyse régionale effectuée dans le cadre de ce projet pilote.

Scénarios de gestion

Perspective : Dans un futur rapproché, il est attendu que les pressions environnementales d'origines anthropique et naturelle continueront de s'intensifier. Considérés collectivement, les pressions croissantes suggèrent que nous serons bientôt

confrontés à de nouveaux enjeux environnementaux complexes. Des approches prédictives permettant de tester des scénarios de gestion deviennent alors un atout majeur (Dubé, 2003; Hodgson et al., 2019; Jones, 2016). La méthode d'évaluation des effets cumulatifs utilisée pour ce projet pilote fournit ce type d'approche prédictive qui permet d'évaluer les risques associés aux effets de plusieurs stresseurs environnementaux. Des prédictions de changements environnementaux pourraient ainsi être incorporées à l'évaluation des effets cumulatifs. Dans le cadre d'évaluations d'effets cumulatifs, il serait ainsi possible d'explorer une gamme de scénarios visant le développement de nouveaux projets économiques au sein de la zone d'étude, dont l'accroissement du trafic maritime, et déterminer les changements pressentis au niveau des effets cumulatifs sur les composantes valorisées d'intérêt et d'offrir des recommandations pour les gestionnaires. Tester de tels scénarios permettrait d'adopter une approche analytique afin d'identifier des mesures de gestion et d'atténuation proactives; ces dernières constituent les étapes suivantes au sein de la démarche d'évaluation des effets cumulatifs présentée en introduction du présent rapport.

Opérationnaliser les évaluations des effets cumulatifs

Perspective : L'évaluation des effets cumulatifs repose sur une quantité importante de données; cette réalité est fréquemment citée en tant que limitation majeure pour l'évaluation des effets cumulatifs (Hodgson et al., 2019; *e.g.* Jones, 2016). Les données ou connaissances nécessaires sont parfois indisponibles, inaccessibles, ou inexistantes. Même lorsque les données sont disponibles, il peut être particulièrement difficile d'assembler une base de données permettant d'effectuer une évaluation à large échelle. Ces besoins croissants en données mettent en évidence le besoin de valoriser les connaissances acquises, de les structurer de façon interopérable – *i.e.* faciliter l'union de bases de données distinctes – de les rendre disponibles pour tous et de se doter d'infrastructures maximisant nos capacités de gestion adaptative (Poisot et al., 2013; Reichman et al., 2011; Wilkinson et al., 2016; Williams et al., 2020). C'est avec ces réalités en tête que nous avons construit ce projet pilote à partir d'une approche transparente et reproductible permettant l'intégration aisée de nouvelles données,

d'ajuster certaines portions des analyses et de régénérer l'ensemble des analyses, des figures et des tableaux du rapport. Une seconde évaluation suite à ce projet pilote pourrait ainsi construire directement à partir du travail déjà effectué. Ultimement, il pourrait être envisageable de facilement mettre à jour une évaluation dès que de nouvelles connaissances sont disponibles grâce à des outils et infrastructures permettant de reproduire le travail de façon efficace. Ce travail, qui relève davantage des sciences des données – *data science* – devrait être valorisé et poursuivi si une seconde phase est financée pour ce projet pilote. Adopter une telle approche contribuerait directement à la dernières étape de la démarche d'évaluation des effets cumulatifs présentée en introduction du présent rapport, *i.e.* assurer un suivi et une gestion adaptative.

Exploration interactive des évaluations d'effets cumulatifs

Perspective : Tel que mentionné lors de la présentation des résultats de l'évaluation, l'interprétation a été limitée à de grands constats afin de simplifier les messages clés issus de ce projet pilote. Il est ainsi clair que plusieurs préoccupations des communautés locales, experts et Premières Nations n'ont pu être explorées en détail. La méthode permet toutefois d'explorer l'ensemble des combinaisons possibles de stresseurs environnementaux et de composantes valorisées. Afin de permettre ce type d'exploration, il serait pertinent de développer un outil interactif web permettant à un utilisateur de sélectionner certaines composantes valorisées et certains stresseurs afin d'explorer les détails des résultats de l'évaluation des effets cumulatifs. À la jonction entre les sciences de données et la programmation web, ce type d'outil permettrait une plus grande flexibilité pour l'exploration des résultats, mais également une meilleure expérience utilisateur. Nous avons déjà construit ce type d'outil pour les stresseurs au sein de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Beauchesne et al., 2020) : https://david-beauchesne.shinyapps.io/edriversapp/. Cet outil pourrait être bonifié afin d'y incorporer les composantes valorisées et l'évaluation des effets cumulatifs.

Annexe 1

Liste et description des bases de données considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes au sein du Saint-Laurent et du Saguenay. Les bases de données considérées pour l'évaluation sont identifiées par un identifiant unique utilisé au sein du rapport et du compendium de recherche. Les données qui n'ont pas été retenues ont été conservées afin de documenter l'ensemble des données qui ont été explorées pour l'évaluation. Les données non incluses ont été laissées de côté parce qu'elles étaient couvertes par d'autres bases de données sélectionnées ou parce qu'elles ne répondaient pas un objectif spécifique de l'évaluation.

ID	Nom	Incluse à l'évaluation	Période couverte	Personne ressource	Source(s)
0001	Inventaire zostères	X	1987 - 2009	0005	Pêches et Océans Canada (2009)
0002	Zostères Pointe au père	X	2017 - 2018	0006	Bois et al. (2018)
0003	Zostères Mitis	X	2012 - 2014	0006	Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (2012); Bachand and Joubert (2014)
0004	Milieux humides Lac St-Pierre	NA	2012	0007	Environnement et Changement climatique Canada (2012)
0005	Milieux humides Saint-Laurent	NA	2009 - 2020	0009, 0010	Canards Illimités Canada et le ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (2020)
0006	Milieux humides Saint-Laurent	NA	2016	0008	Plan d'action Saint-Laurent (2020); Jobin et al. (2019b)
0007	Marais côtiers Saint-Laurent	NA	2008 - 2009	0008	Plan d'action Saint-Laurent (2020); Jobin et al. (2019b)
0008	Milieux sableux Saint-Laurent	NA	2016	0008	Plan d'action Saint-Laurent (2020); Jobin et al. (2019b)
0009	Sites d'alevinage	NA	1974 - 2019	0012	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2020)
0010	Frayères	NA	1974 - 2019	0012	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2020)
0011	Espèces à statut	NA	2020	0012	Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2020)
0012	Classification rivages côtiers	NA	2017 - 2019	0013	Sergy (2008)
0013	Zones inondables MRC	X	NA	0014	Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (2020)

ID	Nom	Incluse à l'évaluation	Période couverte	Personne ressource	Source(s)
0014	Zones inondables BDZI	X	2018 - 2020	0015	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2020)
0015	Ancrages	NA	2019	0016, 0017	Garde côtière canadienne (2019)
0016	Déversements accidentels	X	2016 - 2020	0018	Garde côtière canadienne (2020)
0017	Caractérisation des berges	X	2013 - 2020	0019, 0020	Bernier et al. (2020); Bernier et al. (2021)
0018	Chenal de navigation et dragage	X	NA	0021, 0022	Garde côtière canadienne (2021b)
0019	Sites de dragage et de dépôt	X	2019 - 2001	0023, 0042	Environnement et Changement Climatique Canada (2020); Ministère des Transports du Québec (2016); Ministère des Transports du Québec (2017)
0020	Index des navires données AIS (id: 0021)	X	2019 - 2015	0016	Canada (2020b)
0021	Données AIS satellite de navigation	X	2019 - 2015	0016	Canada (2020a)
0022	Pêches commerciales AGHAMM	X	2010 - 2015	0024	Racine and Arsenault (2017); Arsenault et al. (2017)
0023	Saumon Atlantique AGHAMM	X	NA	0024	Arsenault et al. (2017)
0024	Sites d'importance communauté Essipit	X	NA	0025, 0026	Bouchard and Tremblay (2021)
0025	Communauté Wolastoqiyik Wahsipekuk pêche homard	X	2019	0027	Wahsipekuk (2021a)
0026	Communauté Wolastoqiyik Wahsipekuk pêche oursin vert	NA	NA	0027	Wahsipekuk (2021b)
0027	Mammifères marins	X	2015 - 2020	0028, 0029	Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021a); Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021b); Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021c)
0028	Observation en mer de mammifères marins	X	2017	0011	Turgeon (2019)
0029	Zones herbacées	NA	2003	0011	Gilbert (2004)
0030	Mesures spatiales de gestion parc marin	X	NA	0011	Canada (2021b)

ID	Nom	Incluse à l'évaluation	Période couverte	Personne ressource	Source(s)
0031	Phoque commun fjord du Saguenay	NA	2007 - 2020	0011	Canada (2021a)
0032	Kahnawà:ke - Local input on valued components	X	NA	0031	Mohawk Council of Kahnawà:ke (2021)
0033	Pêche commerciale	X	2000 - 2020	0032, 0033, 0034	Pêches et Océans Canada (2021a)
0034	Index des engins de pêche pour la pêche commerciale (id: 0033)	X	2000 - 2020	0032, 0033, 0034	Pêches et Océans Canada (2021b)
0035	Index des espèces pour la pêche commerciale (id: 0033)	X	2000 - 2020	0032, 0033, 0034	Pêches et Océans Canada (2021c)
0036	Habitat faunique	NA	2021	0035	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2021a)
0037	Habitat floristique	NA	2021	0036	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2021a)
0038	Registre des aires protégées au Québec	X	2021	0037	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2021b)
0039	Other Effective Area-Based Conservation Measures	X	2016 - 2021	0038	Pêches et Océans Canada (2021e)
0040	Oceans Act Marine Protected Areas	NA	2016 - 2021	0038	Pêches et Océans Canada (2021d)
0041	Installations portuaires	X	2016 - 2021	0039	Ministère des Transports du Québec (2021)
0042	Territoires d'intérêt pour la conservation - milieux humides	NA	2014 - 2016	0010	Jobin et al. (2019a); Environnement et Changement climatique Canada, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parc, Plan d'action Saint-Laurent (2019)
0043	Computerized Database of Québec Seabirds (CDQS)	X	2000 - 2018	0040	Environnement et Changement Climatique Canada (2021); Rail and Chapdelaine (2002)
0044	Site patrimoniaux	X	NA	0041	Ministère de la Culture et des Communications (2021b)
0044	Site patrimoniaux	X	NA	0041	Ministère de la Culture et des Communications (2021a)
0046	Dragage	X	1985 - 2018	0021, 0022	GHD (2019)
0047	Délimitation des zones industrialo-portuaires	X	NA	0043	Ministère de l'Économie et de l'Innovation (2021)
0048	Dragage Port Alfred	X	NA		Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements

ID	Nom	Incluse à l'évaluation	Période couverte	Personne ressource	Source(s)
					climatiques (2019c); Englobe (2016); Englobe (2017)
0049	Dragage prévu Port de Montréal à Contrecoeur	X	NA		Lavalin (2017a); Lavalin (2017b); Agence d'évaluation d'impact du Canada (2021)
0050	Dragage prévu Port de Trois-Rivières	X	NA		Stantec (2015)
0051	Canada's designated alternate ballast water exchange areas	NA	NA	0044	Canada (2021c); Canada (2021d)
0052	Dragage d'entretien Port de Québec	X	NA	0046	Marie-Ève Lemieux, communications personnelles
0053	Milieux humides potentiels	X	2019	0048	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2019b); Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2019a)
0054	Observation mammifères marins	X	1996 - 2021	0029	Réseau d'observation de mammifères marins (2021)
0055	Nation Huronne-Wendat	X	NA	0049, 0050	Nation Huronne-Wendat (2021)
0056	Gisements connus et exploités de pétoncles dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent	NA	1977 - 2015	0033	Pêches et Océans Canada (2019f)
0057	Gisements connus et exploités de mactre de Stimpson des eaux côtières du Québec	X	1993 - 2014	0033	Pêches et Océans Canada (2019e); Trottier and Goudreau (2015)
0058	Zones importantes pour la conservation des oiseaux et de la biodiversité au Canada	X	NA	0051, 0052	Canada (2015); Études d'oiseaux Canada (2015)
0059	Espèces fauniques à statut	X	NA	0053	Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2021a)
0060	Espèces floristiques à statut	X	NA	0053	Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2021b)
0061	Vulnerability scores for 58 stressors in 15 ecosystems	NA	NA	0054	Kappel et al. (2012)
0062	Inventory of Vessels of Concern (VOC)	X	NA	0055	Garde côtière canadienne (2021a)
0063	Scores de vulnérabilité pour les sites d'importance fauniques et floristiques	NA	NA	0001, 0002, 0003	Beauchesne et al. (2022b)
0064	Scores de vulnérabilité pour les mammifères marins	NA	NA	0001, 0002, 0003	Beauchesne et al. (2022a)
0065	Découpages administratifs	NA	NA	0056	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (2021b)

ID	Nom	Incluse à l'évaluation	Période couverte	Personne ressource	Source(s)
0066	Utilisation et occupation traditionnelle (UOT) GCNWA	X	NA	0057, 0058, 0059	Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (GCNWA) (2021)
0067	Sites archéologiques GCNWA	X	NA	0057, 0058, 0059	Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (GCNWA) (2021)
0068	Sites à potentiel archéologique GCNWA	X	NA	0057, 0058, 0059	Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (GCNWA) (2021)
0069	Sites de dragage et de dépôt de la Première Nation des Innus d'Essipit	X	2001 - 2016	0025	Bouchard (2022)
0070	Sites d'ancrage commerciaux	X	2022	0060	Garde côtière canadienne (2022)
0071	Mouillages et zones de mouillages canadiennes	X	2020	0061	Service Hydrographique du Canada (2020)
0072	Communauté Wolastoqiyik Wahsipekuk sites d'intérêt	X	2022	0027	Wahsipekuk (2022)
0073	Aires de reproduction de l'alose savoureuse dans le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent	X	1976 - 1997	0005	Pêches et Océans Canada (2019c)
0074	Aires de reproduction, d'alimentation et de concentration de l'esturgeon jaune dans le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent	X	1976 - 2002	0005	Pêches et Océans Canada (2019a)
0075	Aires de reproduction, d'alimentation et de concentration de l'esturgeon noir dans le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent	X	1993 - 2003	0005	Pêches et Océans Canada (2019b)
0076	Aires de reproduction et d'alimentation de l'éperlan-arc-en-ciel dans la Rivière Saguenay, le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent	X	1977 - 2000	0005	Pêches et Océans Canada (2019d)
0077	L'habitat essentiel désigné en vertu de la Loi sur les espèces en péril	X	NA	0005	Pêches et Océans Canada (2022e)
0078	Aires de concentration connues de la Clovisse arctique dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent	X	2000 - 2020	0005	Pêches et Océans Canada (2022a)
0079	Aires de concentration connues du Couteau de l'Atlantique dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent	X	2000 - 2020	0005	Pêches et Océans Canada (2022d)
0080	Aires de concentration connues de la Mactre de l'Atlantique dans le golfe du Saint-Laurent	NA	2000 - 2020	0005	Pêches et Océans Canada (2022b)
0081	Aires de concentration connues de la Mye commune dans la zone intertidale de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent	X	2000 - 2020	0005	Pêches et Océans Canada (2022c)
0082	Aires protégées publiques et privées	X	NA	0066	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2022); Réseau de milieux naturels protégés (2022); Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2022); Ministère des

ID	Nom	Incluse à l'évaluation	Période couverte	Personne ressource	Source(s)
					Forêts, de la Faune et des Parcs (2021b)
0083	Cartographie des principales pressions exercées sur le Saint-Laurent en 2012	X	2012	0012, 0067, 0068	Mingelbier et al. (2012)
0084	Biovolumes herbiers	X	2021	0012, 0067, 0068	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2022)
0085	Seasonal distribution and concentration of four baleen whale species in the St. Lawrence Estuary.	X	2022	0069	Mosnier et al. (2022)
0086	Sites d'alevinage	X	1974 - 2020	0012, 0067	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023c)
0087	Frayères	X	1974 - 2023	0012, 0067	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023a)
0088	Épaves	X	NA	0070, 0071	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023b); AECOM (2021)

Annexe 2

Liste des différents organismes et experts consultés pour ce projet, ou dépositaires de bases de données ouvertes utilisées; ces derniers sont identifiés par un identifiant unique de la forme #### qui est utilisé à l'annexe 1 pour décrire les bases de données considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes au sein du Saint-Laurent et du Saguenay.

ID	Prénom	Nom	Organisation	Courriel
0001	David	Beauchesne	Université Laval	david.beauchesne@hotmail.com
0002	Philippe	Archambault	Université Laval	philippe.archambault@bio.ulaval.ca
0003	Cindy	Grant	Université Laval	cindy.grant@bio.ulaval.ca
0004	Catherine	Guillemette	Transports Canada	catherine.guillemette@tc.gc.ca
0005			Pêches et Océans Canada	Oceans-QC@dfo-mpo.gc.ca

ID	Prénom	Nom	Organisation	Courriel
0006			Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire	zipse@globetrotter.net
0007			Environnement et Changement climatique Canada	open-ouvert@tbs-sct.gc.ca
0008			Plan d'action Saint-Laurent	ec.plandactionsaint-laurent-st-lawrenceactionplan.ec@canada.ca
0009	Sylvie	Picard	Canards Illimités Canada	outils@canards.ca
0010			Ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques	donnees.ouvertes@environnement.gouv.qc.ca
0011	Turgeon	Samuel	Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent	samuel.turgeon@canada.ca
0012	Marc	Mingelbier	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs	Marc.Mingelbier@mffp.gouv.qc.ca
0013			Environment and Climate Change Canada	ec.cnuesig-gisneec.ec@canada.ca
0014			Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation	territoires@mamh.gouv.qc.ca
0015	Stéphane	Comtois	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques	cehq.carto@environnement.gouv.qc.ca
0016	Jeff	Campagnola	Transports Canada	Jeff.Campagnola@tc.gc.ca
0017			Canadian Coast Guard	CenHelpDesk@innav.gc.ca
0018	Pierre	Nellis	Garde côtière canadienne	pierre.nellis@dfo-mpo.gc.ca
0019	Patrick	Lajeunesse	Université Laval	Patrick.Lajeunesse@ggr.ulaval.ca
0020	Jean-François	Bernier	Université Laval	Jean-Francois.Bernier@ggr.ulaval.ca
0021	Pierre	Dion	Garde côtière canadienne	Pierre.Dion@dfo-mpo.gc.ca
0022	Étienne	Gélinas	Garde côtière canadienne	Etienne.Gelinas@dfo-mpo.gc.ca
0023	Simon	Blais	Environnement et Changement climatique Canada	simon.blais@canada.ca
0024	Lisa	M. Arsenault	Association de gestion halieutique autochtone Mi'kmaq et Malécite	lisa.m.arsenault@aghamm.ca
0025	Donald	Bouchard	Conseil de la Première Nation des Innus Essipit	donald.bouchard@essipit.com

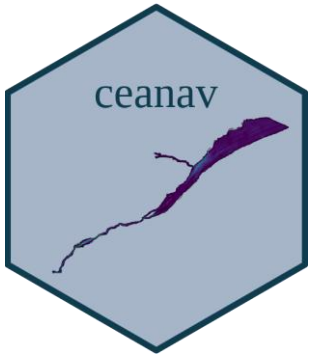
ID	Prénom	Nom	Organisation	Courriel
0026	Pierre	Tremblay	Conseil de la Première Nation des Innus Essipit	ptremblay@essipit.com
0027	David	Poissant	Association de gestion halieutique autochtone Mi'kmaq et Malécite	david.poissant@aghamm.ca
0028	Aurélie	Cosandey-Godin	WWF-Canada	acosandeygodin@WWFCanada.org
0029	Sonia	Giroux	Réseau d'observation de mammifères marins	sgiroux@romm.ca
0030	Charles	Dagneau	Agence Parcs Canada	charles.dagneau@canada.ca
0031	Patrick	Ragaz	Mohawk Council of Kahnwà:ke	Patrick.Ragaz@mck.ca
0032	Denis	Bernier	Fisheries and Oceans Canada	Denis.Bernier@dfo-mpo.gc.ca
0033			Fisheries and Oceans Canada	gddaiss-dmsaisb.XLAU@dfo-mpo.gc.ca
0034	Brian	Boivin	Fisheries and Oceans Canada	Brian.Boivin@dfo-mpo.gc.ca
0035			Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs	services.clientele@mffp.gouv.qc.ca
0036	Benoît	Tremblay	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques	benoit.tremblay@environnement.gouv.qc.ca
0037			Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques	registre.ap@environnement.gouv.qc.ca
0038	Carissa	Philippe	Fisheries and Oceans Canada	carissa.philippe@dfo-mpo.gc.ca
0039			Ministère des Transports	geomatique@transports.gouv.qc.ca
0040	Jean-François	Rail	Environnement et Changement climatique Canada	Jean-Francois.Rail@ec.gc.ca
0041			Ministère de la Culture et des Communications	infos@mcc.gouv.qc.ca
0042	Pierre	Michon	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec	Pierre.Michon@environnement.gouv.qc.ca
0043			Ministère de l'Économie et de l'Innovation	donnees.ouvertes@economie.gouv.qc.ca
0044			Transport Canada	marinesafety-securitemaritime@tc.gc.ca
0045	Frédéric	Lebrun	Administration portuaire du Saguenay	flebrun@portsaguenay.ca

ID	Prénom	Nom	Organisation	Courriel
0046	Marie-Ève	Lemieux	Administration portuaire de Québec	marie-eve.lemieux@portquebec.ca
0047	Claude	Deschambault	Administration portuaire de Montréal	deschambaultc@port-montreal.com
0048	Jean-François	Labelle	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques	jean-francois.labelle@environnement.gouv.qc.ca
0049	Mario	Gros-Louis	Bureau du Nionwentsïo - Nation Huronne-Wendat	mario.groslouis@cnhw.qc.ca
0050	Maria	Rodriguez	Bureau du Nionwentsïo - Nation Huronne-Wendat	maria.rodriguez@cnhw.qc.ca
0051			Études d'oiseaux Canada	iba@birdscanada.org
0052			Nature Canada	iba@naturecanada.ca
0053			Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec	cdpnq@mddefp.gouv.qc.ca
0054	Benjamin S.	Halpern	University of California	halpern@nceas.ucsb.edu
0055	Sohaib	Gabsis	Department of Fisheries and Oceans Canada	Sohaib.Gabsis@dfo-mpo.gc.ca
0056			Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles	geoboutique@mern.gouv.qc.ca
0057	Edgar	Blanchet	Bureau du Ndakina / Grand Conseil de la Nation Waban-Aki	eblanchet@gcnwa.com
0058	Hadrien	Bois	Bureau du Ndakina / Grand Conseil de la Nation Waban-Aki	hbois@gcnwa.com
0059	David	Bernard	Bureau du Ndakina / Grand Conseil de la Nation Waban-Aki	davidbernard@gcnwa.com
0060	Berthold	Corinne	Garde côtière canadienne	Corinne.Berthold@dfo-mpo.gc.ca
0061			Service Hydrographique du Canada	chsinfo@dfo-mpo.gc.ca
0062	Clément	Chion	Université du Québec en Outaouais	clement.chion@uqo.ca
0063	Jean-François	Sénécal	Université du Québec en Outaouais	jeanfrancois.senecal@gmail.com
0064	Marie	Guilpin	Royal Netherlands Institute for Sea Research	marieguilpin@gmail.com
0065	Roxane	Lavoie	Université Laval	Roxane.Lavoie@esad.ulaval.ca
0066	Joannie	Ferland	Ministère de l'Environnement, de la	Joannie.Ferland@environnement.gouv.qc.ca

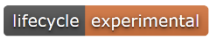
ID	Prénom	Nom	Organisation	Courriel
			Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs	
0067	Marie-Josée	Gagnon	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs	Marie-Josee.Gagnon@mffp.gouv.qc.ca
0068	Paschale	Bégin	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs	PaschaleNoel.Begin@mffp.gouv.qc.ca
0069	Arnaud	Mosnier	Pêches et Océans Canada	Arnaud.Mosnier@dfo-mpo.gc.ca
0070	Francis	Bouchard	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs	Francis.Bouchard@environnement.gouv.qc.ca
0071	Virginie	Galindo	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs	virginie.galindo@environnement.gouv.qc.ca

Annexe 3

Description du compendium de recherche préparé pour structurer l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes au sein du Saint-Laurent et du Saguenay.



ceanav





Ce dépôt contient le compendium de recherche pour le projet pilote d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent et la rivière Saguenay. Il contient l'ensemble du code nécessaire pour importer, formater et intégrer les données, et pour faire les analyses, les figures et le rapport d'étude.

Puisque les données ne sont pas incluses à ce compendium de recherche, l'ensemble du code doit être exécuter afin de reproduire l'évaluation des effets cumulatifs. Il est toutefois à noter que l'ensemble des données ne sont pas disponibles ou accessibles par des plateformes de données ouvertes dû à des ententes de partage de données. Il est donc nécessaire de nous contacter ou de contacter les personnes ressources identifiées afin d'obtenir ces données.

Comment citer

Veuillez citer ce compendium de recherche comme suit:

Beauchesne D (2022) Compendium de recherche pour le projet pilote d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent et la rivière Saguenay. Consulté le [AAAA-MM-JJ]. https://github.com/EffetsCumulatifsNavigation/ceanav.

Contenu

Ce compendium de recherche est structuré comme suit:

- **data/**: contient les données du projet. Notez que la majorité des données ne sont pas incluses au dépôt, mais que les métadonnées pour l'ensemble des données sont accesibles.
    - *data-basemap/*: contient des données spatiales pour générer les cartes de bases du projet
    - *data-contact/*: contient les données sur les différentes personnes ressources
    - *data-format/*: contient les données formatées
    - *data-integrated/*: contient les données formatées
    - *data-metadata/*: contient les métadonnées pour les données brutes et les données intégrées
    - *data-output/*: contient les résultats des analyses du projet
    - *data-param/*: contient les paramètres généraux utilisés pour le projet (*i.e.* projection spatiale, étendues spatiales, palettes de couleur, nomenclature, etc.)
    - *data-raw/*: contient les données brutes; *avertissement* : l'ensemble des données du projet ne sont pas disponibles puisque certaines données sont protégées par des ententes de confidentialité. Consultez les métadonnées pour de plus amples informations
    - *data-vulnerability/*: contient les données de vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux
- **docs/**: contient la page web de ce compendium de recherche générée à l'aide de pkgdown
- **figures/**: contient l'ensemble des figures générées pour le projet pilote
    - *figures-integrated*: figures des données intégrées pour chaque catégorie de stresseurs environnementaux et de composanges valorisées
    - *figures-output*: figures des résultats d'analyses
- **inst/templates**: canevas de présentation utilisés pour présenter les données brutes et les données formatées
- **man/**: contient la documentation des fonctions R
- **R/**: contient l'ensemble des fonctions R développées pour le projet pilote
    - 00-pipeline.R: contient une fonction qui permet d'accéder aux données brutes, les formater, l'intégration des données, les analyses, les figures et tableaux, et le rapport du projet. *Avertissement* : cette fonction prend un temps considérable è executer.
    - ana_nom.R: contiennent les scripts d'analyse du projet

    - dataXXXX-nom.R: contiennent les routines pour accéder aux données brutes et pour les formater
    - fig_nom.R: contiennent les scripts pour générer les figures
    - fnc_nom.R: contiennent les fonctions R utilisées pour le projet
    - int-cv_nom.R: contiennent les routines pour faire l'intégration des composantes valorisées
    - int-st_nom.R: contiennent les routines pour faire l'intégration des stresseurs environnementaux
    - rep_nom.R: contiennent des fonctions R utilisées pour générer des portions du rapport d'étude
    - vuln_nom.R: contiennent des les scripts utilisés pour intégrer les données de vulnérabilité des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux
- **report/**: contient le rapport du projet
- _pkgdown.yml: fichier de métadonnées pour générer la page web du compendium de recherche
- DESCRIPTION: contient les métadonnées du projet (auteurs, date, dépendences, etc.)
- README.Rmd: description du compendium de recherche

Utilisation

Clonez ce dépôt et executez ces commandes dans votre terminal:

```
R -e 'library(devtools);document()'
R CMD INSTALL .
R
library(ceanav)
pipeline()
```

Avertissement : ce compendium de recherche n'est pas entièrement reproductible dû à des restriction imposées au partage de certaines des données utilisées pour l'évaluation.

Annexe 4

Liste des espèces fauniques à statut désignées en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables et disponibles par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec [CDPNQ; Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2021a)].

Statut	Nom scientifique	Nom commun
Menacée	*Moxostoma hubbsi*	Chevalier cuivré
Menacée	*Ammocrypta pellucida*	Dard de sable
Menacée	*Melanerpes erythrocephalus*	Pic à tête rouge
Menacée	*Coturnicops noveboracensis*	Râle jaune
Menacée	*Hydroprogne caspia*	Sterne caspienne
Menacée	*Emydoidea blandingii*	Tortue mouchetée
Susceptible	*Utterbackiana implicata*	Anodonte du gaspareau
Susceptible	*Ammospiza nelsoni*	Bruant de nelson
Susceptible	*Microtus chrotorrhinus*	Campagnol des rochers
Susceptible	*Noturus flavus*	Chat-fou des rapides
Susceptible	*Storeria dekayi*	Couleuvre brune
Susceptible	*Nerodia sipedon*	Couleuvre d’eau
Susceptible	*Lampropeltis triangulum*	Couleuvre tachetée
Susceptible	*Opheodrys vernalis*	Couleuvre verte
Susceptible	*Diadophis punctatus*	Couleuvre à collier
Susceptible	*Eurynia dilatata*	Elliptio pointu
Susceptible	*Elliptio crassidens*	Elliptio à dents fortes
Susceptible	*Acipenser fulvescens*	Esturgeon jaune
Susceptible	*Acipenser oxyrinchus*	Esturgeon noir
Susceptible	*Asio flammeus*	Hibou des marais
Susceptible	*Chaetura pelagica*	Martinet ramoneur
Susceptible	*Obovaria olivaria*	Obovarie olivâtre
Susceptible	*Salvelinus alpinus oquassa*	Omble chevalier oquassa
Susceptible	*Desmognathus fuscus*	Salamandre sombre du nord
Susceptible	*Hemidactylium scutatum*	Salamandre à quatre orteils
Susceptible	*Cistothorus platensis*	Troglodyte à bec court
Vulnérable	*Moxostoma carinatum*	Chevalier de rivière
Vulnérable	*Falco peregrinus*	Faucon pèlerin
Vulnérable	*Percina copelandi*	Fouille-roche gris

Statut	Nom scientifique	Nom commun
Vulnérable	*Bucephala islandica pop. 1*	Garrot d'islande, pop. de l'est
Vulnérable	*Notropis bifrenatus*	Méné d'herbe
Vulnérable	*Ixobrychus exilis*	Petit blongios
Vulnérable	*Haliaeetus leucocephalus*	Pygargue à tête blanche
Vulnérable	*Pseudacris triseriata*	Rainette faux-grillon de l'ouest
Vulnérable	*Glyptemys insculpta*	Tortue des bois
Vulnérable	*Graptemys geographica*	Tortue géographique
Vulnérable	*Osmerus mordax pop. 1*	Éperlan arc-en-ciel, pop. du sud de l'estuaire du saint-laurent

Annexe 5

Liste des espèces floristiques à statut désignées en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables et disponibles par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec [CDPNQ; Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2021b)].

Statut	Nom scientifique	Nom commun
Menacée	*Boechera quebecensis*	Arabette du québec
Menacée	*Arisaema dracontium*	Arisème dragon
Menacée	*Carex glacialis -p09*	Carex des glaces
Menacée	*Cicuta maculata var. victorinii*	Cicutaire de victorin
Menacée	*Gentianopsis virgata subsp. victorinii*	Gentiane de victorin
Menacée	*Neottia bifolia*	Listère du sud
Menacée	*Ulmus thomasii*	Orme liège
Menacée	*Pterospora andromedea*	Ptérospore à fleurs d'andromède
Menacée	*Erigeron philadelphicus var. provancheri*	Vergerette de provancher
Menacée	*Eriocaulon parkeri*	Ériocaulon de parker
Susceptible	*Boechera collinsii*	Arabette de collins
Susceptible	*Crataegus coccinioides*	Aubépine dilatée
Susceptible	*Crataegus canadensis*	Aubépine du canada
Susceptible	*Crataegus crus-galli var. crus-galli*	Aubépine ergot-de-coq
Susceptible	*Crataegus suborbiculata*	Aubépine suborbiculaire
Susceptible	*Sisyrinchium angustifolium*	Bermudienne à feuilles étroites
Susceptible	*Botrychium michiganense*	Botryche du michigan
Susceptible	*Botrychium pallidum*	Botryche pâle

Statut	Nom scientifique	Nom commun
Susceptible	*Bryum knowltonii*	Bryum nordique
Susceptible	*Cardamine bulbosa*	Cardamine bulbeuse
Susceptible	*Carex argyrantha*	Carex argenté
Susceptible	*Carex muehlenbergii var. muehlenbergii*	Carex de mühlenberg
Susceptible	*Carex cumulata*	Carex dense
Susceptible	*Carex folliculata*	Carex folliculé
Susceptible	*Carex typhina*	Carex massette
Susceptible	*Carex laxiculmis var. laxiculmis*	Carex à tiges faibles
Susceptible	*Carya ovata var. ovata*	Caryer ovale
Susceptible	*Quercus bicolor*	Chêne bicolore
Susceptible	*Claytonia virginica*	Claytonie de virginie
Susceptible	*Corallorhiza striata var. striata*	Corallorhize striée
Susceptible	*Fissidens exilis*	Fissident mince
Susceptible	*Torreyochloa pallida var. pallida*	Glycérie pâle
Susceptible	*Buxbaumia piperi*	Gnome mat
Susceptible	*Schistidium pulchrum*	Grimmie ravissante
Susceptible	*Grimmia teretinervis*	Grimmie à nervure cylindrique
Susceptible	*Ctenidium subrectifolium*	Hypne papilleuse
Susceptible	*Iris virginica var. shrevei*	Iris de shreve
Susceptible	*Juncus longistylis*	Jonc longistyle
Susceptible	*Hypericum ascyron subsp. pyramidatum*	Millepertuis à grandes fleurs
Susceptible	*Juglans cinerea*	Noyer cendré
Susceptible	*Panicum virgatum*	Panic raide
Susceptible	*Apopellia endiviifolia*	Pellie ramifiée
Susceptible	*Aulacomnium androgynum*	Petite aulacomnie
Susceptible	*Physostegia virginiana subsp. virginiana*	Physostégie de virginie
Susceptible	*Platanthera flava var. herbiola*	Platanthère petite-herbe
Susceptible	*Proserpinaca palustris*	Proserpinie des marais
Susceptible	*Pedicularis palustris subsp. palustris*	Pédiculaire des marais
Susceptible	*Salix amygdaloides*	Saule à feuilles de pêcher
Susceptible	*Scapania glaucocephala var. glaucocephala*	Scapanie glauque
Susceptible	*Schoenoplectus heterochaetus*	Scirpe à soies inégales
Susceptible	*Cyperus erythrorhizos*	Souchet à racines rouges
Susceptible	*Strophostyles helvola*	Strophostyle ochracé
Susceptible	*Seligeria diversifolia*	Séligérie à feuilles variées
Susceptible	*Veronica catenata*	Véronique en chaîne
Susceptible	*Woodsia oregana subsp. cathcartiana*	Woodsie de cathcart
Susceptible	*Echinochloa walteri*	Échinochloé de walter
Susceptible	*Elymus villosus*	Élyme velu
Susceptible	*Eleocharis aestuum*	Éléocharide des estuaires
Susceptible	*Ephemerum serratum*	Éphémère à feuilles dentées

Statut	Nom scientifique	Nom commun
Vulnérable	*Ionactis linariifolia*	Aster à feuilles de linaire
Vulnérable	*Floerkea proserpinacoides*	Floerkée fausse-proserpinie
Vulnérable	*Goodyera pubescens*	Goodyérie pubescente
Vulnérable	*Valeriana uliginosa*	Valériane des tourbières
Vulnérable	*Acer nigrum*	Érable noir

Annexe 6

Équivalences entre les stresseurs environnementaux considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay et celles retrouvées dans la matrice de vulnérabilité des habitats proposée par Clarke Murray et al. (2015a).

Sources de stress	Équivalences
Sites d'ancrage	Direct human impact: trampling
Déversements accidentels : Hydrocarbures	Ocean dumping: toxic materials
Déversements accidentels : Autres	Ocean dumping: toxic materials
Déversements accidentels : Contenu inconnu	Ocean dumping: toxic materials
Dragage : Sites de dragage	Dredging
Dragage : Sites de dépôts	Sediment input: Increase
Dragage : Dragages de capitalisation prévus	Dredging
Navigation : Cargo	Shipping (large vessels)
Navigation : Porte-conteneurs	Shipping (large vessels)
Navigation : Cargaison sèche	Shipping (large vessels)
Navigation : Passager / traversier / roulier	Shipping (large vessels)
Navigation : Gouvernement / recherche	Shipping (large vessels), military activity, scientific research: collecting, scientific research: experiments/surveys
Navigation : Observation mammifères marins	Tourism: Whale watching
Navigation : Navires de plaisance	Shipping (large vessels)
Navigation : Navires spéciaux	Shipping (large vessels)
Navigation : Pétrolier	Shipping (large vessels)
Navigation : Remorqueur / port	Shipping (large vessels)

Sources de stress	Équivalences
Navigation : Navigation portuaire	Shipping (large vessels)
Pêche commerciale : Démersale destructive	Fishing: demersal, habitat-modifying
Pêche commerciale : Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	Fishing: demersal, non-habitat-modifying, low bycatch
Pêche commerciale : Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	Fishing: demersal, non-habitat-modifying, high bycatch
Pêche commerciale : Pélagique prises accessoires faibles	Fishing: pelagic, low bycatch
Pêche commerciale : Pélagique prises accessoires élevées	Fishing: pelagic, high bycatch
Pêche commerciale : Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	Fishing: demersal, non-habitat-modifying, high bycatch
Naufrages : Sites de naufrage	Ocean dumping: shipwrecks
Pollution maritime : Pollution maritime	Ocean pollution from ships and ports

Annexe 7

Équivalences entre les composantes valorisées considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay et celles retrouvées dans la matrice de vulnérabilité des habitats proposée par Clarke Murray et al. (2015a).

Composantes valorisées	Équivalences
Espèces à statut : Espèces fauniques menacées	NA
Espèces à statut : Espèces fauniques susceptibles	NA
Espèces à statut : Espèces fauniques vulnérables	NA
Espèces à statut : Espèces floristiques menacées	NA
Espèces à statut : Espèces floristiques susceptibles	NA
Espèces à statut : Espèces floristiques vulnérables	NA
Espèces à statut : Espèces menacées LEP	NA
Espèces à statut : Espèces en voie de disparition LEP	NA
Milieux naturels : Meuble sans falaise	Tidal flat
Milieux naturels : Rocheuse sans escarpement	Rocky intertidal

Composantes valorisées	Équivalences
Milieux naturels : Rocheuse sans falaise	Rocky intertidal
Milieux naturels : Terrasse de plage	Beach
Milieux naturels : Terrasse fluviale	Saltmarsh
Cycles de vie : Frayères	NA
Cycles de vie : Habitats d'alevinage	NA
Cycles de vie : Habitats importants pour les oiseaux	NA
Milieux naturels : Eau peu profonde	Saltmarsh
Milieux naturels : Marais	Saltmarsh
Milieux naturels : Marécage	Saltmarsh
Milieux naturels : Milieux naturels	Saltmarsh
Milieux naturels : Gisements coquilliers	Nearshore soft bottom
Milieux naturels : Zostères	Seagrass
Milieux naturels : Herbiers aquatiques	Kelp forest
Milieux naturels : Zones inondables	Rocky intertidal, tidal flats, saltmarsh
Milieux naturels : Biovolume herbiers aquatique - faible	Algal zone, Eelgrass
Milieux naturels : Biovolume herbiers aquatique - modéré	Algal zone, Eelgrass
Milieux naturels : Biovolume herbiers aquatique - élevé	Algal zone, Eelgrass

Annexe 8

Évaluation des critères de vulnérabilité des frayères aux stresseurs environnementaux.

Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la reproduction	Effet sur la population
Sites d'ancrage commerciaux	3	1	0
Hydrocarbures	1	3	2
Autres	1	3	2
Contenu inconnu	1	3	2
Sites de dragage	2	2	2
Sites de dépôts	2	2	2

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la reproduction	Effet sur la population
Dragages de capitalisation prévus	1	2	2
Sites de naufrages répertoriés	1	0	0
Cargo	4	1	0
Porte-conteneurs	4	1	0
Cargaison sèche	4	1	0
Gouvernement / recherche	3	1	0
Observation mammifères marins	3	1	0
Passager / traversier / roulier	4	1	0
Navires de plaisance	3	1	0
Navires spéciaux	3	1	0
Pétrolier	4	1	0
Remorqueur / port	3	1	0
Navigation portuaire	4	1	0
Démersale destructive, prises accessoires élevées	3	3	1
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	3	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	3	1
Pélagique prises accessoires faibles	3	3	1
Pélagique prises accessoires élevées	3	3	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	3	3	1
Pollution maritime	3	2	2

Évaluation des critères de vulnérabilité des sites d’alevinage aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la reproduction	Effet sur la population
Sites d’ancrage commerciaux	3	1	0
Hydrocarbures	1	3	2
Autres	1	3	2
Contenu inconnu	1	3	2
Sites de dragage	2	2	2
Sites de dépôts	2	2	2
Dragages de capitalisation prévus	1	2	2

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la reproduction	Effet sur la population
Sites de naufrages répertoriés	1	0	0
Cargo	4	1	0
Porte-conteneurs	4	1	0
Cargaison sèche	4	1	0
Gouvernement / recherche	3	1	0
Observation mammifères marins	3	1	0
Passager / traversier / roulier	4	1	0
Navires de plaisance	3	1	0
Navires spéciaux	3	1	0
Pétrolier	4	1	0
Remorqueur / port	3	1	0
Navigation portuaire	4	1	0
Démersale destructive, prises accessoires élevées	3	3	1
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	3	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	3	1
Pélagique prises accessoires faibles	3	3	1
Pélagique prises accessoires élevées	3	3	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	3	3	1
Pollution maritime	3	2	2

Évaluation des critères de vulnérabilité des oiseaux aux stresseurs environnementaux.

Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population
Sites d’ancrage commerciaux	3	0
Hydrocarbures	1	2
Autres	1	2
Contenu inconnu	1	2
Sites de dragage	2	0
Sites de dépôts	2	0
Dragages de capitalisation prévus	1	0
Sites de naufrages répertoriés	1	1

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population
Cargo	4	1
Porte-conteneurs	4	1
Cargaison sèche	4	1
Gouvernement / recherche	3	1
Observation mammifères marins	3	1
Passager / traversier / roulier	4	1
Navires de plaisance	3	1
Navires spéciaux	3	1
Pétrolier	4	1
Remorqueur / port	3	1
Navigation portuaire	4	1
Démersale destructive, prises accessoires élevées	3	1
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	1
Pélagique prises accessoires faibles	3	1
Pélagique prises accessoires élevées	3	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	3	1
Pollution maritime	3	2

Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques susceptibles aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut de l'espèce
Sites d'ancrage commerciaux	3	0	1
Hydrocarbures	1	2	1
Autres	1	2	1
Contenu inconnu	1	2	1
Sites de dragage	2	2	1
Sites de dépôts	2	2	1
Dragages de capitalisation prévus	1	2	1
Sites de naufrages répertoriés	1	0	1
Cargo	4	1	1
Porte-conteneurs	4	1	1

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut de l'espèce
Cargaison sèche	4	1	1
Gouvernement / recherche	3	1	1
Observation mammifères marins	3	1	1
Passager / traversier / roulier	4	1	1
Navires de plaisance	3	1	1
Navires spéciaux	3	1	1
Pétrolier	4	1	1
Remorqueur / port	3	1	1
Navigation portuaire	4	1	1
Démersale destructive, prises accessoires élevées	3	2	1
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	2	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	2	1
Pélagique prises accessoires faibles	3	2	1
Pélagique prises accessoires élevées	3	2	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	3	2	1
Pollution maritime	3	2	1

Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques vulnérables aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut de l'espèce
Sites d'ancrage commerciaux	3	0	2
Hydrocarbures	1	2	2
Autres	1	2	2
Contenu inconnu	1	2	2
Sites de dragage	2	2	2
Sites de dépôts	2	2	2
Dragages de capitalisation prévus	1	2	2
Sites de naufrages répertoriés	1	0	2
Cargo	4	1	2
Porte-conteneurs	4	1	2

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut de l'espèce
Cargaison sèche	4	1	2
Gouvernement / recherche	3	1	2
Observation mammifères marins	3	1	2
Passager / traversier / roulier	4	1	2
Navires de plaisance	3	1	2
Navires spéciaux	3	1	2
Pétrolier	4	1	2
Remorqueur / port	3	1	2
Navigation portuaire	4	1	2
Démersale destructive, prises accessoires élevées	3	2	2
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	2	2
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	2	2
Pélagique prises accessoires faibles	3	2	2
Pélagique prises accessoires élevées	3	2	2
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	3	2	2
Pollution maritime	3	2	2

Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques menacées aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut de l'espèce
Sites d'ancrage commerciaux	3	0	3
Hydrocarbures	1	2	3
Autres	1	2	3
Contenu inconnu	1	2	3
Sites de dragage	2	2	3
Sites de dépôts	2	2	3
Dragages de capitalisation prévus	1	2	3
Sites de naufrages répertoriés	1	0	3
Cargo	4	1	3
Porte-conteneurs	4	1	3

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut de l'espèce
Cargaison sèche	4	1	3
Gouvernement / recherche	3	1	3
Observation mammifères marins	3	1	3
Passager / traversier / roulier	4	1	3
Navires de plaisance	3	1	3
Navires spéciaux	3	1	3
Pétrolier	4	1	3
Remorqueur / port	3	1	3
Navigation portuaire	4	1	3
Démersale destructive, prises accessoires élevées	3	2	3
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	2	3
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	2	3
Pélagique prises accessoires faibles	3	2	3
Pélagique prises accessoires élevées	3	2	3
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	3	2	3
Pollution maritime	3	2	3

Annexe 9

Évaluation des critères de vulnérabilité du béluga (*Delphinapterus leucas*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	3	0	1	1	1	3	3
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	3	3	3
Autres	1	3	2	2	2	3	3	3
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	3	3	3
Sites de dragage	2	2	0	1	0	3	3	3
Sites de dépôts	2	2	0	1	0	3	3	3
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0	1	0	3	3	3
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	3	3
Cargo	4	3	1	3	1	1	3	3
Porte-conteneurs	4	3	1	3	1	1	3	3
Cargaison sèche	4	3	1	3	1	1	3	3
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	3	3
Observation mammifères marins	3	3	0	2	1	1	3	3
Passager / traversier / roulier	4	3	1	3	1	1	3	3
Navires de plaisance	3	3	1	3	1	1	3	3
Navires spéciaux	3	3	1	3	1	1	3	3
Pétrolier	4	3	1	3	1	1	3	3
Remorqueur / port	3	3	1	3	1	1	3	3
Navigation portuaire	4	3	1	3	1	1	3	3
Démersale destructive,	0	0	0	0	0	0	3	3

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	3	3
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	3	3
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	3	3
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	3	3
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	3	3

Évaluation des critères de vulnérabilité du marsouin commun (*Phocoena phocoena*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	3	0	1	0	1	1	2
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	1	1	2
Autres	1	3	2	2	2	1	1	2
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	1	1	2
Sites de dragage	2	2	0	1	0	1	1	2
Sites de dépôts	2	2	0	1	0	1	1	2
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0	1	0	1	1	2
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	1	2
Cargo	4	3	1	3	0	1	1	2
Porte-conteneurs	4	3	1	3	0	1	1	2
Cargaison sèche	4	3	1	3	0	1	1	2
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	1	2
Observation mammifères marins	3	3	0	2	0	1	1	2
Passager / traversier / roulier	4	3	1	3	0	1	1	2
Navires de plaisance	3	3	1	3	0	1	1	2
Navires spéciaux	3	3	1	3	0	1	1	2
Pétrolier	4	3	1	3	0	1	1	2
Remorqueur / port	3	3	1	3	0	1	1	2
Navigation portuaire	4	3	1	3	0	1	1	2
Démersale destructive,	0	0	0	0	0	0	1	2

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	1	2
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	1	2
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	1	2
Pélagique prises accessoires élevées	3	4	1	2	0	1	1	2
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	1	2

Évaluation des critères de vulnérabilité du petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	3	0	1	0	1	0	2
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	2	0	2
Autres	1	3	2	2	2	2	0	2
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	2	0	2
Sites de dragage	2	2	0	1	0	1	0	2
Sites de dépôts	2	2	0	1	0	1	0	2
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0	1	0	1	0	2
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	0	2
Cargo	4	3	1	3	0	1	0	2
Porte-conteneurs	4	3	1	3	0	1	0	2
Cargaison sèche	4	3	1	3	0	1	0	2
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	0	2
Observation mammifères marins	3	3	0	2	0	1	0	2
Passager / traversier / roulier	4	3	1	3	0	1	0	2
Navires de plaisance	3	3	1	3	0	1	0	2
Navires spéciaux	3	3	1	3	0	1	0	2
Pétrolier	4	3	1	3	0	1	0	2
Remorqueur / port	3	3	1	3	0	1	0	2
Navigation portuaire	4	3	1	3	0	1	0	2
Démersale destructive,	0	0	0	0	0	0	0	2

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	2
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	1	2	0	1	0	2
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	2
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	0	2
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	0	2

Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque commun (*Phoca vitulina*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	0	0	1	0	1	0	1
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	1	0	1
Autres	1	3	2	2	2	1	0	1
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	1	0	1
Sites de dragage	2	2	0	1	0	1	0	1
Sites de dépôts	2	2	0	1	0	1	0	1
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0	1	0	1	0	1
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	0	1
Cargo	4	3	1	3	0	1	0	1
Porte-conteneurs	4	3	1	3	0	1	0	1
Cargaison sèche	4	3	1	3	0	1	0	1
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	0	1
Observation mammifères marins	3	3	0	2	0	1	0	1
Passager / traversier / roulier	4	3	1	3	0	1	0	1
Navires de plaisance	3	3	1	3	0	1	0	1
Navires spéciaux	3	3	1	3	0	1	0	1
Pétrolier	4	3	1	3	0	1	0	1
Remorqueur / port	3	3	1	3	0	1	0	1
Navigation portuaire	4	3	1	3	0	1	0	1
Démersale destructive,	0	0	0	0	0	0	0	1

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	0	1
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	1
Pélagique prises accessoires élevées	3	4	1	2	0	1	0	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	0	1

Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque du Groenland (*Phoca groenlandica*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	0	0	1	1	1	0	1
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	1	0	1
Autres	1	3	2	2	2	1	0	1
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	1	0	1
Sites de dragage	0	0	0	0	0	0	0	0
Sites de dépôts	0	0	0	0	0	0	0	0
Dragages de capitalisation prévus	0	0	0	0	0	0	0	0
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	0	1
Cargo	4	3	1	3	1	1	0	1
Porte-conteneurs	4	3	1	3	1	1	0	1
Cargaison sèche	4	3	1	3	1	1	0	1
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	0	1
Observation mammifères marins	0	0	0	0	0	0	0	0
Passager / traversier / roulier	4	3	1	3	1	1	0	1
Navires de plaisance	3	3	1	3	1	1	0	1
Navires spéciaux	3	3	1	3	1	1	0	1
Pétrolier	4	3	1	3	1	1	0	1
Remorqueur / port	3	3	1	3	1	1	0	1
Navigation portuaire	4	3	1	3	1	1	0	1
Démersale destructive,	0	0	0	0	0	0	0	1

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	0	1
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	1
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	0	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	0	1

Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque gris (*Halichoerus grypus*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	0	0	1	0	1	0	1
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	1	0	1
Autres	1	3	2	2	2	1	0	1
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	1	0	1
Sites de dragage	2	2	0	1	0	1	0	1
Sites de dépôts	2	2	0	1	0	1	0	1
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0	1	0	1	0	1
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	0	1
Cargo	4	3	1	3	0	1	0	1
Porte-conteneurs	4	3	1	3	0	1	0	1
Cargaison sèche	4	3	1	3	0	1	0	1
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	0	1
Observation mammifères marins	3	3	0	2	0	1	0	1
Passager / traversier / roulier	4	3	1	3	0	1	0	1
Navires de plaisance	3	3	1	3	0	1	0	1
Navires spéciaux	3	3	1	3	0	1	0	1
Pétrolier	4	3	1	3	0	1	0	1
Remorqueur / port	3	3	1	3	0	1	0	1
Navigation portuaire	4	3	1	3	0	1	0	1
Démersale destructive,	0	0	0	0	0	0	0	1

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	0	1
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	1
Pélagique prises accessoires élevées	3	4	1	2	0	1	0	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	0	1

Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	3	0	1	0	1	0	1
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	2	0	1
Autres	1	3	2	2	2	2	0	1
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	2	0	1
Sites de dragage	2	2	0	1	0	1	0	1
Sites de dépôts	2	2	0	1	0	1	0	1
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0	1	0	1	0	1
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	0	1
Cargo	4	4	1	3	0	2	0	1
Porte-conteneurs	4	4	1	3	0	2	0	1
Cargaison sèche	4	4	1	3	0	2	0	1
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	0	1
Observation mammifères marins	3	3	0	2	1	1	0	1
Passager / traversier / roulier	4	4	1	3	0	2	0	1
Navires de plaisance	3	3	1	3	0	1	0	1
Navires spéciaux	3	3	1	3	0	1	0	1
Pétrolier	4	4	1	3	0	2	0	1
Remorqueur / port	3	3	1	3	0	1	0	1
Navigation portuaire	4	3	1	3	0	1	0	1
Démersale destructive,	0	0	0	1	0	0	0	1

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	1	2	0	1	0	1
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	0	1
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	0	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	0	1

Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	3	0	1	0	1	3	1
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	2	3	1
Autres	1	3	2	2	2	2	3	1
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	2	3	1
Sites de dragage	2	2	0	1	0	1	3	1
Sites de dépôts	2	2	0	1	0	1	3	1
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0	1	0	1	3	1
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	3	1
Cargo	4	4	1	3	0	2	3	1
Porte-conteneurs	4	4	1	3	0	2	3	1
Cargaison sèche	4	4	1	3	0	2	3	1
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	3	1
Observation mammifères marins	3	3	0	2	1	1	3	1
Passager / traversier / roulier	4	4	1	3	0	2	3	1
Navires de plaisance	3	3	1	3	0	1	3	1
Navires spéciaux	3	3	1	3	0	1	3	1
Pétrolier	4	4	1	3	0	2	3	1
Remorqueur / port	3	3	1	3	0	1	3	1
Navigation portuaire	4	3	1	3	0	1	3	1
Démersale destructive,	0	0	0	1	0	0	3	1

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	3	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	1	2	0	1	3	1
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	3	1
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0	0	0	0	3	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	3	1

Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau 4.22 pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
Sites d'ancrage commerciaux	3	3	0	1	0	1	1	1
Hydrocarbures	1	3	2	2	2	2	1	1
Autres	1	3	2	2	2	2	1	1
Contenu inconnu	1	3	2	2	2	2	1	1
Sites de dragage	2	2	0	1	0	1	1	1
Sites de dépôts	2	2	0	1	0	1	1	1
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0	1	0	1	1	1
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0	0	1	1
Cargo	4	4	1	3	0	2	1	1
Porte-conteneurs	4	4	1	3	0	2	1	1
Cargaison sèche	4	4	1	3	0	2	1	1
Gouvernement / recherche	3	3	0	2	0	1	1	1
Observation mammifères marins	3	3	0	2	1	1	1	1
Passager / traversier / roulier	4	4	1	3	0	2	1	1
Navires de plaisance	3	3	1	3	0	1	1	1
Navires spéciaux	3	3	1	3	0	1	1	1
Pétrolier	4	4	1	3	0	2	1	1
Remorqueur / port	3	3	1	3	0	1	1	1
Navigation portuaire	4	3	1	3	0	1	1	1
Démersale destructive,	0	0	0	0	0	0	1	1

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance	Temps de rétablissement	Effet sur la reproduction	Effet sur la population	Statut de l'espèce	Espèce résidente
prises accessoires élevées								
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	1	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	1	2	0	1	1	1
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0	0	1	1
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0	1	0	0	1	1
Pêches commerciales au sein du secteur fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1	3	2	3	1	1

Annexe 10

Mises à jour

2023-03-31

Sommaire des modifications:

- ***Intégration de données*** (consultez le portrait de la zone d'étude et l'annexe 1 pour plus de détails sur les données).
  - Mise à jour de stresseurs et/ou de composantes valorisées
    - Composantes valorisées
      - Habitats floristiques et fauniques
        - Frayères secteur maritime (id: 0073, 0074, 0075, 0076)
        - Gisements coquiliers (id: 0078, 0079, 0080, 0081)
        - Sites d'alevinage (id: 0086 remplace id: 0009)
        - Frayères (id: 0087 remplace id: 0010)
      - Mammifères marins
        - Baleines à fanon (id: 0085 remplace espèces dans id:0027):
          - Petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*)
          - Rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*)
          - Rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*)
          - Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*)
      - Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques
        - Zones de protection (id: 0082)
    - Stresseurs
      - Pollution maritime
        - Mise à jour pour considérer les pêches du secteur fluvial
  - Nouvelles catégories de stresseurs et/ou de composantes valorisées
    - Composantes valorisées
      - Habitats floristiques et fauniques
        - Espèces aquatiques à statut en vertu de la Loi sur les espèces en péril (id: 0077)
        - Biovolumes herbiers aquatiques (id: 0084)
      - Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques
        - Épaves (id: 0088)
    - Stresseurs
      - Pêches commerciales
        - Pêches commerciales secteur fluvial (id: 0083)

- ***Vulnérabilité***
  - Pêches commerciales secteur fluvial
    - Habitats floristiques et fauniques
      - Milieux naturels: équivalence attribuée aux pêches démersales non destructives, prises accessoires élevées qui contiennent les pêches avec casiers.
      - Habitats d'importance pour les espèces fauniques et floristiques (id: 0063)
        - Les valeurs de vulnérabilité attribuées aux activités de pêches commerciales dans le secteur maritime ont été utilisées pour les pêches commerciales en milieux fluvial
    - Intégrité des berges: vulnérabilité nulle face aux pêches commerciales
    - Mammifères marins: vulnérabilité nulle face aux pêches commerciales en milieu fluvial (id: 0064)
    - Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques: vulnérabilité égale à 1 comme pour tous les autres stresseurs
  - Biovolumes herbiers aquatiques
    - Vulnérabilité obtenue à partir de Kappel et al. (2012) en utilisant les valeurs de vulnérabilité des zostères et zones algales
    - Diminution de la vulnérabilité de 10% par catégorie de biovolumes (élevé = 100%; modéré = 90%; faible = 80%)
  - Espèces à statut en vertu de la Loi sur les espèces en péril
    - Approche similaire avec les espèces à statut du CDPNQ

- ***Interprétation des résultats***
  - Stresseurs et hotspots cumulés
    - Pêche commerciale maintenant présente au sein du secteur fluvial.
    - Pollution maritime augmentée au sein du secteur fluvial dû à la pêche commerciale
  - Composantes valorisées cumulées

    - Interprétation inchangée
- Exposition cumulée
    - Interprétation inchangée pour la distribution de l'exposition cumulée
    - Augmentation de l'intensité de l'exposition cumulée au sein du secteur fluvial pour les habitats et les sites d'intérêt dû à l'intégration de la pêche commerciale qui chevauche des milieux qui étaient déjà exposés à haute intensité
    - Exposition des mammifères marins plus étendue du Saguenay vers le Golfe dû à l'intégration des nouveaux modèles de distribution
- Effets cumulatifs
    - Constats similaires à l'exposition cumulée
- Chemins d'effet
    - Augmentation du nombre de chemins d'effet prédits, mais les effets relatifs moyens demeurent inchangés
    - La pêche commerciale en milieu fluvial semble avoir un effet global supérieur aux activités de pêche en milieu maritime, sans doute dû à l'étendue spatiale restreinte du secteur fluvial comparativement à celui du secteur maritime
    - Effets prédits des pêches commerciales en milieu fluvial principalement sur les sites d'intérêt et quelques habitats. Il y a toutefois un nombre important de sites d'intérêt dans cette région et leur vulnérabilité est considérée pour tous les stresseurs considérés.
    - Herbiers aquatiques parmi les habitats les plus affectés. Il faut toutefois considérer que la caractérisation des herbiers aquatiques n'est pas exhaustive pour l'ensemble de la zone d'étude. Il est donc impossible d'émettre des conclusions pour l'ensemble des herbiers aquatiques de la zone d'étude et les conclusions doivent se limiter aux zones qui ont été caractérisées.
- Régions administratives
    - La pêche commerciale affiche un effet important au sein du secteur fluvial, et ce particulièrement pour les régions du Centre-du-Québec, de Lanaudière et de la Mauricie

- ***Sommaire***
  - Stresseurs environnementaux les plus importants
    - Les pêches commerciales affectent certaines catégories de composantes valorisées plus intensément, comme plusieurs sites d'intérêt et des habitats du milieu fluvial et les gisements coquilliers du milieu maritime. La pêche commerciale en milieu fluvial semble avoir un effet global supérieur aux activités de pêche en milieu maritime, sans doute dû à l'étendue spatiale restreinte du secteur fluvial comparativement à celui du secteur maritime;
  - Régions administratives les plus affectées
    - Les régions administratives du secteur fluvial sont les plus affectées par les effets cumulatifs des activités maritimes, un constat particulièrement important pour la Montérégie et le Centre-du-Québec. Ces effets sont influencés majoritairement par la navigation marchande (e.g. pétrolier, cargaison sèche, cargo et porte-conteneurs), la pêche commerciale et la pollution maritime;

- ***Perspectives***
  - Bonifier le portrait
    - Herbiers aquatiques
      - Conservé dans les perspectives, mais il est indiqué que l'intégration a débuté avec des données qui permettent de caractériser une partie de la zone d'étude et que des données supplémentaires pourraient être ajoutées dans le futur.
    - Pêches commerciales dans le secteur fluvial
      - Conservées dans les perspective, mais il est maintenant indiqué que la caractérisation nouvellement intégrée devrait être remplacée par une caractérisation plus fine et à jour lors d'une prochaine itération de l'évaluation.
    - Épaves
      - Retrait de la perspective sur les épaves

Remerciements

D’abord et avant tout, nous tenons à remercier toutes les personnes et organismes ayant contribué à façonner ce projet pilote par leur présence aux ateliers de concertation qui ont mené à l’identification des stresseurs environnementaux et des composantes valorisées sélectionnées pour cette étude et aux webinaires organisés pendant la durée du projet. Ces échanges ont permis de définir non seulement les objectifs de ce projet, mais également d’orienter les deux dernières années de travail menées par notre équipe de recherche.

Nous remercions également les Premières Nations ayant participé à cette étude pour leur présence aux activités de concertation, les échanges soutenus avec notre équipe de recherche et le partage de données et de savoirs. Cette implication fut d’une importance cruciale pour l’atteinte des objectifs de l’étude. Nous désirions entreprendre les échanges avec les Premières Nations avec humilité et écoute et c’est avec humilité et écoute que nous espérons poursuivre ces échanges dans le futur.

Nous désirons également remercier tous les collaborateurs et organismes ayant échangé avec notre équipe tout au long du projet. Votre ouverture et votre volonté de partager vos connaissances sont nécessaires à l’évaluation des effets cumulatifs et à la gestion écosystémique en général; sans votre travail, le nôtre serait impossible. Certains de ces collaborateurs sont remerciés directement au sein des sous-sections du portrait de la zone d’étude du rapport; d’autres sont identifiés au sein de l’annexe 2. Cet annexe compte d’ailleurs plus de 60 personnes ressources et organismes ayant contribué par des échanges et des données ou en diffusant des données sur diverses plateformes de données ouvertes.

Nous remercions également les membres du Plan d’action Saint-Laurent sur le projet *Établir un cadre commun d’évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent/Saguenay*; vos commentaires et nos échanges ont permis d’améliorer notre rapport jusqu’à la toute fin. Nous espérons sincèrement que notre évaluation vous sera

utile et qu'elle sera une source de motivation et d'inspiration pour poursuivre et diversifier vos efforts au sein du Saint-Laurent.

Finalement, un merci spécial à Catherine Guillemette, Transport Canada, sans qui ce projet n'aurait pu exister. Simplement, ton travail a pu connecter un réseau remarquable d'acteurs du milieu diversifié et investi dans une vision de gestion intégrative de nos écosystèmes. Mais surtout, c'est ton écoute et ton ouverture qui ont pu transformer ce projet en une aventure ayant un point de départ clair mais un fil d'arrivée à découvrir. Peu de gestionnaires de projet possèdent cette capacité d'adapter leurs objectifs et leurs attentes en cours de projet et nous sommes reconnaissants d'avoir eu la chance de travailler étroitement avec toi. Maintenant, nous ne pouvons qu'espérer que tu continueras de travailler sur des projets rassembleurs; les défis sociaux et environnementaux de demain auront besoin d'ambassadrices comme toi!

Bibliographie

AECOM (2021). Potentiel archéologique subaquatique sur les réserves de territoires aux fins d'aires protégées des secteurs de L'Isle-aux-Grues, Kamouraska, des Basques, du Banc-des-Américains ainsi que la réserve aquatique projetée de Manicouagan. AECOM.

Afflerbach, J. C., Yocum, D., and Halpern, B. S. (2017). Cumulative human impacts in the Bering Strait Region. *Ecosystem Health and Sustainability* 3, 1379888. doi:10.1080/20964129.2017.1379888.

Agence d'évaluation d'impact du Canada (2021). Contrecoeur Port Terminal Expansion Project. Environmental Assessment Report. Catalog Number: En106-236/2021E-PD. ISBN: 978-0-660-37365-2. 336p. + xiii.

Andersen, J. H., Halpern, B. S., Korpinen, S., Murray, C., and Reker, J. (2015). Baltic Sea biodiversity status vs. Cumulative human pressures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 161, 88–92. doi:10.1016/j.ecss.2015.05.002.

Arsenault, L. M., Racine, M. J., and Lambert Koizumi, C. (2017). Atlas of Marine St. Lawrence Mi'gmaq and Maliseet Sites and Their Uses by the Gesgapegiag, Gespeg and Viger Communities. Mi'gmaq Maliseet Aboriginal Fisheries Management Association (MMAFMA).

Bachand, É., and Joubert, J.-E. (2014). RESTAURATION DE L'HERBIER DE ZOSTÈRE MARINE (Zostera marina L.) DANS LA BAIE DE MITIS, GRAND-MÉTIS Rapport des travaux et de suivi, Rimouski, 42p.

Ban, N. C., Alidina, H. M., and Ardron, J. A. (2010). Cumulative impact mapping: Advances, relevance and limitations to marine management and conservation, using Canada's Pacific waters as a case study. *Marine Policy* 34, 876–886. doi:10.1016/j.marpol.2010.01.010.

Beanlands, G. E., and Duinker, P. N. (1983). *An ecological framework for environmental impact assessment in Canada*. Institute for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University and ….

Beauchesne, D., Daigle, R. M., Vissault, S., Gravel, D., Bastien, A., Bélanger, S., et al. (2020). Characterizing Exposure to and Sharing Knowledge of Drivers of Environmental Change in the St. Lawrence System in Canada. *Frontiers in Marine Science* 7. doi:10.3389/fmars.2020.00383.

Beauchesne, D., Grant, C., and Archambault, P. (2022a). Scores de vulnérabilité pour les mammifères marins. Pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent et la rivière Saguenay Projet pilote. Réalisé pour Transports Canada.

Beauchesne, D., Grant, C., and Archambault, P. (2022b). Scores de vulnérabilité pour les sites d'importance fauniques et floristiques. Pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent et la rivière Saguenay Projet pilote. Réalisé pour Transports Canada.

Bernier, J.-F., Chassiot, L., and Lajeunesse, P. (2021). Assessing bank erosion hazards along large rivers in the Anthropocene: A geospatial framework from the St. Lawrence fluvial system. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 12, 1584–1615. doi:10.1080/19475705.2021.1935333.

Bernier, J.-F., Chiassot, L., Ouellet, C., and Lajeunesse, P. (2020). Caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent. Laboratoire de géosciences marines, Département de Géographie, Université Laval, Rapport soumis au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Bois, P., Joubert, J.-E., and Pothier, J. (2018). RESTAURATION DE L'HERBIER DE ZOSTÈRE MARINE DANS L'ANSE DE POINTE-AU-PÈRE, RIMOUSKI Rapport de travaux et de suivis, Rimouski, 32 p.

Bouchard, D. (2022). Position et volume dragués et den 2001, 2011 et 2016 pour la Première Nation des Innus d'Essipit dans la région des Bergeronnes.

Bouchard, D., and Tremblay, P. (2021). Collection de sites d'intérêt sociaux, culturels, archéologiques et de pratiques Innu-Aitun issue de l'intégration d'ouvrages divers. Secteur Territoire et Consultation, Conseil de Bande Essipit.

Butts, T. A., and Shackleford, D. B. (1992). Impacts of commercial navigation on water quality in the Illinois river channel.

Canada, A. P. (2021a). Données du suivi du phoque commun dans le fjord du Saguenay entre 2007 et 2020 exprimées en pourcentage d'individus observés selon la grille d'étude du projet d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritime dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

Canada, A. P. (2021b). Limites des différentes mesures spatiales de gestion en place au parc marin.

Canada, O. (2015). Zones importantes pour la conservation des oiseaux et de la biodiversité au Canada (KMZ) (Keyhole Markup Language), Oiseaux Canada, Ontario [En ligne] IBA Canada [https://www.ibacanada.com/explore_how.jsp?lang=fr] (Consulté le 3 novembre 2021).

Canada, T. (2020a). Satellite navigation data from automatic identification system (AIS) in the St. Lawrence estuary from 2017 to 2019. Data provided by Maerospace Corporation via a contract with PWGSC on behalf of the Canadian Space Agency.

Canada, T. (2020b). Static vessel information per MMSI that travelled in Canadian waters between 2015 and 2019.

Canada, T. (2021c). Canada's designated alternate ballast water exchange areas. [Accessed 2021-08-31] url: https://open.canada.ca/data/en/dataset/23d26c61-b119-42c0-aa41-bd06cd96a973.

Canada, T. (2021d). List of Canada's designated alternate ballast water exchange areas and fresh wasters. TP No. 13617E. Edition 10 RDIMS #1412517 V33. Catalogue No. T29-163//2021E. ISBN 978-0-660-39186-1.

Canards Illimités Canada et le ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (2020). Cartographie détaillée des milieux humides pour les basses-terres du Saint-Laurent, la plaine du Lac Saint-Jean et d'autres secteurs au sud du Québec. Url : https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/eafec419-d67d-449e-a157-d22230314d36.

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2020). Espèces à statut dans le Saint-Laurent fluvial. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC), Québec.

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2021a). Extractions du système de données d'espèces fauniques à statut pour le territoire du fleuve Saint-Laurent ou ses abords, de Beauharnois à Pointe-des-Monts, et de la rivère Saguenay. Ministère des

Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC), Québec.

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2021b). Extractions du système de données d'espèces floristiques à statut pour le territoire du fleuve Saint-Laurent ou ses abords, de Beauharnois à Pointe-des-Monts, et de la rivère Saguenay. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC), Québec.

Christensen, N. L., Bartuska, A. M., Brown, J. H., Carpenter, S., D'Antonio, C., Francis, R., et al. (1996). The Report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management. *Ecological Applications* 6, 665–691. doi:10.2307/2269460.

Cimon, S., Deslauriers, A., and Cusson, M. (2021). Multiple stressors and disturbance effects on eelgrass and epifaunal macroinvertebrate assemblage structure. *Marine Ecology Progress Series* 657, 93–108. doi:10.3354/meps13546.

Clarke Murray, C., Agbayani, S., Alidina, H. M., and Ban, N. C. (2015a). Advancing marine cumulative effects mapping: An update in Canada's Pacific waters. *Marine Policy* 58, 71–77. doi:10.1016/j.marpol.2015.04.003.

Clarke Murray, C., Agbayani, S., and Ban, N. C. (2015b). Cumulative effects of planned industrial development and climate change on marine ecosystems. *Global Ecology and Conservation* 4, 110–116. doi:10.1016/j.gecco.2015.06.003.

Clarkson, B. R., Ausseil, A.-G. E., and Gerbeaux, P. (2013). Wetland ecosystem services. *Ecosystem services in New Zealand: conditions and trends. Manaaki Whenua Press, Lincoln*, 192–202.

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (2012). Restauration expérimentale d'une zostéraie dans la Baie de Mitis. Données diffusées sur l'Observatoire global du Saint-Laurent-OGSL. [https://ogsl.ca]. Consulté le [2021-06-08].

Conseil canadien des ministres de l'environnement (2014). Définitions et principes pancanadiens pour les effets cumulatifs. 2.

Côté, J.-P., and Morin, J. (2007a). Principales interventions humaines survenues dans le fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec au 19è siècle : 1844-1907.

Côté, J.-P., and Morin, J. (2007b). Principales interventions humaines survenues dans le fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec au 20è siècle : 1907-2005.

DFO (2020). Science Advice for Pathways Of Effects for Marine Shipping In Canada: Biological and Ecological Effects.

Dubé, M. G. (2003). Cumulative effect assessment in Canada: A regional framework for aquatic ecosystems. *Environmental Impact Assessment Review* 23, 723–745. doi:10.1016/S0195-9255(03)00113-6.

Duinker, P. N., Burbidge, E. L., Boardley, S. R., and Greig, L. A. (2013). Scientific dimensions of cumulative effects assessment: Toward improvements in guidance for practice. *Environmental Reviews* 21, 40–52. doi:10.1139/er-2012-0035.

Duinker, P. N., and Greig, L. A. (2006). The Impotence of Cumulative Effects Assessment in Canada: Ailments and Ideas for Redeployment. *Environmental Management* 37, 153–161. doi:10.1007/s00267-004-0240-5.

Englobe (2016). Programme décennal de dragage d'entretien et réfection des quais Installations portuaires Port-Alfred, La Baie, Québec. Étude d'impact sur l'environnement. Rapport final 045-P-0008779-0-01-291-EN-R-0200-00. 132p. + ix.

Englobe (2017). Programme décennal de dragage d'entretien et réfection des quais Installations portuaires Port-Alfred, La Baie, Québec. Résumé de l'étude d'impact sur l'environnement et du projet. 24p.

Environnement et Changement Climatique Canada (2020). Bilan des activités de dragage dans l'Estuaire du Saint-Laurent de 2009 à 2016. Document de travail.

Environnement et Changement Climatique Canada (2021). Observations d'oiseaux marins. Données diffusées sur l'Observatoire global du Saint-Laurent-OGSL. [https://ogsl.ca]. Consulté le [2021-08-13].

Environnement et Changement climatique Canada (2012). Données de terrain pour la cartographie des milieux humides du lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent), 2012. Url : https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/9c52df44-7a34-4a73-a92a-5e3b20de6c73.

Environnement et Changement climatique Canada, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Ministàre des Forêts, de la Faune et des Parc, Plan d'action Saint-Laurent (2019). Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent [Données numériques vectorielles]. Version de diffusion Juin 2019. Québec, Québec.

Études d'oiseaux Canada (2015). Base de données des zones importantes pour la conservation des oiseaux au Canada. Port Rowan, Ontario : Études d'oiseaux Canada. http://www.ibacanada.org.

Foden, J., Rogers, S. I., and Jones, A. P. (2011). Human pressures on UK seabed habitats: A cumulative impact assessment. *Marine Ecology Progress Series* 428, 33–47. doi:10.3354/meps09064.

Garde côtière canadienne (2019). Distribution des sites d'ancrages de SIGTM-INNAV dans l'Est du Canada. Url: https://www.innav.gc.ca/home.aspx.

Garde côtière canadienne (2020). Base de données SGI-WEB -2007-2020. Direction des Interventions, Intervention environnementale, région du Centre.

Garde côtière canadienne (2021a). Inventaire des navires préoccupants (Inventory of Vessels of Concern (VOC)).

Garde côtière canadienne (2021b). Programme de gestion des voies navigables de la Garde Côtière Canadienne.

Garde côtière canadienne (2022). Fiches techniques de mouillage - Les Escoumins à Montréal.

GHD (2019). Évaluation des effets environnementaux. Dragage d'entretien annuel de la voie navigable du Saint-Laurent (années 2019 à 2023). ÉEE 2019 à 2023 de Montréal à Cap Gribane. En vertu de la Loi canadienne sur l'évalation environnementale (2012). Pêches et Océans Canada, Garde côtière canadienne.

Gilbert, H. (2004). Portrait des zones herbacées du Parc marin du Saguenay- Saint-Laurent. Bureau d'écologie appliquée, 21 p.

Goyette, J.-O., Bennett, E. M., Howarth, R. W., and Maranger, R. (2016). Changes in anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to the St. Lawrence sub-basin over 110 years and impacts on riverine export. *Global Biogeochemical Cycles* 30, 1000–1014. doi:10.1002/2016GB005384.

Grand Conseil de la Nation Waban-Aki (GCNWA) (2021). Rapport d'intrants fournis par le Bureau du Ndakina quant à l'étude des effets cumulatifs de la navigation commerciale. Rapport à l'intention de Transport Canada et Pêches et Océans Canada. Rédigé par E. Blanchet et G. Treyvaud, Bureau du Ndakina.

Halpern, B. S., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J. S., Micheli, F., O'Hara, C., et al. (2019). Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Scientific Reports* 9, 11609. doi:10.1038/s41598-019-47201-9.

Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K. S., Koenig, K., Longo, C., et al. (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications* 6. doi:10.1038/ncomms8615.

Halpern, B. S., and Fujita, R. (2013). Assumptions, challenges, and future directions in cumulative impact analysis. *Ecosphere* 4, art131. doi:10.1890/ES13-00181.1.

Halpern, B. S., Kappel, C. V., Selkoe, K. A., Micheli, F., Ebert, C. M., Kontgis, C., et al. (2009). Mapping cumulative human impacts to California Current marine ecosystems. *Conservation Letters* 2, 138–148. doi:10.1111/j.1755-263X.2009.00058.x.

Halpern, B. S., Selkoe, K. A., Micheli, F., and Kappel, C. V. (2007). Evaluating and Ranking the Vulnerability of Global Marine Ecosystems to Anthropogenic Threats. *Conservation Biology* 21, 1301–1315. doi:10.1111/j.1523-1739.2007.00752.x.

Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., et al. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science* 319, 948–952. doi:10.1126/science.1149345.

Hegmann, G., Cocklin, C., Creasey, R., Dupuis, S., Kennedy, A., Kingsley, L., et al. (1999). *Cumulative effects assessment practitioner's guide. Prepared by AXYS Environmental Consulting Ltd. And the CEA Working Group for the Canadian Environmental Assessment Agency, Hull, Quebec.*

Hemminga, M. A., and Duarte, C. M. (2000). *Seagrass Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press doi:10.1017/CBO9780511525551.

Hodgson, E. E., Halpern, B. S., and Essington, T. E. (2019). Moving Beyond Silos in Cumulative Effects Assessment. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7. doi:10.3389/fevo.2019.00211.

Hudon, C., and Carignan, R. (2008). Cumulative impacts of hydrology and human activities on water quality in the St. Lawrence River (Lake Saint-Pierre, Quebec, Canada). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65, 1165–1180. doi:10.1139/F08-069.

Jobin, B., Gratton, L., Côté, M.-J., Pfister, O., Lachance, D., Mingelbier, M., et al. (2019a). Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent - Rapport méthodologique version 2, incluant la région de l'Outaouais. Environnement et Changement climatique Canada, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 170 p.

Jobin, B., Gratton, L., and Desautels, P. (2019b). Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent Rapport méthodologique. Environnement et Changement climatique Canada et ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 93 p.

Jones, F. C. (2016). Cumulative effects assessment: Theoretical underpinnings and big problems. *Environmental Reviews* 24, 187–204. doi:10.1139/er-2015-0073.

Kappel, C. V., Halpern, B. S., Selkoe, K. A., and Cooke, R. M. (2012). "Eliciting Expert Knowledge of Ecosystem Vulnerability to Human Stressors to Support Comprehensive Ocean Management," in *Expert Knowledge and Its Application in Landscape Ecology*, eds. A. H. Perera, C. A. Drew, and C. J. Johnson (New York, NY: Springer), 253–277. doi:10.1007/978-1-4614-1034-8_13.

Krausman, P. R., and Harris, L. K. (2011). *Cumulative effects in wildlife management : Impact mitigation*. 1st ed. Boca Raton, Fla: CRC Press.

Lavalin, S. (2017a). Agrandissement du terminal portuaire de Contrecoeur. Étude d'impact environnemental - Volume 1 Rapport principal. Rapport final - F00. Ref. Interne 639223. 889p.

Lavalin, S. (2017b). Contrecoeur Maritime Terminal Expansion Project. Environmental Impact Assessment Summary. Final Report > Rev. F02. Internal ref. 639223. 109p.

Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021a). Baleines de l'Atlantique Nord-Ouest : Guide à l'intention de l'industrie maritime, 2e édition. Guide

disponibles sur le site https://www.navigationbaleines.ca/fr/accueil/. Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins.

Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021b). Données cartographiques : Navires et baleines de l'Atlantique Nord-Ouest : Guide à l'intention de l'industrie maritime, 2e édition. Données disponibles sur le site https://www.navigationbaleines.ca/fr/accueil/. Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins.

Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins (2021c). Méthodologie et conditions d'utilisation des données Navires et baleines de l'Atlantique Nord-Ouest : Guide à l'intention de l'industrie maritime. 2e édition. Rapport disponible sur le site https://www.navigationbaleines.ca/fr/accueil/. Le WWF-Canada et le Réseau d'observation de mammifères marins.

Leslie, H. M., and McLeod, K. L. (2007). Confronting the challenges of implementing marine ecosystem-based management. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5, 540–548. doi:10.1890/060093.

Lieske, D. J., Tranquilla, L. M., Ronconi, R. A., and Abbott, S. (2020). "Seas of risk": Assessing the threats to colonial-nesting seabirds in Eastern Canada. *Marine Policy* 115, 103863. doi:10.1016/j.marpol.2020.103863.

Marie-Ève Lemieux, communications personnelles.

Maxwell, S. M., Hazen, E. L., Bograd, S. J., Halpern, B. S., Breed, G. A., Nickel, B., et al. (2013). Cumulative human impacts on marine predators. *Nature Communications* 4, 1–9. doi:10.1038/ncomms3688.

Metzger, M. J., Leemans, R., and Schröter, D. (2005). A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7, 253–267. doi:10.1016/j.jag.2005.06.011.

Mingelbier, M., Reyjol, Y., Brodeur, P., Côté, C., Dumont, P., Lecomte, F., et al. (2012). Cartographie des principales pressions exercées sur le Saint-Laurent en 2012.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2022). Herbier2021Plus_0_1DeBiovolume [SHP], V2022-11-11, MFFP, gouvernement du Québec, Québec".

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023a). Frayères [GBD], V2023-01-25, MFFP, gouvernement du Québec, Québec.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023b). Localisation des épaves au sein du Saint-Laurent [Accès aux données 2023-01-20]. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (2023c). Sites d'alevinage [GBD], V2023-01-25, MFFP, gouvernement du Québec, Québec.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2019a). Cartographie des milieux humides potentiels du Québec Guide de l'utilisateur version 2019. 26 p.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2019b). Cartographie des milieux humides potentiels du Québec version 2019. [Accès aux données 2021-10-05]. Url : https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/milieux-humides-potentiels.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2019c). Rapport d'analyse environnementale Programme décennal de dragage d'entretien des installations portuaires de Port-Alfred sur le territoire de la ville de Saguenay. Direction

générale de l'évaluation environnementale et stratégique. Direction de l'évaluation environnementale des projets hydriques et industriels. Dossier 3211-02-299. 29p. + viii.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2020). Base de données des zones à risque d'inondation (BDZI) url: https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/3ac8ddff-fe0a-4a7a-8393-d5938e8f35e5.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2021a). Habitats floristiques. Url: https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/habitats-floristiques.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2021b). Registre des aires protégées au Québec. Url: https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/aires-protegees-au-quebec.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2022). Registre des aires protégées au Québec ainsi que ses territoires d'importance, Données de SIG [ArcMap, ESRICanada], Québec (Québec).

Ministère de l'Économie et de l'Innovation (2021). Délimitation des zones industrialo-portuaires. Url: https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/delimitation-des-zones-ip-industrialo-portuaires.

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (2021a). Bases de données topographiques du Québec (BDTQ) à l'échelle 1/20 000.

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (2021b). Découpages administratifs. Url: https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/decoupages-administratifs.

Ministère de la Culture et des Communications (2021a). Sites patrimoniaux cités par les municipalités et les communautés autochtones. [Accès aux données 2021-08-19]. Url

https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/34ca1a49-a020-4f60-986b-69fb4cfa852a.

Ministère de la Culture et des Communications (2021b). Sites patrimoniaux classés par le ministre de la Culture et des Communications. [Accès aux données 2021-08-19]. Url : https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/578d182d-4897-4c11-aa7f-ee0cfed222a0.

Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (2020). Grille de présence de zone inondable identifiée par les MRC. Url: https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/0d9de0d6-9873-4a8c-adc7-0e94d51b3fa0.

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2020). Identification des sites d'alevinage et des frayères dans le Saint-Laurent fluvial.

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2021a). Géodatabase des habitats fauniques. Url: https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/habitats-fauniques.

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2021b). Habitats fauniques. Données de SIG [ArcMap, ESRICanada], Québec (Québec).

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2022). Écosystèmes Forestiers Exceptionnels, Données de SIG [ArcMap, ESRICanada], Québec (Québec).

Ministère des Transports du Québec (2016). Compilation des dragages dans l'ensemble du Saint-Laurent entre 2001 et 2016. Document de travail.

Ministère des Transports du Québec (2017). Bref portrait des activités de dragge dans la voir navigable du fleuve Saint-Laurent de 2001 à 2016. 50 + iv.

Ministère des Transports du Québec (2021). Port - Installation. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/dcf460ae-c27f-4721-bec4-6e4467a5a3b6.

Mohawk Council of Kahnawà:ke (2021). Local input on valued components identified through the Cumulative Effects of Marine Shipping initiative for the St. Lawrence River.

Mosnier, A., Gosselin, J.-F., and Lesage, V. (2022). Seasonal distribution and concentration of four baleen whale species in the St. Lawrence Estuary based on 22 years of DFO observation data. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/053. Iv + 119 p. Department of Fisheries and Oceans.

Nation Huronne-Wendat (2021). Localisation des sites Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques pour la Nation Huronne-Wendat.

O'Hara, C. C., Frazier, M., and Halpern, B. S. (2021). At-risk marine biodiversity faces extensive, expanding, and intensifying human impacts. *Science* 372, 84–87. doi:10.1126/science.abe6731.

Peterson, E. B., Chan, Y. H., Peterson, N. M., Constable, G. A., Caton, R. B., Davis, C. S., et al. (1987). *Cumulative effects assessment in Canada: An agenda for action and research*. Canadian Environmental Assessment Research Council Hull.

Pêches et Océans Canada (2009). Inventaire de la zostère marine dans la Baie James, la Baie des Chaleurs, l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/c9ab948f-5009-4dbc-9129-2f6e373f17f6.

Pêches et Océans Canada (2019a). Aires de reproduction, d'alimentation et de concentration de l'esturgeon jaune dans le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/0db67020-7521-4356-bd53-3132cb7804a3.

Pêches et Océans Canada (2019b). Aires de reproduction, d'alimentation et de concentration de l'esturgeon noir dans le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/bfa19b1c-a248-4dc6-b497-327a8937a07b.

Pêches et Océans Canada (2019c). Aires de reproduction de l'alose savoureuse dans le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/a0817db6-42cb-4fa2-a601-48246c812e94.

Pêches et Océans Canada (2019d). Aires de reproduction et d'alimentation de l'éperlan-arc-en-ciel dans la Rivière Saguenay, le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/9ddbf6ff-4314-47d8-ac0f-8d2f7278edcf.

Pêches et Océans Canada (2019e). Gisements connus et exploités de mactre de Stimpson des eaux côtières du Québec. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/8bb29ee0-6cd8-4dd4-abe0-afe8682a69d9.

Pêches et Océans Canada (2019f). Gisements connus et exploités de pétoncles dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/82e082be-8f04-4273-830a-8aea63319f07.

Pêches et Océans Canada (2021a). Departement of Fisheries and Oceans Canada's Fisheries and Oceans Canada Zonal Interchange File Format (ZIFF) data. A compilation of landing data from logbook data between 2000 and 2020. [Data accessed 2021-06-11].

Pêches et Océans Canada (2021b). Index of fishing gears in departement of Fisheries and Oceans Canada's Fisheries and Oceans Canada Zonal Interchange File Format (ZIFF) data. A compilation of landing data from logbook data between 2000 and 2020. [Data accessed 2021-07-15].

Pêches et Océans Canada (2021c). Index of species in departement of Fisheries and Oceans Canada's Fisheries and Oceans Canada Zonal Interchange File Format (ZIFF) data. A compilation of landing data from logbook data between 2000 and 2020. [Data accessed 2021-07-15].

Pêches et Océans Canada (2021d). Oceans Act Marine Protected Areas. Url: https://open.canada.ca/data/en/dataset/a1e18963-25dd-4219-a33f-1a38c4971250.

Pêches et Océans Canada (2021e). Other Effective Area-Based Conservation Measures. Url: https://open.canada.ca/data/en/dataset/44769543-7a23-4991-a53f-c2cf7c7a946f.

Pêches et Océans Canada (2022a). Aires de concentration connues de la Clovisse arctique dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Url: https://open.canada.ca/data/fr/dataset/b0633101-18e6-483a-b668-4e1f76789696.

Pêches et Océans Canada (2022b). Aires de concentration connues de la Mactre de l'Atlantique dans le golfe du Saint-Laurent. Url: https://open.canada.ca/data/fr/dataset/ef06ae4e-151c-439c-be88-ef3b6d3b39a6.

Pêches et Océans Canada (2022c). Aires de concentration connues de la Mye commune dans la zone intertidale de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent url: https://open.canada.ca/data/fr/dataset/83fc6c4f-8a13-4e42-8d22-4dbacb5fa8c3.

Pêches et Océans Canada (2022d). Aires de concentration connues du Couteau de l'Atlantique dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Url: https://open.canada.ca/data/fr/dataset/a0039b2e-7847-4d48-8fd8-638677760f8b.

Pêches et Océans Canada (2022e). L'habitat essentiel désigné en vertu de la Loi sur les espèces en péril. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/db177a8c-5d7d-49eb-8290-31e6a45d786c.

Plan d'action Saint-Laurent (2020). Lan d'action Saint-Laurent. (2020). Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (Version 1.0) [Milieux humides]. Observatoire Global du Saint-Laurent. https://doi.org/10.26071/OGSL-0A232214-05CC.

Poisot, T. E., Mounce, R., and Gravel, D. (2013). Moving toward a sustainable ecological science: Don't let data go to waste! *Ideas in Ecology and Evolution* 6, 11–19. doi:10.4033/iee.2013.6b.14.f.

Racine, M. J., and Arsenault, L. M. (2017). Commercial Fisheries Data for the communities of Gesgapegiag, Gespeg and Viger. MMAFMA. Data published on St. Lawrence Global Observatory-SLGO. [https://slgo.ca]. Access date: [2021-06-16].

Rail, J.-F., and Chapdelaine, G. (2002). Quinzième inventaire des oiseaux marins dans les refuges de la Côte-Nord: Techniques et résultats détaillés. Série de rapports techniques No. 392. Seryice canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, xvi + 307 pages. Diffusé sur l'Observatoire global du Saint-Laurent-OGSL. [https://ogsl.ca]. Consulté le [2021-08-13].

Reichman, O. J., Jones, M. B., and Schildhauer, M. P. (2011). Challenges and Opportunities of Open Data in Ecology. *Science* 331, 703–705. doi:10.1126/science.1197962.

Réseau d'observation de mammifères marins (2021). Données d'observation de mammifères marins du Réseau d'observation de mammifères marins (ROMM) url: https://ogsl.ca/fr/biodiversite-mammiferes-marins-romm-information-sur-les-donnees/. [Accès aux données le 2021-05-19].

Réseau de milieux naturels protégés (2022). Répertoire des sites de conservation volontaire du Québec (RMN), Données de SIG [ArcMap, ESRICanada], Québec (Québec).

Rosenberg, A. A., and McLeod, K. L. (2005). Implementing ecosystem-based approaches to management for the conservation of ecosystem services. *Marine Ecology Progress Series* 300, 270–274. Available at: https://www.jstor.org/stable/24869751 [Accessed August 29, 2020].

Sasakova, N., Gregova, G., Takacova, D., Mojzisova, J., Papajova, I., Venglovsky, J., et al. (2018). Pollution of Surface and Ground Water by Sources Related to Agricultural Activities. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2, 42. doi:10.3389/fsufs.2018.00042.

Sergy, G. (2008). The Shoreline Classification Scheme for SCAT and Oil Spill Response in Canada. Proceedings of the 31st Arctic and Marine Oil Spill Program Technical

Seminar.Environment Canada, Ottawa, ON, Pp. 811-819. Environment and Climate Change Canada.

Service Hydrographique du Canada (2020). Mouillages et zones de mouillage canadiennes. Url: https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/622a7f72-4a00-4f92-b04f-af6551c77db3.

Sinclair, A. J., Doelle, M., and Duinker, P. N. (2017). Looking up, down, and sideways: Reconceiving cumulative effects assessment as a mindset. *Environmental Impact Assessment Review* 62, 183–194. doi:10.1016/j.eiar.2016.04.007.

Singh, G. G., Eddy, I. M. S., Halpern, B. S., Neslo, R., Satterfield, T., and Chan, K. M. A. (2020). Mapping cumulative impacts to coastal ecosystem services in British Columbia. *PLOS ONE* 15, e0220092. doi:10.1371/journal.pone.0220092.

Stantec (2015). Agrandissement des installations portuaires du Port de Trois-Rivières. Description de projet désigné en vertu de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (2012). Rapport Principal. Administration portuaire de Trois-Rivières. 131-P-0007772-0-01-100-EN-R-0002-01. 91p.

Teck, S. J., Halpern, B. S., Kappel, C. V., Micheli, F., Selkoe, K. A., Crain, C. M., et al. (2010). Using expert judgment to estimate marine ecosystem vulnerability in the California Current. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America* 20, 1402–1416. doi:10.1890/09-1173.1.

Therivel, R., and Ross, B. (2007). Cumulative effects assessment: Does scale matter? *Environmental Impact Assessment Review* 27, 365–385. doi:10.1016/j.eiar.2007.02.001.

Trew, B. T., Grantham, H. S., Barrientos, C., Collins, T., Doherty, P. D., Formia, A., et al. (2019). Using Cumulative Impact Mapping to Prioritize Marine Conservation Efforts in Equatorial Guinea. *Frontiers in Marine Science* 6. doi:10.3389/fmars.2019.00717.

Trottier, S., and Goudreau, P. (2015). Évaluation des stocks de mactre de Stimpson (Mactromeris polynyma) des eaux côtières du Québec en 2014. Secr. Can. De. Cons. Sci. Du MPO. Doc. De Rech: 72 + ix p.

Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis.* Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

Turgeon, S. (2019). Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent - 2017. Parcs Canada.

Vigil, K. M. (2003). *Clean Water, 2nd ed: An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control*. Corvallis: Oregon State University Press.

Wahsipekuk, P. N. W. (2021a). Localisation des sites d'importance pour la pêche aux homards dans l'estuaire du Saint-Laurent pour l'année 2019.

Wahsipekuk, P. N. W. (2021b). Localisation des sites d'importance pour la pêche à l'oursin vert dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Wahsipekuk, P. N. W. (2022). Localisation de sites d'intérêt pour l'observation du béluga et le développement portuaire.

Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, Ij. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., et al. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data* 3, 160018. doi:10.1038/sdata.2016.18.

Williams, S. E., Hobday, A. J., Falconi, L., Hero, J.-M., Holbrook, N. J., Capon, S., et al. (2020). Research priorities for natural ecosystems in a changing global climate. *Global Change Biology* 26, 410–416. doi:10.1111/gcb.14856.

Wilson, K., Pressey, R. L., Newton, A., Burgman, M., Possingham, H., and Weston, C. (2005). Measuring and Incorporating Vulnerability into Conservation Planning. *Environmental Management* 35, 527–543. doi:10.1007/s00267-004-0095-9.