



projet
résilience
côtière



Exposition potentielle
des bâtiments, routes
et voies ferrées
à l'érosion côtière
au Québec maritime

Laboratoire de dynamique
et de gestion intégrée
des zones côtières

Université du Québec
à Rimouski

Septembre
2021



Projet Résilience côtière

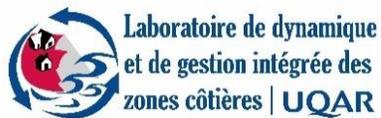
Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Rapport méthodologique

Présenté au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques



Sous la direction de
Pascal Bernatchez, Ph. D.
Septembre 2021



ÉQUIPE DE RÉALISATION

Direction scientifique

Pascal Bernatchez, Ph. D.

Université du Québec à Rimouski

Département de biologie, chimie et géographie

Chaire de recherche en géoscience côtière

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC)

300, allée des Ursulines, case postale 3300

Rimouski (Québec) G5L 3A1

Téléphone : (418) 723-1986, poste 1257 (bureau) ou poste 1206 (laboratoire)

Télécopieur : (418) 724-1847

Courriel : pascal_bernatchez@uqar.qc.ca

<https://ldgizc.uqar.ca>

Coordination du projet Résilience côtière

Susan Drejza, M. Sc. Géographie, professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

Christian Fraser, M. Sc. Océanographie, géographe, professionnel de recherche, LDGIZC, UQAR

Coordination du chantier sur l'exposition

Maud Touchette, M. Sc. géographie, professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

Calculs, analyse et rédaction

Maud Touchette, M. Sc. géographie, professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

Maude Corriveau, M. Sc. géographie, professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

Autres collaborateurs

Myriane Houde-Poirier, M. Sc. géographie, professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

Analyse et calculs

Alexia Desormeaux, B. Sc., Professionnel de recherche, LDGIZC, UQAR

Validation du positionnement des infrastructures

Steeve Dugas, B. Sc., Professionnel de recherche, LDGIZC, UQAR

Analyse et calculs

Charles Béland, B. Sc., Étudiant à la maîtrise, LDGIZC, UQAR

Analyse et calculs

Chargés de projet au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (Direction de l'expertise hydrique)

Guillaume Jeanmoye-Turcotte, Géomorphologue, M. Sc. Géogr., M. Sc. Eau, DEH

Sarah Aubé-Michaud, Géomorphologue, M. Sc. Géogr., DEH

Francis Bourret, Biologiste, M. Sc, DAEMH

Jean-Denis Bouchard, Géologue, M. Sc., DEH

Version du 15 septembre 2021

Référence complète

Touchette, M., Corriveau, M., Drejza, S., Fraser, C., Marie, G. et P. Bernatchez (2021). *Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au 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 du Québec, septembre 2021, 78 p.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le ministère de la Sécurité publique du Québec qui a contribué à financer la production de données sur l'évolution historique et future du littoral de différentes MRC côtières dans le cadre du projet Marges de sécurité en érosion côtière. Ces données constituent un intrant essentiel pour l'évaluation de l'exposition des infrastructures.

Nous remercions le Gouvernement du Québec qui a financé ce projet via le PACC 2013-2020 - mesure 2.6



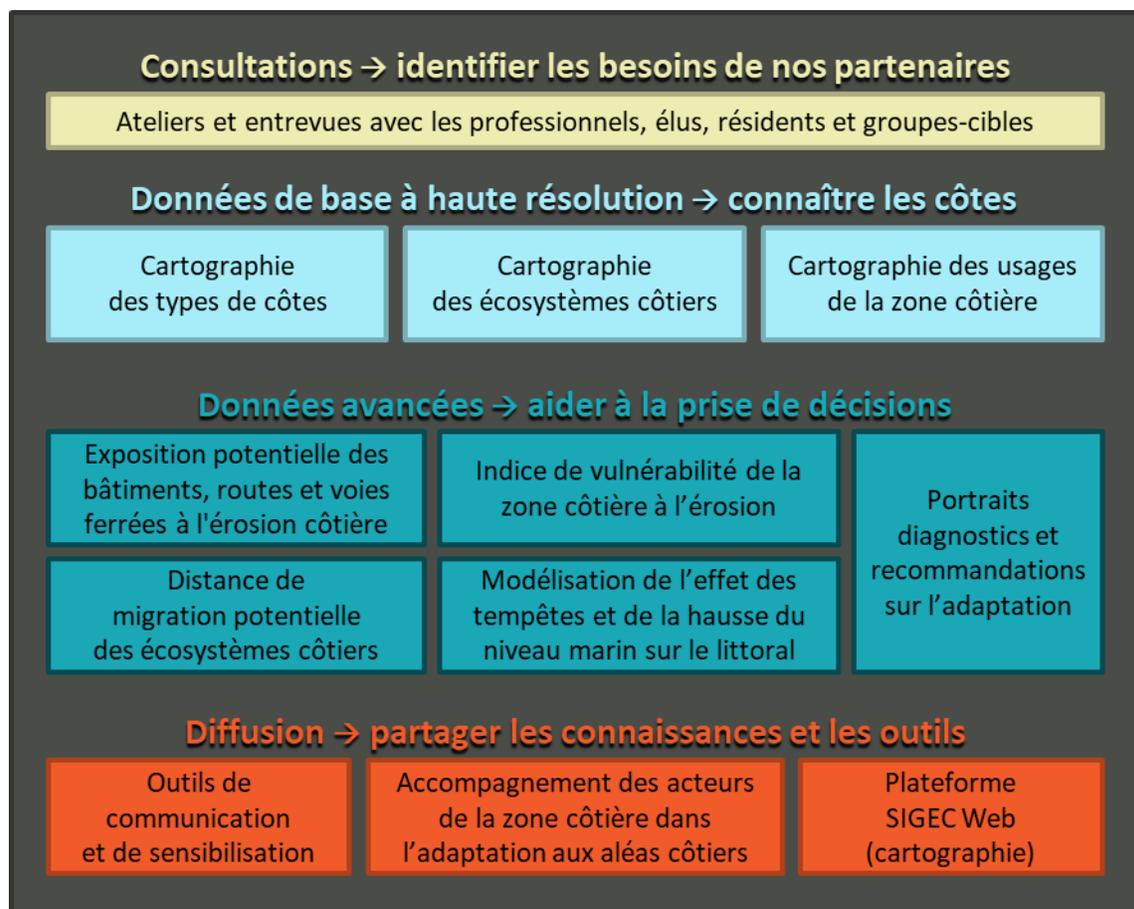
Photographies de la page de couverture

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR, septembre 2017

AVANT-PROPOS

Le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski a mis en œuvre un projet de recherche-action intitulé « **Projet Résilience côtière : développement d'outils d'adaptation à l'érosion côtière pour les municipalités du Québec maritime** ». Ce projet, financé par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, s'est déroulé de janvier 2017 à décembre 2021. Afin de répondre aux nombreux besoins exprimés lors d'une vaste consultation avec les acteurs de la zone côtière, douze chantiers ont été mis en œuvre dans quatre thématiques : consultations, données de base, données avancées et diffusion.

Les résultats globaux sont présentés dans le rapport synthèse du projet, disponible sur le site web du LDGIZC (<https://ldgizc.ugr.ca/Web/projets/projet-resilience-cotiere#realisations>).



Pour plus de renseignements, consulter la page web du projet Résilience côtière (<https://ldgizc.ugr.ca/Web/projets/projet-resilience-cotiere>).

AVERTISSEMENT

La présente étude a été réalisée à la demande du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), sous la responsabilité de la Direction de l'expertise hydrique. Elle a été financée par le Fonds vert dans le cadre du Plan d'action sur les changements climatiques (PACC) 2013-2020 du gouvernement du Québec.

Le MELCC n'est pas responsable de l'exactitude, de l'actualité et de la fiabilité du contenu de ce rapport. Les points de vue exprimés dans ce rapport émanent des auteurs et ne coïncident pas nécessairement avec ceux du ministère mentionné ci-haut.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	4
AVERTISSEMENT	5
TABLE DES MATIÈRES	6
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES TABLEAUX	9
LISTE DES ANNEXES	9
1. Introduction	10
1.1 Contexte de l'étude	10
1.2 Problématique	11
1.3 Objectifs et livrables	11
1.4 Territoire à l'étude	13
2. Méthodologie	16
2.1 Calcul d'exposition	17
2.1.1 Équation de l'exposition potentielle	17
2.1.2 Classes d'exposition	19
2.2 Traitement des infrastructures linéaires et ponctuelles	25
2.2.1 Infrastructures linéaires : routes et voies ferrées	26
2.2.1 Infrastructures ponctuelles : bâtiments	29
2.3 Ligne de référence et calcul de distance à la côte	33
2.4 Reculs événementiels	34
2.4.1 Limites	36
2.5 Vitesse d'évolution de la côte	37
2.5.1 Validation des lignes historiques	37
2.5.2 Calcul de l'évolution de la côte (MobiTC)	37
2.5.3 Limite : Les ouvrages de protection côtière	39
2.5.4 Moyenne mobile	39
2.6 Limites de la méthode / cas particuliers	40

2.6.1	Double type de côte (type de côte principal vs type de côte secondaire) – Exemple falaise à terrasse de plage	40
2.6.2	Côte en érosion majeure	40
2.6.3	Absence d'évolution historique ou évolution nulle	41
3.	Résultats	42
3.1	Résultats généraux	42
3.2	Exemple de résultat cartographique	49
3.2.1	Bâtiments.....	49
3.2.2	Routes.....	50
3.3	Diffusion de la cartographie sur le SIGEC Web.....	52
4.	Conclusion	53
5.	Références.....	54
6.	Annexes	58

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation des MRC à l'étude.....	13
Figure 2. Bande côtière de 150 m	16
Figure 3. Équation utilisée pour le calcul de l'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion côtière.....	18
Figure 4. Schéma conceptuel d'un bâtiment exposé au recul événementiel	20
Figure 5. Schéma conceptuel d'un bâtiment actuellement exposé dû à sa position par rapport à la ligne de référence en sommet de talus.....	20
Figure 6. Érosion derrière des ouvrages de protections côtière lors de la tempête du 6 décembre 2010 ©LDGIZC, UQAR	21
Figure 7. Schéma conceptuel d'un bâtiment potentiellement exposé entre 2040-2049	22
Figure 8. Schéma conceptuel d'un bâtiment dans un cas où le bâtiment est situé à une distance suffisamment grande par rapport à la vitesse de recul de la côte pour ne pas être exposé avant 2099.....	23
Figure 9. Schéma conceptuel de l'exposition potentielle d'un bâtiment dans un cas de progradation de la côte	23
Figure 10. Déplacement des infrastructures linéaires, exemple avec la route	27
Figure 11. Bâtiments principaux (inventoriés) et bâtiments secondaires (non inventoriés).....	31
Figure 12. Positionnement de la ligne de référence dans 2 cas types : A) terrasse de plage et B) falaise.....	33
Figure 13. Secteurs géographiques délimités pour définir les valeurs de recul événementiel	35
Figure 14. Ligne de rivage multidade, ligne de base et transect aux 50 m (lignes jaunes verticales)	38
Figure 15. Exemple d'ouvrage de protection d'envergure; A) enrochement le long de la route 132 en Haute-Gaspésie, B) mur de la Promenade de la mer à Rimouski ©LDGIZC, UQAR	39
Figure 16. Exemple d'un cas de double type de côte (falaise à terrasse de plage).	40
Figure 17. Exemple de l'alternance entre les classes d'exposition « actuellement exposé » et « indéfinie » le long de la route 132 dans la MRC de la Haute-Gaspésie, devant une terrasse de plage au taux d'évolution inconnu	41
Figure 18. Pourcentage de bâtiments par région selon les différentes classes d'exposition	44
Figure 19. Classes d'utilisation des bâtiments de tout le Québec maritime selon la classification CUBF (MAMH, 2016)	46
Figure 20. Exemple de carte d'exposition potentielle des infrastructures – municipalité de Pointe-Lebel, (Manicouagan)	51
Figure 21. Exemple d'éléments contenus dans les tableaux de bord du SIGEC Web	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des MRC où la cartographie des infrastructures potentiellement exposées à l'érosion côtière est réalisée	14
Tableau 2. Classes d'exposition potentielle à l'érosion côtière	19
Tableau 3. Liste des infrastructures traitées incluant leur nombre ou leur longueur par MRC ...	25
Tableau 4. Tableau récapitulatif : Infrastructures linéaires	26
Tableau 5. Classes de bâtiments, descriptions et codifications associées	29
Tableau 6. Tableau récapitulatif : infrastructures ponctuelles	32
Tableau 7. Secteurs d'analyse pour la définition des reculs événementiels.....	36
Tableau 8. Nombre de bâtiments par MRC selon leur classe d'exposition.....	43
Tableau 9. Nombre de bâtiments par MRC selon leur classe d'utilisation des bâtiments	45
Tableau 10. Longueur de routes (km) par MRC selon leur classe d'exposition	47
Tableau 11. Longueur de voie ferrée (km) par MRC selon leur classe d'exposition	48
Tableau 12. Nombre de bâtiments pour le secteur de Pointe-Lebel selon leur classe d'exposition potentielle et leur classe d'utilisation	49
Tableau 13. Longueur de route (km) pour le secteur de Pointe-Lebel selon leur classe d'exposition potentielle	50
Tableau 14. Spécifications des secteurs en fonction des MRC	58
Tableau 15. Recul événementiel pour chacun des secteurs selon les différents types de côte ...	60
Tableau 16. Imagerie utilisée pour la cartographie de l'exposition potentielle des infrastructures	62

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1- Précision des secteurs pour l'analyse du recul événementiel	58
Annexe 2 – Recul événementiel par secteur.....	60
Annexe 3 – Inventaire de l'imagerie récente utilisée pour la cartographie de l'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion côtière.....	62
Annexe 4 – Métadonnées des produits cartographiques	63

1. Introduction

1.1 Contexte de l'étude

Ce rapport présente le chantier « **Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime** » du Projet Résilience côtière mené par le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski. Il fait partie intégrante de la série de rapports découlant de ce vaste projet ayant pour objectif le développement d'outils d'adaptation à l'érosion côtière répondant aux besoins des communautés côtières du Québec Maritime (voir la page web du projet : <https://ldgizc.uqar.ca/Web/projets/projet-resilience-cotiere>).

L'exposition potentielle des infrastructures¹ à l'érosion côtière a précédemment été mesurée dans les MRC d'Avignon, de Bonaventure et des Îles-de-la-Madeleine (Fraser *et al.*, 2014a; Fraser *et al.*, 2014b). Les résultats ont suscité beaucoup d'intérêt de la part d'autres MRC et municipalités côtières et c'est pourquoi cet outil a été proposé dans le projet Résilience côtière. La cartographie des infrastructures exposées à l'érosion côtière figure d'ailleurs parmi les outils prioritaires identifiés par les différents professionnels en aménagement et par le personnel administratif des municipalités et MRC côtières lors des premiers ateliers du projet Résilience côtière (Marie *et al.*, 2017).

La grande diversité de données nécessaires à la réalisation de cet outil ainsi que le travail à haute résolution sur un très grand territoire font de ce travail un des plus importants chantiers du projet Résilience côtière. Les données de caractérisation côtière produites dans le chantier de *Cartographie des types de côtes du Québec maritime* (Arsenault *et al.*, 2021) ont d'ailleurs été un intrant important pour le calcul de l'exposition.

Ce document a pour but d'accompagner les utilisateurs des données sur l'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion côtière afin de les renseigner sur la méthodologie employée. Dans le but de rendre l'information géographique accessible aux utilisateurs qui ne possèdent pas de logiciel de système d'information géographique (SIG), la cartographie et les informations qui y sont associées sont partagées par le Système Intégré de Gestion de l'Environnement Côtier (SIGEC Web : <https://sigec.uqar.ca/>).

¹ Dans ce rapport, le terme « infrastructure » sera utilisé pour représenter l'ensemble des bâtiments, routes et voies ferrées.

1.2 Problématique

À l'échelle mondiale, les risques et les problématiques associés à l'érosion côtière affectent une proportion grandissante de côtes, et ce, en raison d'une conjoncture entre différents facteurs (Degbe, 2009; Goussard, 2014; Jouzel *et al.*, 2015; Nicholls, 2011; Marchand, 2010; Silva *et al.*, 2014). Le littoral québécois ne fait pas exception (Bernatchez *et al.*, 2011; 2012; Drejza *et al.*, 2014; Didier *et al.*, 2015). Les changements climatiques entraînent, notamment, une réduction du couvert de glace (Corriveau *et al.*, 2018; Senneville *et al.*, 2014) et une hausse du niveau de la mer qui auront pour effet d'accentuer l'érosion et d'étendre les zones affectées par celle-ci (Allison *et al.*, 2009; Dalrymple, 2012; GIEC, 2013; Harvey et Nicholls, 2008; Lozano *et al.*, 2004; Marchand, 2010; Moser *et al.*, 2012; USGS, 2012;). Parallèlement, l'occupation du territoire semble souvent faire fi de la dynamique et des aléas côtiers puisque l'on observe, entre autres choses, une densification urbaine et le développement de nouveaux quartiers le long du littoral (Merkens *et al.*, 2016; Meur-Férec et Morel, 2004; Nicholls, 2011; Vitousek *et al.*, 2017). En réponse aux aléas côtiers et à l'occupation du territoire le long des côtes, on observe une artificialisation grandissante du littoral qui engendre une diminution de la résilience des côtes (Bernatchez *et al.*, 2011; Dawson *et al.*, 2009; Hill *et al.*, 2004).

Face au grand nombre de bâtiments vulnérables et aux nombreux secteurs de route et de voie ferrée affectés par l'érosion côtière au Québec maritime (Bernatchez *et al.*, 2015), les gestionnaires manquent d'outils pour prioriser les zones d'interventions et pour planifier les stratégies d'adaptation à moyen et long terme (Fraser *et al.*, 2017). L'outil sur l'exposition des infrastructures a été conçu pour combler cette lacune.

Il est important de préciser que ce travail n'est pas basé sur une prévision absolue de l'évolution de la côte. L'exposition est dite **potentielle**, car il n'est pas possible de connaître le moment précis où une infrastructure sera affectée par l'érosion. Selon les connaissances scientifiques disponibles, il s'agit cependant de la meilleure estimation de l'horizon auquel cela pourrait survenir. Il faut ainsi voir ces résultats comme un outil d'aide à la décision.

1.3 Objectifs et livrables

L'objectif principal de ce chantier est d'identifier les infrastructures exposées à l'érosion afin d'améliorer la planification de l'aménagement du territoire côtier face à l'aléa érosion. La cartographie des infrastructures potentiellement exposées à l'érosion côtière vise à améliorer la connaissance des enjeux et ainsi à faciliter la priorisation des interventions. Elle permet d'identifier les infrastructures à risques et les secteurs où la mise en place de mesures d'adaptation serait nécessaire, à court, moyen ou long terme, afin d'en augmenter la résilience côtière.

Les livrables relatifs à l'exposition potentielle sont rendus disponibles sur la plateforme SIGEC Web (<https://ldgizc.uqar.ca/Web/sigecweb>) :

- La cartographie de l'exposition potentielle des bâtiments à l'aléa d'érosion côtière
- La cartographie de l'exposition potentielle des routes à l'aléa d'érosion côtière
- La cartographie de l'exposition potentielle des voies ferrées à l'aléa d'érosion côtière
- La production automatisée de statistiques à l'aide des tableaux de bord dans SIGEC Web

1.4 Territoire à l'étude

Le calcul de l'exposition potentielle à l'érosion côtière a été effectué pour les toutes les MRC du Québec maritime (figure 1). Le tableau 1 présente la liste des MRC ainsi que la longueur de côte traitée dans chacune d'elle. Certaines spécificités méthodologiques relatives à chaque MRC y sont aussi énumérées. Pour les MRC de Bonaventure, d'Avignon et de la communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine (en grisé dans la figure 1) la cartographie avait déjà été réalisée dans le cadre d'un projet antérieur (Fraser *et al.*, 2014a; Fraser *et al.*, 2014b). Les sept MRC de l'estuaire moyen (représentées dans les teintes de brun dans la figure 1) ont été analysées seulement en fonction du recul événementiel (RE). L'exposition future n'a donc pas été calculée dans le cadre du projet actuel, mais pourrait faire l'objet d'un projet à venir.

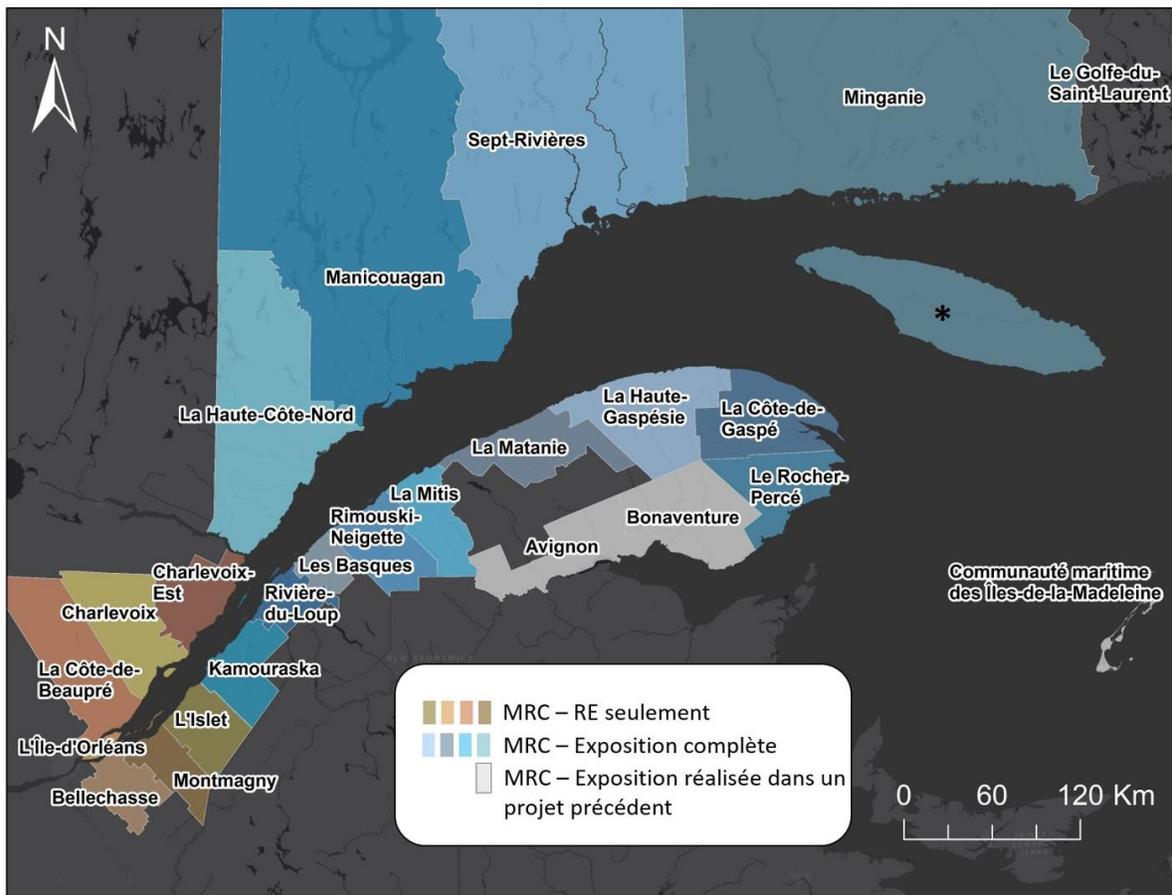


Figure 1. Localisation des MRC à l'étude

*l'exposition potentielle n'a pas été réalisée sur l'île d'Anticosti, ni pour la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent.

Tableau 1. Liste des MRC où la cartographie des infrastructures potentiellement exposées à l'érosion côtière est réalisée

MRC	Longueur de côte (km)	Spécificités méthodologiques
Bas-Saint-Laurent		
La Matanie	101	Exposition complète, taux de déplacement provenant de projet antérieur (Marie <i>et al.</i> , 2014)
La Mitis	53	Exposition complète, taux de déplacement provenant de projet antérieur (Marie <i>et al.</i> , 2014)
Rimouski-Neigette	87	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière
Les Basques	43	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière
Rivière-du-Loup	110	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière
Kamouraska	88	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière
Gaspésie, Îles-de-la-Madeleine		
La Haute-Gaspésie	159	Exposition complète, taux de déplacement provenant de projet antérieur (Marie <i>et al.</i> , 2014 ; Marie <i>et al.</i> , 2017b)
La Côte-de-Gaspé	264	Exposition complète, taux de déplacement provenant de projet antérieur (Marie <i>et al.</i> , 2017a)
Le Rocher-Percé	232	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière
Bonaventure	Projet antérieur : Exposition 2014	Exposition complète, taux de déplacement provenant de projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014a)
Avignon	Projet antérieur : Exposition 2014	Exposition complète, taux de déplacement provenant de projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014a)
Communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine	Projet antérieur : Exposition 2014	Exposition complète, taux de déplacement provenant de projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014b)
Côte-Nord		
La Haute-Côte-Nord	289	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le du projet Résilience côtière
Manicouagan	333	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière
Sept-Rivières	431	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière
Minganie	806	Exposition complète, taux de déplacement réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière
Chaudière-Appalaches		
Montmagny	80	Exposition au recul événementiel uniquement
L'Islet	52	Exposition au recul événementiel uniquement
Bellechasse	33	Exposition au recul événementiel uniquement

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Capitale-Nationale		
Charlevoix	96	Exposition au recul événementiel uniquement
Charlevoix-Est	117	Exposition au recul événementiel uniquement
La Côte-de-Beaupré	77	Exposition au recul événementiel uniquement
L'Île-d'Orléans	92	Exposition au recul événementiel uniquement

2. Méthodologie

La cartographie ponctuelle des bâtiments ainsi que la cartographie linéaire des routes et des voies ferrées potentiellement exposés à l'érosion côtière ont été réalisées dans une bande côtière de 150 m (figure 2). Cette cartographie porte uniquement sur l'aléa d'érosion ; les autres aléas côtiers tels que la submersion ou les mouvements de masse le long des berges ne sont pas inclus.

L'exposition est dite **potentielle**, car il n'est pas possible de connaître le moment précis où une infrastructure sera affectée par l'érosion. Cette cartographie n'est pas une prévision absolue de l'évolution de la côte. Les conditions environnementales sont en changement et peuvent occasionner des modifications de la dynamique côtière au cours des prochaines années. Les interventions humaines peuvent aussi occasionner des changements de la dynamique côtière et il n'est pas possible de les inclure dans l'analyse. Ceci pourrait faire en sorte que des infrastructures non exposées à moyen ou long le terme le deviennent ou inversement. Selon les connaissances scientifiques disponibles, il s'agit de la meilleure estimation de l'horizon auquel cela pourrait survenir.

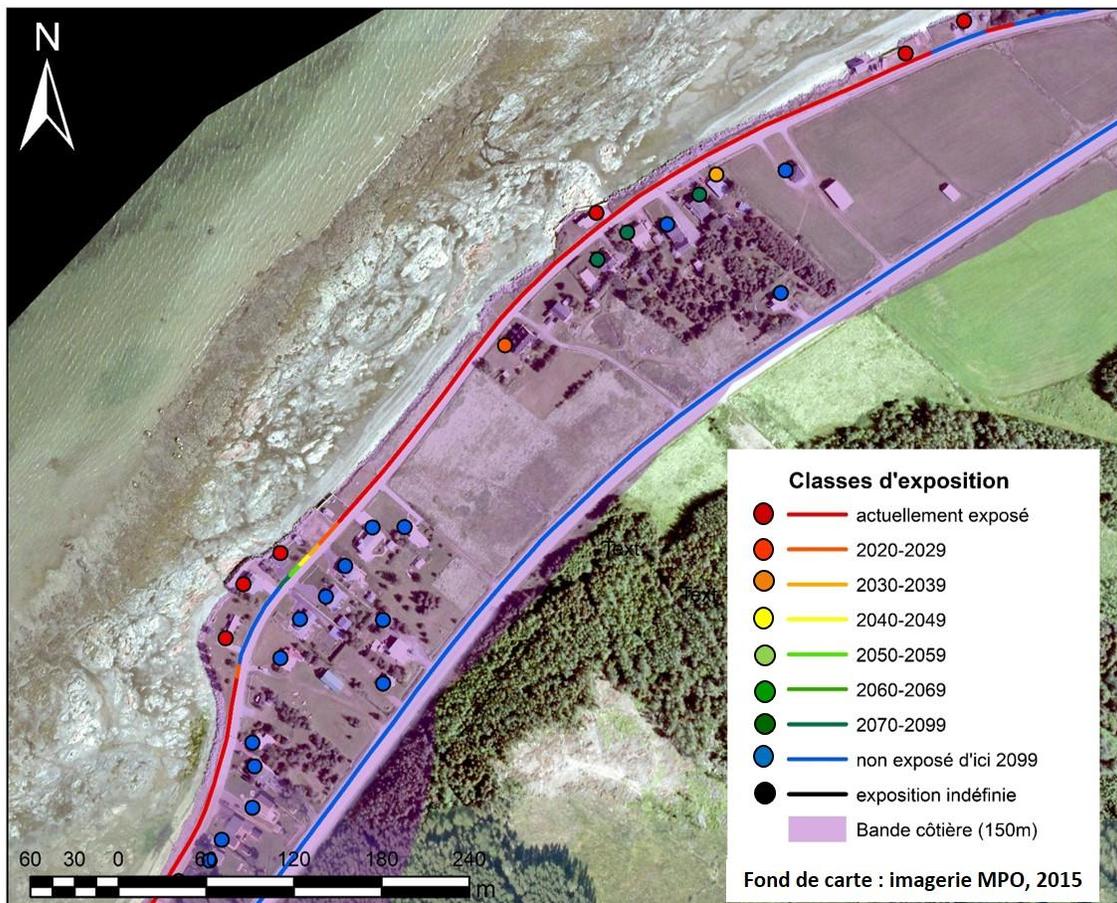


Figure 2. Bande côtière de 150 m

2.1 Calcul d'exposition

L'exposition potentielle des infrastructures est définie selon les trois paramètres suivants :

- 1) **Distance à la côte** : la distance la plus proche entre l'infrastructure et la ligne de rivage/trait de côte. Cette distance est mesurée pour toutes les infrastructures contenues dans une bande de 150 m par rapport à la côte ;
- 2) **Recul événementiel** : le recul maximal possible lors d'un seul événement pour chaque type de côte. Les données de recul événementiel proviennent de données terrain sur l'évolution récente du littoral (stations de suivi de l'érosion 2000-2018) ainsi que de mesures réalisées à la suite d'événements de tempêtes ;
- 3) **Vitesse de déplacement** : la vitesse de déplacement de la ligne de rivage/trait de côte telle que mesurée à partir des données d'évolution historiques pour la période récente (correspondant généralement à la période comprise entre les années 1980-1990 et les années 2010).

Un exemple se retrouve dans la section 2.1.2.2 à la figure 7.

2.1.1 Équation de l'exposition potentielle

L'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion côtière a été calculée selon l'équation représentée à la figure 3 (Fraser *et al.*, 2014a, b; Drejza *et al.*, 2014). Les sous-sections suivantes présentent une à une les composantes de l'équation et la méthodologie relative à chacune d'entre elles :

- Traitement des infrastructures linéaires et ponctuelles (section 2.2);
- Calcul de distance entre les infrastructures et la ligne de référence à la côte (ligne de rivage, sommet de la microfalaise, sommet de la falaise, sommet de l'ouvrage de protection ou fond des marais) (section 2.2.1);
- Identification des valeurs de recul événementiel (section 2.4)
- Calcul de la vitesse d'évolution de la côte au cours de la période historique récente (correspondant généralement à la période comprise entre les années 1980-1990 et les années 2010) (section 2.5).

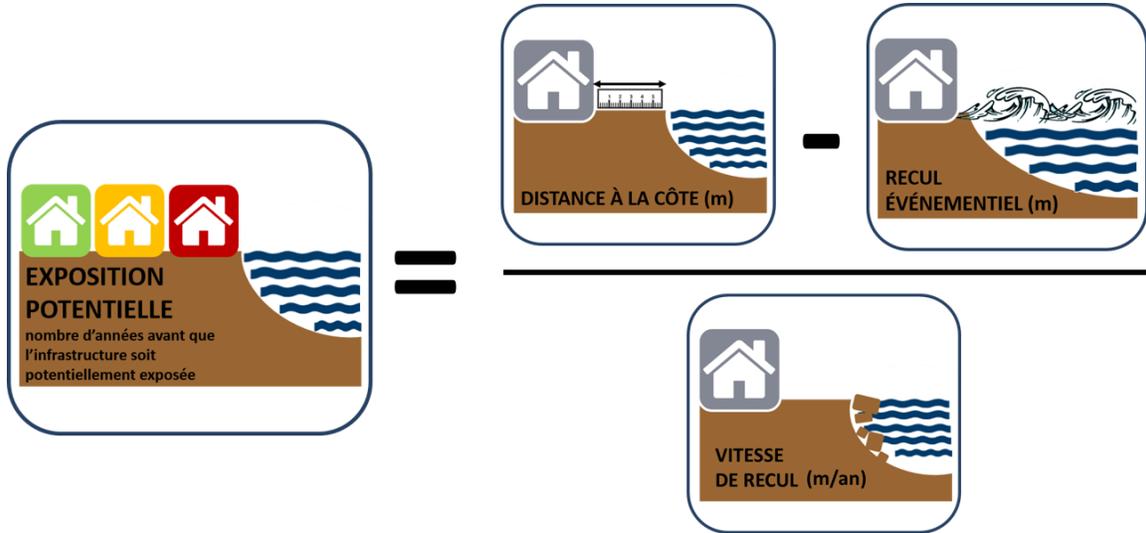


Figure 3. Équation utilisée pour le calcul de l'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion côtière

2.1.2 Classes d'exposition

Les résultats des calculs d'exposition s'expriment en classes d'exposition (tableau 2). Il s'agit de classes ayant un intervalle de 10 ans pour les années 2020 à 2069 (par exemple, « 2040-2049 »). Les autres classes possibles sont « actuellement exposé », « 2070-2099 », « non exposé d'ici 2099 » et « exposition indéfinie ». Dans le fichier de forme, cette information se retrouve dans le champ « Classe d'exposition (ClasseExpo) ».

Tableau 2. Classes d'exposition potentielle à l'érosion côtière

Classes d'exposition	Description
Actuellement exposé	L'infrastructure est actuellement exposée à l'aléa d'érosion.
2020-2029	L'infrastructure sera potentiellement exposée entre 2020 et 2029 à l'aléa d'érosion.
2030-2039	L'infrastructure sera potentiellement exposée entre 2030 et 2039 à l'aléa d'érosion.
2040-2049	L'infrastructure sera potentiellement exposée entre 2040 et 2049 à l'aléa d'érosion.
2050-2059	L'infrastructure sera potentiellement exposée entre 2050 et 2059 à l'aléa d'érosion.
2060-2069	L'infrastructure sera potentiellement exposée entre 2060 et 2069 à l'aléa d'érosion.
2070-2099	L'infrastructure sera potentiellement exposée entre 2070 et 2099 à l'aléa d'érosion.
Non exposé d'ici 2099	L'infrastructure sera potentiellement exposée après 2099 à l'aléa d'érosion, ou ne sera potentiellement pas exposée, étant donné un taux d'évolution de la côte positif (accrétion) ou un taux d'évolution de la côte stable.
Exposition indéfinie	Les données nécessaires (photos et traits de côtes historiques) au calcul de l'exposition potentielle ne sont pas disponibles.

2.1.2.1 Actuellement exposé

La classe « **actuellement exposé** » indique que l'infrastructure est actuellement à une distance de la côte inférieure à la valeur du recul événementiel (figure 4). Par exemple, une résidence localisée à 12 m de la côte sera « actuellement exposée » si le recul événementiel est de 15 m. En d'autres mots, la résidence serait touchée par l'érosion dans le cas où une tempête occasionnerait un recul maximal de 15 m.

Étant donné que l'imagerie couvrant le territoire du Québec maritime a des dates variables selon les régions, la classe « actuellement exposé » a été ajustée pour tenir compte de l'évolution de la côte entre l'année de l'acquisition de l'image et notre année de référence, soit 2020. Donc la

position actuelle de la côte, fait référence à son emplacement l'année de la prise de l'imagerie. Par exemple si l'image date de 2015 et que la résidence est dans la classe « actuellement exposé », nous considérons qu'elle le sera encore en 2020.

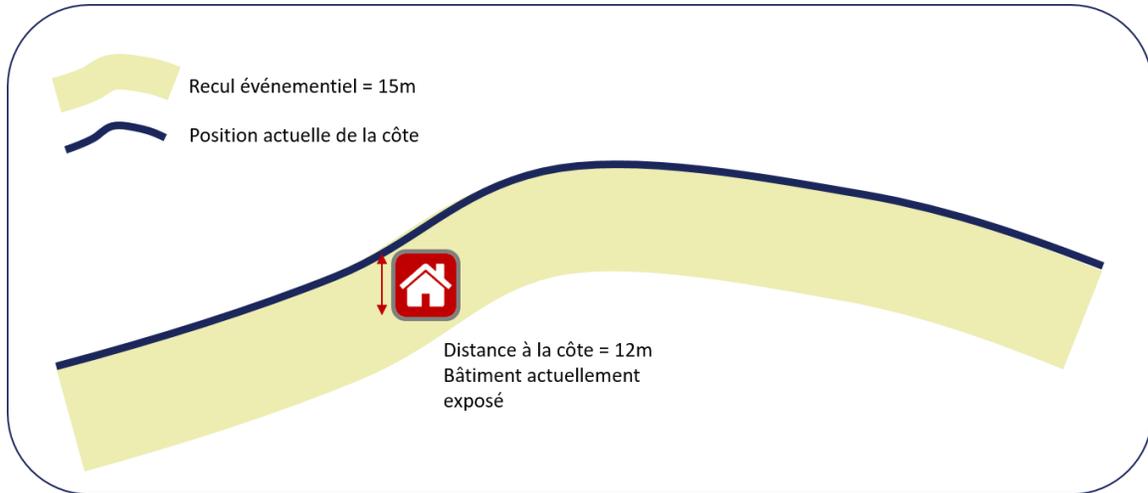


Figure 4. Schéma conceptuel d'un bâtiment exposé au recul événementiel

Aussi, toutes les infrastructures **localisées du côté mer de la ligne de référence** entrent dans la classe « actuellement exposée ». Par exemple, dans le cas d'une falaise meuble, la ligne de référence pour le calcul de l'exposition se situe au sommet de celle-ci; advenant de la présence d'un bâtiment construit à même le talus de la falaise, celui-ci serait classé « actuellement exposé » (figure 5).

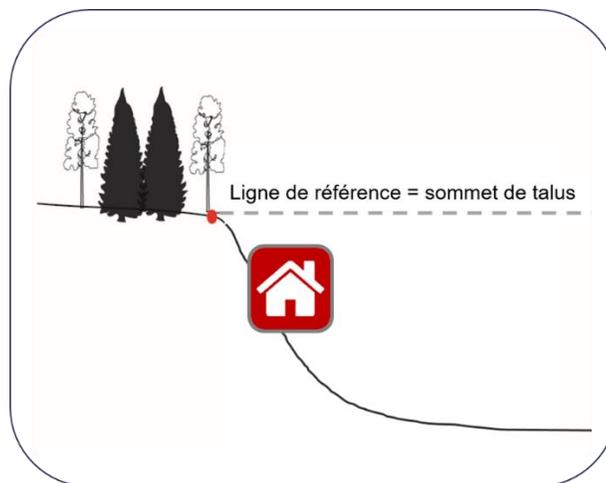


Figure 5. Schéma conceptuel d'un bâtiment actuellement exposé dû à sa position par rapport à la ligne de référence en sommet de talus

Notons que des infrastructures localisées le long du littoral derrière des **ouvrages de protection côtière** (OPC) peuvent, malgré la présence des OPC, être classées « actuellement exposées ». En effet, les observations réalisées par le LDGIZC ou recensées dans la littérature montrent qu'il peut y avoir de l'érosion derrière les OPC lors d'événements de tempête (figure 6, Quintin *et al.*, 2013). Les OPC peuvent également céder lors d'événements de tempête ; ne protégeant plus la côte et permettant que cette dernière recule sous l'action des vagues. Un tel événement peut survenir quel que soit le propriétaire de l'ouvrage (privé ou gouvernemental).



Figure 6. Érosion derrière des ouvrages de protections côtière lors de la tempête du 6 décembre 2010
©LDGIZC, UQAR

2.1.2.2 Classes « 2020-2029 » à « 2070-2099 »

Les classes « **2020-2029** » à « **2070-2099** » indiquent l'horizon temporel au cours duquel l'infrastructure pourrait potentiellement se retrouver exposée à l'érosion côtière, et ce, en fonction de la vitesse à laquelle évolue la côte. Par exemple, une résidence localisée à 40 m d'une côte qui reculerait à un rythme de 1 m/an, et où le recul événementiel serait de 15 m, se retrouverait potentiellement exposée à l'érosion côtière au cours de la période « 2040-2049 ». Le fait qu'une infrastructure soit classée exposée en 2040-2049, n'est pas une garantie absolue que l'érosion aura atteint l'infrastructure à ce moment-là. C'est la meilleure estimation possible établie avec les informations disponibles lors du calcul (figure 7).

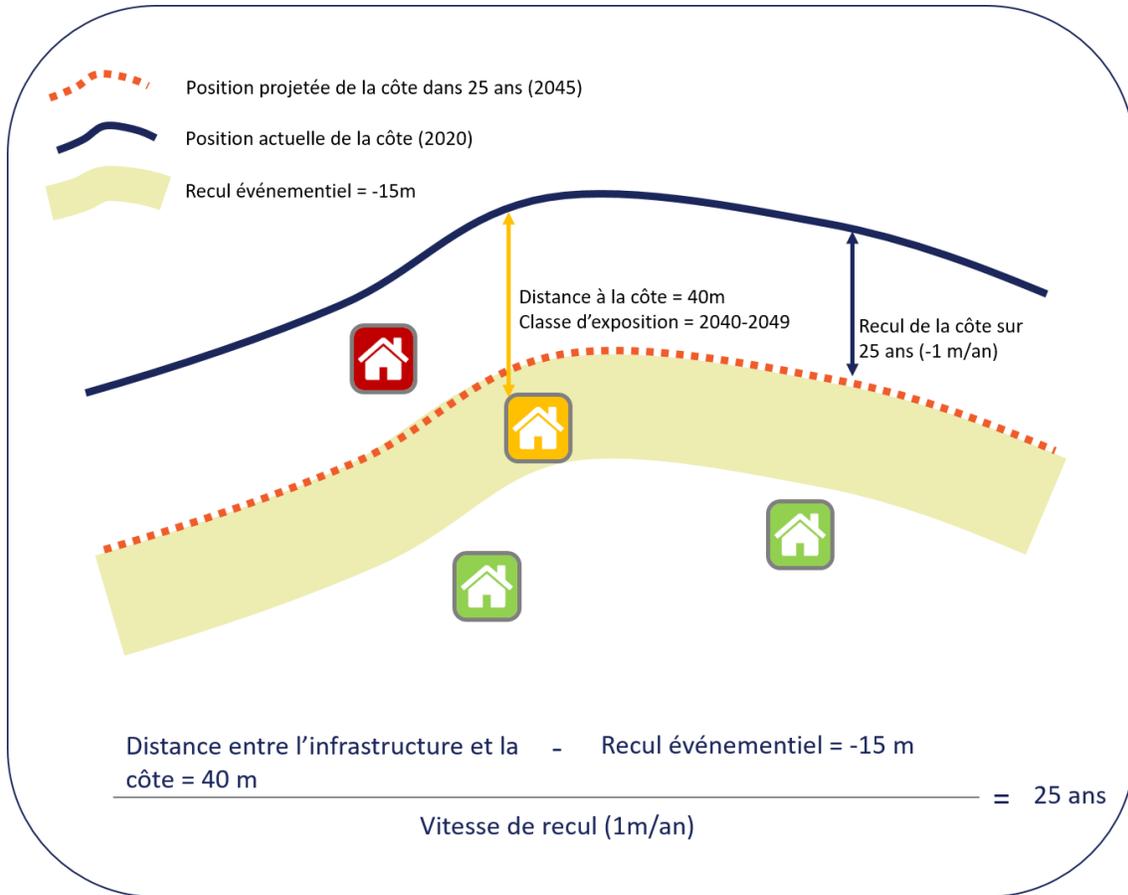


Figure 7. Schéma conceptuel d'un bâtiment potentiellement exposé entre 2040-2049

2.1.2.3 Non exposé d'ici 2099

Les infrastructures classées comme « **non exposées d'ici 2099** » sont situées à une distance à la côte suffisamment grande par rapport à la vitesse de recul de la côte et à la valeur du recul événementiel pour que l'infrastructure ne soit pas exposée à l'aléa d'érosion d'ici 2099 (figure 8). Les infrastructures entrent aussi dans cette classe lorsque l'évolution de la côte est positive (côte en accumulation) ou lorsque la côte est stable (par exemple, côte rocheuse sur la Côte-Nord) et qu'elles sont localisées à une distance à la côte supérieure à la valeur du recul événementiel (figure 9).

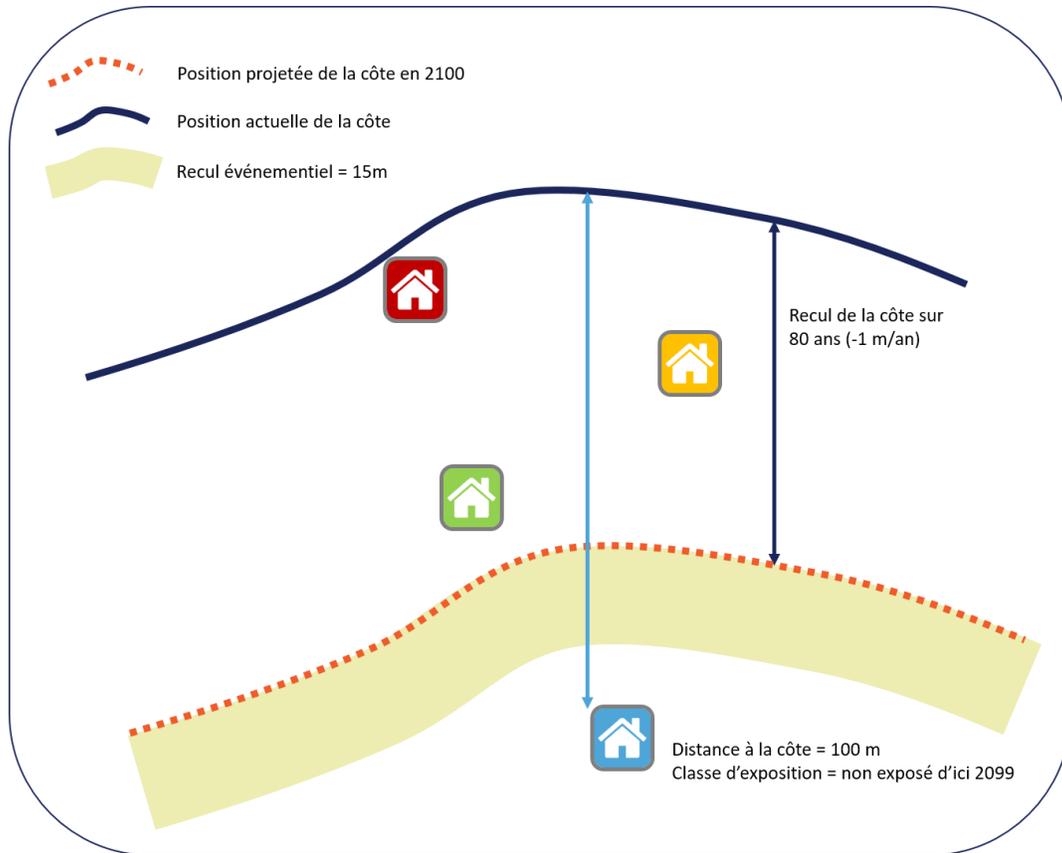


Figure 8. Schéma conceptuel d'un bâtiment dans un cas où le bâtiment est situé à une distance suffisamment grande par rapport à la vitesse de recul de la côte pour ne pas être exposé avant 2099

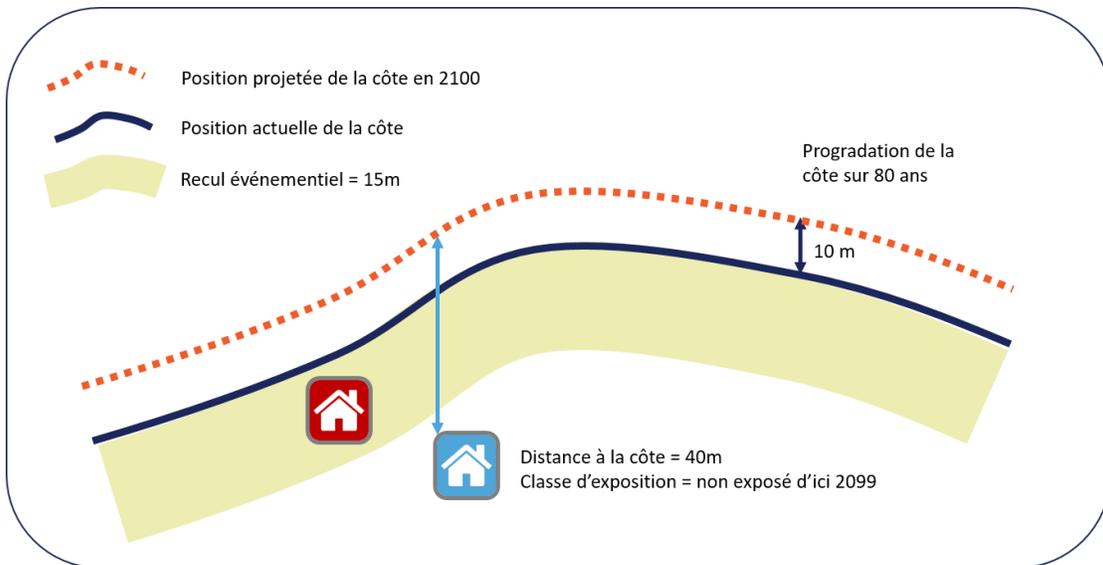


Figure 9. Schéma conceptuel de l'exposition potentielle d'un bâtiment dans un cas de progradation de la côte

2.1.2.4 Exposition indéfinie

Les infrastructures sont dans la classe « **exposition indéfinie** » lorsque les données nécessaires aux calculs ne sont pas disponibles. Cela peut arriver lorsque les données de vitesses d'évolution de la côte sont manquantes ou que la valeur du recul événementiel est indéterminée.

Dans le cas des marais maritimes, lorsque le schorre supérieur est présent, ce n'est habituellement pas l'arrière du marais qui subit l'érosion. Donc il n'est pas possible de connaître l'érosion future qui pourrait y survenir. Ainsi les bâtiments situés en arrière d'une côte à marais seront toujours considérés comme ayant une exposition indéfinie.

2.2 Traitement des infrastructures linéaires et ponctuelles

Cette section décrit le traitement des infrastructures linéaires (section 2.2.1) et ponctuelles (section 2.2.1) ayant été réalisées de même que la source des données de base et les produits obtenus au terme du traitement. Les infrastructures ayant été traitées dans le cadre de ce chantier, pour chacune des MRC, sont présentées au tableau 3. Il s'agit des infrastructures situées à 150 m ou moins de la ligne de référence.

Tableau 3. Liste des infrastructures traitées incluant leur nombre ou leur longueur par MRC

MRC	 Bâtiments (nombre)	 Routes (km)	 Voies ferrées (km)
Bas-Saint-Laurent			
La Matanie	1872	91	NA
La Mitis	1405	67	NA
Rimouski-Neigette	1862	61	9
Les Basques	728	23	2
Rivière-du-Loup	889	62	NA
Kamouraska	816	48	NA
Gaspésie, Îles-de-la-Madeleine			
La Haute-Gaspésie	2316	162	NA
La Côte-de-Gaspé	2771	143	13
Le Rocher-Percé	2178	102	35
Bonaventure	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014a)	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014a)	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014a)
Avignon	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014a)	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014a)	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014a)
Communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014b)	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014b)	Projet antérieur (Fraser <i>et al.</i> , 2014b)
Côte-Nord			
La Haute-Côte-Nord	1203	61	NA
Manicouagan	2702	143	NA
Sept-Rivières	2372	103	NA
Minganie	1654	91	NA
Chaudière-Appalaches			
Montmagny	979	42	NA
L'Islet	967	35	NA
Bellechasse	796	26	NA
Capitale-Nationale			
Charlevoix	1051	57	51

MRC	 Bâtiments (nombre)	 Routes (km)	 Voies ferrées (km)
Charlevoix-Est	636	33	17
La Côte-de-Beaupré	1430	43	43
L'Île-d'Orléans	1632	45	NA

2.2.1 Infrastructures linéaires : routes et voies ferrées

Les infrastructures **linéaires** considérées dans ce chantier sont toutes les routes comprises dans la bande de 150 m, donc gérées par le fédéral, le provincial, les municipalités ainsi que des chemins privés. L'exposition potentielle des voies ferrées a aussi été cartographiée. La source des données est indiquée au tableau 4. Les données sources ont été modifiées afin de répondre aux objectifs de ce chantier.

Tableau 4. Tableau récapitulatif : Infrastructures linéaires

Type d'infrastructures	Routes et voies ferrées
Géométrie	Linéaire
Source de la donnée	Route : MTQ Voie ferrée : BDTQ, cartes topographiques (Est du Québec), AQ Réseau (Charlevoix)
Traitement	Relocalisation des segments le long de la limite côté mer. Pour la route : ligne blanche latérale, fin de l'asphalte ou limite du gravier Pour les voies ferrées: le long du rail côté mer
Limite des données	Qualité et actualité des fichiers de formes disponibles. Qualité de l'imagerie disponible lors du déplacement des segments côté mer.
Nom du fichier de forme produit	QcMaritime_Routes_Exposition_SIGEC.shp QcMaritime_ChFer_Exposition_SIGEC.shp
Métadonnées du fichier de forme	Annexe 4

2.2.1.1 Traitement

Dans un premier temps, les lignes des fichiers de formes des routes et des voies ferrées ont été extraites dans une bande côtière de 150 m à partir de la ligne de référence de la côte.

Dans le cas des **routes**, les lignes des fichiers de forme à partir desquels le travail a été réalisé étaient situées approximativement au centre des routes. Afin d'obtenir un calcul d'exposition plus

juste, les lignes ont été déplacées manuellement pour être localisées le long de la ligne blanche (ligne de rive) côté mer, le long de la limite de la chaussée asphaltée en absence d'une ligne blanche ou à la limite de la végétation pour les routes non asphaltées (figure 10). Une partie de ce travail avait été réalisée pour un précédent projet (Drejza *et al.*, 2014), il a cependant parfois été nécessaire de l'ajuster de nouveau.

Pour ce qui est des **voies ferrées**, la ligne a été relocalisée sur le rail côté mer, afin d'obtenir une exposition potentielle la plus juste possible.

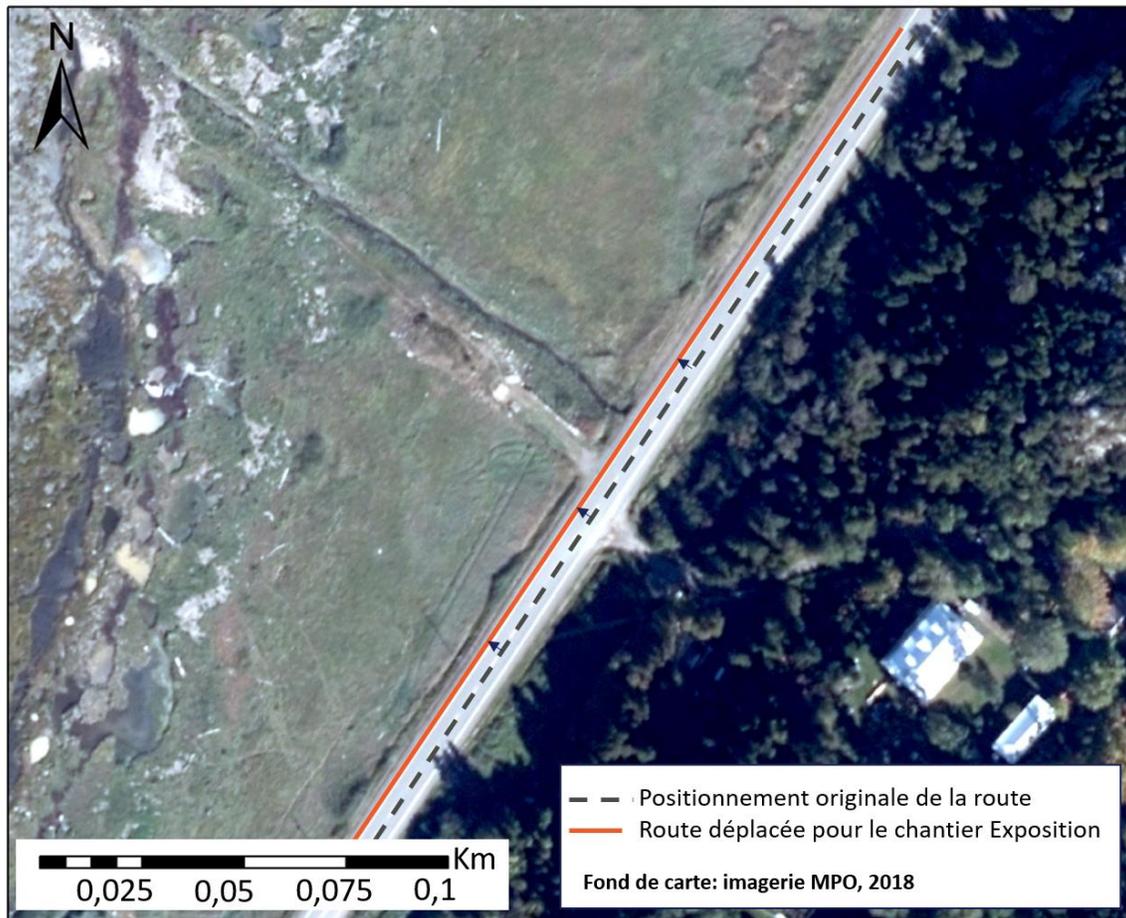


Figure 10. Déplacement des infrastructures linéaires, exemple avec la route

Certains segments ont été édités et parfois numérisés, afin d'avoir les données les plus à jour possible, sur des images datant des années 2010 (ex. 2016 sur la Côte-Nord). Les images récentes utilisées pour ce chantier sont disponibles à l'annexe 3.

Suite à la validation du positionnement des infrastructures linéaires, les lignes ont été **segmentées de manière automatique en tronçons de 10 m de long**, à l'aide de la fonction *split polylines* de l'extension *Xtools Pro* dans le logiciel *ArcGIS*. C'est pour chacun de ces tronçons de 10 m que l'exposition potentielle est calculée.

2.2.1.2 Produits

Les fichiers de forme (*shapefile*) produits dans le cadre de ce chantier contiennent une partie des informations initiales (tirées directement des fichiers sources) en plus des résultats des calculs relatifs à l'exposition potentielle. Le nom de ces fichiers de forme pour les infrastructures linéaires est construit selon la séquence suivante : QcMaritime_Infrastructure_Exposition_SIGEC.shp (par exemple, QcMaritime_Routes_Exposition_SIGEC.shp). Les métadonnées de ces fichiers (caractéristiques et contenus des champs) sont présentées à l'annexe 4.

2.2.1.3 Limites

Les autres infrastructures linéaires présentes sur le territoire, c'est-à-dire les sentiers de quads et de motoneiges, les réseaux d'aqueducs et d'égouts et la Route Verte, n'ont pas été analysées à des fins de calculs de l'exposition potentielle. Les fichiers de formes disponibles étaient pour la plupart incomplets et dataient souvent de plusieurs années rendant ainsi l'analyse des données déficiente. Par contre, la même méthode utilisée pour les routes et les voies ferrées s'appliquerait le cas échéant.

La qualité de l'imagerie disponible lors de la validation du positionnement des infrastructures linéaires influence le résultat de l'exposition potentielle.

Toute photographie aérienne comporte une marge d'erreur dans son positionnement. Cependant, étant donné que les voies de communication sont positionnées sur les mêmes images sur lesquelles la ligne de référence a été numérisée, alors l'erreur due au géoréférencement peut être considérée comme nulle pour cet aspect : leurs positions relatives sont précises.

2.2.1 Infrastructures ponctuelles : bâtiments

L'exposition potentielle à l'érosion côtière a été calculée pour les bâtiments principaux de toutes les unités d'évaluation foncière en zone côtière. L'analyse couvre les bâtiments à vocation résidentielle, mais aussi tous les autres types de bâtiments, allant des bâtiments de services aux bâtiments à vocation manufacturière par exemple. Le tableau 5 décrit les principales classes de bâtiments et les codes d'usages associés. Les **données sources** utilisées pour les bâtiments proviennent du rôle d'évaluation foncière de 2016 produites par le MAMH. Les codes à 4 chiffres utilisés sont ceux de la classification CUBF.

Tableau 5. Classes de bâtiments, descriptions et codifications associées

Classes de bâtiments	Descriptions et codes d'usage au rôle d'évaluation
Résidentielle	Comprend toutes les résidences principales et secondaires, ainsi que les immeubles à logement (1000 à 1990).
Industries manufacturières	Comprend tous les bâtiments liés à une quelconque industrie manufacturière (ex : industrie du textile, du bois, de l'alimentaire, de production métallique, etc.) (2000 à 3999)
Transport communication et services publics	Comprend les bâtiments liés aux transports, aux communications et aux services publics (ex : voie ferrée, transports par véhicules routiers, voie publique, transport et infrastructure maritimes, etc.) (4000 à 4990).
Commerciale	Comprend tous les bâtiments à vocation commerciale (5000 à 5999).
Services	Comprend tous les bâtiments de services tels les services financiers, d'affaire, de santé ou personnels (6000 à 6999).
Culturelle, récréative et de loisir	Comprend les bâtiments à vocation culturelle, récréative et de loisirs (7000 à 7990).
Production et extraction de richesses naturelles	Comprends les bâtiments liés aux opérations minières et de forages, aux activités agricoles, de chasse et de pêche, à l'exploitation forestière, ainsi qu'à tout autre extraction et/ou exploitation d'autres ressources naturelles (8000 à 8990).
Immeubles non exploités et étendues d'eau	Fait référence aux immeubles en construction, aux espaces non-occupés, aux terrains et aux étendues d'eau non aménagés et non exploités ainsi qu'aux exploitations non commerciale de la forêt (9000 à 9990)
Inconnu	Comprend les bâtiments ajoutés manuellement lors du déplacement des points. Ils peuvent correspondre à de nouvelles constructions. Comprend aussi les bâtiments localisés dans les communautés autochtones.

2.2.1.1 Traitement

L'évaluation de l'exposition potentielle des bâtiments à l'érosion côtière nécessite de connaître leur positionnement exact par rapport à la côte. Pour obtenir le positionnement des bâtiments, en plus de leur utilisation et description, les données du rôle d'évaluation foncière 2016 (MAMH) dans une bande côtière de 150 m à partir de la côte ont été extraites. Les coordonnées géographiques qui figurent au rôle correspondent au centroïde des terrains et non à la position des bâtiments. Un important travail d'ajustement des coordonnées a donc dû être réalisé. L'ajustement des coordonnées consiste à déplacer, dans un système d'information géographique, chaque point du rôle d'évaluation afin qu'ils correspondent à la façade côté mer des bâtiments. Ce déplacement s'effectue à partir de l'imagerie aérienne la plus récente disponible pour les territoires d'étude. En fonction de la qualité des images, ce traitement est réalisé à une échelle comprise entre 1 : 500 et 1 : 2000. Des images obliques de la côte acquises par le LDGIZC en hélicoptère en septembre 2017 ont aussi été utilisées pour aider, notamment, à identifier le bâtiment principal lorsque plus d'un bâtiment se trouvaient sur un terrain (ex. garage vs. maison). L'identification et la localisation des bâtiments ont été validées à l'aide des bases de données cadastrales municipales, lorsque rendues publiques. Dans le cas contraire, le site de la CPTAQ a aussi été utilisé à des fins de validation du positionnement des bâtiments. Pour plus de spécifications méthodologiques relatives à la réalisation de ce travail, il est possible de consulter des rapports produits lors de projets précédents (Fraser *et al.* 2014a; 2014b; Bernatchez *et al.* 2015). Le tableau 3 indique le nombre de points ayant été relocalisés manuellement dans chacune des MRC traitées.

Les bâtiments localisés dans les communautés autochtones ne figurent pas dans le rôle d'évaluation foncière du Québec. Les points de bâtiments pour ces territoires ont donc été générés à partir des polygones des bâtiments fournis par la direction de l'Arpenteur général du ministère des Ressources Naturelles du Canada (2006). Ils ont été déplacés manuellement sur le mur côté mer ou sur le coin du bâtiment le plus proche de la mer.

2.2.1.2 Limites

Bâtiments principaux / bâtiments secondaires

Dans les données sources, il n'y a, tel qu'indiqué plus haut, qu'un point par unité d'évaluation (terrain et bâtiments), et ce, indépendamment du nombre de bâtiments localisés sur le terrain (figure 11). Ceci signifie que l'exposition n'est calculée que sur le bâtiment principal des unités d'évaluation. Il n'y a pas de calcul d'exposition pour les bâtiments secondaires, qu'il s'agisse de cabanons ou de garages ou encore de bâtiments secondaires à vocation agricole, industrielle ou commerciale (par exemple un motel avec plusieurs bâtiments). Dans le cadre d'une analyse ciblée sur un plus petit territoire, il est envisageable de réduire cette limite en ajoutant manuellement des points sur les bâtiments secondaires. Par contre, dans le cadre de cette étude, réalisée à l'échelle des MRC côtières du Québec maritime, le travail a été effectué à partir des données sources, et donc, sans l'ajout des bâtiments secondaires.

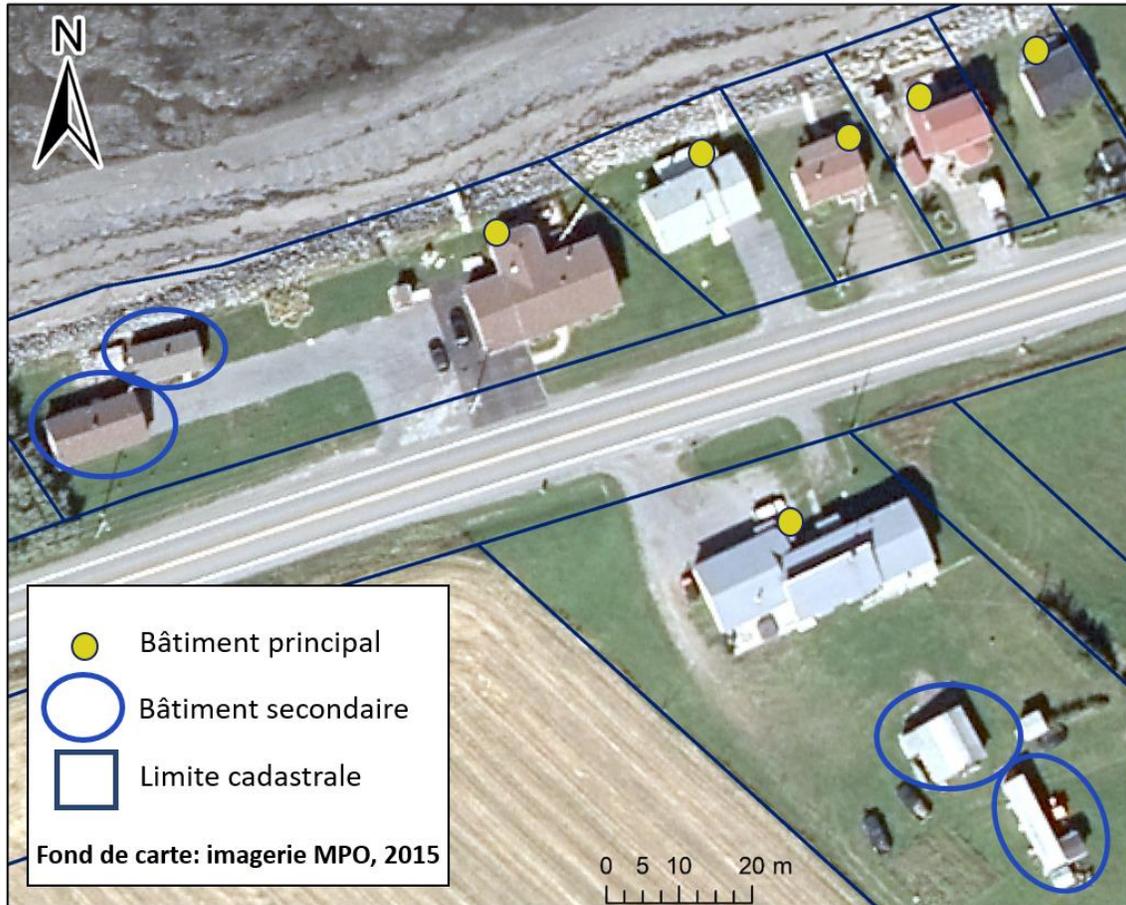


Figure 11. Bâtiments principaux (inventoriés) et bâtiments secondaires (non inventoriés)

Année du rôle d'évaluation

Le rôle le plus récent au commencement du projet était le rôle d'évaluation 2016 (MAMH), donc certains bâtiments se sont sûrement ajoutés (construction plus récente que l'année du rôle) ou encore ont peut-être été détruits depuis 2016. Certains bâtiments inexistants au rôle 2016 ont donc été géoréférencés et sont identifiés dans la base de données comme « ajout manuel ». Le code d'usage de ces derniers demeure indéterminé faute d'information précise pour ceux-ci. Si aucun bâtiment n'était présent sur un terrain sur nos images, le point était retiré. Il est aussi possible que l'usage d'un bâtiment ait été modifié depuis sa création.

Infrastructures enfouies

La base des données sources provenant du MAMH ne prend pas en compte les infrastructures enfouies comme des réservoirs d'eau ou d'essence. Ne sachant pas leur position exacte, il est impossible de les géoréférencer et de calculer leur exposition potentielle.

Tableau 6. Tableau récapitulatif : infrastructures ponctuelles

Type d'infrastructures	Bâtiments
Géométrie	Ponctuel
Source de la donnée	MAMH
Traitement	Relocalisation des points le long de la façade côté mer du bâtiment principal.
Limite des données	Bâtiments secondaires non inventoriés Rôle d'évaluation disponible : 2016
Nom du fichier de forme produit	QcMaritime_Batiments_Exposition_SIGEC.shp
Métadonnées du fichier de forme	Annexe 4

2.2.1.3 Produits

Les fichiers de forme produits dans le cadre de ce chantier contiennent certaines des informations initiales (tirées directement des données sources) en plus des résultats des calculs de l'exposition. Parmi l'information retenue dans le cadre du chantier « Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime », l'identifiant provincial, le **code d'usage** de la classification CUBF (logement, commerce, industrie, etc.), la classe d'utilisation et la description du bâtiment ont été conservés et sont disponibles dans les tables attributaires du fichier de forme de bâtiments. La codification générale est présentée au tableau 5 et la codification détaillée est disponible sur le site du ministère des Affaires municipales et de l'Habitation². Le nom des fichiers de forme des bâtiments est construit selon la séquence suivante : QcMaritime_Infrastructure_Exposition_SIGEC.shp (par exemple, QcMaritime_Batiments_Exposition_SIGEC.shp). Les métadonnées de ces fichiers (caractéristiques et contenus des champs) sont présentées à l'annexe 4.

²Lien fonctionnel en date du 2020-11-18 :
<https://www.mamh.gouv.qc.ca/evaluation-fonciere/manuel-devaluation-fonciere-du-quebec/codes-dutilisation-des-biens-fonds/>

2.3 Ligne de référence et calcul de distance à la côte

Pour mesurer la distance entre la côte et les différentes infrastructures, il est nécessaire d'identifier la ligne de référence à partir de laquelle cette mesure sera effectuée. Une fois la ligne de référence identifiée, la distance entre chaque point de bâtiments et entre chaque segment de 10 m pour les infrastructures linéaires est calculée automatiquement lors d'un joint spatial entre l'infrastructure et la ligne de référence dans le logiciel *ArcGIS*.

La ligne de référence pour réaliser le calcul de l'exposition est extraite de la caractérisation la plus récente de la côte qui a été produite dans le cadre du chantier **Cartographie des types de côtes du Québec maritime**, du projet Résilience côtière. La caractérisation côtière comprend, entre autres, des informations sur le type de côte (ex : falaise rocheuse, terrasse de plage, etc.), l'élément d'interprétation (ex : limite de la végétation dense, sommet de talus, etc.), l'état de la côte (ex : vive, semi-végétalisé, en accumulation, etc.) et l'artificialité (présence ou absence, type d'ouvrage et état de l'ouvrage). De manière générale, pour les côtes basses telles que les terrasses de plage, la ligne de référence pour le calcul de l'exposition correspond à la ligne de rivage. Cette dernière correspond généralement à la limite de la végétation dense (figure 12 A) ou au sommet de la microfalaise. Pour les autres types de côte comme les côtes à falaises ou les côtes artificialisées, c'est généralement le sommet du talus (figure 12 B) ou encore le sommet de l'ouvrage qui est retenu comme ligne de référence.

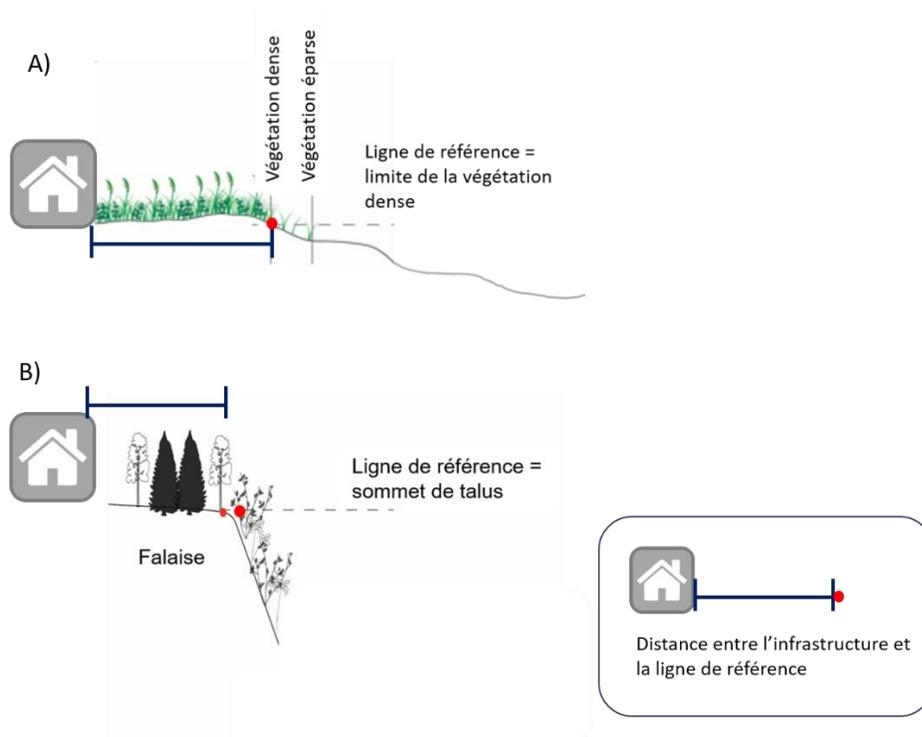


Figure 12. Positionnement de la ligne de référence dans 2 cas types : A) terrasse de plage et B) falaise.

2.4 Reculs événementiels

Tel qu'indiqué à la section 2.1.2, une infrastructure est considérée exposée au risque d'érosion côtière lorsque la distance qui la sépare de la côte est égale ou inférieure à la valeur du recul pouvant se produire au cours d'un seul événement de tempête. Ce recul est nommé « recul événementiel ». Par exemple, une résidence localisée à 10 m de la côte est potentiellement exposée à l'érosion côtière si la valeur du recul événementiel est de 12 m. En ce sens, comme une tempête pourrait provoquer un recul de 12 m dans ce type d'environnement côtier, l'érosion atteindrait ladite résidence.

Plusieurs approches peuvent être envisagées pour déterminer la valeur du recul événementiel allant de mesures sur le terrain directement avant et après les tempêtes à la modélisation numérique de l'impact des tempêtes sur la côte (Kriebel and Dean, 1993; Ferreira *et al.*, 2006). Le réseau de suivi de l'évolution côtière du LDGIZC³ assure la prise de mesures sur le terrain sur une *base annuelle* depuis le début des années 2000 (variable selon les régions), et ce, pour différents types de côte et dans tout le Québec maritime. C'est donc à partir de cette base de données que les valeurs de recul événementiel ont été obtenues. Ainsi, dans le cadre de ce chantier, le recul événementiel correspond à la valeur de recul annuelle la plus élevée ayant été mesurée à partir du réseau de suivi de l'érosion côtière du LDGIZC, et ce, pour chaque type de côte dans chacun des secteurs géographiques ayant été délimités (figure 13). Notons que des mesures prises directement après des tempêtes, notamment celles de 2010 et de 2016, sont disponibles localement et que celles-ci ont été intégrées à l'analyse.

Une analyse des valeurs extrêmes a été effectuée et les mesures qui ont été influencées par des éléments locaux non-représentatifs d'un fonctionnement normal de ce type de côte ont été exclues des analyses. Par exemple une terrasse de plage qui aurait connu un recul majeur dû à un impact anthropique ne sera pas retenu.

³ Le réseau de suivi de l'évolution côtière du LDGIZC est un ensemble de plus de 11 500 repères à partir desquels des mesures du recul ou de l'avancé de la côte sont réalisées sur une base annuelle (Bernatchez et Drejza, 2015).

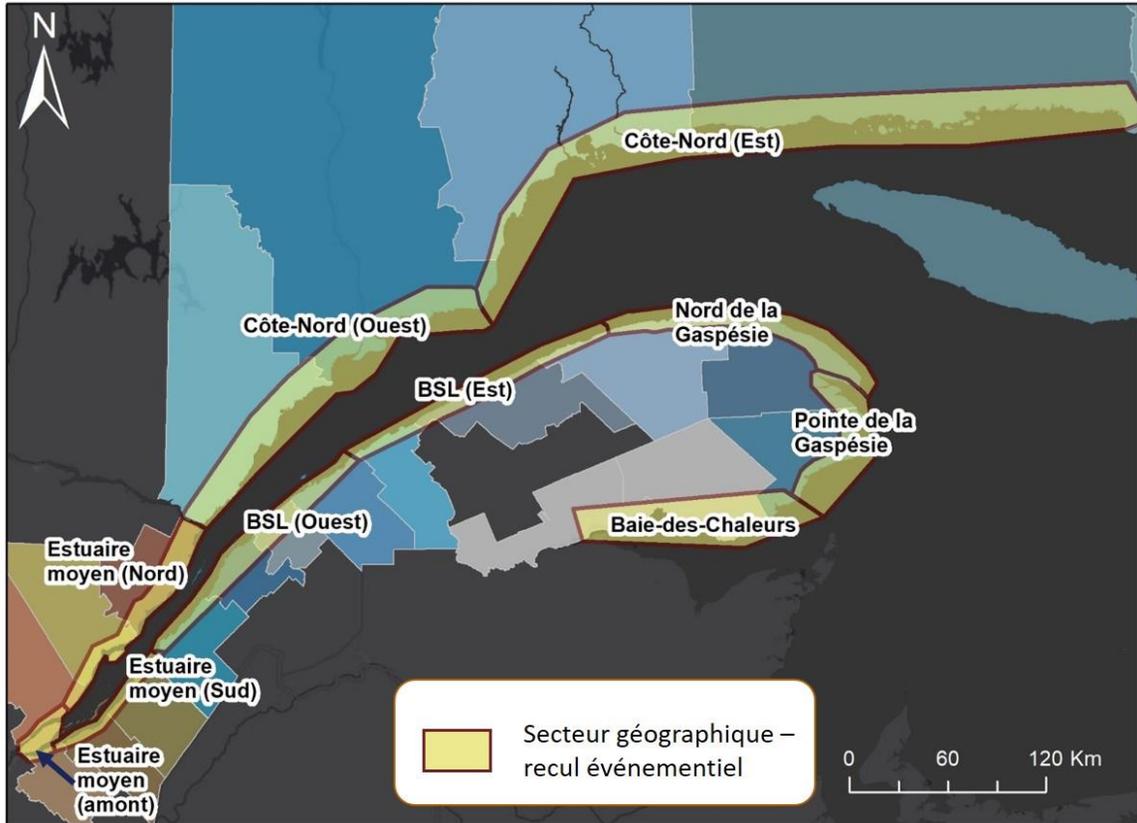


Figure 13. Secteurs géographiques délimités pour définir les valeurs de recul événementiel

Le tableau suivant présente les secteurs associés au recul événementiel ainsi que le nombre de bornes utilisées dans l'analyse pour chacun de ces secteurs et leur limites géographiques (tableau 7). Un tableau détaillant les valeurs de recul événementiel par région est présenté à l'annexe 2.

Tableau 7. Secteurs d'analyse pour la définition des reculs événementiels

Nom des secteurs (Nombre de bornes)	Limite ouest et est
	Amont de l'estuaire moyen
Amont de l'estuaire moyen (329 bornes)	Île d'Orléans
	Embouchure de la rivière Montmorency
	Limite est de la municipalité de Saint-Joachim (Cap Tourmente)
	Rive sud du Saint-Laurent
Estuaire moyen sud (427 bornes)	Limite ouest de la municipalité de Berthier-sur-mer
	Embouchure de la rivière Ouelle
Ouest du Bas-Saint-Laurent (876 bornes)	Embouchure de la rivière Ouelle
	Quai de Pointe-au-Père (Rimouski)
Est du Bas-Saint-Laurent (1224 bornes)	Quai de Pointe-au-Père (Rimouski)
	Limite ouest de Sainte-Anne-des-Monts
Nord de la Gaspésie (468 bornes)	Limite ouest de Cap-Chat
	Presqu'île de Forillon
	Pointe de la Gaspésie et Baie des Chaleurs
Pointe de la Gaspésie (368 bornes)	Limite ouest de Chandler (pointe au Maquereau)
	Presqu'île de Forillon
Baie des Chaleurs (589 bornes)	Limite ouest de la municipalité d'Escuminac
	Limite est de Port-Daniel-Gascons (pointe au Maquereau)
	Rive nord du Saint-Laurent
Estuaire moyen nord (305 bornes)	Limite est de la municipalité de Saint-Joachim (Cap Tourmente)
	Limite ouest de Baie-Sainte-Catherine (embouchure de la rivière Saguenay)
Ouest de la Côte-Nord (1139 bornes)	Limite est de Baie-Sainte-Catherine
	Pointe-des-Monts
Est de la Côte-Nord (1579 bornes)	Pointe-des-Monts
	Kegaska

2.4.1 Limites

Le cas des marais maritimes :

Dans le cas des marais maritimes, l'évolution n'est jamais calculée même si des lignes historiques sont disponibles. L'évolution des marais est souvent calculée sur le front du schorre supérieur du marais alors que l'exposition potentielle des infrastructures est calculée à partir du fond du marais. Même chose pour les bornes, ces dernières ne mesurent pas l'évolution du fond du marais. Le recul événementiel associé au marais maritime est donc toujours indéfini.

Absence de bornes dans certains types de côte :

En l'absence de données locales les mesures des secteurs avoisinant similaires d'un point de vue géomorphologiques ont été utilisées.

2.5 Vitesse d'évolution de la côte

La dernière composante nécessaire pour effectuer les calculs d'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion côtière est la vitesse d'évolution de côte. Le calcul des vitesses d'évolution est réalisé à partir de lignes historiques et de la ligne de référence (section 2.2.1) à l'aide du logiciel MobiTC (section 2.5.2). La période considérée pour réaliser les calculs est la période récente, soit la période comprise entre les années 1980-1990 et les années 2010 (les années sont variables en fonction des dates d'acquisition de l'imagerie aérienne). La liste des années disponibles et de l'imagerie est présentée à l'annexe 3. C'est cette période qui a été choisie puisque, selon les différentes études menées dans l'Est du Québec par le LDGIZC, les conditions environnementales et climatiques s'apparentent davantage à celles qui sont attendues pour les décennies à venir que les conditions de périodes plus anciennes telles que la période 1960-2010 par exemple (Senneville *et al.*, 2014; Corriveau *et al.*, 2018; Marie *et al.*, 2020). Les différentes étapes pour obtenir les vitesses d'évolution de la côte sont décrites dans les sous-sections suivantes.

2.5.1 Validation des lignes historiques

Pour chaque segment de côte, la ligne récente et les lignes historiques ont été analysées et comparées, afin de vérifier que les indicateurs géomorphologiques qui sont suivis (ex : sommet de talus, limite de la végétation dense, etc.) sont bel et bien les mêmes pour toutes les années disponibles. En effet, il est nécessaire que l'évolution soit calculée toujours sur le même indicateur sans quoi les vitesses d'évolution seraient incohérentes. Par exemple, dans le cas d'une falaise, l'indicateur suivi devrait être le sommet de talus, et ce, pour toutes les années de suivi. Dans le cas où les indicateurs diffèreraient les uns des autres, les lignes historiques qui s'avèrent inadéquates sont corrigées si la qualité des images est suffisante ou retirées de l'analyse.

2.5.2 Calcul de l'évolution de la côte (MobiTC)

Le calcul des vitesses d'évolution est réalisé à l'aide du logiciel MobiTC (**m**obilité du **t**rait de **c**ôte)⁴. Le logiciel calcule la distance de chaque position de la ligne de rivage ou trait de côte relativement à une ligne de base (figure 14). Ces distances permettent d'obtenir la vitesse de déplacement annualisée entre deux dates (méthode des extrémités, *end point rate*, EPR) et le taux d'évolution du littoral (tendance sur l'ensemble des positions disponibles ; régression linéaire selon la méthode des moindres carrés, *ordinary least square*, OLS). En fonction de la dynamique des différents types de côte et des données disponibles, la vitesse d'évolution de la côte retenue pour les calculs est soit le résultat obtenu pour l'EPR ou pour l'OLS. La régression linéaire (OLS) permet de mieux tenir comptes des cycles d'accumulation et d'érosion et a donc été retenue pour les côtes basses telles que les terrasses de plage lorsqu'un assez grand nombre de séries temporelles

⁴ MobiTC est un logiciel développé au Cerema Direction Territoriale Méditerranée, en France. Il a été développé pour réaliser des calculs d'évolution côtière et fonctionne selon le principe transects – ligne de base.

étaient disponibles. La méthode des extrémités (EPR), quant à elle, est préférable dans le cas des côtes qui subissent de l'érosion uniquement comme dans le cas des falaises.

La ligne de base est produite pour chaque MRC à partir de la ligne de référence (section 2.2.1). Cette ligne est adoucie à l'aide de l'outil *smooth* (500 m) dans le logiciel ArcGIS. La ligne résultante est liée pour obtenir un seul segment continu à l'aide de l'outil « Lier » dans le logiciel MobiTC. Le logiciel de calcul nécessite que cette ligne soit orientée de manière à ce que la mer soit à droite par rapport au sens du vecteur (outil *flip* dans ArcGIS ou *swap* dans QGIS). Le logiciel MobiTC permet ensuite de générer automatiquement des transects à tous les **50 m** le long de la ligne de base (figure 14). Une étape de validation manuelle est nécessaire afin d'ajuster les transects. Il s'agit, au besoin, d'ajuster l'orientation des transects et/ou de les décaler si leur emplacement est inadéquat (ex. si le transect passe directement sur un sentier d'accès à la plage, il sera décalé de quelques mètres).

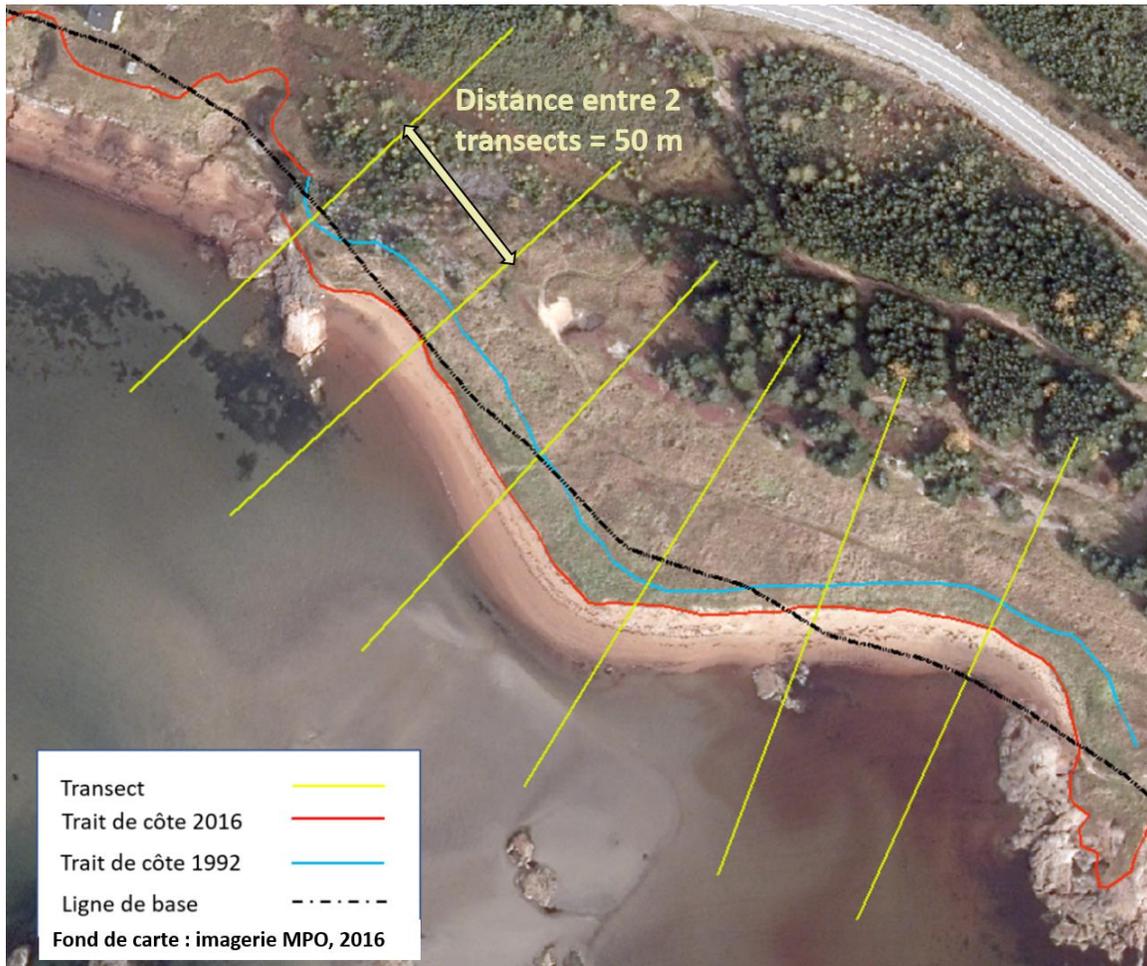


Figure 14. Ligne de rivage multidate, ligne de base et transect aux 50 m (lignes jaunes verticales)

2.5.3 Limite : Les ouvrages de protection côtière

L'effet des ouvrages de protection côtière sur les vitesses d'évolution des côtes est variable selon les situations. Lorsque des ouvrages d'envergures (figure 15) sont présents sur les images de toutes les années suivies (par ex. 1993, 2001 et 2016), la vitesse d'évolution de la côte est nécessairement de 0 m/an. S'il est alors impossible de calculer la vitesse d'évolution de la côte, un recul événementiel est tout de même attribué audit segment. Par contre, si un enrochement ou un muret est présent le long de la côte pour l'année la plus récente (par exemple, 2016), il est tout de même possible de calculer la vitesse d'évolution de la côte pour les années 1993, 2001 et 2016 si l'ouvrage n'était pas en place par le passé. La vitesse d'évolution obtenue sera alors utilisée pour réaliser les calculs d'exposition, et ce, malgré la présence actuelle de l'ouvrage. Cette approche a été privilégiée puisqu'il est impossible, à l'échelle du territoire traité, de tenir compte de la nature des ouvrages (enrochement vs petit muret de bois) et de la propriété des ouvrages (publics ou privés) et donc, de connaître leur stabilité et leur entretien pour les années à venir.

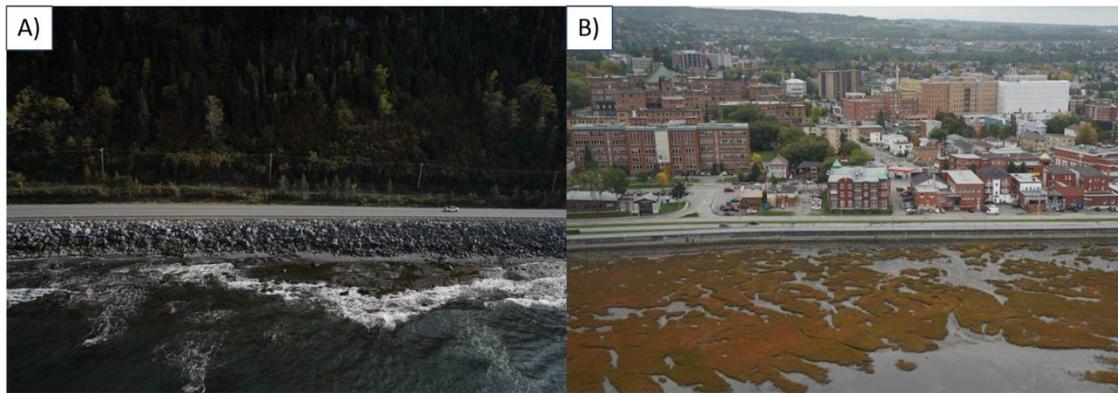


Figure 15. Exemple d'ouvrage de protection d'envergure; A) enrochement le long de la route 132 en Haute-Gaspésie, B) mur de la Promenade de la mer à Rimouski ©LDGIZC, UQAR

2.5.4 Moyenne mobile

La moyenne mobile est calculée à partir de cinq taux de déplacement (peuvent être négatifs, nuls ou positifs) : le taux du transect considéré et les deux taux de part et d'autre de celui-ci. Les valeurs mesurées tous les 50 m de côtes sont donc moyennées sur 200 m (cinq mesures). Les moyennes mobiles sont calculées pour des types de côtes identiques et continus, situés dans les mêmes cellules et unités hydrosédimentaires. L'utilisation des moyennes mobiles plutôt que les taux calculés sur chaque transect (section 2.5.2), permet d'éliminer les valeurs de taux déplacement extrêmes et de refléter l'interdépendance des portions de côtes environnantes entre elles.

2.6 Limites de la méthode / cas particuliers

2.6.1 Double type de côte (type de côte principal vs type de côte secondaire) – Exemple falaise à terrasse de plage

Le type de côte qui a servi aux calculs d'exposition, est celui qui se trouve au niveau de la ligne de référence. Il est possible qu'en arrière côte, l'environnement ne soit pas le même. Ainsi, un bâtiment pourrait être construit au sommet d'une falaise rocheuse, située à 50 m derrière la ligne de référence qui elle se trouve sur une terrasse de plage (figure 16). Le calcul sera donc réalisé avec les informations de la terrasse de plage située en avant. La présente étude étant réalisée à l'échelle du Québec maritime, il aurait été impossible de tenir compte du changement de type de côte dans la dynamique d'évolution de la ligne de référence. Cela aurait nécessité des ajustements majeurs à réaliser manuellement et il aurait fallu considérer que pendant un nombre X d'années, c'est la terrasse de plage qui évolue puis quand elle disparaît, c'est la falaise qui reculera avec une vitesse d'évolution et un recul événementiel différent.

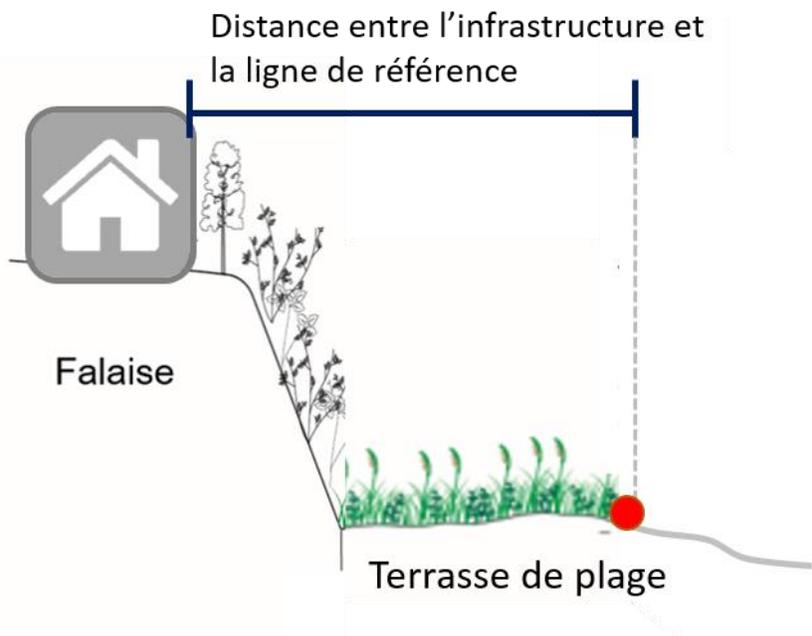


Figure 16. Exemple d'un cas de double type de côte (falaise à terrasse de plage).

2.6.2 Côte en érosion majeure

Dans certains secteurs, où l'érosion est sévère, de l'ordre de 1,5 m/an et plus, il pourrait y avoir des infrastructures exposées, mais comme elles sont hors de la zone d'analyse de 150 m, ces éléments ne sont donc pas analysés. De telles situations sont extrêmement rares au Québec et

auraient ajouté énormément de points et de lignes à l'analyse pour peu de résultats. Les secteurs concernés ont déjà fait l'objet d'études spécifiques, par exemple les falaises à l'ouest de la rivière Saint-Jean (MRC de la Minganie) ou le secteur de la Pointe de l'Est aux Iles-de-la-Madeleine (secteurs non-bâtis).

2.6.3 Absence d'évolution historique ou évolution nulle

Certains secteurs, étant donné l'absence d'imagerie historique ou encore la piètre qualité des images, n'ont pas de données d'évolution. Dans ce cas, le taux d'évolution est inscrit comme étant indéfini. Dans d'autres cas, les données d'évolution sont indisponibles et sont inscrites comme étant à 0 m/an. Par exemple, dans les cas d'ouvrage de protection d'envergure présent depuis de nombreuses années (i.e. les enrochements le long de la route 132 dans la MRC de la Haute-Gaspésie), la vitesse d'évolution de la côte est zéro, seul le recul événementiel sera considéré. La vitesse d'évolution est aussi zéro lorsque la ligne de référence passe au sommet de falaise sur lequel il est impossible de placer la ligne de référence sur l'imagerie historique (car absence de données LIDAR ou de stéréoscopie); dans ce cas-ci encore, seul le recul événementiel sera considéré. Étant donné l'absence de données d'évolution, c'est le recul événementiel qui fera en sorte que l'infrastructure soit exposée ou non, provoquant une alternance entre les classes « actuellement exposé » et « non exposé d'ici 2099 » ou « exposition indéfinie » (figure 17).



3. Résultats

3.1 Résultats généraux

Plus de 30 000 bâtiments, 1390 km de routes et 170 km de voies ferrées ont été analysés sur le territoire du Québec maritime, afin d'obtenir une cartographie de l'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion côtière, dans une bande de 150 m.

La région du Bas-Saint-Laurent, dont la quantité de bâtiments analysés s'apparente à celle de la Côte-Nord et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, soit un peu plus de 7000 bâtiments par région, compte plus de la moitié des bâtiments actuellement exposés sur le territoire du Québec maritime, soit 1303 des 2387 bâtiments actuellement exposés sur le territoire (tableau 8). Ce sont 17 % des infrastructures ponctuelles qui sont actuellement exposées à l'aléa d'érosion dans cette région (figure 18). C'est la MRC de la Mitis qui est la plus touchée avec plus de 25 % de ses bâtiments (378 bâtiments) actuellement exposés (tableau 8) ainsi que 16 % de son réseau routier (11 km de route) qui se trouve dans la même classe d'exposition (tableau 10). Les régions de la Côte-Nord et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine arrivent ex-aequo en seconde position des régions les plus touchées par l'érosion côtière, particulièrement au niveau de leur réseau routier. Avec chacune, 28 km de routes actuellement exposées sur environ 400 km de routes analysées dans chacune des deux régions (tableau 10).

Les voies ferrées sont présentes dans trois des cinq régions analysées, soit la Capitale-Nationale, Chaudière-Appalaches et le Bas-Saint-Laurent. C'est dans la région de la Capitale-Nationale, plus particulièrement dans la MRC de Charlevoix qu'il y a le plus de tronçons de voie ferrée actuellement exposée. En effet, cette MRC à elle seule compte, 15 des 22 km de voies ferrées actuellement exposées dans la région (tableau 11). Dans la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, c'est 25 % (12,3 km) du réseau ferroviaire analysé qui est potentiellement exposé d'ici 2099 (tableau 11).

La classe d'utilisation de bâtiments la plus présente sur le territoire du Québec maritime est la classe « résidentielle » qui représente près de 86 % de tous les bâtiments analysés (figure 19). C'est donc aussi cette catégorie de bâtiments qui est potentiellement la plus touchée par l'aléa d'érosion. À l'échelle des régions cela représente environ 6000 bâtiments à vocation résidentiels pour le Bas-Saint-Laurent, la Côte-Nord et la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, un peu plus de 2000 pour Chaudière-Appalaches et environ 3000 pour la région de la Capitale-Nationale (tableau 9). Les deux autres catégories de bâtiments les plus importantes, excluant les infrastructures à vocation inconnue, sont les infrastructures commerciales (3,5 %) et de services (3,2 %) (figure 19).

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Tableau 8. Nombre de bâtiments par MRC selon leur classe d'exposition

Région	MRC	Actuellement exposé	2020-2029	2030-2039	2040-2049	2050-2059	2060-2069	2070-2099	Non exposé d'ici 2099	Exposition indéfinie	Non exposé au recul événementiel
Côte-Nord	Haute-Côte-Nord	54	12	7	6	7	6	8	626	477	ND
	Manicouagan	110	31	30	38	35	30	53	1839	536	ND
	Minganie	244	16	12	10	7	17	34	984	330	ND
	Sept-Rivières	377	113	75	50	45	53	80	812	766	ND
	Total	785	172	124	104	94	106	175	4261	2109	ND
Bas-St-Laurent	Les Basques	182	14	8	3	7	2	12	318	172	ND
	Kamouraska	59	0	0	0	2	1	0	464	297	ND
	La Matanie	229	13	13	12	10	17	40	1518	20	ND
	La Mitis	378	25	21	19	13	18	46	881	4	ND
	Rivière-du-Loup	105	5	2	1	3	5	11	388	371	ND
	Rimouski-Neigette	350	5	1	1	5	4	10	979	508	ND
	Total	1303	62	45	36	40	47	119	4548	1372	ND
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	La Côte-de-Gaspé	39	3	2	0	0	2	5	1093	1627	ND
	Haute-Gaspésie	104	8	4	9	4	14	58	1875	242	ND
	Le Rocher Percé	42	7	7	8	8	10	28	1369	699	ND
	Total	185	18	13	17	12	26	91	4337	2568	ND
Capitale-Nationale	Charlevoix	22	ND	ND	1032						
	Charlevoix-est	8	ND	ND	587						
	La Côte-de-Beaupré	2	ND	ND	1395						
	L'Île-d'Orléans	21	ND	ND	1466						
	Total	53	ND	ND	4480						
Chaudière-Appalaches	Bellechasse	17	ND	ND	780						
	L'Islet	18	ND	ND	946						
	Montmagny	26	ND	ND	955						
	Total	61	ND	ND	2681						
TOTAL		2387	252	182	157	146	179	385	13 146	6049	7161

* Seule l'exposition potentielle au recul événementiel a été calculée pour les MRC de la Capitale-nationale et de Chaudière-Appalaches; (ND = information non disponible).

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

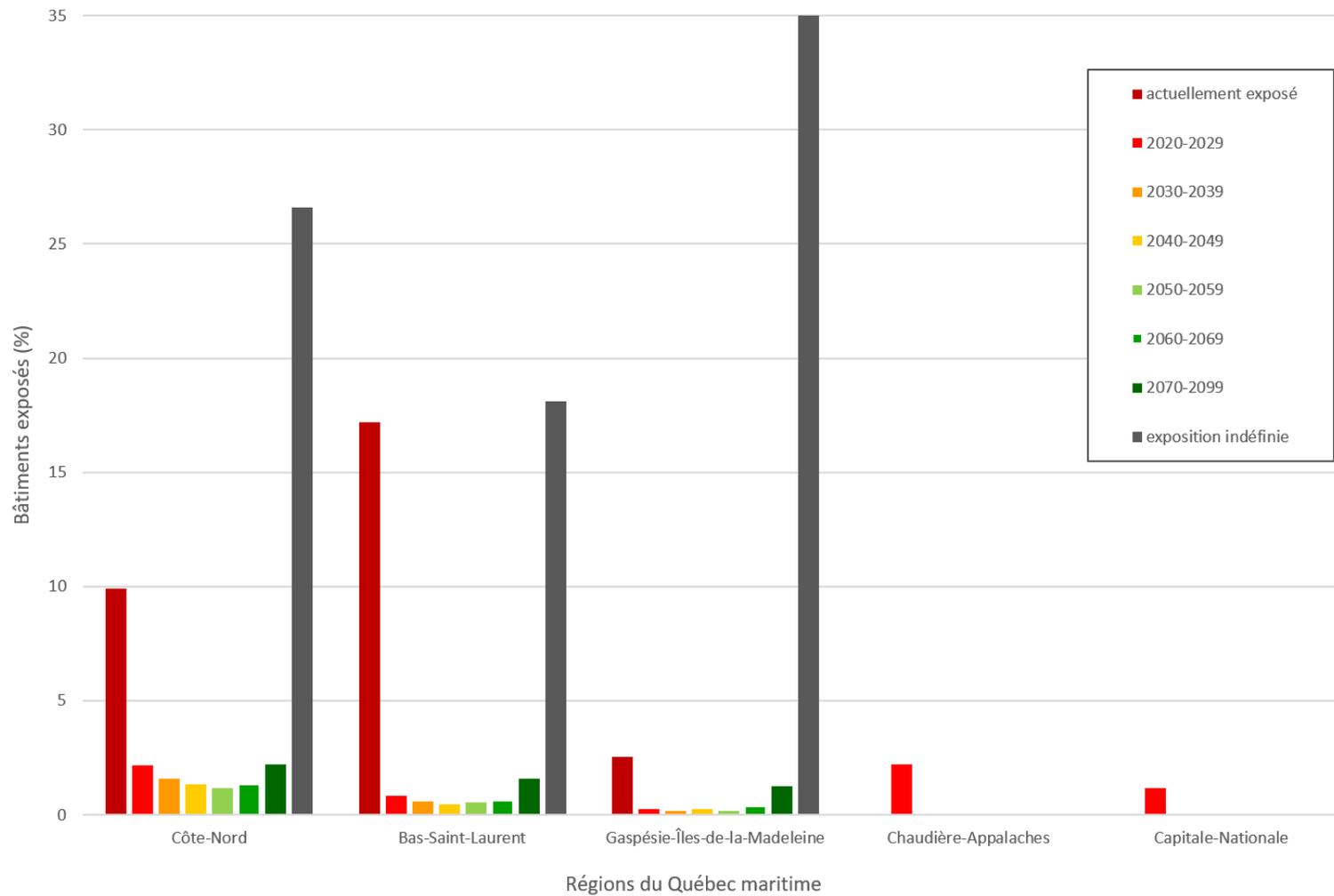


Figure 18. Pourcentage de bâtiments par région selon les différentes classes d'exposition

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Tableau 9. Nombre de bâtiments par MRC selon leur classe d'utilisation des bâtiments

Région	MRC	Commerciale	Culturelle, récréative et de loisir	Immeubles non exploités et étendues d'eau	Inconnu	Industries manufacturières	Production et extraction de richesses naturelles	Résidentielle	Services	Transports, communications et services publics	Infrastructure patrimoniale
Côte-Nord	Haute-Côte-Nord	35	13	8	50	2	4	1049	26	16	0
	Manicouagan	32	11	15	30	2	2	2541	45	20	4
	Minganie	24	14	122	250	2	1	1179	37	25	0
	Sept-Rivières	36	19	35	273	2	5	1943	32	26	0
	Total	127	57	180	603	8	12	6712	140	87	4
Bas-St-Laurent	Les Basques	5	3	20	19	0	3	663	1	4	0
	Kamouraska	15	6	10	25	3	9	744	9	1	0
	La Matanie	84	11	8	26	8	48	1615	48	24	0
	La Mitis	37	6	2	29	1	19	1286	18	7	0
	Rivière-du-Loup	19	8	12	15	0	7	811	7	12	0
	Rimouski-Neigette	85	12	20	89	4	1	1598	45	9	0
	Total	245	46	72	203	16	87	6717	128	57	0
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	La Côte-de-Gaspé	109	31	17	14	10	15	2408	110	57	0
	Haute-Gaspésie	101	29	12	41	11	13	2020	63	28	0
	Le Rocher Percé	122	19	15	25	19	16	1838	80	44	0
	Total	332	79	44	80	40	44	6266	253	129	0
Chaudière-Appalaches	Bellechasse	5	8	13	2	1	2	753	11	2	0
	Charlevoix	90	7	8	62	4	14	857	10	2	0
	Charlevoix-est	74	12	13	8	0	1	455	26	6	0
	L'Islet	25	13	12	16	4	20	844	26	4	0
	Total	194	40	46	88	9	37	2009	73	14	0
Capitale-Nationale	Côte-de-Beaupré	138	9	43	37	19	19	1064	51	32	0
	L'Île-d'Orléans	10	11	99	51	1	4	1239	16	19	0
	Montmagny	10	6	13	23	6	15	898	4	6	0
	Total	158	26	155	111	26	38	3201	71	57	0
TOTAL		1056	248	497	1085	99	218	25805	665	344	4

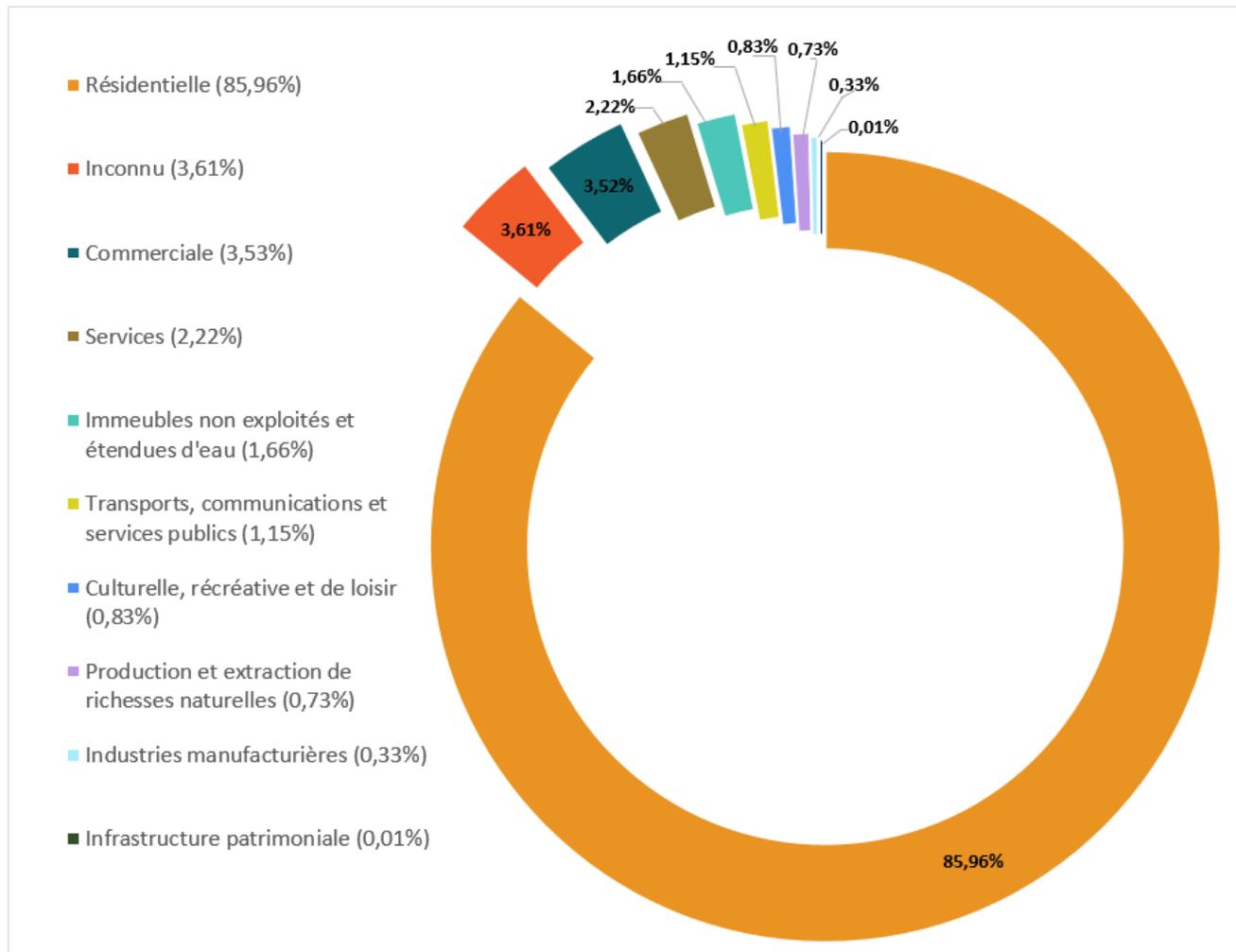


Figure 19. Classes d'utilisation des bâtiments de tout le Québec maritime selon la classification CUBF (MAMH, 2016)

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Tableau 10. Longueur de routes (km) par MRC selon leur classe d'exposition

Région	MRC	Actuellement exposé	2020-2029	2030-2039	2040-2049	2050-2059	2060-2069	2070-2099	Non exposé d'ici 2099	Exposition indéfinie	Non exposé au recul événementiel
Côte-Nord	Haute-Côte-Nord	4,06	0,95	0,69	0,51	0,35	0,46	1,23	28,71	24,29	ND
	Manicouagan	8,58	0,50	1,24	0,59	0,76	0,66	1,53	96,83	32,31	ND
	Minganie	6,63	0,64	1,03	1,36	0,74	0,81	1,98	50,18	25,98	ND
	Sept-Rivières	8,82	3,19	3,10	2,49	1,88	2,03	5,93	37,20	38,07	ND
	Total	28,09	5,28	6,06	4,95	3,73	3,97	10,66	212,93	120,65	ND
Bas-St-Laurent	Les Basques	1,246	0,13	0,04	0,06	0,06	0,13	0,36	15,81	4,77	ND
	Kamouraska	7,133	0,48	0,20	0,11	0,10	0,08	0,13	11,86	27,51	ND
	La Matanie	10,820	2,77	1,94	1,72	1,41	1,31	3,45	63,38	3,79	ND
	La Mitis	11,049	1,45	0,91	0,90	0,89	0,76	2,04	47,39	1,10	ND
	Rivière-du-Loup	3,992	0,27	0,11	0,10	0,13	0,07	0,14	18,33	40,15	ND
	Rimouski-Neigette	6,207	0,33	0,18	0,16	0,06	0,07	0,31	35,99	17,53	ND
	Total	40,446	5,42	3,37	3,05	2,65	2,43	6,43	192,76	94,86	ND
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	La Côte-de-Gaspé	5,80	0,25	0,09	0,06	0,07	0,13	0,48	41,26	93,24	ND
	Haute-Gaspésie	18,87	1,82	0,87	0,81	0,79	0,55	1,79	118,82	17,85	ND
	Le Rocher Percé	3,95	0,45	0,31	0,43	0,48	0,54	2,04	59,03	35,22	ND
	Total	28,61	2,52	1,26	1,29	1,34	1,21	4,31	219,11	146,31	ND
Chaudières-Appalaches	Bellechasse	0,22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	25,59
	L'Islet	0,53	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	34,82
	Montmagny	1,18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	41,05
	Total	1,93	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	101,45
Capitale-Nationale	Charlevoix	11,93	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	45,15
	Charlevoix-est	3,32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29,46
	Côte-de-Beaupré	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	43,34
	L'Île-d'Orléans	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,00
	Total	15,29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	117,95
Total		114,37	13,22	10,70	9,29	7,71	7,61	21,40	624,79	361,82	219,40

Tableau 11. Longueur de voie ferrée (km) par MRC selon leur classe d'exposition

Régions	MRC	Actuellement exposé	2020-2029	2030-2039	2040-2049	2050-2059	2060-2069	2070-2099	Exposition indéfinie	Non exposé d'ici 2099	Non exposé au Recul Événementiel
Bas-Saint-Laurent	Les Basques	0,05	0	0	0	0	0	0	0,84	0,83	ND
	Rimouski-Neigette	0,68	0	0	0	0	0	0	5,91	2,67	ND
	Total	0,73	0	0	0	0	0	0	6,75	3,50	ND
Capitale-Nationale	Charlevoix	15,12	0	0	0	0	0	0	0	0	35,59
	Charlevoix-Est	4,83	0	0	0	0	0	0	0	0	12,05
	La Côte-de-Beaupré	2,19	0	0	0	0	0	0	0	0	40,55
	Total	22,14	0	0	88,19						
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	La Côte-de-Gaspé	0,96	0,14	0,09	0,22	0,16	0	0	10,87	0,80	ND
	Le Rocher-Percé	8,41	0,59	0,29	0,25	0,13	0,29	0,38	10,81	14,09	ND
	Total	9,37	0,73	0,38	0,47	0,29	0,29	0,38	21,69	14,89	ND
TOTAL		32,24	0,73	0,38	0,47	0,29	0,29	0,38	28,43	18,39	88,19

* Seule l'exposition potentielle au recul événementiel a été calculée pour les MRC la Capitale-Nationale; (ND = information non disponible).

3.2 Exemple de résultat cartographique

Afin de donner un aperçu des résultats cartographiques au sein de ce rapport, un exemple est présenté dans un secteur de la municipalité de Pointe-Lebel dans la MRC de Manicouagan (figure 20). À noter que tous les résultats cartographiques peuvent être visualisés sur le SIGEC Web (voir section 3.3).

3.2.1 Bâtiments

Le secteur choisi compte 139 bâtiments. De ce nombre, 17 sont actuellement exposés, alors que 73 sont potentiellement exposés entre 2020 et 2099 et 49 sont non exposés d'ici 2099, ce qui signifie que les taux de déplacement de la côte adjacente sont soit stables ou positifs (en accrétion). La très grande majorité des bâtiments analysés appartiennent à la classe « Résidentielle » (136 sur 139 bâtiments). Les trois bâtiments restants se situent dans les classes suivantes : « commerciale », « immeuble non exploité et étendues d'eau » et « inconnu » (tableau 12).

Tableau 12. Nombre de bâtiments pour le secteur de Pointe-Lebel selon leur classe d'exposition potentielle et leur classe d'utilisation

Classe d'exposition et d'utilisation	Nombre de bâtiments
Commerciale	1
2060-2069	1
Immeubles non exploités et étendues d'eau	1
Non exposé d'ici 2099	1
Inconnu	1
Non exposé d'ici 2099	1
Résidentielle	136
Actuellement exposé	17
2020-2029	13
2030-2039	11
2040-2049	11
2050-2059	9
2060-2069	9
2070-2099	19
Non exposé d'ici 2099	47
TOTAL	139

3.2.2 Routes

Le secteur cartographié (figure 20) comprend 8,7 km de routes, dont la majeure partie, soit 7,71 km, est « non exposé d'ici 2099 ». Malgré le fait que le secteur soit en érosion, la route passe généralement à plus de 20 m de la côte. Seulement 0,05 km de routes seraient actuellement exposés et moins de 1 km (0,95 km) serait potentiellement exposé entre 2020 et 2099 (tableau 13).

Tableau 13. Longueur de route (km) pour le secteur de Pointe-Lebel selon leur classe d'exposition potentielle

Classe d'exposition	Longueur (km)
Actuellement exposé	0,05
2020-2029	0,04
2030-2039	0,47
2040-2049	0,05
2050-2059	0,1
2060-2069	0,09
2070-2099	0,2
Non exposé d'ici 2099	7,71
TOTAL	8,7

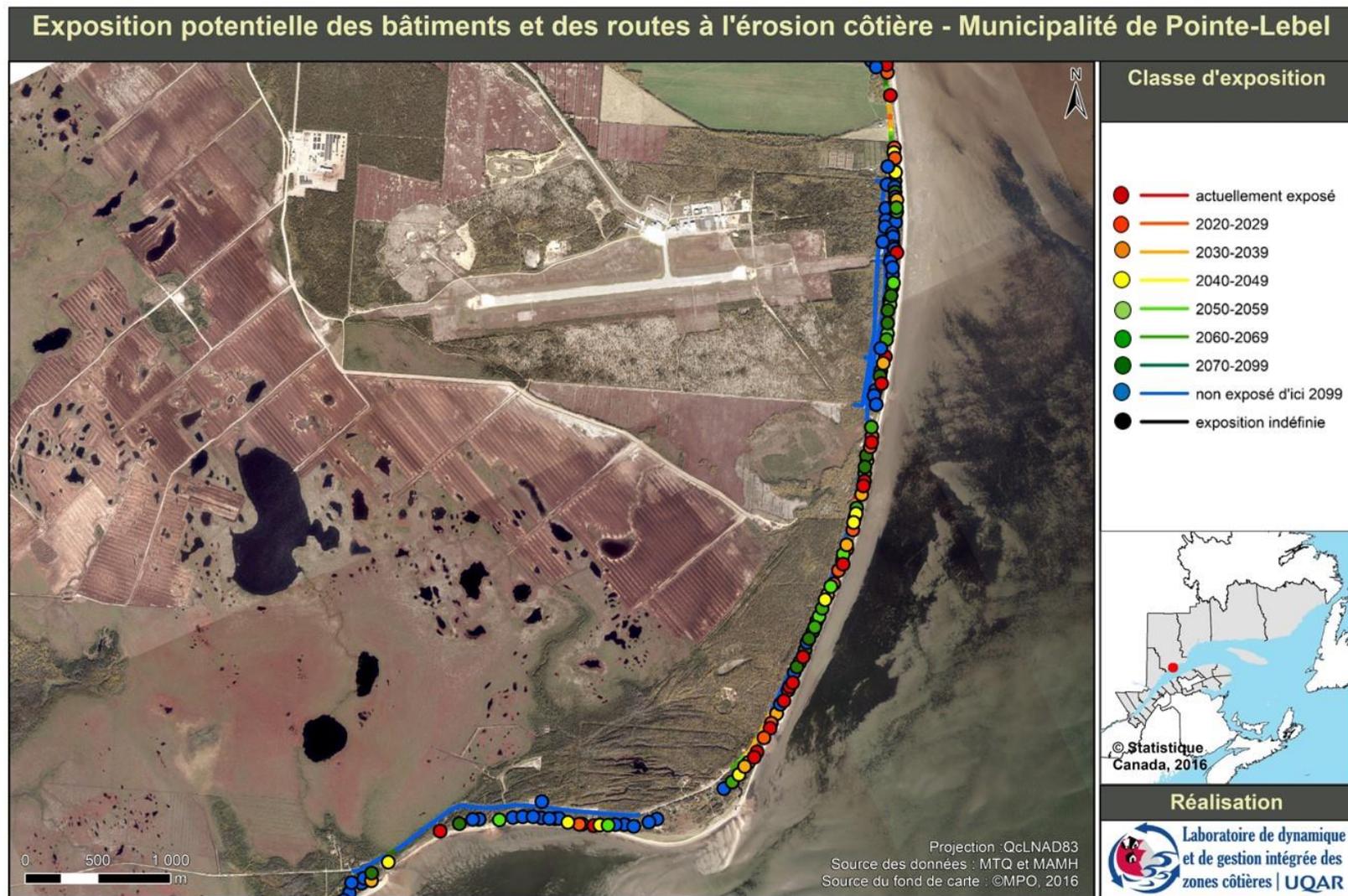


Figure 20. Exemple de carte d'exposition potentielle des infrastructures – municipalité de Pointe-Lebel, (Manicouagan)

3.3 Diffusion de la cartographie sur le SIGEC Web

Les fichiers de formes des infrastructures ponctuelles et linéaires ayant été analysées dans le cadre de la cartographie de l'exposition potentielle, ainsi que les bases de données qui leur sont associées, sont disponibles en ligne via la plateforme cartographique SIGEC Web (<https://ldgizc.uqar.ca/Web/sigecweb>). Cet outil permet de visualiser rapidement la cartographie de l'exposition ainsi que de créer de courtes analyses sur un secteur défini selon les besoins de l'utilisateur à partir de la fonction Tableau de bord (figure 21).

Les livrables relatifs à l'exposition potentielle sont rendus disponibles sur la plateforme SIGEC Web:

- La cartographie de l'exposition potentielle des bâtiments à l'aléa d'érosion côtière
- La cartographie de l'exposition potentielle des routes à l'aléa d'érosion côtière
- La cartographie de l'exposition potentielle des voies ferrées à l'aléa d'érosion côtière
- La production automatisée de statistiques à l'aide des tableaux de bord dans SIGEC Web

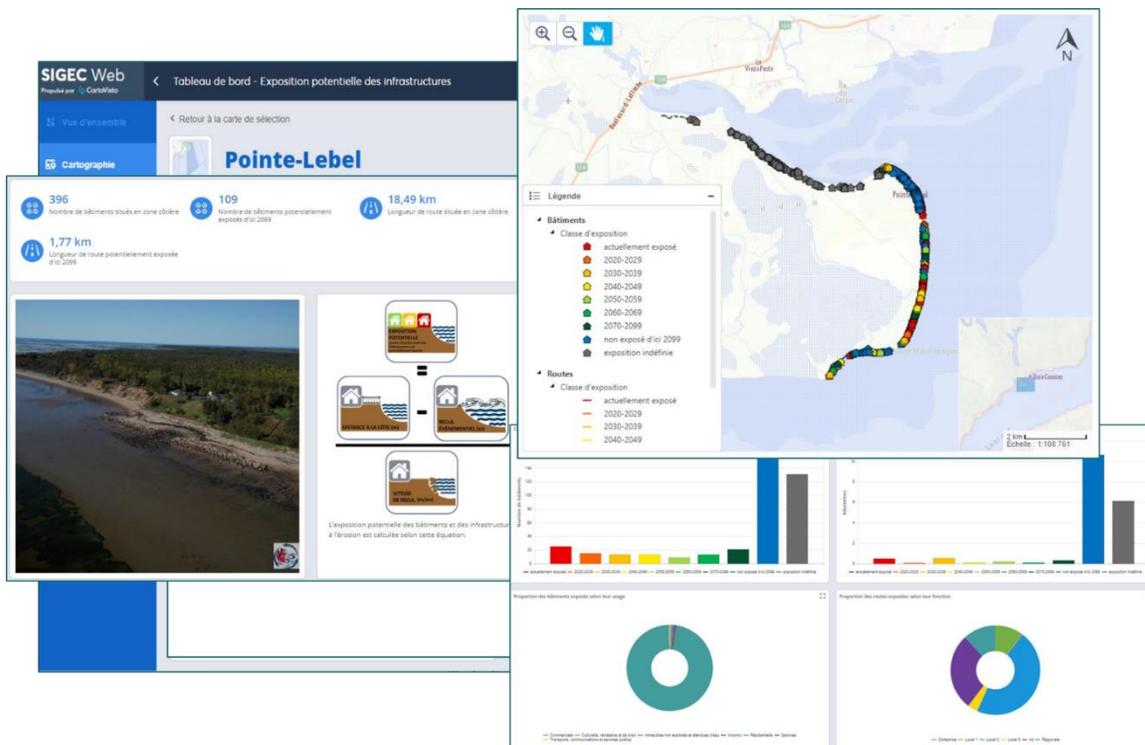


Figure 21. Exemple d'éléments contenus dans les tableaux de bord du SIGEC Web

4. Conclusion

Le chantier « Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime » a permis de cartographier toutes les infrastructures ponctuelles et linéaires présentes dans une bande côtière de 150 m à la côte, sur l'entièreté du territoire couvert par le projet Résilience côtière. L'analyse de l'évolution historique de la côte, lorsque possible, et le calcul de l'exposition potentielle à l'érosion a été réalisé pour plus de 30 000 bâtiments, 1390 km de routes et 170 km de voies ferrées. L'ensemble des données relatives à l'exposition sont disponibles en ligne via la plateforme cartographique SIGEC Web (<https://ldgizc.uqar.ca/Web/sigecweb>).

La cartographie de l'exposition potentielle des infrastructures se veut un outil de gestion qui prend en compte la dynamique et l'évolution côtière. Les données produites peuvent être utiles dans plusieurs contextes notamment en ce qui a trait à l'aménagement du territoire, pour évaluer la vulnérabilité du cadre bâti et prioriser des interventions à court, moyen ou long terme. L'analyse des données de l'exposition potentielle est nécessaire pour le développement d'un indice de vulnérabilité et peut contribuer à cibler des secteurs pour la réalisation de portraits diagnostics en lien avec les enjeux présents, et même faciliter l'identification de solutions d'adaptation en lien avec l'aléa d'érosion.

Il est important de préciser que ce travail n'est pas basé sur une prévision absolue de l'évolution de la côte. L'exposition est dite **potentielle**, car il n'est pas possible de connaître le moment précis où une infrastructure sera affectée par l'érosion. Selon les connaissances scientifiques disponibles, il s'agit cependant de la meilleure estimation de l'horizon auquel cela pourrait survenir. Il faut ainsi voir ces résultats comme un outil d'aide à la décision.

La cartographie complète de l'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion a été réalisée pour la majorité des MRC du Québec maritime. Les sept MRC de l'estuaire moyen, soit L'Islet, Montmagny, Bellechasse, l'Île-d'Orléans, la Côte-de-Beaupré, Charlevoix et Charlevoix-Est ont seulement des données relatives au recul événementiel. La cartographie d'exposition n'a pas été réalisée pour la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent et pour le territoire de l'Île-d'Anticosti (Minganie). Ces territoires pourraient être complétés via un autre projet.

5. Références

ALLISON, I. dir. (2009). *The Copenhagen Diagnosis 2009. Updating the world on the Latest Climate Science*. New South Wales University. Climate Change Research Centre, Sydney, Australie, 60 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, juillet 2021, 74 p.

BERNATCHEZ, P., FRASER, C., LEFAIVRE, D. et DUGAS, S. (2011). *Integrating anthropogenic factor, geomorphological indicators and local knowledge in the analysis of coastal flooding and erosion hazards*. *Ocean & Coastal Management*, 54 : 621-632.

BERNATCHEZ, P., DREJZA, S. et DUGAS, S. (2012). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral des îles de la Madeleine*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, juillet 2012, 71 p. et annexes.

BERNATCHEZ, P., DUGAS, S., FRASER, C., DA SILVA, L. (2015). *Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis à Ouranos, 45 p. et annexes.

BERNATCHEZ, P. et DREJZA, S. (2015). *Réseau de suivi de l'érosion côtière du Québec maritime – Guide pour les utilisateurs*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières et Chaire de recherche en géoscience côtière. Université du Québec à Rimouski, octobre 2015, 52 p.

CORRIVEAU, M., BERNATCHEZ, P., BELZILE, M. et SENNEVILLE, S. (2018). *Influence de la réduction du couvert de glace sur l'érosion côtière en bordure des infrastructures routières de l'Est du Québec dans un contexte de changements climatiques (CC04.1) : Rapport final*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport final remis au ministère des Transports du Québec, avril 2019, 457 p. et annexes.

DALRYMPLE R.A. dir. (2012). *Sea-Level Rise for the Coasts of California, Oregon, and Washington: Past, Present, and Future*. Committee on Sea Level Rise in California, Oregon, and Washington; Board on Earth Sciences and Resources; Ocean Studies Board; Division on Earth and Life Studies; National Research Council. National Academy of Sciences. 260 p.

DAWSON, R.J., DICKSON, M.E., NICHOLLS, R.J., HALL, J.W., WALKDEN, M.J.A., STANSBY, P.K., MOKRECH, M., RICHARDS, J., ZHOU, J., MILLIGAN, J., JORDAN, A., PEARSON, S., REES, J., BATES, P.D., KOUKOULAS, S. and WATKINSON, A.R. (2009). *Integrated analysis of risks of coastal flooding and cliff erosion under scenarios of long term change*. *Climatic Change* 95:249-288.

DEGBE, C.G.E. (2009). *Geomorphology and coastal erosion in Guinée gulf*. Université d'Abomey-Calavi.

DIDIER, D., BERNATCHEZ, P., BOUCHER-BROSSARD, G., LAMBERT, A., FRASER, C., BARNETT, R., VAN-WIERTS,

S. (2015). *Coastal Flood Assessment Based on Field Debris Measurements and Wave Runup Empirical Model*. J. Mar. Sci. Eng. 3, 560–590. <https://doi.org/10.3390/jmse3030560>.

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.

FERREIRA, O., GARCIA, T., MATIAS, A., TABORDA, R. et DIAS, J. A. (2006). An integrated method for the determination of set-back lines for coastal erosion hazards on sandy shores. *Continental shelf research*, 26(9), 1030-1044.

FRASER, C., BERNATCHEZ, P. ET DUGAS, S. (2014 a). *Exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière : Développement d'un outil de planification de l'aménagement côtier - Municipalités régionales de comté d'Avignon et de Bonaventure*. 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 la Sécurité publique du Québec, 108 p. et annexes cartographiques.

FRASER, C., BERNATCHEZ, P. ET DUGAS, S. (2017). Development of a GIS coastal land-use planning tool for coastal erosion adaptation based on the exposure of buildings and infrastructure to coastal erosion, Québec, Canada, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2017, 8, 1103–1125.

FRASER, C., BERNATCHEZ, P., DREJZA, S. et DUGAS, S. (2014 b). *Exposition des bâtiments et des routes à l'érosion côtière : Développement d'un outil de planification de l'aménagement côtier - Îles-de-la-Madeleine*. 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 la Sécurité publique du Québec, 55 p. et annexe cartographique.

GIEC (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*. Cambridge University Press, Cambridge.

GOUSSARD, J.J. (2014). *Stakes and challenges of vigilance facing coastal risks in a fast development context; presentation of the coastal risk regional prevention plan of Western Africa and the West African Coastal Observation Mission*, in: *Connaissance et Compréhension Des Risques Côtiers: Aléas, Enjeux, Représentations, Gestion*. Brest, France.

HARVEY, N. et NICHOLLS, R. (2008). *Global sea-level rise and coastal vulnerability*. *Sustainability Science*, 3, 5- 7.

HILL, H.W., KELLEY, J.T., BELKNAP, D.F. et DICKSON, S.M. (2004). *The effects of storms and storm-generated currents on sand beaches in southern Maine, USA*. *Marine Geology* 210: 149-168

JOUZEL, J., PLANTON, S., LE COZANNET, G., CAZENAVE, A., COSTA, S., DOUEZ, O., GAUFRÈS, P., HISSEL, F., IDIER, D., LABORIE, V., PETIT, V., SERGENT, P. (2015). *Le climat de la France au XXIe siècles*, Volume 5, *Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises*.

KRIEBEL, D.L., DEAN, R.G. (1993). *Convolution method for timedependent beach-profile response*. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 119 (2), 204–226.

LOZANO, I., DEVOY, R.J.N., MAY, W. et ANDERSON, U. (2004). *Storminess and vulnerability along the Atlantic coastlines of Europe : Analysis of storm records and of a greenhouse gases induced climate scenario*. Marine geology, 210, 205-225.

MARCHAND, M. (Ed.) (2010). *Concepts and Science for Coastal Erosion Management*. Concise report for policy makers. Deltares, Delft, Pays-Bas.

MARIE, G., BERNATCHEZ, P., DUGAS, S., FRASER, C. ET DREJZA, S. (2014). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral des MRC de La Mitis et de La Matanie et des municipalités de Cap-Chat et Sainte-Anne-des-Monts*. 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 la Sécurité publique du Québec, juillet 2014, 74 p.

MARIE, G., BERNATCHEZ, P., FRASER, C., TOUCHETTE, M., PAPAGEORGES, S., COULOMBE, D., ARSENAULT, E., FRIESINGER, S., SAUVÉ, P. et LAPOINTE-ST-PIERRE, M. (2017). *L'adaptation aux aléas côtiers dans un contexte de changements climatiques : portrait des besoins exprimés et des outils proposés à l'échelle des MRC de l'Est du Québec*. 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 du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, novembre 2017, 114 p.

MARIE, G., DUGAS, S., LALANNE, P.-A. ET BERNATCHEZ, P. (2017a). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral de la MRC de La Haute-Gaspésie*. 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 la Sécurité publique du Québec, mars 2017, 70 p.

MARIE, G., DUGAS, S., LALANNE, P.-A. ET BERNATCHEZ, P. (2017b). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral de la MRC de La Côte-de-Gaspé*. 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 la Sécurité publique du Québec, mai 2017, 71 p.

MARIE, G., DUGAS, S., BERNATCHEZ, P. et HOUDE-POIRIER, M. (2020). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral de la MRC du Rocher-Percé*. 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 la Sécurité publique du Québec, octobre 2020, 72 p.

MERKENS, J.-L., REIMANN, L., HINKEL, J., VAFEIDIS, A.T. (2016). *Gridded population projections for the coastal zone under the Shared Socioeconomic Pathways*. Global and Planetary Change 145: 57–66.

MEUR-FÉREC, C. et MOREL, V. (2004) *L'érosion sur la frange côtière : un exemple de gestion des risques*. Natures Sciences Sociétés, vol. 12, p.263-273

MOSER, S.C., WILLIAMS, S.J., BOESCH, D.F. (2012). *Wicked challenges at Land's End: managing coastal vulnerability under climate change*. Annual Review of Environment and Ressources, 37, 51-78.

NICHOLLS, R.J. 2011. *Planning for the impacts of sea level rise*. Oceanography 24(2):144–157, doi:10.5670/oceanog.2011.34.

QUINTIN, C., BERNATCHEZ, P. et JOLIVET, Y. (2013) *Impacts de la tempête du 6 décembre 2010 sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones

côtières et Chaire de recherche en géoscience côtière, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, Février 2013, Volume I : 48p. + Volume II : 170 p.

SENNEVILLE, S., ST-ONGE DROUIN, S., DUMONT, D., BIHAN-POUDEEC, A.-C., BELEMAALEM, Z., CORRIVEAU, M., BERNATCHEZ, P., BÉLANGER, S., TOLSZCZUK-LECLERC, S. et VILLENEUVE, R. (2014). *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, 2014. pp 384.

SILVA, R., MARTÍNEZ, M.L., HESP, P.A., CATALAN, P., OSORIO, A.F., MARTELL, R., FOSSATI, M., MIOT DA SILVA, G., MARIÑO-TAPIA, I., PEREIRA, P., CIENGUEGOS, R., KLEIN, A., GOVAERE, G. (2014). *Present and Future Challenges of Coastal Erosion in Latin America*. J. Coast. Res. 71, 1–16. <https://doi.org/10.2112/si71-001.1>

USGS (United States Geological Survey) (2012). *National Assessment of Shoreline Change Project*. En ligne: <http://coastal.er.usgs.gov/shoreline-change/>

VITOUSEK, S.; BARNARD, P.L.; FLETCHER, C.H.; FRAZER, N.; ERIKSON, L. and STORLAZZI, C.D. (2017). *Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise*. Sci. Rep. 2017, 7, 1399.

6. Annexes

Annexe 1- Précision des secteurs pour l'analyse du recul événementiel

Tableau 14. Spécifications des secteurs en fonction des MRC

MRC	Spécification	Secteurs des bornes utilisés pour définir les valeurs de recul événementiel
Côte-de-Beaupré – est	Correspond à la municipalité de Sault-au-Cochon, dans la MRC de La Côte-de-Beaupré	Estuaire moyen nord
Charlevoix	Totalité du territoire de la MRC	Estuaire moyen nord
Charlevoix-Est	Totalité du territoire de la MRC	Estuaire moyen nord
Île-d'Orléans	Totalité du territoire de la MRC	Amont de l'estuaire moyen
Côte-de-Beaupré – ouest	Territoire de la MRC de La Côte-de-Beaupré situé à l'ouest de la limite municipale de Sault-au-Cochon (c.-à-d. ensemble de la MRC de La Côte-de-Beaupré excluant la municipalité de Sault-au-Cochon)	Amont de l'estuaire moyen
Bellechasse - ouest	Territoire de la MRC de Bellechasse situé à l'ouest de la rivière de l'Anse-Mercier (c.-à-d. ensemble de la MRC de Bellechasse excluant la municipalité de Saint-Vallier)	Amont de l'estuaire moyen
Bellechasse - est	Correspond à la municipalité de Saint-Vallier, dans la MRC de Bellechasse, dont la limite ouest coïncide avec la rivière de l'Anse-Mercier	Estuaire moyen sud
Montmagny	Totalité du territoire de la MRC	Estuaire moyen sud
L'Islet	Totalité du territoire de la MRC	Estuaire moyen sud
Kamouraska – ouest	Territoire de la MRC de Kamouraska situé à l'ouest de l'embouchure de la rivière Ouelle	Estuaire moyen sud
Kamouraska – est	Territoire de la MRC de Kamouraska situé à l'est de l'embouchure de la rivière Ouelle	Ouest du Bas-Saint-Laurent
Rivière-du-Loup	Totalité du territoire de la MRC	Ouest du Bas-Saint-Laurent
Les Basques	Totalité du territoire de la MRC	Ouest du Bas-Saint-Laurent
Rimouski-Neigette	Totalité du territoire de la MRC	Ouest du Bas-Saint-Laurent
La Mitis	Totalité du territoire de la MRC	Est du Bas-Saint-Laurent
La Matanie	Totalité du territoire de la MRC	Est du Bas-Saint-Laurent
La Haute-Gaspésie - Ouest	Territoire de la MRC de la Haute-Gaspésie située à l'ouest de la municipalité de Cap-Chat	Est du Bas-Saint-Laurent
La Haute-Gaspésie	Territoire de la MRC de la Haute-Gaspésie située à l'est de la municipalité de Cap-Chat	Nord de la Gaspésie
La Côte-de-Gaspé	Territoire de la MRC de la Côte-de-Gaspé situé à l'ouest de la Pointe de Forillon	Nord de la Gaspésie
La Côte-de-Gaspé	Territoire de la MRC de la Côte-de-Gaspé situé à l'est de la Pointe de Forillon	Pointe de la Gaspésie
Le Rocher-Percé	Totalité du territoire de la MRC	Pointe de la Gaspésie
Bonaventure	Projet Exposition 2014	Projet Exposition 2014
Avignon	Projet Exposition 2014	Projet Exposition 2014
Îles-de-la-Madeleine	Projet Exposition 2014	Projet Exposition 2014
La Haute-Côte-Nord	Totalité du territoire de la MRC	Ouest de la Côte-Nord
Manicouagan	Totalité du territoire de la MRC	Ouest de la Côte-Nord

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Sept-Rivières	Totalité du territoire de la MRC	Est de la Côte-Nord
Minganie	Totalité du territoire de la MRC	Est de la Côte-Nord

Annexe 2 – Recul événementiel par secteur

Tableau 15. Recul événementiel pour chacun des secteurs selon les différents types de côte

Type de côte	Amont de l'estuaire moyen	Estuaire moyen Sud	Estuaire moyen Nord	Ouest du Bas-Saint-Laurent	Est du Bas-Saint-Laurent	Nord de la Gaspésie	Pointe de la Gaspésie	Baie des Chaleurs	Ouest de la Côte-Nord	Est de la Côte-Nord
Dunaire	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	-10
Falaise meuble	-2,60	-7,80	-5,95	-2,9	-2,9	-5,30	-2,65	Fraser <i>et al.</i> , 2014	-9,20	-15
Falaise meuble-base rocheuse	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,5	-1,40	-2,65	Fraser <i>et al.</i> , 2014	-9,20	-15
Falaise rocheuse	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,4	-0,85	-4,3	Fraser <i>et al.</i> , 2014	0	0
Falaise rocheuse – sommet meuble	-0,85	-0,85	-0,85	Non répertorié	-0,4	-0,65	-3,7	Fraser <i>et al.</i> , 2014	0	0
Flèche littorale	Non répertorié	Non répertorié	-8,10	-7,7	-6,35	-8,20	-12,5	Fraser <i>et al.</i> , 2014	-15	-19,4
Flèche littorale - intérieure	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	-7,7	Indéfini	Indéfini	-12,5	Fraser <i>et al.</i> , 2014	Indéfini	-6
Marais maritime	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Fraser <i>et al.</i> , 2014	Indéfini	Indéfini
Meuble sans falaise	Non répertorié	-7,80	-5,95	-2,9	-2,9	-5,3	-2,65 (FM) ou -7,45 (TP)	Fraser <i>et al.</i> , 2014	-12,95 (TP) ou -9,2 (FM)	-24,6 (TP) ou -15 (FM)
Meuble sans falaise morainique	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	-5
Terrasse de plage et terrasse de plage à base rocheuse	-3,40	-5,20	-8,10	-10,15	-14,20	-14,20	-7,45	Fraser <i>et al.</i> , 2014	-12,95	-24,6
Tombolo	-3,40	-5,2	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Fraser <i>et al.</i> , 2014	-2	-11,7

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Type de côte	Amont de l'estuaire moyen	Estuaire moyen Sud	Estuaire moyen Nord	Ouest du Bas-Saint-Laurent	Est du Bas-Saint-Laurent	Nord de la Gaspésie	Pointe de la Gaspésie	Baie des Chaleurs	Ouest de la Côte-Nord	Est de la Côte-Nord
Remblais (valeurs selon analyse côte ou indéfini)	-3,40 (TP) ou -2,60 (FM)	-5,20 (TP) ou -7,80 (FM)	-8,10 (TP) ou -5,95 (FM)	-10,15 (TP) ou -2,9 (FM)	-14,2 (TP) ou -2,9 (FM)	-4,4	-2,65 (FM) ou -7,45 (TP)	Fraser <i>et al.</i> , 2014	-12,95 (TP) ou -9,2 (FM)	-15
Rocheuse sans falaise	-0,85	-0,85	-0,85	-1,8	-0,8	-0,8	-0,2	Fraser <i>et al.</i> , 2014	0	0
Versant rocheux	Non répertorié	Non répertorié	0	0	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	Fraser <i>et al.</i> , 2014	0	0
Autre (NA/ ND/ exutoire de cours d'eau/ Zone Portuaire)	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Fraser <i>et al.</i> , 2014	Indéfini	Indéfini

Annexe 3 – Inventaire de l'imagerie récente utilisée pour la cartographie de l'exposition potentielle des infrastructures à l'érosion côtière

Le tableau suivant dresse la liste de l'imagerie récente utilisée pour le positionnement des infrastructures et de la ligne de référence utilisée dans le calcul de l'exposition potentielle à l'aléa d'érosion côtière.

Tableau 16. Imagerie utilisée pour la cartographie de l'exposition potentielle des infrastructures

Région	MRC (code)	MRC (nom)	Date de l'image (Source)
Capitale-Nationale	IDO	Île d'Orléans	2018 (CMQ)
	BPR	Côte de Beaupré	2018 (CMQ) et 2018 (MPO)
	CHA	Charlevoix	2018 (MPO)
	CHE	Charlevoix-Est	2016-2018 (MPO)
Chaudière-Appalaches	BEL	Bellechasse	2015 (Gouvernement du Québec)
	MON	Montmagny	2018 (MPO)
	ISL	L'Islet	2018 (MPO)
Bas-Saint-Laurent	KAM	Kamouraska	2018 (MPO)
	RDL	Rivière-du-loup	2015 (MPO)
	BAS	Les Basques	2015 (MPO)
	RIM	Rimouski-Neigette	2015 (MPO)
	MIT	La Mitis	2015 (MPO)
	MAT	La Matanie	2015 (MPO)
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	HGA	La Haute-Gaspésie	2015 (MPO) à l'ouest de Cap-Chat 2016 (Gouvernement du Québec)
	CGA	La Côte-de-Gaspé	2016 (Gouvernement du Québec)
	RPE	Rocher-Percé	2016 (Gouvernement du Québec)
	BON	Bonaventure	2018 (MPO)
	AVI	Avignon	2018 (MPO)
	IDM	Îles-de-la-Madeleine	2019 (MERN)
Côte-Nord	HCN	La Haute-Côte-Nord	2016 (MPO)
	MAN	Manicouagan	2016 (MPO) 2019 (MPO) sur l'île d'Anticosti
	SRI	Sept-Rivières	2017 (images satellites acquises par le Gouvernement du Québec)
	MIN	Minganie	2016 (MPO) et 2017 (images satellites acquises par le Gouvernement du Québec)

Annexe 4 – Métadonnées des produits cartographiques

Fichier de forme : QcMaritime_Batiments_Exposition_SIGEC.shp

Ce fichier de forme contient des points localisés côté mer sur le bâtiment principal de chaque unité d'évaluation foncière incluse dans la bande côtière large de 150 m. C'est à partir de ce point que la distance à la côte est mesurée, afin de calculer l'exposition potentielle du bâtiment à l'érosion.

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
FID	Identifiant ArcGIS	Short integer	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro séquentiel 	Attribué automatiquement par le logiciel ArcGIS
Shape	Géométrie	Geometry (point)	<ul style="list-style-type: none"> • Point ZM 	Attribué automatiquement par le logiciel ArcGIS
IdUniqBati	Identifiant créé à partir des champs MRC, Id_Provinc et FID (numéro séquentiel unique)	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Code alphanumérique séquentiel 	
Id_provinc	Identifiant provincial	Texte (23)	<ul style="list-style-type: none"> • Code de 23 chiffres 	ID provincial tel que fourni dans le rôle d'évaluation foncière 2016. Composé du code géographique de la municipalité à cinq chiffres et du matricule (18 chiffres)
ClassUtili	Classe d'utilisation des bâtiments d'évaluation tel que fourni dans le rôle d'évaluation foncière 2016	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Commerciale • Culturelle, récréative et de loisir • Immeubles non exploités et étendue d'eau • Inconnu • Industries manufacturières • Production et extraction de richesses naturelles • Résidentielles • Transport, communications et services publics • Services 	
Code_CUBF	Code d'utilisation prédominant de l'unité d'évaluation tel que fourni	Long	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Fait référence à la fonction du bâtiment.

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
	dans le rôle d'évaluation foncière 2016 (CUBF).			
DescrBatim	Description de chaque bâtiment selon le code CUBF	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
CommTxTrac	Commentaires associés à l'évolution historique et aux taux de déplacements par profil	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Comm_RE	Commentaires associés au recul événementiel	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Suivi_mod	Commentaire écrit s'il y a modification de l'orientation, de la longueur ou de la position d'un profil	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
NAXE	Numéro de l'axe	Long	<ul style="list-style-type: none"> 1 2 	Fourni automatiquement lors du traitement par le logiciel MobiTC -9999 : Information non disponible
NPROFIL	Numéro de profil	Long	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Numéro attribué automatiquement lors du traitement par le logiciel MobiTC. (Profil qui croise perpendiculairement les traits de côte, permettant le calcul du déplacement de la côte) -9999 : Information non disponible
Nom_Zone	Nom de la zone	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Chaque MRC est divisé en zone, afin d'en faciliter le traitement par MobiTC.
ID_Axe_Tra	Numéro de l'axe et de profil	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Constitué du numéro de l'axe et du numéro de profil
ID_unique	Id unique à chaque profil (aussi appelé trace) au sein d'une même MRC	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Constitué du nom de la zone, du numéro de l'axe et du numéro de profil.
IDUniquMRC	Id unique à chaque profil (aussi appelé trace) toute MRC confondue	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Constitué du nom de la MRC (identifiant de 3 lettres), du nom de la zone, du numéro de l'axe et du numéro de profil.

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Interv1_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 1 ^{er} intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv1_An	Années sur lesquelles l'intervalle 1 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv2_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 2 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv2_An	Années sur lesquelles l'intervalle 2 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv3_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 3 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv3_An	Années sur lesquelles l'intervalle 3 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv4_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 4 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv4_An	Années sur lesquelles l'intervalle 4 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv5_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 5 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv5_An	Années sur lesquelles l'intervalle 5 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
EPR	Méthode statistique (End point rate) (méthode des extrémités) utilisé pour le calcul de la vitesse de déplacement de la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	<p>La méthode consiste à calculer la distance entre la ligne la plus ancienne et la plus récente puis de diviser cette distance par le nombre d'années écoulées entre les deux lignes. Lorsque seulement 2 lignes sont disponibles, l'EPR est alors la seule méthode possible.</p> <p>-9999 : Information non disponible</p>
EPR_An	Années sur lesquelles l'EPR est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
OLS	Méthode statistique (ordinary least square) (régression) utilisé pour le calcul de la vitesse de déplacement de la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	<p>La méthode consiste à calculer la vitesse de déplacement de la côte en tenant compte de toutes les données disponibles (plus de 2 lignes (dates))</p>

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
				-9999 : Information non disponible
OLS_R	Coefficient de régression	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
OLS_RMSE	Erreur quadratique moyenne sur la régression linéaire OLS	Float	<ul style="list-style-type: none"> -9999 	Ne s'applique pas dans le calcul de l'exposition avec l'équation utilisée.
Nb_date	Nombre de dates utilisées dans le calcul de la vitesse de déplacement	Long	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Varie entre 0 et 8. -9999 : Information non disponible
Taux_Expo	Vitesse de déplacements (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Metho_Taux	Méthode statistique utilisée pour les calculs des vitesses de déplacements de la côte	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Analyse visuelle Autres sources EPR par défaut EPR Moyenne sectorielle OLS ND Non applicable Stable 	Autres sources : regroupe les commentaires en provenance de projets divers
Moy_mob	Moyenne mobile calculée sur 5 points de mesure	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
AnneeDepl	Période sur laquelle le taux de déplacement annualisé de la côte a été calculé	Texte (10)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
ReculEve	Recul maximum (m) mesuré lors d'un seul événement	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
DistExpo	Distance minimale (m) entre le segment linéaire d'infrastructure et la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
DistExp_RE	Distance minimale (m) entre le segment linéaire d'infrastructure et la côte moins le recul événementiel	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
ExpoRE	Exposition actuelle de l'infrastructure	Texte (3)	<ul style="list-style-type: none"> oui non nd 	
EvolTxStr	Taux d'évolution historique de la côte divisé selon 5 classes	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Tx indéfini Tx négatif Tx positif Tx stable 	

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
			<ul style="list-style-type: none"> Tx_zéro 	
NbAnAvExpo	Nombre d'années avant que l'infrastructure soit potentiellement exposée	Long	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
AnneeExpo	Année correspondant à l'exposition potentielle de l'infrastructure	Long	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Annee_Ref	Année de l'image satellite ou du LIDAR à partir de laquelle le calcul d'exposition est effectué	Long	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Variable entre 2005, 2006, 2007, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 et 2018
CIExpoOri	Classe d'exposition potentielle originale	Texte (254)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Inclut la classe « non applicable » et autres précisions
ClasseExpo	Classe d'exposition potentielle pour publication sur le SIGEC	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Actuellement exposé 2020-2029 2030-2039 2040-2049 2050-2059 2060-2069 2070-2099 Non exposé au recul événementiel Non exposé d'ici 2099 Indéfinie 	
Uni_Hydro	Nom des unités hydrosédimentaires	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Cell_Hydro	Nom des cellules hydrosédimentaires	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Muni	Nom des municipalités	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
MRC	Nom des MRC	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Region	Nom des régions	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> Bas-Saint-Laurent Capitale-Nationale Chaudière-Appalaches Côte-Nord Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine 	
Projet	Nom du projet	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Projet Résilience côtière Projet Résilience côtière / Caractérisation des berges de la partie 	

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
			fluviale du Saint-Laurent	
PropriExpo	Propriété des données des champs relatifs à la thématique « Exposition »	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	

Fichier de forme : QcMaritime_Routes_Exposition_SIGEC.shp

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
FID	Identifiant ArcGIS	Short integer	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro séquentiel 	Attribué automatiquement par le logiciel ArcGIS
Shape	Géométrie	Geometry (lignes)	<ul style="list-style-type: none"> • Polyline ZM 	Attribué automatiquement par le logiciel ArcGIS
Id_RTS_10m	Identifiant créé à partir de la MRC_Numéro RTSS_FID	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro séquentiel unique 	
NUM_RTSS	Numéro qui comprend le numéro de la route, de tronçon, de section et de sous-route	Texte (14)	<ul style="list-style-type: none"> • Code alphanumérique de 13 chiffres et une lettre • Ajout manuel • ND 	
FONCT	Fonction de la route	Texte (60)	<ul style="list-style-type: none"> • Null/ND • Accès ressources • Autoroute • Collectrice • Collectrice de transit • Local 1,2,3 • Locale • Nationale • Régionale 	
RESPN	Organisme ayant la responsabilité du tronçon de route	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> • Inconnu/ND • MTQ/Ministère des transports du Québec • Municipal • Privé • Transport Canada • Transport Québec 	
TOPNM	Nom du tronçon de route incluant le type de route	Texte (200)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Fait référence au type de route (ex: chemin, rue, route, autoroute)
Long_Infra	Longueur du segment de route étudié en km	Double	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
CommTxTrac	Commentaires associés à l'évolution historique et aux taux de déplacements par profil	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Comm_RE	Commentaires associés au recul événementiel	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Suivi_mod	Commentaire écrit s'il y a modification de l'orientation, de la longueur ou de la position d'un profil	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
NAXE	Numéro de l'axe	Long	<ul style="list-style-type: none"> • 1 • 2 	Fourni automatiquement lors du traitement par le logiciel MobiTC -9999 : Information non disponible
NPROFIL	Numéro de profil	Long	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Numéro attribué automatiquement lors du traitement par le logiciel MobiTC. (Profil qui croise perpendiculairement les traits de côte, permettant le calcul du déplacement de la côte)
Nom_Zone	Nom de la zone	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Chaque MRC est divisé en zone, afin d'en faciliter le traitement par MobiTC.
ID_Axe_Tra	Numéro de l'axe et de profil	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Constitué du numéro de l'axe et du numéro de profil
ID_unique	Id unique à chaque profil (aussi appelé trace) au sein d'une même MRC	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Constitué du nom de la zone, du numéro de l'axe et du numéro de profil.
IDUniquMRC	Id unique à chaque profil (aussi appelé trace) toute MRC confondue	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Constitué du nom de la MRC (identifiant de 3 lettres), du nom de la zone, du numéro de l'axe et du numéro de profil.
Interv1_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 1 ^{er} intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv1_An	Années sur lesquelles l'intervalle 1 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Interv2_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 2 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv2_An	Années sur lesquelles l'intervalle 2 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Interv3_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 3 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv3_An	Années sur lesquelles l'intervalle 3 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Interv4_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 4 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Interv4_An	Années sur lesquelles l'intervalle 4 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv5_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 5 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv5_An	Années sur lesquelles l'intervalle 5 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
EPR	Méthode statistique (End point rate) (méthode des extrémités) utilisé pour le calcul de la vitesse de déplacement de la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	La méthode consiste à calculer la distance entre la ligne la plus ancienne et la plus récente puis de diviser cette distance par le nombre d'années écoulées entre les deux lignes. Lorsque seulement 2 lignes sont disponibles, l'EPR est alors la seule méthode possible. -9999 : Information non disponible
EPR_An	Années sur lesquelles l'EPR est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
OLS	Méthode statistique (ordinary least square) (régression) utilisée pour le calcul de la vitesse de déplacement de la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	La méthode consiste à calculer la vitesse de déplacement de la côte en tenant compte de toutes les données disponibles (plus de 2 lignes (dates)) -9999 : Information non disponible
OLS_R	Coefficient de régression	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
OLS_RMSE	Erreur quadratique moyenne sur la régression linéaire OLS	Float	<ul style="list-style-type: none"> -9999 	Ne s'applique pas dans le calcul de l'exposition avec l'équation utilisée.
Nb_date	Nombre de dates utilisées dans le calcul de la vitesse de déplacement	Long	<ul style="list-style-type: none"> Nombre variable entre 0 et 7 	-9999 : Information non disponible
Taux_Expo	Vitesse de déplacements (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Metho_Taux	Méthode statistique utilisée pour les calculs des vitesses de déplacements de la côte	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Analyse visuelle Autres sources EPR par défaut EPR Moyenne sectorielle OLS 	Autres sources : regroupe les commentaires en provenance de projets divers

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
			<ul style="list-style-type: none"> • ND • Non applicable 	
Moy_mob	Moyenne mobile calculée sur 5 points de mesure	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
AnneeDepl	Période sur laquelle le taux de déplacement annualisé de la côte a été calculé	Texte (10)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
ReculEve	Recul maximum (m) mesuré lors d'un seul événement	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
DistExpo	Distance minimale (m) entre le segment linéaire d'infrastructure et la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
DistExp_RE	Distance minimale (m) entre le segment linéaire d'infrastructure et la côte moins le recul événementiel	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
ExpoRE	Exposition actuelle de l'infrastructure	Texte (3)	<ul style="list-style-type: none"> • oui • non • nd 	
EvolTxStr	Taux d'évolution historique de la côte divisé selon 5 classes	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Tx indéfini • Tx négatif • Tx positif • Tx stable • Tx zéro 	
NbAnAvExpo	Nombre d'années avant que l'infrastructure soit potentiellement exposée	Long	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
AnneeExpo	Année correspondant à l'exposition potentielle de l'infrastructure	Long	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
Annee_Ref	Année de l'image satellite ou du LIDAR à partir de laquelle le calcul d'exposition est effectué	Long	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Variable entre 2007, 2009, 2011, 2015, 2016, 2017 et 2018
CIExpoOri	Classe d'exposition potentielle originale (qui inclue la classe "non applicable")	Texte (254)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Inclut la classe « non applicable » et autres précisions
ClasseExpo	Classe d'exposition potentielle pour publication sur le SIGEC	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Actuellement exposé • 2020-2029 • 2030-2039 • 2040-2049 • 2050-2059 • 2060-2069 • 2070-2099 	

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
			<ul style="list-style-type: none"> • Non exposé au recul événementiel • Non exposé d'ici 2099 • Route détruite • Indéfinie 	
Uni_Hydro	Nom des unités hydrosédimentaires	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Cell_Hydro	Nom des cellules hydrosédimentaires	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Muni	Nom des municipalités	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
MRC	Nom des MRC	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Region	Nom des régions	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> • Bas-Saint-Laurent • Capitale-Nationale • Chaudière-Appalaches • Côte-Nord • Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine 	
Projet	Nom du projet	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Projet Résilience côtière • Projet Résilience côtière / Caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent 	
PropriExpo	Propriété des données des champs relatifs à la thématique « Exposition »	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	

Fichier de forme : QcMaritime_ChFer_Exposition_SIGEC.shp

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
FID	Identifiant ArcGIS	Short integer	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro séquentiel 	Attribué automatiquement par le logiciel ArcGIS
Shape	Géométrie	Geometry (lignes)	<ul style="list-style-type: none"> • Polyline ZM 	Attribué automatiquement par le logiciel ArcGIS
Id_Fer_10m	Identifiant créé à partir de la MRC_ID_ferTxt_FID	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro séquentiel unique 	
DESCRIPTIO	Description du type de voie de communication	Texte (48)	<ul style="list-style-type: none"> • Voie ferrée 	
INDICATIF		Texte (11)	<ul style="list-style-type: none"> • ND 	Information non disponible
FEUILLET	Numéro du feuillet de la carte topographique	Texte (20)	<ul style="list-style-type: none"> • ND 	Information non disponible
Long_Infra	Longueur du segment de voie ferrée étudié en km	Double	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
CommTxTrac	Commentaires associés à l'évolution historique et aux taux de déplacements par profil	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Comm_RE	Commentaires associés au recul événementiel	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Suivi_mod	Commentaire écrit s'il y a modification de l'orientation, de la longueur ou de la position d'un profil	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
NAXE	Numéro de l'axe	Long	<ul style="list-style-type: none"> • 1 	Fourni automatiquement lors du traitement par le logiciel MobiTC -9999 : Information non disponible
NPROFIL	Numéro de profil	Long	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	Numéro attribué automatiquement lors du traitement par le logiciel MobiTC. (Profil qui croise perpendiculairement les traits de côte, permettant le calcul du déplacement de la côte) -9999 : Information non disponible

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Nom_Zone	Nom de la zone	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Chaque MRC est divisée en zone, afin d'en faciliter le traitement par MobiTC.
ID_Axe_Tra	Numéro de l'axe et de profil	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Constitué du numéro de l'axe et du numéro de profil
ID_unique	Id unique à chaque profil (aussi appelé trace) au sein d'une même MRC	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Constitué du nom de la zone, du numéro de l'axe et du numéro de profil.
IDUniquMRC	Id unique à chaque profil (aussi appelé trace) toute MRC confondue	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Constitué du nom de la MRC (identifiant de 3 lettres), du nom de la zone, du numéro de l'axe et du numéro de profil.
Interv1_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 1 ^{er} intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv1_An	Années sur lesquelles l'intervalle 1 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv2_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 2 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv2_An	Années sur lesquelles l'intervalle 2 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv3_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 3 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable -9999 (ND) 	-9999 : Information non disponible
Interv3_An	Années sur lesquelles l'intervalle 3 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv4_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 4 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv4_An	Années sur lesquelles l'intervalle 4 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
Interv5_DA	Vitesse de déplacement annualisé de la côte pour le 5 ^e intervalle (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Interv5_An	Années sur lesquelles l'intervalle 5 est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
EPR	Méthode statistique (End point rate) (méthode des extrémités) utilisée pour le calcul de la vitesse de déplacement de la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	La méthode consiste à calculer la distance entre la ligne la plus ancienne et la plus récente puis de diviser cette distance par le nombre d'années écoulées entre les deux lignes. Lorsque seulement 2 lignes sont disponibles, l'EPR est alors la seule méthode possible.

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
				-9999 : Information non disponible
EPR_An	Années sur lesquelles l'EPR est calculé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • 1963-2015 • 1990-2015 • 1992-2016 • 1992-2017 • ND 	
OLS	Méthode statistique (ordinary least square) (régression) utilisée pour le calcul de la vitesse de déplacement de la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	La méthode consiste à calculer la vitesse de déplacement de la côte en tenant compte de toutes les données disponibles (plus de 2 lignes (dates)) -9999 : Information non disponible
OLS_R	Coefficient de régression	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
OLS_RMSE	Erreur quadratique moyenne sur la régression linéaire OLS	Float	<ul style="list-style-type: none"> • -9999 (NA) 	Ne s'applique pas dans le calcul de l'exposition avec l'équation utilisée.
Nb_date	Nombre de dates utilisées dans le calcul de la vitesse de déplacement	Long	<ul style="list-style-type: none"> • 0 • 2 • 3 	-9999 : Information non disponible
Taux_Expo	Vitesse de déplacements (m/an)	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
Metho_Taux	Méthode statistique utilisée pour les calculs des vitesses de déplacements de la côte	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse visuelle • Autres sources • EPR par défaut • EPR • ND • Non applicable 	Autres sources : regroupe les commentaires en provenance de projets divers
Moy_mob	Moyenne mobile calculée sur 5 points de mesure	Float	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	-9999 : Information non disponible
AnneeDepl	Période sur laquelle le taux de déplacement annualisé de la côte a été calculé	Texte (10)	<ul style="list-style-type: none"> • 1963-2015 • 1990-2015 • 1992-2016 • 1992-2017 • 1993-2008 • 1993-2015 • NAN • ND 	

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
ReculEve	Recul maximum (m) mesuré lors d'un seul événement	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
DistExpo	Distance minimale (m) entre le segment linéaire d'infrastructure et la côte	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	
DistExp_RE	Distance minimale (m) entre le segment linéaire d'infrastructure et la côte moins le recul événementiel	Float	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
ExpoRE	Exposition actuelle de l'infrastructure	Texte (3)	<ul style="list-style-type: none"> oui non nd 	
EvoITxStr	Taux d'évolution historique de la côte divisé selon 5 classes	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Tx indéfini Tx négatif Tx positif Tx stable Tx zéro nd 	
NbAnAvExpo	Nombre d'années avant que l'infrastructure soit potentiellement exposée	Long	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
AnneeExpo	Année correspondant à l'exposition potentielle de l'infrastructure	Long	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	-9999 : Information non disponible
Annee_Ref	Année de l'image satellite ou du LIDAR à partir de laquelle le calcul d'exposition est effectué	Long	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Variable entre 2009, 2011, 2013, 2015, 2016, 2017 et 2018
CIExpoOri	Classe d'exposition potentielle originale (qui inclue la classe "non applicable")	Texte (254)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	Inclut la classe « non applicable » et autres précisions
ClasseExpo	Classe d'exposition potentielle pour publication sur le SIGEC	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Actuellement exposé 2020-2029 2030-2039 2040-2049 2050-2059 2060-2069 2070-2099 Non exposé au recul événementiel Non exposé d'ici 2099 Indéfinie 	
Uni_Hydro	Nom des unités hydrosédimentaires	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> Variable 	

Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime

Champ Alias (nom du champs si différent)	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Cell_Hydro	Nom des cellules hydrosédimentaires	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Muni	Nom des municipalités	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
MRC	Nom des MRC	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable 	
Region	Nom des régions	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> • Bas-Saint-Laurent • Capitale-Nationale • Chaudière-Appalaches • Côte-Nord • Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine 	
Projet	Nom du projet	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Projet Résilience côtière • Projet Résilience côtière / Caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent 	
PropriExpo	Propriété des données des champs relatifs à la thématique « Exposition »	Texte (250)	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	