

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

Rapport préliminaire

David Beauchesne, Cindy Grant, Philippe Archambault

2022-01-10

Contents

	17
1 Contexte	21
1.1 Démarche	22
1.2 Portée	23
1.2.1 Objectifs	23
1.2.2 Limites spatiales et temporelles	24
1.2.3 Activités maritimes et facteurs de stress	24
1.2.4 Composantes valorisées	26
2 Portrait de la zone d'étude	29
2.1 Collecte et gestion des données	29
2.1.1 Collecte des données	29
2.1.2 Gestion des données et reproductibilité	30
2.2 Stresseurs environnementaux	31
2.2.1 Ancrages	32
2.2.2 Déversements accidentels	32
2.2.3 Dragage	35
2.2.4 Naufrages	40
2.2.5 Navigation	40
2.2.6 Pêche commerciale	48
2.2.7 Pollution maritime	63
2.3 Composantes valorisées	69
2.3.1 Intégrité des berges	71
2.3.2 Habitats floristiques et fauniques	77
2.3.3 Mammifères marins	101
2.3.4 Qualité de l'eau	113
2.3.5 Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques	113
2.4 Vulnérabilité	157
2.4.1 Intégrité des berges	158
2.4.2 Habitats floristiques et fauniques	159
2.4.3 Mammifères marins	166
2.4.4 Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques	166
3 Évaluation des effets cumulatifs	169
3.1 Effets cumulatifs	169

Contents

3.2	Méthode	170
4	Diagnostic	173
4.1	Résultats	173
4.1.1	Stresseurs cumulés	173
4.1.2	Composantes valorisées cumulées	174
4.1.3	Exposition cumulée	178
4.1.4	Effets cumulatifs	182
4.1.5	Chemins d'effet	186
4.1.6	Régions administratives	189
4.2	Constats généraux	191
4.3	Limites de l'évaluation	195
5	Perspectives	199
5.1	Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques	199
5.2	Caractérisation des habitats	199
5.3	Données	200
5.4	Scénarios de gestion	201
5.5	Opérationnaliser les évaluations des effets cumulatifs	202
5.6	Exploration interactive des évaluations d'effets cumulatifs	202
6	Annexes	213

List of Tables

1.1	Activités maritimes et stresseurs environnementaux issus des activités maritimes identifiés lors d’ateliers de travail organisés par Transport Canada en amont du projet pilote et considérés pour l’évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d’étude.	26
1.2	Composantes valorisées identifiées lors d’ateliers de travail organisés par Transport Canada en amont du projet pilote et considérées pour l’évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans la zone d’étude.	27
2.1	Liste des sous-catégories de stresseurs environnementaux considérés pour l’évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay.	33
2.2	Catégories et nombre de déversements accidentels répertoriés dans le Saint-Laurent et le Saguenay entre 2016 et 2020 [@gcc2020].	33
2.3	Catégories de volumes déversés et nombre de déversements accidentels répertoriés dans le Saint-Laurent et le Saguenay entre 2016 et 2020 [@gcc2020].	34
2.4	Catégories et description activités de dragage répertoriées entre 2001 et 2020 dans le Saint-Laurent et le Saguenay. Les volumes sont présentés en m^3	40
2.5	Sites de dragage et volumes totaux dragués en m^3 entre 2001 et 2020 dans le Saint-Laurent et le Saguenay.	41
2.6	Sites de dépôt et volumes totaux déposés en m^3 entre 2001 et 2020 dans le Saint-Laurent et le Saguenay.	42
2.7	Sites de dragage de capitalisation et volumes totaux prévus en m^3 dans le Saint-Laurent et le Saguenay.	42
2.8	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 [@transportscanada2020a; @transportscanada2020b].	47
2.9	Espèces capturées par la pêche commerciale dans la zone d’étude [@dfo2021]. 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 [@dfo2021c]	61

List of Tables

2.10 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 [@beauchesne2020]	62
2.11 Liste des sous-catégories de composantes valorisées considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay.	72
2.12 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 <i>km</i> au sein des données de caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent [@bernier2020; @bernier2021]	73
2.13 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 les annexes 3 et 4 pour plus de détails sur les données utilisées.	77
2.14 Sources utilisées pour caractériser les frayères et les aires d'alevinage dans la zone d'étude.	79
2.15 Nombre d'espèces et superficie totale des sites d'importance pour les espèces fauniques et floristiques à statut dans la zone d'étude [@cdpnq2021a; @cdpnq2021b].	83
2.16 Description des types de milieux humides potentiels [@melcc2019] au sein de la zone d'étude.	97
2.17 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 : @wwfromm2021c.	102
2.18 Espèces de mammifères marins dont la distribution dans l'estuaire du Saint-Laurent et le Saguenay est disponible dans @wwfromm2021 et @romm2021.	104
2.19 Catégories de sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques identifiés pour le Saint-Laurent et le Saguenay.	116
2.20 Description des cinq critères de vulnérabilité utilisés pour évaluer la vulnérabilité relative des habitats à chaque stresseur [adapté de @teck2010]	159

2.21 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 @maxwell2013, 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.	164
6.2 Équivalence entre les sources de stress 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 @clark-murray2015a.	220
6.3 Équivalence 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 @clark-murray2015a.	221
6.4 Évaluation des critères de vulnérabilité des frayères aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	222
6.5 Évaluation des critères de vulnérabilité des sites d'alevinage aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	223
6.6 Évaluation des critères de vulnérabilité des oiseaux marins aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	224
6.7 Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques susceptibles aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	225
6.8 Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques vulnérables aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	226
6.9 Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques menacées aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	227
6.10 Évaluation des critères de vulnérabilité du béluga (* <i>Delphinapterus leucas</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	228
6.11 Évaluation des critères de vulnérabilité du marsouin commun (* <i>Phocoena phocoena</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	229
6.12 Évaluation des critères de vulnérabilité du petit rorqual (* <i>Balaenoptera acutorostrata</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	230

List of Tables

6.13 Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque commun (* <i>Phoca vitulina</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	231
6.14 Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque du Groenland (* <i>Phoca groenlandica</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	232
6.15 Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque gris (* <i>Halichoerus grypus</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	233
6.16 Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual à bosse (* <i>Megaptera novaeangliae</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	234
6.17 Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual bleu (* <i>Balaenoptera musculus</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	235
6.18 Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual commun (* <i>Balaenoptera physalus</i> *) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.	236

List of Figures

1.1	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	25
2.1	Distribution des sites d'ancrage de navires dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites d'ancrage de navires	34
2.2	Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Autres	36
2.3	Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Hydrocarbures	37
2.4	Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Contenu inconnu	38
2.5	Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites de dépôts	43
2.6	Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Dragages de capitalisation prévus	44
2.7	Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites de dragage	45
2.8	Distribution des sites de naufrages de navires dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites de naufrages répertoriés	46
2.9	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Cargo	49
2.10	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Porte-conteneurs	50
2.11	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Cargaison sèche	51
2.12	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Traversier / roulier	52
2.13	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Gouvernement / recherche	53
2.14	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navigation portuaire	54
2.15	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Observation mammifères marins	55
2.16	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Passager	56
2.17	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navires de plaisance	57

List of Figures

2.18	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navires spéciaux	58
2.19	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Pétrolier	59
2.20	Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Remorqueur / port	60
2.21	Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale destructive	63
2.22	Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	64
2.23	Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	65
2.24	Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Pélagique prises accessoires élevées	66
2.25	Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Pélagique prises accessoires faibles	67
2.26	Emplacement des zones désignées de renouvellement d'eau 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.	68
2.27	Intensité de la pollution maritime dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Pollution maritime	70
2.28	Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Artificielle - Semi-végétalisée (IE = 1)	73
2.29	Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Artificielle - Vive (IE = 2)	74
2.30	Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Naturelle - Semi-végétalisée (IE = 1)	75
2.31	Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Naturelle - Vive (IE = 2)	76
2.32	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Frayères	80
2.33	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites d'alevinage	81
2.34	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Oiseaux	82
2.35	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques susceptibles	84
2.36	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques vulnérables	85
2.37	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques menacées	86
2.38	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques susceptibles	87
2.39	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques vulnérables	88
2.40	Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques menacées	89

List of Figures

2.41 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Zostères	90
2.42 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Zones inondables	91
2.43 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Meuble sans falaise	92
2.44 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rocheux sans escarpement	93
2.45 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rocheux sans falaise	94
2.46 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Terrasse de plage	95
2.47 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Terrasse fluviale	96
2.48 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Eau peu profonde	97
2.49 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Marais .	98
2.50 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Marécage	99
2.51 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Milieu humide	100
2.52 Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Gisements coquilliers	101
2.53 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Béluga	104
2.54 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Marsouin commun	105
2.55 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Petit rorqual	106
2.56 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rorqual à bosse	107
2.57 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rorqual bleu	108
2.58 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rorqual commun	109
2.59 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Phoque gris	110
2.60 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Phoque commun	111
2.61 Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Phoque du Groenland	112
2.62 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - AGHAMM - Pêche commerciale .	117
2.63 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - AGHAMM - Pêche traditionnelle .	118

List of Figures

2.64 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Accès au plan d'eau	119
2.65 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Chasse oiseaux migrateurs	120
2.66 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Chasse phoques	121
2.67 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Culture et patrimoine	122
2.68 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Pêche commerciale	123
2.69 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Pêche traditionnelle	124
2.70 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Tourisme	125
2.71 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Animaux à fourrure	126
2.72 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Cueillette et collecte	127
2.73 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Gibier	128
2.74 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Oiseaux migrateurs	129
2.75 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Problèmes liés au territoire	130
2.76 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites archéologiques	131
2.77 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites de coucher	132
2.78 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites culturels	133
2.79 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites essentiels	134
2.80 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites à potentiel archéologique	135
2.81 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Zones d'activités	136
2.82 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Activité récréative	137
2.83 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Archéologie	138

2.84 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Chasse	139
2.85 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Espèce en péril	140
2.86 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Histoire	141
2.87 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Occupation	142
2.88 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Pêche	143
2.89 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Toponymie	144
2.90 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Récolte de végétaux	145
2.91 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Chasse	146
2.92 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Culture et patrimoine	147
2.93 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Pêche commerciale	148
2.94 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Pêche eau libre	149
2.95 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Pêche rivage	150
2.96 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Seigneurie du Sault-Saint-Louis	151
2.97 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Trafic maritime	152
2.98 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Végétation	153
2.99 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Public - Milieux protégés	154
2.100 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Public - Sites patrimoniaux	155
2.101 Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Wolastoqiyik Wahsipekuk - Pêche traditionnelle	156
2.102 Scores de vulnérabilité relative des berges à l'érosion face aux stresseurs environnementaux	160

List of Figures

2.103 Scores de vulnérabilité relative des habitats face aux stresseurs environnementaux	162
2.104 Scores de vulnérabilité relative des habitats d'importance pour les espèces face aux stresseurs environnementaux	165
2.105 Scores de vulnérabilité relative des habitats d'importance pour les espèces face aux stresseurs environnementaux	167
3.1 Exemple fictif d'évaluation spatiale des effets cumulatifs selon la méthodologie proposée par [halpern2008a]. 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 facteurs de stress (**B**) et les composantes valorisées (**C**) permettant d'atteindre les objectifs de l'évaluation. La sommation de l'ensemble des facteurs de stress 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 facteurs de stress et composantes valorisées ainsi que la vulnérabilité des composantes valorisées aux facteurs de stress, une évaluation relative d'effets individuels est obtenue (**F**). Il est possible d'évaluer l'impact de l'ensemble des facteurs de stress sur une seule composante valorisée (**G**); similairement, il est possible d'évaluer l'impact d'un seul facteur de stress 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 facteurs de stress et composantes valorisées (**I**).	172
4.1 Distribution des stresseurs cumulés au sein de la zone d'étude	175
4.2 Distribution des stresseurs cumulés normalisés au sein de la zone d'étude	176
4.3 Cumul des catégories des différents types de stresseurs au sein de la zone d'étude	177
4.4 Distribution des composantes valorisées cumulées au sein de la zone d'étude	179
4.5 Distribution des composantes valorisées cumulées normalisés au sein de la zone d'étude	180
4.6 Cumul des catégories de composantes valorisées au sein de la zone d'étude	181
4.7 Distribution de l'exposition cumulée des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux au sein de la zone d'étude	183
4.8 Distribution de l'exposition cumulée des composantes valorisées normalisées aux stresseurs environnementaux normalisés au sein de la zone d'étude	184
4.9 Distribution de l'exposition cumulée des différentes catégories de composantes valorisées aux stresseurs environnementaux au sein de la zone d'étude	185

List of Figures

4.10	Distribution des effets cumulatifs des sources de stress reliés aux activités maritimes sur les composantes valorisées	187
4.11	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	188
4.12	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).	190
4.13	Contribution moyenne par km^2 des stresseurs aux effets cumulatifs des activités maritimes sur les composantes valorisées dans la zone d'étude	191
4.14	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	192
4.15	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	193

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.

Résumé

Rédaction pour le rapport final

1 Contexte

Transports Canada élabore et applique des politiques et des règlements pour faire progresser la sécurité et la sûreté du système de transport maritime du Canada. Le Ministère favorise un réseau efficace et durable qui protège l'environnement maritime et contribue au développement économique.

En novembre 2016, le Gouvernement du Canada a annoncé le Plan de protection des océans (PPO) au montant de 1,5 milliard de dollars ayant pour objectif d'améliorer la sécurité maritime et la navigation responsable, de protéger le milieu marin canadien et d'offrir de nouvelles possibilités pour les Canadiens.

Grâce à ce plan, le Gouvernement du Canada est résolu à conserver et à restaurer les écosystèmes marins côtiers qui sont vulnérables à l'augmentation du trafic maritime, tout en réduisant l'incidence du trafic maritime quotidien. De nombreuses préoccupations ont été exprimées concernant l'augmentation du transport maritime et l'impact des autres activités maritimes (un secteur d'activités pouvant être une source importante d'impacts anthropiques) sur les écosystèmes côtiers et maritimes ainsi que sur le mode de vie des communautés autochtones.

Pour répondre à ces préoccupations, Transports Canada collabore avec les Premières Nations, les intervenants de l'industrie maritime et les collectivités côtières depuis 2017 par l'organisation d'ateliers collaboratifs pour faire en sorte que toutes les parties soient impliquées tout au long du projet.

En parallèle, un projet portant sur le développement d'un cadre commun d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent a été initié sous le Plan d'action Saint-Laurent en 2018. Ce projet vise entre autres à assurer la coordination entre le Gouvernement du Canada (Transports Canada, Pêches et Océans Canada, Garde Côtière Canada et l'Agence d'évaluation d'impact du Canada) et le Gouvernement du Québec (ministère de la Sécurité publique, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques) dans la collecte et le regroupement de données existantes et requises à l'étude tout en encourageant une étroite collaboration avec les Premières Nations, les intervenants maritimes et les collectivités côtières.

Dans ce contexte, Transports Canada a mis en place un projet pilote visant à effectuer une analyse des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent (tronçon fluvial et estuaire) et dans la rivière Saguenay (partie en eau profonde) au Québec. L'objectif de ce projet pilote est de gérer la façon dont les effets des activités maritimes,

1 Contexte

en particulier, agissent cumulativement sur l'environnement humain et biophysique. Les activités maritimes incluent non seulement les navires commerciaux, mais aussi les bateaux de croisières, traversiers, bateaux de pêche, plaisanciers. La localisation, l'intensité et/ou le mouvement de ces divers types d'embarcations peuvent imposer un ou plusieurs facteurs de stress aux écosystèmes. Les infrastructures portuaires ne sont pas incluses dans ce projet. En tant que tel, ce projet pilote constitue une approche d'évaluation des effets cumulatifs sectorielle qui vise à examiner les questions et les effets environnementaux se rattachant à un secteur particulier (c.-à-d. un cadre axé sur l'évaluation d'un seul secteur d'activités).

Ce contrat appuiera le Gouvernement du Canada et le Gouvernement du Québec dans la conception d'un cadre commun d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes; et permettra d'identifier des outils et des stratégies d'atténuation pouvant s'appliquer aux déplacements actuels de navires et au développement de projets futurs. Le tout sera effectué de façon collaborative avec les Premières Nations, les scientifiques de diverses provenances et les organismes de réglementation, afin de prendre des décisions fondées sur les éléments les plus probants.

1.1 Démarche

L'équipe de Transport Canada a travaillé, au cours des dernières années, avec plusieurs experts Canadiens et à l'international sur la démarche à adopter afin d'évaluer les effets cumulatifs des activités maritimes (*e.g.* Lerner, 2018; Pickard et al., 2019). En plus de l'importance des processus de concertation et de consultation des communautés autochtones et non autochtones, et des parties prenantes, 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 (p.ex. communautés autochtones et non autochtones), 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 facteurs de stress 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 facteurs de stress.
 - Caractériser les composantes valorisées

- Évaluer la vulnérabilité des composantes valorisées aux facteurs de stress
4. Analyse des effets cumulés
 5. Diagnostic de l'analyse
 - Répartition spatiale des effets cumulatifs
 - Exploration détaillée de l'effet des facteurs de stress 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 et de compensation
 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 l'équipe de Transports Canada. Ces processus ont permis 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 le 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 projet pilote.

1.2 Portée

1.2.1 Objectifs

L'objectif général du projet pilote était 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 étaient 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;

1 Contexte

- 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

1.2.2 Limites spatiales et temporelles

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 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 1.1). La zone d'étude a été délimitée en combinant la classification des rivages du Québec et du Fleuve Saint-Laurent ([sergy2008?](#)) et les bases de données topographiques du Québec (BDTQ) à l'échelle 1/20 000 ([mern2021?](#)). 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 1.1). 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>).

Les limites temporelles de l'étude sont définies par la disponibilité des données permettant d'effectuer l'évaluation des effets cumulatifs. Dans certains cas, des données historiques sont disponibles (*e.g.* dragage), alors que de telles données sont indisponibles pour certains aspects de l'évaluation (*e.g.* distribution des mammifères marins). 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).

1.2.3 Activités maritimes et facteurs de stress

Les activités maritimes peuvent résulter en une variété de facteurs de stress, ou 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 suivante) au sein de la zone d'étude. Les activités maritimes incluent toute activité liée au transport maritime

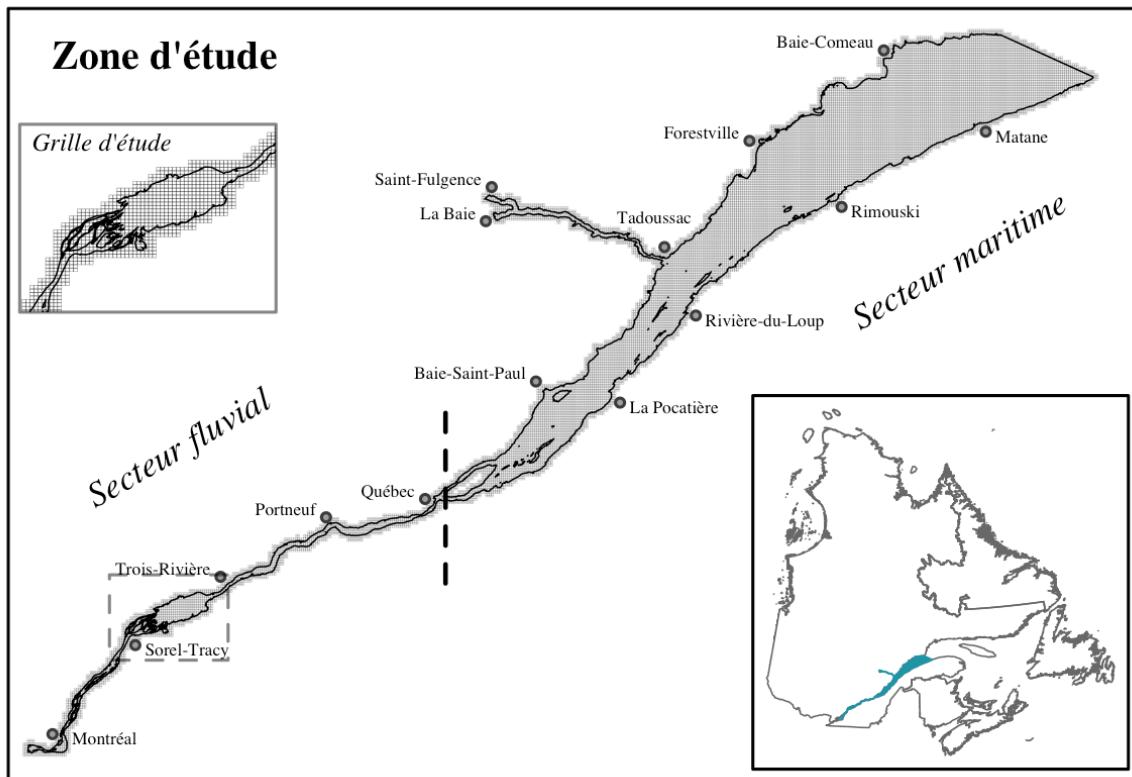


Figure 1.1: Délimitation de la zone d'étude pour le projet pilote d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay

1 Contexte

Table 1.1: Activités maritimes et stresseurs environnementaux issus des activités maritimes identifiés lors d’ateliers de travail organisés par Transport Canada 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
Échouements / Naufrages	Perturbation du substrat, débris, lumière, bruit, espèces aquatiques
Rejets opérationnels	Espèces aquatiques envahissantes, hydrocarbures, produits chimiques
Déversements accidentels	Déversement d’hydrocarbures/contaminants, largage de cargos
Déplacements (eau libre de glace)	Lumière, bruit, sillages/remous, espèces aquatiques envahissantes
Engins de pêche	Sillages/remous, perte de matériel

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.

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 1.1). Cette liste a guidé le travail effectué afin de caractériser les stresseurs environnementaux dans la zone d’étude pour l’évaluation des effets cumulatifs.

1.2.4 Composantes valorisées

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](#)). 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 1.2). 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.

Table 1.2: Composantes valorisées identifiées lors d'ateliers de travail organisés par Transport Canada 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 Portrait de la zone d'étude

Les sections suivantes présentent le cœur 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.

2.1 Collecte et gestion des données

2.1.1 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 prenantes du projet ainsi qu'avec la collaboration et le soutien de Transport 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 prenantes 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 de d'identifier des données pertinentes n'ayant pas été signalées par la liste

2 Portrait de la zone d'étude

partagée précédemment. En priorisant les données ouvertes, il sera plus aisé de reproduire et mettre à jour l'évaluation effectuée par ce projet pilote.

Une attention particulière a également été attribuée aux connaissances détenues par des experts disciplinaires, ainsi que par les communautés autochtones et non-autochtones. 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 1 et une liste de l'ensemble des données considérées pour l'évaluation est disponible à l'Annexe 2.

Un processus collaboratif avec les Premières Nations a également été priorisé tout au long du projet afin d'assurer l'intégration des savoirs autochtones et des préoccupations des communautés présentes au sein de la zone d'étude. Nous avons ainsi échangé avec des représentants des Premières Nations en vue d'obtenir une caractérisation spatiale des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques pour les communautés impliquées au projet pilote. Davantage de détails sont disponibles à la section présentant les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques.

2.1.2 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 programmations, notamment le langage R¹. L'utilisation d'outils de programmation, à l'instar de logiciels comme ArcGIS², 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 aisément d'intégrer des commentaires ou de nouvelles recommandations suite à des processus de mobilisation, par exemple.

Nous avons également utilisé GitHub³, un outil de contrôle de version qui permettra la documentation, le contrôle de la qualité et l'historique du développement et des

¹R est un logiciel libre destiné aux statistiques, la science des données et les graphiques (<https://www.r-project.org/>)

²ArcGIS est une suite de logiciels d'information géographique (SIG) développés par la société américaine Esri (<https://www.arcgis.com/index.html>)

³GitHub 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/>).

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 intitulé ceanav constitue le cœur de l'évaluation; ce dernier 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. À cet égard, le portrait identifie explicitement l'ensemble des données brutes ayant été utilisées pour effectuer le portrait des stresseurs environnementaux et des composantes valorisées. Un identifiant unique attribué à chaque base de données peut également être retrouvé sur chaque figure du portrait au coin inférieur droit. Cet identifiant unique peut être retrouvé au sein de l'Annexe 2, qui présente l'ensemble des données qui ont été considérées pour ce projet pilote.

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.

2.2 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 dans la zone d'étude visait 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

2 Portrait de la zone d'étude

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. Il en résulte un total de 26 catégories de stresseurs parmi les 7 stresseurs environnementaux considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs (Tableau 2.1). 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.

2.2.1 Ancrages

Les sites d'ancrage ont été caractérisés grâce à une base de données provenant de la Garde Côtière Canadienne ([gcc2019?](#)). Une [version accessible ouvertement](#) est également disponible sur le portail de données ouverte du Gouvernement du Canada, mais cette ressource était moins complète que celle disponible par la Garde Côtière Canadienne. Cette dernière fournit la localisation de l'ensemble des sites d'ancrage pour l'est du Canada. Un total de 137 sites y sont 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 ayant le potentiel d'influencer une cellule en 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.

2.2.2 Déversements accidentels

Les déversements accidentels ont été caractérisés à l'aide d'un inventaire des incidents de déversements maritimes provenant de la Garde Côtière Canadienne ([gcc2020?](#)). 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 2.2). Les déversements sont également catégorisés selon le volume de contaminant déversé en litres (Tableau 2.3).

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](#)).

Table 2.1: Liste des sous-catégories de stresseurs environnementaux considérés pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

Stresseurs environnementaux	Sous-catégories
Ancrage	Sites d'ancrage de navires
Déversements accidentels	Hydrocarbures
	Autres
	Contenu inconnu
Dragage	Sites de dragage
	Sites de dépôts
	Dragages de capitalisation prévus
Naufrage	Sites de naufrages répertoriés
Navigation	Cargo
	Porte-conteneurs
	Cargaison sèche
	Traversier / roulier
	Gouvernement / recherche
	Observation mammifères marins
	Passager
	Navires de plaisance
	Navires spéciaux
	Pétrolier
	Remorqueur / port
	Navigation portuaire
Pêche commerciale	Démersale destructive
	Démersale non-destructive, prises accessoires faibles
	Démersale non-destructive, prises accessoires élevées
	Pélagique prises accessoires faibles
	Pélagique prises accessoires élevées
Pollution maritime	Pollution maritime

Table 2.2: Catégories et nombre de déversements accidentels répertoriés dans le Saint-Laurent et le Saguenay entre 2016 et 2020 [@gcc2020].

Catégorie de contaminants	Sous-catégorie
Hydrocarbures	Bunker C, Carburant diésel, Essence, Gasoline, Hydrocarbure inconnu, Petco
Autres	Acide d'hypochlorite, Ballast, Débris, Déchet, Eau de cale, Eau huileuse, Ea
Contenu inconnu	Contenu inconnu

2 Portrait de la zone d'étude

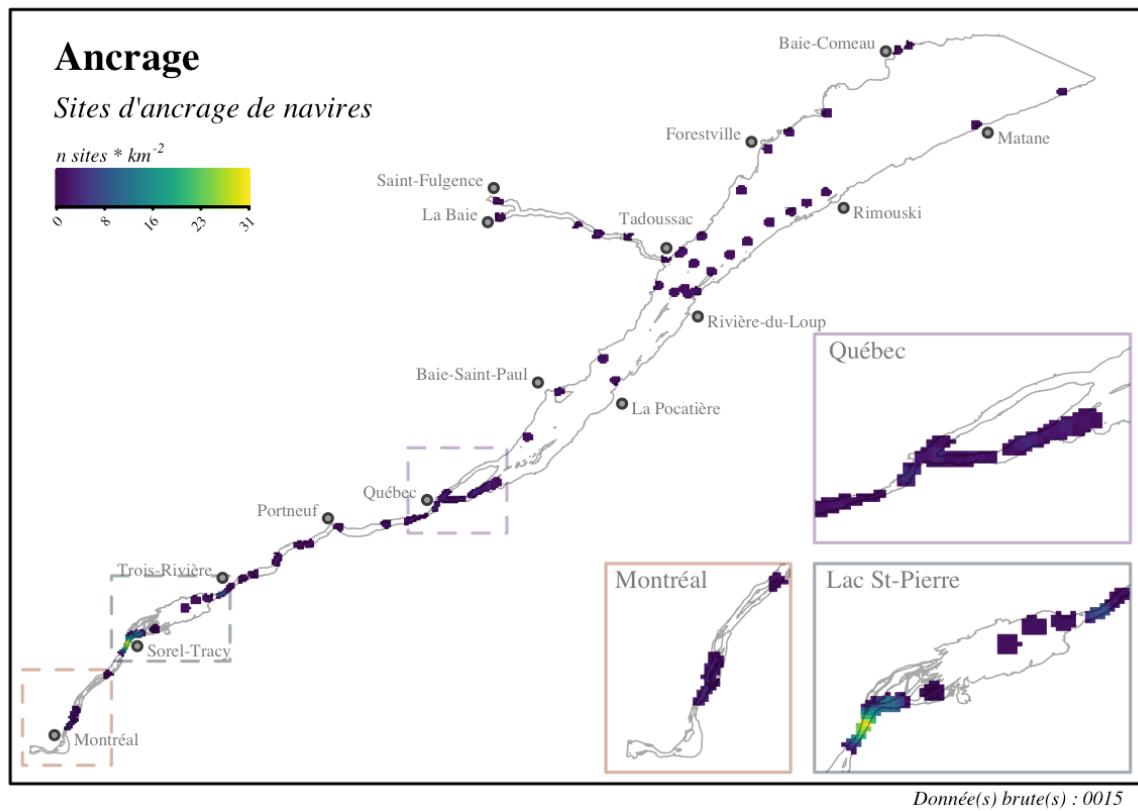


Figure 2.1: Distribution des sites d'ancrage de navires dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites d'ancrage de navires

Table 2.3: Catégories de volumes déversés et nombre de déversements accidentels répertoriés dans le Saint-Laurent et le Saguenay entre 2016 et 2020 [@gcc2020].

Catégories de volumes déversés	Nombre de déversements
1 : 0 litre	2
2 : 0 - 100 litres	106
3 : 100 - 1000 litres	14
4 : 1000 - 7000 litres	0
5 : 100000 - 1000000 litres	0
NA : Volume inconnu	63

Le modèle de diffusion établit 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 2.3). Par principe de précaution, une valeur initiale de 2 a également été attribuée aux 63 incidents dont le volumes 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 km². 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 :

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

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.

2.2.3 Dragage

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, 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 ([ghb2019?](#)). 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 ([cote2007?](#)). 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

2 Portrait de la zone d'étude

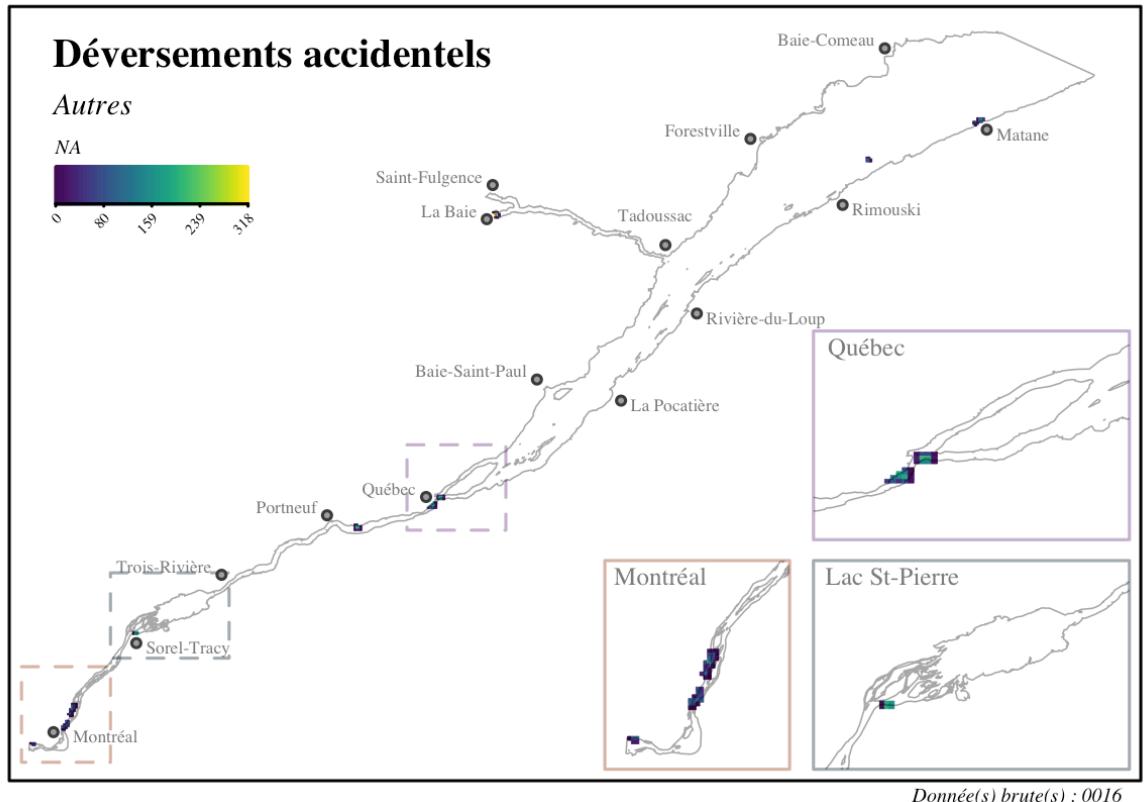


Figure 2.2: Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Autres

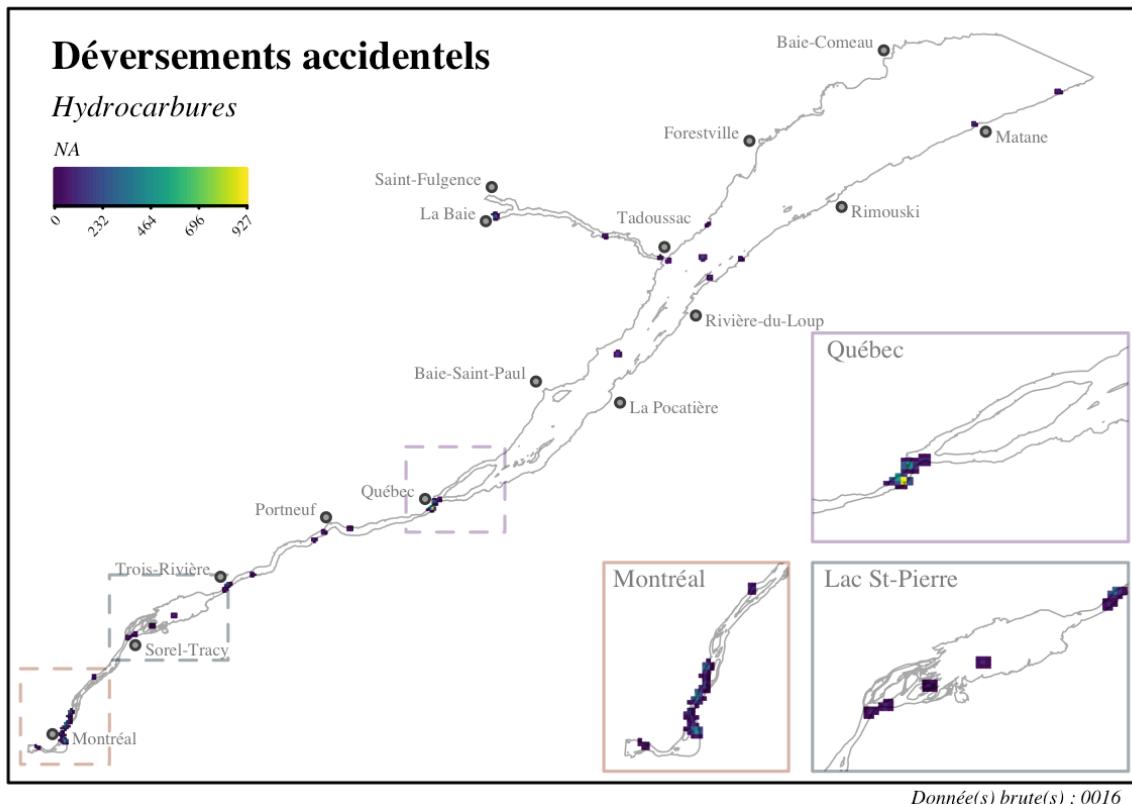


Figure 2.3: Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Hydrocarbures

2 Portrait de la zone d'étude

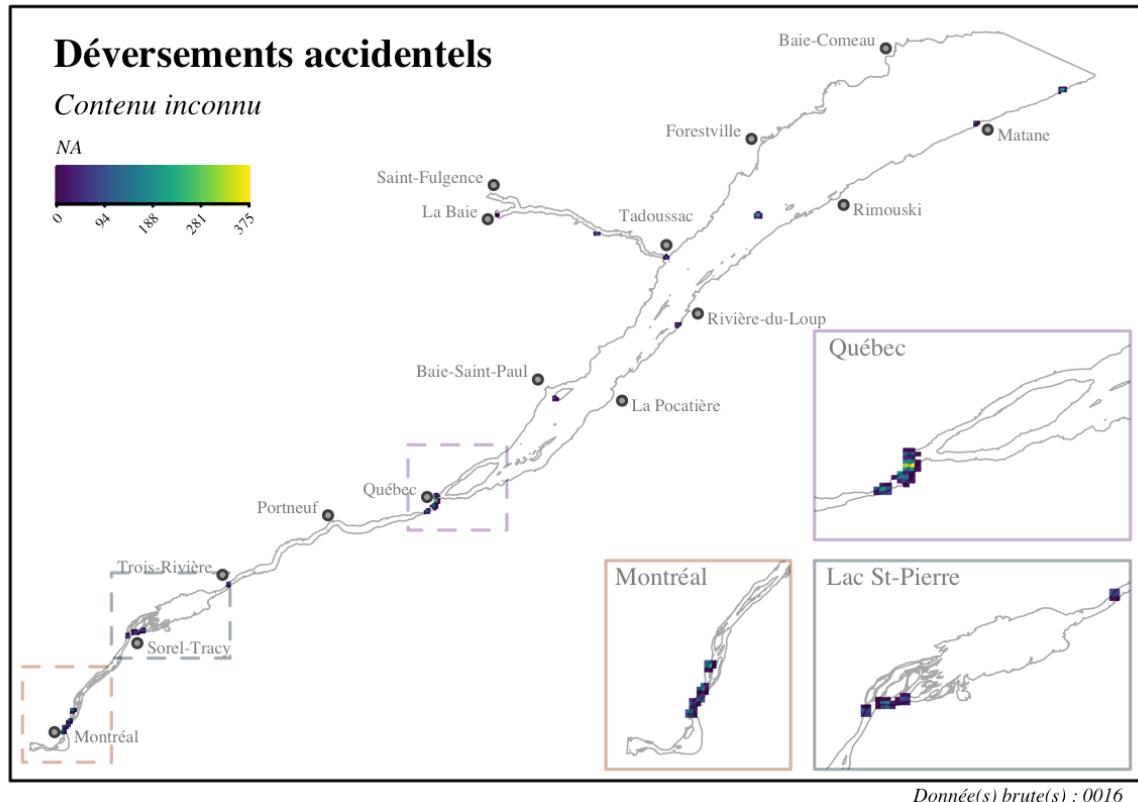


Figure 2.4: Distribution et intensité des déversement accidentels dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Contenu inconnu

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 dragages dans l'ensemble du Saint-Laurent ([mtq2016?](#); [mtq2017?](#); [eccc2020?](#)). Ces données ont été complétées 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). Finalement, divers rapports ont été utilisés afin de caractériser les activités de dragages d'entretien du Port Alfred ([englobe2016?](#); [englobw2017?](#); [melcc2019?](#)), et les activités de dragages de capitalisation prévues pour le Port de Montréal à Contrecoeur ([snclavalin2017a?](#); [snclavalin2017b?](#); [iaac2021?](#)) et pour le Port de Trois-Rivières ([stantec2015?](#)).

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 ([gcc2021?](#)).

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 2.4). Un total de 36 sites de dragage (Tableau 2.5) et 27 sites de dépôt (Tableau 2.6) 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 ([snclavalin2017a?](#); [snclavalin2017b?](#); [iaac2021?](#)) et pour le Port de Trois-Rivières ([stantec2015?](#)) fournissent des plans de dragages de capitalisation prévus dans les prochaines années. Ces derniers ont donc été répertoriés (Tableau 2.4; Tableau 2.7).

L'intensité des activités de dragage (Figure 2.7), de dépôts de sédiments (Figure 2.5) et de dragages prévus (Figure 2.6) a été caractérisé en distribuant les volumes totaux dragués au sein de notre grille de $1 km^2$. 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 :

2 Portrait de la zone d'étude

Table 2.4: Catégories et description 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
Sites de dragage	36	3785882	105163.4
Sites de dépôts	27	3421937	126738.4
Dragages de capitalisation prévus	2	1009000	504500.0

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

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 $m^3 * km^{-2}$.

2.2.4 Naufrages

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 ([ccg2021?](#)). 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 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.

2.2.5 Navigation

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 ([transportscanada2020a?](#); [transportscanada2020b?](#)). Cette base de données contient 10729683 localisations de navire (3576561 ± 1379216 observations par année) pour 3302 navires entre 2017 et

Table 2.5: 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	Volume
Baie-Comeau	Havre de Baie-comeau	
Baie-Comeau	Quai de Cargill	
Baie-Comeau	Quai Société Alcoa	
Baie-Trinité	Havre de Baie-Trinité	
Bécancour	Port de Bécancour	
Berthier-sur-Mer	Havre de Berthier-sur-Mer	
Cacouna	Port de Gros-Cacouna	
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Bécancour à Batiscan	
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Champlain à Deschaillons	
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Lac Saint-Pierre	
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Sorel	
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Traverse Cap Santé	
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Traverse Nord I.O.	
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	Trois-Rivière à Bécancour	
Godbout	Quai de Godbout	
Île-aux-Coudres	Desserte	
Île-aux-Grues	Desserte	
Les Méchins	Quai de Les Méchins	
Matane	Marina de Matane	
Matane	Port de Matane	
Québec	Port de Québec - Secteur Anse au Foulon	
Québec	Port de Québec - Secteur Beauport	
Rimouski	Marina de Rimouski	
Rimouski	Port de Rimouski - Bassin est	
Rivière-du-Loup	Desserte	
Rivière-du-Loup	Parc maritime de Rivière-du-Loup	
Saguenay	Port Alfred	
Saint-Jean-Port-Joli	Parc nautique de Saint-Jean-Port-Joli	
Saint-Joseph-de-la-Rive	Desserte	
Saint-Joseph-de-Sorel	zone portuaire QIT-Fer et Titane inc.	
Saint-Laurent-de-l'Île-D'Orléans	Port de refuge de St-Laurent-de-l'Île-D'Orléans	
Saint-Michel-de-Bellechasse	Halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse	
Sorel-Tracy	Marina de Sorel	
Sorel-Tracy	Port de Sorel-Tracy	
Tadoussac	Desserte est	
Tadoussac	Marina de Tadoussac	

2 Portrait de la zone d'étude

Table 2.6: 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
Baie-Comeau	Havre de Baie-comeau
Berthier-sur-Mer	Havre de Berthier-sur-Mer
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	M-27
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	S-17
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	T-02
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	T-06
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	T-11
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	T-16
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	X-02
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	X-03
Chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent	X-04
Godbout	Quai de Godbout
Ile-aux-Coudres	Desserte
Ile-aux-Grues	Desserte
Matane	Marina de Matane
Matane	Port de Matane
Rimouski	Marina de Rimouski
Rimouski	Port de Rimouski - Bassin est
Rivière-du-Loup	Desserte
Rivière-du-Loup	Desserte
Rivière-du-Loup	Parc maritime de Rivière-du-Loup
Saint-Jean-Port-Joli	Parc nautique de Saint-Jean-Port-Joli
Saint-Joseph-de-la-Rive	Desserte
Saint-Laurent-de-l'Île-D'Orléans	Port de refuge de St-Laurent-de-l'Île-D'Orléans
Saint-Michel-de-Bellechasse	Halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse
Tadoussac	Desserte est
Tadoussac	Marina de Tadoussac

Table 2.7: 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

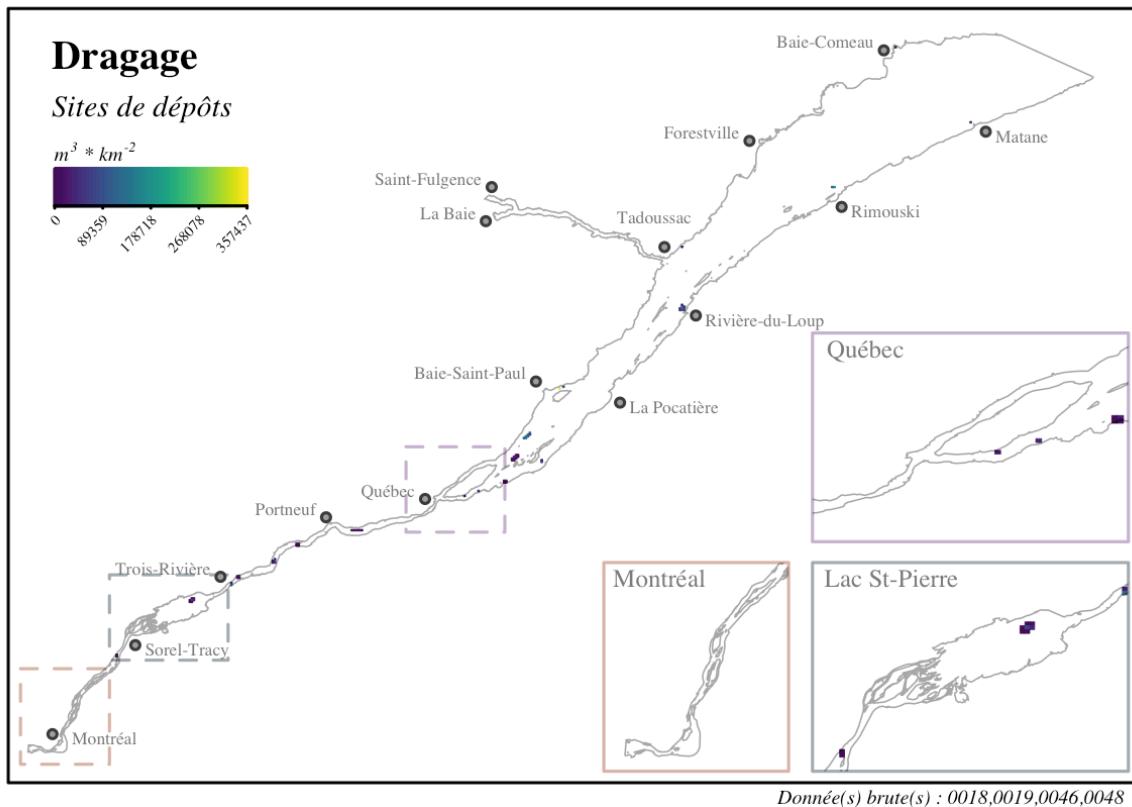


Figure 2.5: Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites de dépôts

2 Portrait de la zone d'étude

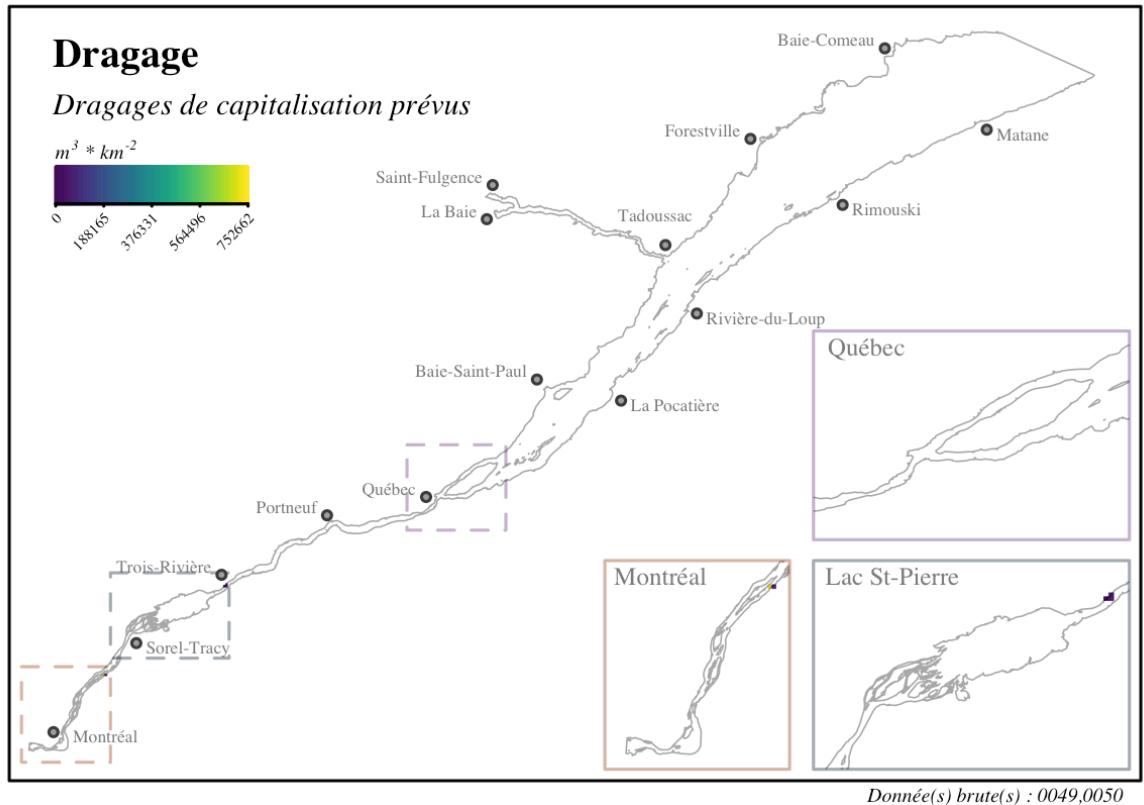


Figure 2.6: Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Dragages de capitalisation prévus

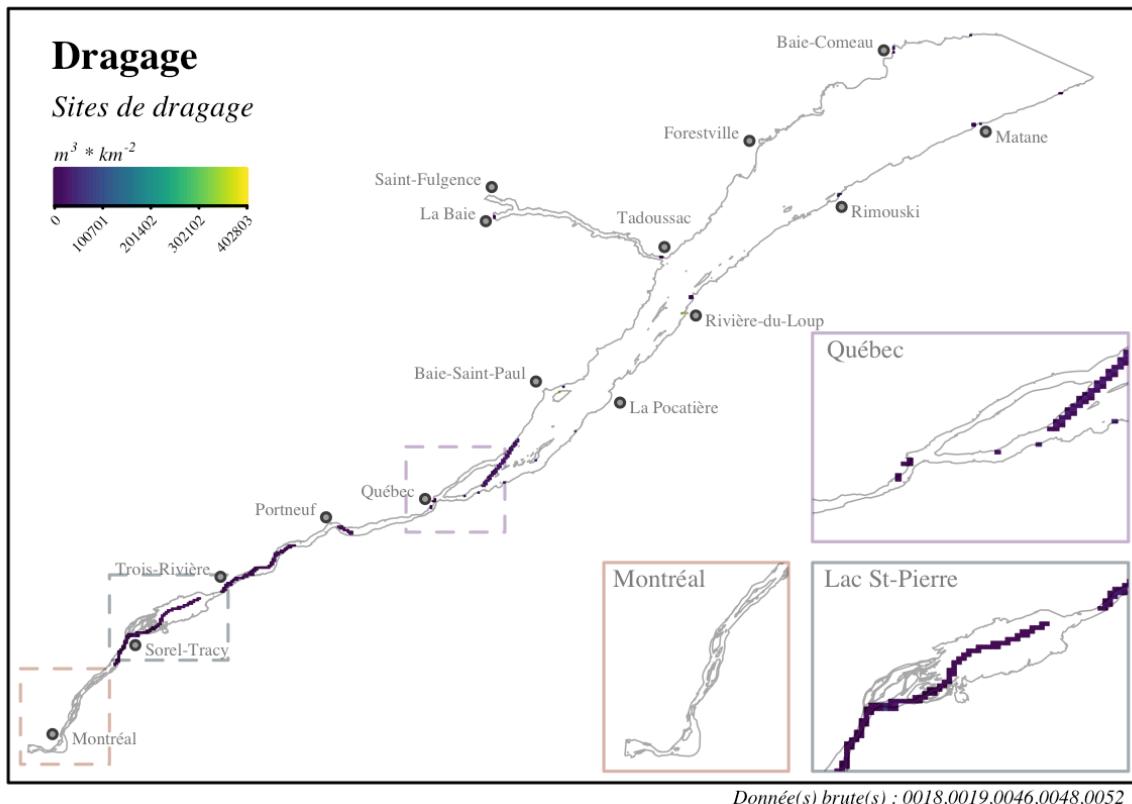


Figure 2.7: Distribution des sites de dragage et de dépôt de dragage dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites de dragage

2 Portrait de la zone d'étude

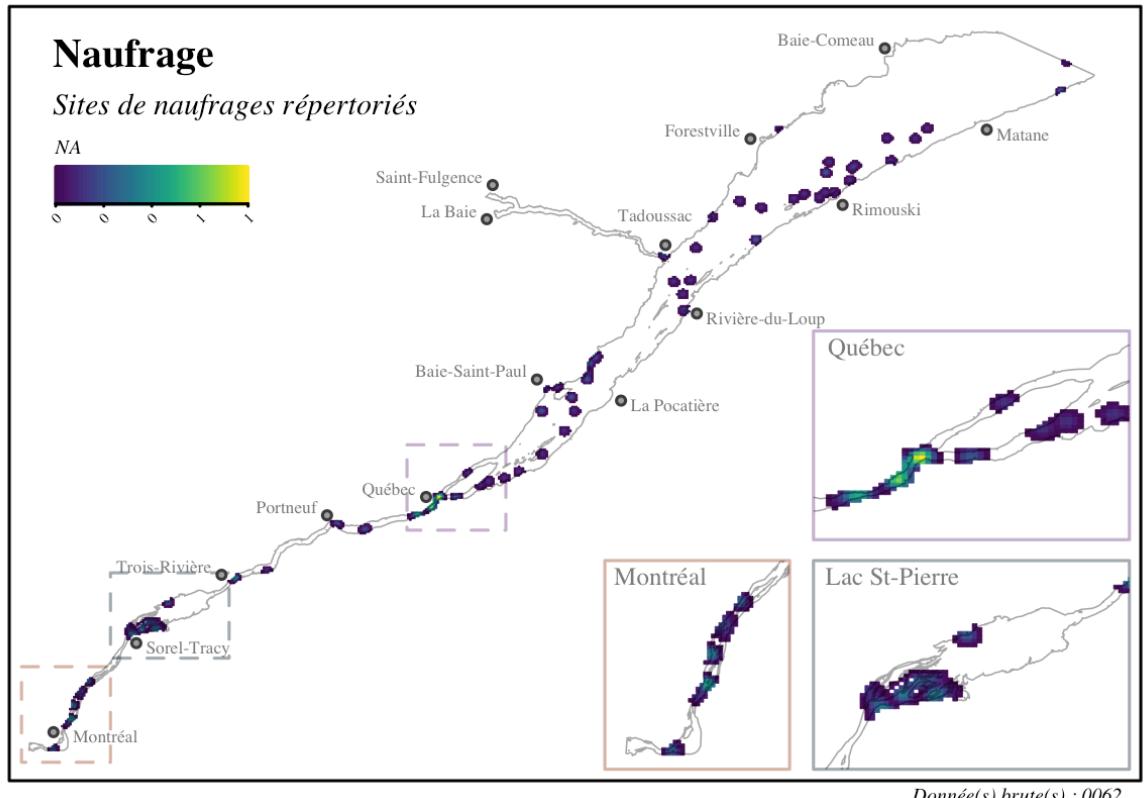


Figure 2.8: Distribution des sites de naufrages de navires dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites de naufrages répertoriés

Table 2.8: 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 [@transportscanada2020a; @transportscanada2020b].

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	88	467829	4341
Pétrolier	880	1188739	11793
Porte-conteneurs	156	583621	4087
Remorqueur / port	149	3331817	14445
Traversier / roulier	45	1104006	11441

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 résultants 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 10 catégories de navires différents pour compléter le portrait de l'intensité de la navigation au sein de la zone d'étude (Tableau 2.8).

Pour caractériser la navigation, nous avons utilisé un indice d'intensité caractérisant la navigation en terme 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

2 Portrait de la zone d'étude

d'étude entre 2017 et 2019 ([ref?](#)). Cet indice résulte en une évaluation de l'intensité de la navigation en nombre de navires (n) par km^2 ($n \text{ navires} * km^{-2}$)

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 ([turgeon2019?](#)). Les données disponibles par ([turgeon2019?](#)) 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.

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 ([mtq2021?](#)) et des zones industrielo-portuaires ([mei2021?](#)) 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 première zone portuaire ayant 100 transits et une deuxième zone ayant 200 transits, une valeur de 200 était attribuée à cette cellule.

2.2.6 Pêche commerciale

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 ([dfo2021?](#); [dfo2021b?](#); [dfo2021c?](#)). 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.

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,

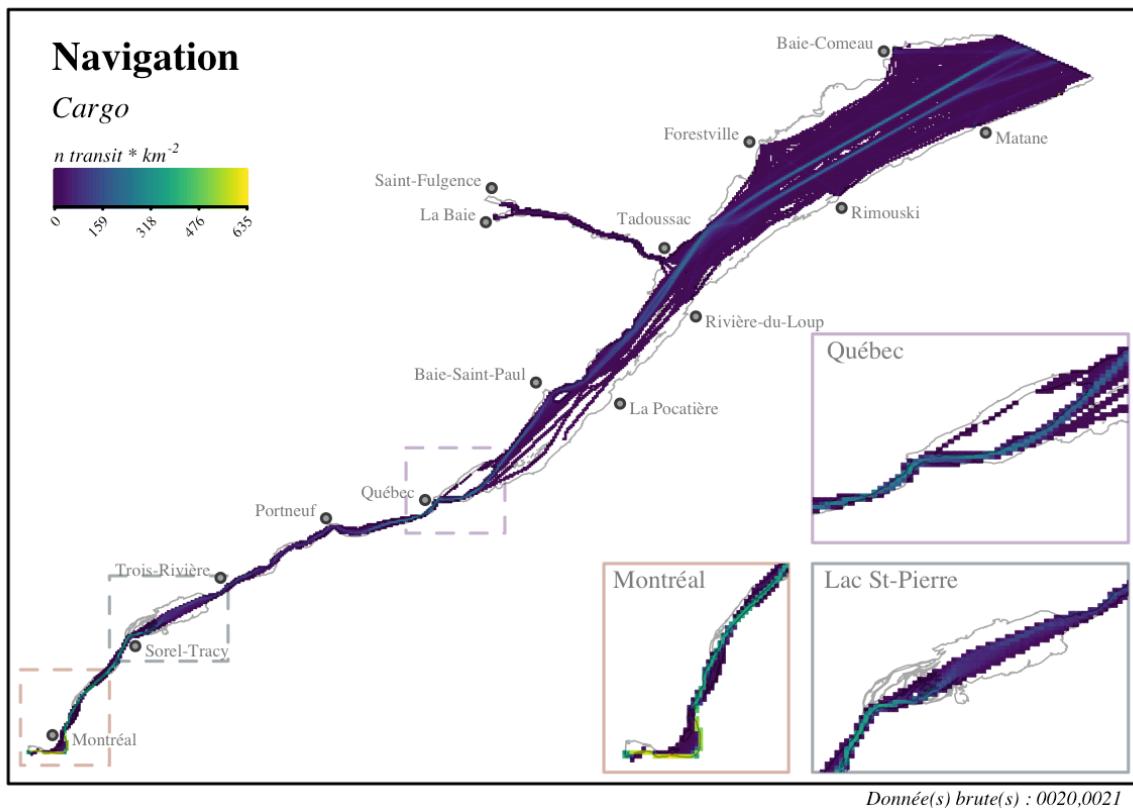


Figure 2.9: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Cargo

2 Portrait de la zone d'étude

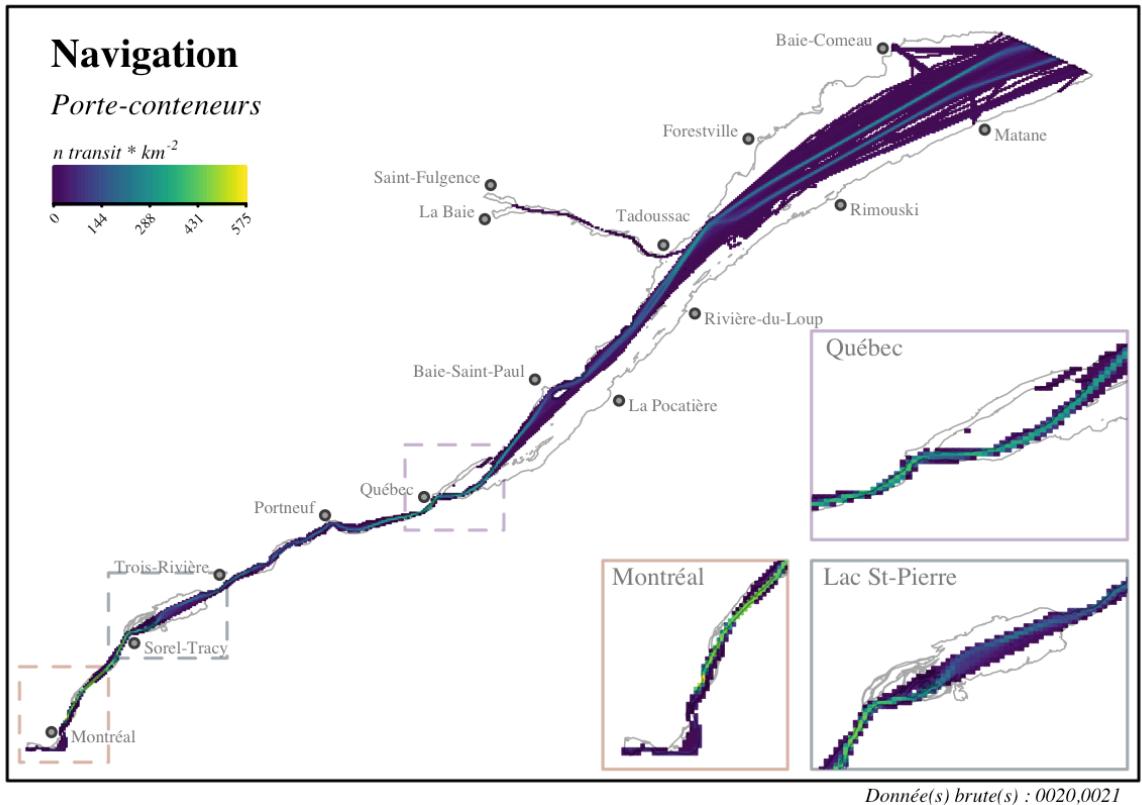


Figure 2.10: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Porte-conteneurs

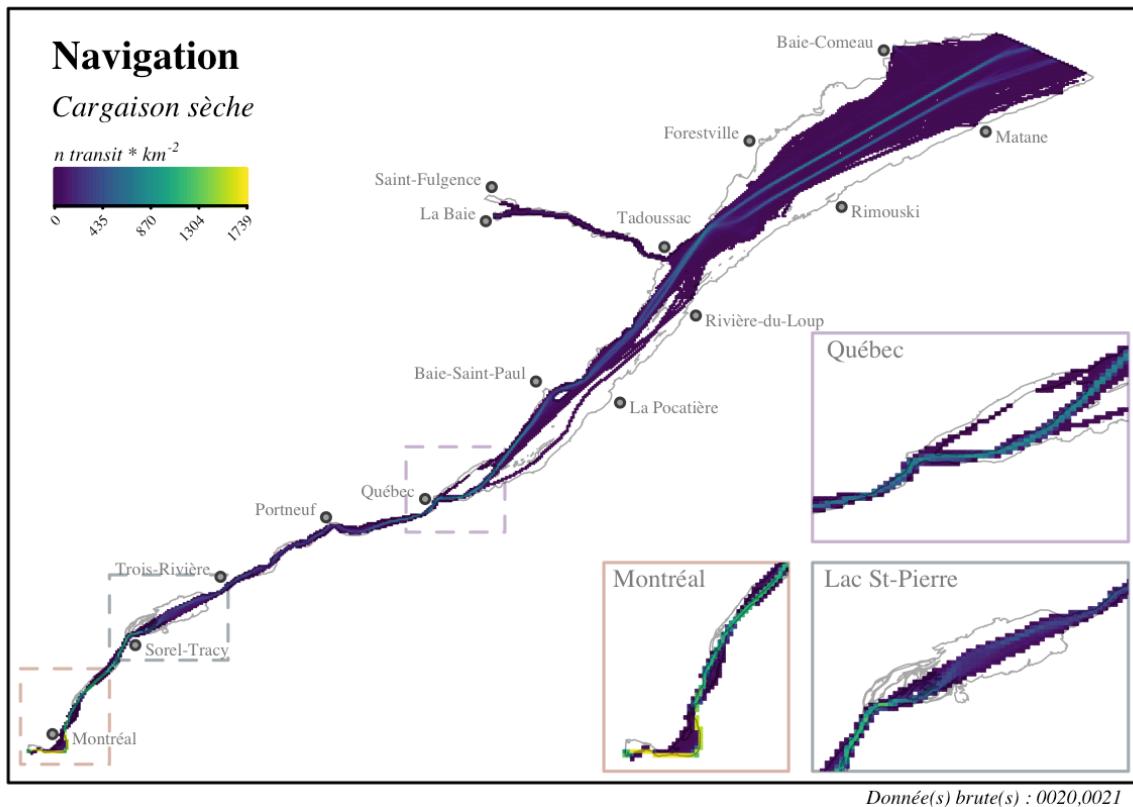


Figure 2.11: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Cargaison sèche

2 Portrait de la zone d'étude

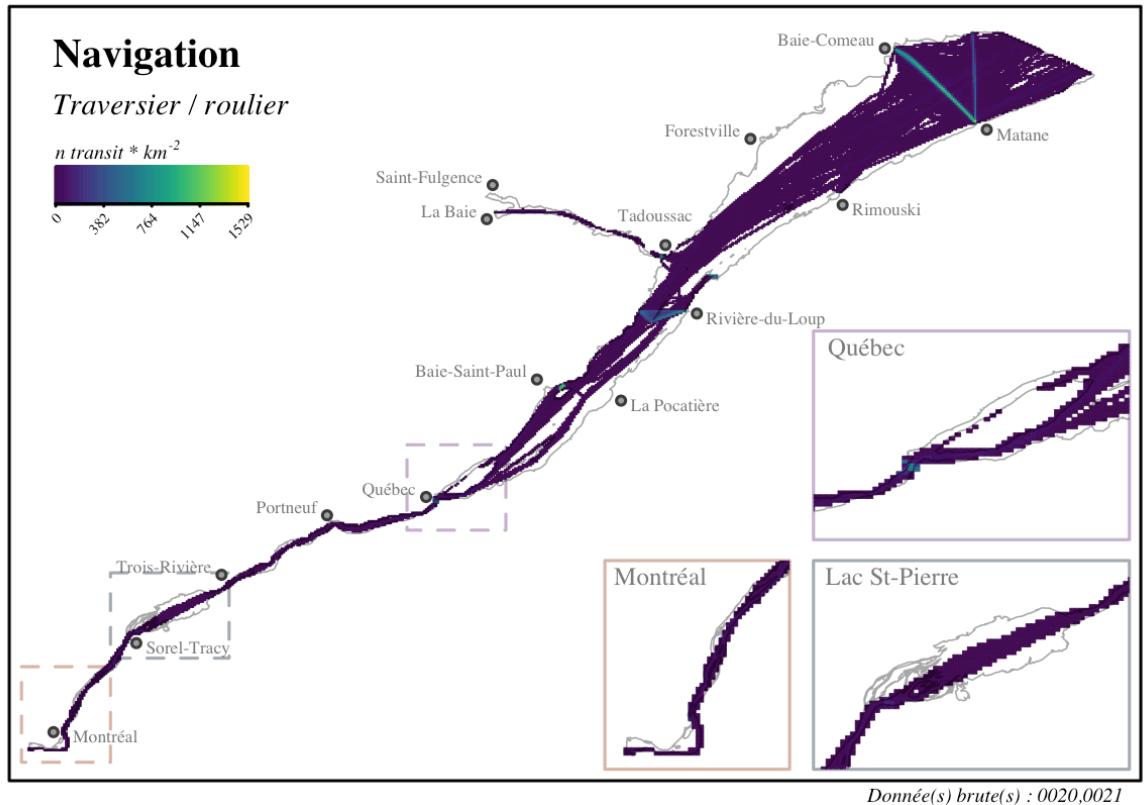


Figure 2.12: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Traversier / roulier

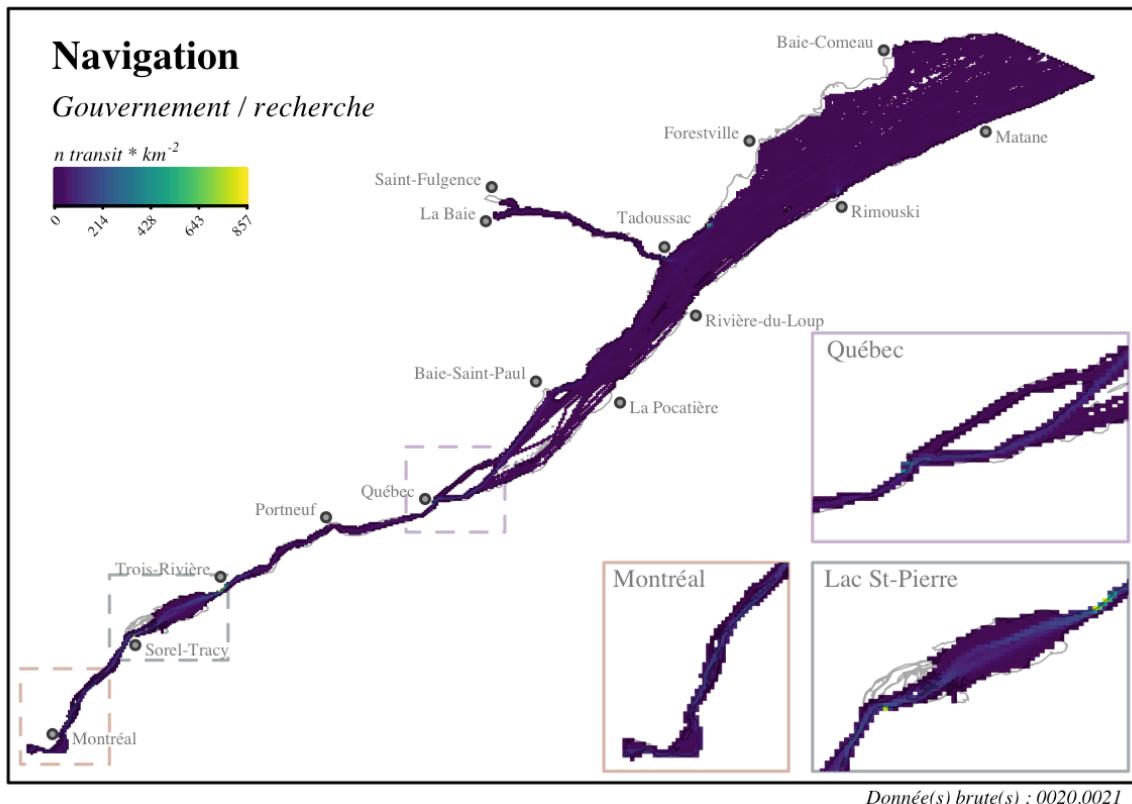


Figure 2.13: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Gouvernement / recherche

2 Portrait de la zone d'étude

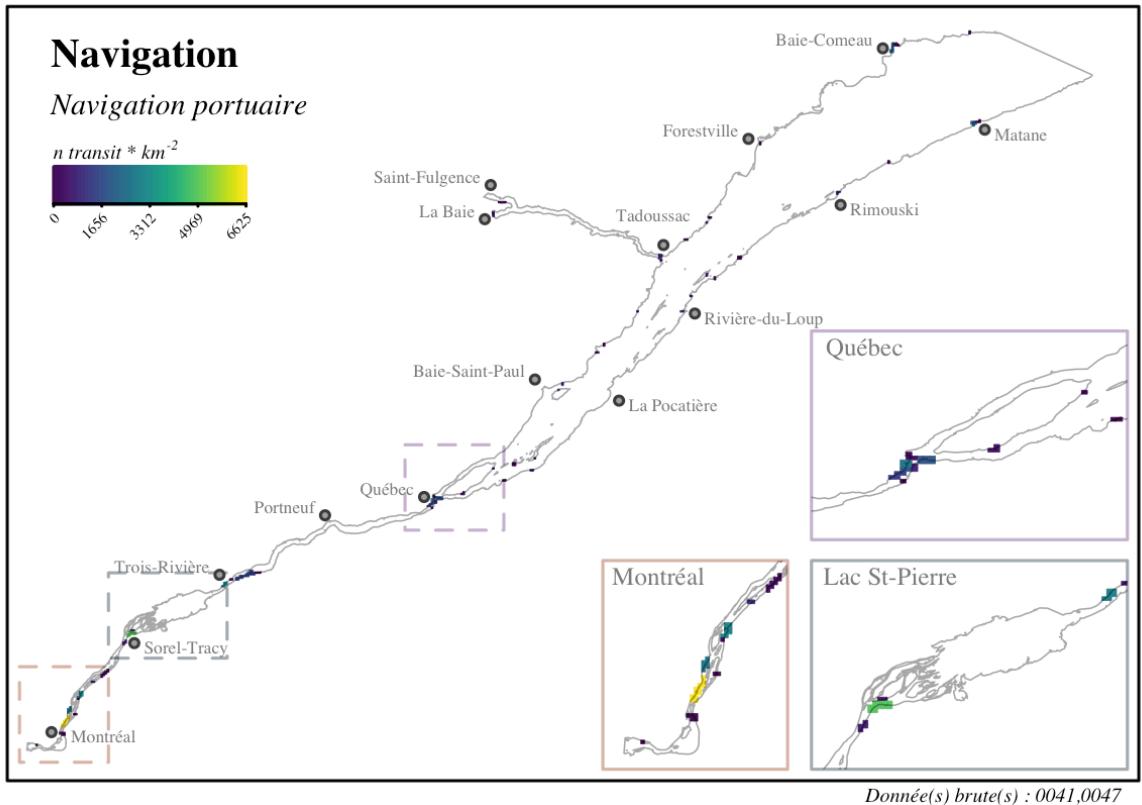


Figure 2.14: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navigation portuaire

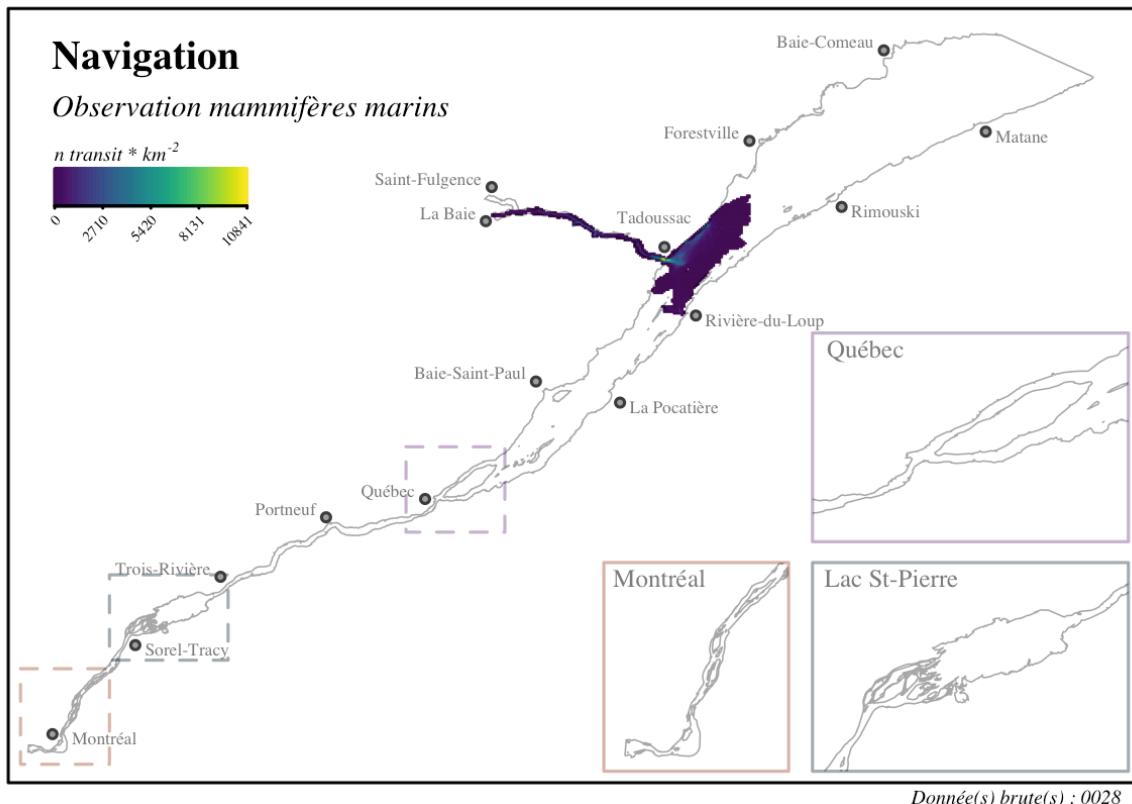


Figure 2.15: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Observation mammifères marins

2 Portrait de la zone d'étude

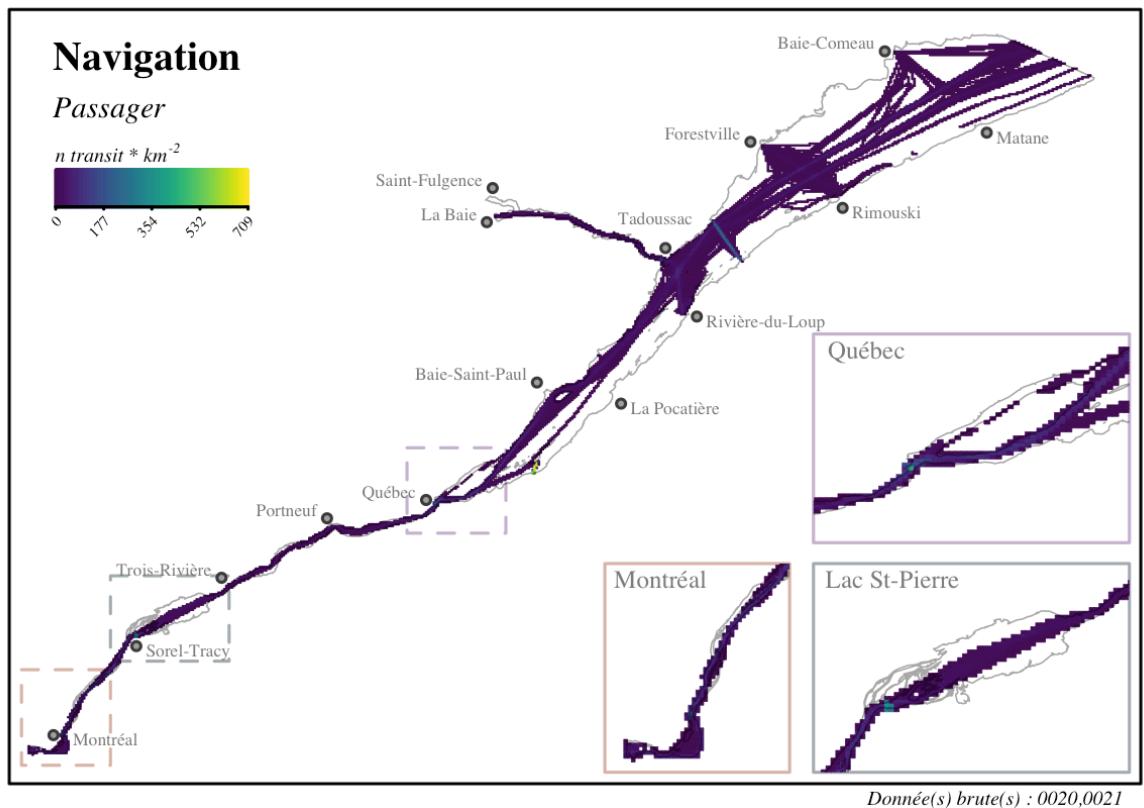


Figure 2.16: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Passager

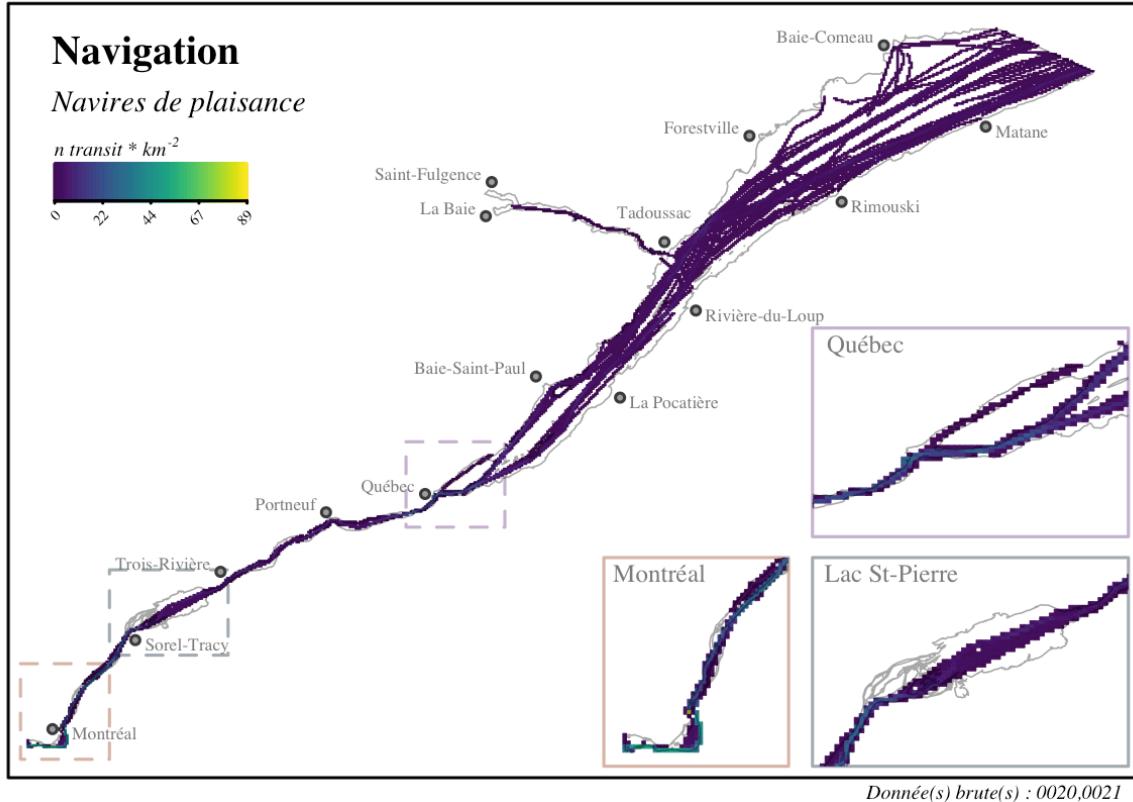


Figure 2.17: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navires de plaisance

2 Portrait de la zone d'étude

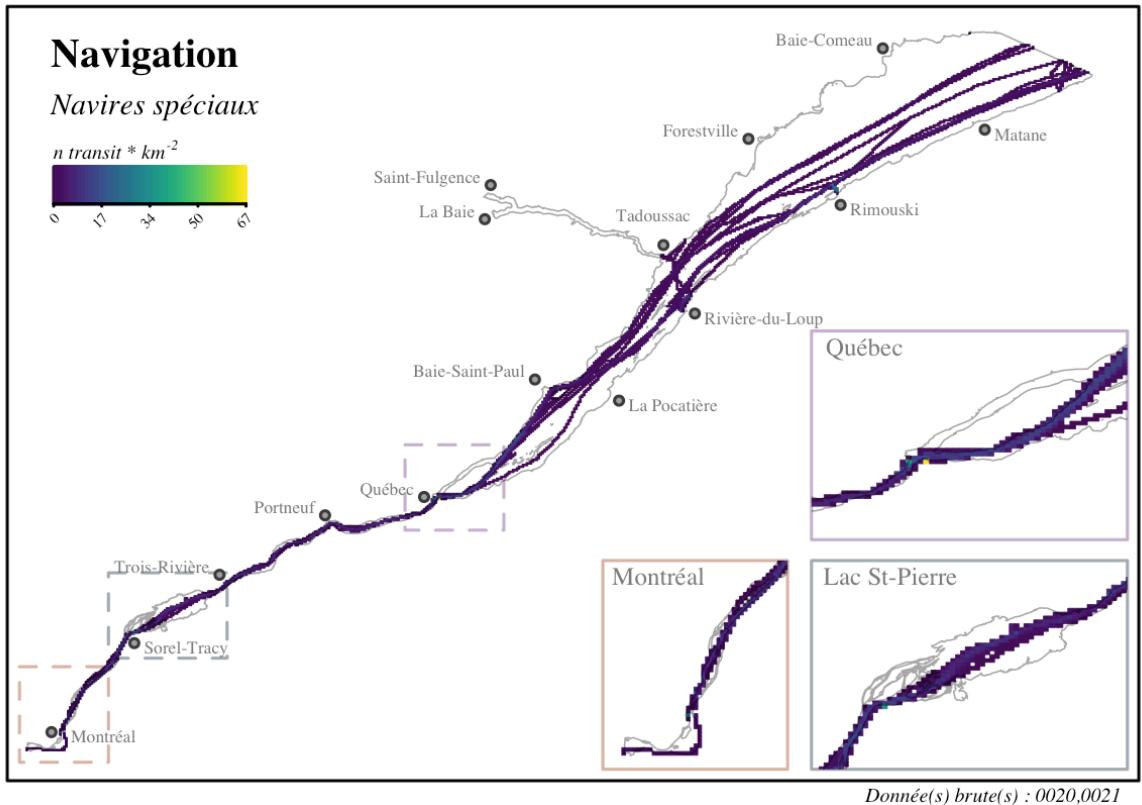


Figure 2.18: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Navires spéciaux

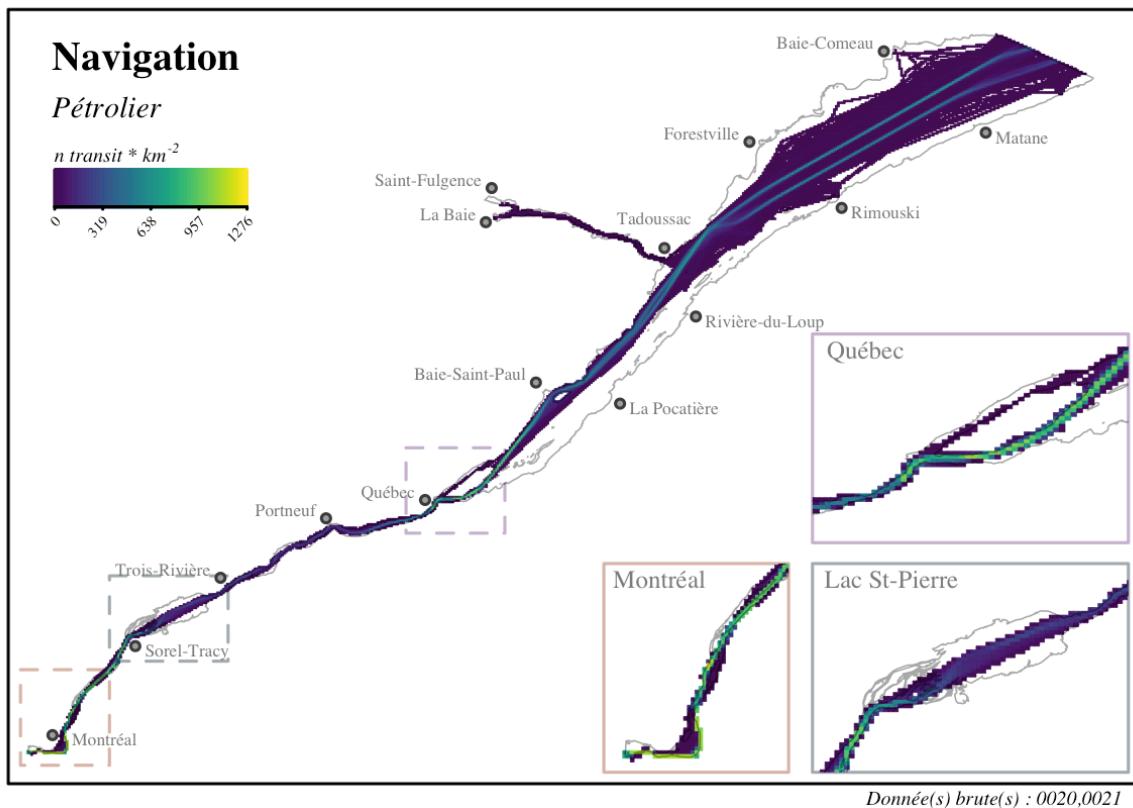


Figure 2.19: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Pétrolier

2 Portrait de la zone d'étude

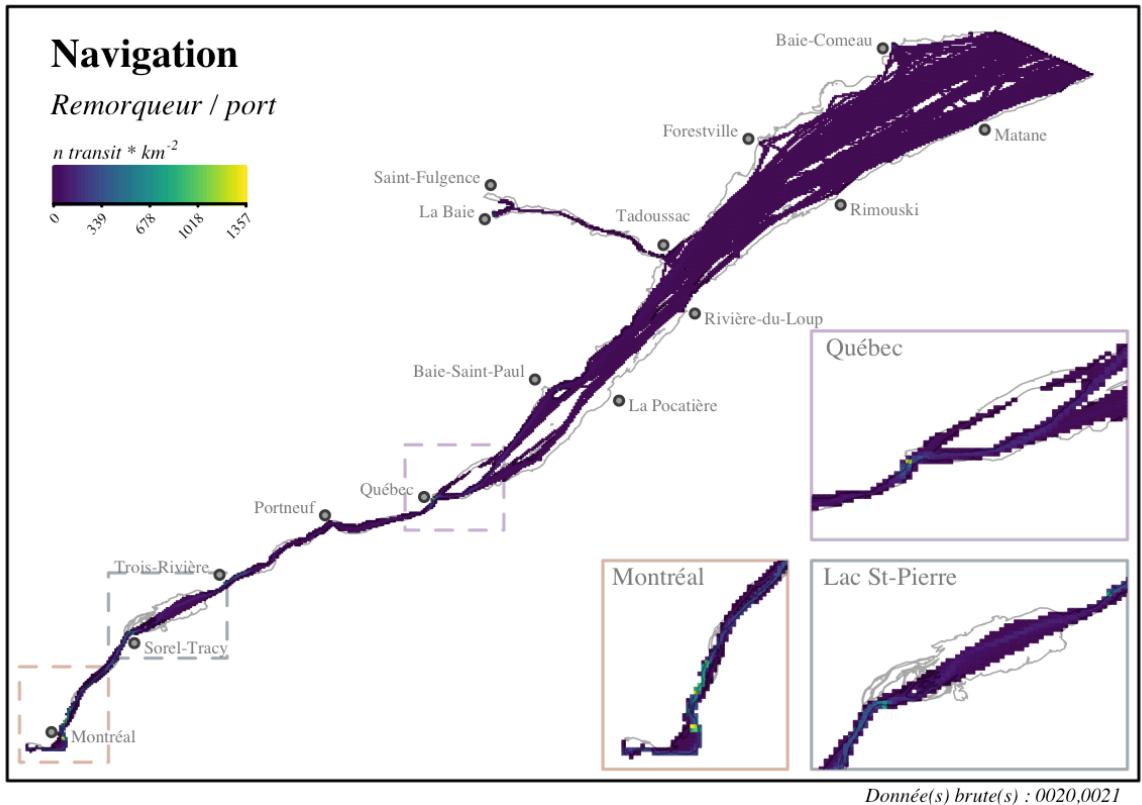


Figure 2.20: Intensité de la navigation dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Remorqueur / port

Table 2.9: Espèces capturées par la pêche commerciale dans la zone d'étude [@dfo2021].

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 [@dfo2021c]

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

un total de 14 espèces étaient ciblées pour la pêche commerciale et un total de 20 espèces différentes ont été capturées (Tableau 2.9).

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 ([halpern2008aa?](#)) et reprises par [Beauchesne et al. \(2020\)](#) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (Tableau 2.10): 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).

2 Portrait de la zone d'étude

Table 2.10: 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 [[@beauchesne2020](#)]

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

Les engins peuvent également être catégorisés selon leur mobilité. Des engins fixes tels que 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 ([dfo2021c?](#))

Pour caractériser l'intensité des activités de pêche (I_{peche}), nous avons utilisé un indice de biomasse totale capturée ([Beauchesne et al., 2020](#)). Nous avons multiplié la biomasse totale capturée pendant la période totale visée (2010 - 2020) au sein de chaque cellule j de la grille d'étude par la proportion de la zone d'effet de l'activité de pêche couvrant la cellule j :

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

où j est une cellule de la grille d'étude, k est une activité de pêche, B_{tot} est la biomasse totale capturé lors de l'activité de pêche k , A est la superficie de l'activité de pêche k qui intersecte une cellule j et A_{tot} est la superficie totale de l'activité de pêche k .

Cette formule calcule une évaluation de l'intensité de pêche en unité de biomasse, soit en kilogrammes. Puisque nous avons calculé l'intensité au sein de cellules de 1 km^2 , les unités de cette formule sont en $\text{kg} * \text{km}^{-2}$. Cet indicateur d'intensité distribue la biomasse capturée au sein de chaque cellule de la grille d'étude et évalue l'intensité de la pêche en termes de biomasse extraite.

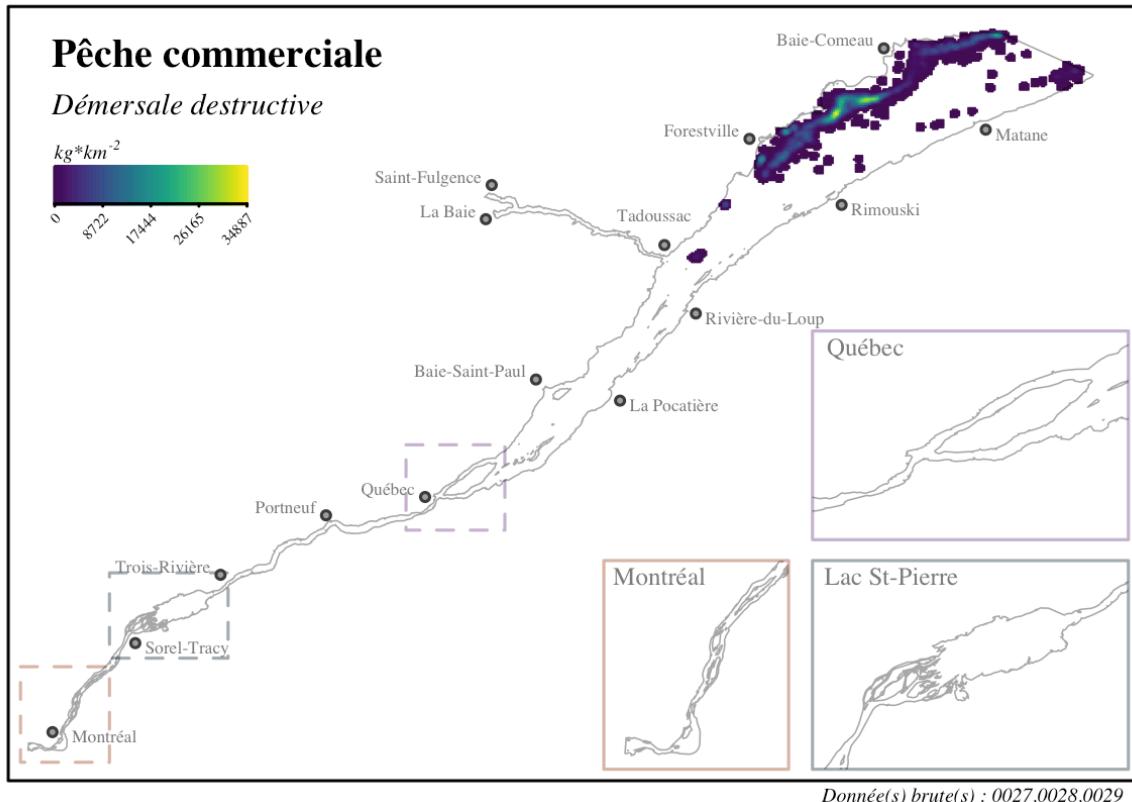


Figure 2.21: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale destructive

2.2.7 Pollution maritime

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 prenantes du projet.

2 Portrait de la zone d'étude

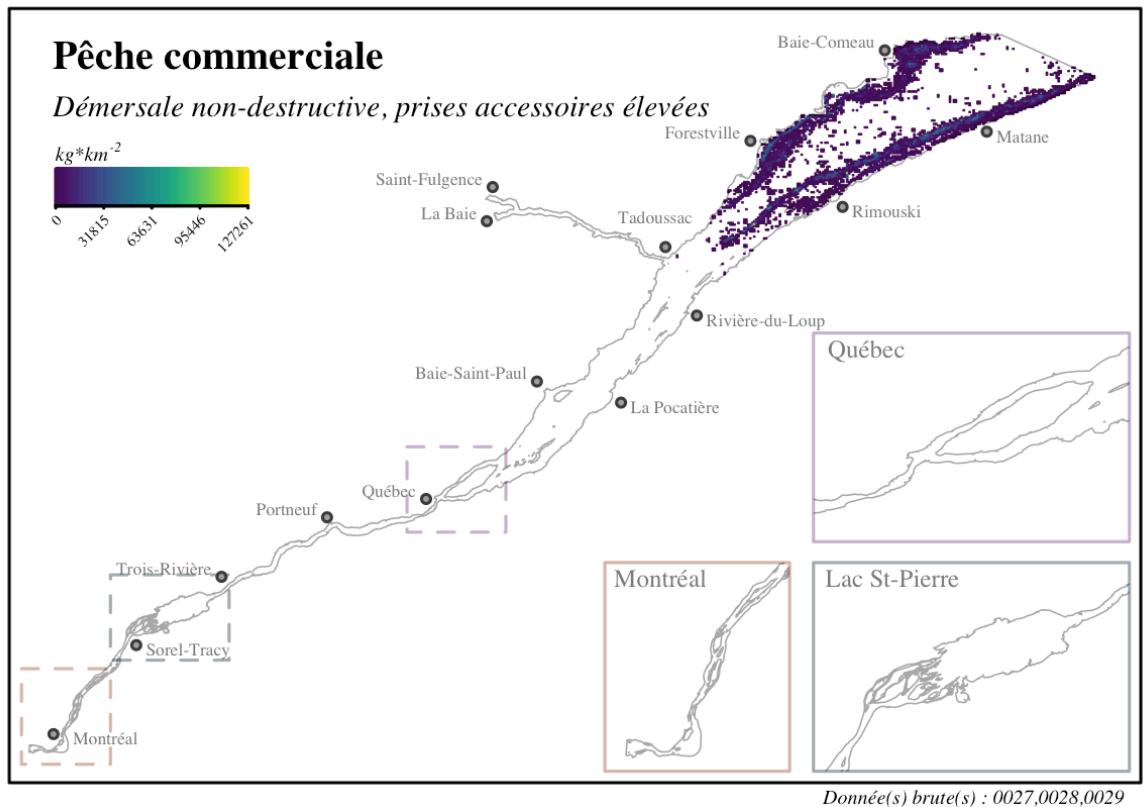


Figure 2.22: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale non-destructive, prises accessoires élevées

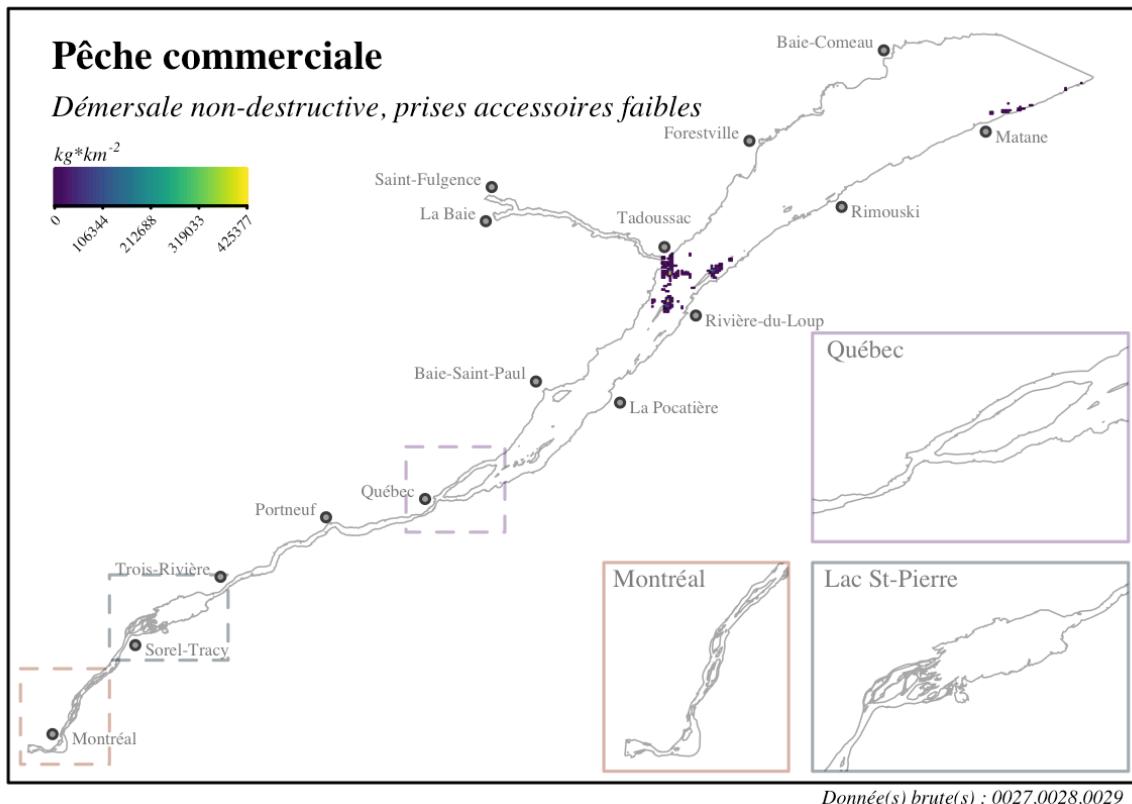


Figure 2.23: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Démersale non-destructive, prises accessoires faibles

2 Portrait de la zone d'étude

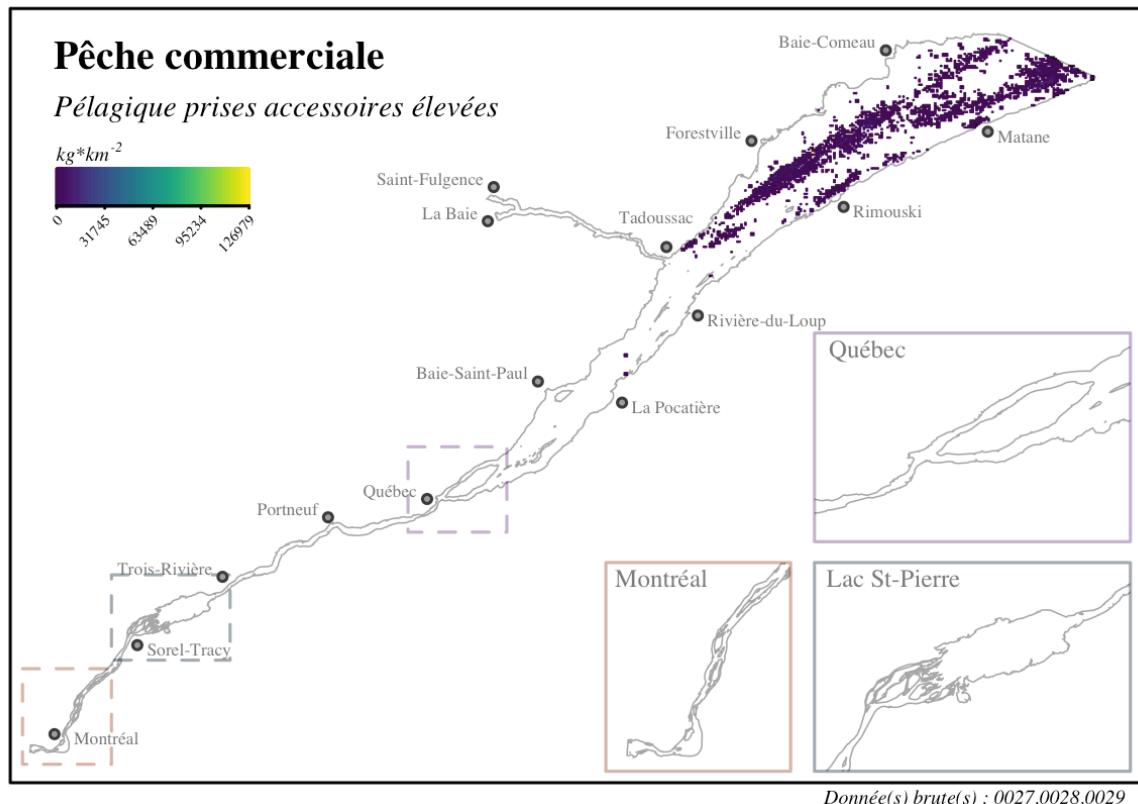


Figure 2.24: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Pélagique prises accessoires élevées

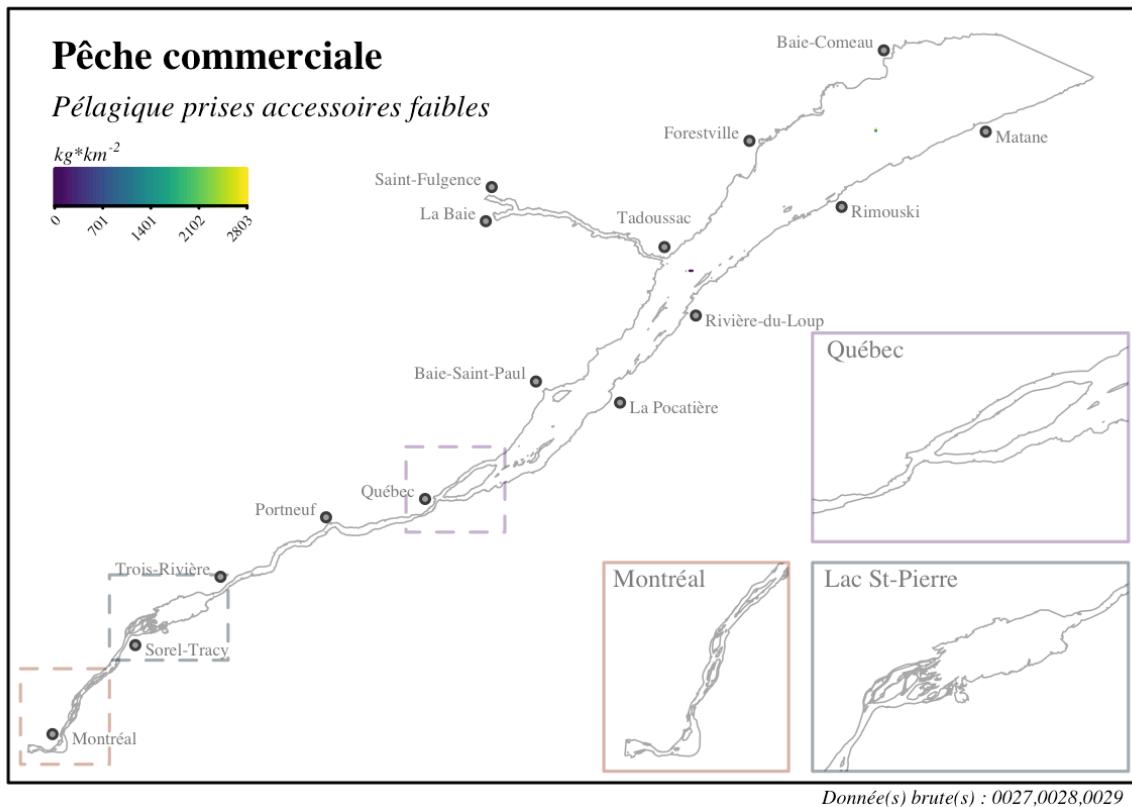


Figure 2.25: Intensité des activités de pêche commerciale dans le Saint-Laurent - Pélagique prises accessoires faibles

2 Portrait de la zone d'étude

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'eau de ballast du Canada* ([tc2021?](#); [tc2021b?](#)). 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 2.26). Les données touchant spécifiquement les rejets opérationnels des navires auraient, quant à elles, été disponibles uniquement pour une faible proportion de la flotte totale 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.

Zones désignées de renouvellement d'eau de ballast

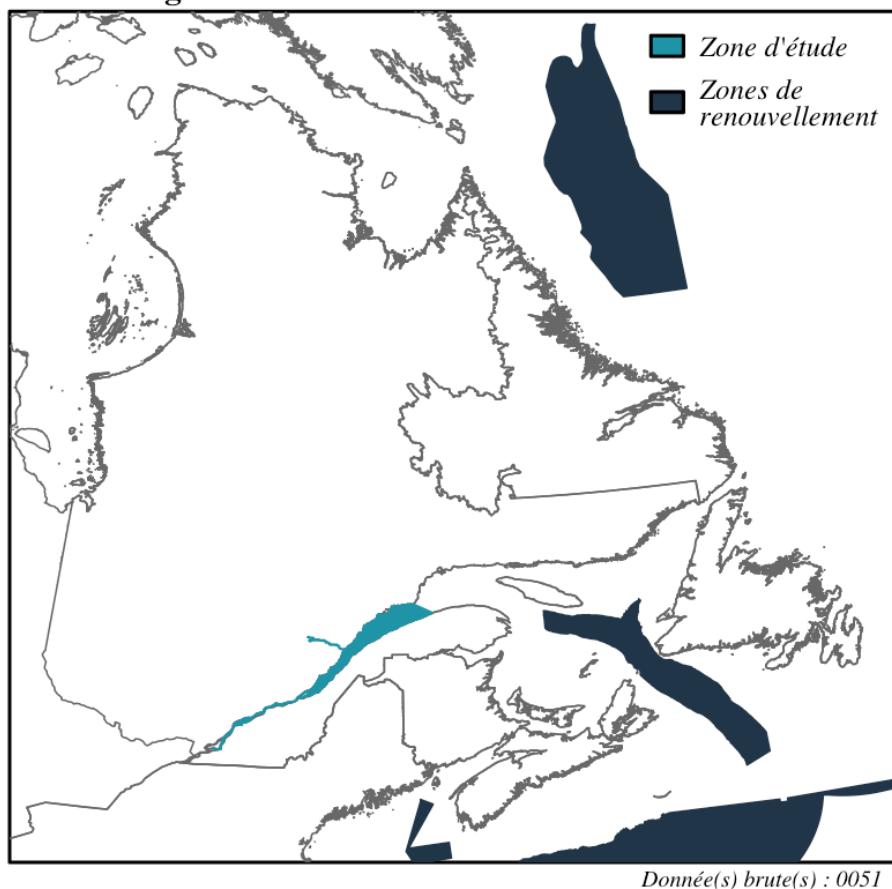


Figure 2.26: Emplacement des zones désignées de renouvellement d'eau de ballast relativement à la position de la zone d'étude pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

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. Les déversements accidentels n'y sont pas inclus puisqu'ils décrivent déjà explicitement des problématiques de déversements toxiques dans l'environnement plutôt qu'un stresseur relié à une 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 stresseur s au sein de la cellule j .

2.3 Composantes valorisées

Tout comme les stresseurs environnementaux, les composantes valorisées ont été divisées en sous-catégories afin de mieux capturer la diversité des composantes valorisées identifiées. 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 communautés, mais ne devraient pas être interprétées comme une représentation exhaustive de l'utilisation du territoire des Premières Nations.

Il en résulte un total de 74 sous-catégories parmi les 4 composantes valorisées considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs (Tableau 2.11). La majorité des données

2 Portrait de la zone d'étude

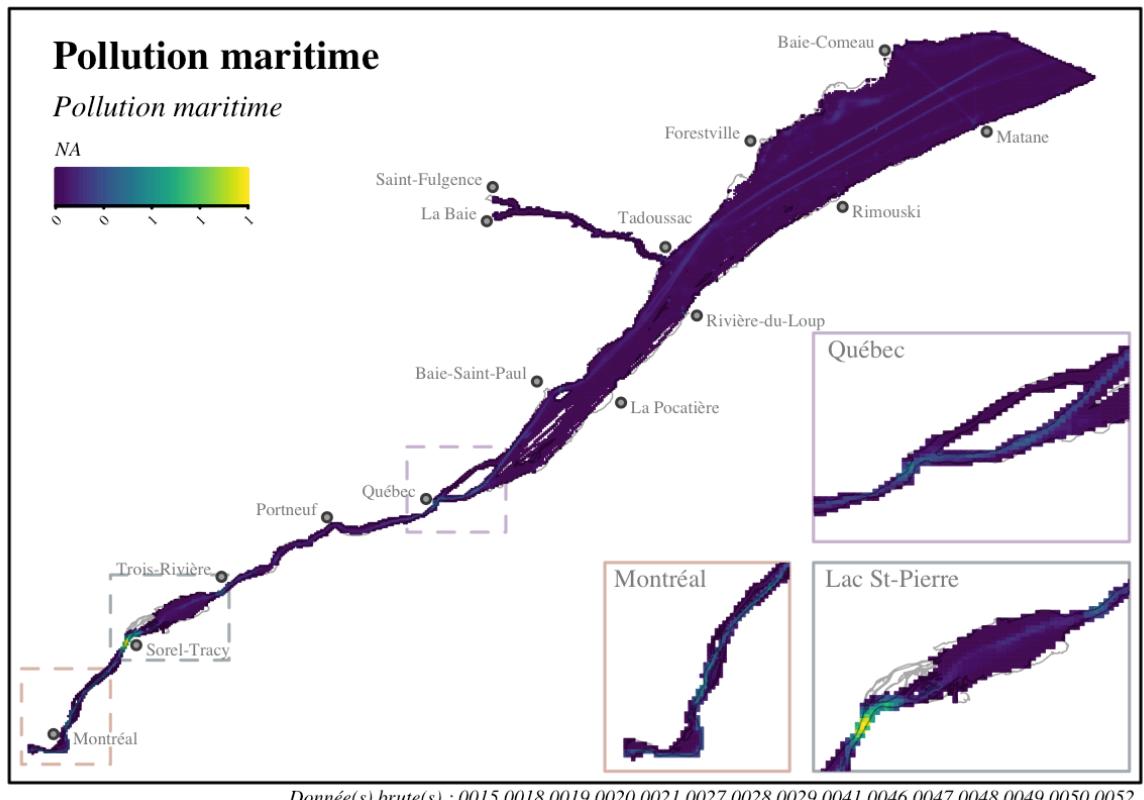


Figure 2.27: Intensité de la pollution maritime dans le Saint-Laurent et le Saguenay -
Pollution maritime

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.

2.3.1 Intégrité des berges

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 2.12).

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.

2 Portrait de la zone d'étude

Table 2.11: Liste des sous-catégories de composantes valorisées considérées pour l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

Composantes valorisées	Type	Sous-catégories
Habitats	Cycles de vie	Frayères Oiseaux Sites d'alevinage
	Espèces à statut	Espèces fauniques menacées Espèces fauniques susceptibles Espèces fauniques vulnérables Espèces floristiques menacées Espèces floristiques susceptibles Espèces floristiques vulnérables
	Milieux naturels	Eau peu profonde Gisements coquilliers Marais Marécage Meuble sans falaise Milieu humide Rocheux sans escarpement Rocheux sans falaise
		Terrasse de plage Terrasse fluviale Zones inondables Zostères
Intégrité des berges	Artificielle	Artificielle - Semi-végétalisée Artificielle - Vive
	Naturelle	Naturelle - Semi-végétalisée Naturelle - Vive
Mammifères marins	Baleine	Béluga Marsouin commun Petit rorqual Rorqual à bosse Rorqual bleu Rorqual commun
	Phoque	Phoque commun Phoque du Groenland Phoque gris
Sites d'intérêt	AGHAMM	Pêche commerciale Pêche traditionnelle
	Essipit	Accès au plan d'eau Chasse oiseaux migrateurs Chasse phoques Culture et patrimoine
72		Pêche commerciale Pêche traditionnelle Tourisme
	GCNWA	GCNWA - Animaux à fourrure GCNWA - Cueillette et collecte GCNWA - Gibier GCNWA - Oiseaux migrateurs

Table 2.12: 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 [@bernier2020; @bernier2021]

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

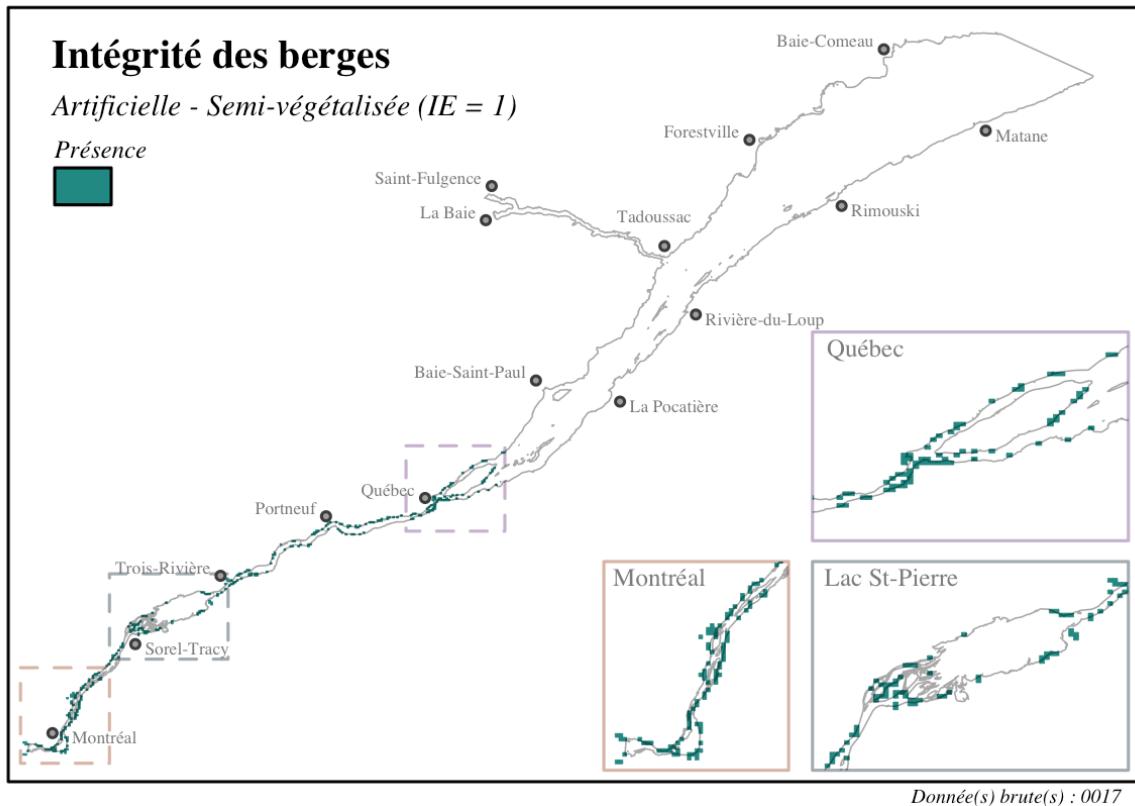


Figure 2.28: Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Artificielle - Semi-végétalisée (IE = 1)

2 Portrait de la zone d'étude

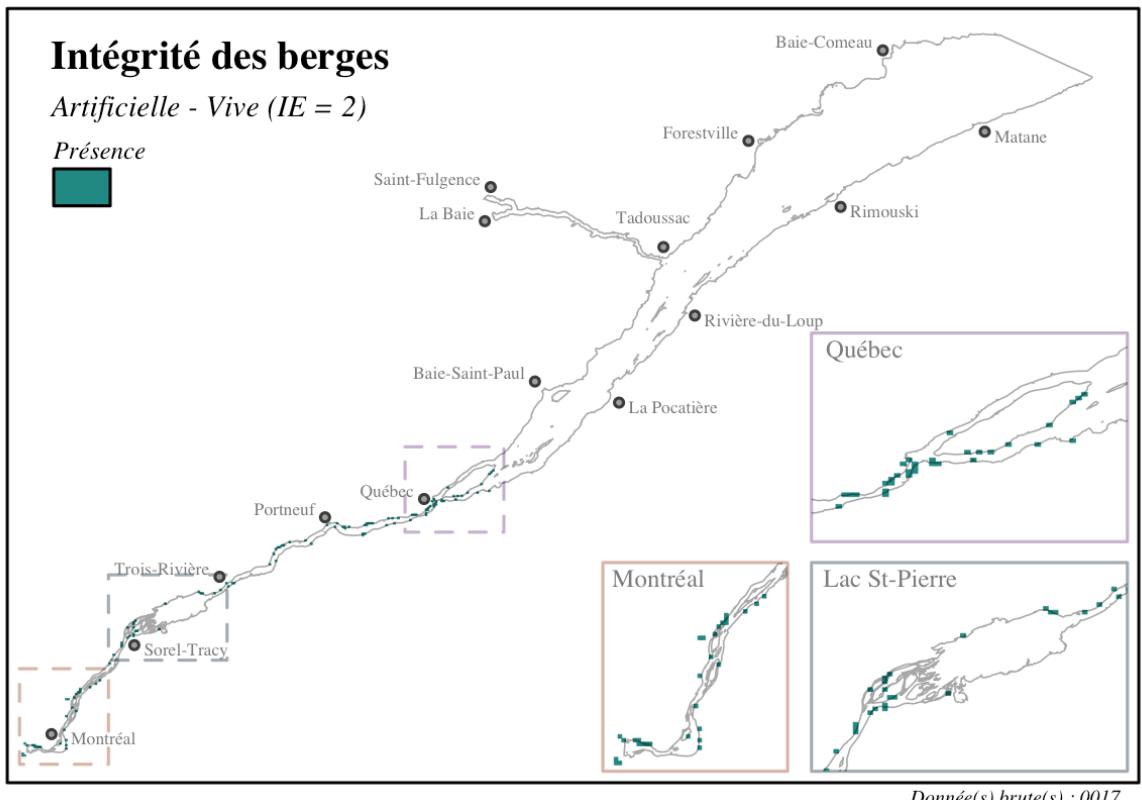


Figure 2.29: Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Artificielle - Vive (IE = 2)

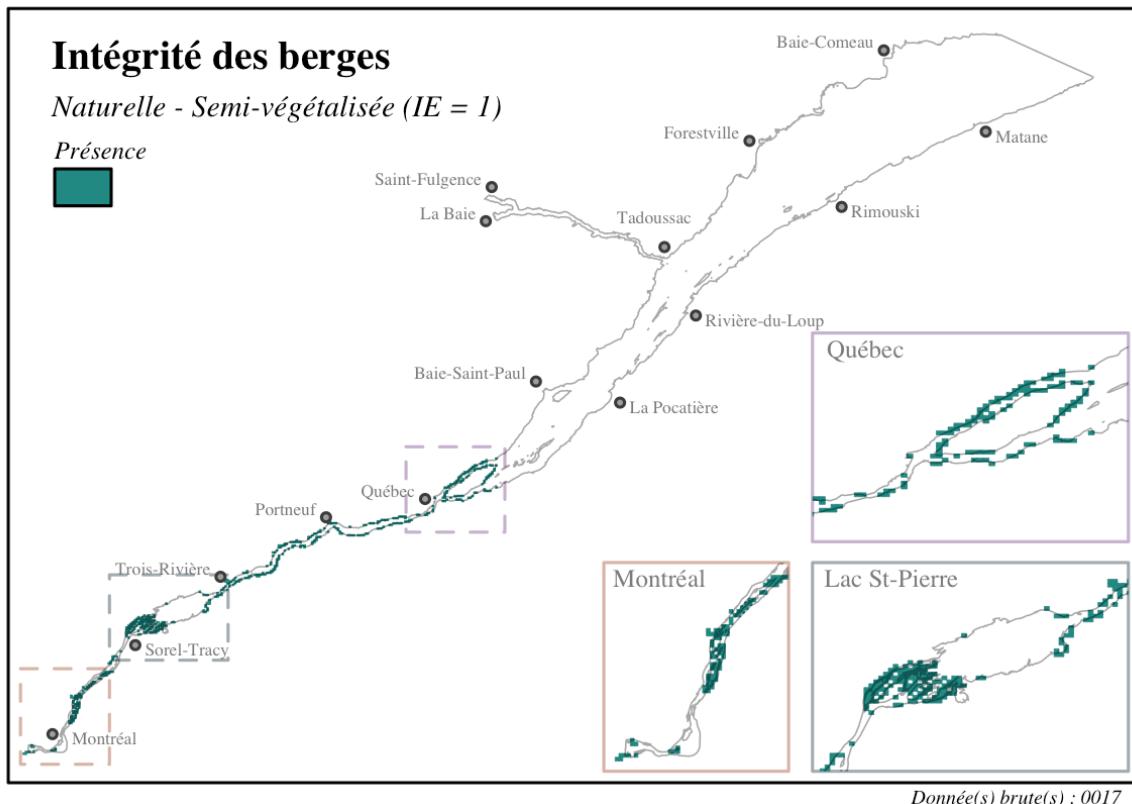


Figure 2.30: Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Naturelle - Semi-végétalisée (IE = 1)

2 Portrait de la zone d'étude

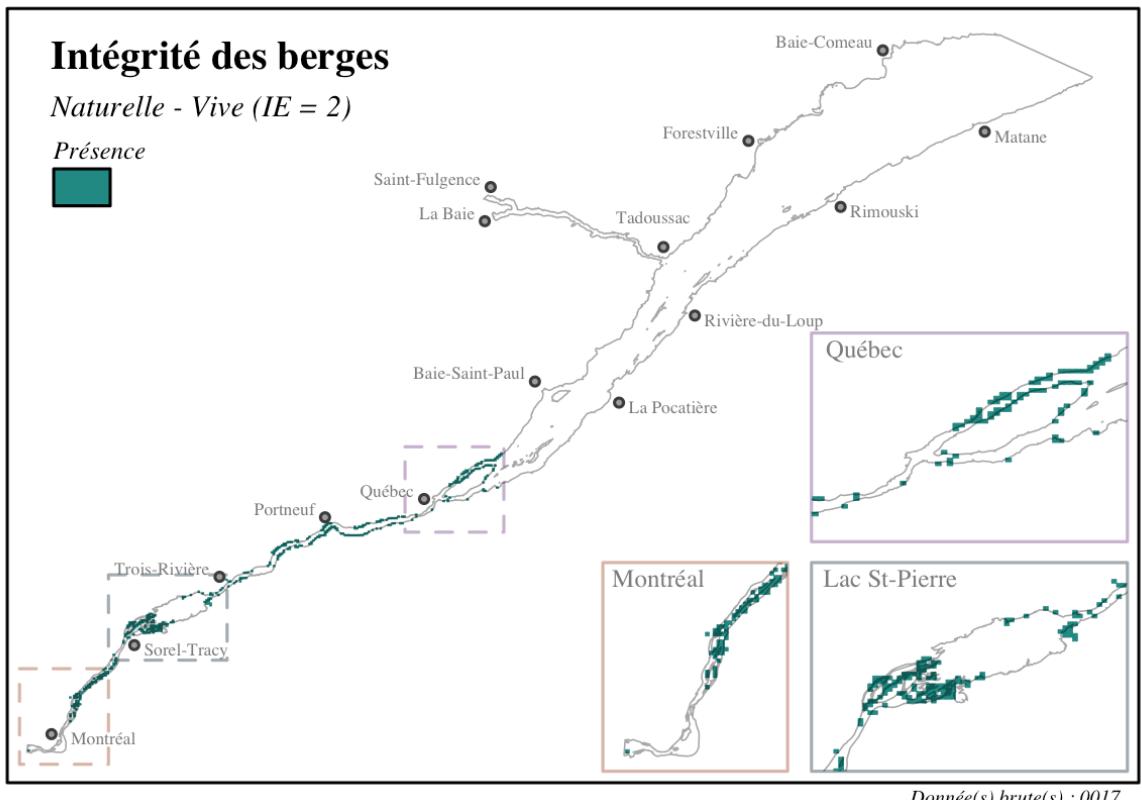


Figure 2.31: Distribution des segments de berge sensibles à l'érosion dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Naturelle - Vive (IE = 2)

Table 2.13: 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 les annexes 3 et 4 pour plus de détails sur les données utilisées.

Catégories d'habitats	Sous-catégories	Description
Cycles de vie	Sites d'alevinage	Sites d'alimentation et de protection pour les stades de développement des poissons
Cycles de vie	Frayères	Sites de reproduction où des poissons femelles pondent
Cycles de vie	Oiseaux	Sites connus d'importance pour les oiseaux marins
Espèces à statut	Espèces fauniques menacées	Espèces fauniques désignées menacées
Espèces à statut	Espèces fauniques susceptibles	Espèces fauniques susceptibles d'être désignées
Espèces à statut	Espèces fauniques vulnérables	Espèces fauniques désignées vulnérables
Espèces à statut	Espèces floristiques menacées	Espèces floristiques désignées menacées
Espèces à statut	Espèces floristiques susceptibles	Espèces floristiques susceptibles d'être désignées
Espèces à statut	Espèces floristiques vulnérables	Espèces floristiques désignées vulnérables
Milieux naturels	Zostères	Distribution de la zostère marine (*Zostera marina)
Milieux naturels	Zones inondables	Territoires ayant une probabilité élevée d'être inondés
Milieux naturels	Meuble sans falaise	Dépôt non consolidé sans falaise
Milieux naturels	Rocheux sans escarpement	Berge de roc sans escarpement
Milieux naturels	Rocheux sans falaise	Roche consolidée sans falaise
Milieux naturels	Terrasse de plage	Zone d'accumulation de dépôts non consolidés (dunes)
Milieux naturels	Terrasse fluviale	Banc d'accumulation situé à l'embouchure d'un cours d'eau
Milieux naturels	Eau peu profonde	Milieu humide dont le niveau d'eau est inférieur au niveau de la surface
Milieux naturels	Marais	Milieu humide sur dépôt minéral, dominé par un végétal aquatique
Milieux naturels	Marécage	Milieu humide sur dépôt minéral, dominé par un végétal aquatique
Milieux naturels	Milieu humide	Regroupe les milieux humides dont le type est indéterminé
Milieux naturels	Gisements coquilliers	Gisements connus et exploités de mactre de Stinissen

2.3.2 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 21 types d'habitats au sein de la zone d'étude (Tableau 2.13). 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.

2.3.2.1 Habitats d'importance pour les cycles de vie

2.3.2.1.1 Frayères et sites d'alevinage 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), qui 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'ils constituent un goulot d'étranglement pour la dynamique des populations de poissons.

Les données utilisées pour caractériser les frayères et les aires d'alevinage proviennent d'un exercice d'intégration de données d'observation *in situ* couvrant la période de 1974 à 2019 (Tableau 2.14). Les frayères et aires d'alevinage identifiées regroupent des données pour 71 et 49 espèces de poissons et couvrent une superficie d'environ 275 et 230 km² au sein de la zone d'étude, respectivement. 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 km².

2.3.2.1.2 Oiseaux marins Les données utilisées pour caractériser les sites d'importance pour les oiseaux marins 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; ([rail2002?](#)); ([eccc2021?](#))]. 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 le données à partir de l'année 2000 uniquement. Notre zone d'étude comprend 113 ZICO ayant une superficie totale de 198.65 km².

La deuxième base de données identifie les zones importantes pour la conservation des oiseaux [ZICO; ([oiseauxcanada2015?](#)); ([etudesoiseauxcanada2015?](#))]. Les ZICO

Table 2.14: Sources utilisées pour caractériser les frayères et les aires d'alevinage dans la zone d'étude.

Source
Alliance Environnement GDG Conseil-Daniel Arbour & Associés (n.d.) Frayère PLIO adapté de Lavoie et al. 2001. Mise en valeur du littoral de l'agglomération de la Capitale nationale du Québec: élaboration de cartes et de rapports.
Benoit, J., J.-C. Bourgeois, S. Desjardins et J. Picard. 1988. Plan de conservation et de mise en valeur des frayères et aires d'alevinage dans le bassin versant de la rivière Chaudière.
Bernatchez, S., Valiquette, E., Vachon, N., Brodeur, P., Côté, C., Hatin, D., L'Italien, L. et Y. Paradis. 2016. Localisation des frayères des principales espèces de poissons d'intérêt sportif et commercial.
DGFa 04-17 (2019a) Base de données Poisson Fleuve [shp]. V.26 mars 2019, 1 : 20 000, DGFa 04-17, Trois-Rivières.
DGFa 04-17 (2019b) Base de données Historique partielle [shp]. V.11 décembre 2019, 1 : 20 000, DGFa 04-17, Trois-Rivières.
DGFa 05-06-13-16 (2020) Base de données frayères [FGDB]. V.2020, 1 : 20 000, DGFa 05-06-13-16, Longueuil.
L'italien, L. (2017) Frayère d'esturgeon noir [shp]. V.2017, 1 : 50 000, DGFa 03-12, Québec.
Mailhot, Y. et R. Morissette (20 juin 2012) Atlas des frayères potentielles ou confirmées et de certains autres sites aquatiques critiques et des habitats fauniques critiques et des exploitations humaines.
Mailhot, Y. et R. Morissette (20 juin 2012) Atlas des habitats fauniques critiques et des exploitations humaines.
Massé, G. 1974. Frayères à poissons d'eau chaude du couloir fluvial, entre Montréal et le lac Saint-Pierre.
Mingelbier, M. et J., Leclerc. 2001. Preliminary atlas of fish habitat in the fluvial St. Lawrence River. 8th edition.
Ministère de l'Environnement et de la Faune. 1994. Cartographie des sites d'intérêt et des sites protégés.
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2019b) Géobase-Faune - Hab_aqua_part_s [FGDB]. V2019-11-19.
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2019b) Géobase-Faune - Hab_aqua_part_p [FGDB]. V2019-11-19.
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2019b) Géobase-Faune - SFI_s [FGDB]. V2019-11-19, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (25 mars 2013) Frayère de Shooner [shp]. V.2013, 1 : 400 000.
Ministère des Ressources naturelles (2013) Habitats essentiels [shp]. 2e trimestre, 1 : 170 000, Direction des forêts, de la faune et des parcs.
Ministère des Ressources naturelles (2013) Habitats essentiels [shp]. 2e trimestre, 1 : 170 000, Direction des forêts, de la faune et des parcs.
Société de la faune et des parcs du Québec. 2000. Atlas des habitats critiques connus ou d'intérêt particulier.
VALIQUETTE, E., M. LEGAULT et V. HARVEY. 2016. État référence de la faune aquatique et de ses habitats.

2 Portrait de la zone d'étude

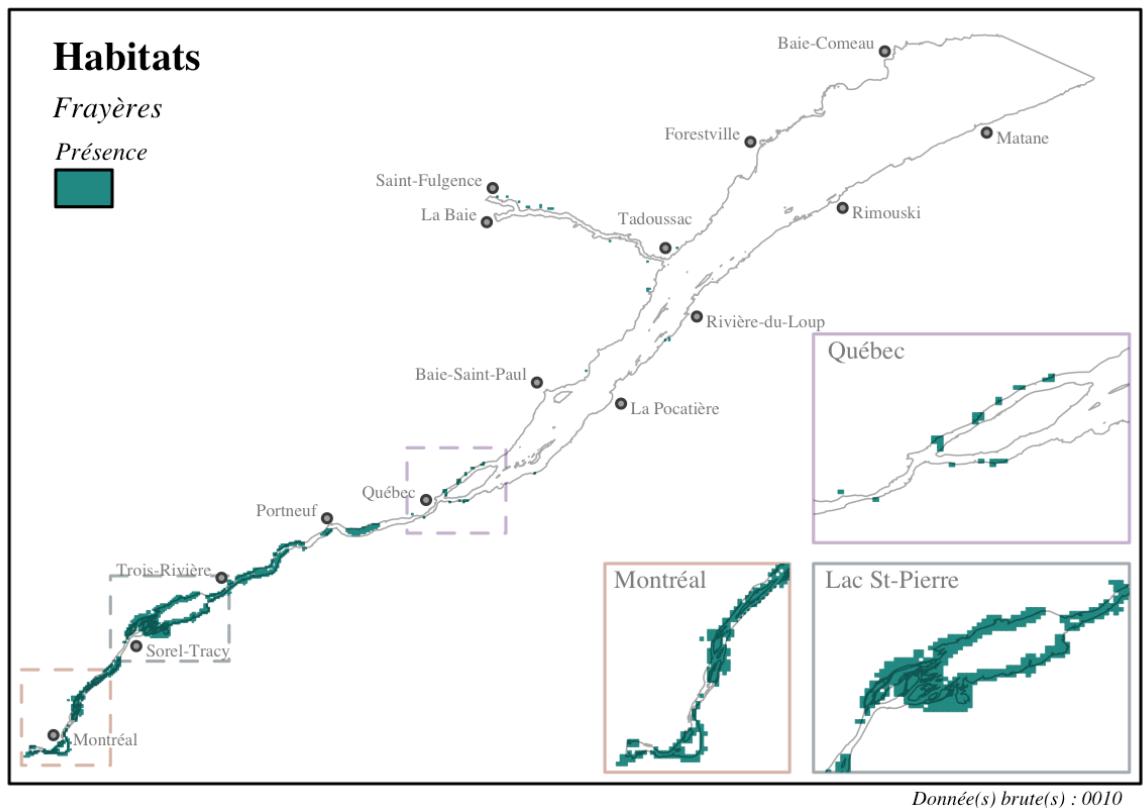


Figure 2.32: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Frayères

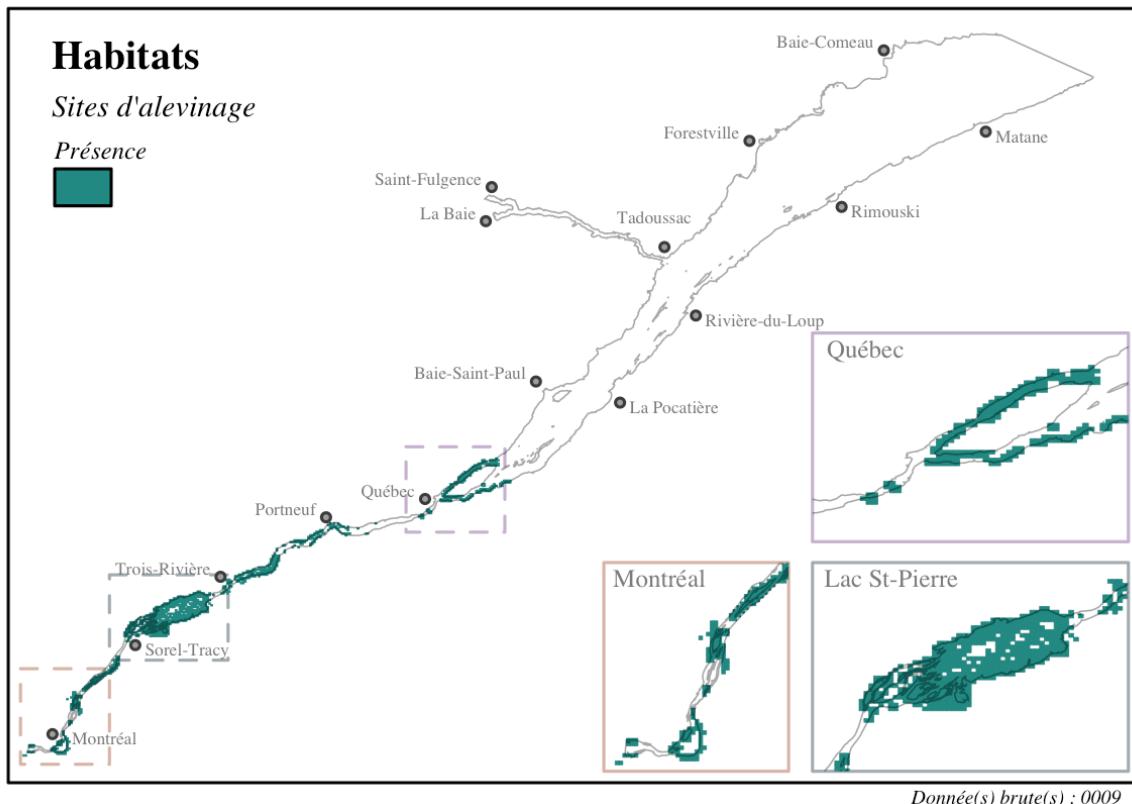


Figure 2.33: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Sites d'alevinage

2 Portrait de la zone d'étude

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 km².

Il est important de noter que ces sites correspondent à des milieux terrestres et ne capture 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.

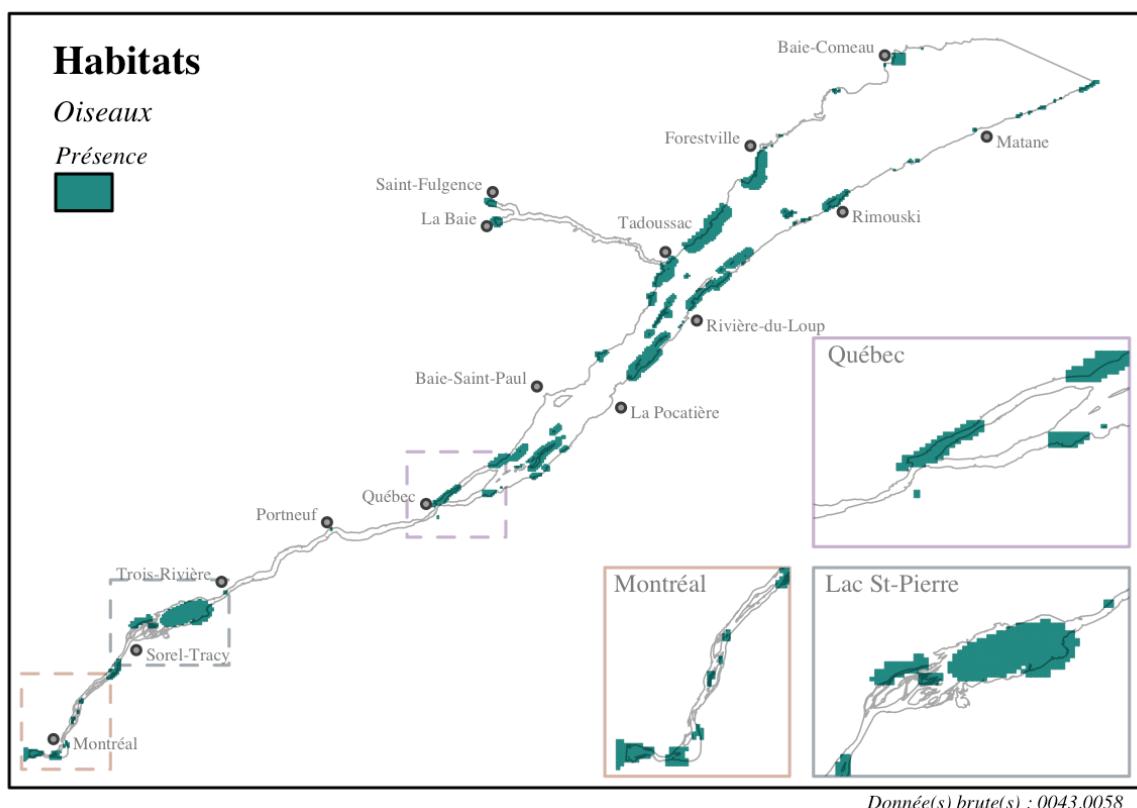


Figure 2.34: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Oiseaux

2.3.2.2 Espèces fauniques et floristiques à statut

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

Table 2.15: Nombre d'espèces et superficie totale des sites d'importance pour les espèces fauniques et floristiques à statut dans la zone d'étude [@cdpnq2021a; @cdpnq2021b].

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

pour les espèces à statut ont été préparées par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec [CDPNQ; ([cdpnq2021a?](#)); ([cdpnq2021b?](#))]. Ces données contiennent des occurrences qui désigne 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 site pour les espèces fauniques, et 37 espèces et 423 site pour les espèces floristiques (Tableau 2.15).

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.

2.3.2.3 Milieux naturels

2.3.2.3.1 Zostères 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 ([mpo2009?](#)). 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 km² dans la zone d'étude.

Cette base de données a été complémentée par deux bases de données localisées fournit des informations supplémentaires sur les zostères dans la zone d'étude. La pre-

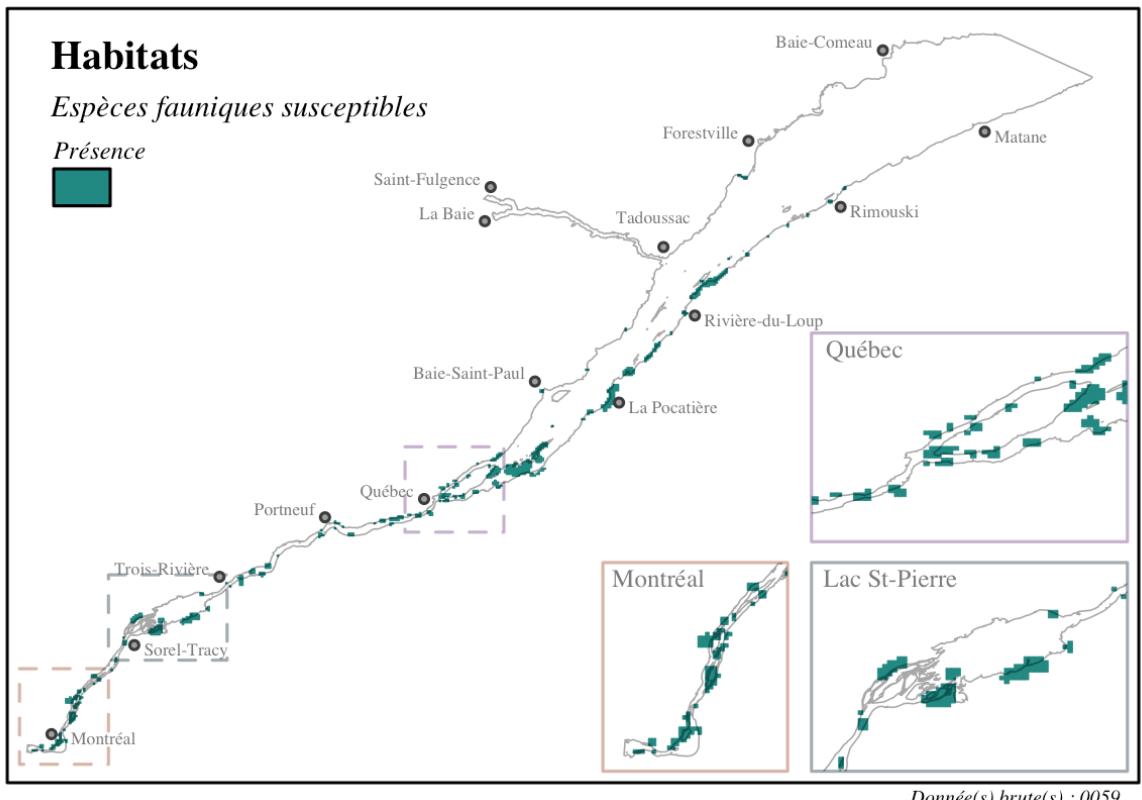


Figure 2.35: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques susceptibles

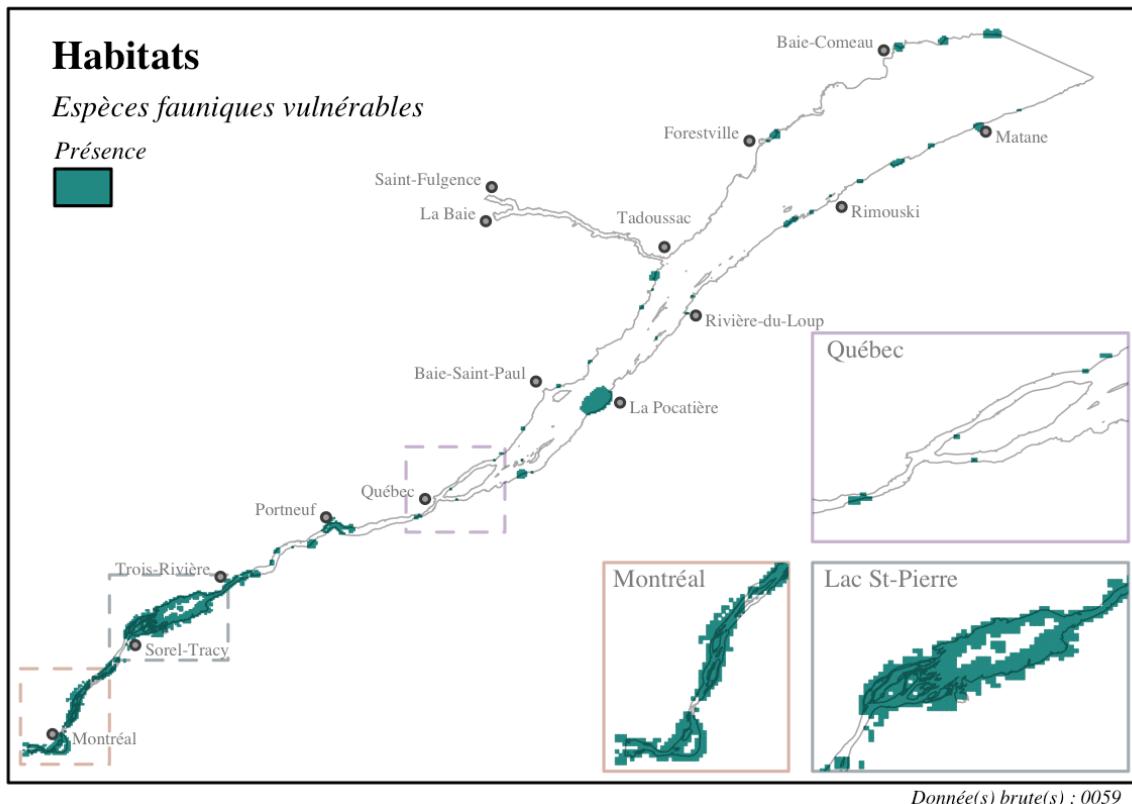


Figure 2.36: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques vulnérables

2 Portrait de la zone d'étude

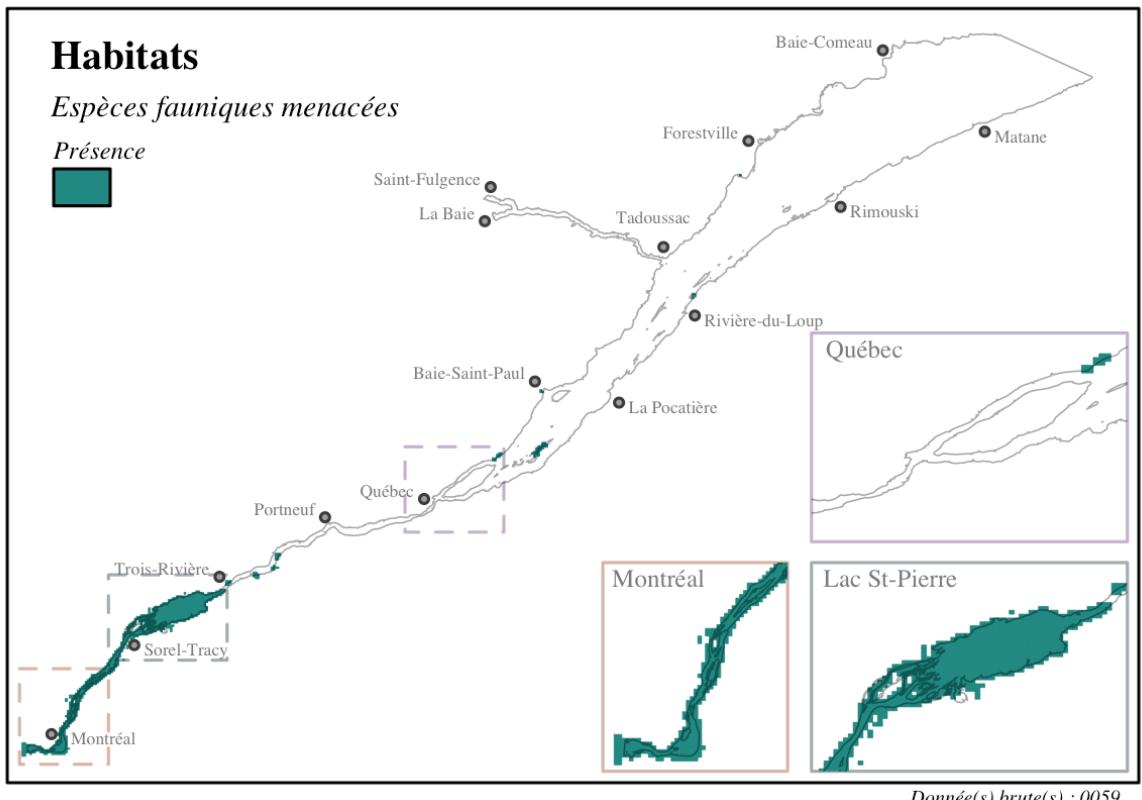


Figure 2.37: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces fauniques menacées

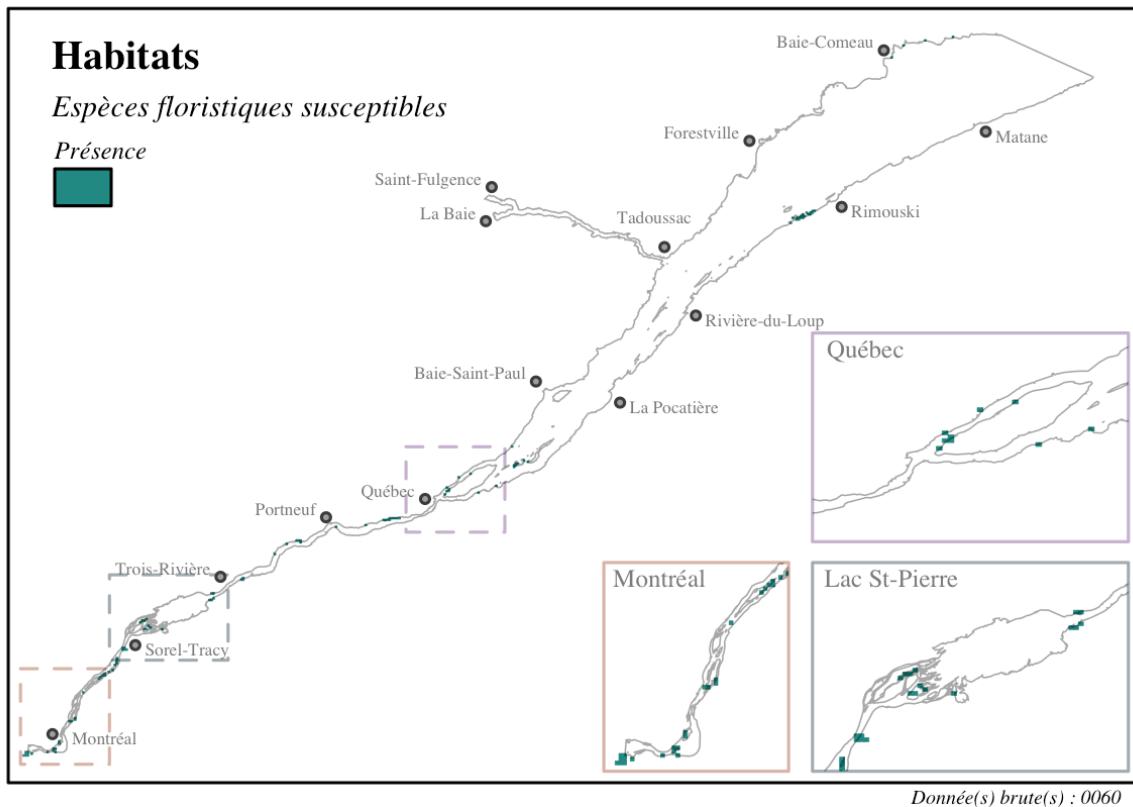


Figure 2.38: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques susceptibles

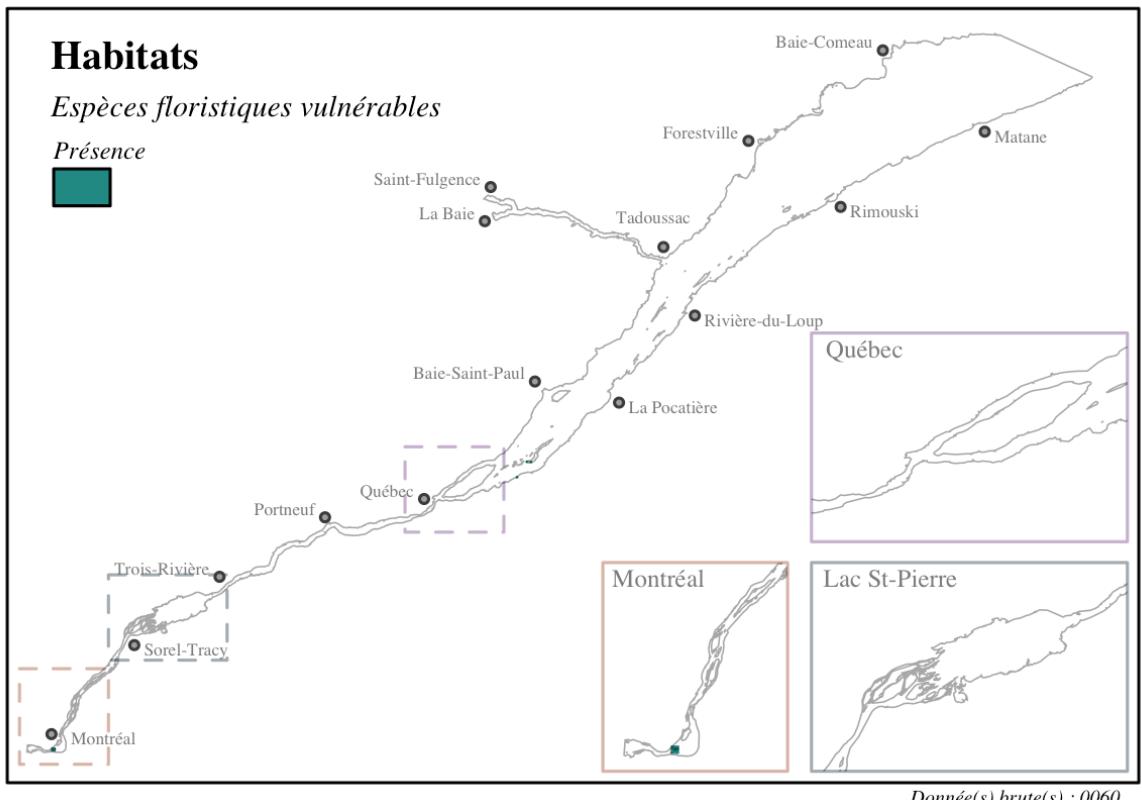


Figure 2.39: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques vulnérables

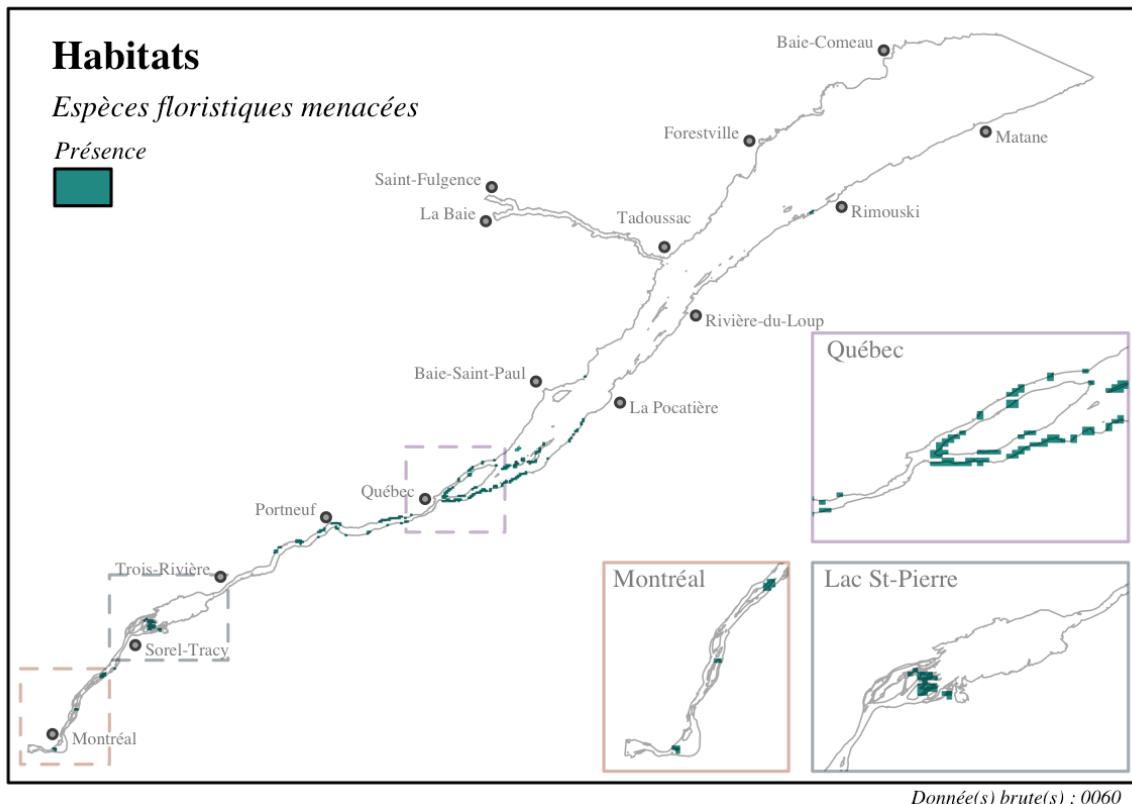


Figure 2.40: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Espèces floristiques menacées

2 Portrait de la zone d'étude

mière 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 $< 1 \text{ km}^2$ (**bois?**); la deuxième provient d'un exercice similaire dans la Baie de Mitis et fournit des informations sur 3 site couvrant une superficie de $< 1 \text{ km}^2$ (**comitezip-sudestuaire2012?; bachand2014?**). Ces trois bases de données ont été intégrées en présence-absence au sein de la grille d'étude.

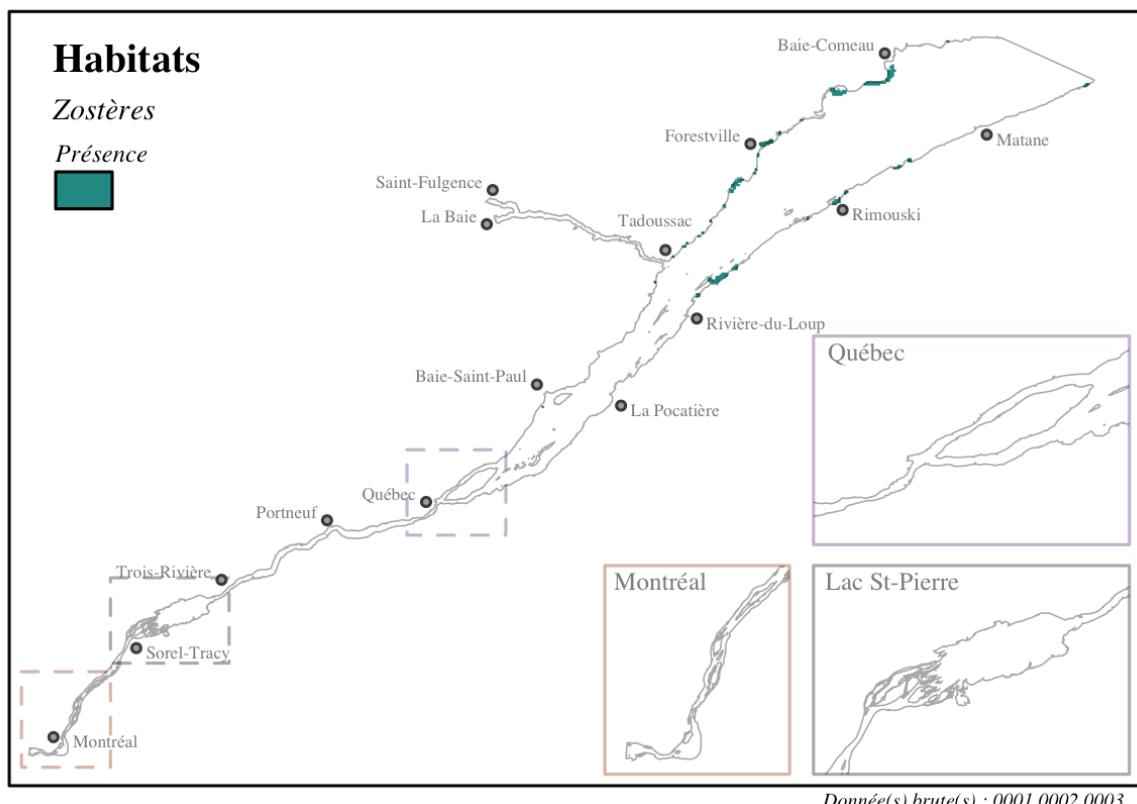


Figure 2.41: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Zostères

2.3.2.3.2 Zones inondables

2.3.2.3.3 Milieux côtiers

2.3.2.3.4 Milieux humides 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

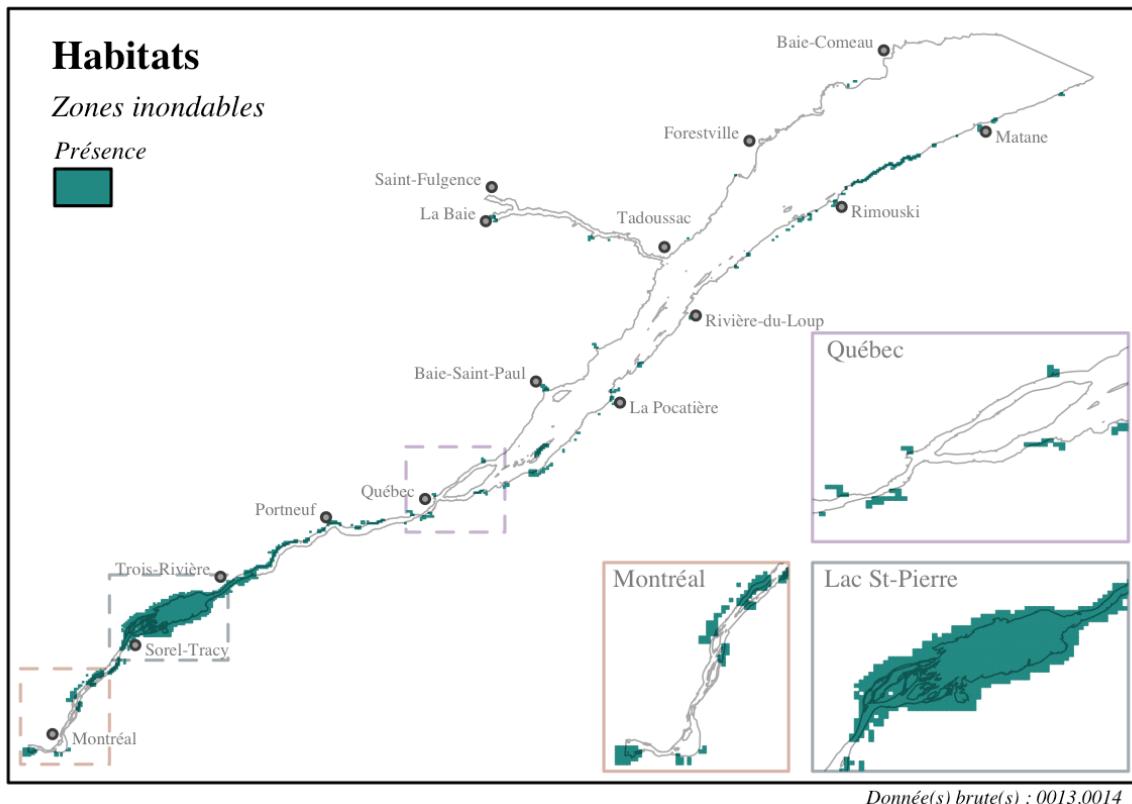


Figure 2.42: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Zones inondables

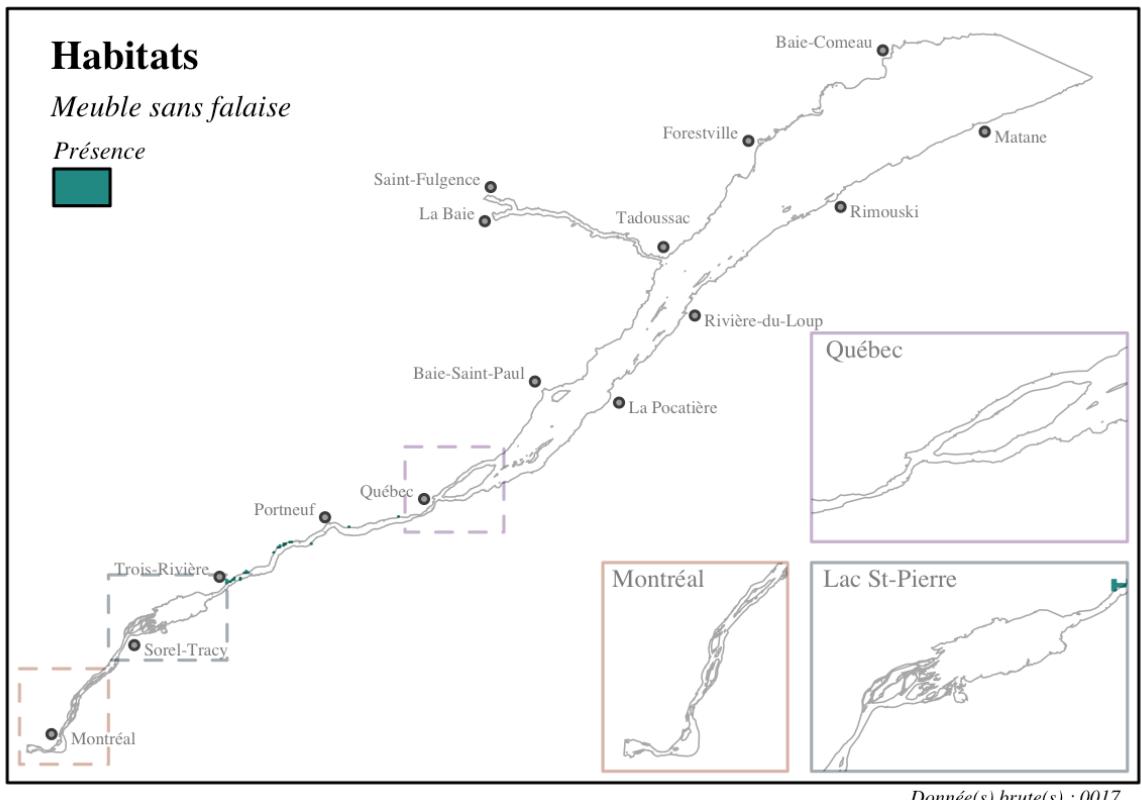


Figure 2.43: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Meuble sans falaise

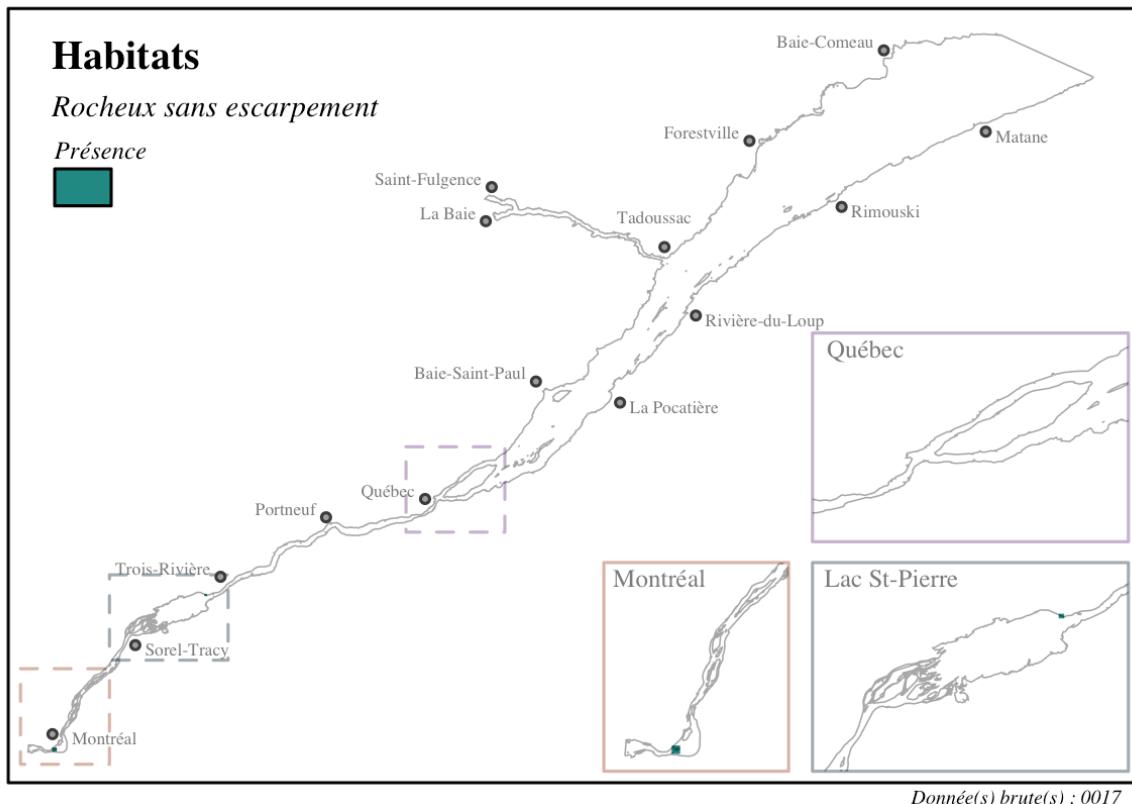


Figure 2.44: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rocheux sans escarpement

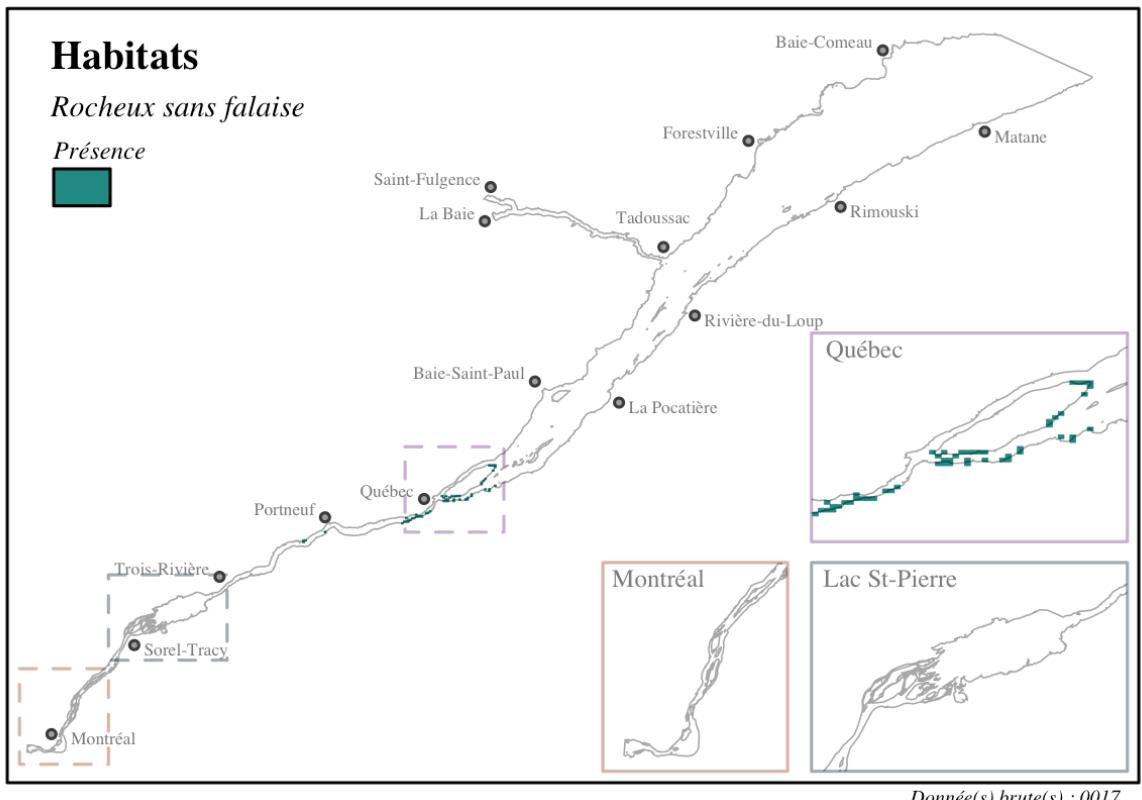


Figure 2.45: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Rocheux sans falaise

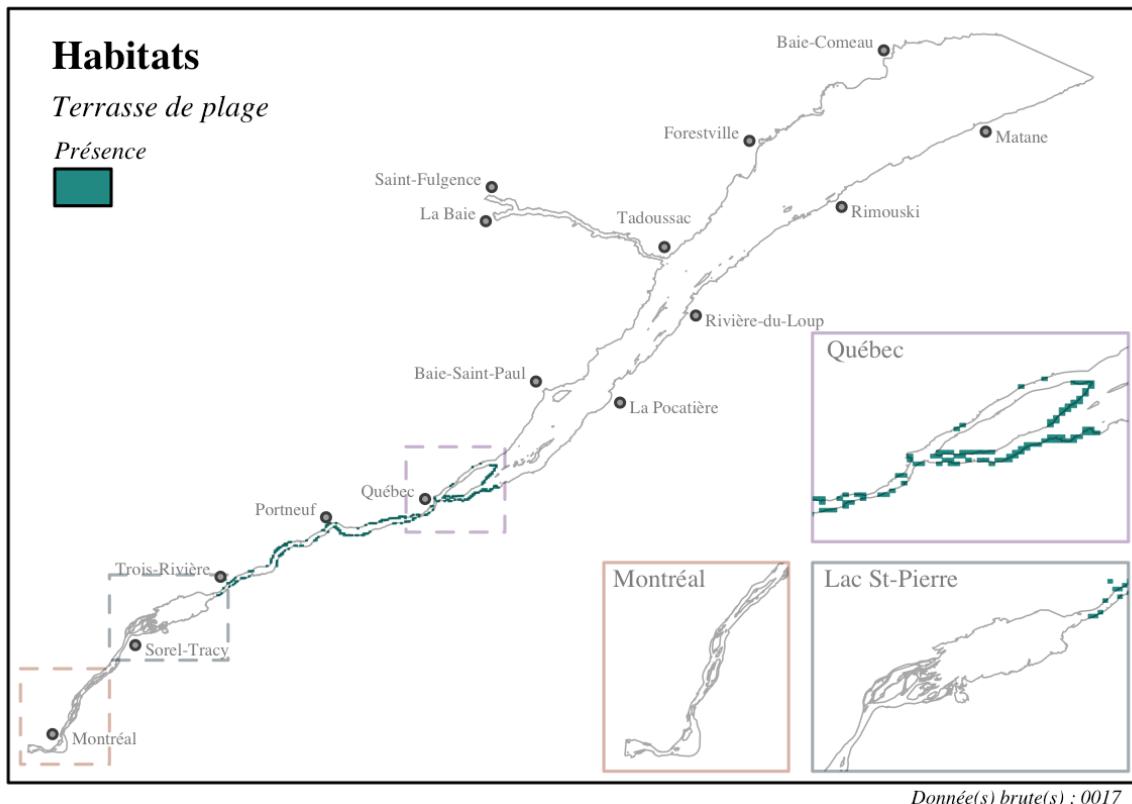


Figure 2.46: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Terrasse de plage

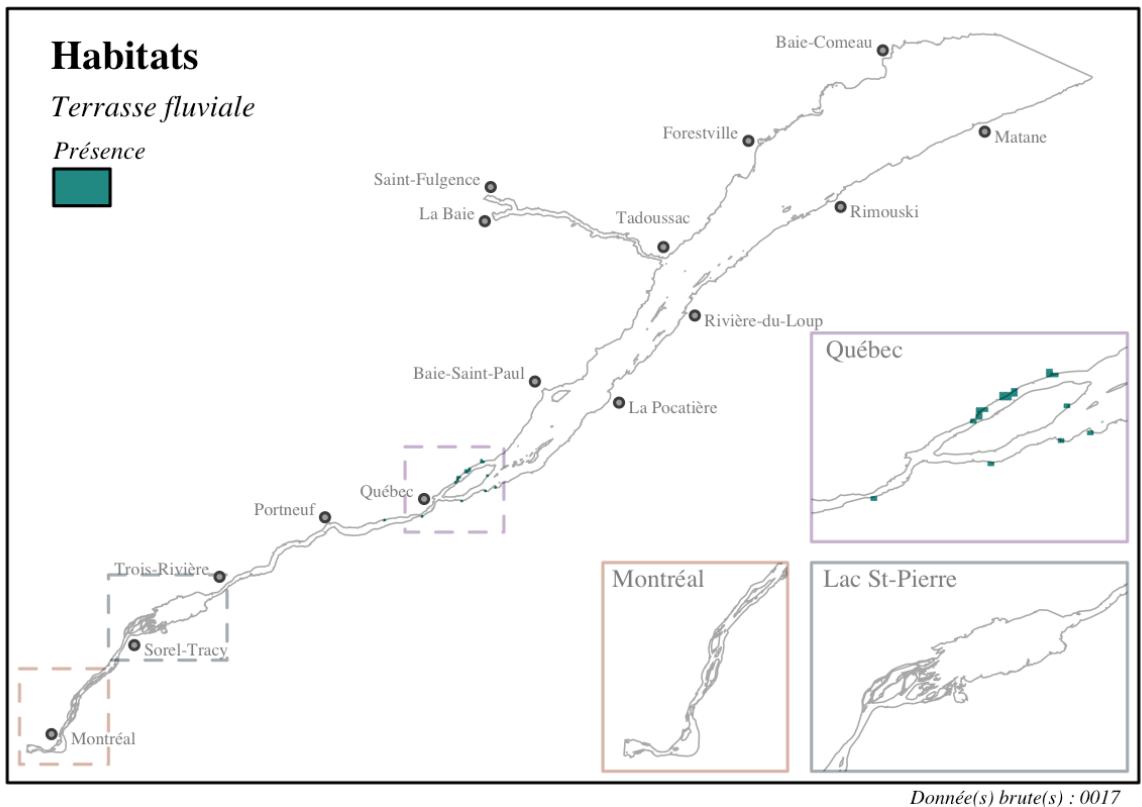


Figure 2.47: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Terrasse fluviale

Table 2.16: Description des types de milieux humides potentiels [@melcc2019] au sein de la zone d'étude.

Milieux humides	Superficie \$km^2\$	Description
-----------------	---------------------	-------------

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 (cegrim2020?).

Les milieux humides ont été caractérisés grâce à une cartographie des milieux humides potentiels du Québec (melcc2019?). 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 2.16). Une catégorie générale pour les milieux humides non catégorisés est également disponible. Les milieux humides occupent une superficie totale de 0 km² au sein de la zone d'étude (Tableau 2.16).

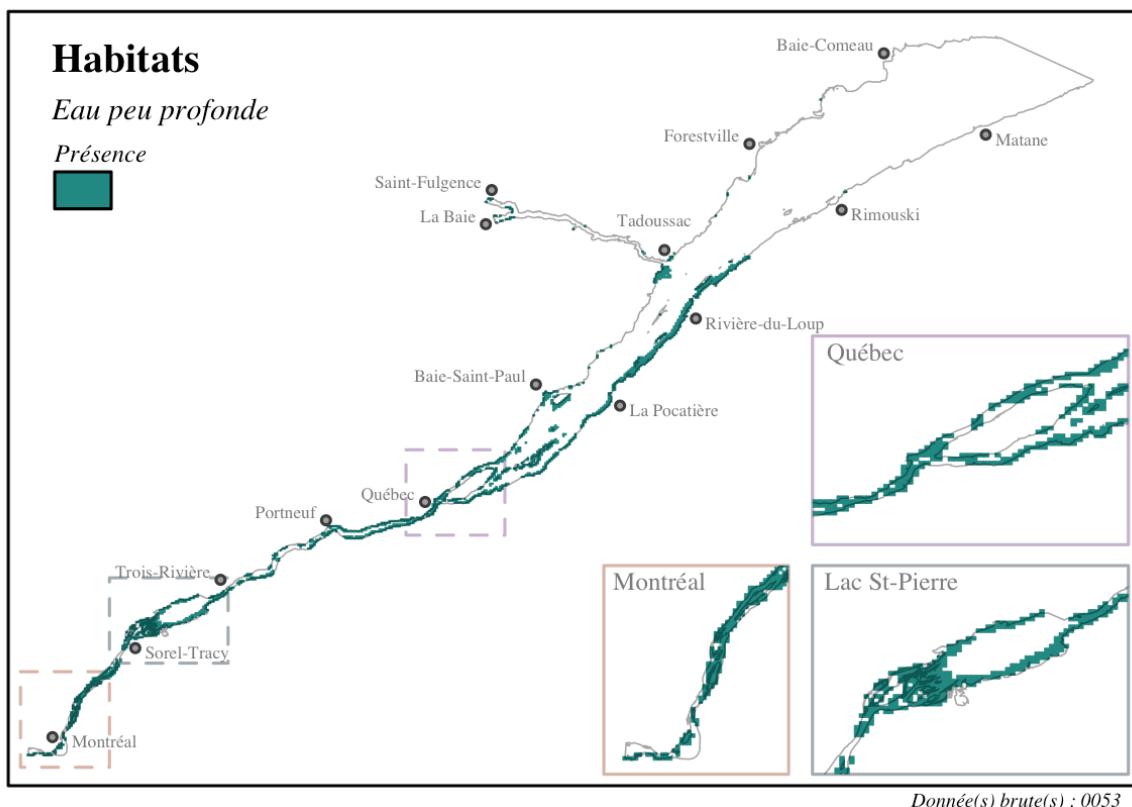


Figure 2.48: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Eau peu profonde

2 Portrait de la zone d'étude

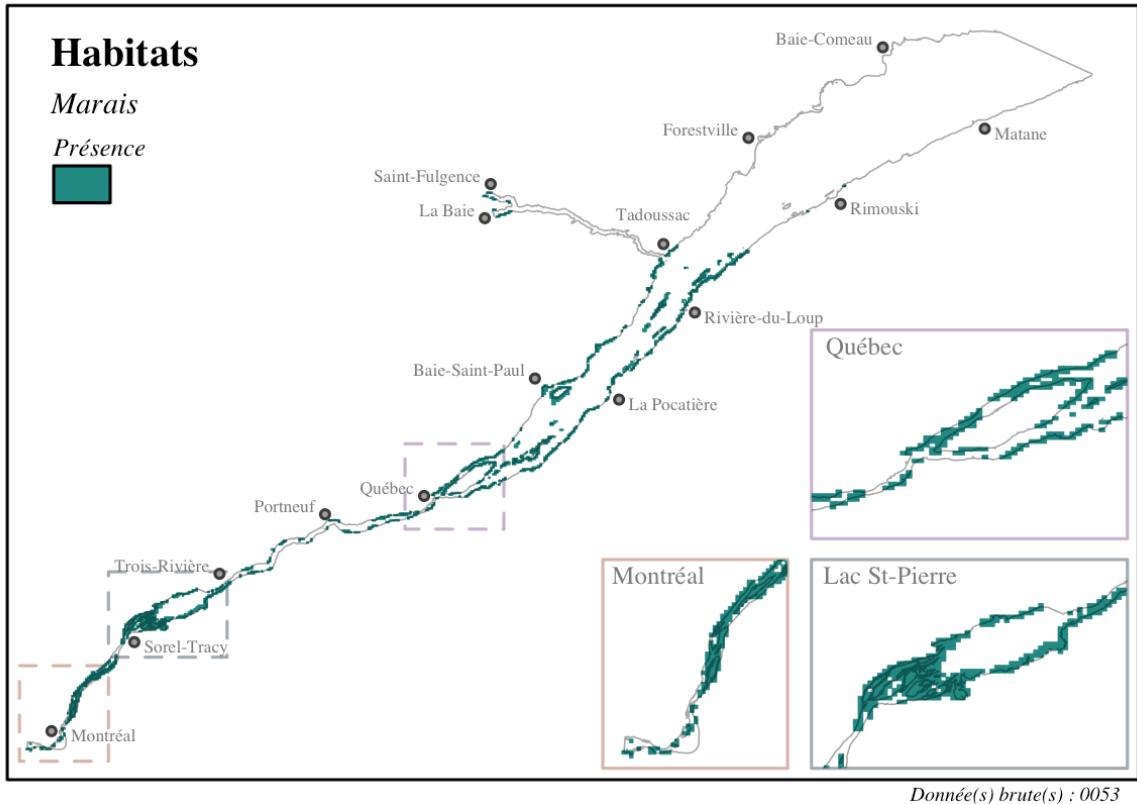


Figure 2.49: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Marais

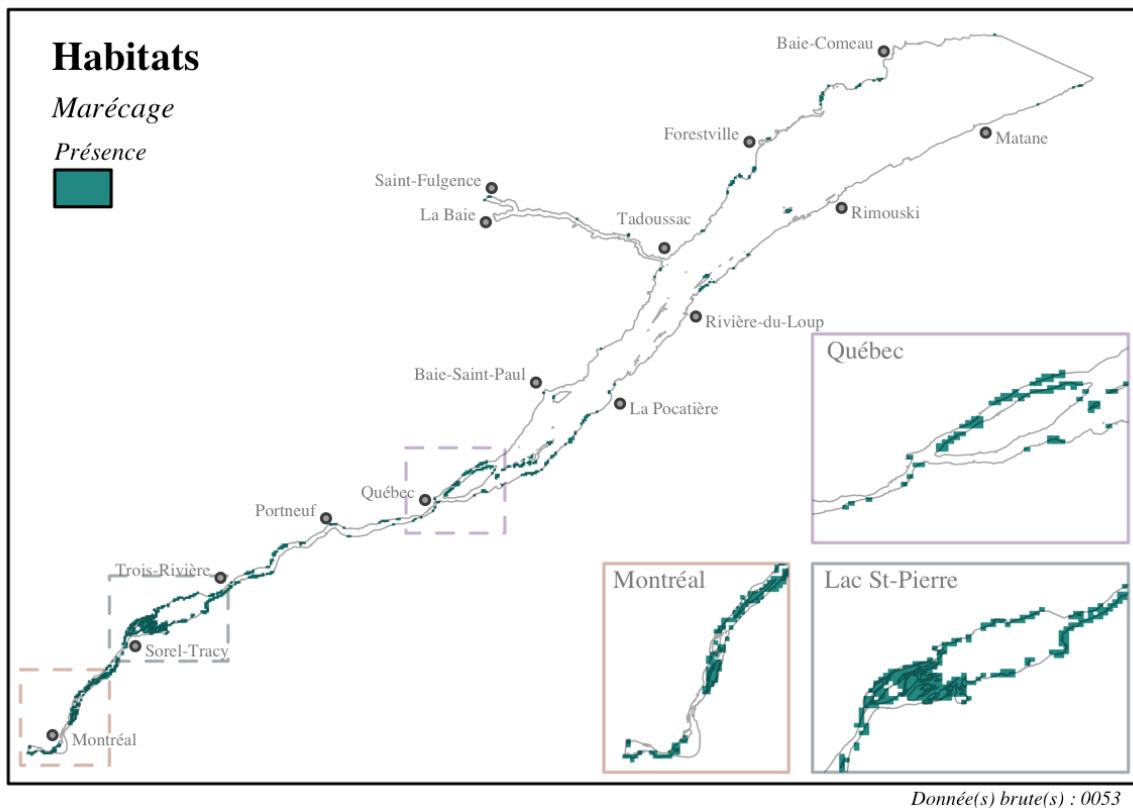


Figure 2.50: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Marécage

2 Portrait de la zone d'étude

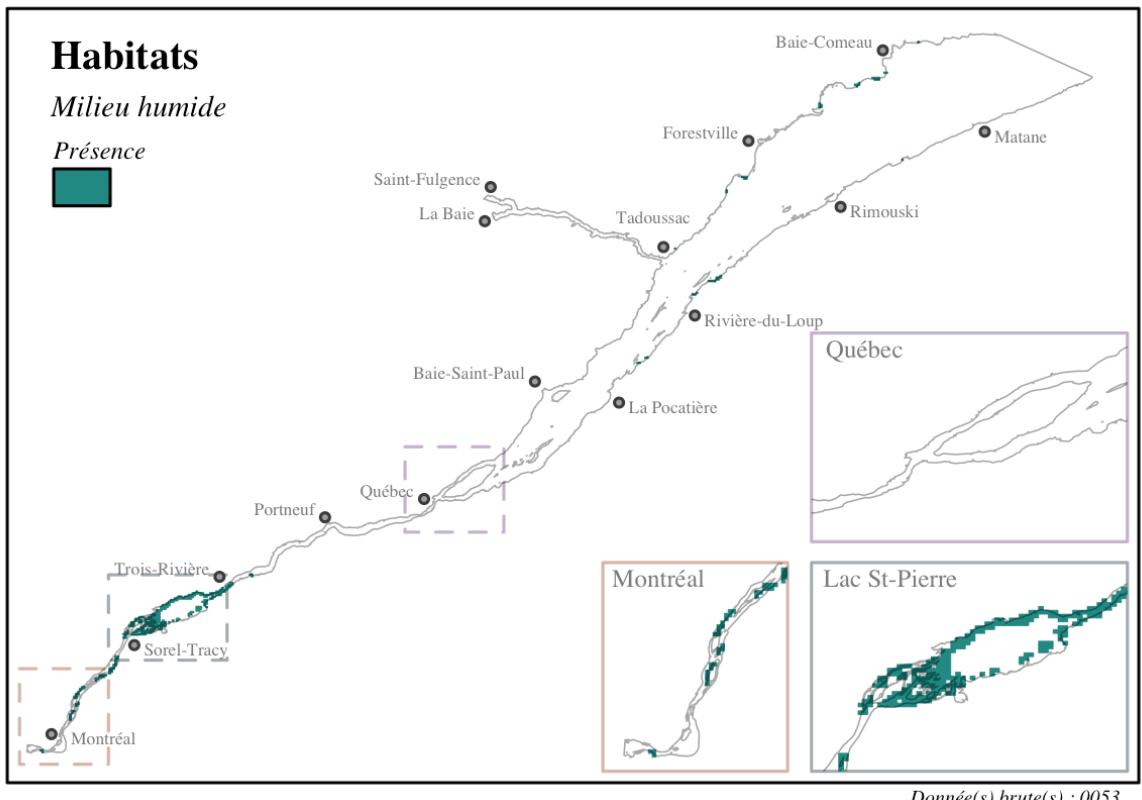


Figure 2.51: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Milieu humide

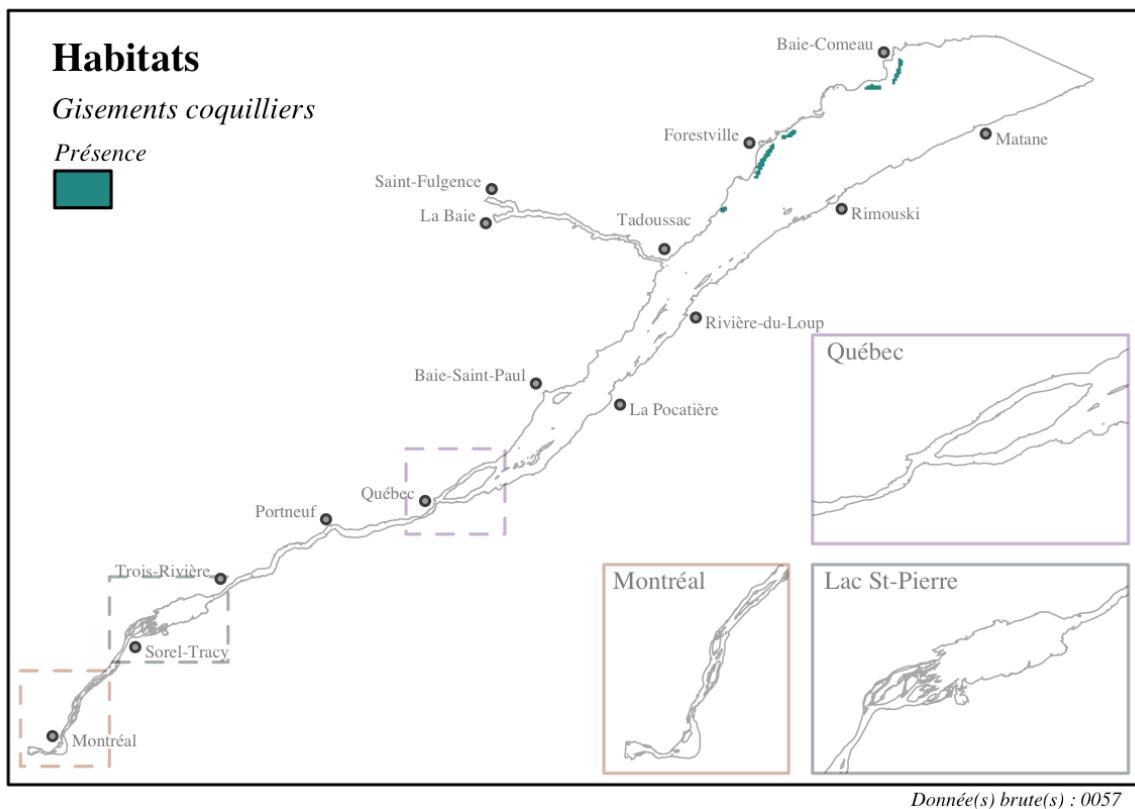


Figure 2.52: Distribution des habitats dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Gisements coquilliers

2.3.2.3.5 Gisements coquilliers

2.3.3 Mammifères marins

La caractérisation 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 ([wwfromm2021?](#)). Ce guide vise à informer les navigateurs sur la problématique de collisions entre navires et baleines et des 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 ([wwfromm2021?](#); [wwfromm2021b?](#)). 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 2.17;

2 Portrait de la zone d'étude

Table 2.17: 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 : @wwfromm2021c.

Nom de l'ensemble de données	Série temporelle	Propriétaire
Whitehead, Université Dalhousie	1988-2019	Université Dalhousie
WWAM	2015-2019	Parcs Canada
WWAM_C	2015-2019	Parcs Canada
Predator pelagic prey	2015-2018	Parcs Canada
NAISS	2016	Pêches et Océans Canada
NARW	2017	Pêches et Océans Canada
NARW	2018	Pêches et Océans Canada
WSDB	1963-2019	Base de données des observations de mammifères marins
TC	2018	Transport Canada
MICS	2014-2018	Station de recherche des îles Mingan
NOAA	2018-2020	National Oceanic and Atmospheric Administration
NARWC	2015-2019	North Atlantic Right Whale Consortium
AOM_MMON	2014-2019	Réseau d'observation de mammifères marins
Shipping_MMON	2015-2019	Réseau d'observation de mammifères marins

([wwfromm2021c?](#))). Les données d'observations couvrant la période de 2010 à 2015 et les limites géographiques de 40° à 55° N et de -72° à -48° O ont été sélectionnées pour créer les cartes partagées dans le guide. L'aire d'étude a été divisée en une grille régulière de $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$. 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 de 0.2° 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.

2.3 Composantes valorisées

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 2.18). Pour notre étude, nous avons rééchantillonné les cartes de distribution produites ([wwfromm2021b?](#)) afin de les intégrer à notre grille d'étude de 1 km² 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.

Afin de complémenter ce portrait des mammifères marins, nous avons utilisé des données provenant du Réseau d'observation de mammifères marins [ROMM; ([romm2021?](#))] 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](#) 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 ([romm2021?](#)). 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 2.18).

Il est important de noter que les cartes de distribution issues pour ces espèces n'est pas informées par un processus et une quantité de données semblable à ce qui a été utilisé pour créer le guide à l'intention de l'industrie maritime ([wwfromm2021?](#)). 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.

2 Portrait de la zone d'étude

Table 2.18: Espèces de mammifères marins dont la distribution dans l'estuaire du Saint-Laurent et le Saguenay est disponible dans @wwfromm2021 et @romm2021.

Espèces	Noms scientifiques
Béluga	* <i>Delphinapterus leucas</i> *
Marsouin commun	* <i>Phocoena phocoena</i> *
Petit rorqual	* <i>Balaenoptera acutorostrata</i> *
Phoque commun	* <i>Phoca vitulina</i> *
Phoque du Groenland	* <i>Phoca groenlandica</i> *
Phoque gris	* <i>Halichoerus grypus</i> *
Rorqual à bosse	* <i>Megaptera novaeangliae</i> *
Rorqual bleu	* <i>Balaenoptera musculus</i> *
Rorqual commun	* <i>Balaenoptera physalus</i> *

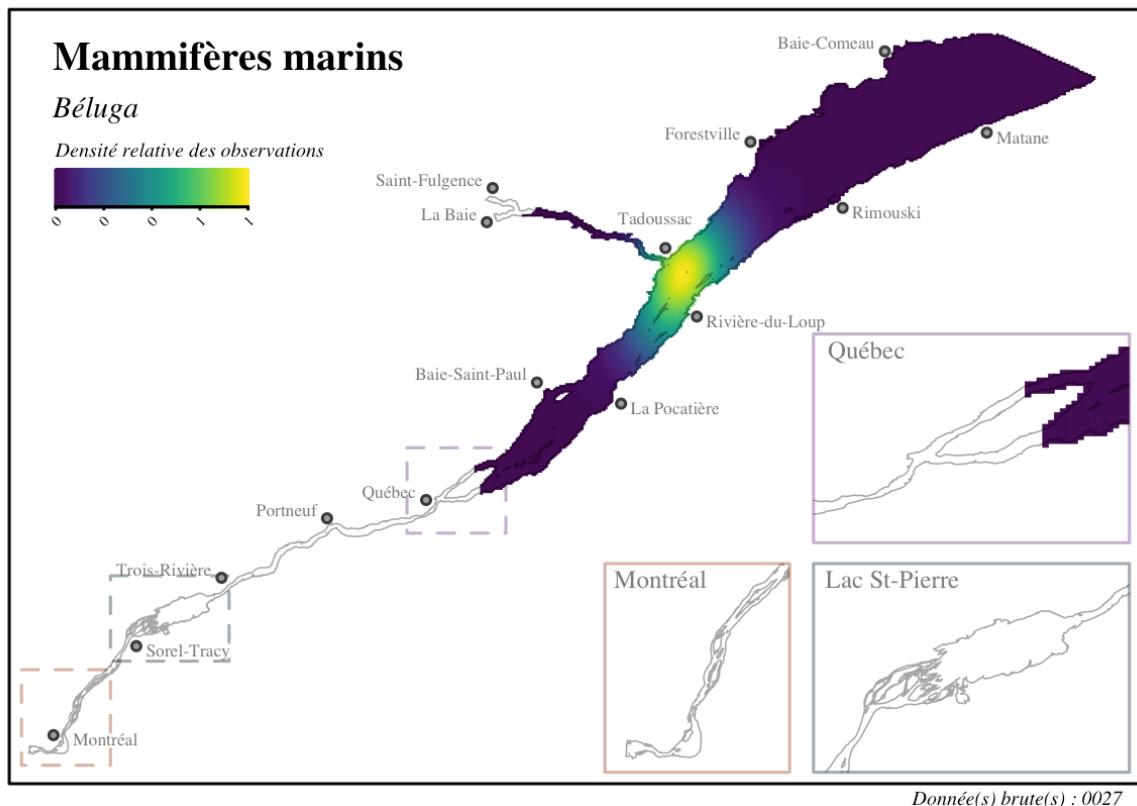


Figure 2.53: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Béluga

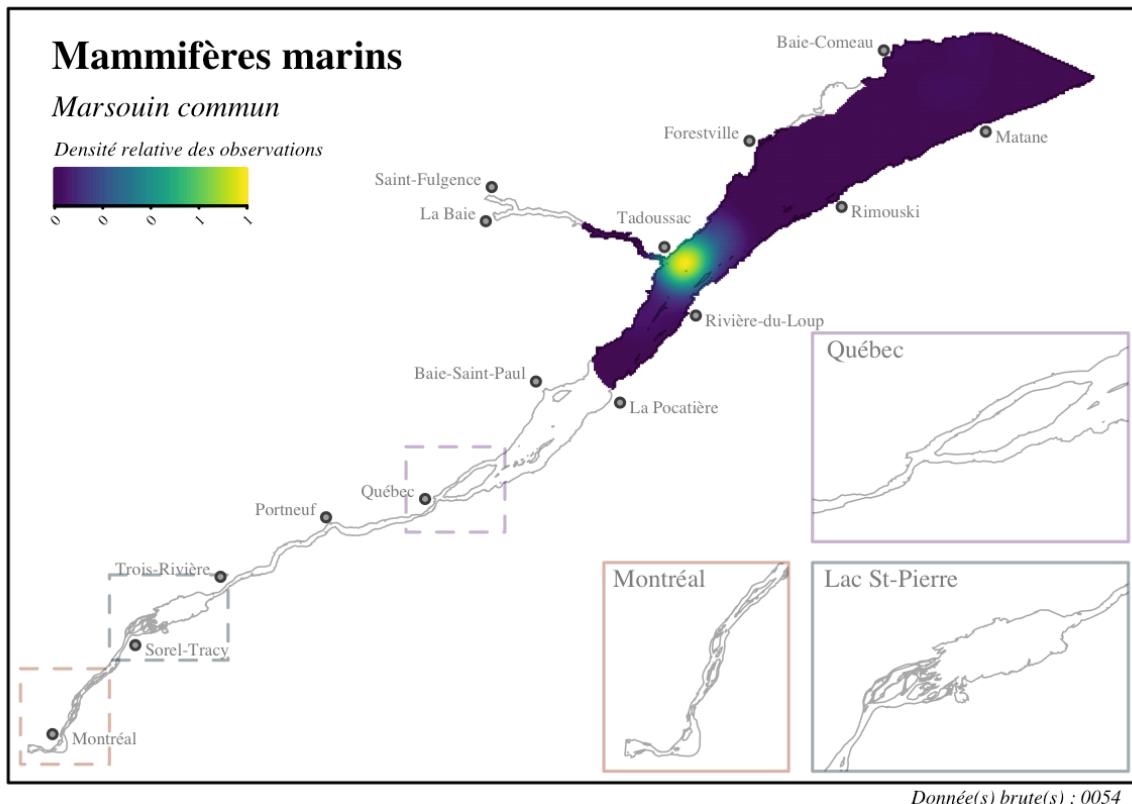


Figure 2.54: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay
- Marsouin commun

2 Portrait de la zone d'étude

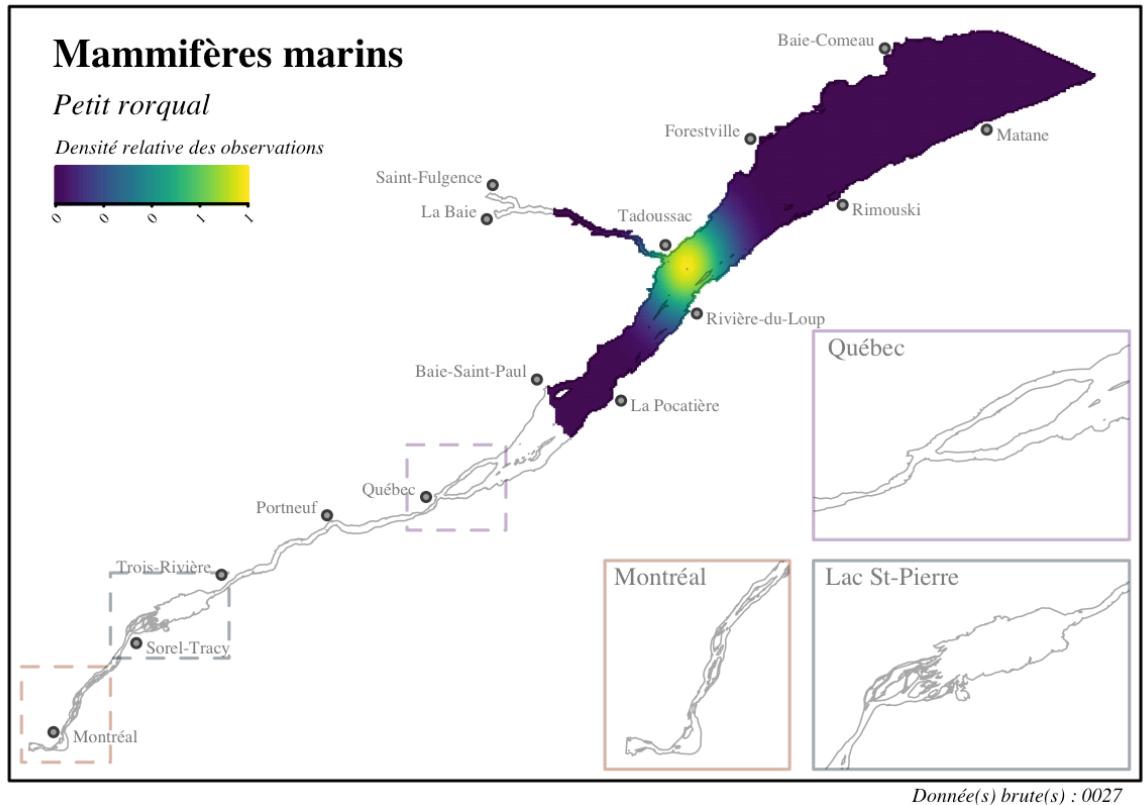


Figure 2.55: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay
- Petit rorqual

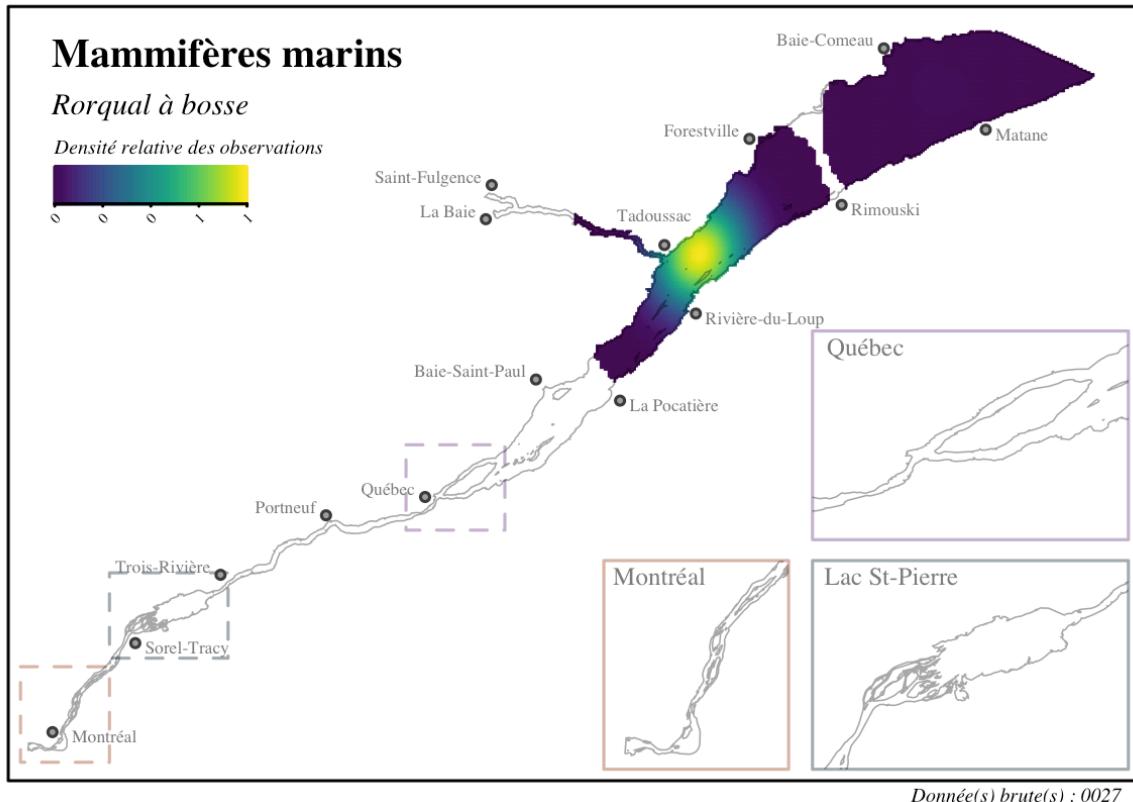


Figure 2.56: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay
- Rorqual à bosse

2 Portrait de la zone d'étude

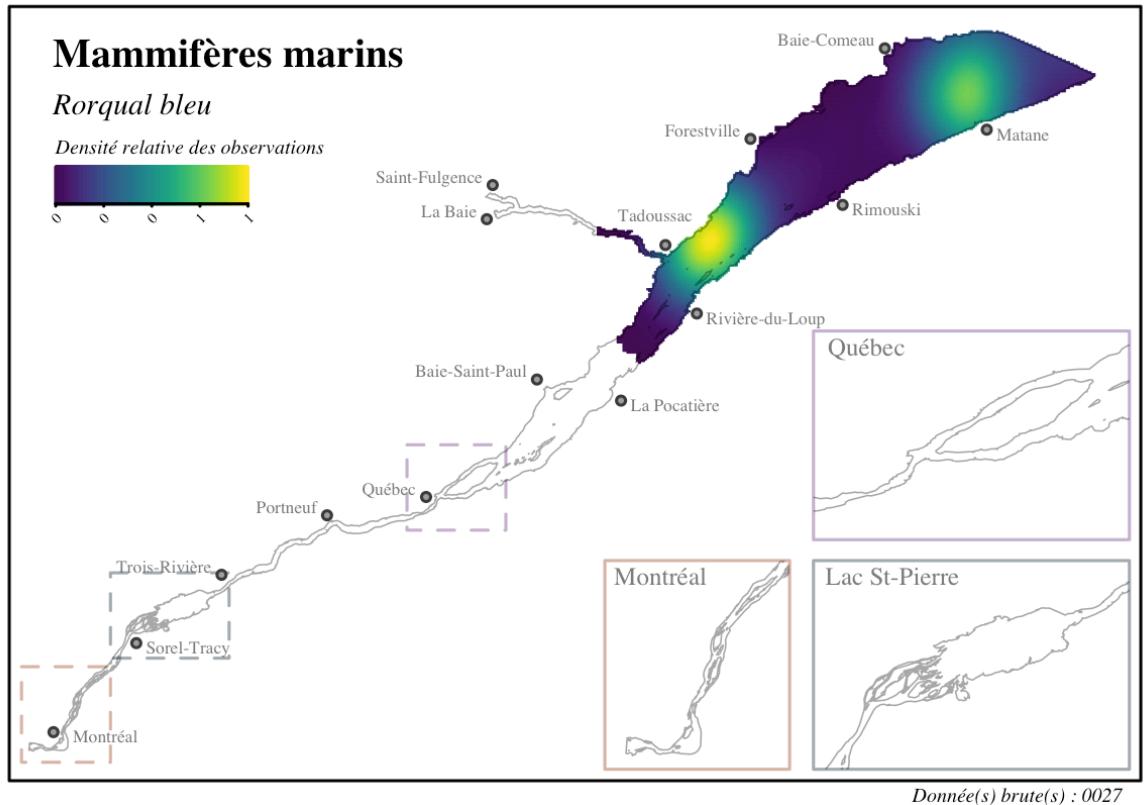


Figure 2.57: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay
- Rorqual bleu

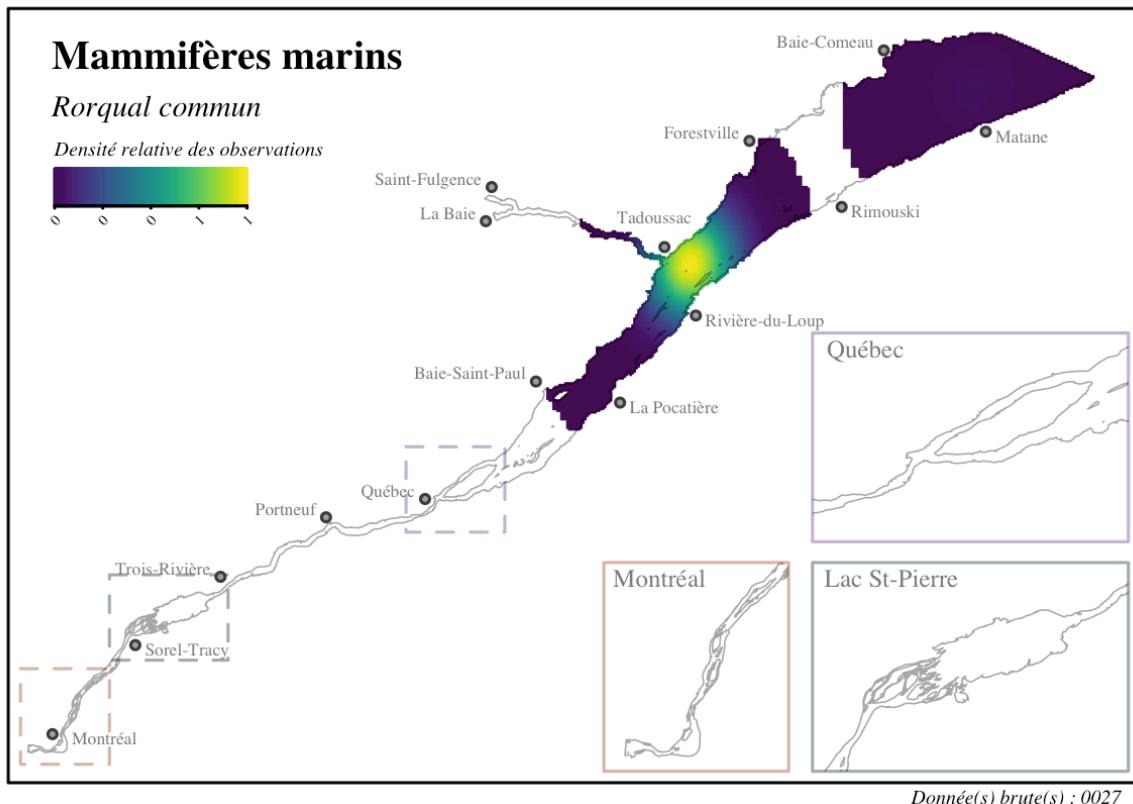


Figure 2.58: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay
- Rorqual commun

2 Portrait de la zone d'étude

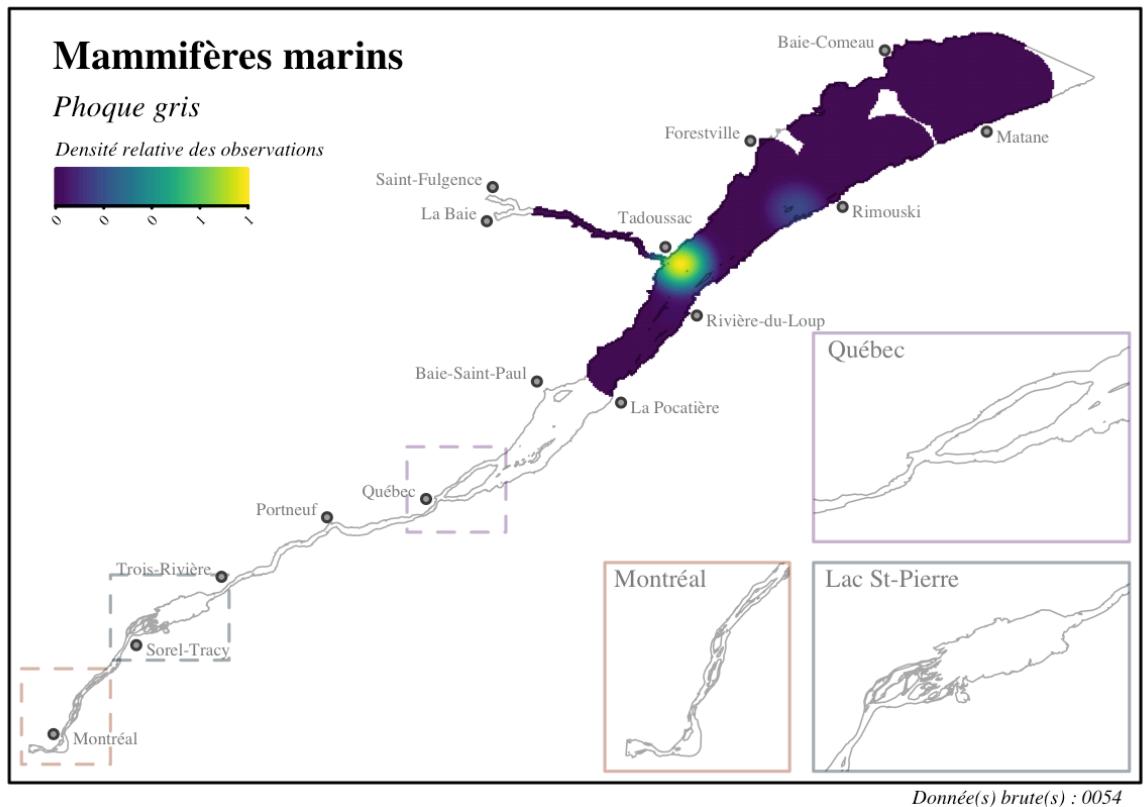


Figure 2.59: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay
- Phoque gris

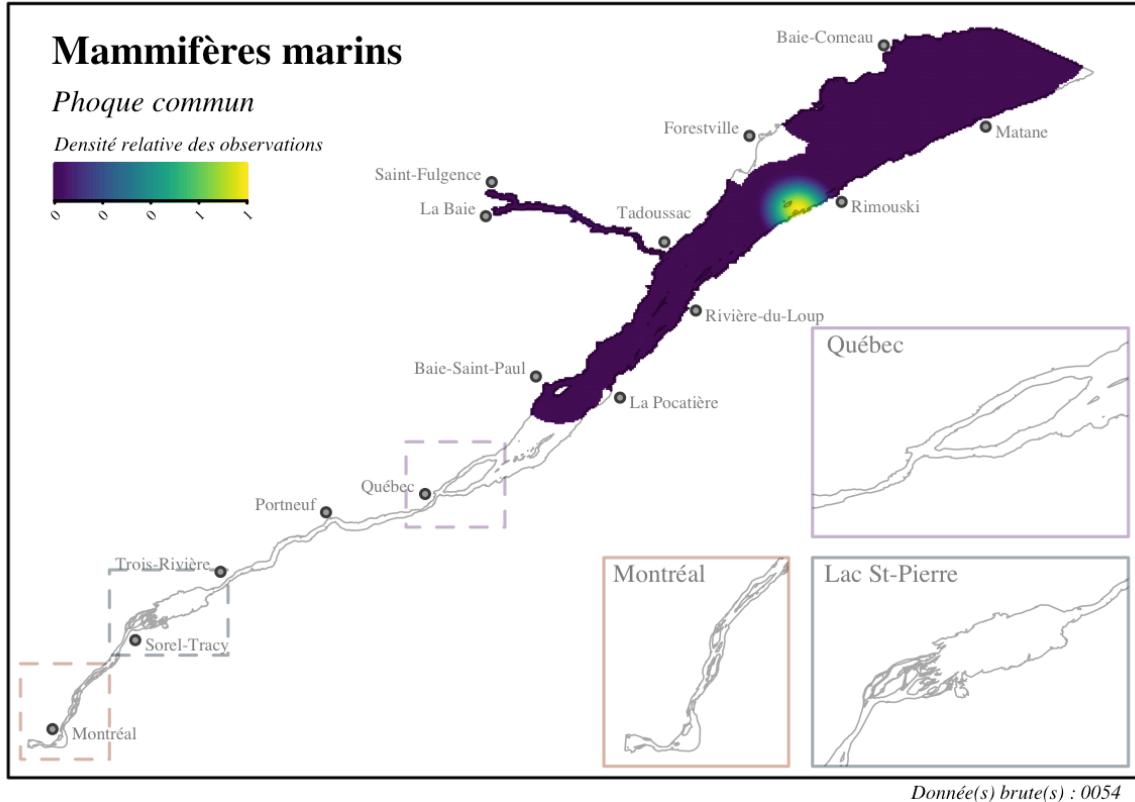


Figure 2.60: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay
 - Phoque commun

2 Portrait de la zone d'étude

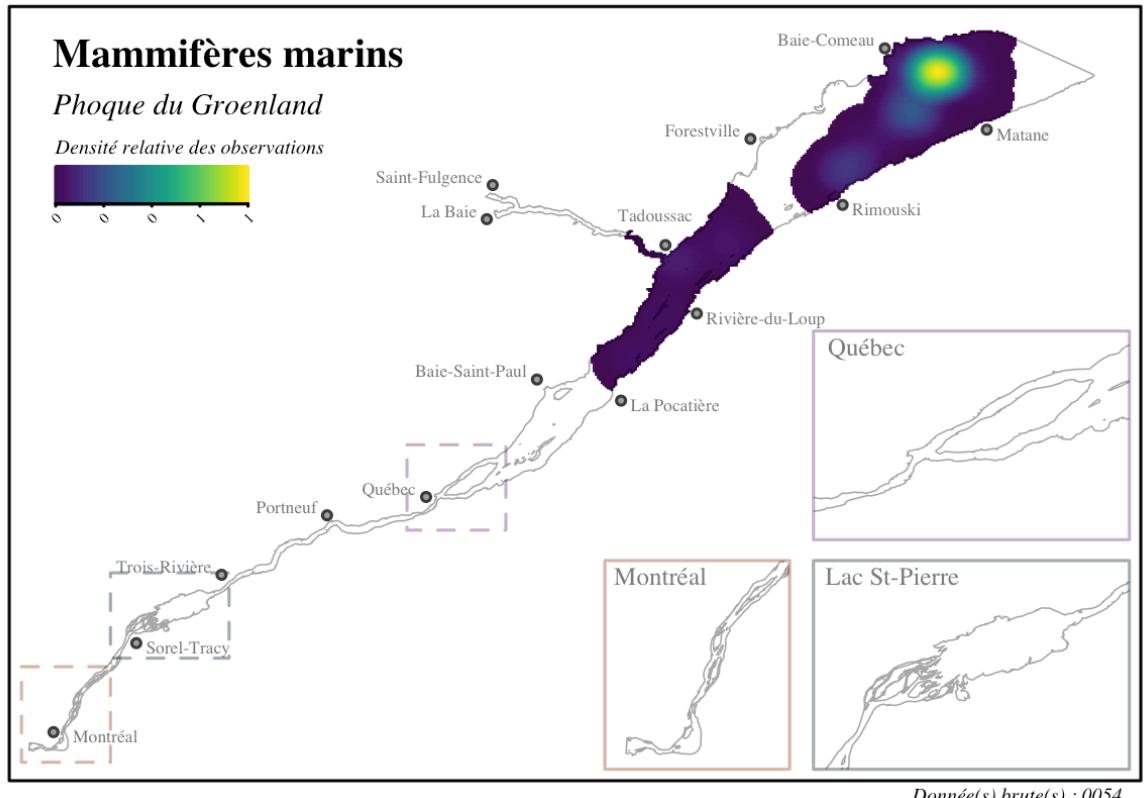


Figure 2.61: Distribution des mammifères marins dans le Saint-Laurent et le Saguenay
- Phoque du Groenland

2.3.4 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 soit 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 stresseurs environnementaux 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.

2.3.5 Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques

Le Saint-Laurent et le Saguenay constituent un système d'une importance culturelle, patrimoniale et économique historique et contemporaine 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 au sein pour le projet pilote d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes. Dans le cadre de ce projet pilote, une importance particulière a été attribuée aux sites d'intérêt pour les Premières Nations. Un processus collaboratif a ainsi été enclenché avec des communautés autochtones ayant des activités historiques et contemporaines au sein de la zone d'étude. Les communautés participantes sont les suivantes :

- Nation Huronne-Wendat
- Nation des Innus d'Essipit

2 Portrait de la zone d'étude

- Nation Mi'kmaq de Gespeg,
- Nation Mi'kmaq de Gesgapegiag
- Nation Mohawk de Kahnawà:ke
- Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk
- Nation W8banaki

Pour les données sans accès libre, un protocole de partage d'informations a été élaboré en collaboration avec les communautés 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 communautés 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 communautés participantes ont subséquemment procédé au rassemblement d'informations cartographiques représentant des sites d'intérêt pour leur communauté respective. Les données brutes partagées par les communautés participantes ont ensuite été intégrées directement à la grille d'étude en présence-absence. Un travail de préparation des données minimal a été effectué afin de conserver l'intégralité des sites identifiés. Les sites d'intérêt identifiés par les communautés participantes peuvent être classés en 9 grandes catégories :

- Activités récréatives
- Chasse
- Culture et patrimoine
- Occupation du territoire
- Pêche commerciale
- Pêche traditionnelle
- Récolte de végétaux
- Sites archéologiques
- Tourisme

La catégorisation offerte par les communautés a toutefois été conservée intacte et intégrée en tant que catégories distinctes de sites d'intérêt pour l'évaluation des effets cumulatifs. Les sites d'intérêt identifiés par différentes communautés ont également été conservés distincts même si des catégories similaires ont été identifiées par les différentes communautés participantes (Tableau 2.19). Par exemple, bien que la majorité des communautés aient identifié des sites d'intérêt pour la chasse, les sites identifiés demeurent distincts au sein de l'analyse. Cette approche a pour but de respecter l'indépendance

2.3 Composantes valorisées

de chaque communauté. De plus, cette approche permet également d'attribuer une importance supérieure à un milieu si plusieurs communautés s'identifient en tant que site d'intérêt. C'est le cas, entre autres, du Lac Saint-Pierre, qui est identifié en tant que site d'intérêt par plus d'une communauté participante.

Il demeure important de noter que, pour l'ensemble des communautés participantes, les informations rapportées ne peuvent être considérées comme un portrait exhaustif des sites d'intérêt pour l'ensemble des membres des communautés; en effet, les informations résultent d'un processus de consultation limité des membres de la communauté, pour le projet spécifique d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes. Pour plusieurs communautés, les sites identifiés proviennent d'autres exercices dont une intégration a été faite afin de répondre aux objectifs de la présente étude. De plus, 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.

Des sites patrimoniaux inscrits au registre du Ministère de la Culture et des Communications et disponibles ouvertement ont également été inclus au portrait des sites d'intérêt dans la zone d'étude. Il en résulte ainsi un total de 40 catégories de sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques au sein de la zone d'étude.

2.3.5.1 AGHAMM

Rédaction pour le rapport final

2.3.5.2 Essipit

Rédaction pour le rapport final

2.3.5.3 GCNWA

Rédaction pour le rapport final

2.3.5.4 Nation Huronne Wendat

Rédaction pour le rapport final

2 Portrait de la zone d'étude

Table 2.19: Catégories de sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques identifiés pour le Saint-Laurent et le Saguenay.

Catégories de sites
AGHAMM - Pêche commerciale
AGHAMM - Pêche traditionnelle
Essipit - Accès au plan d'eau
Essipit - Chasse oiseaux migrateurs
Essipit - Chasse phoques
Essipit - Culture et patrimoine
Essipit - Pêche commerciale
Essipit - Pêche traditionnelle
Essipit - Tourisme
GCNWA - Animaux à fourrure
GCNWA - Cueillette et collecte
GCNWA - Gibier
GCNWA - Oiseaux migrateurs
GCNWA - Problèmes liés au territoire
GCNWA - Sites à potentiel archéologique
GCNWA - Sites archéologiques
GCNWA - Sites culturels
GCNWA - Sites de coucher
GCNWA - Sites essentiels
GCNWA - Zones d'activités
Kahnawake - Chasse
Kahnawake - Culture et patrimoine
Kahnawake - Pêche commerciale
Kahnawake - Pêche eau libre
Kahnawake - Pêche rivage
Kahnawake - Seigneurie du Sault-Saint-Louis
Kahnawake - Trafic maritime
Kahnawake - Végétation
Nation Huronne-Wendat - Activité récréative
Nation Huronne-Wendat - Archéologie
Nation Huronne-Wendat - Chasse
Nation Huronne-Wendat - Espèce en péril
Nation Huronne-Wendat - Histoire
Nation Huronne-Wendat - Occupation
Nation Huronne-Wendat - Pêche
Nation Huronne-Wendat - Récolte de végétaux
Nation Huronne-Wendat - Toponymie
Public - Milieux protégés
Public - Sites patrimoniaux
Wolastoqiyik Wahsipekuk - Pêche traditionnelle

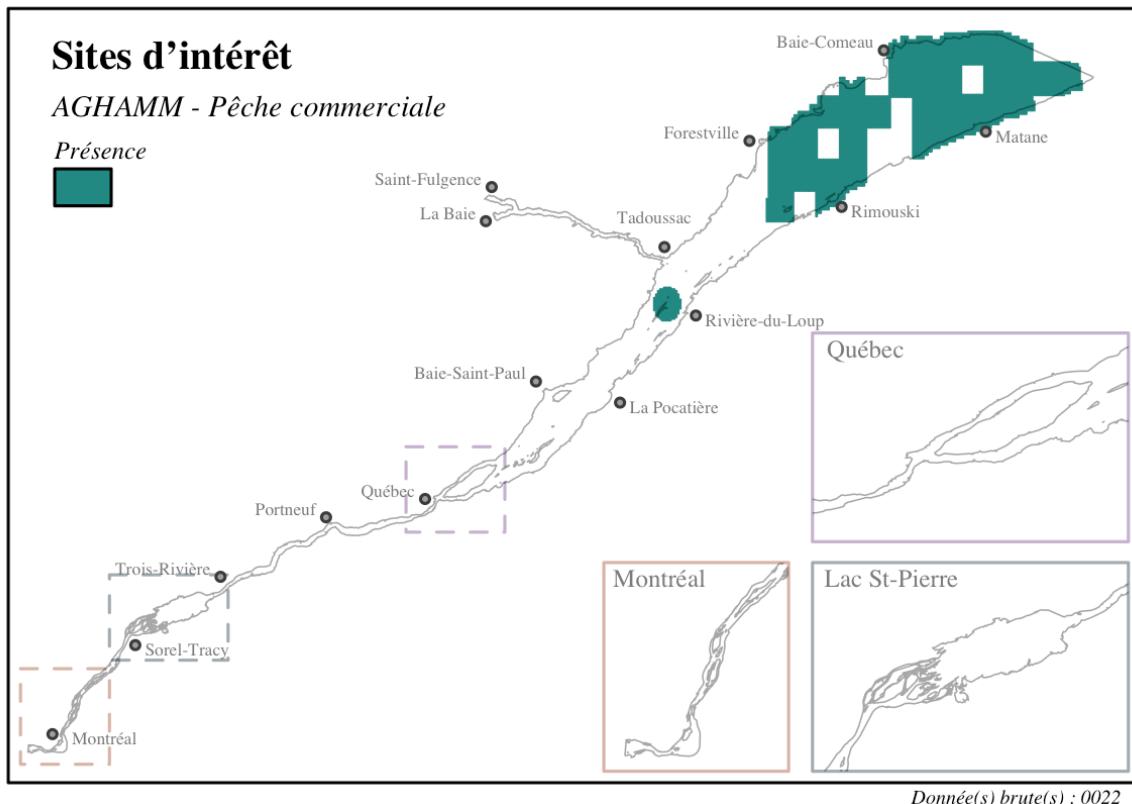


Figure 2.62: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - AGHAMM - Pêche commerciale

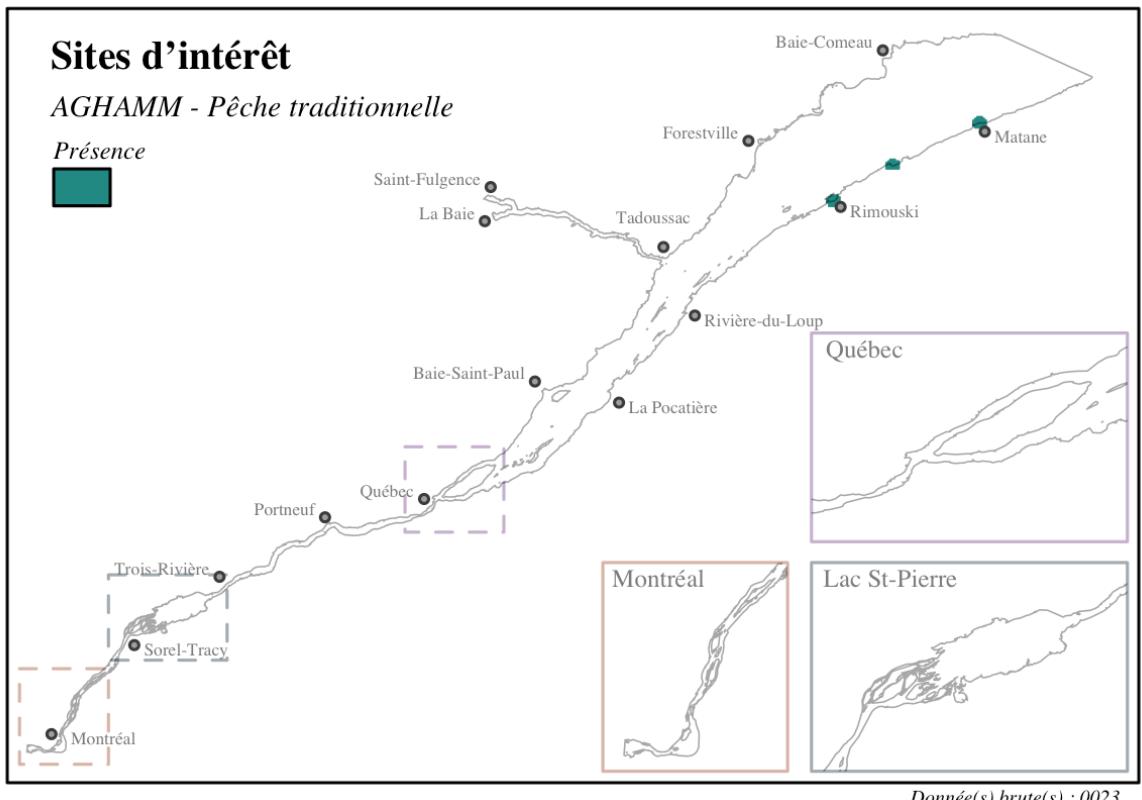


Figure 2.63: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - AGHAMM - Pêche traditionnelle

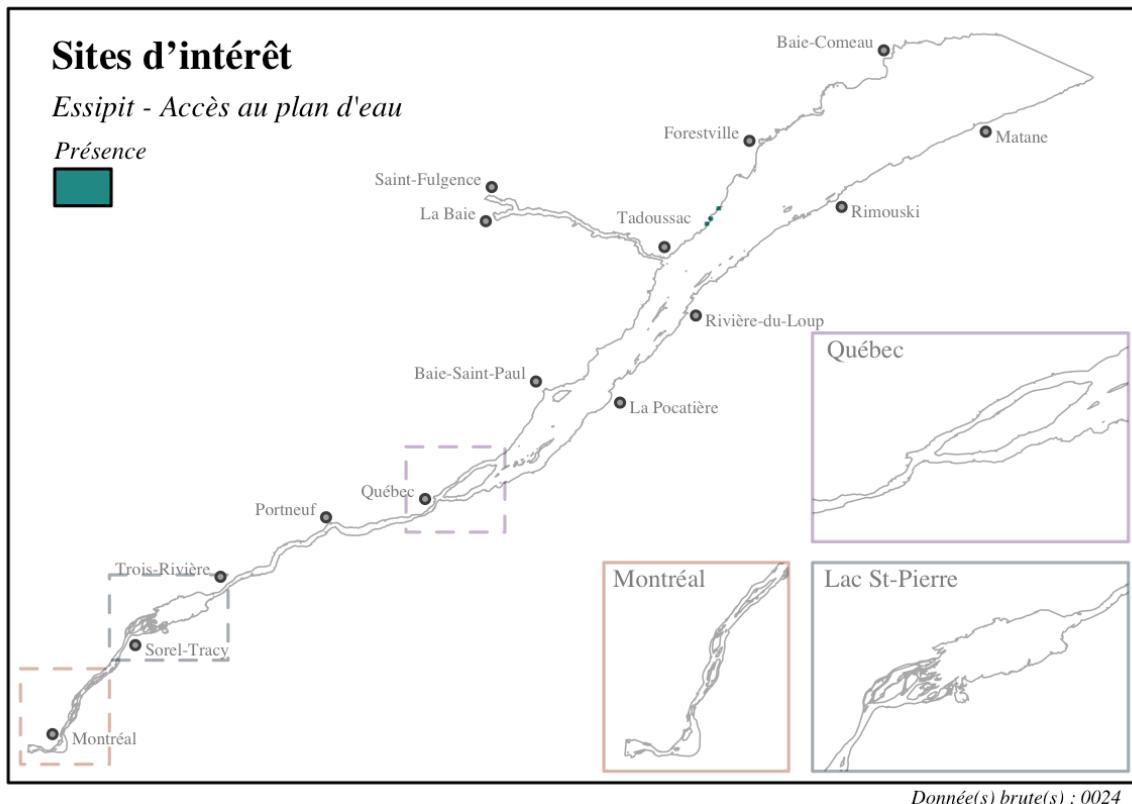


Figure 2.64: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Accès au plan d'eau

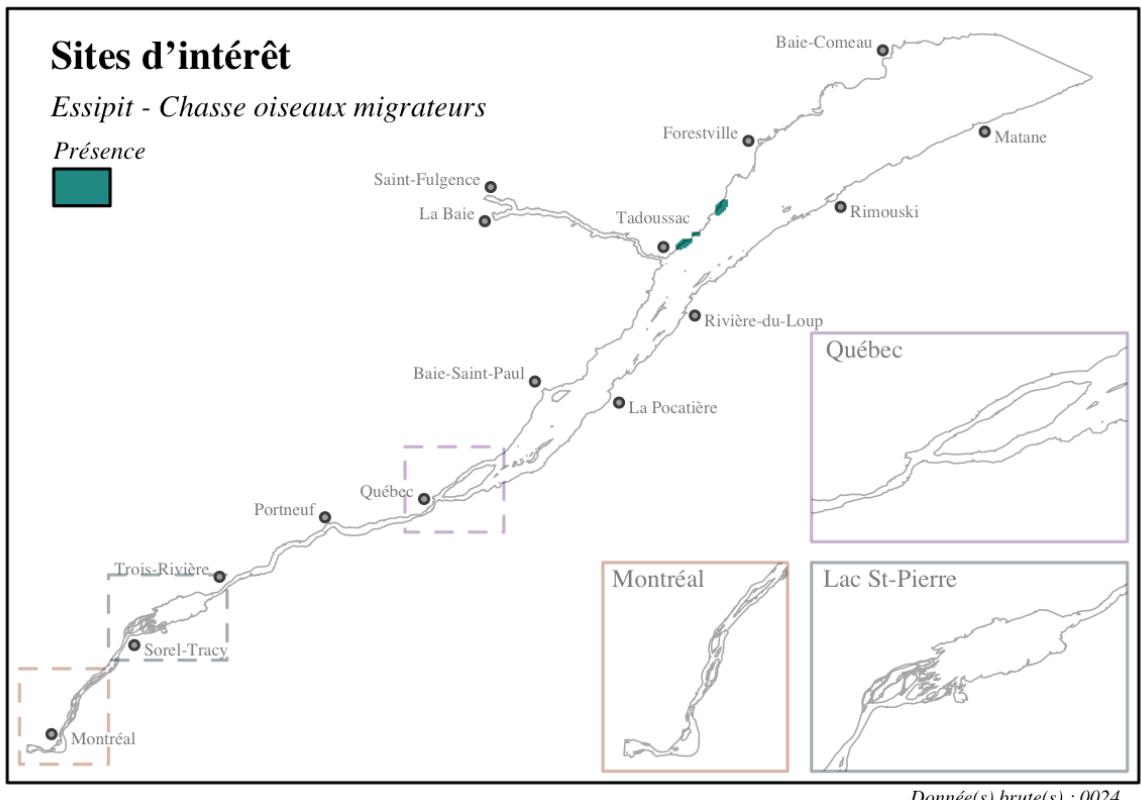


Figure 2.65: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Chasse oiseaux migrateurs

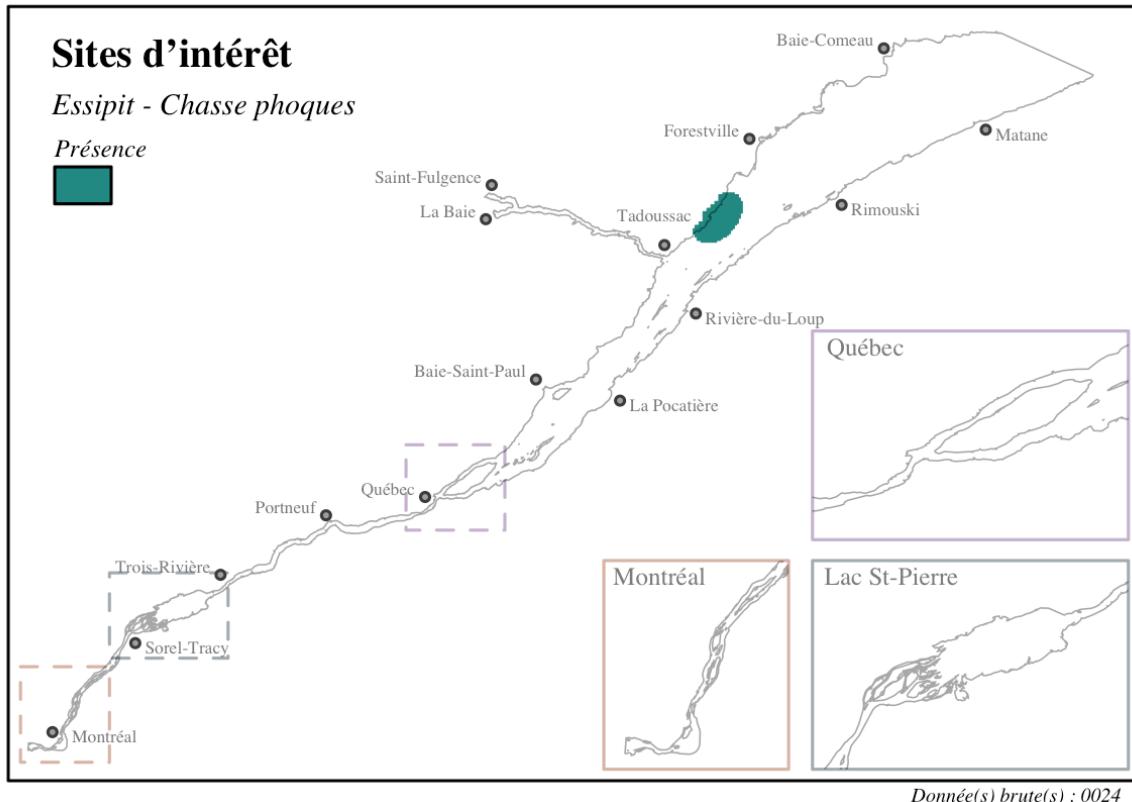


Figure 2.66: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Chasse phoques

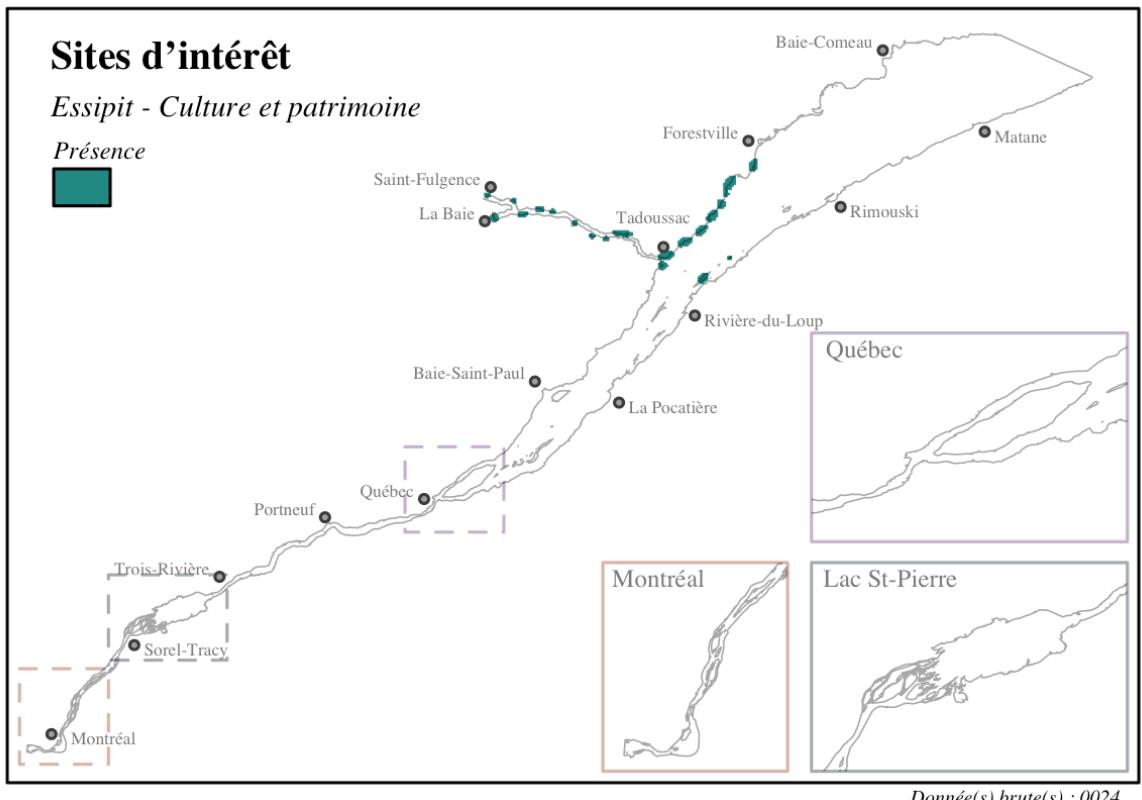


Figure 2.67: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Culture et patrimoine

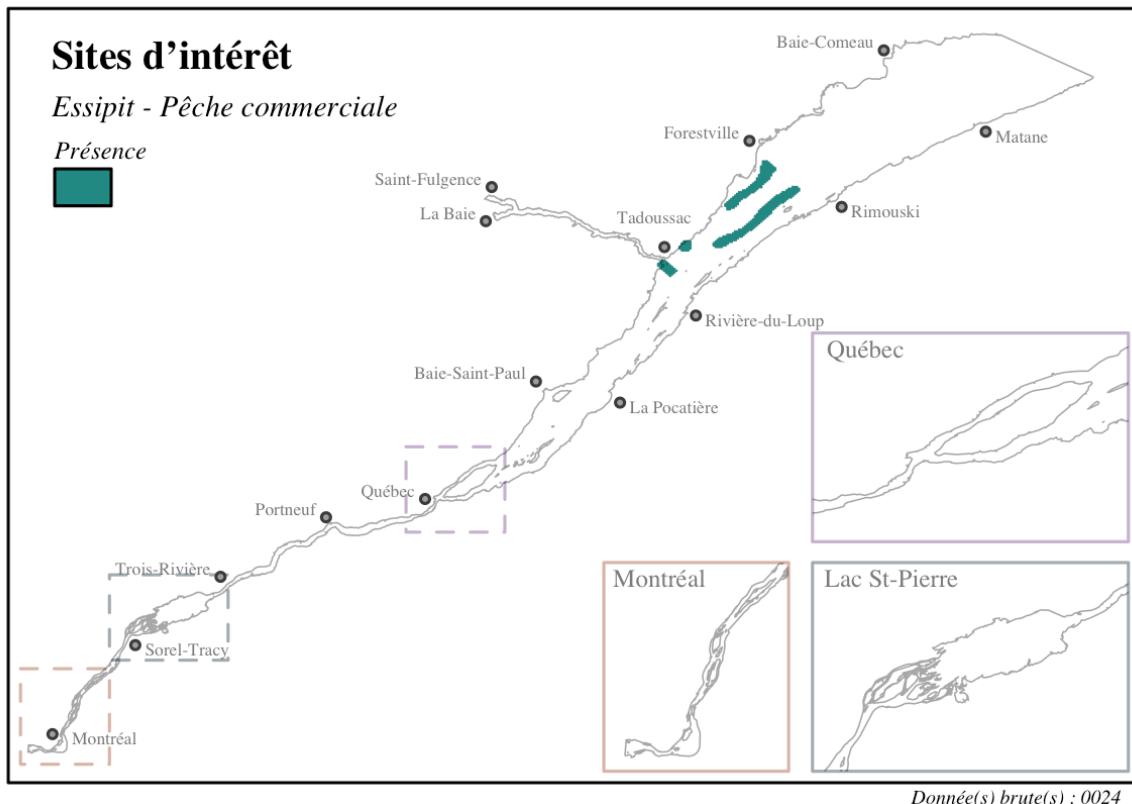


Figure 2.68: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Pêche commerciale

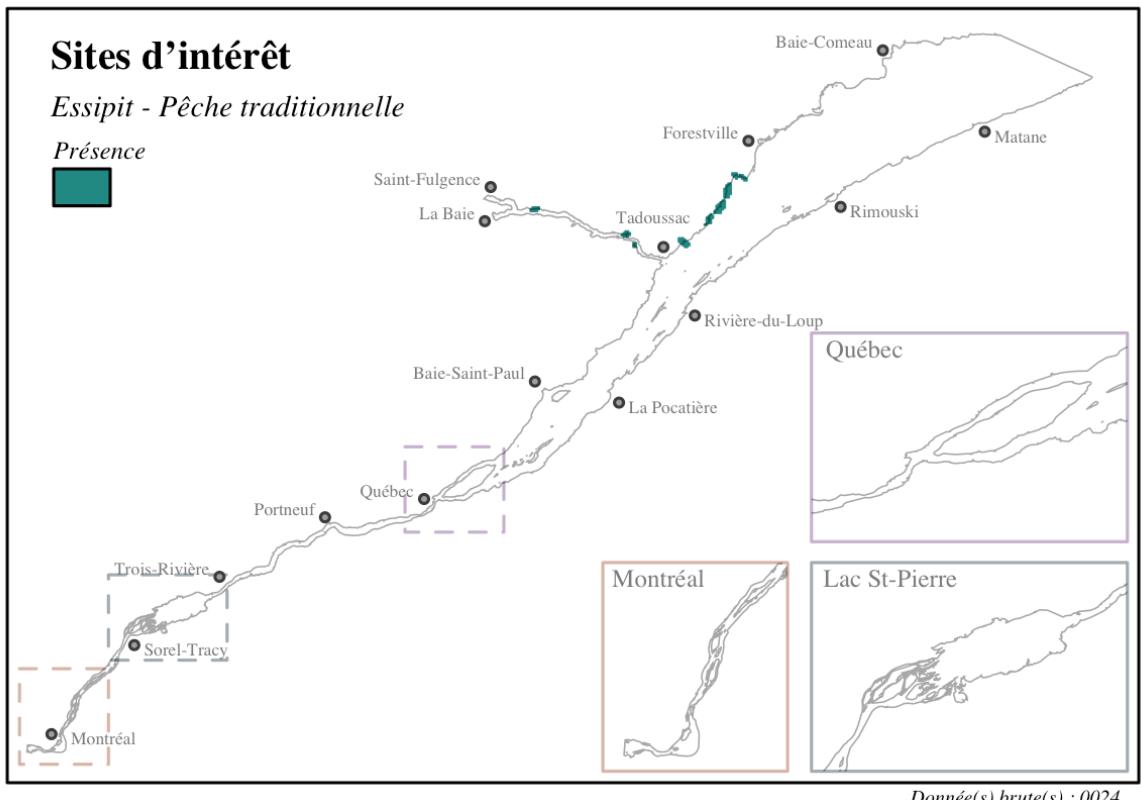


Figure 2.69: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Pêche traditionnelle

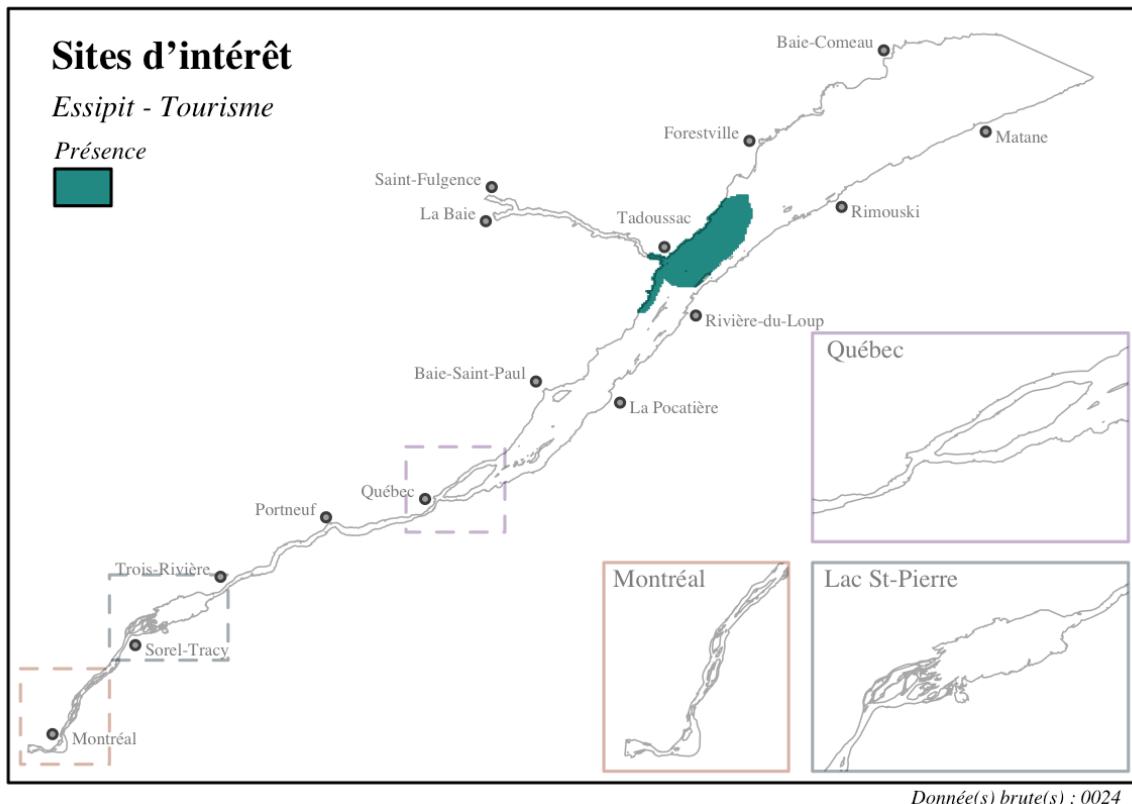


Figure 2.70: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Essipit - Tourisme

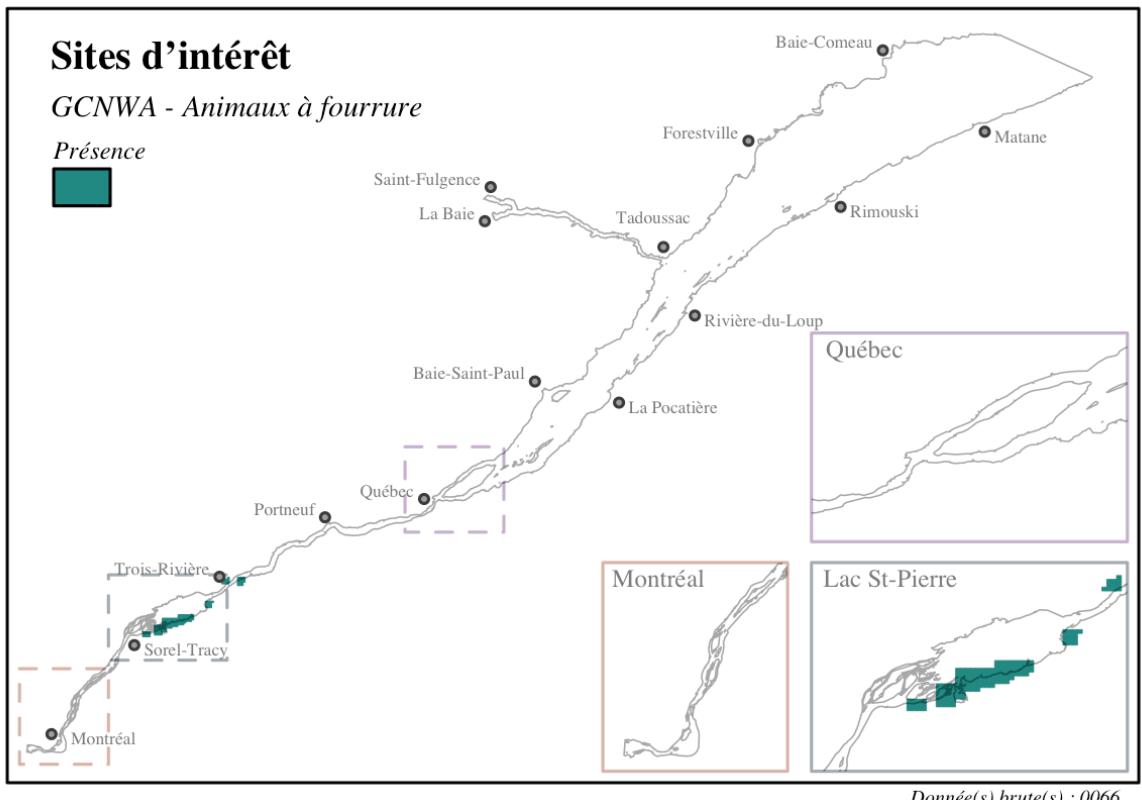


Figure 2.71: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Animaux à fourrure

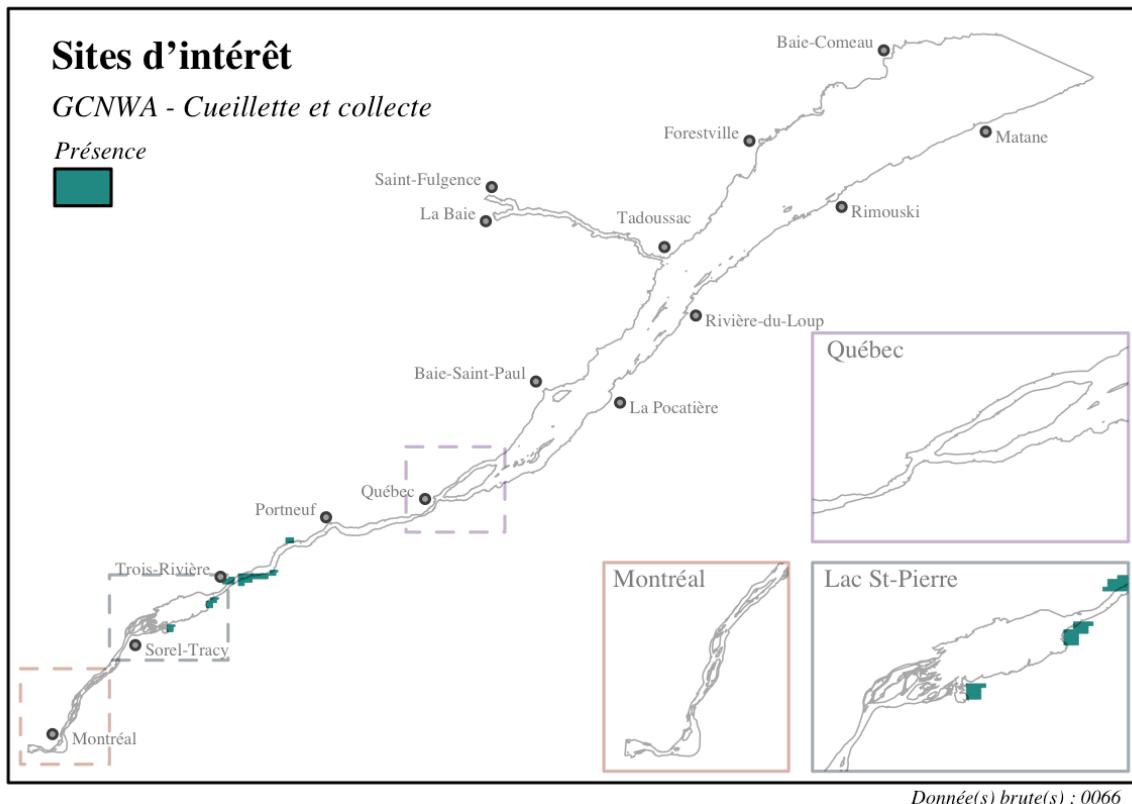


Figure 2.72: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Cueillette et collecte

2 Portrait de la zone d'étude

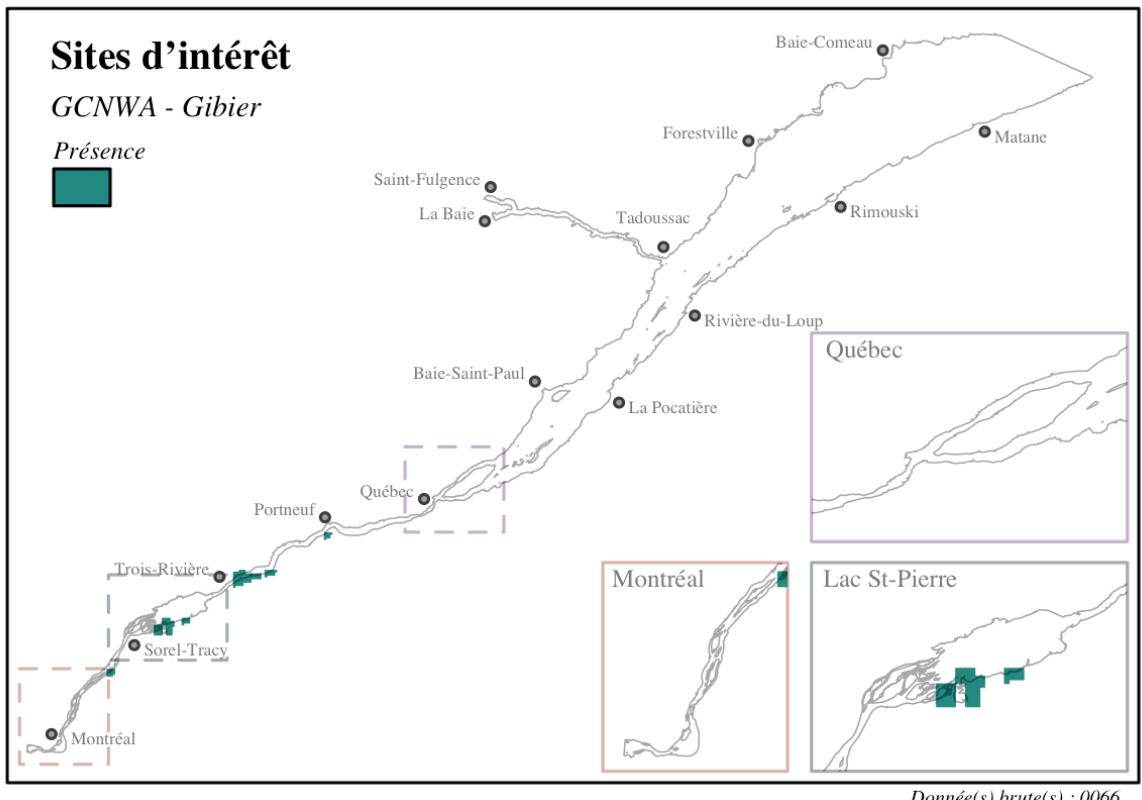


Figure 2.73: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Gibier

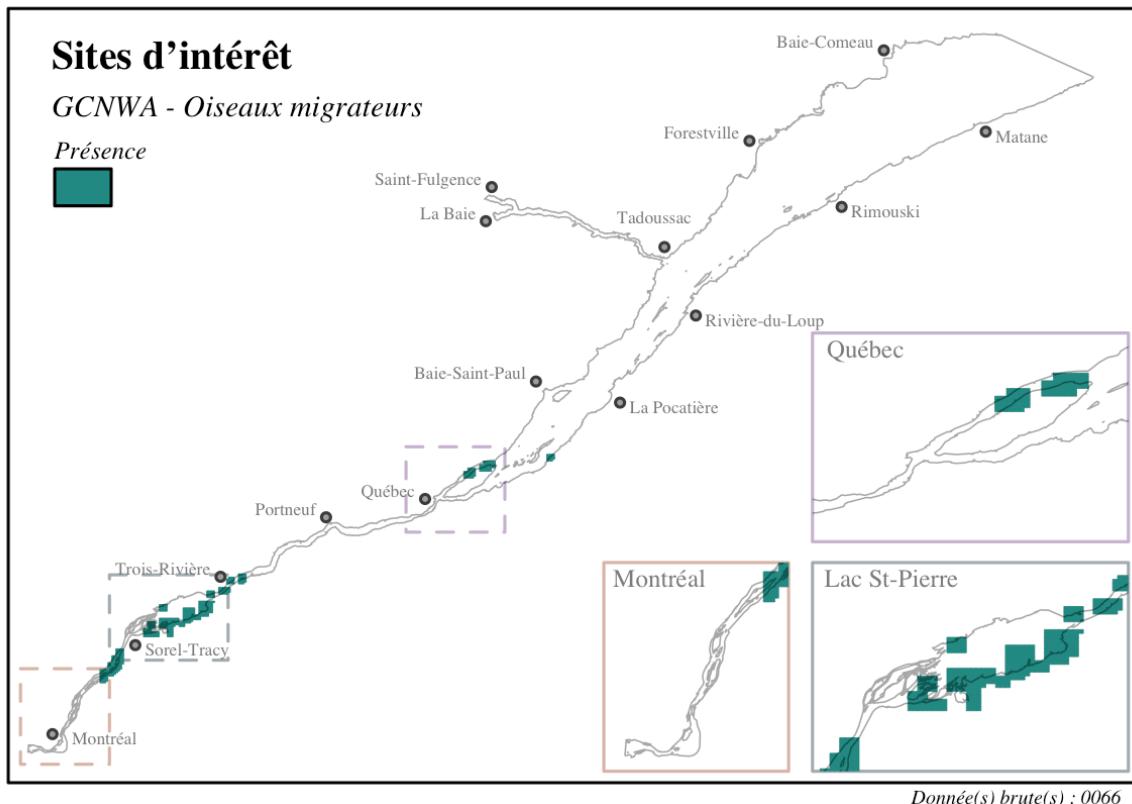


Figure 2.74: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Oiseaux migrateurs

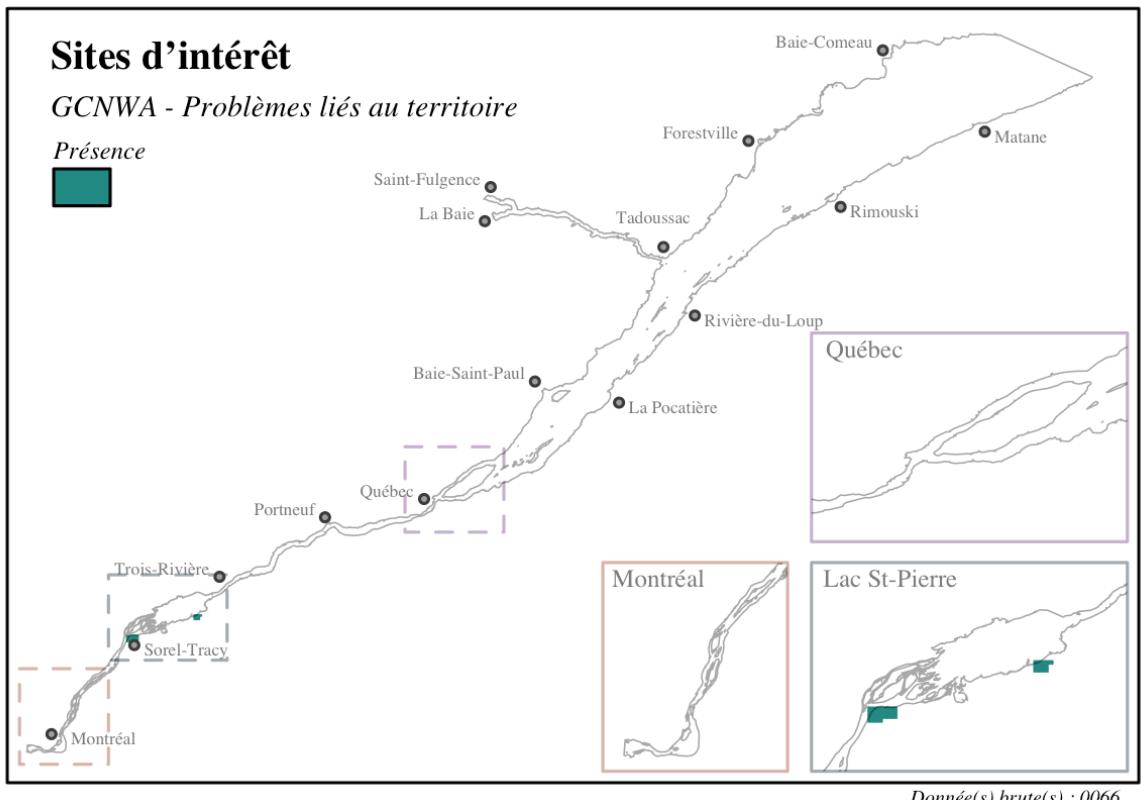


Figure 2.75: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Problèmes liés au territoire

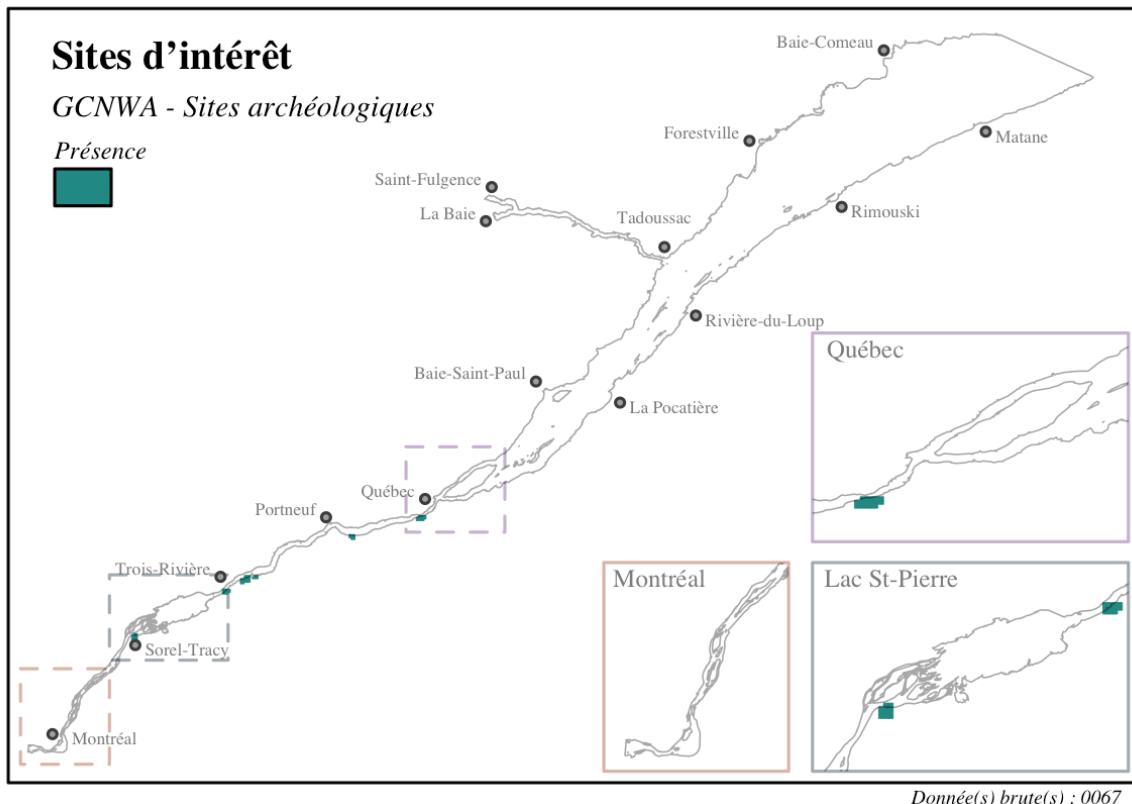


Figure 2.76: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites archéologiques

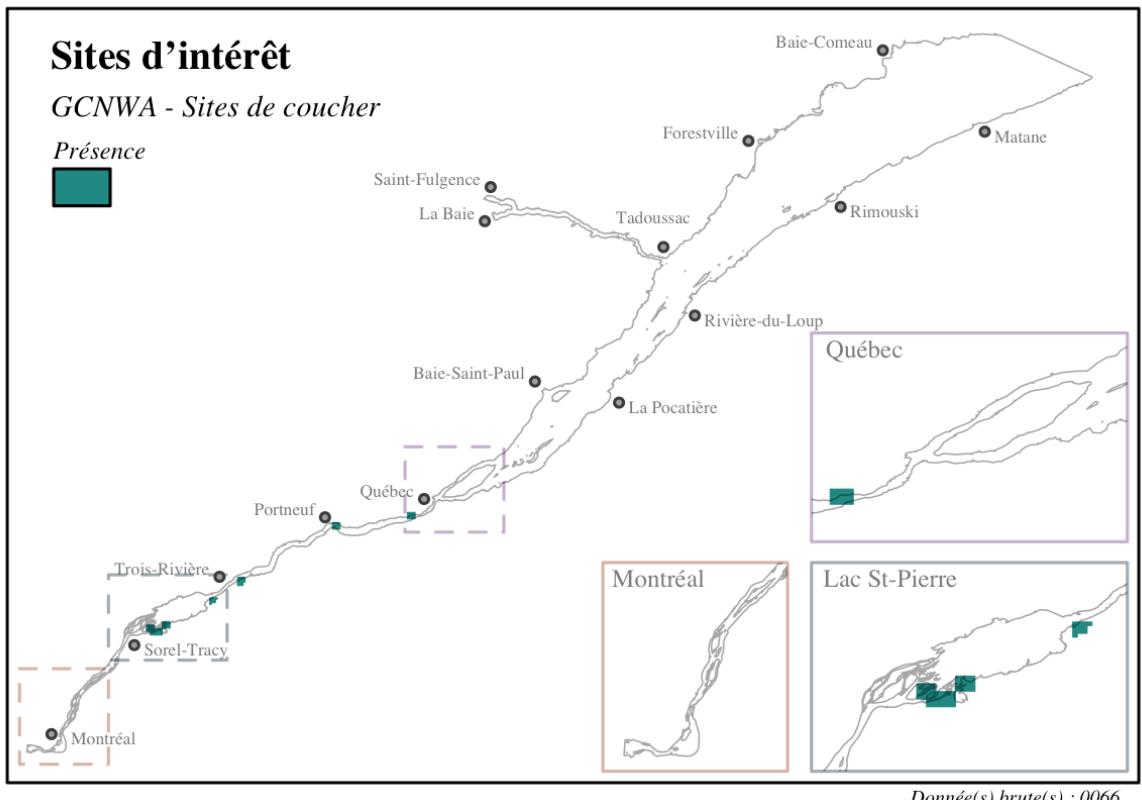


Figure 2.77: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites de coucher

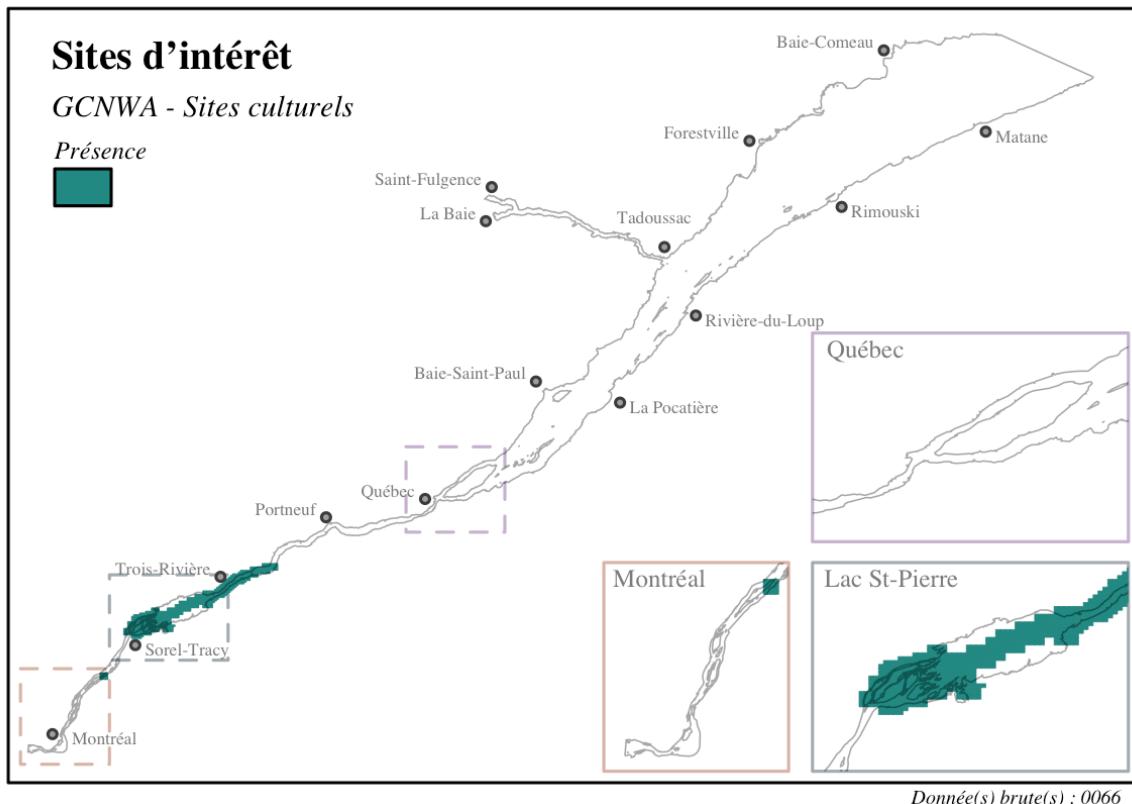


Figure 2.78: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites culturels

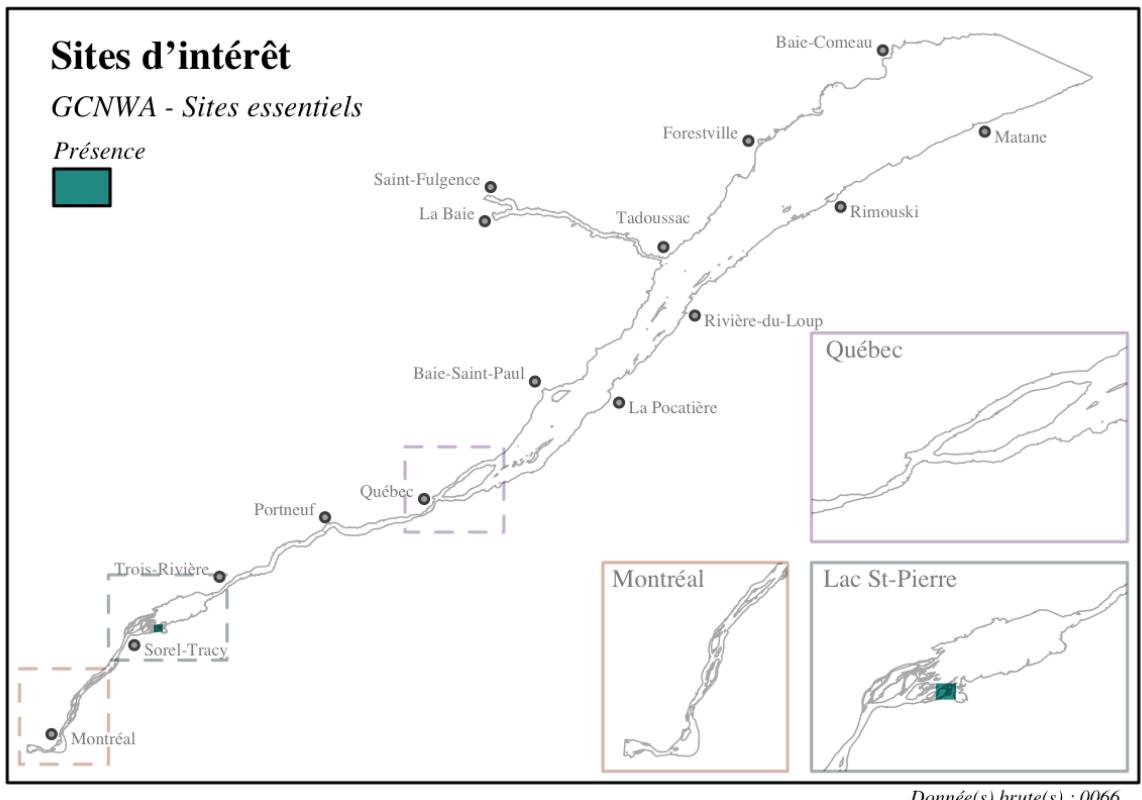


Figure 2.79: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites essentiels

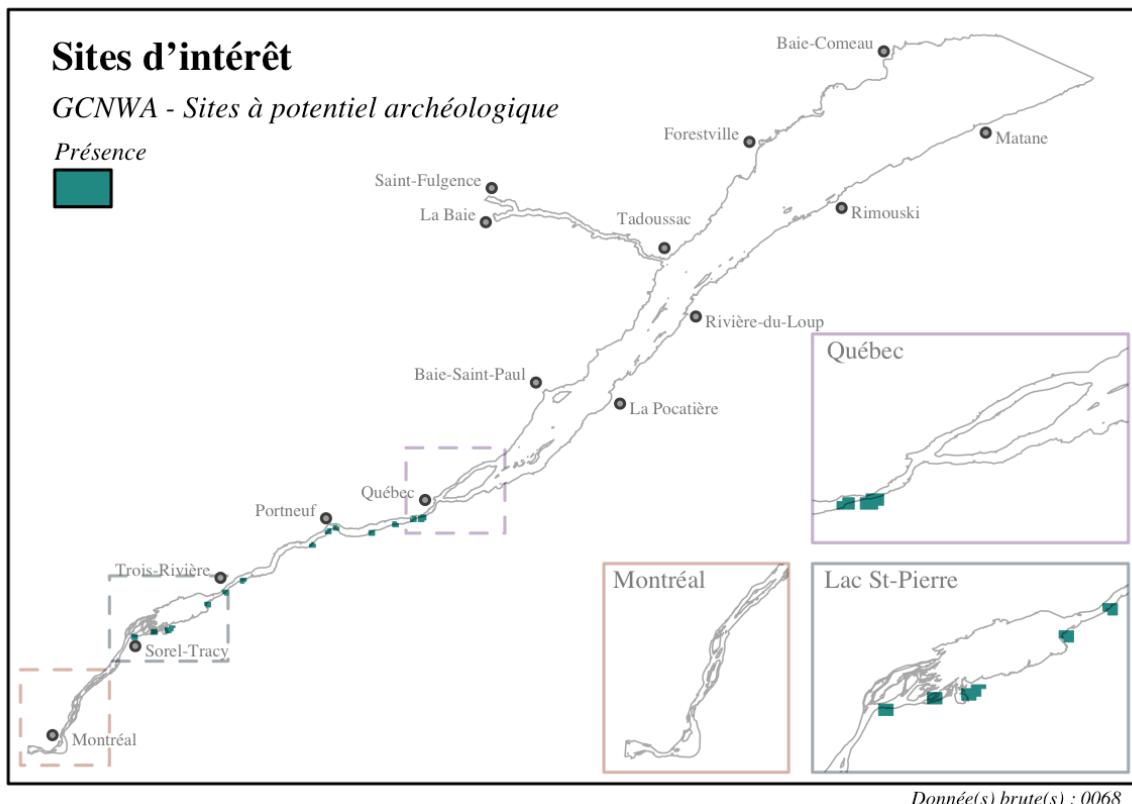


Figure 2.80: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Sites à potentiel archéologique

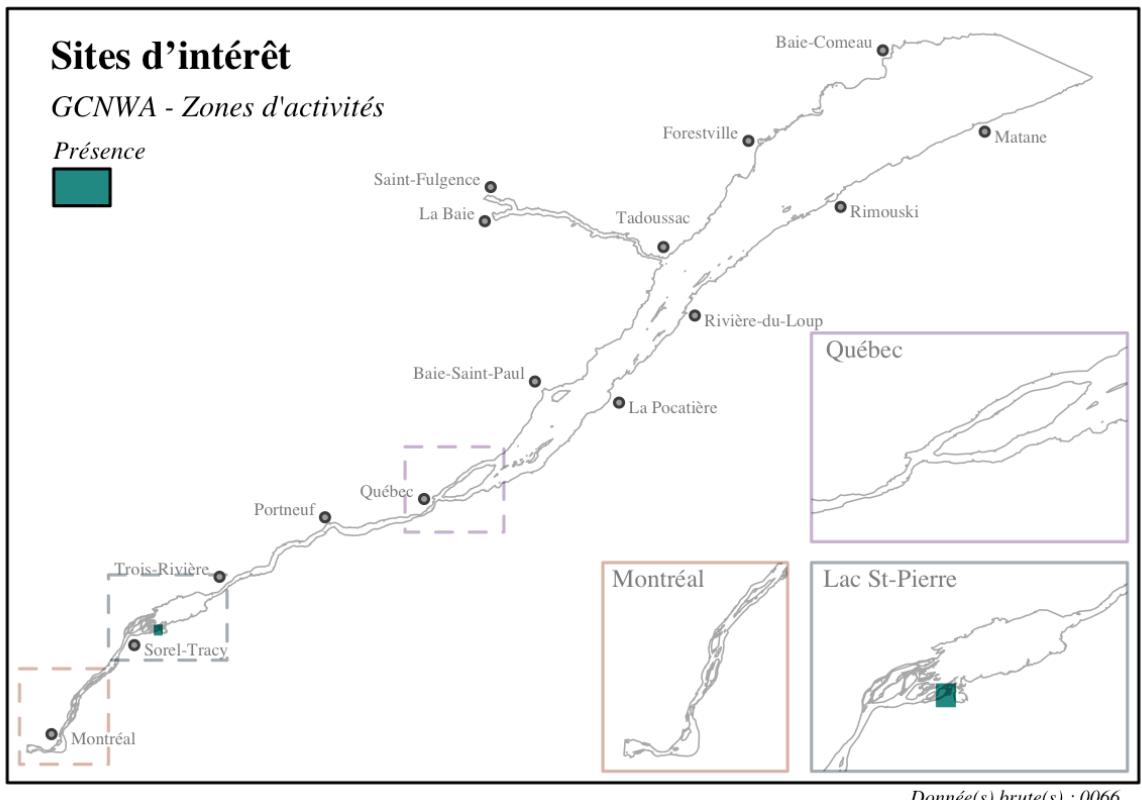


Figure 2.81: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - GCNWA - Zones d'activités

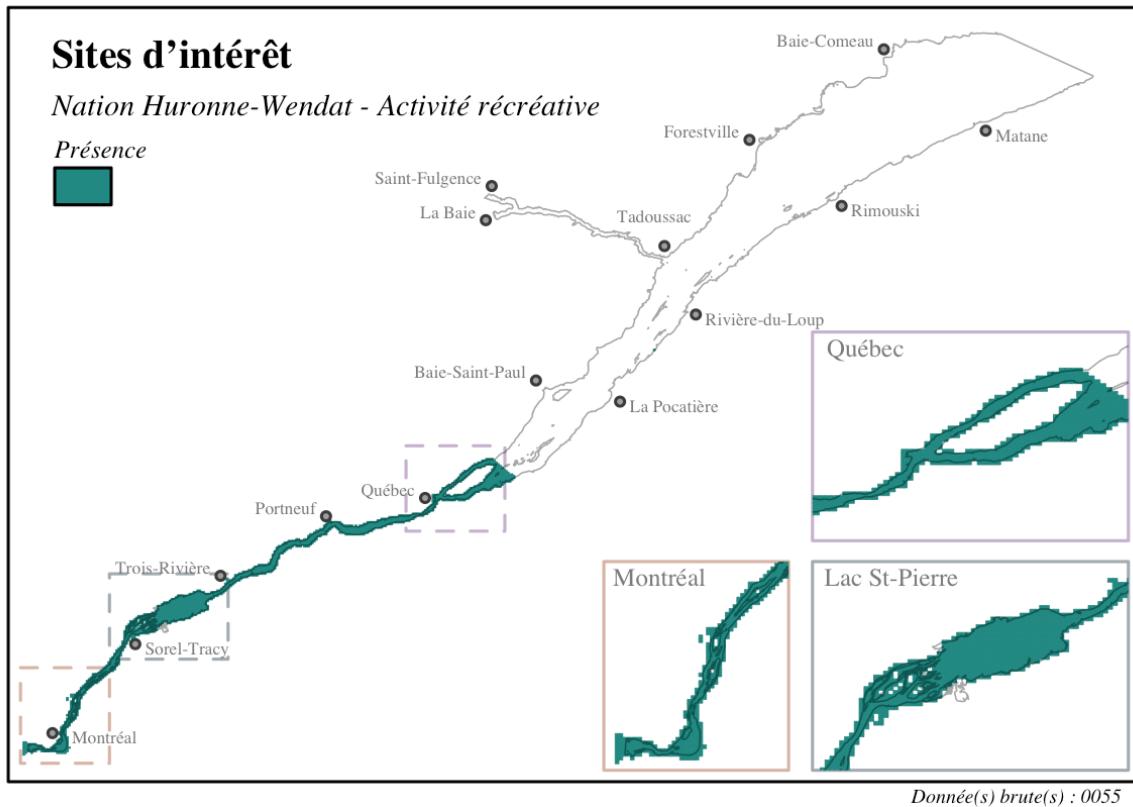


Figure 2.82: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Activité récréative

2 Portrait de la zone d'étude

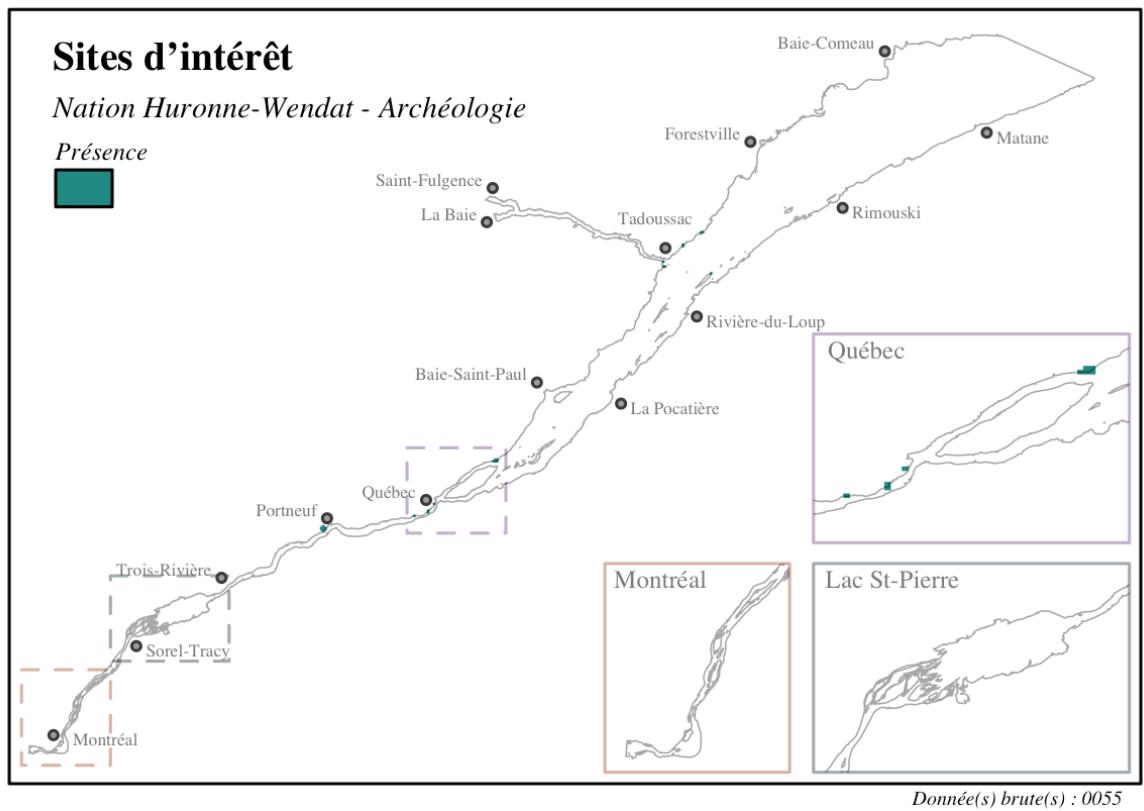


Figure 2.83: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Archéologie

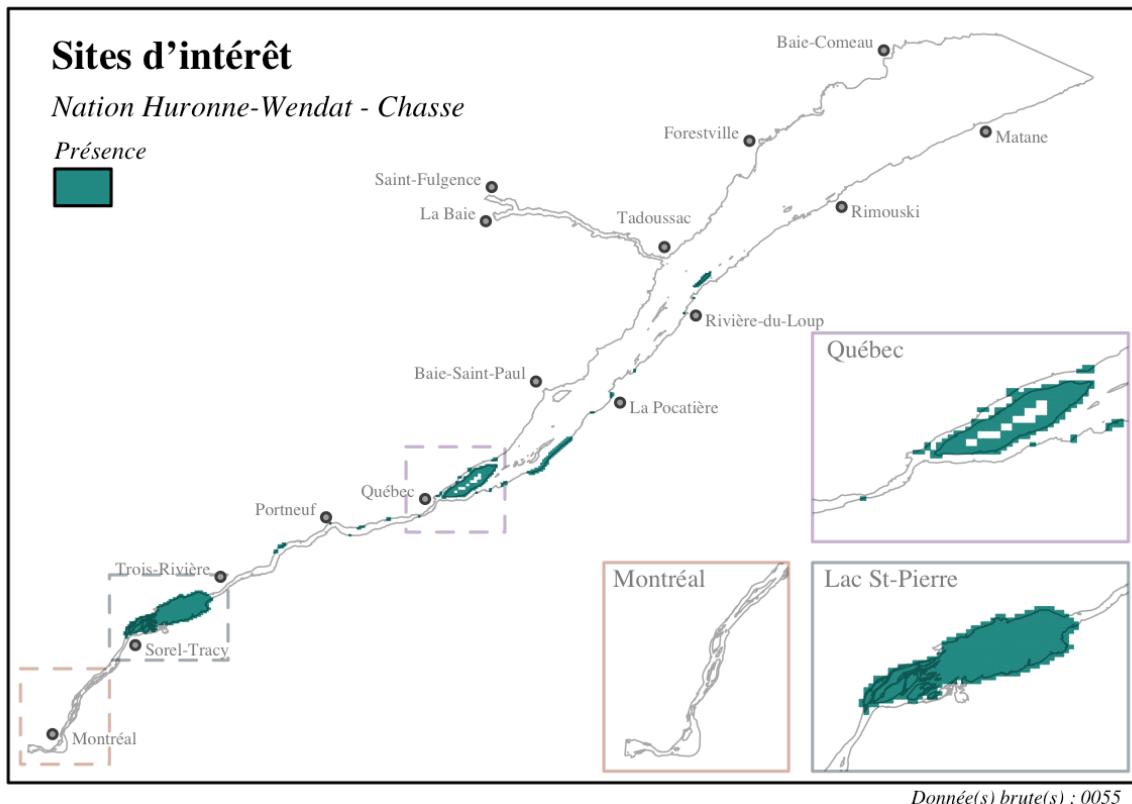


Figure 2.84: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Chasse

2 Portrait de la zone d'étude

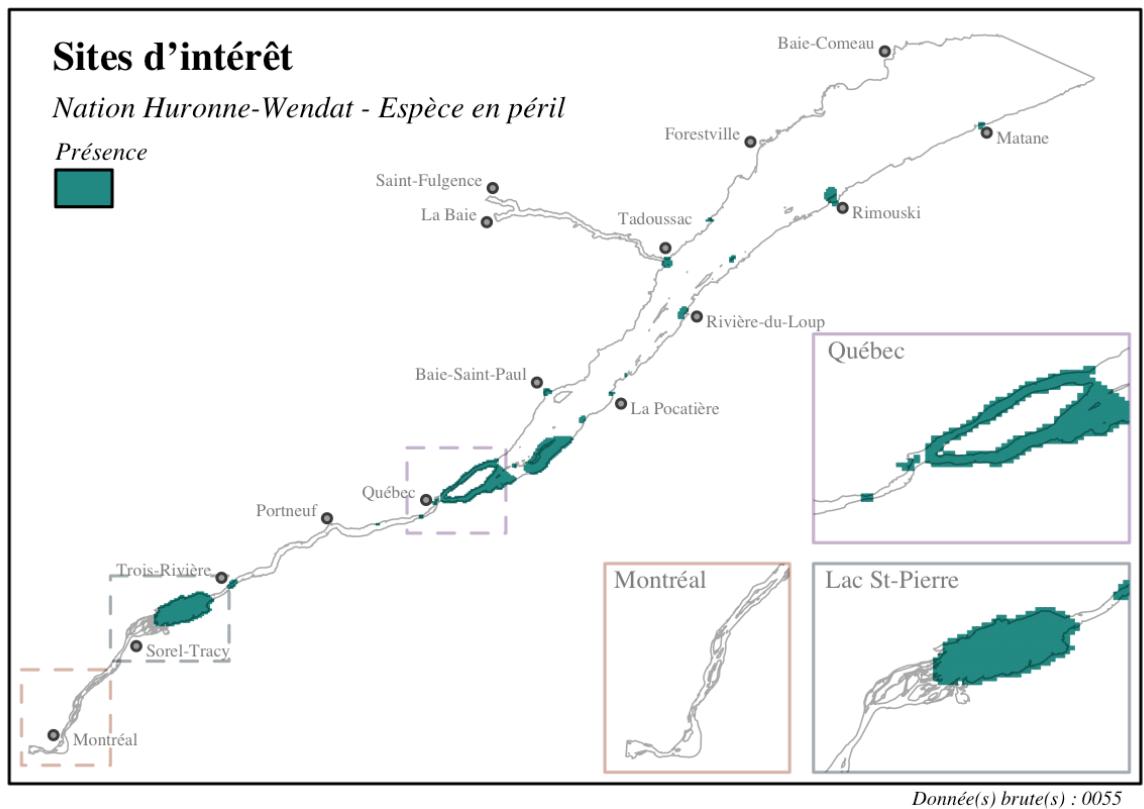


Figure 2.85: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Espèce en péril

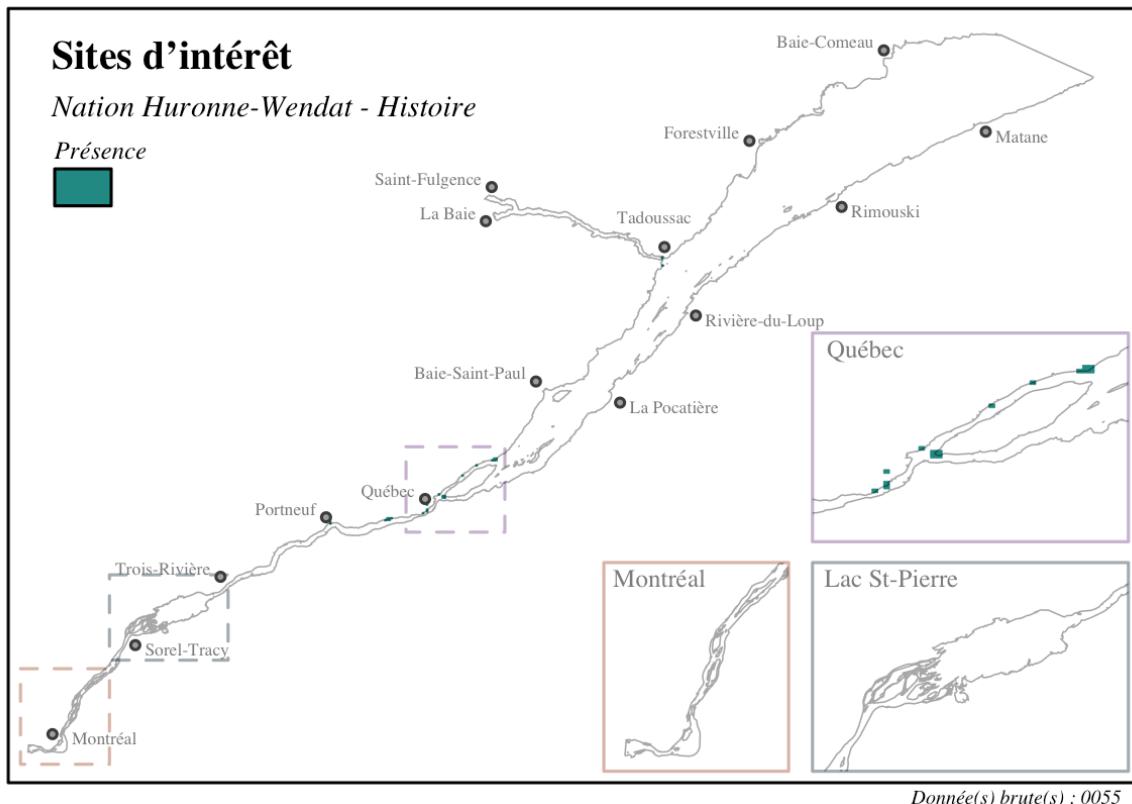


Figure 2.86: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Histoire

2 Portrait de la zone d'étude

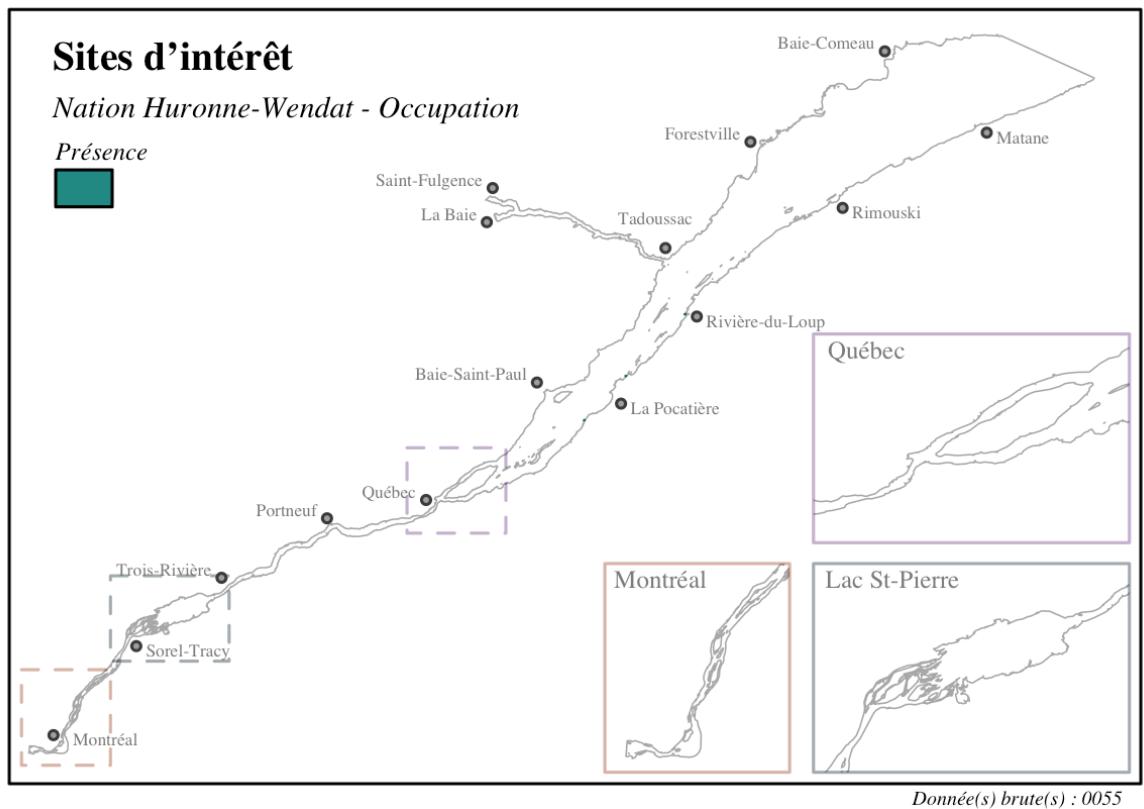


Figure 2.87: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Occupation

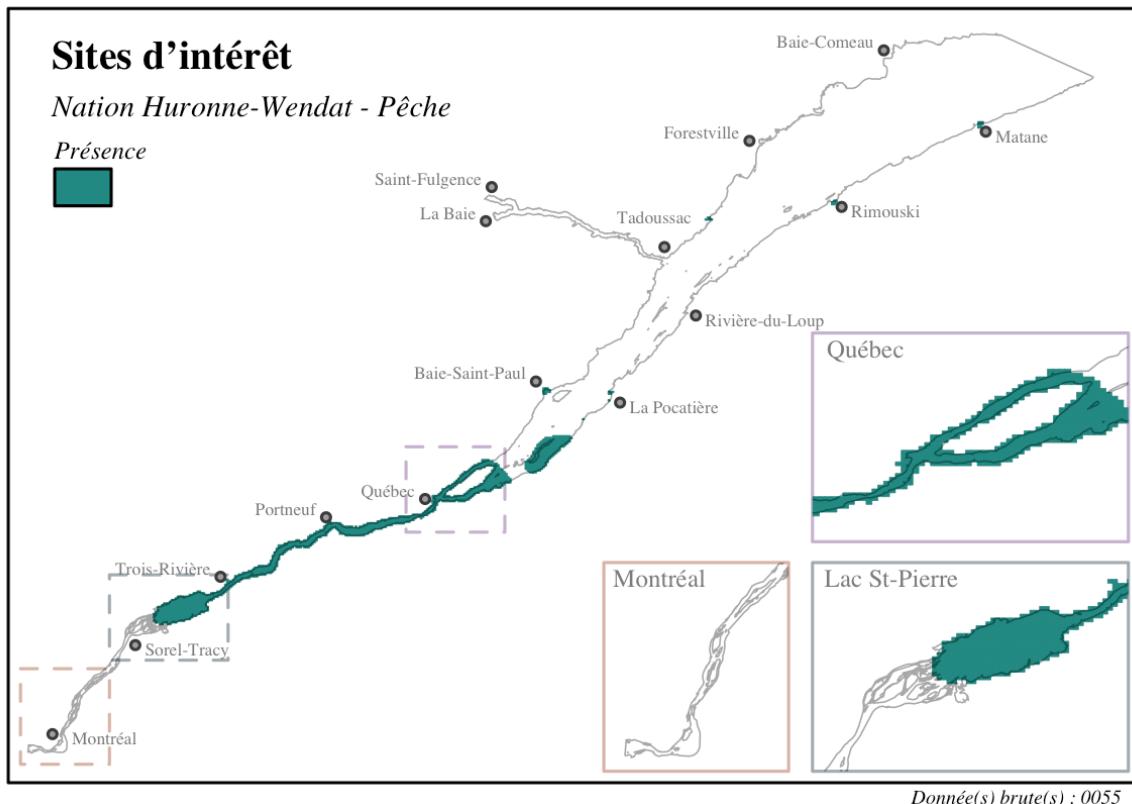


Figure 2.88: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Pêche

2 Portrait de la zone d'étude

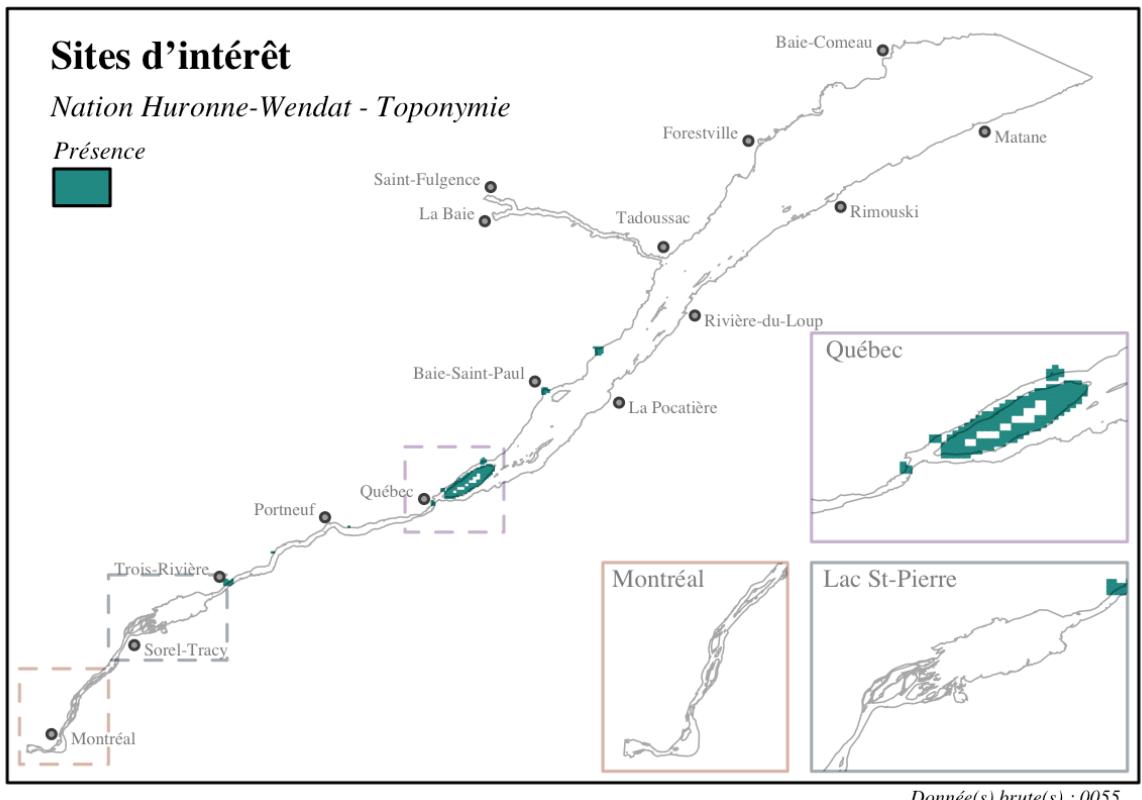


Figure 2.89: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Toponymie

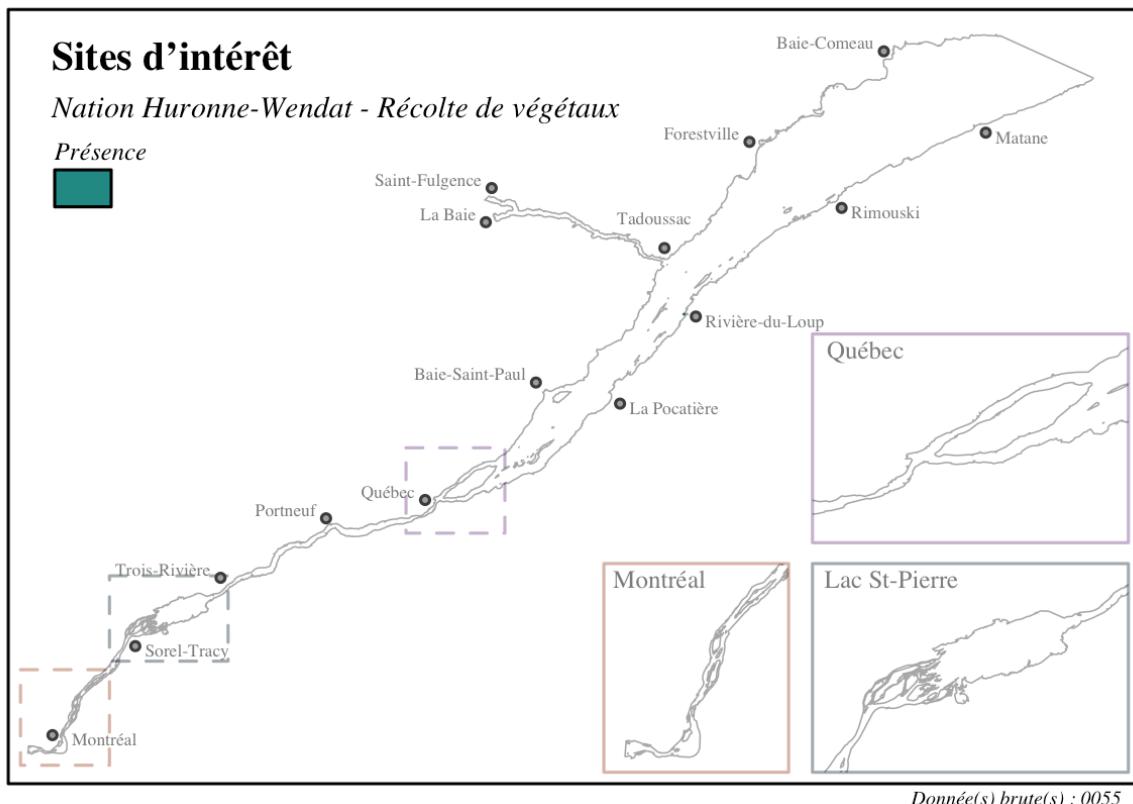


Figure 2.90: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Nation Huronne-Wendat - Récolte de végétaux

2 Portrait de la zone d'étude

2.3.5.5 Kahnawake

Rédaction pour le rapport final

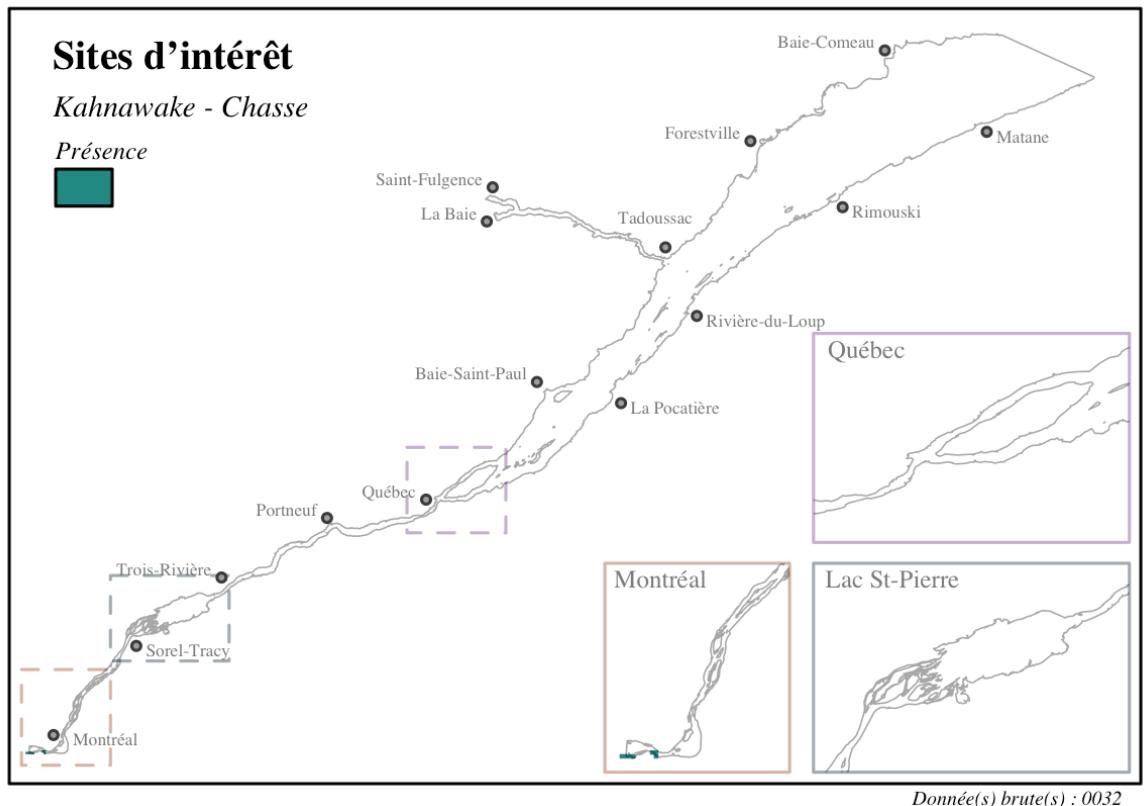


Figure 2.91: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Chasse

2.3.5.6 Public

Rédaction pour le rapport final

2.3.5.7 Wolastoqiyik Wahsipekuk

Rédaction pour le rapport final

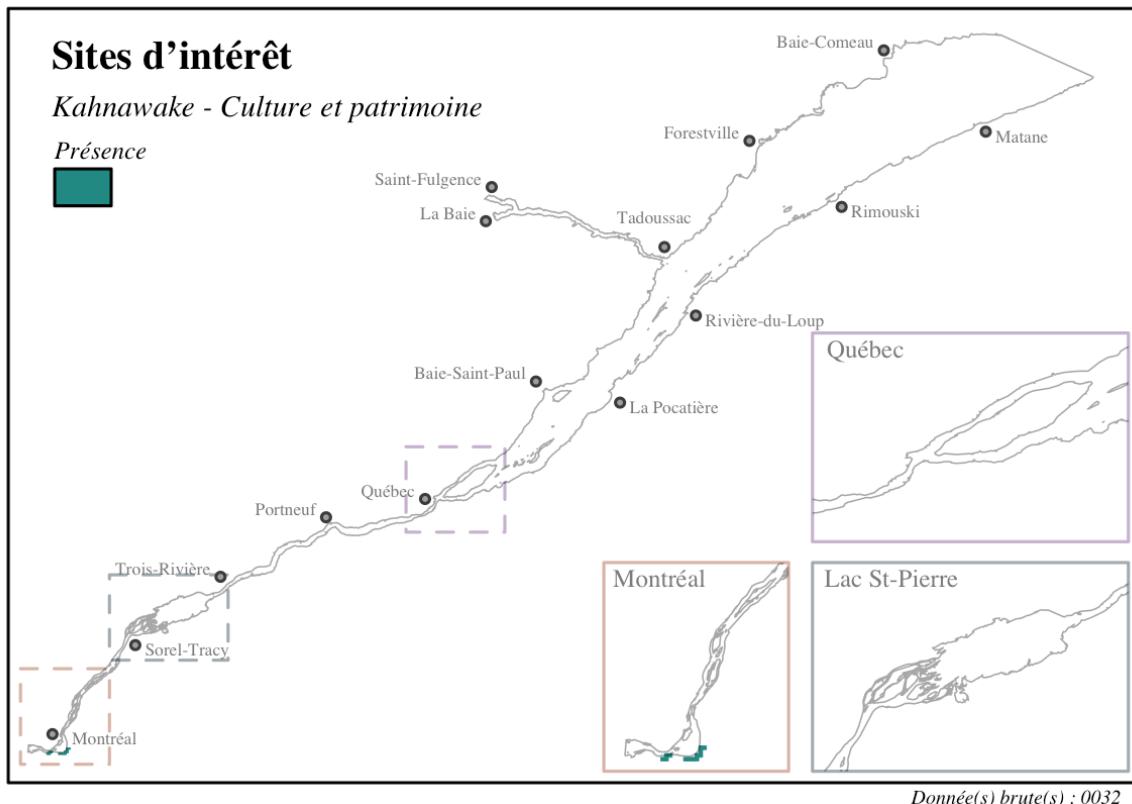


Figure 2.92: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Culture et patrimoine

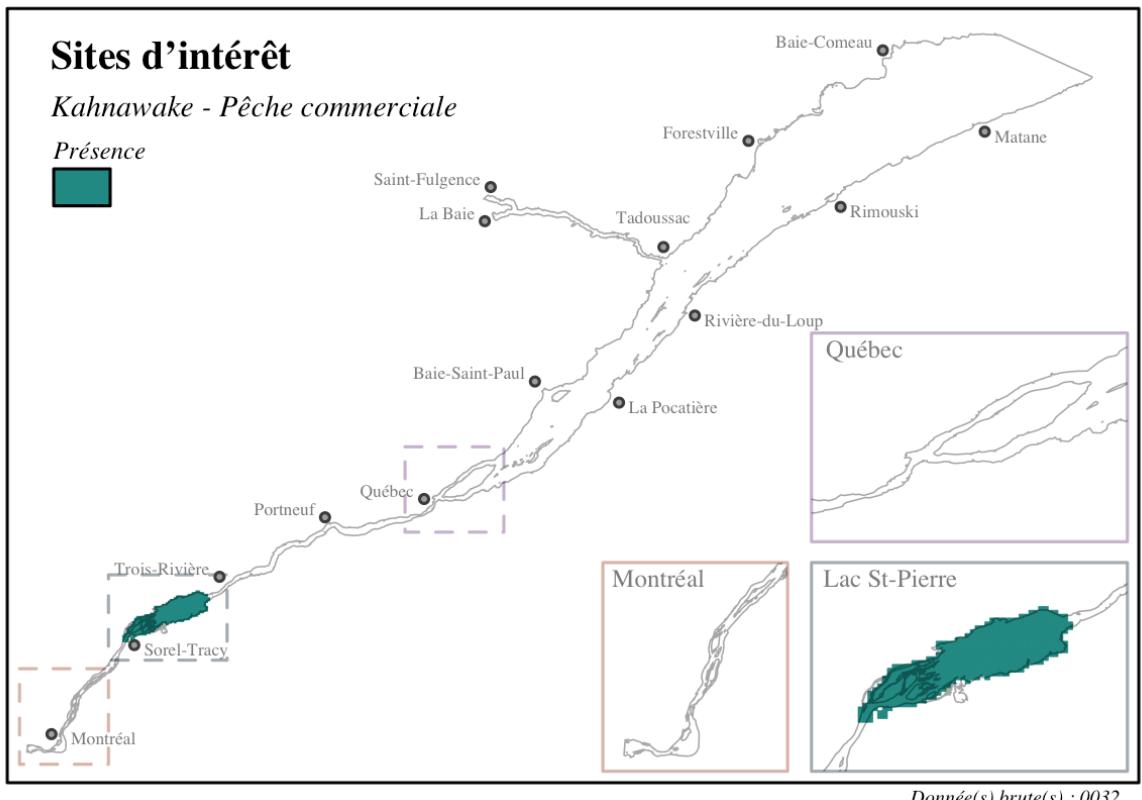


Figure 2.93: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Pêche commerciale

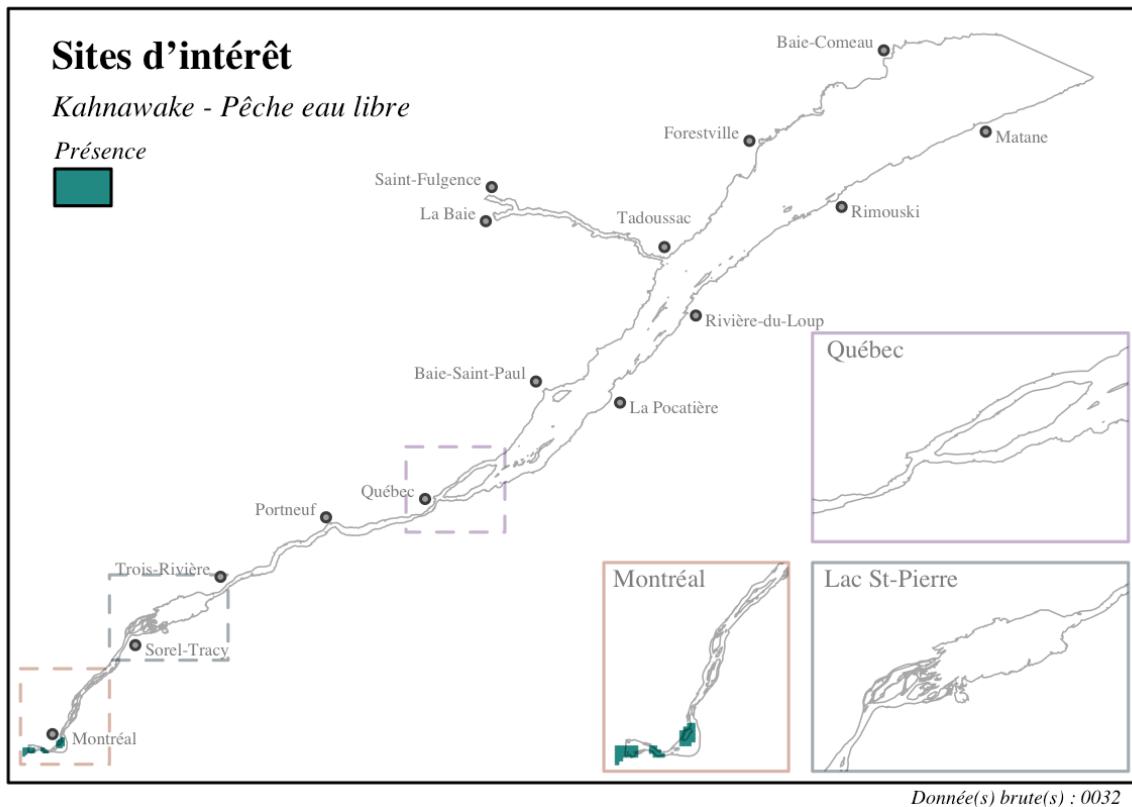


Figure 2.94: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Pêche eau libre

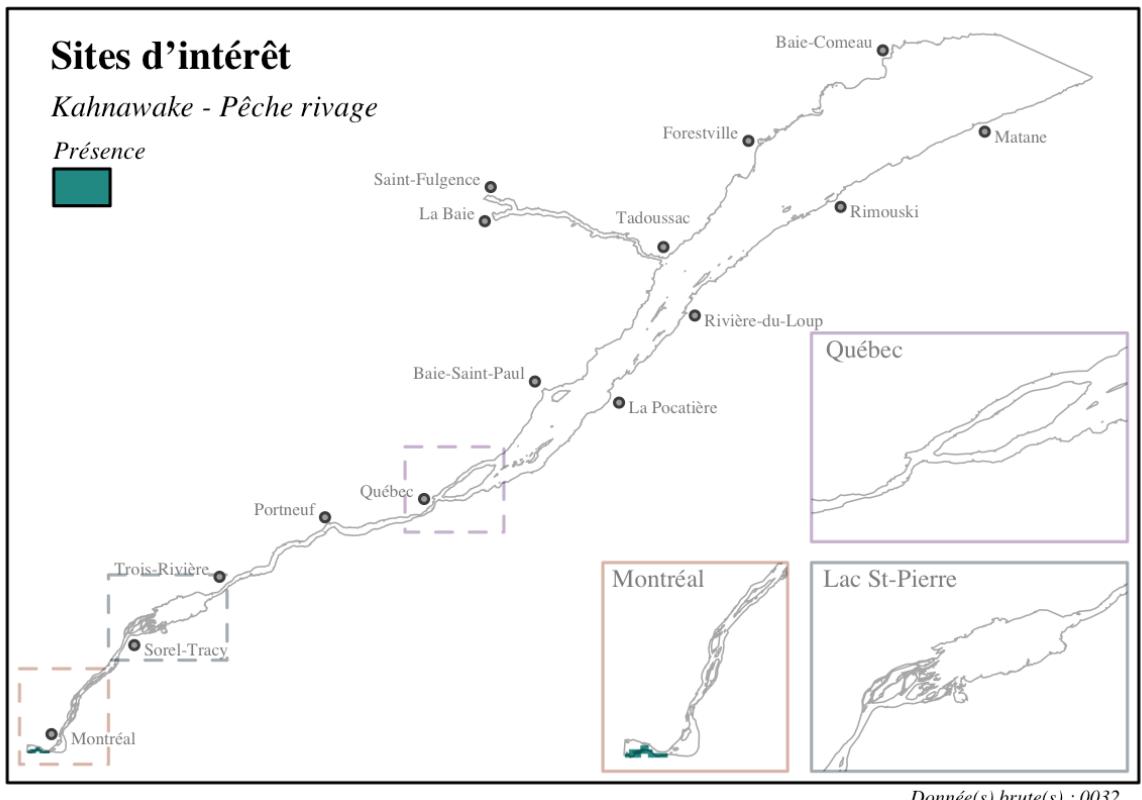


Figure 2.95: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Pêche rivage

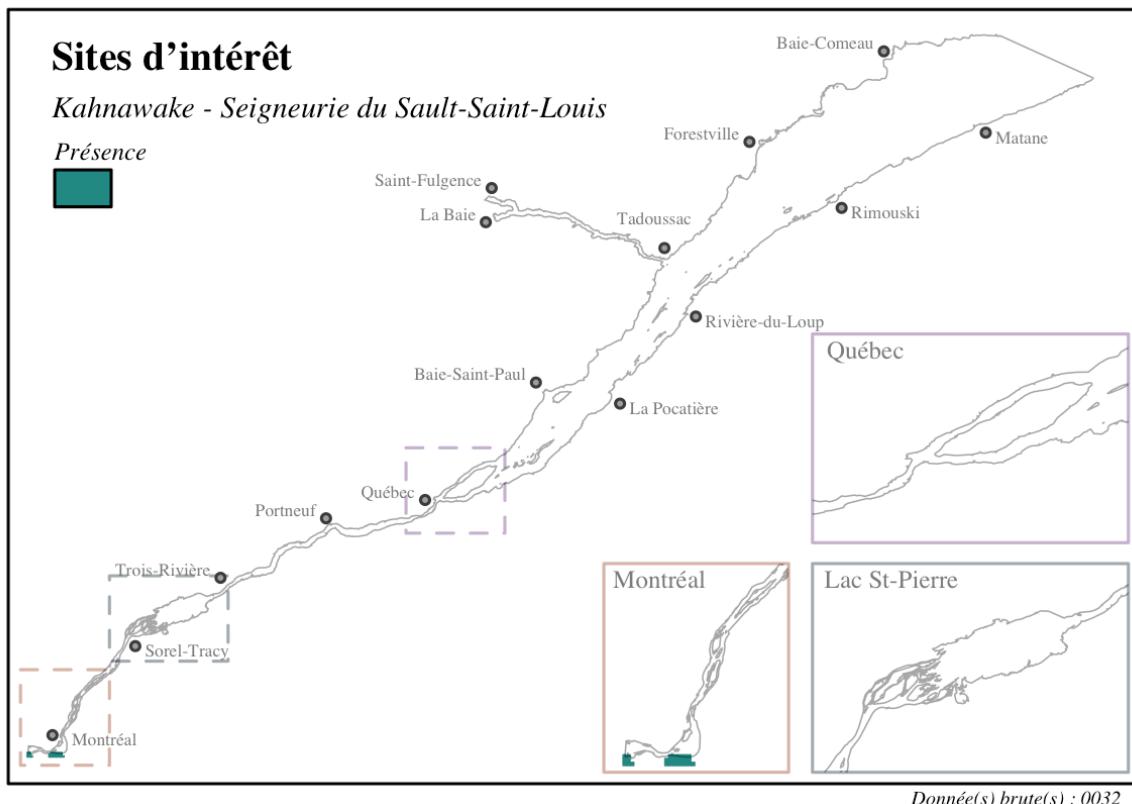


Figure 2.96: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Seigneurie du Sault-Saint-Louis

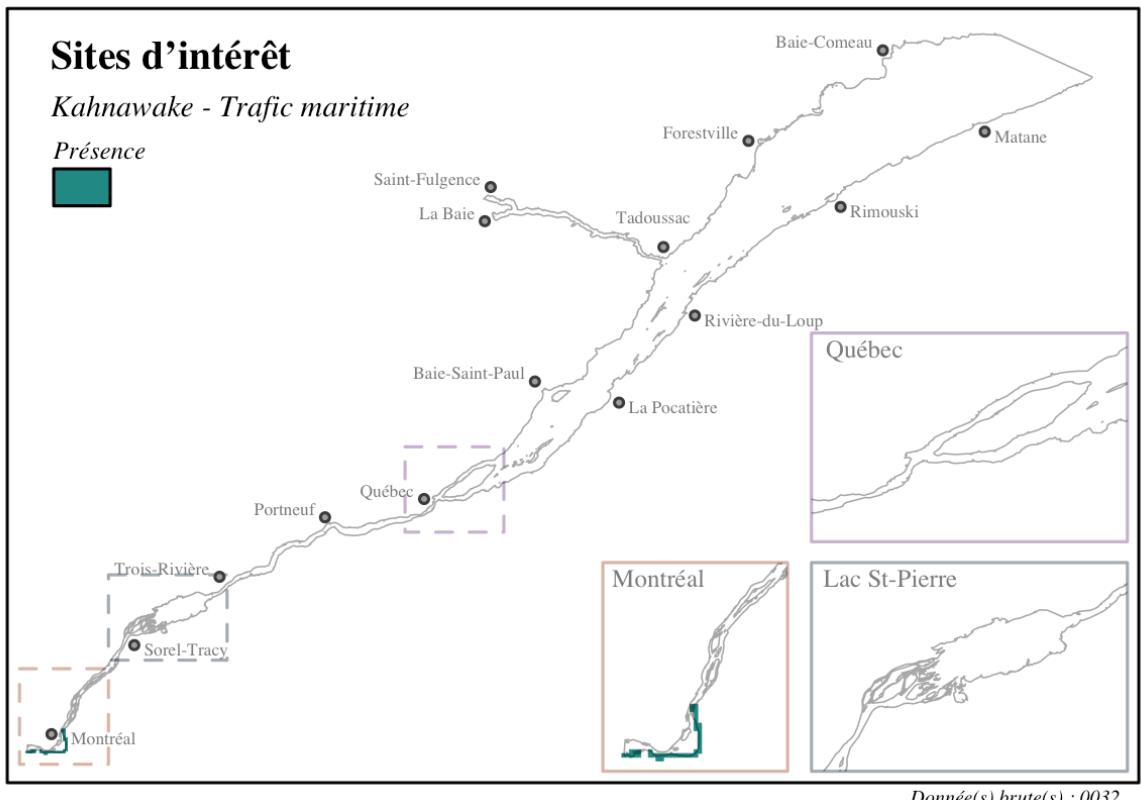


Figure 2.97: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Trafic maritime

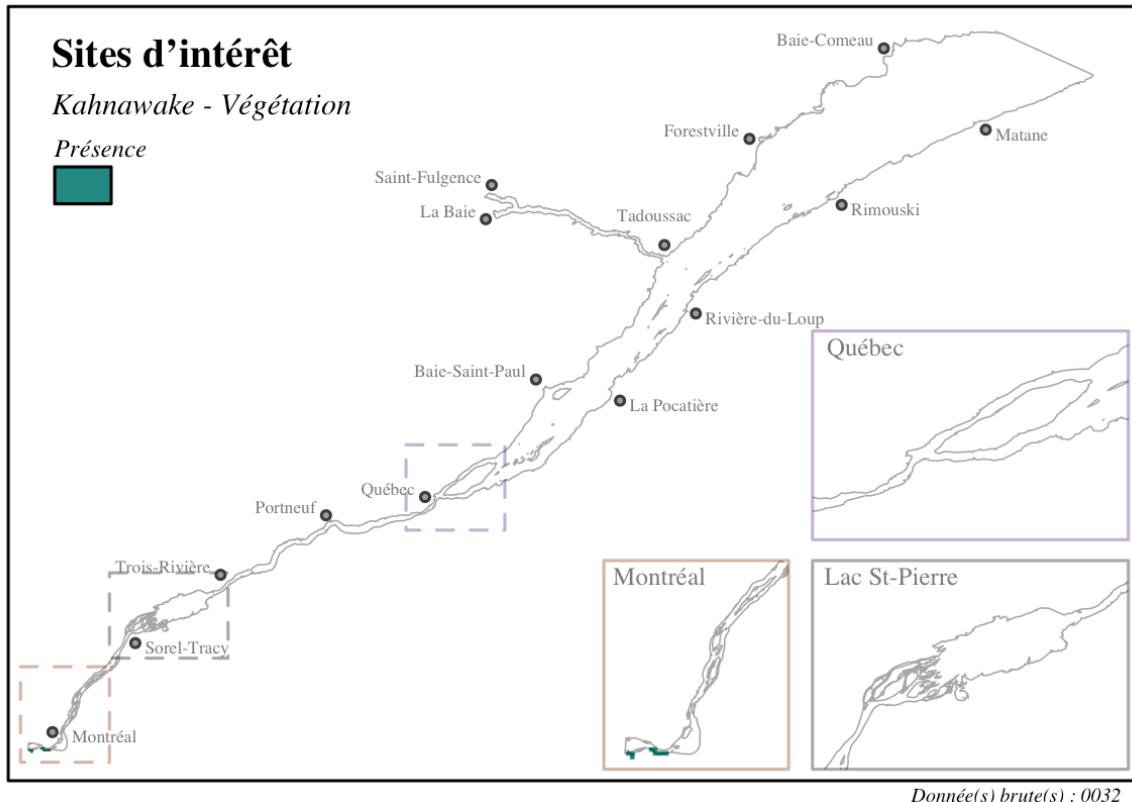


Figure 2.98: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Kahnawake - Végétation

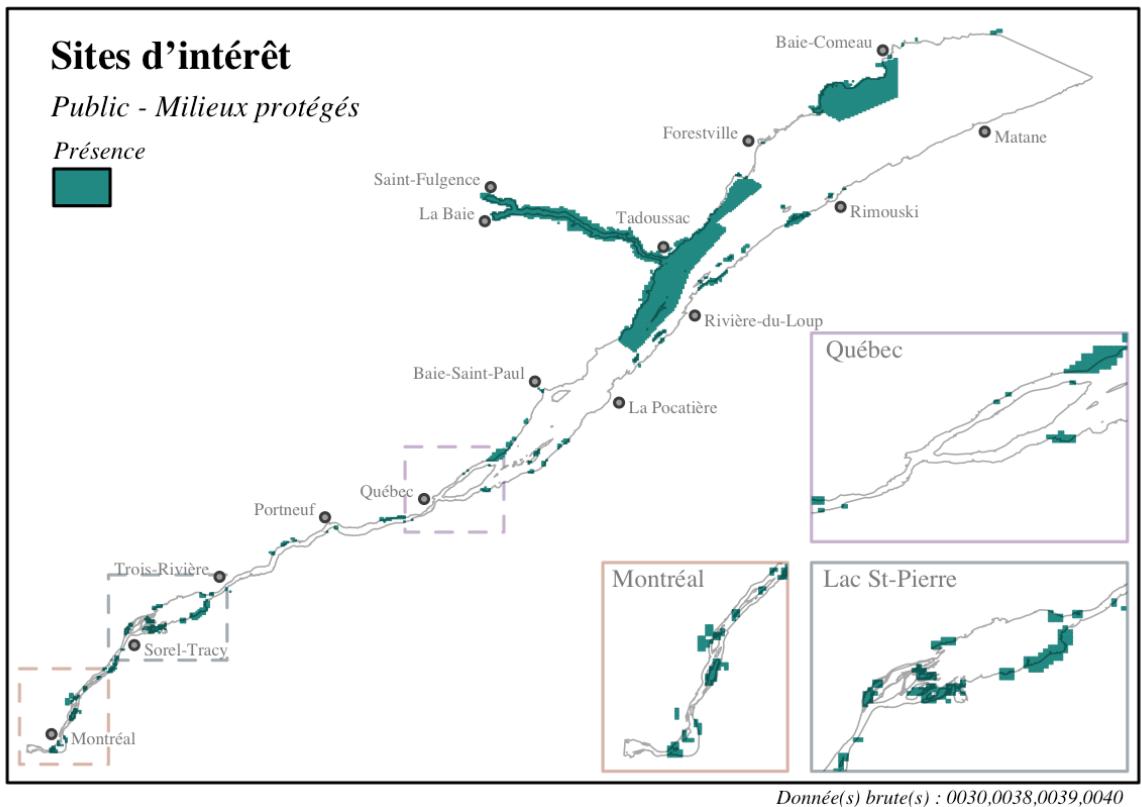


Figure 2.99: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Public - Milieux protégés

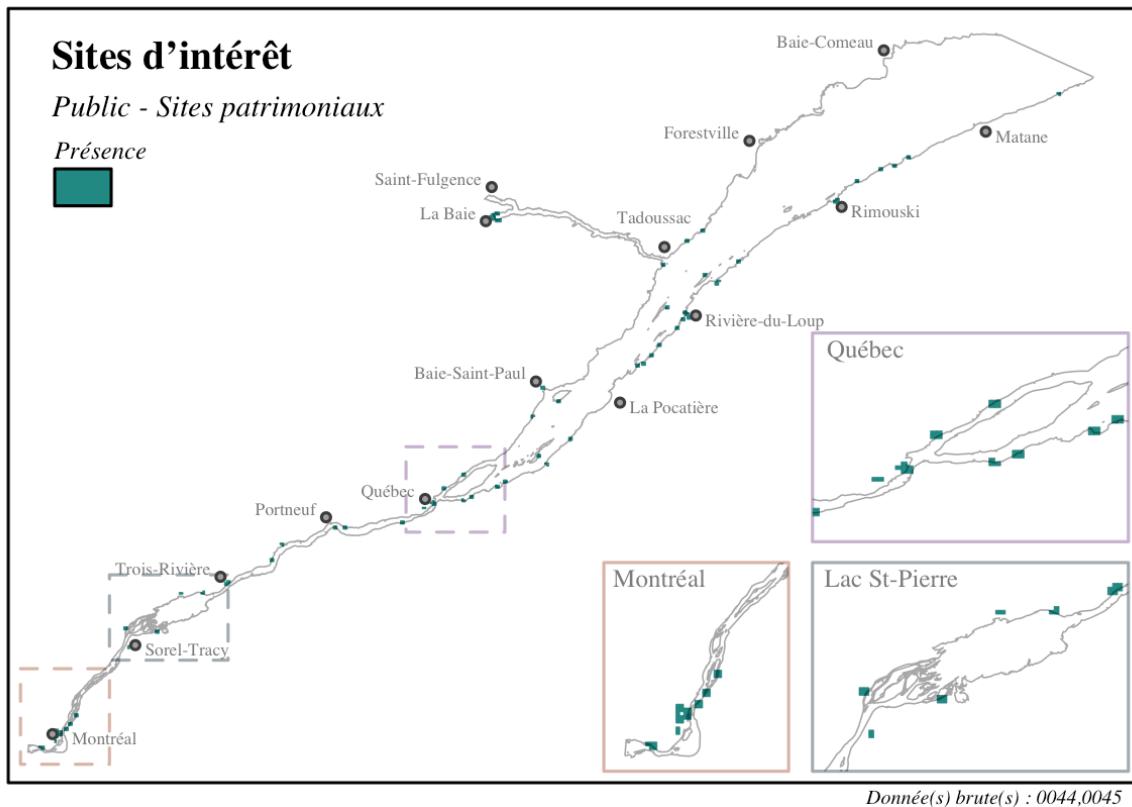


Figure 2.100: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Public - Sites patrimoniaux

2 Portrait de la zone d'étude

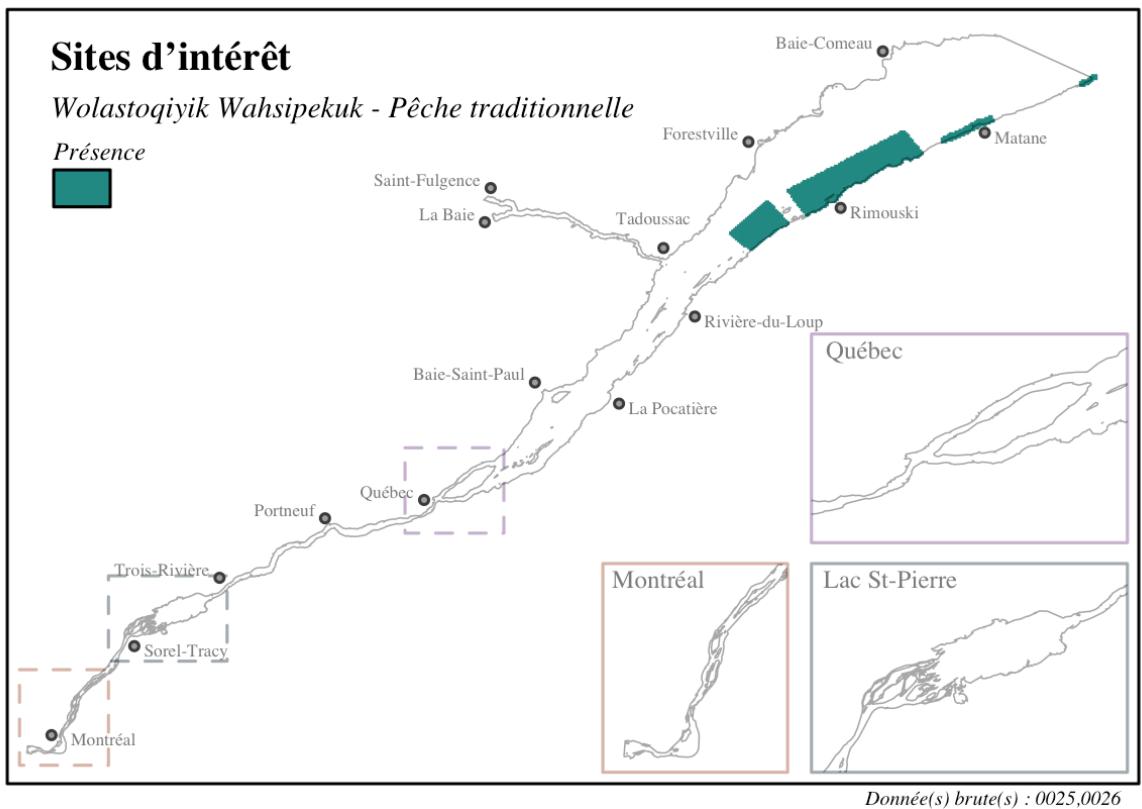


Figure 2.101: Distribution des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans le Saint-Laurent et le Saguenay - Wolastoqiyik Wahsipekuk - Pêche traditionnelle

2.4 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 facteurs de stress 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 tous les écosystèmes et les stresseurs inclus à l'évaluation d'impacts cumulés (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

2 Portrait de la zone d'étude

(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.

2.4.1 Intégrité des berges

Plusieurs facteurs de stress 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 activités maritimes 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 (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

Table 2.20: Description des cinq critères de vulnérabilité utilisés pour évaluer la vulnérabilité relative des habitats à chaque stresseur [adapté de @teck2010]

Critère de vulnérabilité	Description
Échelle spatiale	L'échelle spatiale ($\$ \text{km}^2 \$$) à laquelle un stresseur affecte un habitat directement
Fréquence	La fréquence annuelle (nombre / année) moyenne d'un stresseur à une localisation
Impact trophique	L'étendue de la vie marine affectée par un stresseur au sein d'un écosystème et
Résistance	Le degré (en %) auquel les espèces, les niveaux trophiques, ou l'état naturel d'u
Résilience	Le temps moyen (années) requis pour que l'espèce, le niveau trophique, ou la co

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 2.102).

2.4.2 Habitats floristiques et fauniques

2.4.2.1 Habitats

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 : l'échelle spatiale, la fréquence, l'impact fonctionnel, la résistance et la résilience (Tableau 2.20).

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

2 Portrait de la zone d'étude

	Naturelle	Semi-végétalisée (IE = 1)	Vive (IE = 2)	Artificielle - Semi-végétalisée (IE = 1)	Artificielle - Vive (IE = 2)
Pollution maritime	0	0	0	0	0
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0	0	0
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0	0	0
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	0	0	0	0	0
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	0	0	0	0	0
Démersale destructive	0	0	0	0	0
Navigation portuaire	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Remorqueur / port	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Pétrolier	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Navires spéciaux	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Navires de plaisance	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Passager	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Observation mammifères marins	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Gouvernement / recherche	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Traversier / roulier	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Cargaison sèche	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Porte-conteneurs	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Cargo	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0	0	0
Dragages de capitalisation prévus	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Sites de dépôts	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Sites de dragage	0.8	1	0.7	0.9	0.9
Contenu inconnu	0	0	0	0	0
Autres	0	0	0	0	0
Hydrocarbures	0	0	0	0	0
Sites d'ancre de navires	0	0	0	0	0

Figure 2.102: Scores de vulnérabilité relative des berges à l'érosion face aux stresseurs environnementaux.

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. \(2015b\)](#) (voir Annexes 5 et 6 pour les correspondances utilisées). 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 (Annexe 6).

Certaines modifications ont 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*. 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. La matrice de vulnérabilité résultante peut être consultée au Tableau 2.103.

2.4.2.2 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

2 Portrait de la zone d'étude

	Zostères	Zones inondables	Eau peu profonde	Marais	Marécage	Milieu humide	Gisements coquilliers	Meuble sans falaise	Rocheux sans falaise	Rocheux sans escarpement	Terrasse fluviale	Terrasse de plage
Pollution maritime	0.5	0.87	0.81	0.77	0.72	0.81	0.86	0.89	0.92	0.92	0.81	0.94
Pélagique prises accessoires élevées	0	0.11	0.06	0.05	0.05	0.06	0.44	0.28	0	0	0.06	0
Pélagique prises accessoires faibles	0	0.11	0.06	0.05	0.05	0.06	0.36	0.28	0	0	0.06	0
mersale non-destructive, prises accessoires élevées	0.14	0.2	0.22	0.21	0.2	0.22	0.69	0.31	0.08	0.08	0.22	0
mersale non-destructive, prises accessoires faibles	0.22	0.3	0.19	0.18	0.17	0.19	0.61	0.31	0.39	0.39	0.19	0
Démersale destructive	0.72	0.42	0.14	0.13	0.12	0.14	0.97	0.86	0.25	0.25	0.14	0
Navigation portuaire	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Remorqueur / port	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Pétrolier	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Navires spéciaux	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Navires de plaisance	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Passager	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Observation mammifères marins	0	0	0	0	0	0	0.17	0	0	0	0	0
Gouvernement / recherche	0.14	0.48	0.61	0.58	0.55	0.61	0.21	0.38	0.46	0.46	0.61	0.17
Traversier / roulier	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Cargaison sèche	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Porte-conteneurs	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Cargo	0.47	0.27	0.22	0.21	0.2	0.22	0.78	0.25	0.33	0.33	0.22	0.25
Sites de naufrages répertoriés	0.14	0.29	0.08	0.08	0.07	0.08	0.44	0.33	0.44	0.44	0.08	0.14
Dragages de capitalisation prévus	0.72	0.59	0.5	0.48	0.45	0.5	0.89	0.92	0.36	0.36	0.5	0.78
Sites de dépôts	0.61	0.78	0.67	0.63	0.6	0.67	0.61	1	0.67	0.67	0.67	0.86
Sites de dragage	0.72	0.59	0.5	0.48	0.45	0.5	0.89	0.92	0.36	0.36	0.5	0.78
Contenu inconnu	0.19	0.69	0.42	0.4	0.38	0.42	0.61	0.94	0.72	0.72	0.42	0.53
Autres	0.17	0.62	0.38	0.36	0.34	0.38	0.55	0.85	0.65	0.65	0.38	0.48
Hydrocarbures	0.19	0.69	0.42	0.4	0.38	0.42	0.61	0.94	0.72	0.72	0.42	0.53
Sites d'ancre de navires	0.44	0.64	0.61	0.58	0.55	0.61	0.17	0.75	0.56	0.56	0.61	0.83

Figure 2.103: Scores de vulnérabilité relative des habitats face aux stresseurs environnementaux.

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 2.21). 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 2.21).

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. Le score de vulnérabilité final a été obtenu à partir de la somme des scores de chaque critère. 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 2.104 et les tableaux d'évaluation des critères individuels par catégorie d'habitat sont disponibles à l'Annexe 7.

2 Portrait de la zone d'étude

Table 2.21: 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 @maxwell2013, 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
Fréquence
Quelle est la fréquence des effets de la source de stress?
Effet direct ou indirect
Par quel mécanisme la source de stress affecte-t-elle les individus?
Résistance (probabilité de mortalité)
Quelle est la vraisemblance que la source de stress affecte la mortalité d'un individu?
Temps de rétablissement (années)
*Combien de temps est nécessaire à un individu pour se rétablir de l'exposition à la source de s
Effet sur la reproduction
Quel est le niveau des effets sur la reproduction des individus?
Effet sur la population
Comment les effets sont-ils distribués sur la population?
Statut de l'espèce
L'espèce a-t-elle un statut de conservation?
Espèce résidente
L'espèce est-elle présente anunuellement ou pendant une période de l'année?

	Sites d'aérvage	Frayères	Oiseaux	Espaces fauniques susceptibles	Espaces fauniques vulnérables	Espaces fauniques menacées	Espaces floristiques susceptibles	Espaces floristiques vulnérables	Espaces floristiques menacées
Pollution maritime	1	1	1	0.75	0.88	1	0.75	0.88	1
Sites de naufrages répertoriés	0.14	0.14	0.4	0.25	0.38	0.5	0.25	0.38	0.5
Pélagique prises accessoires élevées	1	1	0.8	0.75	0.88	1	0.75	0.88	1
Pélagique prises accessoires faibles	1	1	0.8	0.75	0.88	1	0.75	0.88	1
mersale non-destructive, prises accessoires élevées	1	1	0.8	0.75	0.88	1	0.75	0.88	1
mersale non-destructive, prises accessoires faibles	1	1	0.8	0.75	0.88	1	0.75	0.88	1
Démersale destructive	1	1	0.8	0.75	0.88	1	0.75	0.88	1
Navigation portuaire	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Remorqueur / port	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Pétrolier	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Navires spéciaux	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	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
Passager	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Observation mammifères marins	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Gouvernement / recherche	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Traversier / roulier	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Cargaison sèche	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Porte-conteneurs	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Cargo	0.57	0.57	0.8	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Dragages de capitalisation prévus	0.71	0.71	0.2	0.5	0.62	0.75	0.5	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
Sites de dragage	0.86	0.86	0.4	0.62	0.75	0.88	0.62	0.75	0.88
Contenu inconnu	0.86	0.86	0.6	0.5	0.62	0.75	0.5	0.62	0.75
Autres	0.77	0.77	0.54	0.45	0.56	0.68	0.45	0.56	0.68
Hydrocarbures	0.86	0.86	0.6	0.5	0.62	0.75	0.5	0.62	0.75
Sites d'ancrage de navires	0.57	0.57	0.6	0.5	0.62	0.75	0.5	0.62	0.75

Figure 2.104: Scores de vulnérabilité relative des habitats d'importance pour les espèces face aux stresseurs environnementaux.

2.4.3 Mammifères marins

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 2.21. Les scores de vulnérabilité finaux sont disponibles au tableau 2.105 et les tableaux d'évaluation des critères individuels par espèce de mammifère marin sont disponibles à l'Annexe 8.

2.4.4 Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques

L'identification des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques a déjà fait appel à une priorisation des sites jugés importants pour les communautés locales et pour les Premières Nations. Évaluer la vulnérabilité de ces sites

En effet, attribuer une valeur de vulnérabilité serait l'équivalent d'un exercice de priorisation des sites entre eux. Ce processus s'avèrerait nécessairement subjectif, surtout considérant que plusieurs communautés différentes ont fourni des données pour cet exercice. Comme noté par le Grand Conseil de la Nation Waban-Aki :

De plus, 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 ([gcnwa2021?](#)).

À cet égard, et après discussion avec plusieurs représentants des communautés, 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 ainsi attribué une valeur de vulnérabilité égale à 1 pour l'ensemble des sites identifiés. Cette décision implique que les résultats ciblant uniquement la composante valorisée des sites d'intérêt correspondent aux résultats de l'exposition cumulée (voir Résultats). Ce n'est toutefois pas le cas pour l'évaluation globale 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. En termes relatifs, la vulnérabilité des sites d'intérêt sont ainsi globalement considérés supérieurs à la majorité des autres composantes valorisées incluses à l'évaluation.

	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
Sites de naufrages répertoriés	0.14	0.29	0.19	0.38	0.19	0.24	0.19	0.19	0.19
Pélagique prises accessoires élevées	0.1	0.24	0.14	0.33	0.14	0.19	0.24	0.24	0.24
Pélagique prises accessoires faibles	0.1	0.24	0.14	0.33	0.14	0.19	0.24	0.24	0.24
mersale non-destructive, prises accessoires élevées	0.57	0.71	0.62	0.81	0.62	0.67	0.33	0.33	0.33
mersale non-destructive, prises accessoires faibles	0.57	0.71	0.62	0.81	0.62	0.67	0.33	0.33	0.33
Démersale destructive	0.1	0.24	0.14	0.33	0.14	0.19	0.24	0.24	0.24
Navigation portuaire	0.57	0.71	0.62	0.86	0.62	0.67	0.57	0.57	0.62
Remorqueur / port	0.57	0.71	0.62	0.86	0.62	0.67	0.57	0.57	0.62
Pétrolier	0.57	0.71	0.62	0.86	0.62	0.67	0.57	0.57	0.62
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	0.57	0.71	0.62	0.86	0.62	0.67	0.57	0.57	0.62
Observation mammifères marins	0.48	0.62	0.52	0.76	0.52	0.57	0.48	0.48	0.52
Gouvernement / recherche	0.48	0.62	0.52	0.71	0.52	0.57	0.48	0.48	0.48
Traversier / roulier	0.57	0.71	0.62	0.86	0.62	0.67	0.57	0.57	0.62
Cargaison sèche	0.57	0.71	0.62	0.86	0.62	0.67	0.57	0.57	0.62
Porte-conteneurs	0.57	0.71	0.62	0.86	0.62	0.67	0.57	0.57	0.62
Cargo	0.57	0.71	0.62	0.86	0.62	0.67	0.57	0.57	0.62
Dragages de capitalisation prévus	0.29	0.43	0.33	0.62	0.33	0.38	0.29	0.29	0.29
Sites de dépôts	0.33	0.48	0.38	0.67	0.38	0.43	0.33	0.33	0.33
Sites de dragage	0.33	0.48	0.38	0.67	0.38	0.43	0.33	0.33	0.33
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
Sites d'ancrage de navires	0.43	0.57	0.48	0.71	0.48	0.52	0.29	0.29	0.33

Figure 2.105: Scores de vulnérabilité relative des habitats d'importance pour les espèces face aux stresseurs environnementaux.

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), l'Australie, et divers pays européens (Halpern and Fujita, 2013). La littérature scientifique et la littérature grise¹ 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*”.

¹La littérature grise correspond à des documents produits par des instances publiques, commerciales ou industrielles, soumis aux règles de la propriété intellectuelle, et non contrôlés par le processus de révision par les pairs scientifiques.

3 Évaluation des effets cumulatifs

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). L'Agence d'évaluation d'impacts du Canada a d'ailleurs récemment autorisé une évaluation régionale de la région du fleuve Saint-Laurent suite à une demande présentée par la Nation Mohawk de Kahnawà:ke. Selon Sinclair et al. (2017), une évaluation régionale des effets cumulatifs peut être définie comme suit :

*“[Une évaluation régional 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 afin d'établir les effets d'un ou de plusieurs stresseurs sur une composante valorisée. Ce type 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 d'établir un lien significatif entre la présence d'un stresseur 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 maintes reprises dans différentes régions du globe afin de caractériser les effets cumulatifs, dont la Californie (Halpern et al., 2009), l'Arctique (afflerbach?; andersen2017?), l'Océan Pacifique Canadien (Ban et al., 2010; Clarke Murray et al., 2015b, 2015a; Singh et al., 2020). Au moment d'écrire ces lignes, Pêches et Océans Canada mène 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.

La méthode développée par Halpern et al. (2008) permet de combiner la diversité des composantes valorisées, des stresseurs et des sensibilités 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 sensibilité 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 :

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

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 facteurs de stress, telle une diminution de la population de bélugas dans l'estuaire du Saint-Laurent en réponse au cumul des facteurs de stress. Un indicateur relatif permet plutôt de comparer les différents facteurs de stress selon leur intensité au sein de la région étudiée et de leurs effets sur les composantes valorisées.

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).

3 Évaluation des effets cumulatifs

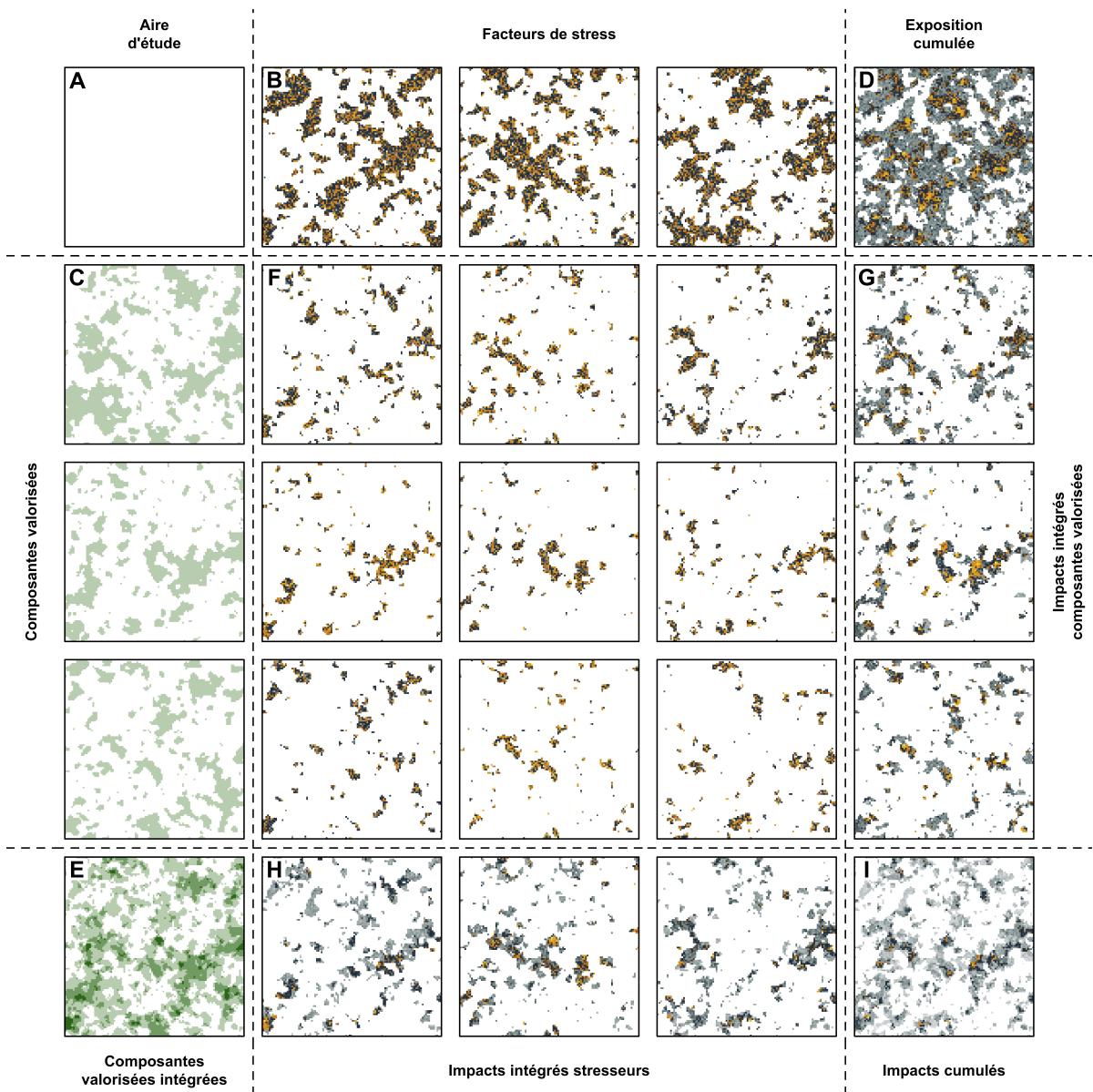


Figure 3.1: Exemple fictif d'évaluation spatiale des effets cumulatifs selon la méthodologie proposée par [halpern2008a]. L'évaluation débute par la délimitation d'une zone d'étude d'intérêt (**A**). Un portrait de la zone d'étude est ensuite effectué en caractérisant la répartition des facteurs de stress (**B**) et les composantes valorisées (**C**) permettant d'atteindre les objectifs de l'évaluation. La sommation de l'ensemble des facteurs de stress 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 facteurs de stress et composantes valorisées ainsi que la vulnérabilité des composantes valorisées aux facteurs de stress, une évaluation relative d'effets individuels est obtenue (**F**). Il est possible d'évaluer l'impact de l'ensemble des facteurs de stress sur une seule composante valorisée (**G**); similairement, il est possible d'évaluer l'impact d'un seul facteur de stress 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 facteurs de stress et composantes valorisées (**I**).

4 Diagnostic

4.1 Résultats

Les sections suivantes présentent les principaux résultats de l'évaluation des effets cumulatifs. Nous commençons par présenter et discuter de métriques plus simples, *i.e.* les stresseurs cumulés, les composantes valorisées cumulées et l'exposition cumulée. Ces métriques correspondent en réalité en une décomposition de la méthode d'évaluation des effets cumulatifs présentée à la section précédente. Elles permettent ainsi 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.

4.1.1 Stresseurs cumulés

Tous les stresseurs ont été 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 ont été 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 différentes entre types de navires. Les autres stresseurs ont été normalisés individuellement. Une transformation logarithmique a également été appliquée aux données de stresseurs environnementaux afin d'éviter une sous-estimation de l'intensité des stresseurs à valeurs intermédiaires (Halpern et al., 2019).

Ce travail nous permet d'obtenir le premier résultat de l'évaluation des effets cumulatifs, *i.e.* l'empreinte cumulée des stresseurs environnementaux dans la zone d'étude (Figures 4.1, 4.2 et 4.3). L'empreinte cumulée, ou stresseurs cumulés $E_{S,x}$, 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 de l'empreinte cumulée 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. Nous avons également évalué l'empreinte cumulée des stresseurs en normalisant les valeurs d'intensité par le nombre de catégories de stresseurs afin d'éviter une surreprésentation de stresseurs composés de plusieurs catégories (Figure 4.2). Par exemple, la navigation est composée de 12 catégories, alors que les ancrages n'en renferment qu'une seule. Finalement, nous présentons également les résultats par type de stresseurs (Figure 4.3).

L'ensemble de la zone d'étude est exposé aux stresseurs environnementaux reliés aux activités maritimes. Les grandes villes portuaires et la voie navigable sont particulièrement exposées à plusieurs types de 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 risques 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.

4.1.2 Composantes valorisées cumulées

Le portrait des composantes valorisées au sein de la zone d'étude nous permet d'obtenir le second résultat de l'évaluation des effets cumulative, *i.e.* l'évaluation des composantes valorisées cumulées au sein de la zone d'étude (Figures 4.4, 4.5 et 4.6). L'évaluation des composantes valorisées cumulées $E_{CV,x}$ correspond au cumul de l'ensemble des composantes valorisées CV au sein de chaque cellule x :

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

L'évaluation de l'empreinte cumulée permet d'identifier les sites 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. Nous avons également évalué les composantes valorisées en normalisant par le nombre de catégories de composantes

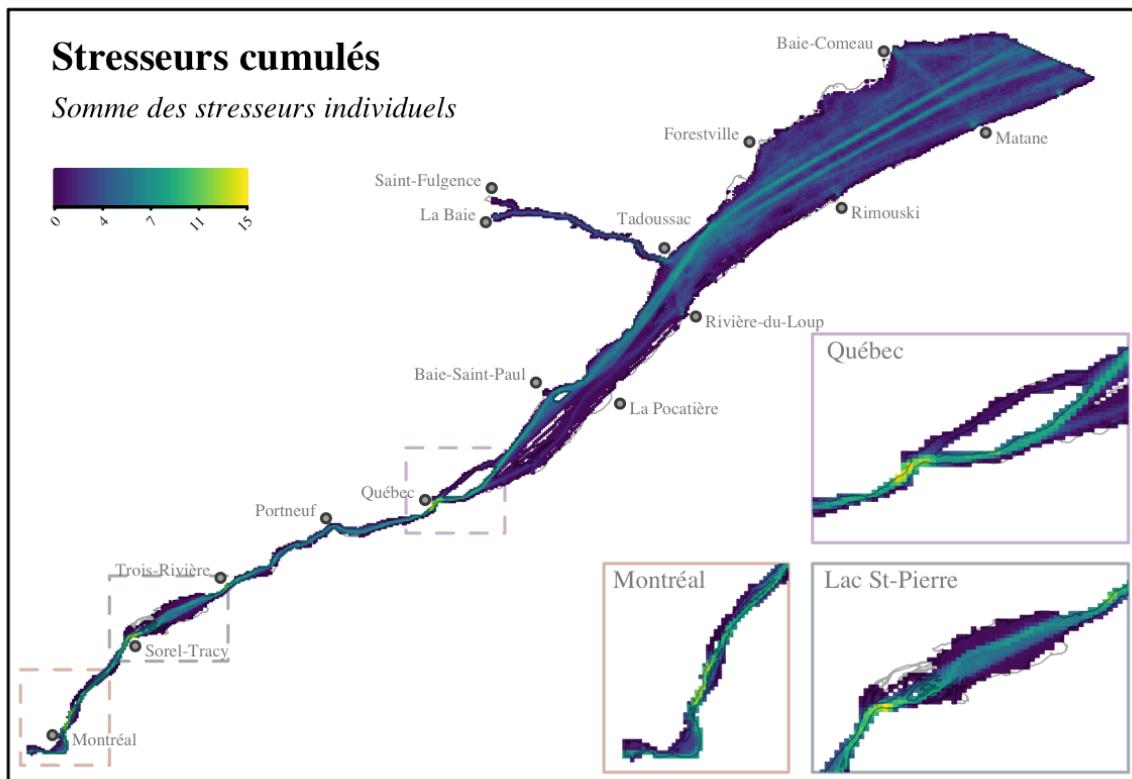


Figure 4.1: Distribution des stresseurs cumulés au sein de la zone d'étude

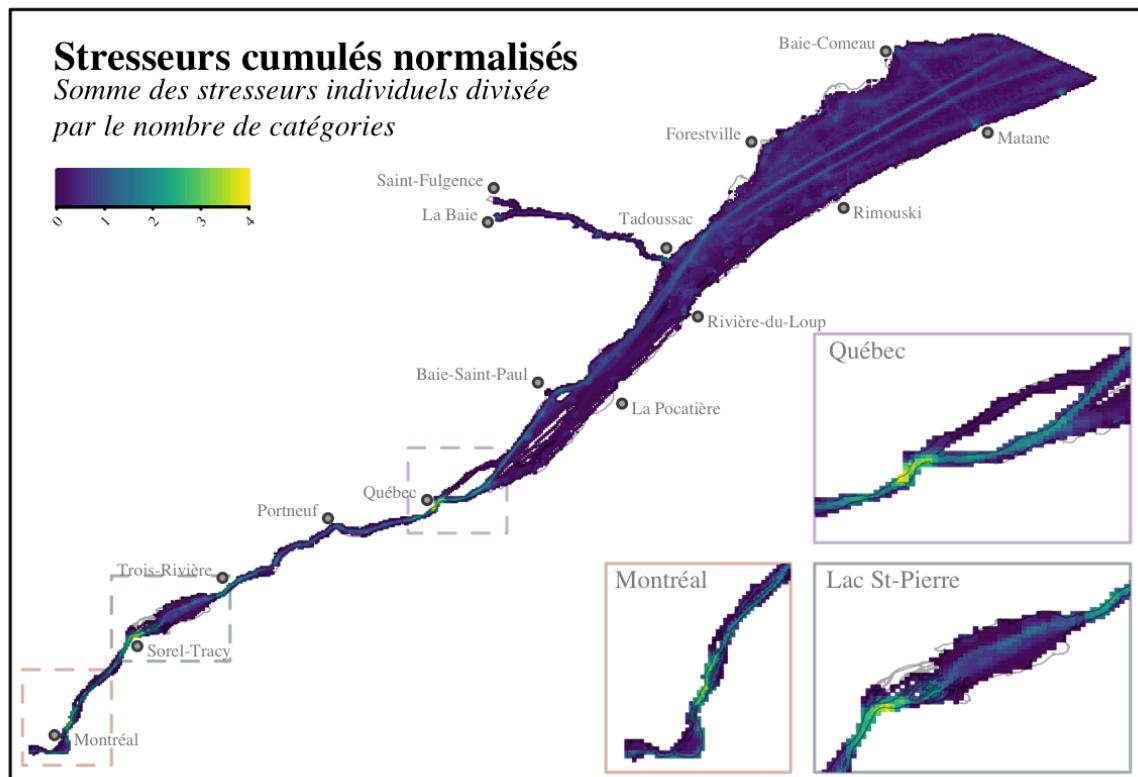


Figure 4.2: Distribution des stresseurs cumulés normalisés au sein de la zone d'étude

4.1 Résultats

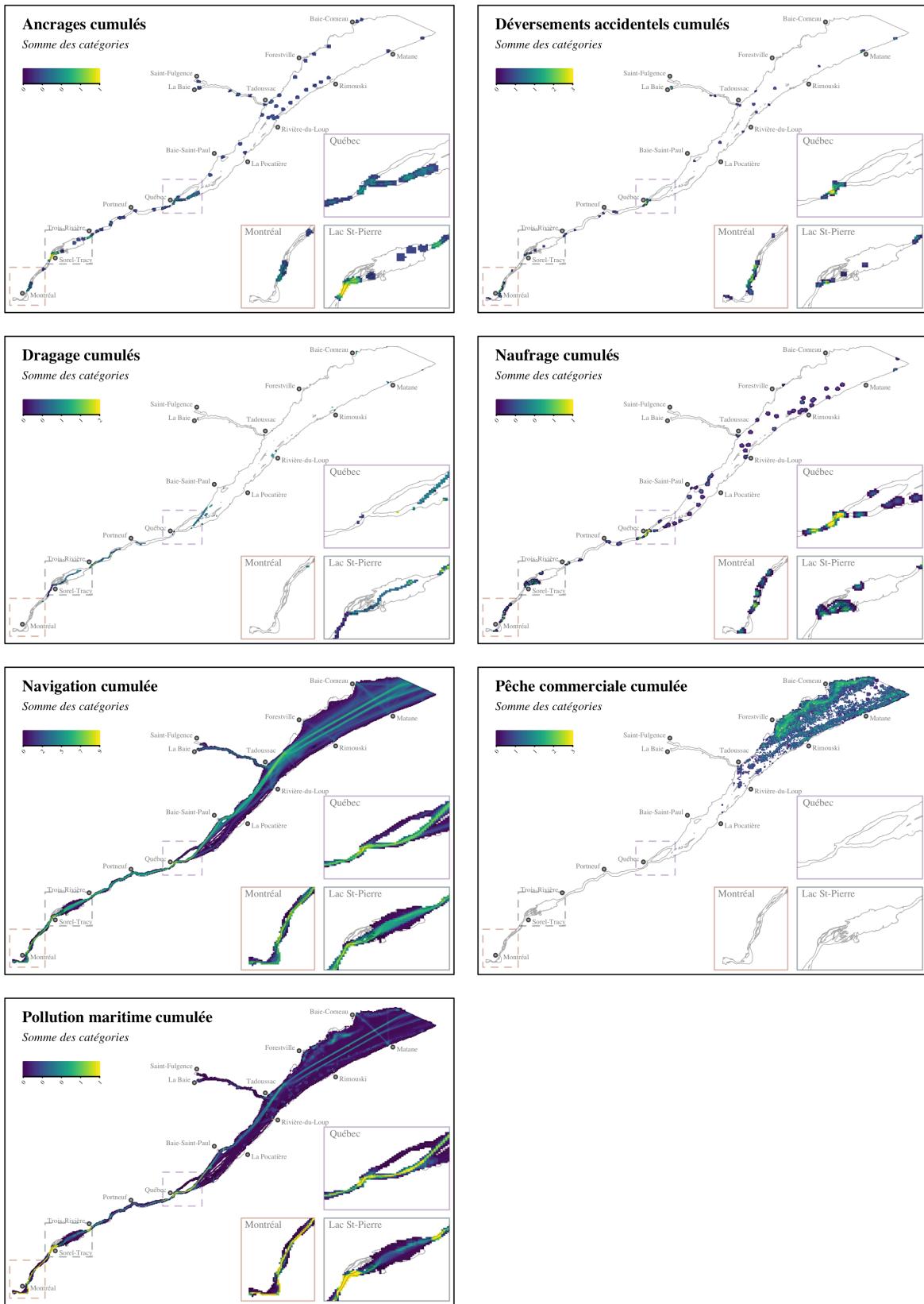


Figure 4.3: Cumul des catégories des différents types de stresseurs au sein de la zone d'étude

valorisées afin d'éviter une surreprésentation de composantes valorisées composées de plusieurs catégories (Figure 4.5). Par exemple, les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques comprennent 40 catégories, alors que l'intégrité des berges est composée de quatre catégories. Finalement, les résultats par type de composantes valorisées sont également disponibles à la figure 4.6.

L'évaluation des composantes valorisées cumulées mettent en évidence que l'entièreté de la zone d'étude est couverte par au moins une composante valorisée. 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 davantage côtière dans le cadre de cette évaluation. Les sites d'intérêt sont également largement distribués en milieux côtiers. 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. 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.

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. Cette observation est reliée à la diversité importante de mammifères marins qui fréquentent cette région et à une quantité importante de sites d'intérêt. La rivière Saguenay présente quant à elle la quantité la moins importante de composantes valorisées; il est toutefois important de mentionner que ce constat reflète davantage le manque de données caractérisant ce milieu plutôt qu'une évaluation réelle de son importance.

4.1.3 Exposition cumulée

Le croisement de l'évaluation des stresseurs et des composantes valorisées cumulés fournissent le troisième résultat de l'évaluation, *i.e.* l'exposition cumulée (Figures 4.7, 4.8 et 4.9). 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 :

$$E_{E,x} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m CV_{i,x} * S_{j,x}$$

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 prédition de l'effet des stresseurs sur les composantes valorisées, elle permet d'identifier les milieux où les composantes valorisées

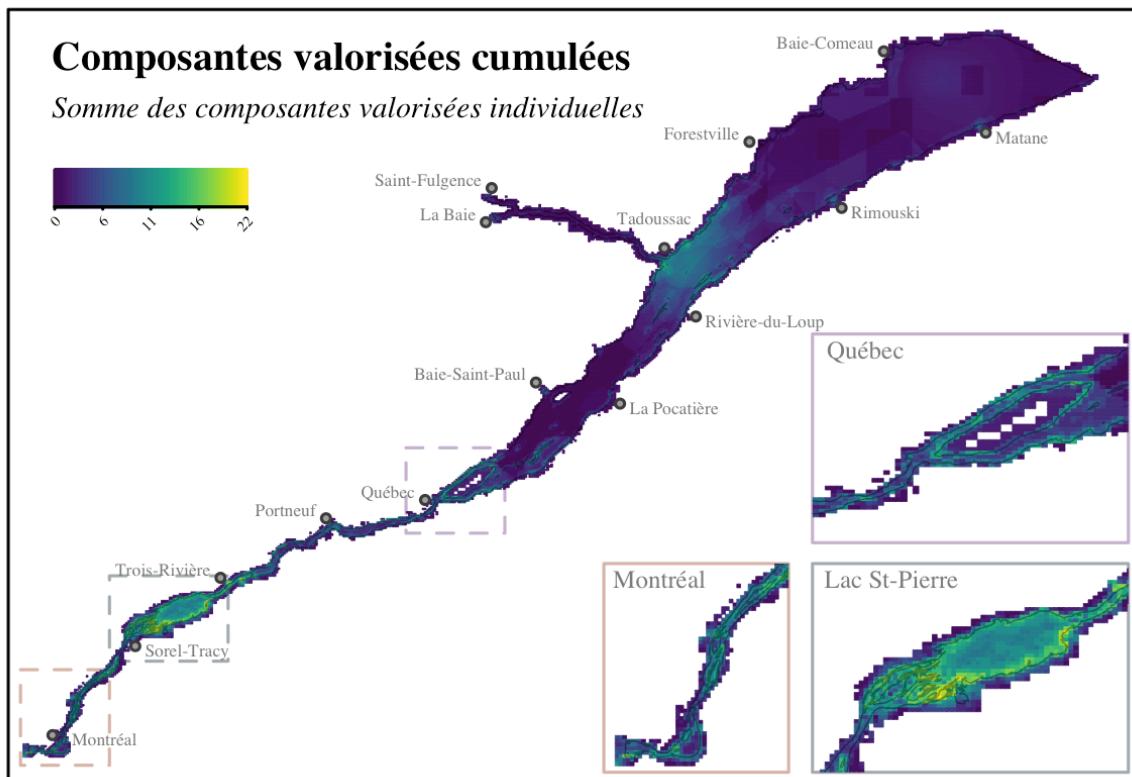


Figure 4.4: Distribution des composantes valorisées cumulées au sein de la zone d'étude

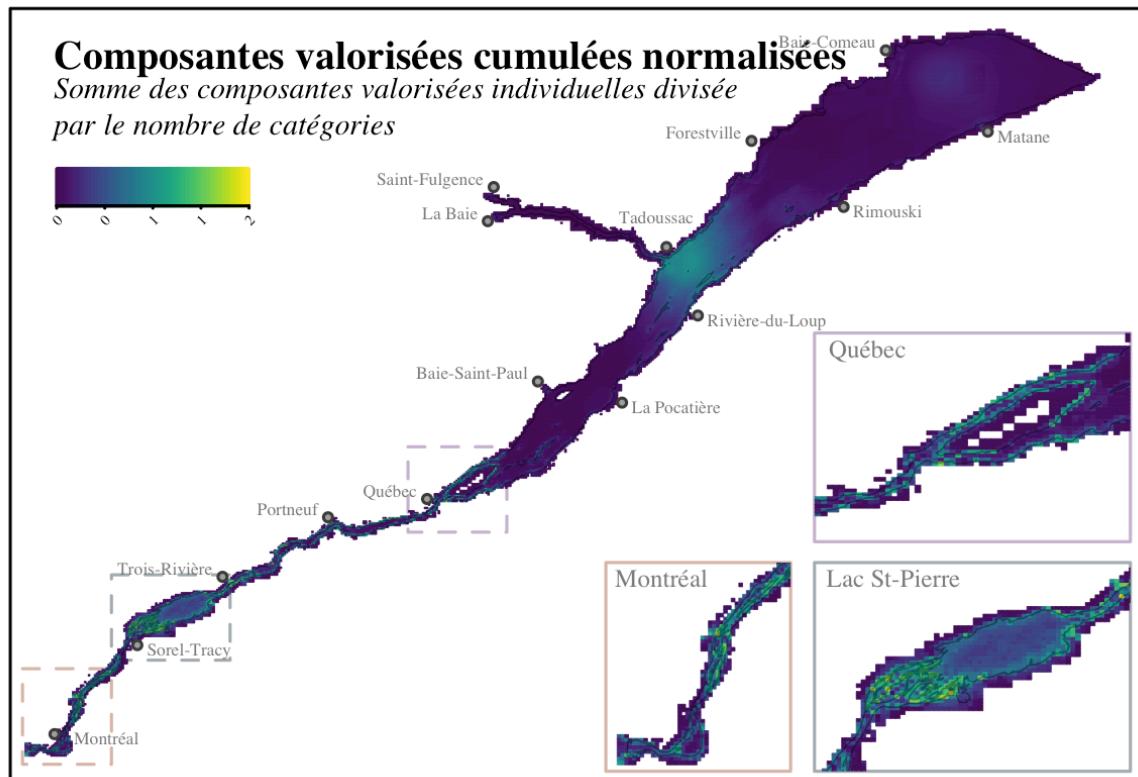


Figure 4.5: Distribution des composantes valorisées cumulées normalisés au sein de la zone d'étude

4.1 Résultats

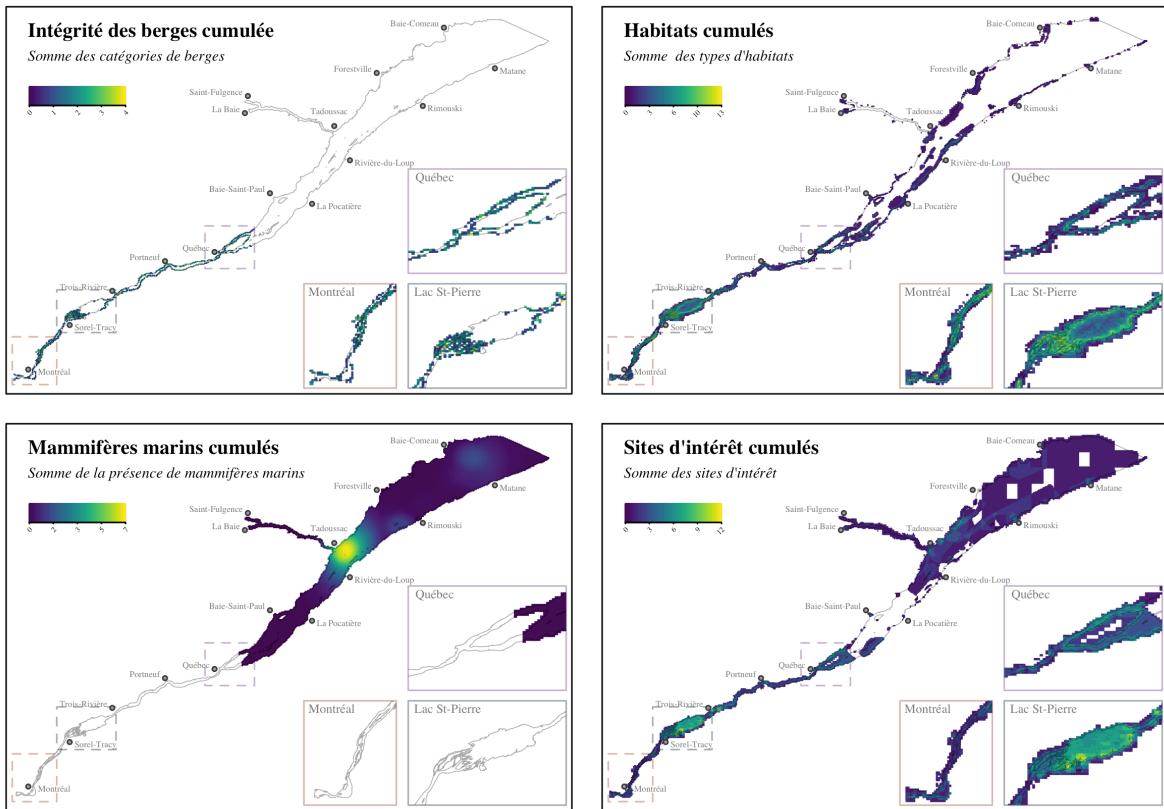


Figure 4.6: Cumul des catégories de composantes valorisées au sein de la zone d'étude

sont le plus susceptibles d'être soumises aux effets des stresseurs environnementaux considérés. L'exposition cumulée permet également de délimiter l'ensemble des milieux où des effets pourraient survenir, puisqu'un chevauchement entre stresseurs et composantes valorisées est nécessaire pour détecter un effet; en tant que tel, cette métrique capture une partie 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, nous avons évalué l'exposition cumulée en normalisant par le nombre de catégories de stresseurs et de composantes valorisées afin d'éviter une sur-représentation de composantes valorisées composées de plusieurs catégories (Figure 4.8). Les résultats par type de composantes valorisées sont également disponibles à la figure 4.9.

Les composantes valorisées sont exposées aux stresseurs dans l'ensemble de la zone d'étude. Certains milieux semblent toutefois particulièrement exposés aux stresseurs. Dans le secteur fluvial, la région de Québec et le sud de l'Îles 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 vers 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 et de stresseurs environnementaux. 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; cette même région est caractérisée par une importante présence de la navigation commerciale, des sites d'ancre, des déversements accidentels, des sites de naufrage, des opérations annuelles de dragage, et un risque plus important de pollution maritime. L'embouchure du Saguenay est quant à elle caractérisée principalement par une forte pression de la navigation qui chevauche la présente d'une diversité importante de mammifères marins; il s'ajoute à ces derniers plusieurs habitats et sites d'importances, ainsi que des stresseurs plus ponctuels comme des déversements, des sites d'ancre et de la pêche commerciale.

4.1.4 Effets cumulatifs

Le résultat principal de l'évaluation applique l'entièreté de la méthode 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 (Figures 4.10 et 4.11). Puisque l'évaluation des effets cumulatifs est contrainte par la distribution spatiale des stresseurs et des composantes valorisées, l'exploration des résultats de l'évaluation des effets a déjà été amorcée à partir de l'évaluation des stresseurs cumulés, des composantes valorisées cumulées et de l'exposition cumulée (voir sections précédentes). L'évaluation des effets cumulatifs permet ainsi de moduler l'intensité relative des effets en fonction de la vulnérabilité des

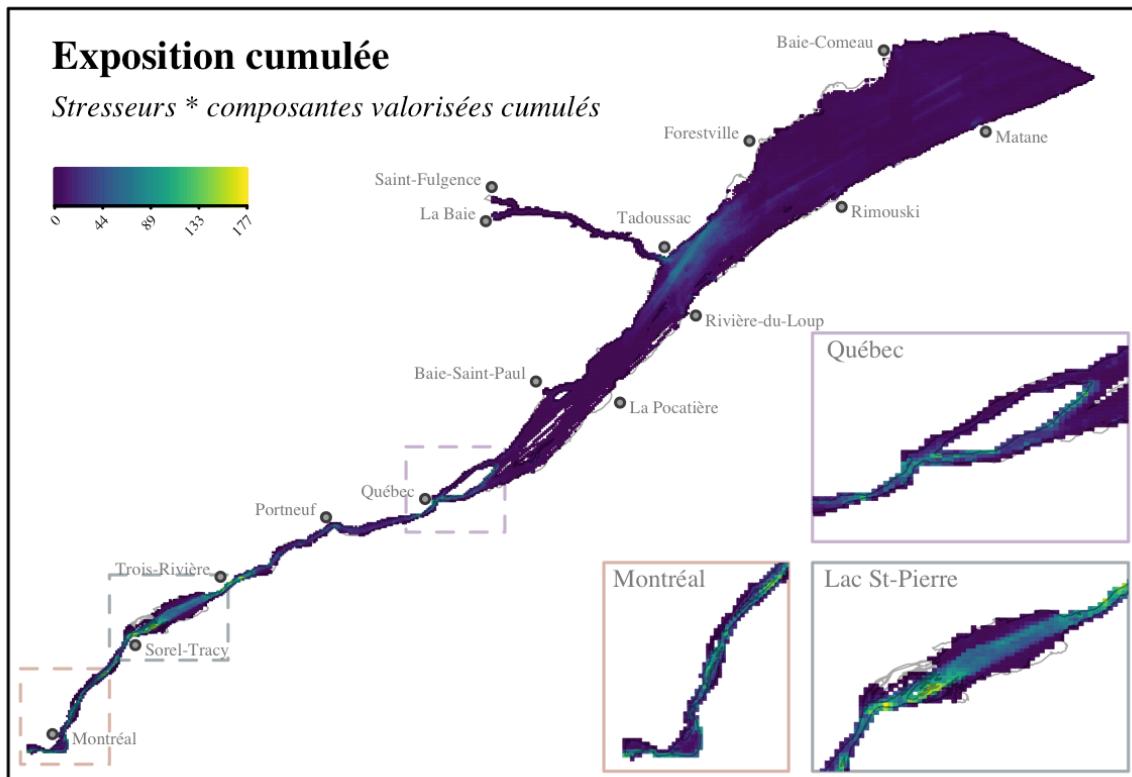


Figure 4.7: Distribution de l'exposition cumulée des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux au sein de la zone d'étude

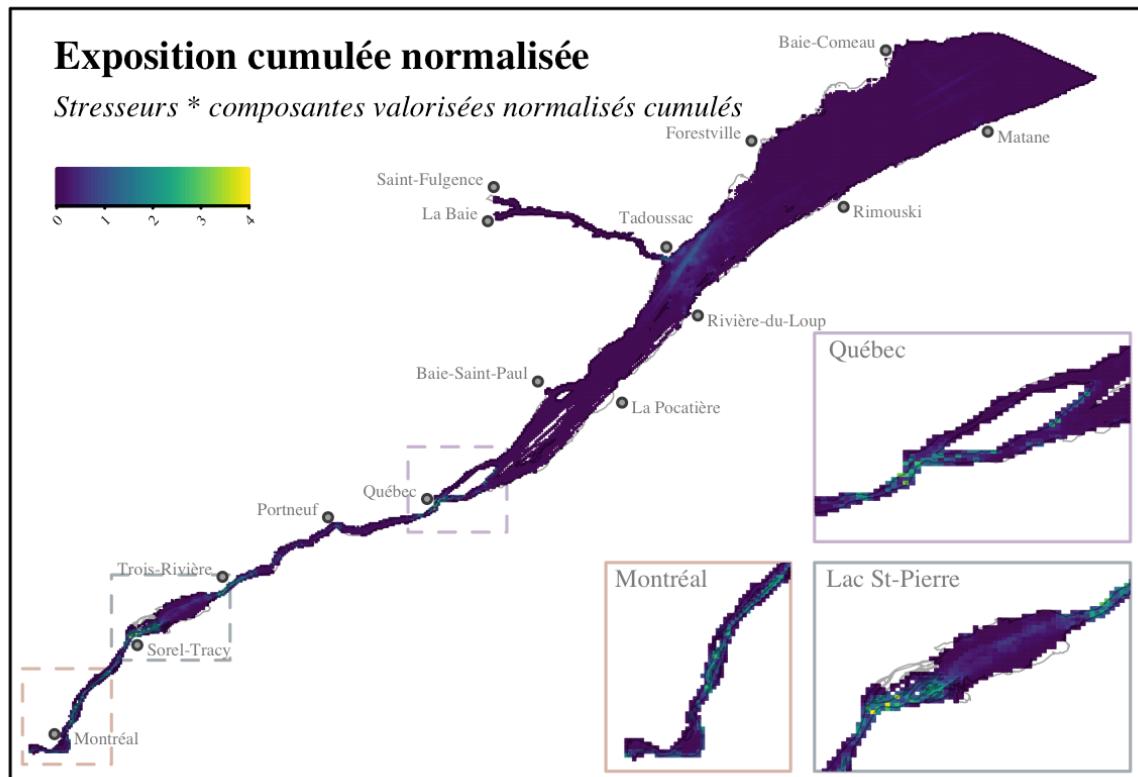


Figure 4.8: Distribution de l'exposition cumulée des composantes valorisées normalisées aux stresseurs environnementaux normalisés au sein de la zone d'étude

4.1 Résultats

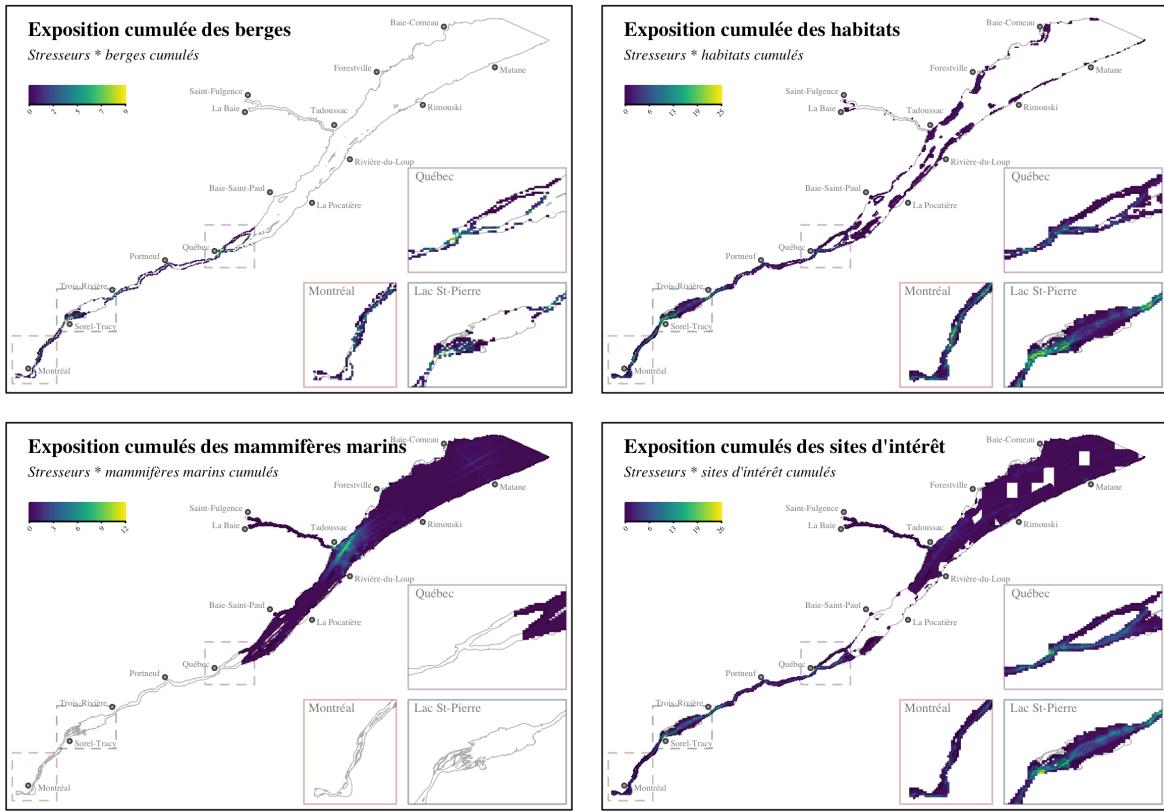


Figure 4.9: Distribution de l'exposition cumulée des différentes catégories de composantes valorisées aux stresseurs environnementaux au sein de la zone d'étude

composantes valorisées aux stresseurs, sans nécessairement altérer la distribution des effets.

Les milieux les plus affectés par les stresseurs environnementaux sont essentiellement les mêmes entre l'évaluation de l'exposition cumulée (Figure 4.7) et l'évaluation des effets cumulatifs (Figure 4.10); une interprétation similaire peut ainsi être faite. Les composantes valorisées sont affectées par les stresseurs dans l'ensemble de la zone d'étude. La région de Québec et le sud de l'Île d'Orléans, ainsi que le chenal de navigation entre Trois-Rivières et Montréal sont particulièrement affectés; l'embouchure de la rivière Saguenay est la région du secteur maritime la plus affectée par les stresseurs reliés aux activités maritimes. L'inclusion de la vulnérabilité semble suggérer une intensité supérieure des effets comparativement à l'exposition pour l'embouchure de la rivière Saguenay et au sein du lac Saint-Pierre (Figure 4.11).

Autres résultats à discuter

- L'intégrité des berges est plus à risque en amont du lac Saint-Pierre en raison de la proximité de la voie navigable et des berges. Il est important de noter que l'absence d'effets sur l'intégrité des berges dans le secteur maritime est dû à la portée de l'étude et non à l'absence de risque d'érosion.

4.1.5 Chemins d'effet

L'évaluation des effets cumulatifs proposée permet d'explorer l'ensemble des combinaisons de stresseurs et de composantes valorisées incluses à l'analyse. Considérant les 26 catégories de stresseurs et les 74 catégories de composantes valorisées, il s'agit de près de 2 000 paires possibles, qui forment l'ensemble des chemins d'effets, ou séquences des effets, possibles d'un stresseur vers une composante valorisée. Un chemin d'effets 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 combinaisons au sein de ce rapport, les figures 4.12 et 4.13 fournissent une représentation visuelle de l'ensemble de ces combinaisons et de la contribution des stresseurs aux effets cumulatifs totaux prédicts pour chaque composante valorisée considérée.

Les effets totaux prédicts sur les composantes valorisées et par les stresseurs environnementaux ont été évalués par la somme des effets totaux divisés par la superficie totale de la composante valorisée sur laquelle un effet est prédict. Par exemple, si un habitat d'une superficie de 2 km^2 est affecté par deux stresseurs ayant un score de 0.25 et 0.75, respectivement, l'effet total sur la composante valorisée est de 0.5 km^{-2} .

La figure 4.12 permet de visualiser l'ensemble des chemins d'effets binaires. Les liens représentent la présence d'un effet d'un stresseur vers une composante valorisée, alors que la taille des points représente les effets relatifs totaux sur les composantes valorisées et en provenance des stresseurs environnementaux. Cette figure permet également de visualiser rapidement la quantité d'information disponible au sein de la base de données

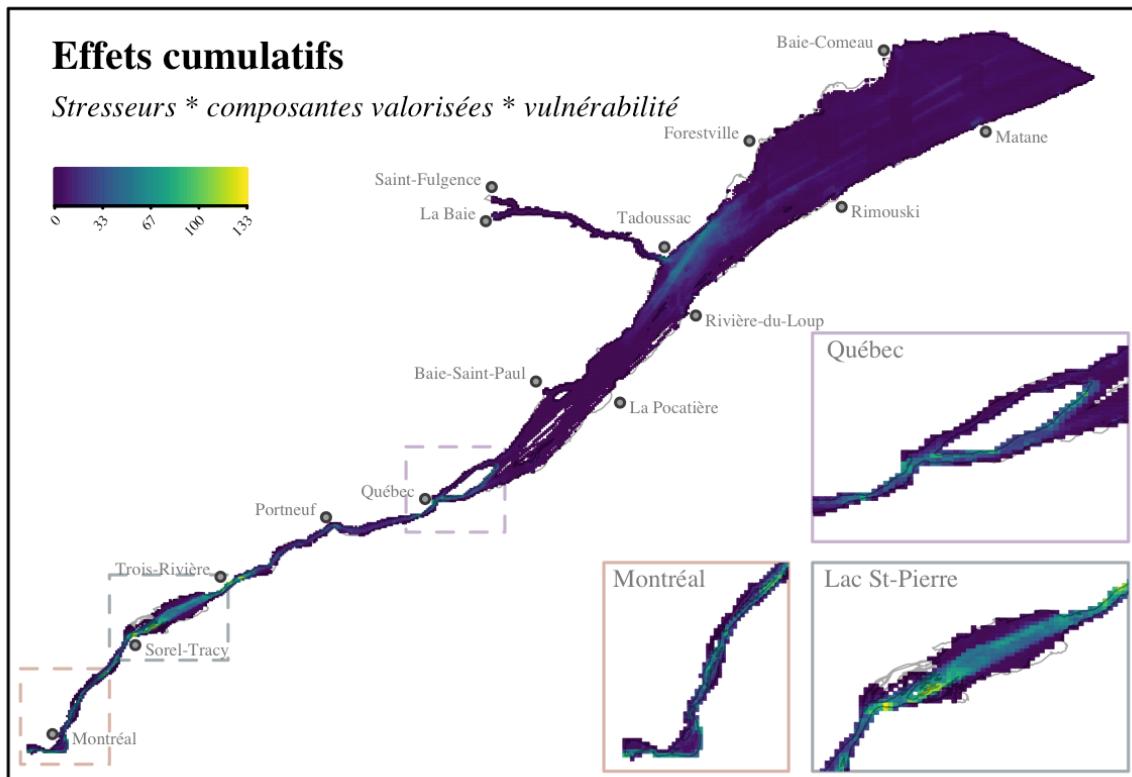


Figure 4.10: Distribution des effets cumulatifs des sources de stress reliés aux activités maritimes sur les composantes valorisées

4 Diagnostic

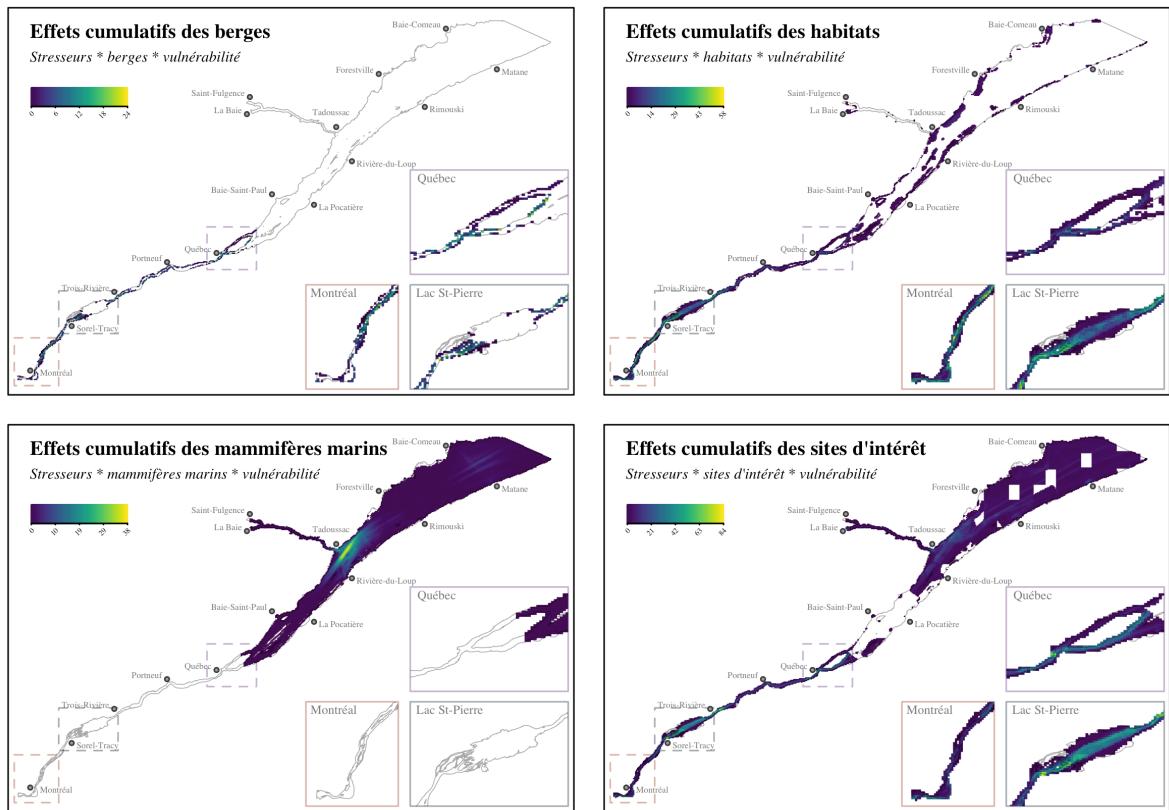


Figure 4.11: Distribution des effets cumulatifs des sources de stress reliés aux activités maritimes sur l'intégrité des berges, les habitats, les mammifères marins et les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques

générée par l'évaluation des effets cumulatifs proposée. La figure 4.13 permet quant à elle d'explorer ces chemins d'effets plus en détails en présentant la contribution relative individuelle de chaque stresseur aux effets prédicts pour chaque composante valorisée.

Principaux résultats

- La navigation et la pollution maritime ont les effets les plus importants. Ces résultats sont attendus puisque ces stresseurs sont les plus répandus parmi ceux considérés pour l'évaluation.
- Les autres stresseurs ont des effets totaux relativement faibles, sauf les pêches commerciales qui affectent certaines catégories de composantes valorisées plus intensément, comme les gisements coquilliers et certains sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques.
- Les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques sont les plus exposés aux effets des stresseurs issus des activités maritime. Bien que ce ne soit pas surprenant considérant la vulnérabilité maximale qui leur est attribuée, il s'agit tout de même d'un constat important.
- Les sites d'intérêt de la Nation Mohawk de Kahnawà:ke semble particulièrement exposée aux effets des stresseurs.
- 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 prédicts. Il faudrait peut-être considérer refaire cette évaluation en ne considérant que les habitats les plus importants pour ces espèces.
- Outre les sites d'intérêt, l'intégrité des berges est la composante valorisée la plus affectée par les effets cumulatifs de la navigation et des activités de dragage.

4.1.6 Régions administratives

Une évaluation des effets cumulatifs par km^2 au sein des 11 régions administratives se séparant la zone d'étude a également été effectuée afin d'explorer les différences régionales au niveau de l'intensité des effets cumulatifs (Figures 4.14 et 4.15). 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

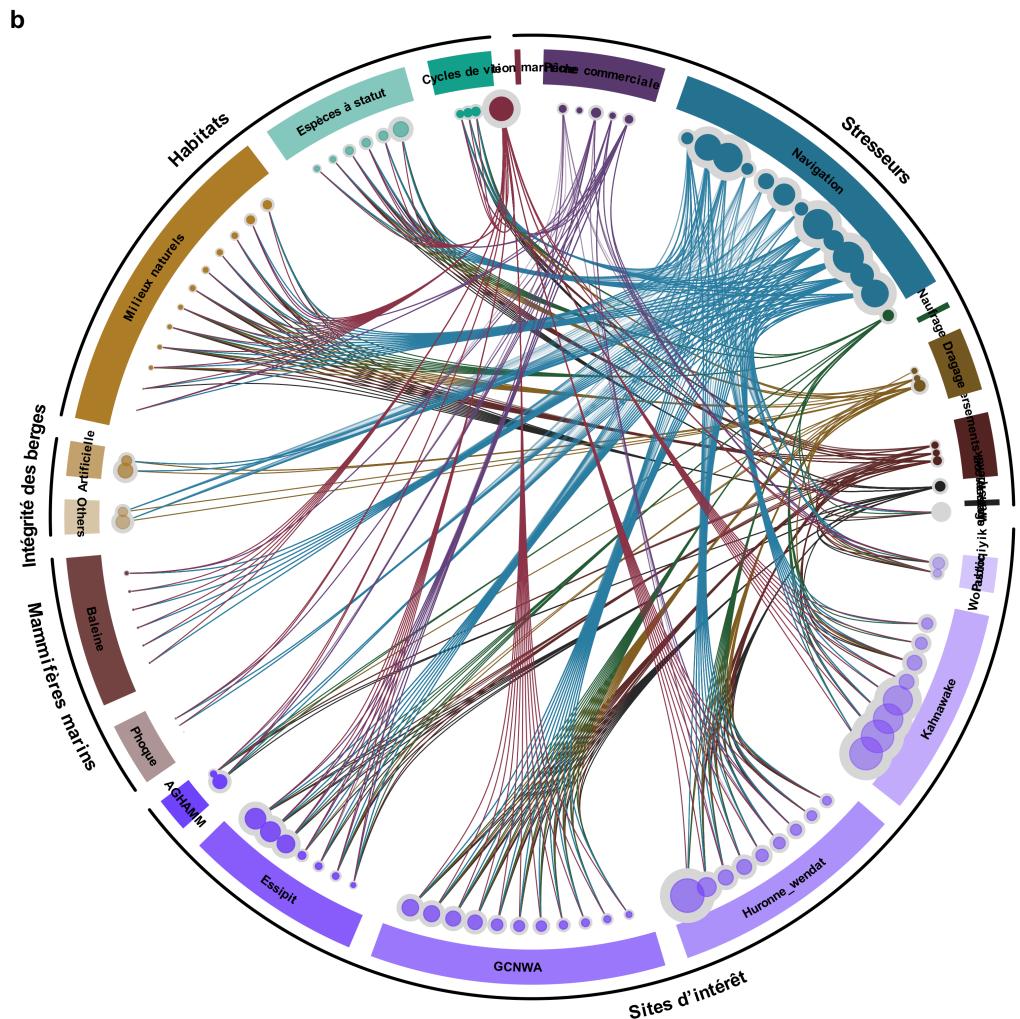


Figure 4.12: Réseau multiplex présentant la présence d'un effet des stresseurs individuels sur chaque composante valorisée considérées à l'évaluation des effets cumulatifs (*i.e.* liens colorés), les effets cumulatifs totaux sur chaque composante valorisée (*i.e.* taille des points des composantes valorisées) et l'effet moyen des stresseurs (*i.e.* taille des points des stresseurs).

4.2 Constats généraux

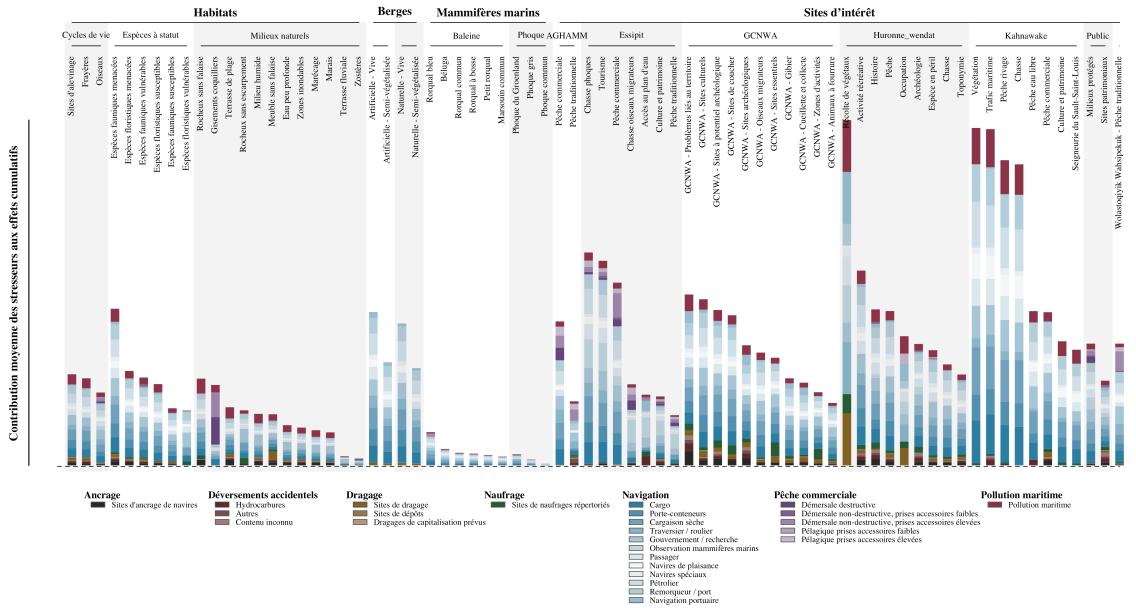


Figure 4.13: Contribution moyenne par km^2 des stresseurs aux effets cumulatifs des activités maritimes sur les composantes valorisées dans la zone d'étude

façon qu'un navire supplémentaire à Montréal. Par extension à la navigation, le second stresseur d'importance au sein des régions administratives du secteur fluvial est le risque de pollution maritime. 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.

4.2 Constats généraux

Nous présentons au sein de cette section les constats généraux issus de l'évaluation des effets cumulatifs en points de forme. Des constats additionnels pourraient être faits en explorant davantage des résultats obtenus; ces derniers ne devraient ainsi pas être interprétés comme une interprétation exhaustive de l'ensemble des résultats obtenus. Ils représentent plutôt notre premier regard sur les résultats et ce que nous considérons être des faits saillants à l'échelle de la zone d'étude entière.

- **Distribution des stresseurs environnementaux issus des activités maritime**
 - L'ensemble de la zone d'étude est exposée aux stresseurs environnementaux;

4 Diagnostic

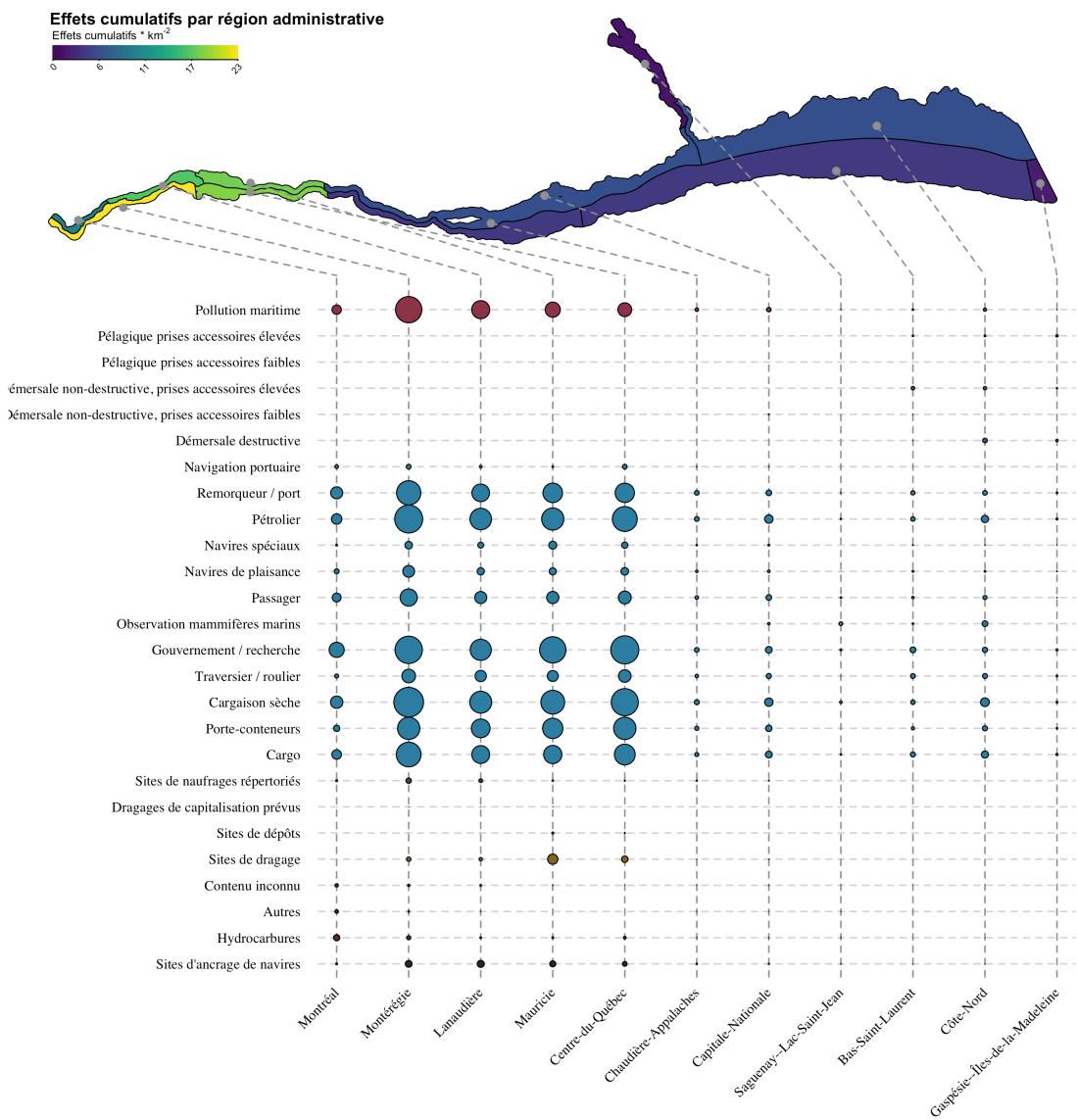


Figure 4.14: Contribution moyenne par km^2 des stresseurs aux effets cumulatifs des activités maritimes sur les composantes valorisées dans les régions administratives du Québec couvrant la zone d'étude

4.2 Constats généraux

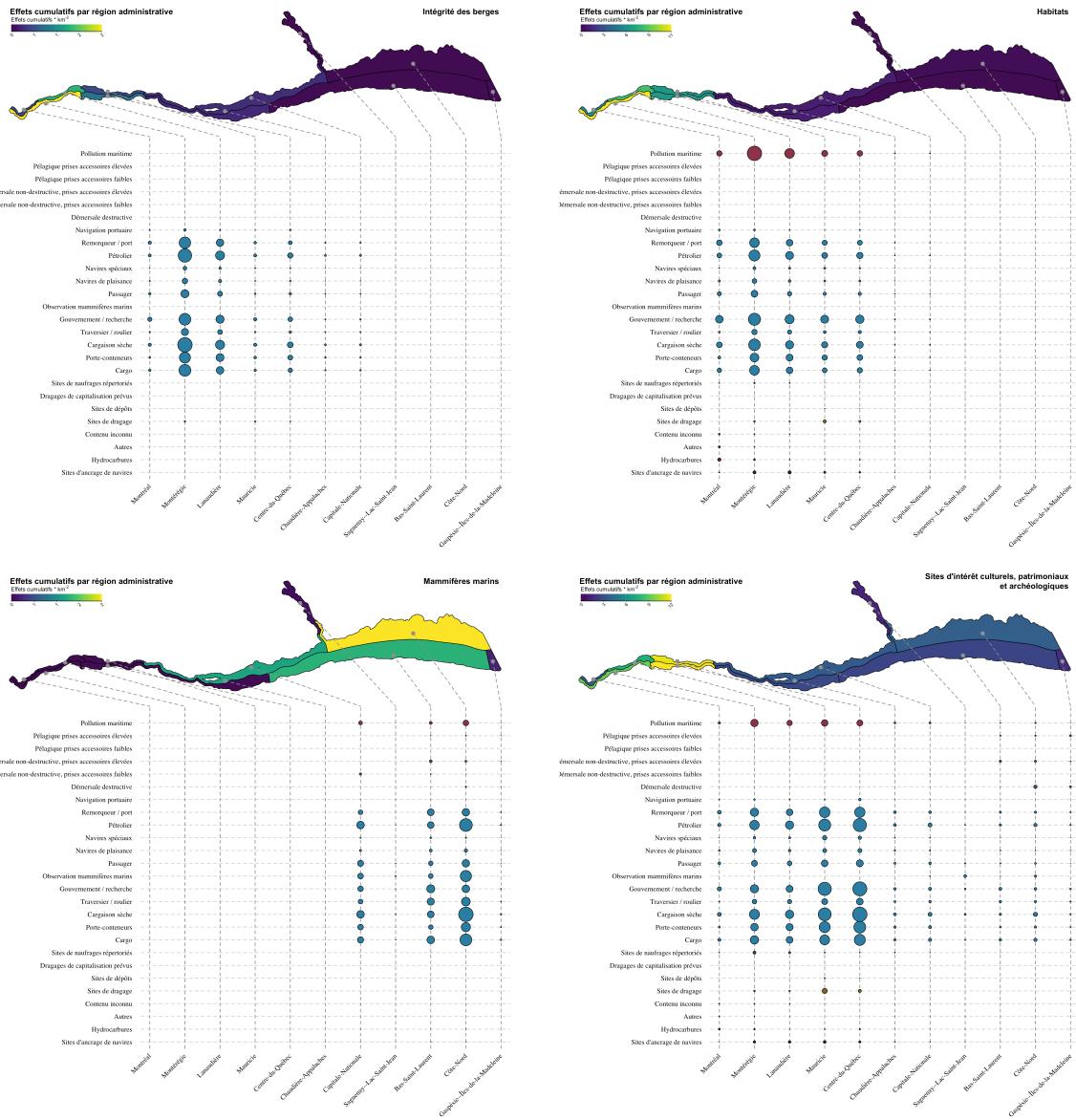


Figure 4.15: Contribution moyenne par km^2 des stresseurs aux effets cumulatifs des activités maritimes sur l'intégrité des berges, les habitats, les mammifères marins et les sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques dans les régions administratives du Québec couvrant la zone d'étude

4 Diagnostic

- Les grandes villes portuaires et la voie navigable sont particulièrement exposées;
- La navigation et la pollution maritime sont les stresseurs les plus répandus.

- **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;
- Les effets cumulatifs sont particulièrement intenses et concentrés au sein du secteur fluvial; les effets y sont plus intenses dans la région 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 les plus importants**

- La navigation et la pollution maritime ont les effets 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 ont des effets importants sur un nombre limité de composantes valorisées considérées, comme les gisements coquilliers et certains sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques;
- Les sites d'ancre, 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 les plus 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 de la navigation 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;
- Bien que les mammifères marins semblent moins affectés que les autres composantes valorisées par les effets cumulatifs des activités maritimes, il est important de mentionner que les espèces considérées ont une répartition diffuse au sein de l'estuaire, ce qui a pour effet de diminuer les effets cumulatifs totaux. Les effets cumulatifs sont tout de même importants pour les mammifères marins à l'embouchure de la rivière Saguenay.

- **Régions 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;
- La Côte Nord est la région administrative la plus affectée au sein du secteur maritime.

4.3 Limites de l'évaluation

- La limite la plus importante de l'étude est l'utilisation d'un indice relatif des effets des stresseurs environnementaux sur les composantes valorisées. Bien qu'une telle approche offre des avantages clairs comme la possibilité d'inclure divers sources de données et d'adopter une approche holistique pour l'évaluation des effets cumulatifs, elle ne permet de mettre en évidence un effet absolu des stresseurs environnementaux sur les composantes valorisées, *i.e.* une variation de l'état d'une composante valorisée face aux effets cumulatifs des activités maritimes. Les résultats doivent ainsi être interprétés comme une probabilité de risque des activités maritimes sur les composantes valorisées considérées.
- La portée de l'étude constitue la deuxième limite la plus importante de l'évaluation : *l'évaluation est entièrement contrainte par les stresseurs environnementaux et par les composantes valorisées considérées. Aucune interprétation débordant cette portée ne peut être effectuée.*
- Premièrement, il s'agit d'une évaluation sectorielle des effets cumulatifs concentrée sur les activités maritimes liées à la navigation. Or, une évaluation régionale des effets cumulatifs aurait cherché à considérer l'ensemble des stresseurs environnementaux affectant la zone d'étude. 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*). C'est la raison pour laquelle nous n'avons pu inclure la composante valorisée visant la

qualité de l'eau, qui demeure une préoccupation justifiée des communautés locales; c'est également pourquoi l'Agence d'évaluation d'impacts du Canada a récemment autorisé une évaluation régionale de la région du fleuve Saint-Laurent suite à une demande présentée par la Nation Mohawk de Kahnawà:ke. Nous croyons que l'évaluation proposée par ce projet pilote pourra supporter et informer cette évaluation régionale. Nous croyons toutefois qu'elle ne peut être considérée comme une évaluation exhaustive des effets cumulatifs exhaustive permettant d'adresser l'ensemble des préoccupations énoncées par les communautés locales et telle que demandée par la Nation Mohawk de Kahnawà:ke.

- Deuxièmement, les composantes valorisées sélectionnées représentent une série de préoccupations identifiées par des experts et des communautés locales 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 signifie pas l'absence d'effets environnementaux ou sociaux. Ces résultats seraient différents si des composantes valorisées différentes étaient considérées. Par exemple, si l'évaluation n'avait considéré que les mammifères marins, les effets cumulatifs n'auraient été prédits que dans le secteur maritime. Cette observation n'aurait en rien signifié que les activités maritimes n'exercent aucune pression environnementale ou sociale au sein du secteur fluvial.
- En plus de la portée, l'évaluation est limitée par la disponibilité et l'accessibilité aux données. Puisqu'aucune nouvelle donnée n'était collectée dans le cadre de ce projet, le portrait présenté 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), alors que dans certains cas elles étaient inaccessibles même si elles existent (*e.g.* pêche commerciale dans le secteur fluvial et bruit maritime). Certaines données sont également en cours d'acquisition à travers d'autres projets de caractérisation du milieu, comme une caractérisation des herbiers aquatiques. Ces données, lorsque disponibles, pourront aisément être ajoutées à l'évaluation des effets cumulatifs. La section suivante sur les perspectives discute de quelques exemples spécifiques de données qui pourraient être ajoutées à l'évaluation afin d'en bonifier la portée.
- L'évaluation proposée est régionale et explicitement spatiale; elle nécessitait ainsi 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

4.3 Limites de l'évaluation

l'attachement territorial. Ces considérations demeurent toutefois importantes.

- L'évaluation a été effectuée au sein d'une grille d'étude de 1 km^2 couvrant une zone d'étude de près de $15\,000 \text{ km}^2$, en considérant 26 catégories de stresseurs et 74 catégories de composantes valorisées. L'interprétation des résultats doit être faite en considérant la résolution, l'étendue, et la quantité d'éléments inclus à l'évaluation.
- Dans le cadre de cette étude pilote, nous nous sommes concentrés sur une évaluation contemporaine des effets cumulatifs, *i.e.* en concentrant notre recherche de données sur la période couvrant les 5 à 10 dernières années. Bien que nous ayons pu obtenir une caractérisation allant au-delà de cette période pour plusieurs catégories de stresseurs et de composantes valorisées, les résultats ne représentent pas une évaluation historique des effets cumulatifs. Aucun état de référence n'a ainsi été établi afin de comparer l'état d'un milieu à lui-même à travers le temps. Les comparaisons pouvant être faites sont ainsi davantage spatiales que temporelles.

5 Perspectives

L'évaluation proposée au sein de ce rapport est un projet pilote qui visait à fournir une première évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes. 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. Nous suggérons ainsi au sein de cette section quelques perspectives issues de ce projet pilote et de notre perspective sur l'évaluation des effets cumulatifs qui pourraient être intéressantes afin d'améliorer et bonifier l'évaluation proposée au sein de ce rapport.

5.1 Sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques

Nous débutons la section perspective en discutant brièvement des sites d'intérêt culturels, patrimoniaux et archéologiques. L'évaluation des effets cumulatifs proposée permet de déterminer quels sites sont les plus exposés aux effets des activités maritimes. En parallèle de nos travaux, l'équipe de Roxanne Lavoie de l'Université Laval travaille à effectuer une analyse qualitative des effets cumulatifs sur des composantes valorisées socio-culturelles pour les Premières Nations. L'évaluation des effets cumulatifs sur des dimensions d'ordre sociales et culturelles demeure toutefois très peu explorée au sein de la littérature, et ces deux projets représentent une opportunité unique de combiner des travaux provenant de sciences naturelles et sociales en vue d'améliorer nos approches d'évaluation des effets cumulatifs. Il serait ainsi pertinent de combiner – plutôt que de simplement comparer et agencer – les résultats des deux projets. Un tel projet serait à la frontière de la recherche présentement effectuée en évaluation des effets cumulatifs et pourrait influencer comment les évaluations sont effectuées dans le futur.

5.2 Caractérisation des habitats

La caractérisation des habitats utilisés pour l'évaluation des effets cumulatifs présentée dans ce projet pilote présente en réalité deux types d'habitats, soit des habitats pouvant être perçus comme des écosystèmes uniques, et 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

5 Perspectives

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 utilisés afin de moduler l'évaluation de la vulnérabilité des différents habitats selon leur importance pour des espèces. 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. Une mise à jour de l'évaluation des effets cumulatifs pourrait avoir pour objectif une caractérisation exhaustive des habitats et l'ajout de critères visant à évaluer leur vulnérabilité permettant de considérer les sites connus pour leur importance écologique.

5.3 Données

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 aisément être intégrées à la méthode d'évaluation des effets cumulatifs proposée. En cours de projet, certaines données pertinentes n'ont 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.

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

Les bruit maritime 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. Lorsque complétée, cette mise à jour pourrait être intégrée à la caractérisation des habitats.

Pêche commerciale 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 obtenue puisque le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et le (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.

5.4 Scénarios de gestion

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; Jones, 2016; hodgson2019?](#)). La méthode d'évaluation des effets cumulatifs utilisée pour ce projet pilote fournit une telle 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 pressenti 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.

5.5 Opérationnaliser les évaluations des effets cumulatifs

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 (*e.g.* [Jones, 2016](#); [hodgson2019?](#)). 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 ([reichman2011?](#); [poisot2013?](#); [wilkinson2016?](#); [williams2020?](#)). 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 pourra 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 adaptive.

5.6 Exploration interactive des évaluations d'effets cumulatifs

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

5.6 Exploration interactive des évaluations d'effets cumulatifs

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.

Remerciements

References

- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00383).
- 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](https://doi.org/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.
- Butts, T. A., and Shackleford, D. B. (1992). Impacts of commercial navigation on water quality in the Illinois river channel.
- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.04.003).

5 Perspectives

- 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](https://doi.org/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.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (2014). Définitions et principes pan-canadiens pour les effets cumulatifs. 2.
- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1007/s00267-004-0240-5).
- 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](https://doi.org/10.3354/meps09064).
- 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'évaluation environnementale (2012). Pêches et Océans Canada, Garde côtière canadienne.
- 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](https://doi.org/10.1002/2016GB005384).
- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1890/ES13-00181.1).

5.6 Exploration interactive des évaluations d'effets cumulatifs

- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1017/CBO9780511525551).
- 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](https://doi.org/10.1139/F08-069).
- Jones, F. C. (2016). Cumulative effects assessment: Theoretical underpinnings and big problems. *Environmental Reviews* 24, 187–204. doi:[10.1139/er-2015-0073](https://doi.org/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](https://doi.org/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.
- Lerner, J. (2018). Examen des concepts et des cadres internationaux de gestion des effets cumulatifs. Préparé pour Transports Canada dans le cadre du contrat T8080-170062. UBC Institute for Resources, Environment, and Sustainability Aquatic Ecosystems Research Laboratory.
- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103863).

5 Perspectives

- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.06.011).
- 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](https://doi.org/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.
- Pickard, D., de la Cueva Bueno, P., Olson, E., and Semmens, C. (2019). Examen des méthodes d’évaluation des effets cumulatifs du transport maritime. Rapport préparé par ESSA Technologies Ltd. Pour Transports Canada.
- 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.
- 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](https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00042).
- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220092).
- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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

5.6 Exploration interactive des évaluations d'effets cumulatifs

Conservation Efforts in Equatorial Guinea. *Frontiers in Marine Science* 6. doi:[10.3389/fmars.2019.00717](https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00717).

Vigil, K. M. (2003). *Clean Water, 2nd ed: An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control*. Corvallis: Oregon State University Press.

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](https://doi.org/10.1007/s00267-004-0095-9).

6 Annexes

Annexe 1

Table X. Calendrier des livrables du contrat d'évaluation des effets cumulatifs

Livrable	Date
Lancement et préparation du calendrier et du plan de travail	Début février 2020
Document présentant un aperçu de la méthode	Mi-mai 2020
Établir liste de besoins en termes de données et initier les contacts visant à obtenir les données nécessaires	Mi-mars - mai 2020
Webinaire avec partenaires et collaborateurs	Mai 2020
Ajuster approche selon les commentaires des collaborateurs	Mai-Juin 2020
Contacts et collecte de données	Juin 2020 - Mars 2021
Cartographie des sources de stress et des composantes valorisées	Juillet 2020 - Mars 2021
Évaluation préliminaire de l'exposition cumulée des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux	Novembre 2020 - Février 2021
Évaluation préliminaire de la vulnérabilité des composantes valorisées	Novembre 2020 - Février 2021
Rapport sommaire et présentation des constations préliminaires aux fins de commentaires lors d'un atelier, révision et échanges sur la vulnérabilité des composantes valorisées et échanges sur la cartographie des sources de stress et des composantes valorisées	Mars 2021
Ajuster approche selon les commentaires des collaborateurs, intégration de nouvelles considérations et intégration des connaissances des collaborateurs et des Premières Nations à l'évaluation de la vulnérabilité des composantes valorisées	Avril - Mai 2021
Contacts et collecte de données manquantes ou proposées lors de l'atelier de mars 2021	Avril - Mai 2021
Analyses finales et rédaction du rapport	Mai 2021 - Décembre 2021

6 Annexes

Livrable	Date
Livraison du rapport final aux fins de traduction et de diffusion	31 décembre 2021
Présentation du rapport final lors d'un atelier	Début février 2022

Annexe 2

Contact_id	Prénom	Nom	Organisation
0001	David	Beauchesne	Université Laval
0002	Philippe	Archambault	Université Laval
0003	Cindy	Grant	Université Laval
0004	Catherine	Guillemette	Transports Canada
0005			Pêches et Océans Canada
0006			Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire
0007			Environnement et Changement climatique Canada
0008			Plan d'action Saint-Laurent
0009	Sylvie	Picard	Canards Illimités Canada
0010			Ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques
0011	Turgeon	Samuel	Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent
0012	Marc	Mingelbier	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
0013			Environment and Climate Change Canada
0014			Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation
0015	Stéphane	Comtois	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
0016	Jeff	Campagnola	Transports Canada
0017			Canadian Coast Guard
0018	Pierre	Nellis	Garde Côtière Canadienne
0019	Patrick	Lajeunesse	Université Laval
0020	Jean-François	Bernier	Université Laval
0021	Pierre	Dion	Garde Côtières Canadienne
0022	Étienne	Gélinas	Garde Côtières Canadienne
0023	Simon	Blais	Environnement et Changement climatique Canada
0024	Lisa	M. Arsenault	Association de gestion halieutique autochtone
0025	Donald	Bouchard	Conseil de la Première Nation des Innus ESSIPIMIUS
0026	Pierre	Tremblay	Conseil de la Première Nation des Innus ESSIPIMIUS
0027	David	Poissant	Association de gestion halieutique autochtone
0028	Aurélie	Cosandey-Godin	WWF-Canada
0029	Sonia	Giroux	Réseau d'observation de mammifères marins
0030	Charles	Dagneau	Agence Parcs Canada
0031	Patrick	Ragaz	Mohawk Council of Kahnwà:ke
0032	Denis	Bernier	Fisheries and Oceans Canada
0033			Fisheries and Oceans Canada
0034	Brian	Boivin	Fisheries and Oceans Canada
0035			Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
0036	Benoît	Tremblay	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
0037			Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
0038	Carissa	Philippe	Fisheries and Oceans Canada
0039			Ministère des Transports
0040	Jean-François	Rail	Environnement et Changement climatique Canada
0041			Ministère de la Culture et des Communications
0042	Pierre	Michon	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
0043			Ministère de l'Économie et de l'Innovation

Annexe 3

Données_id	Nom
0001	[Inventaire zostères](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/c9ab948f-5009-4d8b-8a2e-1a2a2a2a2a2a)
0002	[Zostères Pointe au père](https://catalogue.ogsl.ca/fr/dataset/3d0c057b-ab39-4a7a-8a2e-1a2a2a2a2a2a)
0003	[Zostères Mitis](https://catalogue.ogsl.ca/fr/dataset/93fd20e8-c80b-4304-9eb4-8a2a2a2a2a2a)
0004	[Milieux humides Lac St-Pierre](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/9c52d1)
0005	[Milieux humides Saint-Laurent](https://www.donneesquebec.ca/recherche/datas)
0006	[Milieux humides Saint-Laurent](https://catalogue.ogsl.ca/fr/dataset/0a232214-0)
0007	[Marais côtiers Saint-Laurent](https://catalogue.ogsl.ca/fr/dataset/0a232214-05cc)
0008	[Milieux sableux Saint-Laurent](https://catalogue.ogsl.ca/fr/dataset/0a232214-05)
0009	Sites d'alevinage
0010	Frayères
0011	Espèces à statut
0012	[Classification rivages côtiers](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/ba58051)
0013	[Zones inondables MRC](https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/0d)
0014	[Zones inondables BDZI](https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/3a)
0015	Ancrages
0016	Déversements accidentels
0017	[Caractérisation des berges](https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/ca)
0018	Chenal de navigation et dragage
0019	Sites de dragage et de dépôt
0020	Index des navires données AIS (id: 0021)
0021	Données AIS satellite de navigation
0022	Pêches commerciales AGHAMM
0023	Saumon Atlantique AGHAMM
0024	Sites d'importance communauté Essipit
0025	Communauté Wolastoqiyik Wahsipekuk pêche homard
0026	Communauté Wolastoqiyik Wahsipekuk pêche oursin vert
0027	Mammifères marins
0028	Observation en mer de mammifères marins
0029	Zones herbacées
0030	Mesures spatiales de gestion parc marin
0031	Phoque commun fjord du Saguenay
0032	Kahnawà:ke - Local input on valued components
0033	Pêche commerciale
0034	Index des engins de pêche pour la pêche commerciale (id: 0033)
0035	Index des espèces pour la pêche commerciale (id: 0033)
0036	[Habitat faunique](https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/habitats-fa)
0037	[Habitat floristique](https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/habitats-f)
0038	[Registre des aires protégées au Québec](https://www.donneesquebec.ca/recherche/d)
0039	[Other Effective Area-Based Conservation Measures](https://open.canada.ca/datasets/other-effective-area-based-conservation-measures)
0040	[Oceans Act Marine Protected Areas](https://open.canada.ca/data/en/dataset/oceans-act-marine-protected-areas)
0041	[Installtions portuaires](https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/dcf460ae-c27f-4)
0042	[Territoires d'intérêt pour la conservation - milieux humides](https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/terr)
20043	[Computerized Database of Québec Seabirds (CDQS)](https://catalogue.ogsl.ca/datasets/computerized-database-of-quebec-seabirds-cdqs)
0044	[Site patrimoniaux](https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/578d18)
0044	[Site patrimoniaux](https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/34ca1a4)
0046	Dragage

Annexe 4

Annexe 5

Annexe 6

Annexe 7

Annexe 8

Table 6.2: Équivalence entre les sources de stress 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 @clark-murray2015a.

Sources de stress	Équivalences
Sites d'ancrage	
Déversements accidentels : Hydrocarbures	Ocean dumping: toxic
Déversements accidentels : Autres	Ocean dumping: toxic
Déversements accidentels : Contenu inconnu	Ocean dumping: toxic
Dragage : Sites de dragage	Dredging
Dragage : Sites de dépôts	Sediment input: Incidental
Dragage : Dragages de capitalisation prévus	Dredging
Navigation : Cargo	Shipping (large vessel)
Navigation : Porte-conteneurs	Shipping (large vessel)
Navigation : Cargaison sèche	Shipping (large vessel)
Navigation : Traversier / roulier	Shipping (large vessel)
Navigation : Gouvernement / recherche	Scientific research at sea
Navigation : Observation mammifères marins	Tourism: Whale watching
Navigation : Passager	Shipping (large vessel)
Navigation : Navires de plaisance	Shipping (large vessel)
Navigation : Navires spéciaux	Shipping (large vessel)
Navigation : Pétrolier	Shipping (large vessel)
Navigation : Remorqueur / port	Shipping (large vessel)
Navigation : Navigation portuaire	Shipping (large vessel)
Pêche commerciale : Démersale destructive	Fishing: demersal, high
Pêche commerciale : Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	Fishing: demersal, medium
Pêche commerciale : Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	Fishing: demersal, low
Pêche commerciale : Pélagique prises accessoires faibles	Fishing: pelagic, high
Pêche commerciale : Pélagique prises accessoires élevées	Fishing: pelagic, medium
Naufrages : Sites de naufrage	Ocean dumping: shipwreck
Pollution maritime : Pollution maritime	Ocean pollution from ships

Table 6.3: Équivalence 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 @clark-murray2015a.

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
Habitats côtiers : Meuble sans falaise	Tidal flat
Habitats côtiers : Rocheuse sans escarpement	Rocky intertidal
Habitats côtiers : Rocheuse sans falaise	Rocky intertidal
Habitats côtiers : Terrasse de plage	Beach
Habitats côtiers : Terrasse fluviale	NA
Habitats fauniques : Frayères	NA
Habitats fauniques : Habitats d'alevinage	NA
Habitats fauniques : Habitats importants pour les oiseaux	NA
Milieu humide : Eau peu profonde	Saltmarsh
Milieu humide : Marais	Saltmarsh
Milieu humide : Marécage	Saltmarsh
Milieu humide : Milieu humide	Saltmarsh
Milieux aquatiques : Gisements coquilliers	NA
Milieux aquatiques : Zostères	Seagrass
Milieux aquatiques : Herbiers aquatiques	Kelp forest
Zones inondables	NA

6 Annexes

Table 6.4: Évaluation des critères de vulnérabilité des frayères aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la reproduction	Effet sur l'écologie
Sites d'ancrage de navires	3	1	3
Hydrocarbures	1	3	3
Autres	1	3	3
Contenu inconnu	1	3	3
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	0
Cargo	3	1	1
Porte-conteneurs	3	1	1
Cargaison sèche	3	1	1
Traversier / roulier	3	1	1
Gouvernement / recherche	3	1	1
Observation mammifères marins	3	1	1
Passager	3	1	1
Navires de plaisance	3	1	1
Navires spéciaux	3	1	1
Pétrolier	3	1	1
Remorqueur / port	3	1	1
Navigation portuaire	3	1	1
Démersale destructive	3	3	3
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	3	3
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	3	3
Pélagique prises accessoires faibles	3	3	3
Pélagique prises accessoires élevées	3	3	3
Pollution maritime	3	2	2

Table 6.5: Évaluation des critères de vulnérabilité des sites d'alevinage aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la reproduction	Effet sur la survie
Sites d'ancrage de navires	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
Sites de naufrages répertoriés	1	0	0
Cargo	3	1	0
Porte-conteneurs	3	1	0
Cargaison sèche	3	1	0
Traversier / roulier	3	1	0
Gouvernement / recherche	3	1	0
Observation mammifères marins	3	1	0
Passager	3	1	0
Navires de plaisance	3	1	0
Navires spéciaux	3	1	0
Pétrolier	3	1	0
Remorqueur / port	3	1	0
Navigation portuaire	3	1	0
Démersale destructive	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
Pollution maritime	3	2	2

6 Annexes

Table 6.6: Évaluation des critères de vulnérabilité des oiseaux marins aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population
Sites d'ancrage de navires	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
Cargo	3	1
Porte-conteneurs	3	1
Cargaison sèche	3	1
Traversier / roulier	3	1
Gouvernement / recherche	3	1
Observation mammifères marins	3	1
Passager	3	1
Navires de plaisance	3	1
Navires spéciaux	3	1
Pétrolier	3	1
Remorqueur / port	3	1
Navigation portuaire	3	1
Démersale destructive	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
Pollution maritime	3	2

Table 6.7: Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques susceptibles aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut de l'espèce
Sites d'ancre de navires	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	3	1	1
Porte-conteneurs	3	1	1
Cargaison sèche	3	1	1
Traversier / roulier	3	1	1
Gouvernement / recherche	3	1	1
Observation mammifères marins	3	1	1
Passager	3	1	1
Navires de plaisance	3	1	1
Navires spéciaux	3	1	1
Pétrolier	3	1	1
Remorqueur / port	3	1	1
Navigation portuaire	3	1	1
Démersale destructive	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
Pollution maritime	3	2	1

6 Annexes

Table 6.8: Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques vulnérables aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut
Sites d'ancrage de navires	3	0	
Hydrocarbures	1	2	
Autres	1	2	
Contenu inconnu	1	2	
Sites de dragage	2	2	
Sites de dépôts	2	2	
Dragages de capitalisation prévus	1	2	
Sites de naufrages répertoriés	1	0	
Cargo	3	1	
Porte-conteneurs	3	1	
Cargaison sèche	3	1	
Traversier / roulier	3	1	
Gouvernement / recherche	3	1	
Observation mammifères marins	3	1	
Passager	3	1	
Navires de plaisance	3	1	
Navires spéciaux	3	1	
Pétrolier	3	1	
Remorqueur / port	3	1	
Navigation portuaire	3	1	
Démersale destructive	3	2	
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	2	
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	2	
Pélagique prises accessoires faibles	3	2	
Pélagique prises accessoires élevées	3	2	
Pollution maritime	3	2	

Table 6.9: Évaluation des critères de vulnérabilité des espèces fauniques et floristiques menacées aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet sur la population	Statut de l'espèce
Sites d'ancre de navires	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	3	1	3
Porte-conteneurs	3	1	3
Cargaison sèche	3	1	3
Traversier / roulier	3	1	3
Gouvernement / recherche	3	1	3
Observation mammifères marins	3	1	3
Passager	3	1	3
Navires de plaisance	3	1	3
Navires spéciaux	3	1	3
Pétrolier	3	1	3
Remorqueur / port	3	1	3
Navigation portuaire	3	1	3
Démersale destructive	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
Pollution maritime	3	2	3

6 Annexes

Table 6.10: Évaluation des critères de vulnérabilité du béluga (**Delphinapterus leucas**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Rés
Sites d'ancrage de navires	3	3	
Hydrocarbures	1	3	
Autres	1	3	
Contenu inconnu	1	3	
Sites de dragage	2	2	
Sites de dépôts	2	2	
Dragages de capitalisation prévus	1	2	
Sites de naufrages répertoriés	0	0	
Cargo	3	3	
Porte-conteneurs	3	3	
Cargaison sèche	3	3	
Traversier / roulier	3	3	
Gouvernement / recherche	3	3	
Observation mammifères marins	3	3	
Passager	3	3	
Navires de plaisance	3	3	
Navires spéciaux	3	3	
Pétrolier	3	3	
Remorqueur / port	3	3	
Navigation portuaire	3	3	
Démersale destructive	0	0	
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	4	
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	
Pollution maritime	3	3	

Table 6.11: Évaluation des critères de vulnérabilité du marsouin commun (**Phocoena phocoena**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance
Sites d'ancrage de navires	3	3	0
Hydrocarbures	1	3	2
Autres	1	3	2
Contenu inconnu	1	3	2
Sites de dragage	2	2	0
Sites de dépôts	2	2	0
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0
Cargo	3	3	1
Porte-conteneurs	3	3	1
Cargaison sèche	3	3	1
Traversier / roulier	3	3	1
Gouvernement / recherche	3	3	0
Observation mammifères marins	3	3	0
Passager	3	3	1
Navires de plaisance	3	3	1
Navires spéciaux	3	3	1
Pétrolier	3	3	1
Remorqueur / port	3	3	1
Navigation portuaire	3	3	1
Démersale destructive	0	0	0
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	4	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	1
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1

6 Annexes

Table 6.12: Évaluation des critères de vulnérabilité du petit rorqual (**Balaenoptera acutorostrata**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Rés
Sites d'ancrage de navires	3	3	
Hydrocarbures	1	3	
Autres	1	3	
Contenu inconnu	1	3	
Sites de dragage	2	2	
Sites de dépôts	2	2	
Dragages de capitalisation prévus	1	2	
Sites de naufrages répertoriés	0	0	
Cargo	3	3	
Porte-conteneurs	3	3	
Cargaison sèche	3	3	
Traversier / roulier	3	3	
Gouvernement / recherche	3	3	
Observation mammifères marins	3	3	
Passager	3	3	
Navires de plaisance	3	3	
Navires spéciaux	3	3	
Pétrolier	3	3	
Remorqueur / port	3	3	
Navigation portuaire	3	3	
Démersale destructive	0	0	
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	4	
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	
Pollution maritime	3	3	

Table 6.13: Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque commun (**Phoca vitulina**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance
Sites d'ancrage de navires	3	0	0
Hydrocarbures	1	3	2
Autres	1	3	2
Contenu inconnu	1	3	2
Sites de dragage	2	2	0
Sites de dépôts	2	2	0
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0
Sites de naufrages répertoriés	1	0	0
Cargo	3	3	1
Porte-conteneurs	3	3	1
Cargaison sèche	3	3	1
Traversier / roulier	3	3	1
Gouvernement / recherche	3	3	0
Observation mammifères marins	3	3	0
Passager	3	3	1
Navires de plaisance	3	3	1
Navires spéciaux	3	3	1
Pétrolier	3	3	1
Remorqueur / port	3	3	1
Navigation portuaire	3	3	1
Démersale destructive	3	0	0
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	0	0
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	0	0
Pélagique prises accessoires faibles	3	0	0
Pélagique prises accessoires élevées	3	0	0
Pollution maritime	3	3	1

6 Annexes

Table 6.14: Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque du Groenland (**Phoca groenlandica**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Rés
Sites d'ancrage de navires	3	0	
Hydrocarbures	1	3	
Autres	1	3	
Contenu inconnu	1	3	
Sites de dragage	2	2	
Sites de dépôts	2	2	
Dragages de capitalisation prévus	1	2	
Sites de naufrages répertoriés	1	0	
Cargo	3	3	
Porte-conteneurs	3	3	
Cargaison sèche	3	3	
Traversier / roulier	3	3	
Gouvernement / recherche	3	3	
Observation mammifères marins	3	3	
Passager	3	3	
Navires de plaisance	3	3	
Navires spéciaux	3	3	
Pétrolier	3	3	
Remorqueur / port	3	3	
Navigation portuaire	3	3	
Démersale destructive	3	0	
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	0	
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	0	
Pélagique prises accessoires faibles	3	0	
Pélagique prises accessoires élevées	3	0	
Pollution maritime	3	3	

Table 6.15: Évaluation des critères de vulnérabilité du phoque gris (**Halichoerus grypus**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance
Sites d'ancrage de navires	3	0	0
Hydrocarbures	1	3	2
Autres	1	3	2
Contenu inconnu	1	3	2
Sites de dragage	2	2	0
Sites de dépôts	2	2	0
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0
Sites de naufrages répertoriés	1	0	0
Cargo	3	3	1
Porte-conteneurs	3	3	1
Cargaison sèche	3	3	1
Traversier / roulier	3	3	1
Gouvernement / recherche	3	3	0
Observation mammifères marins	3	3	0
Passager	3	3	1
Navires de plaisance	3	3	1
Navires spéciaux	3	3	1
Pétrolier	3	3	1
Remorqueur / port	3	3	1
Navigation portuaire	3	3	1
Démersale destructive	3	0	0
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	0	0
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	0	0
Pélagique prises accessoires faibles	3	0	0
Pélagique prises accessoires élevées	3	0	0
Pollution maritime	3	3	1

6 Annexes

Table 6.16: Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual à bosse (**Megaptera novaeangliae**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Rés
Sites d'ancrage de navires	3	3	
Hydrocarbures	1	3	
Autres	1	3	
Contenu inconnu	1	3	
Sites de dragage	2	2	
Sites de dépôts	2	2	
Dragages de capitalisation prévus	1	2	
Sites de naufrages répertoriés	0	0	
Cargo	3	3	
Porte-conteneurs	3	3	
Cargaison sèche	3	3	
Traversier / roulier	3	3	
Gouvernement / recherche	3	3	
Observation mammifères marins	3	3	
Passager	3	3	
Navires de plaisance	3	3	
Navires spéciaux	3	3	
Pétrolier	3	3	
Remorqueur / port	3	3	
Navigation portuaire	3	3	
Démersale destructive	0	0	
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	4	
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	
Pollution maritime	3	3	

Table 6.17: Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual bleu (**Balaenoptera musculus**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Résistance
Sites d'ancrage de navires	3	3	0
Hydrocarbures	1	3	2
Autres	1	3	2
Contenu inconnu	1	3	2
Sites de dragage	2	2	0
Sites de dépôts	2	2	0
Dragages de capitalisation prévus	1	2	0
Sites de naufrages répertoriés	0	0	0
Cargo	3	3	1
Porte-conteneurs	3	3	1
Cargaison sèche	3	3	1
Traversier / roulier	3	3	1
Gouvernement / recherche	3	3	0
Observation mammifères marins	3	3	0
Passager	3	3	1
Navires de plaisance	3	3	1
Navires spéciaux	3	3	1
Pétrolier	3	3	1
Remorqueur / port	3	3	1
Navigation portuaire	3	3	1
Démersale destructive	0	0	0
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	4	1
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	1
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	0
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	0
Pollution maritime	3	3	1

6 Annexes

Table 6.18: Évaluation des critères de vulnérabilité du rorqual commun (**Balaenoptera physalus**) aux stresseurs environnementaux. Référez au tableau reftab:vulnerabilitySpecies pour plus de détails sur les critères.

Stresseurs environnementaux	Fréquence	Effet direct ou indirect	Rés
Sites d'ancrage de navires	3	3	
Hydrocarbures	1	3	
Autres	1	3	
Contenu inconnu	1	3	
Sites de dragage	2	2	
Sites de dépôts	2	2	
Dragages de capitalisation prévus	1	2	
Sites de naufrages répertoriés	0	0	
Cargo	3	3	
Porte-conteneurs	3	3	
Cargaison sèche	3	3	
Traversier / roulier	3	3	
Gouvernement / recherche	3	3	
Observation mammifères marins	3	3	
Passager	3	3	
Navires de plaisance	3	3	
Navires spéciaux	3	3	
Pétrolier	3	3	
Remorqueur / port	3	3	
Navigation portuaire	3	3	
Démersale destructive	0	0	
Démersale non-destructive, prises accessoires faibles	3	4	
Démersale non-destructive, prises accessoires élevées	3	4	
Pélagique prises accessoires faibles	0	0	
Pélagique prises accessoires élevées	0	0	
Pollution maritime	3	3	