



**Programme décennal d'intervention
pour la protection des infrastructures
du ministère des Transports et de
la Mobilité durable face aux aléas
côtiers, sur le territoire du Bas-
Saint-Laurent, de la Gaspésie et
des Îles-de-la-Madeleine, dans
le contexte des changements
climatiques**

Côtes et fond marin

Étude sectorielle

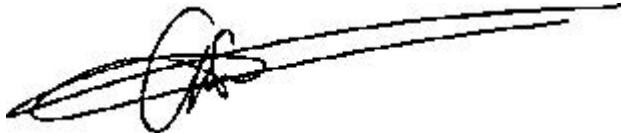
**Ministère des Transports et de la
Mobilité durable (MTMD)
Version finale**

Novembre 2024
16-02202388.000-0200-EN-R-0600-01



Ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD)

Préparé par :



Clément Mortier, géographe-géomorphologue, M. Sc.
Charge de projet
Études environnementales et changements climatiques

Vérifié et approuvé par :



Catherine Lalumière, biologiste, MBA
Chargee de projet et directrice
Études environnementales et changements climatiques

Équipe de réalisation

**Ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD) -
Direction générale du Bas-Saint-Laurent—Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine**

Chargées de projet	Line Choinière, biologiste, M. Sc. Sophie Moisset, biologiste, Ph. D.
--------------------	--

Englobe Corp.

Chargé de projet	Catherine Lalumière, biologiste, MBA
Analyses et rédaction du rapport	Annie Bérubé, biologiste, B. Sc. Clément Mortier, géographe-géomorphologue, M. Sc.
Cartographie/SIG	Axel Dervault, prof. en géomatique, M. Sc. Nelson-Frédéric Bénié, prof. en géomatique Sylvain Deslandes, géographe, M. Sc.
Édition	Fannie Legault Poisson, trad. a., B.A.

Registre des révisions et émissions

N° DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	20 mars 2024	Émission de la version préliminaire pour commentaires
0B	5 septembre 2024	Émission de la version préfinale pour approbation
00	9 septembre 2024	Émission de la version finale
01	11 novembre 2024	Émission de la version finale révisée

Propriété et confidentialité

« Ce document est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute utilisation du rapport doit prendre en considération l'objet et la portée du mandat en vertu duquel le rapport a été préparé ainsi que les limitations et conditions qui y sont spécifiées et l'état des connaissances scientifiques au moment de l'émission du rapport. Englobe Corp. ne fournit aucune garantie ni ne fait aucune représentation autre que celles expressément contenues dans le rapport.

Ce document est l'œuvre d'Englobe Corp. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite d'Englobe Corp. et de son Client. Pour plus de certitude, l'utilisation d'extraits du rapport est strictement interdite sans l'autorisation écrite d'Englobe Corp. et de son Client, le rapport devant être lu et considéré dans sa forme intégrale.

Aucune information contenue dans ce rapport ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite d'Englobe Corp. et de son Client. Englobe Corp. se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du rapport.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Mise en contexte	1
1.2	Zone d'étude, secteurs et sites d'intervention	2
2	Bathymétrie	11
2.1	Généralités	11
2.2	Bas-Saint-Laurent	11
2.3	Gaspésie - Rive nord	13
2.4	Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	14
2.5	Îles-de-la-Madeleine	14
3	Conditions hydrologiques.....	15
3.1	Généralités	15
3.1.1	Marées	15
3.1.2	Courants	15
3.1.3	Régime des glaces	17
3.2	Bas-Saint-Laurent	18
3.3	Gaspésie - Rive nord	19
3.4	Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	19
3.5	Îles-de-la-Madeleine	20
4	Dynamique hydrosédimentaire	21
4.1	Généralités	21
4.2	Bas-Saint-Laurent	22
4.3	Gaspésie - Rive nord	22
4.4	Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	22
4.5	Îles-de-la-Madeleine	23
5	Caractérisation des côtes.....	25
5.1	Généralités	25
5.2	Bas-Saint-Laurent	28
5.2.1	Échelle du secteur	28
5.2.2	Échelle des sites d'intervention	29
5.3	Gaspésie - Rive nord	30
5.3.1	Échelle du secteur	30
5.3.2	Échelle des sites d'intervention	31
5.4	Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	32
5.4.1	Échelle du secteur	32
5.4.2	Échelle des sites d'intervention	33

5.5	Îles-de-la-Madeleine	34
5.5.1	Échelle du secteur	34
5.5.2	Échelle des sites d'intervention	35
6	Substrat	37
7	Synthèse et conclusion	41
8	Références	45

TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des sites d'intervention inclus au programme d'intervention selon les secteurs	2
Tableau 2 : Types de côtes répertoriés selon les secteurs	26
Tableau 3 : État de la côte selon les secteurs	28
Tableau 4 : Types de côtes répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur Bas-Saint-Laurent	29
Tableau 5 : Ouvrages de protection côtière existants à l'échelle des sites d'intervention du secteur Bas-Saint-Laurent	30
Tableau 6 : État de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur Bas-Saint-Laurent ..	30
Tableau 7 : Types de côtes répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Rive nord	31
Tableau 8 : Ouvrages de protection côtière existants à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Rive nord	32
Tableau 9 : État de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Rive nord	32
Tableau 10 : Types de côtes répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	33
Tableau 11 : Ouvrages de protection côtière existants à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	34
Tableau 12 : État de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	34
Tableau 13 : Types de côtes répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur des Îles-de-la-Madeleine	35
Tableau 14 : Ouvrages de protection côtière existants à l'échelle des sites d'intervention du secteur des Îles-de-la-Madeleine	36
Tableau 15 : État de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur des Îles-de-la-Madeleine	36
Tableau 16 : Type de substrat répertorié dans la zone côtière des secteurs	39

FIGURES

Figure 1 : Divisions hydrographiques de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent	13
Figure 2 : Schéma de la circulation résiduelle des eaux de surface dans l'estuaire maritime et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent en été (tiré et adapté de Koutitonsky et Bugden, 1991)	16
Figure 3 : Illustration schématique des patrons de circulation des masses d'eau dans le golfe du Saint-Laurent (tirée et adaptée de Josenhans, 2007)	17

CARTES

Carte 1 : Sites d'intervention au Bas-Saint-Laurent	3
Carte 2 : Sites d'intervention en Gaspésie - Rive nord	5
Carte 3 : Sites d'intervention en Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	7
Carte 4 : Sites d'intervention aux Îles-de-la-Madeleine	9
Carte 5 : Bathymétrie dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent	12

ANNEXE

Annexe A Répertoire cartographique



1 Introduction

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre de la mise en œuvre de son programme décennal d'intervention pour la protection des infrastructures routières face aux aléas côtiers sur son territoire, la Direction générale du Bas-Saint-Laurent–Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (DGBGI) du ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD) a mandaté Englobe Corp. pour la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE). En raison du nombre élevé de sites identifiés et retenus le long des 1 500 km de côtes du territoire ainsi que de la sensibilité des milieux côtiers le long desquels les sites se trouvent, l'objectif de l'ÉIE à portée régionale est de soumettre un programme décennal dans sa globalité, tout en assurant la mobilité et la sécurité des usagers du réseau routier, de façon à minimiser les interventions d'urgence et à effectuer les interventions de manière préventive.

Considérant la particularité régionale du programme décennal d'intervention, l'approche d'évaluation environnementale a été adaptée de façon à pouvoir s'assurer de répondre aux exigences légales en vigueur. Ainsi, une analyse des sites visés par les interventions est d'abord réalisée à partir de la documentation existante, afin de pouvoir identifier les enjeux environnementaux et sociaux spécifiques au territoire et dans le but d'établir l'état de référence nécessaire pour analyser les impacts du programme. Dans ce contexte, le présent document vise à fournir l'information relative à la côte et au fond marin à l'échelle des secteurs définis, mais également à celle des sites d'intervention.

Le présent document servira de document de référence à la production de l'ÉIE pour tous les aspects liés aux côtes et au fond marin comme exigé dans la directive émise spécifiquement pour le programme décennal d'intervention. Il aborde, dans un premier temps, la bathymétrie, les conditions hydrologiques (marée, courant et régime des glaces), hydrodynamiques et hydrosédimentaires et, dans un deuxième temps, les côtes et le substrat.

1.2 Zone d'étude, secteurs et sites d'intervention

La zone d'étude chevauche la côte de l'estuaire moyen, de l'estuaire maritime du golfe du Saint-Laurent ainsi que de la baie des Chaleurs. Bien que cette zone d'étude soit immense, il convient de rappeler que les interventions prévues dans le cadre du programme décennal d'intervention ne concernent que certaines des infrastructures routières gérées par le MTMD qui se trouvent près de la côte et qui sont vulnérables aux aléas côtiers. C'est donc plus précisément l'interface terre-mer qui est ciblée par la zone d'étude.

Le territoire visé correspond à celui des régions administratives du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. Pour tenir compte de l'ampleur la zone d'étude et de son organisation territoriale, celle-ci a été découpée en quatre secteurs distincts, soit : le Bas-Saint-Laurent (carte 1), la Gaspésie - Rive nord (carte 2), la Gaspésie - Baie-des-Chaleurs (carte 3) et les Îles-de-la-Madeleine (carte 4).

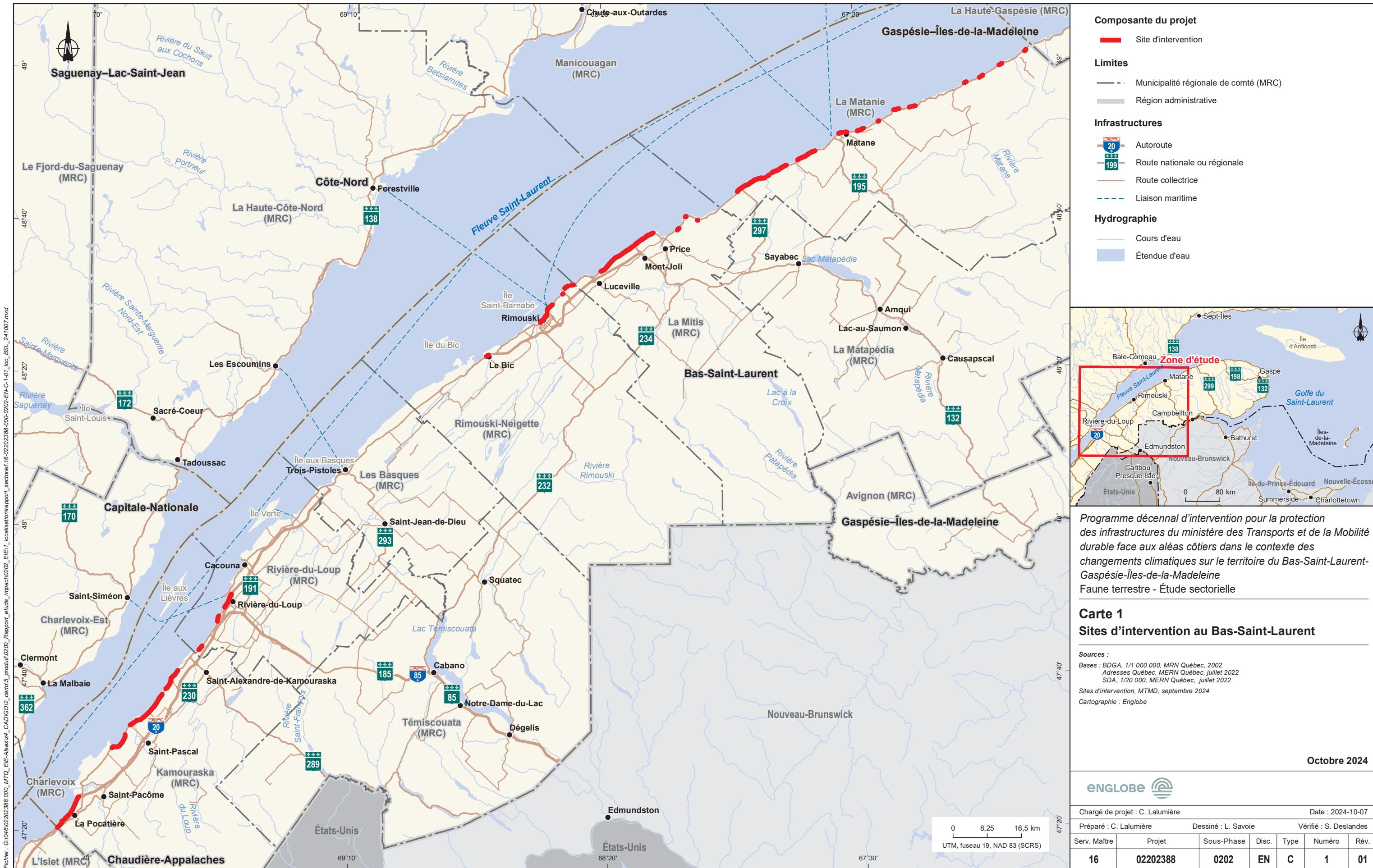
Les secteurs ont été délimités dans le but de brosser un portrait, à partir de la documentation existante, des composantes des milieux physique, biologique et humain susceptibles d'être touchées par les interventions visées par le programme décennal d'intervention. Ces quatre secteurs sont jugés suffisamment grands pour tenir compte des différents écosystèmes, communautés et composantes du milieu récepteur et obtenir un portrait suffisamment détaillé pour comprendre les enjeux environnementaux et évaluer les impacts du programme sur les composantes environnementales et sociales à chaque site. Ces secteurs sont caractérisés par une occupation de type côtière, qui se trouve à l'interface entre les milieux terrestre et marin.

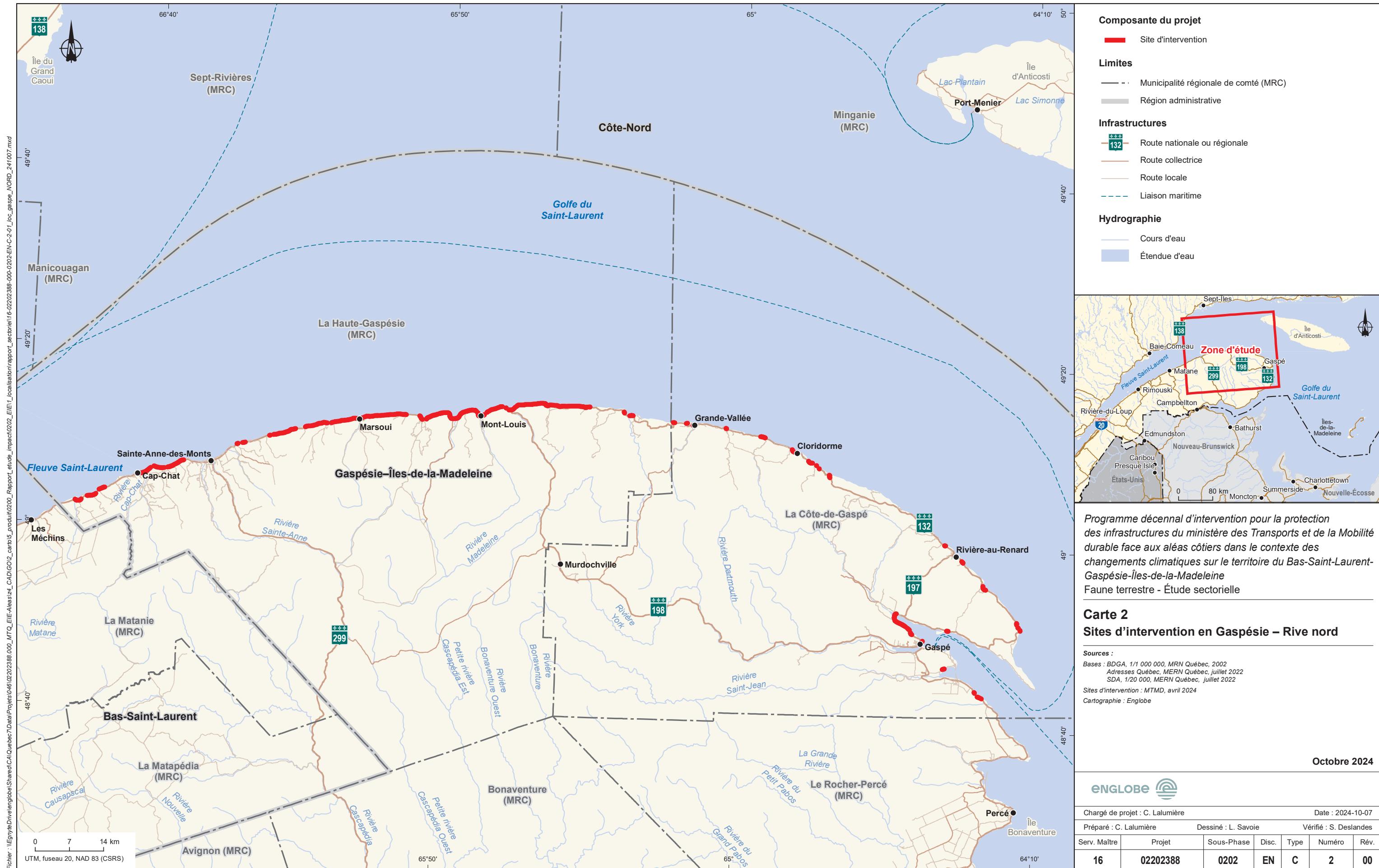
La nécessité de considérer quatre secteurs est justifiée par la vaste superficie du territoire compris dans le programme décennal d'intervention, par la variabilité des options d'intervention possibles selon les sites d'intervention identifiés, et en fonction des différentes législations applicables selon les autorités impliquées (fédéral, provincial et municipal). Ce découpage facilite également l'intégration des particularités régionales dans les modalités de mise en œuvre du programme proposé dans l'ÉIE, lesquelles serviront d'encadrement lors des demandes d'autorisation subséquentes et spécifiques à chacune des interventions et qui seront réalisées sous le décret gouvernemental.

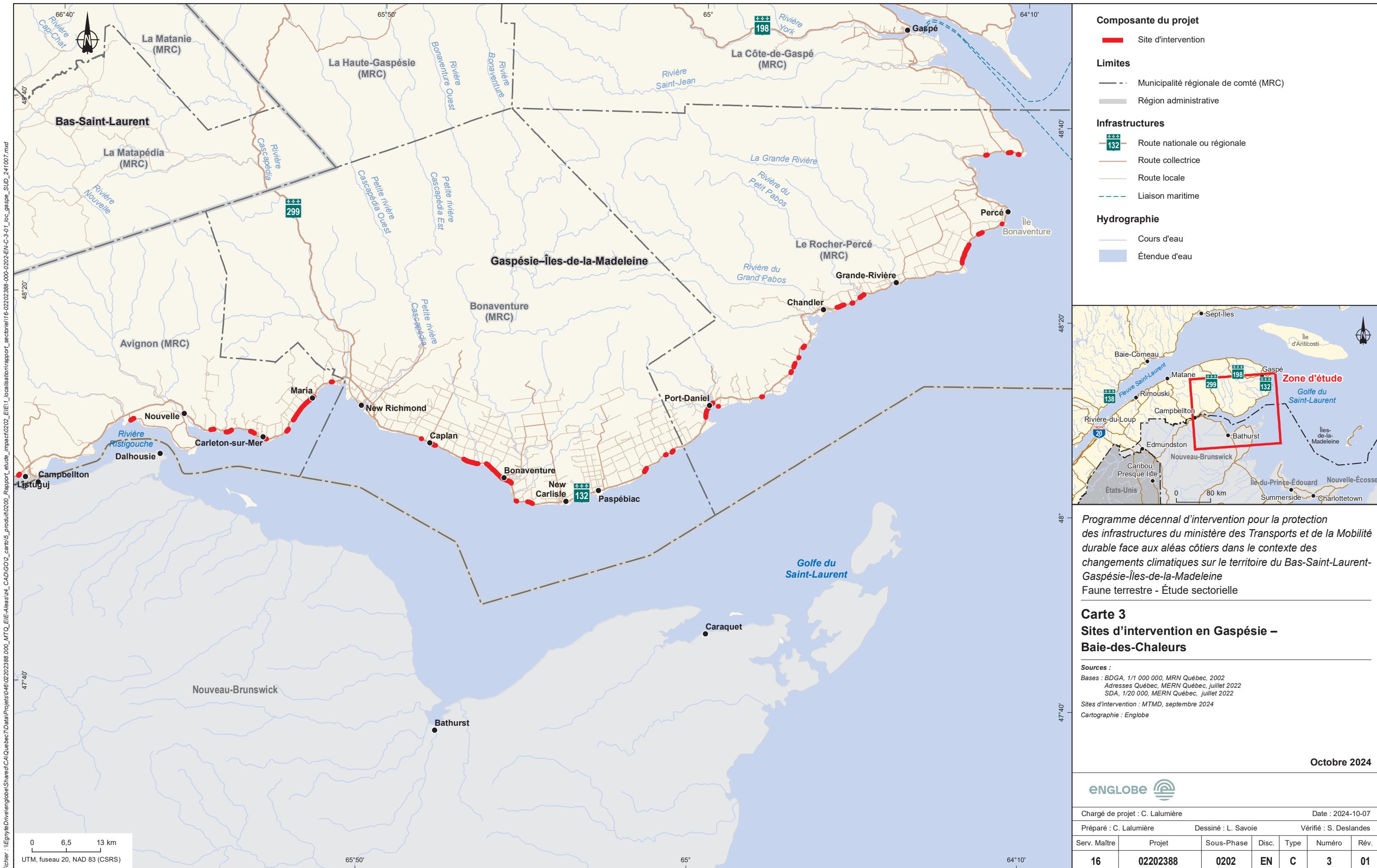
Enfin, soulignons qu'une zone d'intervention spécifique à chacun des sites inclus dans le programme décennal d'intervention est également définie à une échelle plus fine qui permet d'apprécier les particularités locales. Par précaution, une zone d'environ 100 m de part et d'autre du site d'intervention a été considérée pour s'assurer d'inclure les composantes du milieu qui pourraient être touchées par une éventuelle intervention. Tous les sites d'intervention sont compris à l'intérieur de l'un ou l'autre des quatre secteurs d'étude (tableau 1).

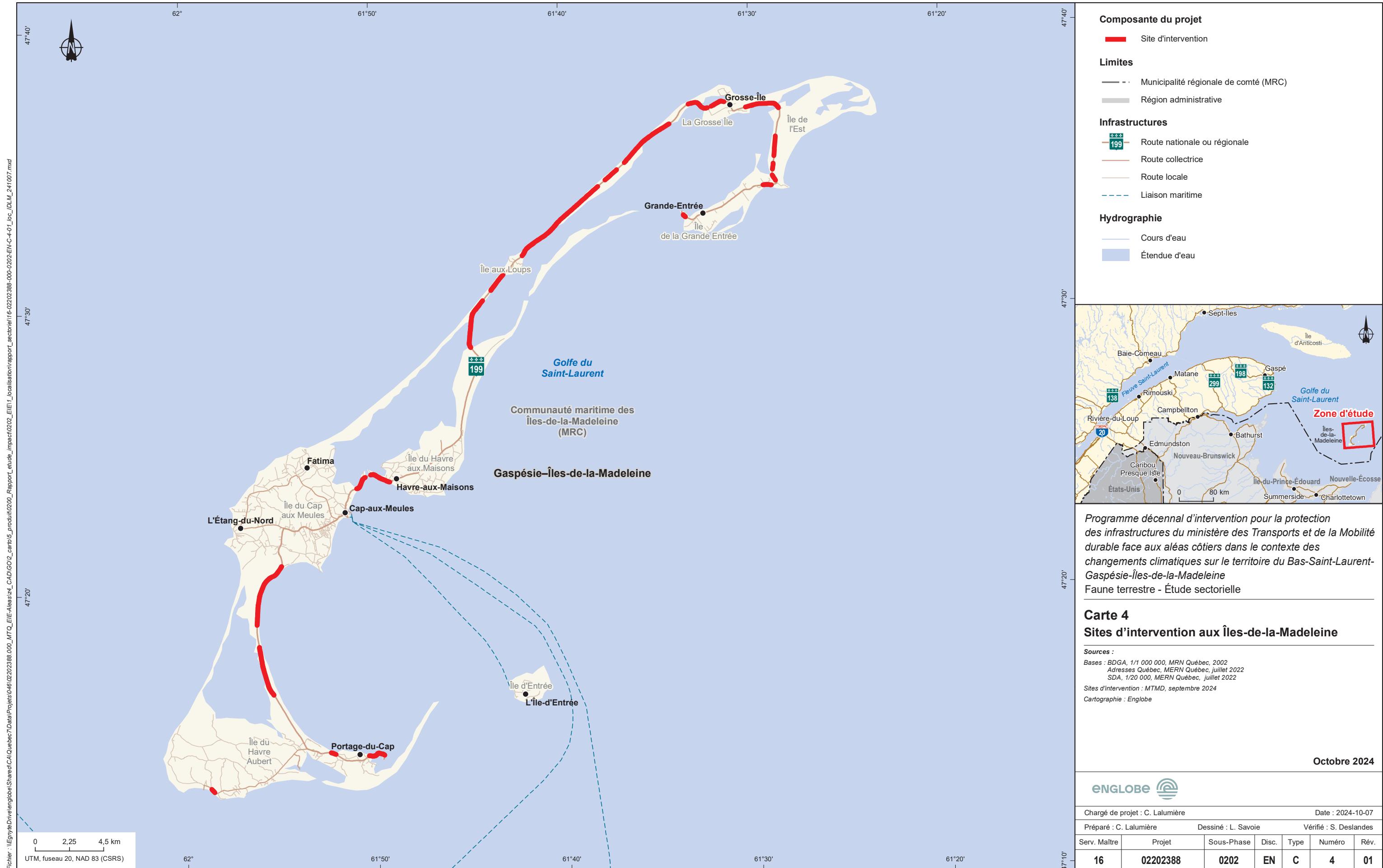
Tableau 1 : Répartition des sites d'intervention inclus au programme d'intervention selon les secteurs

Secteur	Nombre de sites	Nombre de municipalités régionales de comté (MRC) touchées	Nombre de municipalités touchées
Bas-Saint-Laurent	59	5	18
Gaspésie - Rive nord	74	2	13
Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	41	3	12
Îles-de-la-Madeleine	54	1	2
Total	228	11	46











2 Bathymétrie

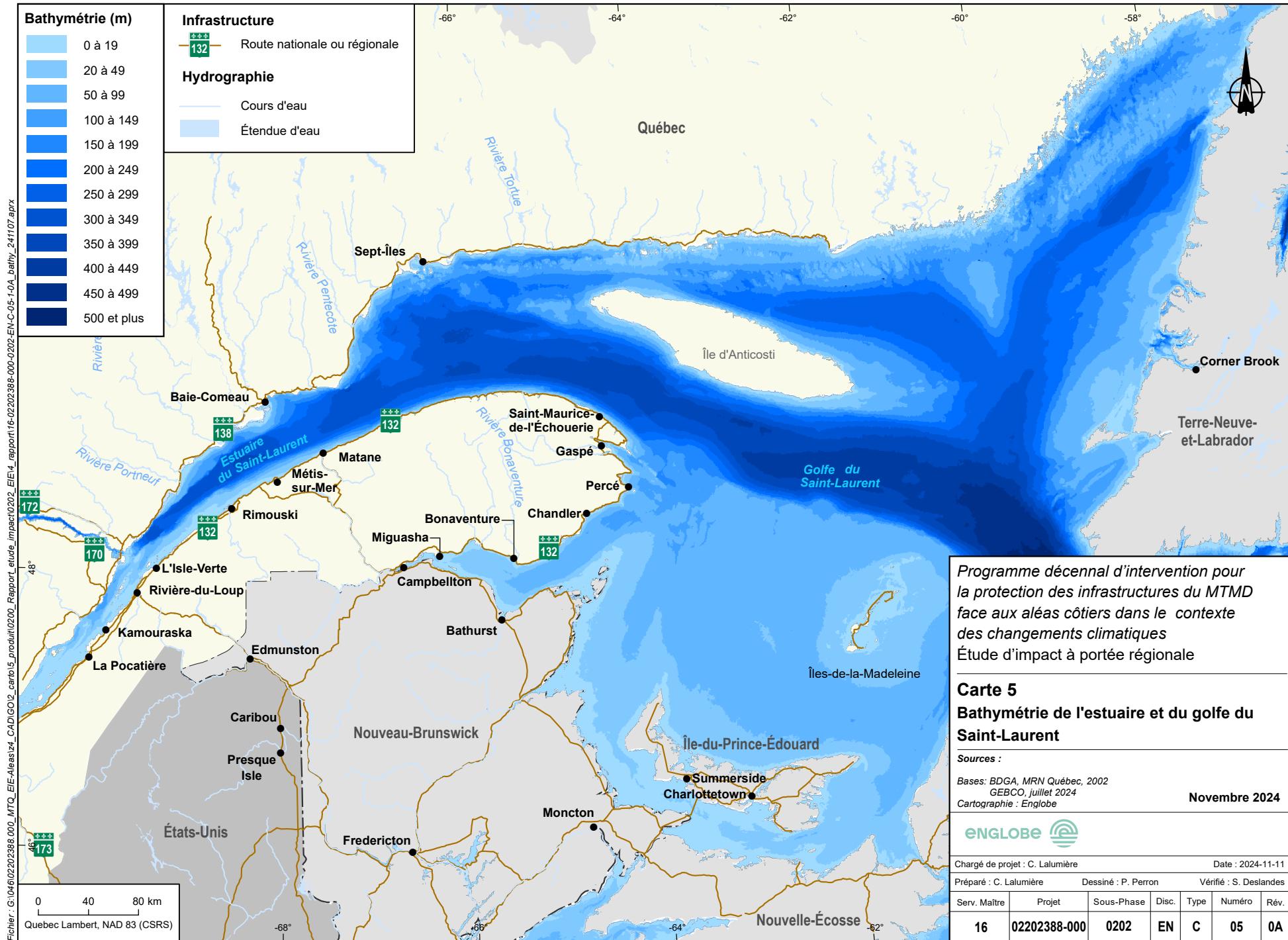
2.1 Généralités

La bathymétrie de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (EGSL), incluant la baie des Chaleurs (carte 5), est caractérisée par la présence du chenal Laurentien résultant du surcreusement glaciaire d'anciennes vallées fluviales (Duchesne et coll., 2010 dans AECOM, 2010). Ce chenal s'étend sur une longueur de près de 1 250 km, de l'embouchure de la rivière Saguenay en amont jusqu'à la marge du plateau continental en aval. Il affiche une profondeur typique de 300 m atteignant un peu plus de 500 m à son exutoire dans le détroit de Cabot. Le chenal est conventionnellement délimité par l'isobathe de 200 m. Dans l'estuaire, la rive est bordée d'une pente faible, suivie par une rupture laissant place au chenal Laurentien. La partie sud du golfe du Saint-Laurent est caractérisée par de faibles profondeurs d'eau variant de 50 à 80 m, formant le plateau madelinien (GENIVAR, 2013). La baie des Chaleurs affiche également des profondeurs d'eau faibles, comparables au plateau madelinien.

2.2 Bas-Saint-Laurent

Le secteur du Bas-Saint-Laurent chevauche l'estuaire moyen et l'estuaire maritime du Saint-Laurent (figure 1), dont la frontière correspond à l'embouchure de la rivière Saguenay.

L'estuaire moyen du Saint-Laurent affiche la présence d'eau peu profonde le long de la rive sud et aux pourtours des îles qui y sont dispersées. De manière générale, la zone 0-10 m de profondeur occupe une bande de 2 à 5 km de largeur. À la hauteur de La Pocatière et de Kamouraska la zone intertidale peut s'étendre sur plus de 5 km. Quant aux fosses profondes, soit de plus de 100 m de profondeur, aucune n'est répertoriée dans le secteur du Bas-Saint-Laurent (carte 5).



CE DOCUMENT EST LA PROPRIÉTÉ D'ENGLOBE CORP. ET EST PROTÉGÉ PAR LA LOI. IL EST DESTINÉ EXCLUSIVEMENT AUX FINS QUI Y SONT MENTIONNÉES. TOUTE REPRODUCTION OU ADAPTATION, PARTIELLE OU TOTALE, EN EST STRICTEMENT PROHIBÉE, SANS AVOIR PÉRENNÉABLEMENT OBTENU L'AUTORISATION ÉCRITE D'ENGLOBE CORP.

L'estuaire maritime débute à la tête du chenal Laurentien, près de L'Isle-Verte (figure 1). En aval de l'île Rouge, ce chenal s'étend sur une largeur de 16 km et sa profondeur atteint 340 m. Près de la rive sud de l'estuaire maritime, la zone côtière, où la profondeur varie entre 0 et 50 m, s'étend sur 12,5 km de largeur et rétrécit à mesure qu'on se dirige vers l'aval. En aval de Métis-sur-Mer, la zone côtière est plus étroite, s'établissant à environ 2,5 km de largeur.

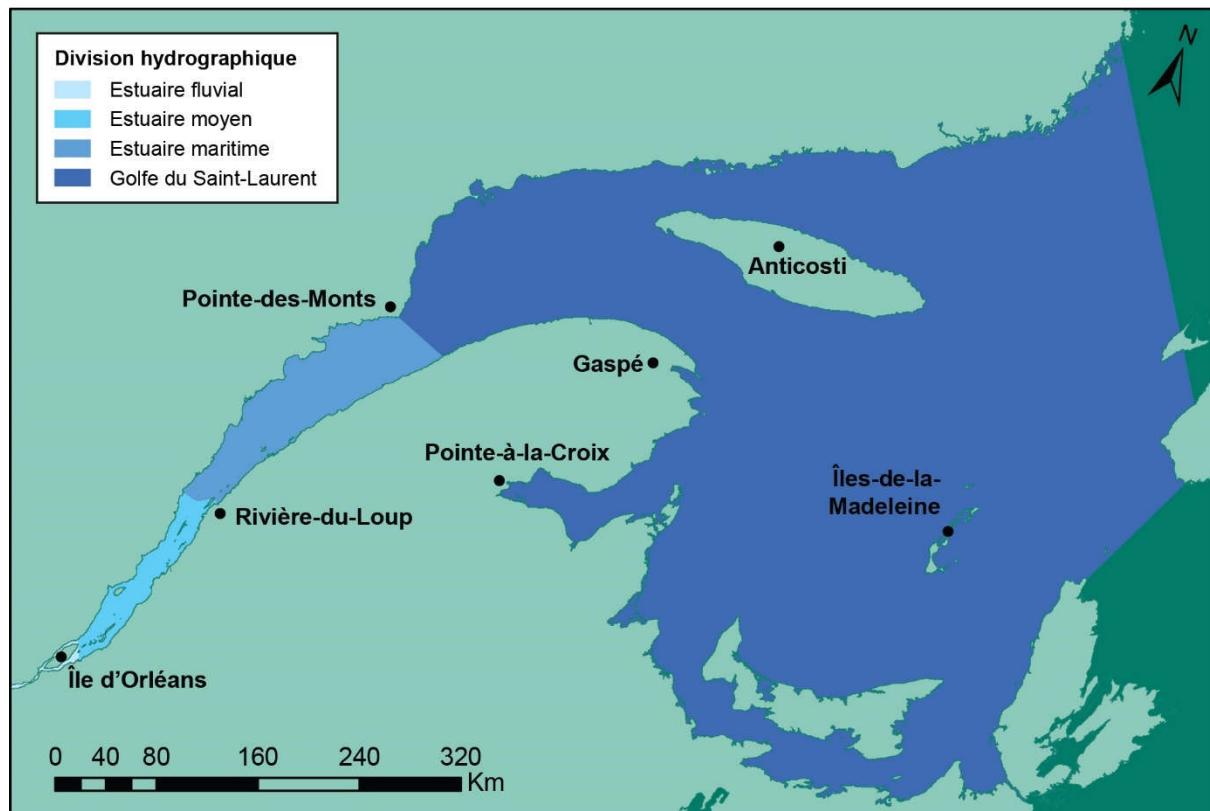


Figure 1 : Divisions hydrographiques de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent

2.3 Gaspésie - Rive nord

Comprise à la fois dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent et le golfe du Saint-Laurent (figure 1), la zone côtière (0 à 50 m de profondeur) du secteur de la Gaspésie - Rive nord est constituée d'un plateau de 1,0 à 1,5 km de largeur (carte 5). Au-delà de la zone côtière, on observe une rupture de pente puis le chenal Laurentien. À la hauteur de la municipalité de Saint-Maurice-de-l'Échouerie, le chenal Laurentien cesse de longer la côte de la péninsule gaspésienne. C'est donc à partir de cet endroit que les profondeurs d'eau les plus faibles sont observées et qu'elles caractérisent la pointe de Gaspé, la baie de Gaspé ainsi que tout le trait de côte allant jusqu'à l'embouchure de la baie des Chaleurs. Bien que les profondeurs d'eau diminuent entre la baie de Gaspé et l'embouchure de la baie des Chaleurs, la zone côtière demeure néanmoins relativement étroite. Il est à noter que dans la baie de Gaspé, la profondeur d'eau maximale s'établit à 90 m.

2.4 Gaspésie - Baie-des-Chaleurs

En ce qui concerne le secteur de la Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, aux environs de Percé et de Chandler, la zone côtière est restreinte à une portion de quelques centaines de mètres en raison de la présence de la fosse de la baie des Chaleurs (carte 5). À la hauteur de Chandler, l'isobathe de 50 m de profondeur se situe à environ 5 km au large et des profondeurs de 100 m s'observent à environ 12 km des côtes. Près de Percé, la zone côtière a une largeur de 2 à 8 km et, à certains endroits, des profondeurs de l'ordre de 100 m peuvent être observées entre 10 et 20 km au large. Toutefois, entre Miguasha et Bonaventure, la profondeur d'eau observée n'excède pas les 50 m.

2.5 Îles-de-la-Madeleine

Dans la portion marine, le plateau madelinien ceinture les Îles-de-la-Madeleine sur une distance allant jusqu'à 50 km des côtes et il affiche une profondeur n'excédant pas 50 m. Le plateau madelinien occupe toute la partie sud du golfe du Saint-Laurent et il est délimité au nord par le chenal Laurentien (profondeur supérieure à 300 m) (carte 5). Autour des Îles-de-la-Madeleine, les fonds sont peu profonds et l'isobathe correspondant aux profondeurs de 20 m se situe entre 5 et 10 km des côtes du côté ouest et à près de 20 km des côtes du côté est. L'isobathe de 50 m se situe entre 20 et 50 km au large de l'archipel.



3

3 Conditions hydrologiques

3.1 Généralités

3.1.1 Marées

La marée pénètre dans le golfe du Saint-Laurent par les détroits de Cabot et de Belle Isle. La principale composante harmonique de la marée est une composante semi-diurne de 12,42 h de période (M2) (AECOM, 2010). L'onde M2 entre dans le golfe du Saint-Laurent par le détroit de Cabot et elle progresse dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. À environ 50 km à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine, il existe un point amphidromique où l'amplitude verticale de la marée lunaire est pratiquement nulle (GENIVAR, 2013). En général, l'amplitude moyenne des marées est de 0,2 m près des Îles-de-la-Madeleine et elle augmente en s'éloignant de ce point.

De plus, la marée dans l'EGSL est constituée de plusieurs autres harmoniques semi-diurnes et diurnes, chacune ayant son amplitude et son retard de phase. Sous l'effet de l'ensemble de ces harmoniques, la hauteur de la marée oscille entre celle d'une marée de vive-eau et une marée de morte-eau sur une période de 14,7 jours (AECOM, 2010). Le déphasage varie de façon circulaire (antihoraire) autour des Îles-de-la-Madeleine.

3.1.2 Courants

L'intensité et la direction des courants et de la circulation des masses d'eau dans l'EGSL sont régies par plusieurs processus hydrodynamiques qui sont associés à différents éléments, à savoir :

- les variations physiques agissant sur la couche de surface (glaces, vents, pression atmosphérique, ensoleillement, précipitations et échanges à l'interface eau/air) ;
- les échanges ayant lieu aux limites du golfe du Saint-Laurent (eaux de l'Atlantique et de l'Arctique via les détroits de Belle Isle et de Cabot) ;
- les marées ainsi que les apports d'eaux continentales (AECOM, 2010 ; GENIVAR, 2013).

Le débit d'eau douce du fleuve Saint-Laurent et des autres tributaires majeurs contribue au maintien de la circulation estuarienne qui se compose d'une sortie des eaux relativement douces en surface et d'une entrée des eaux salées au fond (Koutitonsky et Bugden, 1991).

Les courants de marée dans l'EGSL sont créés par l'entrée des marées en provenance de l'Atlantique. Ces courants sont réguliers, prévisibles et se manifestent à des périodes semi-diurnes, diurnes, semi-mensuelles et mensuelles. Les courants des marées dans l'estuaire maritime sont de l'ordre de 0,2-0,3 m/s. Lorsqu'on leur ajoute l'influence du vent et la circulation résiduelle, les courants instantanés peuvent atteindre des vitesses de 0,4 m/s dans l'ESGL et plus de 1,0 m/s dans le courant de Gaspé (figure 1).

Les principaux courants résiduels de la marée dans l'EGSL ont été décrits par Koutitonsky et Bugden, 1991) et par Josenhans (2007). Les courants ayant le plus d'influence sur la zone d'étude comprennent la remontée d'eaux froides à la hauteur de Tadoussac, le courant de Gaspé et le gyre cyclonique au pourtour des îles-de-la-Madeleine (figures 1 et 2). Dans la baie des Chaleurs, le courant entre et longe la rive vers l'ouest pour ensuite descendre vers le sud puis longer la côte du Nouveau-Brunswick pour ressortir de la baie. De moindre envergure, un gyre anticyclonique est présent à l'embouchure de la baie des Chaleurs (figure 2).

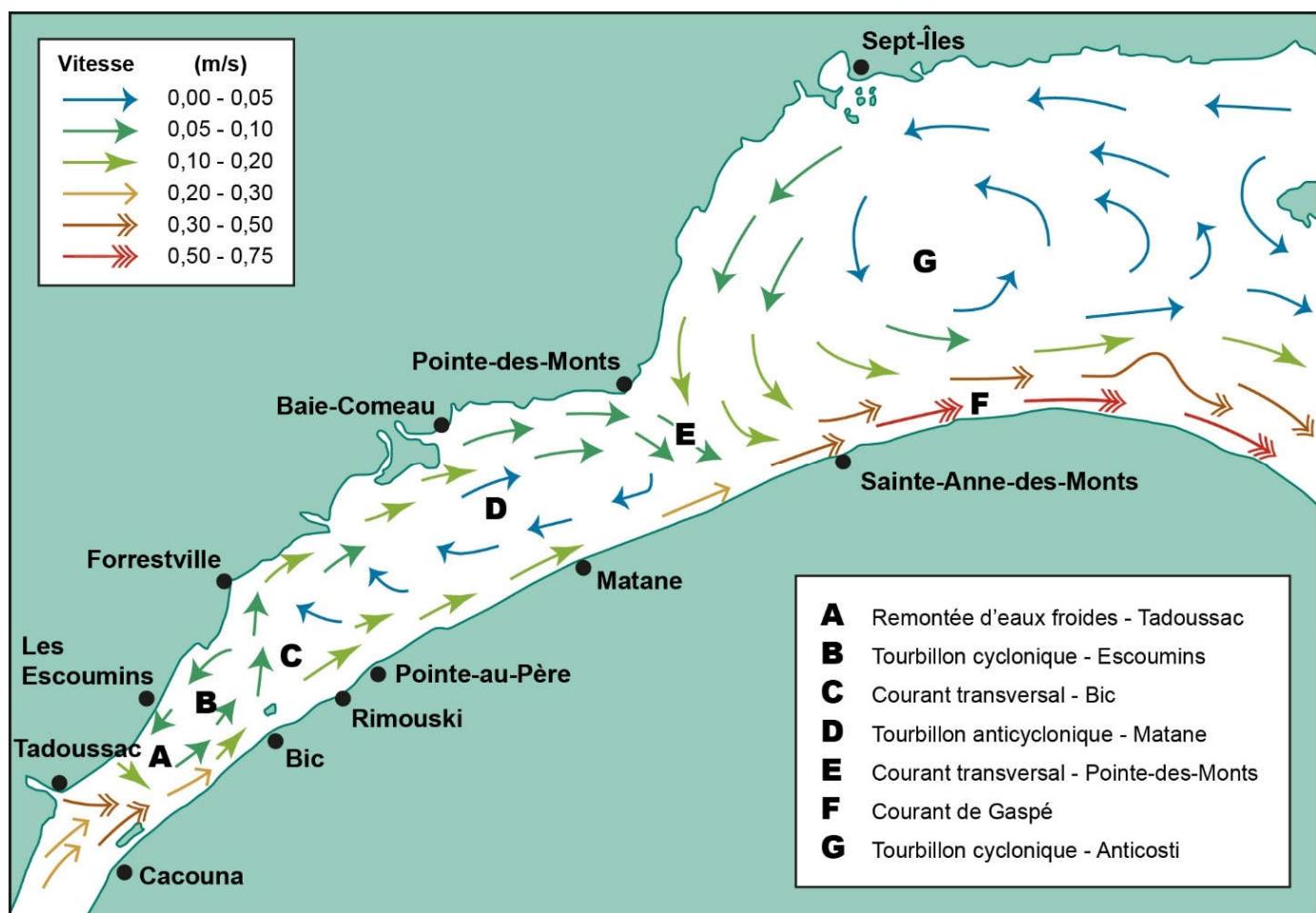


Figure 2 : Schéma de la circulation résiduelle des eaux de surface dans l'estuaire maritime et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent en été (tiré et adapté de Koutitonsky et Bugden, 1991)

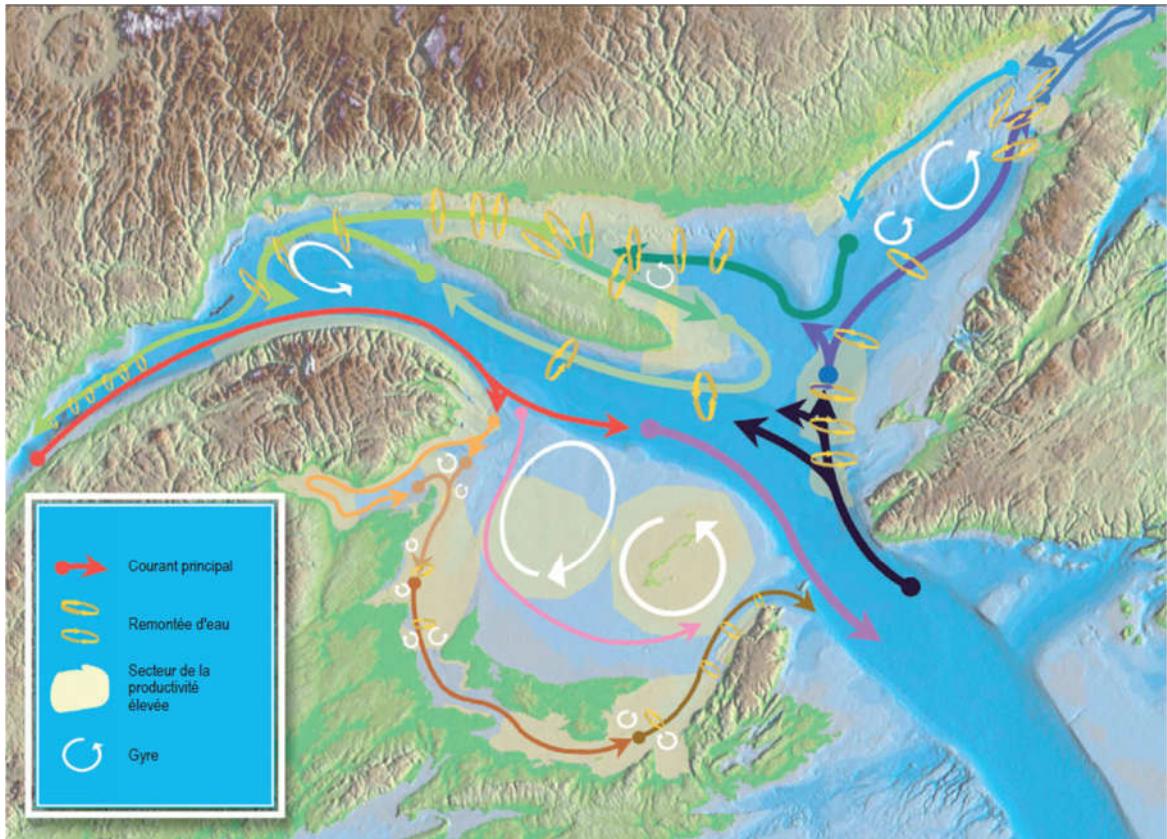


Figure 3 : Illustration schématique des patrons de circulation des masses d'eau dans le golfe du Saint-Laurent (tirée et adaptée de Josenhans, 2007)

3.1.3 Régime des glaces

Dans l'estuaire moyen, les glaces commencent à se former en décembre et le couvert progresse de l'amont vers l'aval (Gagnon, 1998). Durant l'hiver, la rive sud est complètement englacée et la banquise peut atteindre plusieurs kilomètres de largeur dans les baies. Le dégel se produit à partir de la fin mars, surtout lors des grandes marées, et progresse de l'aval vers l'amont.

Pour ce qui est de l'estuaire maritime, au cours d'un hiver moyen, il est recouvert de glace de la mi-décembre à la mi-mars (Gagnon, 1996). L'englacement est plus important le long de la rive sud en raison des vents dominants et de la circulation de l'eau. Selon des observations plus récentes, la tête du chenal Laurentien demeure exempte de glace la majeure partie de l'hiver (Galbraith et Larouche, 2013).

Pour l'ensemble du golfe du Saint-Laurent, l'englacement peut être résumé de la manière suivante : à la mi-décembre, l'englacement débute dans les eaux côtières peu profondes avant de se déplacer graduellement vers la portion orientale du golfe du Saint-Laurent (Galbraith et coll., 2022). Quant aux côtes insulaires d'Anticosti et des Îles-de-la-Madeleine, elles s'englacent plus tardivement.

En Gaspésie, des zones libres de glace se forment le long de la rive de Grande-Rivière en raison des forts vents d'ouest et persistants qui créent souvent des remontées d'eau profondes dans le secteur de Chandler (Galbraith et coll., 2022). Aux Îles-de-la-Madeleine, les glaces dérivantes arrivent à la fin janvier et disparaissent habituellement au début d'avril. Dans les lagunes et les étangs, la couche de glace qui recouvre complètement les plans d'eau fond sur place au printemps. Quant à leur englacement, une bonne variabilité est observée selon les années, mais débute généralement à la fin décembre.

En rive, le complexe glacial côtier se définit comme une étendue de glace formée en bordure de la côte qui regroupe, de la côte vers la mer, le pied de glace nival, le pied de glace de haut estran, le pied de glace de bas estran ainsi que la banquise côtière (Senneville et coll., 2013). Ces entités glacielles présentent des dynamiques différentes qui sont liées les unes aux autres. La présence du pied de glace revêt une grande importance en tant qu'agent géomorphologique par son implication dans les processus de la dynamique côtière (Senneville et coll., 2013). En effet, la présence du pied de glace limite ou inhibe presque complètement l'effet érosif des vagues qui sont souvent plus puissantes durant la saison froide. Cette protection hivernale réduit également la période de transfert de sédiments durant l'année. Sur le bas estran, la glace peut aussi agir comme agent d'érosion et de transport de manière plus ou moins actif selon les caractéristiques régionales et locales. Cette érosion par les glaces s'effectue principalement par affouillement et arrachement des surfaces meubles ainsi que par aplatissement des plateformes rocheuses.

Dans des conditions climatiques près des normales, le pied de glace peut demeurer complet jusqu'à la fin mars, voire jusqu'au début avril (Senneville et coll., 2013). Cependant, lors des années plus chaudes, le couvert de glace maximal n'est pas toujours atteint et, lorsqu'il l'est, il survient sur une plus courte durée ou alors il affiche des instabilités. Pour ce qui est du dégagement, lorsque les conditions sont près des normales, il se produit à partir de la fin mars et se termine durant le mois d'avril. Au cours des hivers plus doux, le dégagement se produit environ un mois plus tôt en s'amorçant dès le début du mois de février. Durant les hivers intermédiaires, le dégagement se produit plus tôt que lors des hivers normaux, soit entre la mi-février et la fin mars.

La dynamique glacielle du haut estran est influencée non seulement par la température, mais également par d'autres facteurs, dont l'exposition de la côte aux vents dominants, le type de côte et les caractéristiques du haut et du bas estran (Senneville et coll., 2013). De manière générale, sous des conditions climatiques et océanographiques similaires, plus la zone intertidale est large et de pente faible, plus la stabilité de l'englacement est importante. Inversement, une zone intertidale étroite et plus pentue affichera un englacement moins stable.

3.2 Bas-Saint-Laurent

Dans l'estuaire moyen, la structure des vagues est le résultat de l'action combinée du vent (vitesse, direction et persistance), du fetch (distance sans obstacle) et de la bathymétrie. Ce sont les vents soufflant dans l'axe longitudinal de l'estuaire moyen (fetch le plus long), soit des secteurs nord-est et sud-ouest, qui produisent les vagues les plus fortes sur la rive sud (Conseil du Saint-Laurent, 2017). Les vagues n'atteignent jamais une hauteur très élevée dans l'estuaire moyen. Moins de 5 % des vagues atteignent plus de 2 m de hauteur (Biorex, 1999). Les hauteurs de vagues maximales sont généralement atteintes en décembre, avant l'englacement, alors que les plus faibles s'observent au printemps. L'amplitude et l'énergie des vagues tendent à diminuer de l'aval vers l'amont, à mesure que le marnage augmente (Drapeau, 1992 ; Meunier et coll., 2009 dans Conseil du Saint-Laurent, 2017).

À l'instar de l'estuaire moyen, les vents caractérisant l'estuaire maritime sont généralement orientés le long de l'axe de l'estuaire en raison de l'effet orographique des montagnes situées de part et d'autre des deux rives (AECOM, 2010). Les vents dominants proviennent généralement du sud-ouest de juin à octobre, de l'ouest et du nord-ouest de novembre à mars et du nord-est d'avril à mai-juin (AECOM, 2010). On observe des vitesses mensuelles moyennes plus élevées durant l'hiver que l'été, de l'ordre de 28 à 37 km/h de novembre à mars et de 20 à 26 km/h de mai à septembre. La proportion de vents calmes se situe entre 0 et 6 %, avec le minimum de vents calmes près de la rive sud à Mont-Joli. Les fréquences de dépassement des vitesses de vent sont de l'ordre de 25 % pour les vents de 37 km/h et de 5 % pour les vents de 61 km/h. De plus, les vents au centre de l'estuaire sont plus forts que ceux mesurés sur les côtes.

3.3 Gaspésie - Rive nord

Au niveau du secteur de la Gaspésie - Rive nord, les vents dominants automnaux soufflent, dans le golfe du Saint-Laurent, de l'ouest et du nord-ouest (GENIVAR, 2013). En hiver, soit de janvier à mars, les vents proviennent surtout du nord-ouest et de l'ouest. Au début du printemps (avril et mai), la direction des vents les plus fréquents est variable, alors qu'en juin et juillet, ils proviennent davantage du sud et du sud-ouest, puis surtout de l'ouest en septembre. La région du détroit d'Hunguedo fait exception avec des vents dominants d'origine nord-ouest.

Selon l'Atlas éolien du Canada, les vents sont plus intenses le long de la péninsule gaspésienne et dans le détroit de Hunguedo dans le nord-ouest du golfe, où les vitesses moyennes annuelles demeurent inférieures à 32,4 km/h, mais elles dépassent 36 km/h en hiver (AECOM, 2010).

Les périodes de retour de hauteur de vagues maximales calculées dans le chenal Laurentien, au large de Percé, montrent que les vagues centenaires peuvent atteindre jusqu'à 14,7 m de hauteur (Galbraith et coll., 2022). La hauteur des vagues est de 13,9 m pour une période de récurrence de 2 ans. Les ondes de tempêtes et les vagues du plateau continental produisent des oscillations du niveau de la mer de l'ordre de 10 à 50 cm, et parfois de plus de 1 m, qui durent quelques heures. Ajoutées aux oscillations de marées, elles peuvent créer des inondations dans les zones littorales de la partie sud du golfe du Saint-Laurent. Ces vagues sont produites par l'effet du baromètre inverse et la pression directe qu'exerce le vent sur la surface de la mer.

Quant à la baie de Gaspé, elle est relativement protégée et présente des caractéristiques hydrodynamiques qui diffèrent de celles observées en général dans l'ensemble du golfe du Saint-Laurent. Les vents au-dessus du havre durant la saison estivale sont la plupart du temps orientés dans l'axe longitudinal (NO-SE) en raison de la canalisation des vents dans la vallée de la rivière Dartmouth et la baie de Gaspé (Pettigrew et coll., 1991 dans Gagnon, 2008). Ils soufflent presque aussi souvent du nord-ouest que du sud-est. Les vents dominants sont de l'ouest, mais en été, il y a aussi une brise qui souffle fréquemment de l'est (Nav Canada, 2002 dans Gagnon, 2008). La vitesse horaire extrême atteinte en période libre de glaces pour la période 1970-2000 est de 76 km/h.

Selon Koutitonsky (2001), la houle générée par les fortes tempêtes dans le golfe est en grande partie atténuée dans la baie de Gaspé et ne crée pas de vagues de plus de 1 m dans le havre. Les vagues extrêmes sont donc générées localement par les vents. Le fetch maximal dans la direction des vents dominants (NO) est de 7 km. La vitesse du vent du nord-ouest de récurrence de 50 ans est de l'ordre de 60 km/h. Selon Gagnon (2008), les vagues extrêmes dans le havre de Gaspé, pour des vents en provenance du nord-ouest, affichent une hauteur significative de 0,7 m avec une période de 2,5 secondes et une longueur d'onde de 10 m.

3.4 Gaspésie - Baie-des-Chaleurs

Dans la Baie-des-Chaleurs, plus précisément dans le secteur de Bonaventure et de Maria, les vents dominants sont de l'ouest pour tous les mois de l'année et c'est en novembre et en décembre que l'on enregistre les plus forts vents, avec un fetch effectif de plus de 50 km (Morneau et coll., 2001a ; 2001b). Quant aux vents de tempêtes, ils proviennent majoritairement de l'est-sud-est, avec un fetch de 49,3 km au droit de la pointe de Bonaventure et de 35 km dans le secteur de la baie de Cascapédia (Maria) (Gagnon, 2008).

Dans la Baie-des-Chaleurs, les vents dominants exercent une influence sur le régime des vagues qui frappent le littoral de la région et génèrent des courants dominants de dérive littorale portant vers l'est. Les vents de tempêtes (soufflant d'est-sud-est) génèrent des vagues pouvant atteindre des hauteurs de 3,25 m au large de Bonaventure (Morneau et coll., 2001a). Selon la modélisation effectuée par Gagnon (2008), les vents d'est-sud-est, du sud-est et de l'ouest-sud-ouest peuvent produire des vagues extrêmes de récurrence de 50 ans dans la baie de Cascapédia, dont la hauteur significative s'élève à 3,0 m, avec une période 8,5 secondes et une longueur d'onde de 100 m. De manière

générale, lorsque les vagues atteignent la rive de la baie des Chaleurs, leur hauteur varie entre 2,05 m et 2,95 m, dans des conditions respectives de pleine mer supérieure de grande marée et de marée haute extrême (Morneau et coll., 2001a).

3.5 Îles-de-la-Madeleine

En hiver, les vents dominants aux Îles-de-la-Madeleine proviennent de l'ouest et ont une vitesse 50 % plus élevée qu'en été (Gagnon, 2008). En été, les vents dominants proviennent du sud (Nav Canada, 2002 dans Gagnon, 2008). Entre 1953 et 2000, 464 événements de vent excédant 50 km/h pendant une période d'au moins six heures consécutives ont été enregistrés aux Îles-de-la-Madeleine (Manson et coll., 2002b dans Gagnon, 2008). Ces vents de tempêtes proviennent principalement du nord-ouest et de l'ouest. La vitesse moyenne pour la tempête la plus intense a été de 75 km/h. La vitesse des vents de récurrence de 100 ans autour des Îles-de-la-Madeleine est d'environ 110 km/h, ce qui donne une vitesse d'environ 100 km/h pour une récurrence de 50 ans (Gagnon, 2008).

La côte est des Îles-de-la-Madeleine est protégée des vagues provenant de l'ouest, mais elle est exposée aux vagues de tempêtes du nord-est, à la réfraction des vagues d'ouest et à la houle provenant de l'océan Atlantique (CJB Environnement, 2006). La côte est un environnement qui subit de grandes variations dans le régime des vagues et les vents variant du nord-est au sud-ouest sont les plus susceptibles d'y influencer la nature des vagues. Les vents violents provenant du sud-est lors de la remontée des tempêtes tropicales le long de la côte nord-est des États-Unis peuvent également atteindre le littoral (Long, 2002 dans CJB Environnement, 2006).

Les vents influencent les vagues durant la période où le couvert de glace est absent, soit d'avril à décembre. Pendant cette période, le temps calme est observé environ 2 % du temps (CJB Environnement, 2006). À partir des données de vent entre 1979 et 2000, une analyse montre que les vagues d'une hauteur supérieure à 3 m proviennent de vents en provenance du nord-est et du sud-est (CJB Environnement, 2006). Les hauteurs et les périodes de pointe des vagues prédictes à partir des vents indiquent qu'elles sont maximales à la fin de la période automnale (Ouellet, 2002 dans CJB Environnement, 2006).

Le long de la côte ouest des Îles-de-la-Madeleine, la hauteur significative moyenne des vagues est de 0,5 m en été et de 1,2 m en hiver (Owens, 1977), alors qu'elle est de 1,0 m en été et de 2,5 m en hiver au large des îles (Ocean Weather, 2018). La hauteur significative maximale atteignant la côte est de 2,3 m en été et de 3,9 m en hiver (Owens, 1977), alors que la hauteur significative (99^e centile) est de 3,0 m en été et de 6,0 m en hiver au large des îles. La côte ouest des îles est exposée à des vagues de tempêtes de deux à trois fois plus fortes que celles de la côte est (Savard et coll., 2008), ce qui s'explique par le fait que les tempêtes du nord-ouest sont les plus fréquentes, représentant 66 % des tempêtes répertoriées entre 1961 et 1990 (Savard et coll., 2008).



4

4 Dynamique hydrosédimentaire

4.1 Généralités

La description de la dynamique hydrosédimentaire provient essentiellement des travaux réalisés par le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR). Elle est basée sur les travaux de photo-interprétation (Drejza et coll., 2014). Cette cartographie est disponible sur la plateforme SIGEC Web.

Pour mieux comprendre la dynamique hydrosédimentaire dans un milieu donné, on recourt à deux échelles spatiales à savoir les unités hydrosédimentaires et les cellules hydrosédimentaires.

De grande superficie, les unités hydrosédimentaires correspondent à de vastes systèmes à l'intérieur desquels les sédiments sont érodés, transportés et déposés sous l'action de phénomènes géomorphologiques et des courants. Les unités hydrosédimentaires sont surtout utilisées pour obtenir une appréciation globale de la dynamique hydrosédimentaire dans l'estuaire ou le golfe du Saint-Laurent.

Quant aux cellules hydrosédimentaires, elles sont de tailles plus réduites et correspondent à une portion définie du littoral dont le fonctionnement est relativement autonome du point de vue du transport sédimentaire. Entre deux cellules voisines, les échanges sont généralement faibles, voire nuls. On recourt aux cellules hydrosédimentaires pour décrire les particularités plus locales en termes de dynamique hydrosédimentaire. Par conséquent, on peut compter plusieurs cellules hydrosédimentaires à l'intérieur d'une unité hydrosédimentaire.

Au total, 55 unités hydrosédimentaires et 159 cellules hydrosédimentaires ont été identifiées dans la zone d'étude (Drejza et coll., 2014). Bien que chaque cellule hydrosédimentaire affiche des caractéristiques propres, certains constats plus généraux ressortent et sont résumés ci-après :

- Les cours d'eau représentent des sources sédimentaires pouvant contribuer au système côtier. La contribution d'un cours d'eau dépend de la disponibilité des sédiments et de leur volume pouvant se rendre au système côtier. Aux embouchures des grandes rivières, on remarque souvent une terrasse de plage ou une flèche littorale formée à partir des sédiments érodés des talus meubles des berges des cours d'eau. Les terrasses de plage ou les flèches littorales constituent une source linéaire de sédiments pour la cellule hydrosédimentaire dans la mesure où ils affichent des signes d'érosion. À l'inverse, elles constituent des réservoirs ou des puits de sédiments lorsqu'elles sont stables ou en accumulation ;
- La dérive littorale correspond au transport des sédiments parallèlement à la côte. Une intervention (p. ex. implantation d'un épi perpendiculairement à la côte ou infrastructure portuaire) peut couper partiellement ou complètement les apports sédimentaires. Par conséquent, du côté amont de l'ouvrage, les sédiments s'accumulent, alors que du côté aval, un déficit sédimentaire se crée. Les ouvrages aménagés perpendiculairement à la côte représentent souvent une limite d'unité ou de cellule hydrosédimentaire, car ils bloquent partiellement ou complètement la dérive littorale ;
- La présence d'ouvrages de protection côtière linéaires et de remblais influence la dynamique hydrosédimentaire, soit en augmentant la turbulence devant l'ouvrage, soit en entraînant des effets de bout accentuant l'érosion de la côte ou encore en créant des courants de retour.

4.2 Bas-Saint-Laurent

En ce qui concerne la dynamique hydrosédimentaire, la côte est ponctuée d'éléments, parfois naturels, mais le plus souvent anthropiques, qui délimitent les unités hydrosédimentaires. Sur 16 limites d'unités hydrosédimentaires identifiées au Bas-Saint-Laurent, 12 sont des quais ou des zones portuaires. Il n'y a donc que quatre unités, situées en bordure des îlots rocheux du parc national du Bic, qui sont délimitées par des caps rocheux. Le secteur du Bas-Saint-Laurent comprend au total 43 cellules hydrosédimentaires réparties le long des 481,5 km de côte.

4.3 Gaspésie - Rive nord

En ce qui a trait à la dynamique hydrosédimentaire, les limites des cinq unités hydrosédimentaires répertoriées dans le secteur de la Gaspésie - Rive nord sont toutes d'origine anthropique et correspondent à des ports ou à des quais. Plus au sud, entre Cap-Gaspé et Percé, on dénombre deux autres unités hydrosédimentaires délimitées naturellement par des caps rocheux. Au total, 7 unités et 40 cellules hydrosédimentaires sont répertoriées dans le secteur de la Gaspésie - Rive Nord.

4.4 Gaspésie - Baie-des-Chaleurs

Dans ce secteur, les limites des 22 unités hydrosédimentaires sont majoritairement naturelles et associées à la présence de caps rocheux. Seulement sept d'entre elles résultent de la présence de quais ou de structures portuaires. Au total, on dénombre 50 cellules hydrosédimentaires dans le secteur de la Gaspésie - Baie-des-Chaleurs.

4.5 Îles-de-la-Madeleine

Les Îles-de-la-Madeleine forment un grand ensemble sédimentaire délimité par le plateau madelinien (Drejza et coll., 2014). Les limites des dix unités hydrosédimentaires sont toutes naturelles, soit huit résultant de la présence de caps rocheux et deux associées à des chenaux, qui sont suffisamment profonds pour créer une interruption dans la dérive littorale. En raison de sa position au centre du golfe du Saint-Laurent, la dynamique hydrosédimentaire de ce secteur est influencée par les courants et les vents, notamment les vents dominants provenant du nord-ouest (Owens et McCann, 1980 dans Drejza et coll., 2014). Au total, on dénombre 26 cellules hydrosédimentaires dans le secteur.



5 Caractérisation des côtes

5.1 Généralités

La caractérisation des côtes provient des travaux réalisés par le LDGIZC de l'UQAR. Les constats généraux sur les types et l'état des côtes sont issus des travaux d'Arsenault et coll. (2021), qui se basent sur une évaluation visuelle d'images obliques datant de septembre 2017. Ainsi, bien que les types de côte aient probablement peu varié depuis 2017, l'état de la côte a probablement évolué.

Dans l'est du Québec, les types de côtes sont nombreux et spatialement diversifiés et ils se distinguent selon leurs caractéristiques géomorphologiques (tableau 2). À l'échelle des secteurs, il se dégage les observations suivantes :

- Au Bas-Saint-Laurent, les types de côtes les plus fréquents sont les terrasses de plage (37,7 %) suivi des marais maritimes (24,3 %). On y trouve aussi, dans une moindre mesure, des côtes rocheuses avec ou sans falaises, des terrasses de plage à base rocheuse ainsi que des falaises meubles et des versants rocheux ;
- En Gaspésie - Rive nord, ce sont les falaises rocheuses et les terrasses de plage qui dominent le paysage côtier, avec respectivement 41,9 % et 20,4 %. Dans une moindre mesure, on répertorie également des côtes artificielles (13,5 %) et des marais maritimes (8,7 %) ;
- Dans le secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, les côtes sont caractérisées par la présence de nombreuses falaises rocheuses (38,5 %) concentrées entre Percé et Chandler. Parmi les autres types de côtes répertoriés dans le secteur, on trouve des marais maritimes (21,1 %), des falaises meubles (12,5 %), des flèches littorales (10,1 %) et des terrasses de plage (9,4 %) ;
- Les tombolos et les cordons littoraux dominent les types de côtes répertoriées dans le secteur des Îles-de-la-Madeleine, avec 41,7 %. Les falaises rocheuses (31,9 %) et les flèches littorale (20,2 %) complètent les types de côtes dominant le paysage de ce secteur.

Tableau 2 : Types de côtes répertoriés selon les secteurs

Type de côte	Définition et caractéristiques	Longueur (km) et proportion (%) par secteur			
		Bas-Saint-Laurent	Gaspésie – Rive nord	Gaspésie – Baie-des-Chaleurs	Îles-de-la-Madeleine
Marais maritime	Zone d'accumulation de sédiments fins en milieu intertidal, colonisées par de la végétation herbacée adaptée à la salinité de l'eau (halophyte) et au battement des marées. Ces marais présentent généralement de grands replats répartis en trois zones principalement, allant de la mer vers la terre : la slikke, le schorre inférieur et le schorre supérieur.	117,0 (24,3)	36,8 (8,7)	110,1 (21,1)	1,5 (0,6)
Terrasse de plage	Zone d'accumulation de sable, de gravier ou de galet formant une surface plane. Certaines ont été mises en place par les vagues et les courants côtiers lors de la dernière période post-glaciaire, d'autres durant les périodes récente et actuelle. Le replat, très rarement submergé par les marées, est généralement végétalisé et peut être affecté par l'activité éolienne. Sa partie frontale peut être bordée par un talus d'érosion de moins de 1,5 m de hauteur (microfalaise). La terrasse de plage peut être suivie, à l'arrière-plage ou à l'arrière-côte, d'une falaise morte, ou encore d'une surface plane ou légèrement pentue.	181,5 (37,7)	86,5 (20,4)	48,7 (9,4)	6,6 (2,8)
Terrasse de plage à base rocheuse	Résulte du même processus de formation que les terrasses de plage et présente les mêmes caractéristiques, mais repose sur un affleurement rocheux présent à l'endroit de la ligne de rivage.	32,8 (6,8)	1,1 (0,2)	1,4 (0,3)	0,1 (< 0,1)
Flèche littorale	Accumulation de sable, de gravier ou de galet attachée à la côte à une extrémité, qui s'étire généralement parallèlement à la côte sous l'action des vagues. L'extrémité est libre et se termine souvent en forme de crochet. La partie sommitale de la flèche peut parfois être dunifiée et la végétation peut s'y développer.	4,2 (0,9)	16,7 (3,9)	52,7 (10,1)	47,0 (20,2)
Tombolo et cordon littoral	Accumulation basse de sable, de gravier et de galet formées par l'action des vagues. Dans le cas des tombolos, la convergence de dérives littorales associée à la réfraction des vagues favorise l'accumulation de sédiments vers la mer reliant ainsi la côte à un îlot. Les cordons littoraux se forment lorsque les vagues sont transversales et parallèles à la côte. On observe parfois une combinaison des deux processus. Le cordon littoral peut ne pas être attaché à la côte. Ces formations peu élevées et végétalisées peuvent s'attacher à la côte aux deux extrémités et former des lagunes. Ces côtes peuvent être dunifiées, comme aux Îles-de-la-Madeleine.	3,9 (0,8)	-	-	96,9 (41,7)
Côte meuble sans falaise	Côte basse (< 1,5 m) constituée de dépôts meubles d'origines diverses, notamment ceux associés aux processus gravitaires (dépôts de glissement de terrain, talus d'éboulis, etc.) ou ceux d'origine glaciaire, fluvio-glaciaire, alluviale, estuarienne ou marine.	11,4 (2,4)	11,4 (2,7)	19,1 (3,7)	1,5 (0,6)

Tableau 2 : Types de côtes répertoriés dans les régions du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (suite)

Type de côte	Définition et caractéristiques	Longueur (km) et proportion (%) par secteur			
		Bas-Saint-Laurent	Gaspésie – Rive nord	Gaspésie – Baie-des-Chaleurs	Îles-de-la-Madeleine
Falaise meuble	Abrupt littoral formé par l'érosion de dépôts non consolidés (argile, limon, sable, gravier, galet et bloc). La façade évolue en réaction aux effets des processus hydrodynamiques, hydrogéologiques, gravitaires et de météorisation. Ces escarpements présentent une hauteur minimale de 1,5 m.	18,6 (3,9)	28,3 (6,7)	64,9 (12,5)	3,0 (1,3)
Falaise rocheuse	Abrupt littoral de roche consolidée. Cette falaise peut être composée de roches sédimentaires, métamorphiques ou ignées. La façade évolue à la suite des effets des processus hydrodynamiques, hydrogéologiques, gravitaires et de météorisation. Ces escarpements présentent une hauteur minimale de 1,5 m.	43,6 (8,9)	177,3 (41,9)	200,1 (38,5)	74,5 (31,9)
Côte rocheuse sans falaise	Présente une pente douce ou un escarpement peu élevé (< 1,5 m). Elle peut être composée de roches sédimentaires, métamorphiques ou ignées. L'escarpement peut être façonné principalement par les processus d'érosion hydrodynamiques, de météorisation ou glaciels.	44,1 (9,2)	0,8 (0,2)	6,8 (1,3)	0,5 (0,2)
Versant rocheux	Type de côte dont le relief est pentu, sans être vertical, s'inclinant vers la mer. Ce relief continental d'origine géodynamique est peu affecté par les processus hydrodynamiques côtiers, sinon à sa base. Ils peuvent être ou non recouverts de végétation. Ils sont relativement stables à long terme.	12,5 (2,6)	3,7 (0,9)	–	–
Côte artificielle	La côte est dite artificielle lorsqu'il n'est pas possible de distinguer le type de côte qui était présent avant les modifications anthropiques. Les côtes à remblai et les zones portuaires sont indiquées comme des côtes artificielles. Les côtes qui ont été artificialisées par des ouvrages de protection côtière n'apparaissent pas dans cette catégorie.	12,1 (2,5)	57,0 (13,5)	14,3 (2,7)	1,7 (0,7)
Non applicable	Le type de côte n'est pas applicable selon Arsenault et coll. (2021), soit car il ne s'agit pas d'une limite géomorphologique, soit la limite se trouve dans l'eau (p. ex. contour d'un brise-lames et certains épis).	0,1 (< 0,1)	–	< 0,1 (< 0,1)	–
Non déterminé	Le type de côte n'a pas été déterminé selon Arsenault et coll. (2021). Les côtes qui ont été artificialisées par des ouvrages de protection côtière sont incluses dans cette catégorie.	0,2 (< 0,1)	3,6 (0,9)	2,0 (0,4)	–
Total		482,0 (100,0)	423,2 (100,0)	520,1 (100,0)	233,3 (100,0)

Source : Arsenault et coll. (2021)

En ce qui a trait à l'état de la côte (tableau 3), il se dégage les constats suivants :

- Au Bas-Saint-Laurent, la majorité du littoral (47,8 %) varie de stable à végétalisé, alors que 24,7 % révèlent des signes d'érosion. Dans ce cas, les côtes sont, soit semi-végétalisées (16,8 %), soit actives ou vives (7,9 %) ;
- Le littoral du secteur Gaspésie - Rive nord présente, en proportion relativement comparable, un état stable à végétalisé (47,1%) ou présentant des signes d'érosion (42,0 %). C'est 13,2% de la rive qui est semi-végétalisée et une portion appréciable de la côte est active ou vive (28,8 %) ;
- Dans le secteur de la Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, c'est 24,5 % de la côte dont l'état varie de stable à végétalisé. Le littoral affiche des signes d'érosion sur plusieurs kilomètres (51,5%), avec la présence de côtes semi-végétalisées (8,7 %) et actives ou vives (42,8 %) ;
- Aux Îles-de-la-Madeleine, c'est 9,5% de la côte qui est stable ou végétalisée, alors que 88,4 % montre des signes d'érosion. C'est une proportion de 16 % qui est semi-végétalisée et près des trois quarts du littoral (72,4 %) sont actifs ou vifs.

Tableau 3 : État de la côte selon les secteurs

État de la côte	Définition	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur			
		Bas-Saint-Laurent	Gaspésie - Rive nord	Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	Îles-de-la-Madeleine
Accumulation	Segment où l'interprétation de données antérieures permet d'affirmer que la position de la côte progresse vers la mer.	1,0 (0,2)	2,4 (0,6)	3,6 (0,7)	0,3 (0,1)
Stable ou végétalisée	Côte où le recouvrement végétal est supérieur à 75 %, ou peu ou aucun signe de processus d'érosion n'est observé ou qui est artificialisée.	230,3 (47,8)	199,3 (47,1)	127,6 (24,5)	22,1 (9,5)
Semi-végétalisée	Talus vif ou dont le recouvrement végétal se situe entre 25 et 75 % ou les signes de processus d'érosion ne sont observés que partiellement.	81,2 (16,8)	56,4 (13,2)	45,4 (8,7)	37,3 (16,0)
Active ou vive	Talus vif dont le recouvrement végétal est inférieur à 25 % ou processus d'érosion observés.	38,0 (7,9)	121,6 (28,8)	222,5 (42,8)	169,0 (72,4)
Non applicable	–	121,2 (25,2)	39,8 (9,4)	114,0 (21,9)	4,5 (1,9)
Non déterminé	Segment où il est impossible de déterminer l'état de la côte à partir des données disponibles	10,3 (2,1)	3,7 (0,9)	7,0 (1,4)	0,1 (0,1)
Total		482,0 (100,0)	423,2 (100,0)	520,1 (100,0)	233,3 (100,0)

Source : Arsenault et coll. (2021)

5.2 Bas-Saint-Laurent

5.2.1 Échelle du secteur

Dans le secteur du Bas-Saint-Laurent, la côte est irrégulière, parsemée de baies, de pointes et d'îles et est caractérisée par de larges battures et des eaux peu profondes. On y trouve majoritairement des terrasses de plage (37,7 %) et des marais maritimes (24,3 %) (Arsenault et coll., 2021). Les autres types de côtes qui y sont répertoriées sont des côtes rocheuses sans falaise (9,2 %), des falaises rocheuses (8,9 %), des terrasses de plage à base rocheuse (6,8 %), des falaises meubles (3,9 %) et des versants rocheux (2,6 %) (tableau 3).

5.2.2 Échelle des sites d'intervention

5.2.2.1 Type de côte

Représentatifs de ce qui est observé à l'échelle du secteur du Bas-Saint-Laurent, les sites d'intervention se trouvent principalement le long des terrasses de plage (tableau 4). En effet, 37 des 59 sites identifiés dans ce secteur (45,3 %) sont caractérisés par la présence de terrasses de plage, lesquelles totalisent 38,4 km de côtes sur les 84,7 km répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur. Un total de 14 des 59 sites sont situés le long de marais maritimes (34,4 km ou 40,6 % des sites), alors que cinq sites, totalisant 4,8 km, correspondent à une côte rocheuse sans falaise (5,7 %). La variabilité de la côte à l'intérieur d'un même secteur explique que le nombre de sites excède les 59 sites identifiés dans le secteur Bas-Saint-Laurent.

Tableau 4 : Types de côtes répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur Bas-Saint-Laurent

Type de côte	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Sites planifiés		Sites non planifiés	
		Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Marais maritime	117,0 (24,3)	3	5,8 (6,8)	11	28,6 (33,8)
Terrasse de plage	181,5 (37,7)	21	28,2 (33,3)	16	10,2 (12,0)
Terrasse de plage à base rocheuse	32,8 (6,8)	3	0,3 (0,4)	3	0,5 (0,6)
Flèche littorale	4,2 (0,9)	–	–	–	–
Tombolo et cordon littoral	3,9 (0,8)	–	–	–	–
Côte meuble sans falaise	11,4 (2,4)	–	–	–	–
Falaise meuble	18,6 (3,9)	3	0,4 (0,5)	6	2,1 (2,5)
Falaise rocheuse	43,6 (8,9)	–	–	4	1,3 (1,5)
Côte rocheuse sans falaise	44,1 (9,2)	1	0,1 (0,1)	4	4,7 (5,5)
Versant rocheux	12,5 (2,6)	–	–	–	–
Côte artificielle (remblai)	12,1 (2,5)	2	1,2 (1,4)	2	1,3 (1,5)
Non applicable	0,1 (< 0,1)	–	–	–	–
Non déterminé	0,2 (< 0,1)	–	–	–	–
Total	482,0 (100,0)	33	36,0 (42,5)	46	48,7 (57,5)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 59 sites.

5.2.2.2 Présence d'ouvrage de protection côtière

À l'échelle de ce secteur, 40 des 59 sites inclus au programme ont déjà fait l'objet d'une intervention. Cela représente 21,3 km (25,2 %) sur les 84,7 km répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur (tableau 5).

Tableau 5 : Ouvrages de protection côtière existants à l'échelle des sites d'intervention du secteur Bas-Saint-Laurent

Niveau d'artificialité	Sites planifiés		Sites non planifiés	
	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Présence d'un ouvrage de protection côtière	21	10,2 (12,1)	19	11,1 (13,1)
Absence d'un ouvrage de protection côtière	20	25,7 (30,4)	28	37,5 (44,4)
Total	41	35,9 (42,5)	47	48,6 (57,5)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 59 sites.

5.2.2.3 État de la côte

À l'instar du reste du secteur du Bas-Saint-Laurent, pour 51 des 59 sites, la côte est stable ou végétalisée (34,3 km ou 47,0 %) et pour 37 sites, la côte est semi-végétalisée (13,0 km ou 17,8 %) (tableau 6). Parmi les sites planifiés, 19 d'entre eux affichent une côte active ou vive (16,1 km ou 10,4 %). Enfin, aucun site dans ce secteur n'affiche des portions reflétant une accumulation.

Tableau 6 : État de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur Bas-Saint-Laurent

État de la côte	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Sites planifiés		Sites non planifiés	
		Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Accumulation	1,0 (0,2)	–	–	–	–
Stable ou végétalisée	230,3 (47,8)	23	17,3 (23,7)	28	17,0 (23,3)
Semi-végétalisée	81,2 (16,8)	22	10,8 (14,8)	15	2,2 (3,0)
Active ou vive	38,0 (7,9)	19	6,3 (8,6)	11	1,3 (1,8)
Non applicable	121,2 (25,2)	10	5,0 (6,8)	18	13,1 (17,9)
Non déterminée	10,3 (2,1)	–	–	1	0,1 (0,1)
Total	482,0 (100,0)	74	39,4 (53,9)	73	33,7 (46,1)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 59 sites.

5.3 Gaspésie - Rive nord

5.3.1 Échelle du secteur

Dans le secteur de la Gaspésie - Rive nord, la côte est principalement composée de falaises et la majorité de celles-ci sont rocheuses (41,9 %). Les autres types de falaises répertoriées sont des falaises meubles (6,7 %). Quant aux terrasses de plage, elles représentent 20,4 % des côtes, alors que les flèches littorales occupent 3,9 % du secteur. Les marais maritimes y sont peu présents représentant seulement 8,7 % des côtes. Enfin, le littoral est composé de côte à remblais ou de zones portuaires sur 13,5 % de sa longueur.

5.3.2 Échelle des sites d'intervention

5.3.2.1 Type de côte

Les sites d'intervention du secteur de la Gaspésie - Rive nord sont principalement caractérisés par trois types de côtes, à savoir la côte artificielle (22 des 74 sites, totalisant 53,4 km ou 59,4 %), la terrasse de plage (34 des 74 sites, totalisant 21,4 km ou 23,8 %) et la falaise rocheuse (34 des 74 sites, totalisant 10,4 km ou 11,6 %) (tableau 7). Enfin, très peu de sites, soit un planifié et deux non planifiés, affichent une portion de la côte caractérisée par la présence de marais maritime, ce qui équivaut à 0,7 km de côte (0,8 %). Il est à noter que la variabilité de la côte à l'intérieur d'un même site d'intervention explique que le nombre de sites excède les 74 sites identifiés dans le secteur Gaspésie - Rive nord.

Tableau 7 : Types de côtes répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Rive nord

Type de côte	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Sites planifiés		Sites non planifiés	
		Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Marais maritime	36,8 (8,7)	1	0,4 (0,4)	2	0,3 (0,3)
Terrasse de plage	86,5 (20,4)	19	9,2 (10,2)	15	12,2 (13,6)
Terrasse de plage à base rocheuse	1,1 (0,2)	–	–	–	–
Flèche littorale	16,7 (3,9)	–	–	1	0,1 (0,1)
Tombolo et cordon littoral	–	–	–	–	–
Côte meuble sans falaise	11,4 (2,7)	2	0,3 (0,3)	2	0,5 (0,6)
Falaise meuble	28,3 (6,7)	9	2,4 (2,7)	5	0,7 (0,8)
Falaise rocheuse	177,3 (41,9)	21	6,9 (7,7)	13	3,5 (3,9)
Côte rocheuse sans falaise	0,8 (0,2)	–	–	–	–
Versant rocheux	3,7 (0,9)	–	–	–	–
Côte artificielle (remblai)	57,0 (13,5)	14	36,7 (40,8)	8	16,7 (18,6)
Non applicable	–	–	–	–	–
Non déterminée	3,6 (0,9)	–	–	–	–
Total	423,2 (100,0)	66	55,9 (62,2)	46	34,0 (37,8)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 74 sites.

5.3.2.2 Présence d'ouvrage de protection côtière

À l'échelle de ce secteur, 51 des 74 sites inclus au programme ont déjà fait l'objet d'une intervention. Cela représente 64,5 km (71,7 %) sur les 90,0 km répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur (tableau 8).

Tableau 8 : Ouvrages de protection côtière existants à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Rive nord

Niveau d'artificialité	Sites planifiés		Sites non planifiés	
	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Présence d'un ouvrage de protection côtière	31	42,0 (46,7)	20	22,5 (25,0)
Absence d'un ouvrage de protection côtière	32	13,9 (15,4)	21	11,5 (12,9)
Total	63	55,9 (62,1)	41	34 (37,9)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 74 sites.

5.3.2.3 État de la côte

L'état de la côte au droit des sites d'intervention est stable ou végétalisée pour 67 des 74 sites (72,8 km ou 75,1 %) (tableau 9). Une quantité appréciable de sites d'intervention (50 sites) ont une partie de la côte qui est active ou vive, et ce, bien qu'elle ne représente que 10,8 des 96,9 km (11,1 %). La partie résiduelle de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Rive nord, est semi-végétalisée (8,3 km ou 8,6 %), en accumulation (0,8 km ou 0,8 %) ou non déterminée (0,6 km ou 0,6 %).

Tableau 9 : État de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Rive nord

État de la côte	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Sites planifiés		Sites non planifiés	
		Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Accumulation	2,4 (0,6)	1	0,6 (0,6)	2	0,2 (0,2)
Stable ou végétalisée	199,3 (47,1)	34	46,3 (47,7)	33	26,5 (27,3)
Semi-végétalisée	56,4 (13,2)	20	4,0 (4,1)	22	4,3 (4,4)
Active ou vive	121,6 (28,8)	29	6,4 (6,6)	21	4,4 (4,5)
Non applicable	39,8 (9,4)	17	0,6 (0,6)	18	3,1 (3,2)
Non déterminé	3,7 (0,9)	1	0,5 (0,5)	2	< 0,1 (0,1)
Total	423,2 (100,0)	102	58,4 (60,2)	98	38,6 (39,8)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 74 sites.

5.4 Gaspésie - Baie-des-Chaleurs

5.4.1 Échelle du secteur

Dans le secteur de la Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, la côte est principalement composée de falaises rocheuses (38,5 %), surtout entre Percé et Chandler (tableau 10). Les autres types de côtes répertoriées sont, dans une moindre mesure, des marais maritimes (21,1 %), des falaises meubles (12,5 %), des flèches littorales (10,1 %) et des terrasses de plage (9,4 %). Enfin, sur 2,7 % de sa longueur, le littoral est composé de côte à remblais ou de zones portuaires.

5.4.2 Échelle des sites d'intervention

5.4.2.1 Type de côte

Pour le secteur de la Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, les sites d'intervention longent majoritairement des terrasses de plage (13 des 41 sites, totalisant 11,4 km ou 30,0 %), des falaises rocheuses (17 des 41 sites, totalisant 9,6 km ou 25,3 %), et des falaises meubles (15 des 41 sites, totalisant 7,0 km ou 18,4 %) (tableau 10). Quant aux flèches littorales, elles sont bien représentées à l'échelle des sites d'intervention (5 des 41 sites; totalisant 3,5 km ou 9,2 %). Enfin, seul un site affiche une portion de côte dont le type n'a pu être déterminé, ce qui représente 0,5 % des 38,0 km de côtes inclus dans les sites du secteur. Rappelons que la variabilité de la côte à l'intérieur d'un même site d'intervention explique que le nombre de sites excède les 41 sites identifiés dans le secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs.

Tableau 10 : Types de côtes répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs

Type de côte	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Sites planifiés		Sites non planifiés	
		Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Marais maritime	110,1 (21,1)	–	–	2	0,9 (2,4)
Terrasse de plage	48,7 (9,4)	6	7,3 (19,2)	7	4,1 (10,8)
Terrasse de plage à base rocheuse	1,4 (0,3)	–	–	1	0,6 (1,6)
Flèche littorale	52,7 (10,1)	3	1,9 (5,0)	2	1,6 (4,2)
Tombolo et cordon littoral	–	–	–	–	–
Côte meuble sans falaise	19,1 (3,7)	1	0,8 (2,1)	1	0,2 (0,5)
Falaise meuble	64,9 (12,5)	9	4,8 (12,6)	6	2,2 (5,8)
Falaise rocheuse	200,1 (38,5)	8	6,7 (17,6)	9	2,9 (7,6)
Côte rocheuse sans falaise	6,8 (1,3)	–	–	–	–
Versant rocheux	–	–	–	–	–
Côte artificielle	14,3 (2,7)	–	–	5	3,8 (10,0)
Non applicable	< 0,1 (< 0,1)	–	–	–	–
Non déterminée	2,0 (0,4)	–	–	1	0,2 (0,5)
Total	520,1 (100,0)	27	21,5 (56,6)	34	16,5 (43,4)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 41 sites.

5.4.2.2 Présence d'ouvrages de protection côtière

À l'échelle de ce secteur, 26 des 41 sites inclus au programme ont déjà fait l'objet d'une intervention. Cela représente 22,6 km (59,7 %) sur les 38,0 km répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur (tableau 11).

Tableau 11 : Ouvrages de protection côtière existants à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs

Niveau d'artificialité	Sites planifiés		Sites non planifiés	
	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Présence d'un ouvrage de protection côtière	12	13,0 (34,3)	14	9,6 (25,4)
Absence d'un ouvrage de protection côtière	14	8,5 (22,4)	19	6,8 (17,9)
Total	26	21,5 (56,7)	33	16,4 (43,3)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 41 sites.

5.4.2.3 État de la côte

L'état de la côte au droit des sites d'intervention est stable ou végétalisé pour 31 sites (21,2 km ou 46,4 %). On observe néanmoins des signes d'érosion, pour 54 sites, ce qui se traduit par une côte semi-végétalisée à 23 sites (4,9 km ou 10,7 %), ainsi que par une côte active ou vive à 31 sites (14,6 km ou 31,9 %) (tableau 12).

Tableau 12 : État de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs

État de la côte	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Sites planifiés		Sites non planifiés	
		Nombre de sites	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Accumulation	3,6 (0,7)	1	0,8 (1,8)	-	-
Stable ou végétalisée	127,6 (24,5)	13	12,2 (26,7)	18	9,0 (19,7)
Semi-végétalisée	45,4 (8,7)	10	2,4 (5,3)	13	2,5 (5,5)
Active ou vive	222,5 (42,8)	14	9,2 (20,1)	17	5,4 (11,8)
Non applicable	114,0 (21,9)	9	1,2 (2,6)	16	2,2 (4,8)
Non déterminé	7,0 (1,4)	1	0,7 (1,5)	2	0,1 (0,2)
Total	520,1 (100,0)	48	26,5 (58,0)	66	19,2 (42,0)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 41 sites.

5.5 Îles-de-la-Madeleine

La description ci-après est tirée de la caractérisation des côtes effectuée dans le contexte du projet Résilience côtière. Par conséquent, les données sont uniquement disponibles pour les côtes extérieures des Îles-de-la-Madeleine, ce qui se traduit par une absence de données pour le côté lagunaire de certains sites d'intervention.

5.5.1 Échelle du secteur

Les côtes des Îles-de-la-Madeleine sont majoritairement composées de côtes en accumulation, soit des tombolos et des cordons littoraux (41,7 %), suivis des flèches littorales (20,2 %). L'autre type de côte largement présent est la falaise rocheuse, qui représente 31,9 % de l'ensemble des côtes dans ce secteur.

5.5.2 Échelle des sites d'intervention

5.5.2.1 Type de côte

Une minorité de sites d'intervention sont présents le long des falaises aux îles-de-la-Madeleine (tableau 13). En effet, les falaises ne représentent que 2,0 km des 50,3 km de côtes répertoriées en considérant la totalité des sites d'intervention du secteur (4,0 %). Elles sont néanmoins répertoriées sur sept sites d'intervention. La grande majorité des sites se trouvent plutôt dans des zones plus dynamiques d'un point de vue de l'hydrosédimentaire, à savoir les tombolos et les cordons littoraux (10 des 54 sites; totalisant 20,3 km ou 40,4 %) et, dans une moindre mesure, les flèches littorales dunifiées (4 des 54 sites, totalisant 3,9 km ou 7,8 %) et les terrasses de plage (4 des 54 sites, totalisant 1,3 km ou 2,6 %). Enfin, comme mentionné plus haut, le type de côte n'est pas cartographié pour 34 sites, ce qui représente plus de 22 km à l'échelle du secteur (45,3 %).

Tableau 13 : Types de côtes répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur des îles-de-la-Madeleine

Type de côte	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Sites planifiés		Sites non planifiés	
		Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Marais maritime	1,5 (0,6)	–	–	–	–
Terrasse de plage	6,6 (2,8)	3	1,1 (2,2)	1	0,2 (0,4)
Terrasse de plage à base rocheuse	0,1 (< 0,1)	–	–	–	–
Flèche littorale	47,0 (20,2)	2	1,7 (3,4)	2	2,2 (4,4)
Tombolo et cordon littoral	96,9 (41,7)	6	16,6 (33,0)	4	3,7 (7,4)
Côte meuble sans falaise	1,5 (0,6)	–	–	–	–
Falaise meuble	3,0 (1,3)	–	–	1	0,1 (0,2)
Falaise rocheuse	74,5 (31,9)	6	1,9 (3,8)	–	–
Côte rocheuse sans falaise	0,5 (0,2)	–	–	–	–
Versant rocheux	–	–	–	–	–
Côte artificielle	1,7 (0,7)	–	–	–	–
Non applicable	–	–	–	–	–
Non déterminée	–	9	7,1 (14,1)	25	15,7 (31,2)
Total	233,3 (100,0)	26	28,4 (56,5)	33	21,9 (43,5)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 54 sites.

5.5.2.2 Présence d'ouvrages de protection côtière

À l'échelle de ce secteur, 27 des 54 sites inclus au programme ont déjà fait l'objet d'une intervention. Cela représente 15,2 km (30,2 %) sur les 50,3 km répertoriés à l'échelle des sites d'intervention du secteur (tableau 14). En effet, le passage de la route dans les lagunes implique une forte proportion de jetées qui sont composées de remblais routiers protégés de part et d'autre par de l'enrochemen.

Tableau 14 : Ouvrages de protection côtière existants à l'échelle des sites d'intervention du secteur des Îles-de-la-Madeleine

Niveau d'artificialité	Sites planifiés		Sites non planifiés	
	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Présence d'un ouvrage de protection côtière	12	9,6 (19,1)	15	5,6 (11,1)
Absence d'un ouvrage de protection côtière	21	18,8 (37,4)	27	16,3 (32,4)
Total	33	28,4 (56,5)	42	21,9 (43,5)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 54 sites.

5.5.2.3 État de la côte

De manière générale, l'état de la côte au droit des sites d'intervention est comparable à ce qui est observé à l'échelle du secteur, à savoir présence de signes d'érosion (côte semi-végétalisée, active ou vive) sur 26,9 km (78,7 %) répartis sur près d'une cinquantaine de sites (tableau 15). Par ailleurs, on dénote 6,8 km (19,9 %) de côte dont l'état est stable ou végétalisé, lesquels se répartissent sur 15 sites.

Tableau 15 : État de la côte répertoriée à l'échelle des sites d'intervention du secteur des Îles-de-la-Madeleine

État de la côte	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Sites planifiés		Sites non planifiés	
		Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur	Nombre de sites ¹	Longueur (km) et proportion (%) dans le secteur
Accumulation	0,3 (0,1)	–	–	–	–
Stable ou végétalisée	22,1 (9,5)	13	5,5 (16,1)	2	1,3 (3,8)
Semi-végétalisée	37,3 (16,0)	13	4,5 (13,2)	5	1,0 (2,9)
Active ou vive	169,0 (72,4)	18	14,5 (42,4)	12	6,9 (20,2)
Non applicable	4,5 (1,9)	11	0,3 (0,9)	4	0,1 (0,3)
Non déterminé	0,1 (0,1)	2	0,1 (0,3)	–	–
Total	233,3 (100,0)	57	24,9 (72,8)	23	9,3 (27,2)

1. Il est à noter qu'à un site donné, il peut y avoir plusieurs types de côte, ce qui explique que le total des sites excède le nombre de sites inclus au programme décennal d'intervention dans le secteur, qui s'établit à 54 sites.



6 Substrat

La description du substrat répertorié à l'échelle des secteurs à l'étude est basée sur les travaux de Jobin et coll. (2021) effectués dans le contexte du projet Résilience côtière de l'UQAR. Sur la base de ces travaux, il est toutefois à noter que la nature du substrat est non déterminée dans une proportion variant entre 69,1 et 81,6 % pour les secteurs du Bas-Saint-Laurent, de la Gaspésie - Rive nord et de la Gaspésie - Baie-des-Chaleurs (tableau 16). Aux Îles-de-la-Madeleine, seule une proportion de 18,8 % du substrat est de nature non déterminée.

De manière générale, on distingue deux grandes catégories de substrat, soit le substrat meuble et le substrat rocheux, et il existe une plus grande variété de types de substrat meuble (tableau 16). Pour cette dernière catégorie, c'est essentiellement la taille des particules ou leur prédominance dans les sédiments qui seront utilisés comme critères pour déterminer le type de substrat.

Quant à leur répartition à l'échelle des secteurs, ils se dégagent les observations suivantes :

- Au Bas-Saint-Laurent, on trouve surtout du substrat meuble. Il s'agit essentiellement de substrat sablo-vaseux (11,1 %), de la vase (5,9 %), de sable (3,3 %), de sédiments grossiers indéterminés (3,3 %) et de blocs (2,0 %). Quant aux substrats rocheux (rocheux et rocheux avec placages), ils correspondent pour près de 3 % des substrats du secteur ;
- La présence de nombreuses falaises rocheuses le long du secteur de la Gaspésie - Rive nord explique la présence plus abondante de substrat rocheux (3,7 %) en comparaison avec les autres secteurs. Quant aux substrats meubles, essentiellement du sable (6,1 %) et du substrat sablo-vaseux (3,5 %), ils sont surtout associés aux embouchures des rivières ;
- Dans le secteur de la Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, on trouve une multitude de substrats meubles, où dominent le sable (6,5 %) et le substrat sablo-vaseux (6,3 %) suivis, dans une moindre importance, des sédiments grossiers indéterminés (1,9 %), de la vase (1,1 %) et du gravier (0,2 %). Les autres types de substrats meubles répertoriés y sont présents dans des proportions égales ou inférieures à 0,1 %. Quant au substrat rocheux (1,4 %), il se concentre surtout dans la partie est du secteur, où il est associé aux falaises rocheuses ;

- Aux Îles-de-la-Madeleine, le substrat est dominé par le sable (69,4 %). On trouve, dans des proportions nettement moindres, du substrat sablo-vaseux (5,8 %), des sédiments grossiers indéterminés (0,8 %), de la vase (0,3 %) et des blocs (0,2 %). On trouve du substrat rocheux dans une proportion de l'ordre de 3,2 % en considérant le substrat rocheux et rocheux avec placages.

Tableau 16 : Type de substrat répertorié dans la zone côtière des secteurs

Type de substrat	Définition	Proportion (%) du type de substrat selon le secteur			
		Bas-Saint-Laurent	Gaspésie - Rive nord	Gaspésie - Baie-des-Chaleurs	Îles-de-la-Madeleine
Limon-argile	< 62 microns	-	-	-	-
Sable	62 microns à 2 mm	3,3	6,1	6,5	69,4
Sable fin	62 microns à 0,25 mm	< 0,1	0,1	-	-
Sable moyen-grossier	0,25 mm à 2 mm	0,3	0,3	0,1	< 0,1
Gravier	2 à 64 mm	0,3	0,7	0,2	< 0,1
Galet	64 à 256 mm	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1
Blocs	≥ 256 mm	2,0	0,7	< 0,1	0,2
Sédiments mixtes grossiers	Peuvent inclure toutes les fractions supérieures au silt-argile (sable, gravier, galet, bloc) sans classe dominante.	0,9	0,5	0,1	< 0,1
Sédiments grossiers indéterminés	Gravier et/ou galet et/ou bloc	3,3	1,0	1,9	0,8
Vase	Dépôt récent de sédiments fins (surtout inférieurs à 62 microns) majoritairement constitués de particules d'argile et de limon (75 à 100 %) pouvant contenir une faible proportion (0-25 %) de particules de sable et de la matière organique.	5,9	0,3	1,1	0,3
Sablo-vaseux	Sédiment fin constitué d'un mélange sans prédominance de particules d'argiles/limon (25-75 %) et de sable (25-75 %).	11,1	3,5	6,3	5,8
Matière organique	Accumulation de composantes végétales en décomposition. Les schorres supérieurs ont souvent une forte proportion de matière organique.	0,7	1,3	0,8	1,3
Rocheux	Roche mère (socle rocheux)	2,1	3,7	1,4	2,9
Rocheux avec placages	Roche mère dont les dépressions de surface sont couvertes par une mince couche de sédiments.	0,8	2,1	< 0,1	0,3
Anthropique	Substrat d'origine anthropique.	< 0,1	0,1	< 0,1	0,2
Non déterminé ¹	Classe utilisée lorsqu'il n'est pas possible d'identifier le type de substrat selon Jobin et coll. (2021)	69,1	79,4	81,6	18,8

1. Cette classe de type de substrat affiche une proportion significative, car les données du projet Résilience côtière (Jobin et coll., 2021) de couvrent pas l'ensemble de la zone côtière définie dans le contexte de l'étude d'impact, à savoir 0-50 m de profondeur.

Source : Jobin et coll. (2021)



7 Synthèse et conclusion

Le présent rapport visait à documenter la côte et le littoral de la zone d'étude du programme décennal d'intervention, en faisant ressortir les particularités associées à chacun des quatre secteurs (Bas-Saint-Laurent, Gaspésie - Rive nord, Gaspésie - Baie-des-Chaleurs et Îles-de-la-Madeleine). La description de ces composantes s'est largement appuyée sur les différents travaux du LDGIZC de l'UQAR dont le projet Résilience côtière, dont plusieurs données sont disponibles sur la plateforme SIGEC Web.

Compris dans l'EGSL, incluant la baie des Chaleurs, la côte de la zone d'étude varie en passant d'un secteur à l'autre. Dans le Bas-Saint-Laurent, le trait de côte est irrégulier, parsemé de baies, de pointes et d'îles, et il est caractérisé par de larges battures et des eaux peu profondes. À mesure que l'on se déplace vers la péninsule gaspésienne, la côte devient plus étroite et rectiligne, dominée par des falaises rocheuses et interrompue par quelques petites anses, où l'on trouve les terrasses de plage. La côte redevient très irrégulière à la pointe de la péninsule gaspésienne et est constituée de falaises de grès et de grandes baies profondes. Dans le secteur Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, la côte est irrégulière, le relief moins accentué et dominé par des falaises de grès, dont les sédiments érodés alimentent ici et là des flèches sablo-graveleuses. Finalement, la côte des Îles-de-la-Madeleine est caractérisée par de nombreuses falaises friables dont les sables issus de leur érosion sont remaniés pour former des tombolos et des cordons littoraux.

En ce qui a trait à l'état de la côte, la majorité du littoral du secteur du Bas-Saint-Laurent est soit stable ou végétalisé. Quant au secteur Gaspésie - Rive nord, l'état de la côte témoigne de sa sensibilité au phénomène d'érosion, avec des côtes actives ou vives sur près du tiers de sa longueur. En Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, la côte est généralement stable ou végétalisée, et ce, bien que des signes d'érosion soient visibles sur plusieurs kilomètres avec la présence de côtes actives, vives ou semi-végétalisées. Enfin, environ le quart du littoral est actif ou présente une côte vive dans le secteur des Îles-de-la-Madeleine.

Au total, 55 unités et 159 cellules hydrosédimentaires ont été identifiées dans la zone d'étude, témoignant de la variété et du dynamisme du système que constitue l'EGSL, incluant la baie des Chaleurs. Divers processus sont à l'œuvre à cette échelle, notamment les cours d'eau qui transportent des sédiments vers la côte, la dérive littorale qui déplace les sédiments parallèlement à la côte et les plages qui dissipent l'énergie des vagues. Ces processus ont contribué à créer différents systèmes

côtiers, dynamiques et en constante transformation. Parmi les types de côtes que l'on trouve dans ces systèmes côtiers, il y a :

- La flèche littorale, influencée par la dérive littorale, qui est surtout présente dans la Baie-des-Chaleurs et aux Îles-de-la-Madeleine ;
- Le tombolo, créé par la dérive littorale en présence d'un rocher ou d'une île, que l'on peut aussi observer aux Îles-de-la-Madeleine ;
- Le marais maritime, issu d'une phase d'accumulation de sédiments, qui se trouve généralement à une faible élévation. Il est plus abondant dans le Bas-Saint-Laurent, mais il est aussi observé de manière ponctuelle dans les autres secteurs de la zone d'étude, particulièrement à l'embouchure des grandes rivières ;
- La terrasse de plage formée lors de l'accumulation de sédiments, qui est également sensible à l'érosion par les glaces et par le vent ;
- La falaise meuble contribue à l'apport de sédiments dans les systèmes côtiers. Elle est sensible aux vagues, aux courants et aux tempêtes, tout comme la falaise rocheuse sédimentaire, qui présente toutefois des vitesses de recul moins grandes. Des falaises altérées sont toutefois observées aux Îles-de-la-Madeleine et dans la Baie-des-Chaleurs, dont les vitesses de recul sont élevées.

Enfin, à l'échelle de sites d'intervention inclus au programme décennal d'intervention, il se dégage les observations suivantes :

- Au Bas-Saint-Laurent, les sites d'intervention se concentrent surtout le long des terrasses de plage et le long de marais maritimes et, dans une moindre mesure, de côtes rocheuses sans falaise. La grande majorité des sites est caractérisée par une côte stable ou végétalisée. Des signes d'érosion sont toutefois visibles à plusieurs endroits (côte semi-végétalisée, active ou vive) ;
- Les sites d'intervention en Gaspésie - Rive nord sont associés à la côte artificielle (en remblai), aux terrasses de plage ainsi qu'aux falaises rocheuses. Seuls trois sites se trouvent le long d'une côte caractérisée par la présence de marais maritimes. Au droit des sites d'intervention, on répertorie plusieurs portions de la côte qui sont stables ou végétalisées. Une quantité appréciable de sites d'intervention ont toutefois une partie de la côte qui est active ou vive ;
- En Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, les sites d'intervention longent plutôt des terrasses de plage et des falaises rocheuses, et dans une moindre mesure, des falaises meubles et des flèches littorales. À l'instar des autres secteurs, les sites d'intervention planifiés qui affichent des types de côte avec falaise rocheuse ou terrasse de plage semblent être plus sujets à l'érosion côtière ou à la submersion. Quant à l'état de la côte, il est variable, avec 46,4 % de la côte qui est stable ou végétalisée et 42,6 % qui démontre des signes d'érosion qui se traduisent par une côte semi-végétalisée, active ou vive ;
- Aux Îles-de-la-Madeleine, la grande majorité des sites se trouvent dans des zones plus dynamiques, à savoir des tombolos et des cordons littoraux, des flèches littorales dunifiées et des terrasses de plage. Quelques sites sont toutefois associés à des falaises. De manière générale, l'état de la côte au droit des sites d'intervention est comparable à ce qui est observé à l'échelle du secteur, à savoir qu'il présente des signes d'érosion (côte semi-végétalisée, active ou vive) sur 48 sites.

Par ailleurs, plusieurs portions de la côte comprise dans les sites d'intervention sont artificialisées par la présence d'ouvrages de protection côtière, et ce, dans tous les secteurs. Il s'agit d'ouvrages qui ont été aménagés pour stabiliser des parties de la côte vulnérables à l'érosion ou à la submersion.

Enfin, le fond marin de la zone côtière (0-50 m de profondeur) est caractérisé par deux grandes catégories de substrat, soit le substrat meuble et le substrat rocheux. Quant à leur répartition à l'échelle des secteurs, certaines particularités sont notables :

- Au Bas-Saint-Laurent, on trouve surtout du substrat meuble composé de substrat sablo-vaseux, de vase, de sable, de sédiments grossiers indéterminés et de blocs. À l'échelle du secteur, le substrat rocheux est rare (3 % des substrats du secteur) ;
- La présence de nombreuses falaises rocheuses le long du secteur de la Gaspésie - Rive nord explique la présence plus abondante de substrat rocheux en comparaison avec les autres secteurs. Quant aux substrats meubles, essentiellement du sable et du substrat sablo-vaseux, ils sont surtout associés aux embouchures des rivières ;
- En Gaspésie - Baie-des-Chaleurs, on trouve une multitude de substrat meuble (sable, substrat sablo-vaseux, sédiments grossiers indéterminés, vase et gravier). Quant au substrat rocheux, il est peu représenté à l'échelle du secteur et se concentre surtout au pied des falaises rocheuses ;
- Aux Îles-de-la-Madeleine, le sable domine largement les substrats répertoriés. Dans des proportions moindres, on y trouve aussi du substrat sablo-vaseux, des sédiments grossiers indéterminés, de la vase et des blocs. Quant au substrat rocheux, il est peu représenté à l'échelle du secteur.



8 Références

AECOM. 2010. *Évaluation environnementale stratégique de la mise en valeur des hydrocarbures dans le bassin de l'estuaire maritime et du nord-ouest du golfe du Saint-Laurent*. Rapport préliminaire en appui aux consultations. 101 p.

ARSENAULT, E., DREJZA, S., FRIESINGER, S., BLAIN, M., SAVOIE-FERRON, F., HOUDE-POIRIER, M., FRASER, C. MARIE, G. ET P. BERNATCHEZ. 2021. *Cartographie des types de côtes du Québec maritime - Rapport méthodologique*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 74 p.

BIOREX INC. 1999. *Caractérisation biophysique et des usages d'un secteur retenu pour la détermination d'une zone de protection marine dans l'estuaire du Saint-Laurent*. Rapport produit pour le ministère des Pêches et des Océans Canada en collaboration avec le Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM) et la Société Duvetnor Itée. Volume 1, 2 et 3. Pagination multiple.

CJB ENVIRONNEMENT INC. 2006. *Programme décennal de dragage d'entretien du chenal maritime de Mines Seleine à Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine*. Étude d'impact sur l'environnement. Rapport principal présenté au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 166 p.

CONSEIL DU SAINT-LAURENT. 2017. *La complexité mouvementée de l'estuaire moyen du Saint-Laurent*. Fiche du portrait. Plan de gestion intégrée régional du Conseil du Saint-Laurent. 12 p.

DRAPEAU, G. 1992. Dynamique sédimentaire des littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 46 (2) : 233-242.

DREJZA, S., FRIESINGER, S. ET BERNATCHEZ, P. 2014. *Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec, Volume I, Projet X008.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski.* Remis au ministère des Transports du Québec, mars 2014, 226 p. + annexes.

GAGNON, M. 1996. *Bilan régional - Estuaire maritime du Saint-Laurent. Zone d'intervention prioritaire 18.* Environnement Canada - région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. 85 pages.

GAGNON, M. 1998. *Bilan régional - Rive sud de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Zones d'intervention prioritaire 15, 16 et 17.* Environnement Canada - région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. xx + 76 pages.

GAGNON, M. 2008. *Des courants et des vagues dans les principaux sites maricoles du Québec.* Rapport de Biorex inc. à la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). v + 57 p.

GALBRAITH, P.S., CHASSÉ, J., DUMAS, J., SHAW, J.-L., CAVERHILL, C., LEFAIVRE, D. ET LAFLEUR, C. 2022. *Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2021.* Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/034. iv + 85 p.

GALBRAITH, P.S. ET LAROUCHE, P. 2013. Trends and variability in eastern Canada sea-surface temperatures. Ch. 1 (p. 1-18) In: *Aspects of climate change in the Northwest Atlantic off Canada* [Loder, J.W., G. Han, P.S. Galbraith, J. Chassé and A. van der Baaren (Eds.)]. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3045: x + 190 p.

GENIVAR. 2013. *Évaluation environnementale stratégique sur la mise en valeur des hydrocarbures dans les bassins d'Anticosti, de Madeleine et de la baie des Chaleurs (EES2).* Rapport d'étude. Présenté au ministère des Ressources naturelles. 660 p. + annexes.

JOBIN, A., G. MARQUIS, L. PROVENCHER-NOLET, M. J. GABAJ CASTRILLO, C. TRUBIANO, M. DROUET, D. EUSTACHE-LÉTOURNEAU, S. DREJZA, C. FRASER, G. MARIE ET P. BERNATCHEZ. 2021. *Cartographie des écosystèmes côtières du Québec maritime - Rapport méthodologique.* Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 98 p.

JOSENHANS, H. 2007. *Atlas of the Marine Environment and Seabed Geology of the Gulf of St. Lawrence.* Compilation géologique par Heiner Josenhans, compilation numérique par Lisa Peitso et Robin Harvey. Rapport de la Commission géologique du Canada, 2007.

KOUTITONSKY, V. G. 2001. *Étude de la réfraction et des vitesses orbitales des houles pour le choix de sites de mariculture pour l'omble de fontaine dans la Baie de Gaspé (Golfe du Saint-Laurent, Canada).* Produit pour la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), Laboratoire d'Hydraulique Environnementale, Rapport de recherche LHE-01-2. 99 p.

KOUTITONSKY, V.G. and G.L. Bugden. 1991. The physical oceanography of the Gulf of St. Lawrence: A review with emphasis on the synoptic variability of the motion, p. 57-90. In: J.-C. Therriault [ed.] *The Gulf of St. Lawrence: small ocean or big estuary?* Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113.

MORNEAU, F., M. MICHAUD, F. LECOURS, L. CÔTÉ ET D. ROY. 2001a. *Étude d'impact sur l'environnement : Protection de la route 132 le long du littoral des municipalités de Saint-Siméon et de Bonaventure.* Gouvernement du Québec. Ministère des Transports du Québec, 59 p. et annexes.

MORNEAU, F., M. MICHAUD, F. LECOURS, L. CÔTÉ ET D. ROY. 2001b. *Étude d'impact sur l'environnement : Reconstruction d'un mur le long de la route 132 municipalité de Maria, baie de Cascapédia*. Gouvernement du Québec. Ministère des Transports du Québec, 36 p. et annexes.

OCEAN WEATHER. 2018. *Atlantic Basin* [En ligne] [<https://www.oceanweather.com/metocean/atbasin/>]

OWENS, E. H. 1977. Temporal variations in beach and nearshore dynamics. *Journal of sedimentary petrology*, vol. 47, n°1, p. 168-190.

SAVARD, J.-P, P. BERNATCHEZ, F. MORNEAU, F. SAUCIER, P. GACHON, S. SENNEVILLE, C. FRASER ET Y. JOLIVET. 2008. *Étude de la sensibilité des côtes et de la vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques - Synthèse des résultats*. Ouranos, 58 p. [En ligne] [https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportSavard2008_FR.pdf]

SENNEVILLE, S., S. ST-ONGE DROUIN, D. DUMONT, A.-C. BIHAN POUDEC, Z. BELEMALEM, M. CORRIVEAU, P. BERNATCHEZ, S. BÉLANGER, S. TOLSZCZUK-LECLERC ET R. VILLENEUVE. 2013. *Modélisation des glaces dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent dans la perspective des changements climatiques*, ISMER-UQAR, Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec, 373 p.



englobecorp.com